

TESIS
PENILAIAN KESELAMATAN KONTRUKSI
PADA PEKERJAAN *TUNNELING*
DENGAN MEMANFAATKAN FOTO KONTRUKSI

(Studi Kasus Proyek Pembangunan Bendungan Manikin)



Disusun Oleh:

KOKO HERU SATMOKO

19914020

KONSENTRASI MANAJEMEN KONSTRUKSI
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL PROGRAM MAGISTER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2023

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENILAIAN KESELAMATAN KONTRUKSI
PADA PEKERJAAN *TUNNELING*
DENGAN MEMANFAATKAN FOTO KONTRUKSI**

(Studi Kasus Proyek Pembangunan Bendungan Manikin)



Diperiksa dan disetujui oleh:

Prof. Dr. Ir. Achmad

Djunaedi, MURP.

Dosen Pembimbing I

Tanggal:

Ir. Fitri Nugraheni, S.T.,

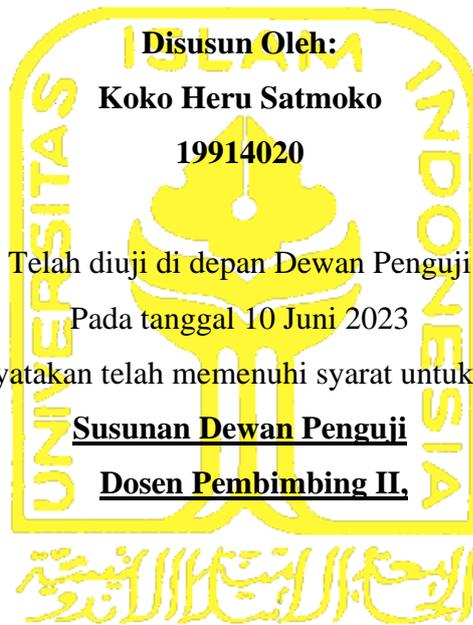
M.T., Ph.D., IP-M

Dosen Pembimbing II

Tanggal:

HALAMAN PENGESAHAN
TESIS
PENILAIAN KESELAMATAN KONTRUKSI
PADA PEKERJAAN *TUNNELING*
DENGAN MEMANFAATKAN FOTO KONTRUKSI

(Studi Kasus Proyek Pembangunan Bendungan Manikin)



Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

Dosen Penguji,

Prof. Dr. Ir. Achmad Djunaedi, MURP.

Ir. Fitri Nugraheni, S.T.,M.T.,Ph.D.,IP-M

Dr. Rossy Armyun M., S.T.,M.T.,IP-M

Yogyakarta, _____

Universitas Islam Indonesia

Program Studi Teknik Sipil Program Magister

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Ketua Program,

Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, MT.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

Laporan tesis ini merupakan karya asli dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar akademik (magister), baik di Universitas Islam Indonesia ataupun di perguruan tinggi lainnya.

Laporan tesis ini didasari oleh pemikiran dan gagasan saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.

Laporan tesis ini tidak memuat karya atau ide orang lain, kecuali secara tertulis dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Universitas Islam Indonesia tidak bertanggungjawab atas program “*software*” yang digunakan pada penelitian ini dan sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, _____

Yang membuat pernyataan,

Koko Heru Satmoko

19914020

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, serta shalawat kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tesis ini dilaksanakan untuk memenuhi persyaratan dalam rangka memperoleh gelar Master jenjang Strata Dua (S2) pada Magister Manajemen Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Atas selesainya Laporan Tesis ini, ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya disampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Achmad Djunaedi, MUP. selaku Dosen Pembimbing Tesis I yang telah banyak memberikan inspirasi, motivasi, serta bimbingan selama tesis ini berlangsung.
2. Ir. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IP-M selaku Dosen Pembimbing Tesis II yang telah banyak memberikan inspirasi, motivasi, serta bimbingan selama Tesis ini berlangsung.
3. Dr. Rossy Armyn M., S.T., M.T., selaku dosen penguji.
4. Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, MT selaku Ketua Program Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII.
5. Keluarga dan rekan yang selalu memberikan semangat dan motivasi untuk menggapai kesuksesan dunia dan akhirat.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini masih banyak kekurangannya, karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan laporan Tesis ini sangat diharapkan.

Akhir kata semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa UII Jurusan Teknik Sipil khususnya dan para pembaca pada umumnya. Tidak lupa permohonan maaf yang sebesar-besarnya atas kurang sempurnaan tesis ini.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta,

Penulis,

Koko Heru Satmoko

19914020

DAFTAR ISI

TESIS	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	5
1.3. TUJUAN PENELITIAN	5
1.4. MANFAAT PENELITIAN	6
1.5. BATASAN PENELITIAN	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. PENELITIAN SEBELUMNYA	7
2.2. PERBEDAAN PENELITIAN INI DENGAN PENELITIAN SEBELUMNYA	14
BAB III DASAR TEORI	15
3.1. PROYEK KONSTRUKSI	15
3.1.1. Pengertian Proyek	15
3.1.2. Jenis-Jenis Proyek	15
3.1.3. Tujuan Proyek	16
3.1.4. <i>Triple Constraint</i> dan Keselamatan dan Kesehatan Kerja	16
3.2. PROYEK <i>TUNNELING</i>	17
3.2.1. Risiko Kegagalan Konstruksi <i>Tunneling</i>	18
3.2.2. Jenis-Jenis Kegagalan Konstruksi <i>Tunneling</i>	21
3.3. KESELAMATAN KONSTRUKSI	23
3.3.1. Definisi Keselamatan Konstruksi	23
3.3.2. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)	23
3.4. SISTEM MANAJEMEN KESELAMATAN KONSTRUKSI (SMKK)	26
3.5. JENIS-JENIS KECELAKAAN KERJA	27
3.6. <i>WORK BREAKDOWN STRUCTURE</i>	28
3.7. TEORI <i>LOSS CAUSATION MODEL</i>	29
3.8. <i>RISK ASSESSMENT</i> (PENILAIAN RISIKO)	33
3.7.1. Probabilitas	33
3.7.2. Probabilitas Bersyarat	34
3.9. PEMANFAATAN FOTO KONSTRUKSI SEBAGAI SUMBER	38
BAB IV METODE PENELITIAN	40
4.1. JENIS PENELITIAN	40
4.2. SUBJEK DAN OBJEK PENELITIAN	40
4.3. DATA PENELITIAN	41
4.4. INSTRUMEN PENELITIAN	43
4.4.1. Identifikasi Variabel	43

4.4.2. Kategori Penilaian	46
4.4.3. Formulir <i>Rapid Visual Assessment</i> Penelitian.....	46
4.5. <i>WORK BREAKDOWN STRUCTURE</i>	51
4.6. ANALISIS DATA.....	56
4.7. TAHAP-TAHAP PENELITIAN	56
4.8. BAGAN ALIR	59
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	60
5.1. ANALISIS.....	60
5.1.1. Dokumentasi Untuk Penilaian Variabel	62
5.1.2. Respon Variabel Terhadap Variabel	67
5.1.3. Penilaian Berdasarkan Narasumber 1	90
5.1.4. Penilaian Berdasarkan Narasumber 2	101
5.1.5. Penilaian Berdasarkan Narasumber 3	111
5.1.6. Penilaian Berdasarkan Narasumber 4	122
5.1.7. Penilaian Berdasarkan Narasumber 5	132
5.1.8. Penilaian Berdasarkan Narasumber 6	143
5.1.9. Rekapitulasi Hasil Setiap Narasumber	153
5.2. PEMBAHASAN	166
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	174
6.1. KESIMPULAN.....	174
6.2. SARAN	174
DAFTAR PUSTAKA	176

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya.....	11
Tabel 3. 1 Rekapitulasi Kerusakan <i>Tunneling</i> di Beberapa Negara.....	19
Tabel 3. 2 Tindakan dan Kondisi Tidak sesuai Standar.....	31
Tabel 3. 3 Faktor Personal dan Faktor Pekerjaan	32
Tabel 4. 1 Kesesuaian Kriteria Narasumber	42
Tabel 4. 2 Identifikasi Variabel.....	43
Tabel 4. 3 Contoh <i>Form Rapid Visual Assessment</i> Penelitian.....	46
Tabel 4. 4 <i>Work Breakdown Structure Tunelling</i> Bendungan Manikin.....	53
Tabel 5. 1 Penilaian Variabel Berdasarkan Foto.....	65
Tabel 5. 2 Respon variabel Narasumber 1	67
Tabel 5. 3 Respon variabel Narasumber 2	70
Tabel 5. 4 Respon variabel Narasumber 3	73
Tabel 5. 5 Respon variabel Narasumber 4	77
Tabel 5. 6 Respon variabel Narasumber 5	80
Tabel 5. 7 Respon variabel Narasumber 6	87
Tabel 5. 8 Instrumen penilaian menurut narasumber 1.....	90
Tabel 5. 9 Instrumen penilaian menurut narasumber 2.....	101
Tabel 5. 10 Instrumen penilaian menurut narasumber 3.....	111
Tabel 5. 11 Instrumen penilaian menurut narasumber 4.....	122
Tabel 5. 12 Instrumen penilaian menurut narasumber 5.....	132
Tabel 5. 13 Instrumen penilaian menurut narasumber 6.....	143
Tabel 5. 14 Rekapitulasi Masing-masing Narasumber	153
Tabel 5. 15 Variabel Berdasarkan PP 50 Tahun 2012.	168
Tabel 5. 16 Variabel Berdasarkan <i>Work Breakdown Structure</i>	169

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Keruntuhan <i>Tunneling</i> di Sao Paulo.....	19
Gambar 3. 2 <i>Work Breakdwon Structure</i> (WBS).....	29
Gambar 3. 3 Teori <i>Loss Causation Model</i>	30
Gambar 3. 4 Contoh Tindakan Tidak Aman	36
Gambar 4. 1 Bagan Alir Penelitian	59

ABSTRAK

Pembangunan *Tunneling* penting untuk mendapatkan atensi lebih sebab mengingatnya besarnya risiko dari pekerjaan ini seperti ketidakstabilan daya dukung tanah disekitar pembangunan yang dapat menyebabkan keruntuhan pada saat pengerukan ataupun pemasangan dinding *Tunneling*, ataupun dan permasalahan lain seperti kurangnya asupan oksigen untuk para pekerja yang sedang melakukan pelaksanaan galian *Tunneling*, terdapatnya gas beracun dan mudah terbakar, ataupun kejatuhan benda yang dapat memberikan dampak kecelakaan ringan ataupun hingga kematian.

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan penilaian secara visual baik secara langsung di lapangan atau melalui media tertentu (foto/video) dapat dilakukan dengan cepat (*rapid*) mengenai kondisi eksisting lingkungan / pekerjaan, apakah pekerjaan yang dilakukan telah memenuhi standar (SOP) keselamatan kerja, peraturan keselamatan kerja dan lain sebagainya. Penilaian secara rapid dapat mengasumsikan bahwa apa yang terjadi di lapangan pada saat itu merupakan refleksi dari pekerjaan terdahulu.

Dari hasil penelitian terdapat 58 Variabel yang dibagi kedalam 4 induk variabel (Tindakan Operatif, Kondisi Lokasi, Konstruksi Operatif Peralatan, dan Konstruksi Operatif Metode Konstruksi) yang dinilai berdasarkan 26 foto lingkungan proyek pembangunan *Tunnelling* Bendungan Manikin yang diambil dari beberapa sisi. Perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan data yang didapat dari 6 narasumber didapat hasil $P(H | E_{comb})$ senilai 0,932 atau probabilitas yang terjadi menurut 6 narasumber senilai 93,20%, yang berarti bahwa pekerjaan *tunnel* menurut 6 narasumber dilakukan dengan aman. Pemakaian atribut keselamatan kerja yang dilakukan oleh pekerja seperti alat pelindung diri (APD), penerangan area pekerjaan, ketersediaan oksigen pada pekerjaan *tunnel* diberlakukan dengan baik. Sehingga pekerjaan *tunnel* yang dilakukan dikatakan aman.

Kata Kunci: Teorema Bayes, Keselamatan Konstruksi, RVS, *Tunnelling*

ABSTRACT

The construction of tunnels is important to get more attention because considering the magnitude of the risks of this work such as the instability of the bearing capacity of the soil around the construction which can cause collapse during dredging or installation of tunnel walls, or other problems such as lack of oxygen intake for workers who are carrying out tunnel excavations, the presence of toxic and flammable gases, or falling objects that can cause minor accidents or even death.

The purpose of this research is to conduct a visual assessment either directly in the field or through certain media (photos/videos) that can be done quickly (rapidly) regarding the existing conditions of the environment / work, whether the work carried out has complied with work safety standards (SOPs), regulations work safety and so on. Rapid assessment can assume that what is happening in the field at that time is a reflection of previous work.

From the results of the study, there were 58 variables divided into 4 parent variables (Operative Action, Site Conditions, Equipment Operative Construction, and Construction Method Operative Construction) which were assessed based on 26 environmental photos of the Manikin Dam Tunnelling construction project taken from several sides. Calculations made using data obtained from 6 resource persons obtained results $P(H | E_{comb})$ worth 0.932 or the probability that occurs according to 6 sources is 93.2%, which means that tunnel work according to 6 sources is carried out safely. The final score obtained from the analysis is almost close to 1 and all analysis results from the 6 speakers are more than 67%. The use of work safety attributes carried out by workers such as personal protective equipment (PPE), lighting the work area, oxygen availability in tunnel work is well enforced. So that the tunnel work carried out is said to be safe.

Keyword: Bayes Theorem, Construction Safety, RVS, Tunnelling

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Pembangunan infrastruktur di Indonesia sudah berkembang pesat setiap tahunannya untuk mencapai pembangunan secara merata di berbagai daerah di Indonesia. Pada masa pemerintahan kepemimpinan Jokowi di periode kedua ini melanjutkan program kerja Nawa Citra yang menjadi prioritas pemerintahan sebelumnya untuk pembangunan infrastruktur di Indonesia. Sehingga tidak heran jika APBN terbesar yang dialokasikan untuk bidang infrastruktur sebesar 419,2 triliun pada tahun 2020. Hal tersebut berdampak positif bagi para perilaku konstruksi terutama bagi penyedia jasa konstruksi baik itu lokal, BUMN maupun internasional di dalam keikutsertaan pembangunan infrastruktur di Indonesia.

Dengan meningkatnya angka pembangunan infrastruktur di Indonesia, maka semakin tinggi juga tingkat risiko kecelakaan yang mungkin akan terjadi. Untuk mencegah hal tersebut dibutuhkan sistem manajemen yang baik dari pihak perusahaan konstruksi. Perusahaan dapat mengacu pada standar-standar yang diakui secara nasional seperti SNI (Standar Nasional Indonesia) dan SMK3 (Sistem Manajemen Kesehatan dan Keselamatan kerja) atau yang diakui secara internasional seperti OSHA dan OHSAS (*Occupational Health and Safety Assessment*) 45001. Standar-standar tersebut memiliki tujuan yang sama yakni untuk meningkatkan kondisi kesehatan kerja dan mencegah terjadinya potensi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi.

Kompleksitas sektor konstruksi dapat menimbulkan banyak risiko, biasanya dipengaruhi oleh faktor desain internal dan terkadang diperburuk oleh kondisi eksternal (cuaca, alam, sosial, lingkungan, budaya, dll.). Contoh risiko internal umum yang diperparah oleh faktor eksternal adalah kecelakaan kerja. Kecelakaan kerja merupakan risiko keselamatan terbesar bagi pekerja di industri konstruksi (Bhaskara, 2017). Kegagalan Fasilitas dapat terjadi jika satu atau lebih hal berikut ini tidak terpenuhi: ketepatan dalam perencanaan, ketepatan dalam pemilihan metode implementasi, standar kualitas dan pengujian, kemampuan perkakas dan

pemeriksaan peralatan secara berkala, keterampilan dan pengalaman tenaga kerja, koordinasi antar elemen terkait dalam desain dan SOP (Budiono, 2013)

Kecelakaan konstruksi pada suatu proyek dapat merugikan bisnis kontraktor dalam segala hal. Oleh karena itu, penting bagi setiap perusahaan atau lembaga, baik gedung maupun bukan, menerapkan prinsip-prinsip keselamatan kerja. Perusahaan yang baik memiliki kewajiban untuk menjunjung tinggi “*Safety First*” seperti yang dikatakan Lin (2014) yaitu, “*Most successful construction companies have recognized that safety and health management is a critical strategic issue and have developed comprehensive company safety and health programs*”.

Terjadinya suatu kecelakaan konstruksi pada suatu proyek pembangunan infrastruktur pasti akan menimbulkan terjadinya kerugian baik secara materiil ataupun immateriil yang berdampak pada pengguna jasa atau penyedia jasa. Salah satu kerugian materiil yang terjadi akibat adanya kecelakaan konstruksi pada suatu proyek pembangunan, tentu akan menimbulkan klaim konstruksi yang mengarah pada kontrak konstruksi. Kecelakaan konstruksi akan membawa dampak negatif bagi pelaksanaan suatu proyek, dimana suatu proyek yang bernilai besar dan durasi pekerjaan yang panjang, maka potensi terjadinya kecelakaan konstruksi akan semakin meningkat, demikian pula dengan risiko keterlambatan waktu dan penambahan biaya. Kegiatan kejadian yang diperoleh dari kecelakaan konstruksi tersebut akan terhambat pada pekerjaan dan berdampak secara langsung pada pelaksanaan konstruksi.

Menurut Dipohusodo 1996, proyek konstruksi ialah proyek yang berkaitan dengan upaya pembangunan sesuatu bangunan infrastruktur, yang umumnya mencakup pekerjaan pokok yang didalamnya termasuk dalam bidang teknik sipil dan arsitektur. Proyek konstruksi berkembang sejalan dengan perkembangan kehidupan manusia dan kemajuan teknologi. Bidang-bidang kehidupan manusia yang makin beragam menuntut industri jasa konstruksi, membangun proyek-proyek konstruksi sesuai dengan keragaman bidang tersebut. Proyek konstruksi untuk bangunan pabrik tentu berbeda dengan bangunan gedung untuk sekolah. Proyek konstruksi bendungan, *Tunneling*, jalan, jembatan dan proyek teknik sipil lainnya membutuhkan spesifikasi, keahlian dan teknologi tertentu.

Bendungan termasuk dalam proyek konstruksi rekayasa berat (*Heavy Engineering*) yang memerlukan teknologi tinggi, salah satu Bendungan yang menjadi target pemerintah saat ini sedang adalah Bendungan Manikin. Pembangunan bendungan ini direncanakan dapat memenuhi kebutuhan irigasi pertanian seluas 310 Hektar (Ha) di Kabupaten Kupang. Selain itu juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber air baku sebesar 700 liter/detik untuk Kota Kupang dan Kabupaten Kupang, Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) sebesar 0,125 MW, pengendalian banjir di Dataran Manikin 531,70 m³/detik, dan potensi pariwisata. Sumber air bendungan berasal dari Sungai Manikin dengan luas Daerah Aliran Sungai (DAS) 49,31 Km². Bendungan Manikin didesain dengan Tipe Urugan Random Batu Gamping dengan Inti Tegak yang memiliki kapasitas tampung 28,20 juta m³ dan luas genangan normal 148,7 Ha.

Salah satu pekerjaan pada bendungan ini yang memerlukan perhatian khusus adalah pada pekerjaan *Tunneling*. Pembangunan *Tunneling* penting untuk mendapatkan atensi lebih sebab mengingatnya besarnya risiko dari pekerjaan ini seperti ketidakstabilan daya dukung tanah disekitar pembangunan yang dapat menyebabkan keruntuhan pada saat pengerukan ataupun pemasangan dinding *Tunneling*, ataupun dan permasalahan lain seperti kurangnya asupan oksigen untuk para pekerja yang sedang melakukan pelaksanaan galian *Tunneling*, terdapatnya gas beracun dan mudah terbakar, ataupun kejatuhan benda yang dapat memberikan dampak kecelakaan ringan ataupun hingga kematian. Hal-hal tersebut terjadi pada saat konstruksi *Tunneling* berlangsung, dan banyak diakibatkan oleh ketidakpastian kondisi geologi dan geoteknik bawah permukaan.

Pada beberapa kasus keruntuhan *Tunneling* saat konstruksi, kasus yang umumnya terjadi adalah keruntuhan muka bidang galian yang disebabkan oleh posisi *Tunneling* yang dangkal/dekat ke permukaan tanah, dimana space antara muka *Tunneling* dan muka tanah tidak terlalu tebal. Sehingga, bilamana ada beban diatas permukaan tanah, maka tanah tidak dapat mereduksi beban secara maksimal. Terlebih lagi bila daya dukung tanah tidak dikaji lebih mendalam, hal tersebut tentunya akan mempercepat terjadinya keruntuhan. Hal ini juga dipengaruhi oleh ukuran *Tunneling* yang besar dan metode konstruksi yang tidak sesuai dengan kondisi bawah permukaan yang digali. Penerapan metode konstruksi yang tepat

pada setiap pelaksanaan pekerjaan, tentunya dapat meminimalisir terjadinya kecelakaan pada saat konstruksi berlangsung. Kebakaran dan banjir juga salah satu permasalahan yang mungkin terjadi, kebakaran disebabkan oleh adanya percikan api yang berasal dari bahan bakar alat berat, ataupun korsleting/ arus pendek yang berasal dari *utility Tunneling*. Sedangkan banjir dapat Akibat adanya kebakaran tentunya akan berdampak kepada keberhasilan pelaksanaan.

Permasalahan teknis lain pada pekerjaan ini karena pada pelaksanaannya, pekerjaan ini banyak melibatkan alat berat, yang dimana hal tersebut menjadi suatu perhatian khusus dikarenakan kemungkinan terjadinya "*human error*", human error merupakan suatu ketidaksengajaan yang diakibatkan oleh kelalaian manusia (pekerja) dalam melaksanakan suatu pekerjaan. Akibat dari *human error* berdampak kepada keselamatan manusia (tenaga kerja), peralatan, ataupun berdampak kepada hasil yang tidak maksimal. Dengan adanya interaksi manusia dengan mesin atau alat berat, maka akan ada kemungkinan untuk terjadi kecelakaan konstruksi. Tenaga kerja harus dilindungi bukan dikarenakan peraturan yang mengharuskan, tetapi karena tenaga kerja merupakan salah satu modal penting untuk mencapai kesuksesan konstruksi.

Penelitian ini akan berfokus pada penilaian terhadap peluang terjadinya kecelakaan konstruksi yang melibatkan tenaga kerja dengan alat berat, lingkungan dengan alat berat, alat berat dengan alat berat, dan alat berat dengan material pada pekerjaan *Tunneling* pada Pembangunan Bendungan Manikin. Keterlibatan ini merupakan 4 pilar yang telah dituangkan dalam Permen PU No. 10 Tahun 2021.

Peluang terjadinya kecelakaan konstruksi pada pekerjaan *Tunneling* pada Pembangunan Bendungan Manikin akan dinilai dengan menggunakan *Teorema Bayes*. Teori probabilitas Bayes *Teorema Bayes* merupakan satu dari cabang teori statistik matematik yang memungkinkan kita untuk membuat satu model ketidakpastian dari suatu kejadian yang terjadi dengan menggabungkan pengetahuan umum dengan fakta dari hasil pengamatan. *Teorema Bayes* menurut Grainer (1998), mempunyai beberapa kelebihan, yaitu mudah untuk dipahami, pengkodean yang sederhana, dan lebih cepat dalam penghitungan. Berdasarkan argumen tersebut, maka *Teorema Bayes* dianggap tepat penelitian ini untuk

menganalisis variabel dan mendapatkan probabilitas baru pada setiap variabel secara *rapid*. 0

Metode evaluasi cepat digunakan oleh Nugraheni (2008) sebagai *Bayes's Theorem*. Nugraheni memilih metode tersebut dalam penelitiannya karena teori ini dapat memberikan jawaban atas permasalahan dengan pola reaksi yang diberikan. "*Bayes' theorem to assess safe construction practice, whether it being used or not, based on evidence that of information observed from an image. To show how to assess safe practice given information from an image, one particular activity was chosen.*" (Nugraheni, 2008). Dalam kutipan tersebut dapat diartikan bahwa penyelidikan berdasarkan tindakan yang digambarkan dalam media foto dapat dilakukan secara visual dengan media foto.

Penilaian secara visual langsung di lapangan atau melalui media tertentu (foto/video) dapat dilakukan secara cepat (*rapid*) terkait dengan kondisi lingkungan/kerja yang ada, apabila pekerjaan yang dilakukan sesuai dengan Standar Keselamatan Kerja (SOP) dan peraturan kerja Keselamatan dan lain-lain, dll Penilaian secara *rapid* menunjukkan bahwa apa yang terjadi di lokasi saat ini merupakan cerminan dari pekerjaan sebelumnya.

1.2. RUMUSAN MASALAH

Saat ini belum adanya penilaian keselamatan kerja untuk pekerjaan *tunneling* menggunakan metode *Rapid Visual Screening (RVS)* maka penelitian ini berangkat dari kasus bendungan manikin membuat *scoring* untuk mendapatkan penilaian keselamatan kerja pekerjaan di proyek *tunneling* maka:

1. Seperti apa respon terhadap Variabel-variabel keselamatan konstruksi yang terkait dengan pekerjaan *Tunneling* pada Pembangunan Bendungan Manikin?
2. Berapa presentase menurut narasumber dalam menilai probabilitas keamanan ?

1.3. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian terbagi menjadi beberapa bagian berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan, dan mengetahui:

1. Mengetahui Variabel-variabel keselamatan konstruksi yang terkait dengan pekerjaan *Tunneling* pada Pembangunan Bendungan Manikin.
2. Menilai Presentase nilai probabilitas keamanan.

1.4. MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi para praktisi dan peneliti, diantaranya sebagai berikut:

1. Mengetahui tingkat risiko kecelakaan konstruksi dalam pekerjaan *Tunneling* pada Pembangunan Bendungan Manikin
2. Dengan mengetahui tingkat risiko kecelakaan kerja, maka dapat melakukan tindakan *preventive* bagi proyek tersebut maupun bagi proyek selanjutnya di masa mendatang.
3. Sebagai *lesson learnt* bagi proyek-proyek serupa

1.5. BATASAN PENELITIAN

Pada penelitian ini dibuat batasan penelitian untuk memfokuskan penelitian yang dilakukan agar tidak terlalu luas dan menyimpang dari batasan masalah yang akan dibahas. Terdapat beberapa pembatasan yang dilakukan yaitu, sebagai berikut:

1. Penelitian hanya berfokus pada pelaksanaan pekerjaan *Tunneling* pada Pembangunan Bendungan Manikin
2. Objek pada penelitian ini adalah alat berat
3. Penilaian keselamatan kerja menggunakan *Rapid Visual Screening (RVS)*, yaitu penilaian yang dilakukan secara visual mengenai kondisi eksisting proyek.
4. Data pengamatan pada penelitian ini berupa foto/video, dan pengamatan dilakukan melalui media tersebut.
5. Hasil *Rapid Visual Screening (RVS)* hanya bersifat mengetahui “aman” dan “tidak aman” yang disertai penjelasan variabel secara deskriptif.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian terdahulu merupakan salah satu aspek penting dalam penelitian. Penelitian terdahulu bertujuan untuk mengetahui hasil kajian yang telah dilakukan oleh orang lain yang mana dapat mendukung penelitian ini. Selain itu, penelitian terdahulu juga dapat dijadikan bahan perbandingan dan untuk menunjukkan bahwa penelitian yang dilakukan benar-benar baru dan belum diteliti oleh orang lain.

2.1. PENELITIAN SEBELUMNYA

1. Penelitian Kartika dan Sukindrawati (2021)

Penelitian ini berjudul Analisis Visual Keselamatan Kerja pada Pekerja Konstruksi Galian Tanah. Dalam penelitian ini dijelaskan bahwa Pelaksanaan proyek konstruksi di Indonesia banyak terjadi kecelakaan kerja. Pekerja konstruksi adalah tenaga yang bekerja pada proyek konstruksi dengan keterampilannya dalam melaksanakan proyek bangunan. Hubungan keselamatan kerja dan kecelakaan kerja adalah menerapkan keselamatan kerja d lingkungan proyek konstruksi menggunakan peraturan keselamatan kerja serta alat pelindung diri yang berupa *safety tool* untuk meminimalisir kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja dapat menciptakan *zero accident*. Metode pada penelitian ini menggunakan pemanfaatan foto sebagai sumber informasi keselamatan kerja. Pengolahan data menggunakan teorema bayes. Teori bayes dapat digunakan untuk mengatasi masalah ketidakpastian. Setiap foto memiliki interpretasi yang berbeda pada setiap orang, tergantung persepsi penilaian pada setiap orang. Penelitian keselamatan kerja (K2) pekerjaan galian tanah penting dilakukan untuk mengetahui nilai penerapan keselamatan kerja (K2) sesuai standar keselamatan yang dibuat karena pekerjaan galian tanah sangat rawan terjadi kecelakaan kerja. Pekerja yang sedang menggali tanah dapat terkena longsoran timbunan tanah yang berada di atasnya secara tiba-tiba. Nilai yang sudah diketahui tingkat amannya selanjutnya didapatkan upaya yang harus dilakukan untuk meminimalkan kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja pada pekerjaan galian tanah.

2. Penelitian Firmansyah (2022)

Penelitian yang berjudul “Pemanfaatan Foto Konstruksi Untuk Penilaian Keselamatan Kerja Pada Pekerjaan Pondasi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Terminal)” menjelaskan bahwa kecelakaan industri sering terjadi pada proyek konstruksi di Indonesia. Kecelakaan kerja pada suatu proyek disebabkan oleh berbagai faktor seperti kontraktor tidak menyediakan peralatan kesehatan dan keselamatan kerja untuk proyeknya, tidak mengetahui pentingnya keselamatan kerja bagi pekerja konstruksi dan percaya bahwa kecelakaan kerja jarang terjadi, meskipun kecelakaan kerja dapat terjadi. Jamsostek (Jaminan Sosial Tenaga Kerja) dan faktor ketidaktahuan pekerja konstruksi menggunakan alat pelindung diri untuk menghindari kecelakaan industri yang disebabkan oleh faktor bahaya di lingkungan kerja. Langkah-langkah untuk mencegah kecelakaan kerja di lokasi konstruksi memerlukan penerapan standar keselamatan yang disyaratkan, serta kepekaan dari masing-masing karyawan dan pengawasan petugas yang bertanggung jawab atas keselamatan kerja. Penerapan aturan pelaksanaan pekerjaan akan mengarah pada fakta bahwa pekerjaan pondasi akan dilakukan tepat waktu dan sesuai anggaran. Penelitian yang akan dibahas menyangkut penggunaan foto konstruksi untuk menilai keselamatan kerja pada pekerjaan pondasi (studi kasus: Proyek Pembangunan Gedung Terminal). Untuk penilaian keselamatan kerja digunakan data berupa foto pekerjaan pondasi yang dilakukan di lokasi pembangunan proyek pembangunan terminal bandara. Ada tiga jenis acuan untuk menyusun checklist standar keselamatan kerja pada penelitian ini ada 3 macam, yaitu: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga (2006), Keputusan Bersama Menteri Tenaga Kerja dan Menteri Pekerjaan Umum No. Kep-174/Men/1986 No. 104/Kpts/1986 Tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pada Tempat Kegiatan Konstruksi, dan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. Per-01/Men/1980 Tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pada Konstruksi Bangunan. Narasumber penelitian dipilih 3 orang yang memiliki sertifikat keahlian (SKA) K3 konstruksi untuk menilai 10 foto pekerjaan galian, 4 foto pekerjaan pengukuran dan pematokan, dan 20 foto pekerjaan pasangan batu dengan standar keselamatan kerja yang telah

dibuat menjadi checklist. Setelah semua data-data yang diperlukan dalam penelitian ini berupa checklist yang telah terisi sudah terkumpul semua dan sudah dilakukan uji validitas, maka dilanjutkan dengan tahap pengolahan dan analisis data dengan menggunakan Theorema Bayes. Berdasarkan hasil dari 10 foto pada pekerjaan galian yang menjadi data, semuanya mempunyai nilai $P(H | E_{comb}) = 0$. Hal ini menunjukkan bahwa semua foto konstruksi pada pekerjaan galian dilaksanakan secara tidak aman. Berdasarkan hasil dari 4 foto pada pekerjaan pengukuran dan pematokan yang menjadi data, semuanya mempunyai nilai $P(H | E_{comb}) = 0$. Hal ini menunjukkan bahwa semua foto konstruksi pada pekerjaan pengukuran dan pematokan dilaksanakan secara tidak aman. Berdasarkan hasil dari 20 foto pada pekerjaan pasangan batu yang menjadi data, semuanya mempunyai nilai $P(H | E_{comb}) = 0$. Hal ini menunjukkan bahwa semua foto konstruksi pada pekerjaan pasangan batu dilaksanakan secara tidak aman. Upaya yang harus dilakukan untuk meminimalisir kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja pada pekerjaan pondasi pada proyek pembangunan gedung terminal adalah dengan melaksanakan atribut standar keselamatan kerja Indonesia yang sama sekali tidak diterapkan di lapangan dan yang diterapkan, tetapi belum memenuhi standar aman.

3. Penelitian Argha (2014)

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi penerapan prinsip keselamatan kerja (K2) pada pekerjaan pondasi gedung Fakultas MIPA UII, dengan menggunakan foto lokasi pembangunan sebagai data proyek selama pengamatan. Jangka waktu dan mengetahui upaya-upaya yang harus dilakukan untuk menekan angka kecelakaan kerja di proyek konstruksi, Jurusan Teknik Sipil MIPA UII. Jenis penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif. Data diolah menurut *Health and Safety Checklist*, kemudian data foto tersebut dianalisis menggunakan Teorema Bayes. Dari analisis ini dapat disimpulkan apakah pekerjaan itu dilakukan dengan aman atau tidak. Upaya untuk mengurangi kecelakaan kerja kemudian dibahas. Pelajaran dapat diambil dari diskusi tentang pencegahan kecelakaan. Dengan demikian, hasil penelitian

adalah dari 10 foto penggalian pondasi, 35 foto pekerjaan perkuatan pondasi dan 17 foto pekerjaan penuangan pondasi yang menjadi data, semuanya memiliki $P(H \text{ Ecomb}) = 0$. Ini menunjukkan bahwa semua pekerjaan dilakukan dengan cara yang berbahaya.

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya

NO	NAMA PENELITI	TUJUAN PENELITIAN	METODE PENELITIAN	HASIL PENELITIAN
1.	Kartika dan Sukindrawati (2021)	Tujuan penelitian ini mengetahui nilai penerapan keselamatan kerja (K2) berdasarkan standar keselamatan pada pekerjaan galian tanah dan upaya yang harus dilakukan untuk meminimalkan kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja pada pekerjaan galian tanah	Metode pada penelitian ini menggunakan pemanfaatan foto sebagai sumber informasi keselamatan kerja. Pertimbangan dari tiga alasan penggunaan foto dalam proyek konstruksi adalah memantau proses konstruksi, proses pengadilan dan pemulihan pengetahuan (Nugraheni and Scott 2006).	1. Hasil penilaian keselamatan kerja pada pekerjaan galian tanah semua nilai P(H Ecomb) adalah 0 yang berarti pekerjaan galian tanah dilakukan dengan tidak aman. 2. Upaya yang harus dilakukan untuk meminimalisir kemungkinan terjadinya kecelakaan adalah kesadaran pekerja untuk menerapkan semua atribut checklist standar keselamatan kerja dan meningkatkan pengawasan pekerjaan dalam penerapan atribut yang belum memenuhi standar.
2.	Penelitian Aftortu, dkk (2019)	Mengidentifikasi serta menganalisis risiko tertinggi	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA)	Tiga risiko tertinggi yaitu pekerjaan beton pada bangunan pengelak,

NO	NAMA PENELITI	TUJUAN PENELITIAN	METODE PENELITIAN	HASIL PENELITIAN
		pada proyek pembangunan Bendungan Way Sekampung Paket 2		pekerjaan galian <i>Tunneling</i> dan pekerjaan <i>dewatering</i> .
3.	Indrayani (2017)	Menganalisis risiko kecelakaan kerja serta merumuskan rekomendasi untuk Proyek Pengembangan Bandara Internasional Juanda Terminal 2 Surabaya melalui kajian manajemen risiko keselamatan kerja.	Observasi langsung ke lingkungan kerja proyek, kajian dokumentasi terhadap dokumen terkait, dan wawancara serta <i>brainstorming technique</i> dengan narasumber penelitian	Hasil identifikasi risiko diketahui terdapat 100 bahaya yang dapat mengancam keselamatan pekerja dengan kategori: 4% <i>low risk</i> , 48% <i>moderate risk</i> , 39% <i>high risk</i> , dan 9% <i>extreme risk</i> . Melalui <i>Q sort technique</i> diperoleh 5 prioritas masalah: pekerja jatuh dari ketinggian, pekerja tersengat aliran listrik, pekerja tertimpa material yang diangkat, kebakaran atau ledakan, dan perancah roboh.
4.	Argha, M (2014).	Mengevaluasi pelaksanaan kesehatan dan keselamatan kerja (K2) pada pekerjaan pondasi konstruksi gedung Fakultas	Metode deskriptif. Data diolah dengan berpedoman pada checklist keselamatan kerja, kemudian data berupa foto	Hasil akhir dari penelitian yaitu dari 10 foto pekerjaan galian pondasi, 35 foto pekerjaan penulangan pondasi, 17 pekerjaan pengecoran pondasi yang

NO	NAMA PENELITI	TUJUAN PENELITIAN	METODE PENELITIAN	HASIL PENELITIAN
		MIPA UII, dengan menggunakan foto-foto lokasi pembangunan sebagai data yang diperoleh tentang proyek selama masa observasi dan mengetahui upaya pengurangan kecelakaan kerja pada pekerjaan pondasi proyek konstruksi Fakultas MIPA UII.	tersebut di analisis menggunakan Theorema Bayes.	menjadi data, semuanya mempunyai nilai $P(H E_{comb}) = 0$. Hal ini menjelaskan bahwa semua pekerjaan dilaksanakan secara tidak aman.

2.2. PERBEDAAN PENELITIAN INI DENGAN PENELITIAN SEBELUMNYA

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang sebelumnya adalah subjek atau obyek yang akan diteliti. Dimana akan membahas tentang “Keselamatan kerja pada pekerjaan *tunnelling*”. Fokus pada penelitian kali ini yaitu *assessment* atau penilaian menggunakan RVS, dimana tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui keselamatan kerja pada alur pekerjaan *tunnelling* yang banyak melibatkan alat berat. Keaslian penelitian ini dapat dipertanggungjawabkan dan sesuai dengan asas-asas keilmuan yang harus dijunjung tinggi yaitu kejujuran, rasional, objektif serta terbuka.

BAB III

DASAR TEORI

3.1. PROYEK KONSTRUKSI

3.1.1 Pengertian Proyek

Pengertian proyek (*project*) menurut para ahli sebagai berikut:

1. Proyek adalah gabungan dari sumber-sumber daya seperti manusia, material, peralatan, dan modal/biaya yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi sementara untuk mencapai sasaran dan tujuan (Husen, 2009).
2. Proyek merupakan upaya atau aktivitas yang diorganisasikan untuk mencapai tujuan, sasaran, dan harapan-harapan penting dengan menggunakan anggaran dan dana serta sumber daya yang tersedia, yang harus diselesaikan dalam jangka waktu tertentu (Nurhayati, 2010)
3. Proyek adalah unit yang paling baik untuk pelaksanaan perencanaan operasional dari aktivitas investasi dengan kegiatan yang saling berkaitan untuk mencapai suatu hasil tujuan tertentu dalam jangka waktu tertentu (Tjokroamijojo, 1971).

Berdasarkan pendapat para ahli diatas, dapat disimpulkan proyek merupakan suatu rangkaian kegiatan yang saling berkaitan untuk mencapai tujuan tertentu (bangunan/konstruksi) dalam batasan biaya, mutu, dan waktu.

3.1.2 Jenis-Jenis Proyek

Proyek dapat dibedakan menjadi 5 jenis yaitu:

1. Proyek konstruksi adalah usaha dengan tujuan mendirikan suatu bangunan dengan waktu dan sumber daya proyek terbatas,
2. Proyek manufaktur adalah proses untuk menghasilkan produk baru, kegiatan utamanya meliputi desain *engineering*, pengembangan produk, pengadaan, manufaktur, perakitan, uji coba fungsi dan operasi produk tertentu.
3. Proyek pengembangan (R&D) adalah suatu kegiatan yang bertujuan melakukan penelitian dan pengembangan dalam rangka menghasilkan suatu produk tertentu.

4. Proyek kelayakan manajemen adalah suatu proyek yang tidak memberikan hasil dalam bentuk fisik namun berupa laporan akhir, contohnya merancang sistem informasi manajemen.
5. Proyek kapital adalah proyek yang memiliki kaitan dengan penggunaan dana kapital untuk investasi.

3.1.3 Tujuan Proyek

Menurut Larson yang diterjemahkan oleh Damyati & Nurjaman (2014) menjelaskan tujuan utama proyek adalah memuaskan kebutuhan pelanggan. Disamping kemiripan, karakteristik dari sebuah proyek membantu membedakan proyek tersebut dari yang lainnya dalam organisasi. Karakteristik utama proyek sebagai berikut:

1. Penetapan tujuan.
2. Masa hidup yang terdefinisi mulai dari awal hingga akhir.
3. Melibatkan beberapa departemen dan profesional.
4. Melakukan sesuatu yang belum pernah dilakukan sebelumnya.
5. Waktu, biaya dan kebutuhan yang spesifik.

3.1.4 *Triple Constraint* dan Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Pencapaian sasaran dan tujuan di proyek yang telah ditentukan terdapat batasan-batasan dalam suatu proyek yaitu *triple constraint* atau tiga kendala yang terdiri dari

1. Biaya/anggaran (*Cost*)
2. Waktu/jadwal (*Time*)
3. Mutu (*Quality*)

Saat ini *triple constraint* telah ditambah dengan 1 variabel yaitu keselamatan dan kesehatan kerja. Variabel ini termasuk dalam *triple constraint* sebab Keselamatan dan Kesehatan Kerja dalam pelaksanaan konstruksi sendiri erat kaitannya dengan mutu.

Sudut pandang teknis ukuran keberhasilan proyek dikaitkan sejauh mana ketiga sasaran tersebut dapat dipenuhi. Untuk itu diperlukan suatu pengaturan yang

baik, sehingga perpaduan antara ketiganya sesuai dengan yang diinginkan yaitu dengan manajemen proyek (Soeharto, 1999)

1. *Cost* (Biaya)

Dalam proyek kita tidak akan pernah lepas dari biaya, biaya dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah proyek harus diperhitungkan secara matang. Pada intinya faktor biaya atau cost ini adalah menentukan seberapa besar biaya yang akan dikeluarkan untuk sebuah proyek. Faktor biaya ini sangat dipengaruhi oleh 2 faktor sebelumnya, yaitu faktor *scope* dan faktor *time*. Secara umum semakin besar ruang lingkup dan semakin lama waktu, maka akan semakin besar pula biaya suatu proyek.

2. *Quality* (Mutu)

Mutu adalah apa yang akan dikerjakan oleh proyek tersebut, produk, layanan atau hasil yang diraih proyek tersebut atau disebut sebagai kinerja (*performance*), harus memenuhi spesifikasi dan kriteria dalam taraf yang disyaratkan oleh pemilik.

3. *Time* (Waktu)

Waktu ialah berapa lama waktu yang di butuhkan untuk melaksanakan suatu proyek serta apa itu jadwal proyek. salah satu komponen yang menjadi target utama dalam sebuah proyek. Pada intinya faktor waktu ini adalah bagaimana kita menentukan lamanya waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan sebuah proyek. Komponen waktu begitu berarti, terutama pada saat-saat yang memang sangat krusial. Terkadang suatu proyek dipaksa untuk selesai pada waktu tertentu, walaupun berdampak pada membengkaknya biaya.

4. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Keselamatan dan kesehatan kerja yang mengatakan bahwa cara menanggulangi kecelakaan kerja adalah dengan meniadakan unsur penyebab kecelakaan dan atau mengadakan pengawasan yang ketat.

3.2. PROYEK TUNNELING

Tunneling adalah bangunan bawah tanah yang mempunyai panjang lebih dari lebar penampang galiannya, dan mempunyai gradien memanjang kurang dari 15%. *Tunneling* umumnya tertutup di seluruh sisi kecuali di kedua ujungnya yang terbuka

pada lingkungan luar. Beberapa ahli teknik sipil mendefinisikan *Tunneling* sebagai sebuah tembusan di bawah permukaan yang mempunyai panjang minimal 0,1 mil (160,9 meter), dan yang lebih pendek dari itu dinamakan *underpass*. (Paulus P. Rahardjo, 2004).

Pada umumnya bangunan *Tunneling* dibuat untuk keperluan transportasi yang terhalang oleh kondisi alam yang ada, misalnya pada kondisi lahan perkotaan atau kondisi bawah tanah yang terdiri dari berbagai jenis lapisan, hal tersebut merupakan titik lemah dalam mendesain suatu *Tunneling*. Transportasi yang dimaksud dapat digunakan untuk keperluan khusus, misalnya untuk angkutan hasil tambang yang dieksploitasi melalui *Tunneling*, *Tunneling* untuk saluran air, drainase maupun untuk keperluan pembangkit listrik, termasuk *Tunneling* sementara untuk pengeringan (*diversion tunnel*) dan *tunnel spillway* untuk keperluan irigasi, dan keperluan transportasi manusia, baik untuk jalan kereta api maupun jalan raya. (Paulus P. Rahardjo, 2004).

3.2.1. Risiko Kegagalan Konstruksi *Tunneling*

Keruntuhan dan permasalahan lain yang terjadi saat konstruksi *Tunneling* banyak diakibatkan oleh ketidakpastian kondisi geologi dan geoteknik bawah permukaan. Pada beberapa kasus keruntuhan *Tunneling* saat konstruksi, kasus yang umumnya terjadi adalah keruntuhan muka bidang galian yang disebabkan oleh posisi *Tunneling* yang dangkal/dekat ke permukaan tanah, ukuran *Tunneling* yang besar dan metode konstruksi yang tidak sesuai dengan kondisi bawah permukaan yang digali. Contoh keruntuhan dan efeknya terhadap lingkungan sekitar diperlihatkan pada Gambar 1.1. Berdasarkan tipe kerusakannya, keruntuhan konstruksi *Tunneling* di beberapa negara diperlihatkan pada Tabel 1.1. Historis dan penyebab keruntuhan tersebut menunjukkan betapa besarnya risiko pembangunan *Tunneling* akibat ketidakpastian kondisi bawah permukaan.



Gambar 3. 1 Keruntuhan *Tunneling* di Sao Paulo

Sumber: (Neto & Kochen 2000)

Tabel 3. 1 Rekapitulasi Kerusakan *Tunneling* di Beberapa Negara

Tahun	Lokasi	Tipe Peruntukan <i>Tunneling</i>	Tipe Kerusakan
1973	Paris	<i>Tunneling</i> kereta	Runtuh
1981	São Paulo (Brazil)	<i>Tunneling</i> metro	Ketidakstabilan
1984	Landrücken (Jerman)	-	Runtuh
	Bochum (Jerman)	<i>Tunneling</i> metro	
1985	Richthof (Jerman)	-	Runtuh
	Kaiserau (Jerman)	-	
	Bochum (Jerman)	<i>Tunneling</i> metro	
1986	Krieberg (Jerman)	-	Runtuh
1987	Munich (Jerman)	<i>Tunneling</i> metro	5 keruntuhan
	Weltkugel (Jerman) Karawanken	-	<i>Cave-in</i>
	(Austria/Slovenia)	-	Aliran air kedalam <i>Tunneling</i> dan deformasi yang sangat besar
1988		-	

Tahun	Lokasi	Tipe Peruntukan <i>Tunneling</i>	Tipe Kerusakan
	Kehrenberg (Jerman) Michaels (Jerman)	-	Penurunan permukaan tanah Runtuh
1989	Karawanken (Jerman)	-	Runtuh
	São Paulo (Brazil)	<i>Tunneling</i> metro	
1991	Kwachon (Korea)	-	Runtuh
	Seul (Korea)	<i>Tunneling</i> metro	Runtuhan mempengaruhi bangunan sekitar
1992	Funagata (Jepang)	-	Runtuh
	Seul (Korea)	<i>Tunneling</i> metro	2 keruntuhan
1993	Seul (Korea)	<i>Tunneling</i> metro	4 keruntuhan Runtuh
	Chungho (Taiwan)	-	Runtuh
	Tribunal da Justiça (Brazil)	-	Deformasi besar
	Toscana (Italia)	-	Runtuh
1994	Carvalho Pinto (Brazil) Montemor (Portugal) Galgenberg (Austria) Munich (Jerman)	-	Keruntuhan portal saat konstruksi 2 keruntuhan
	Heathrow (London)	<i>Tunneling</i> jalan	Runtuh
		-	Runtuh
	Storebaelt (Denmark)	<i>Tunneling</i> metro <i>Tunneling</i> bandara Mesin bor <i>Tunneling</i>	Runtuh Kebakaran
1995	Turki	<i>Tunneling</i> motor	Runtuh

Tahun	Lokasi	Tipe Peruntukan <i>Tunneling</i>	Tipe Kerusakan
1996	Turki	<i>Tunneling</i> motor	Runtuh
	Los Angeles (Amerika)	-	
	Athens (Yunani)	<i>Tunneling</i> metro	
	Adler (Swiss)	-	
	Toulon (Prancis)	-	
	Eidsvoll (Norwegia)	-	
1997	Athens (Yunani)	<i>Tunneling</i> metro	Runtuh
	Carvalho Pinto (Brazil)	<i>Tunneling</i> metro	
1998	Russia	-	Runtuh

(Sumber: Neto & Kochen 2000)

3.2.2. Jenis-Jenis Kegagalan Konstruksi *Tunneling*

Keruntuhan *Tunneling* akibat ketidakpastian kondisi bawah permukaan dapat menyebabkan kerusakan peralatan, lingkungan sekitar, kematian, biaya yang membengkak dan penundaan waktu kerja. Penyebab utama keruntuhan diklasifikasikan berdasarkan permasalahan sebagai berikut:

1. Kondisi geoteknik yang tidak dapat diperkirakan
 - a. Kondisi ini terjadi disebabkan oleh pengurangan survei dan penyelidikan geoteknik yang menghasilkan karakterisasi kondisi geoteknik yang dangkal.
 - b. Kondisi yang tidak dapat diperkirakan umumnya terkait penjuhan atau erosi yang terjadi pada tanah/batuan.
 - c. Survei dan evaluasi kondisi geoteknik lanjutan tidak dilakukan saat pelaksanaan konstruksi berjalan.
2. Kesalahan Perencanaan dan Spesifikasi
 - a. Keruntuhan *Tunneling* terjadi disebabkan oleh kesalahan perencanaan untuk mendapatkan lokasi struktur bawah tanah seperti shaft, gorong-gorong, dan lubang bor yang tidak terisi atau terisi sebagian.

- b. Ketidaksesuaian metode penggalian dan penyangga terhadap kondisi geoteknik yang ada.
 - c. Ketidaksesuaian spesifikasi material konstruksi, perencanaan terhadap kondisi yang tidak diketahui dan keadaan darurat.
3. Kesalahan dalam Perhitungan dan Analisis Numerik
- a. Kesalahan penentuan parameter desain karena kualitas data penyelidikan geoteknik yang terbatas.
 - b. Tidak dilakukan verifikasi hasil perhitungan terhadap bacaan instrumentasi.
 - c. Tidak diperhitungkannya efek air
4. Kesalahan saat konstruksi yang sulit untuk diidentifikasi, umumnya adalah sebagai berikut:
- a. Dinding dibangun tidak sesuai dengan ketebalan rencana
 - b. Kesalahan pemasangan baut batuan dan rusuk baja
 - c. Bentuk *invert* yang tidak sesuai dengan perencanaan
 - d. Pekerjaan perbaikan dinding dilaksanakan dengan buruk.
5. Kesalahan Pengendalian dan Manajemen Konstruksi
- a. Penyedia jasa dan pengguna jasa yang tidak berpengalaman
 - b. Kesalahan penyimpulan kondisi lapangan dan ketidaksesuaian perencanaan struktur
 - c. Pengendalian kualitas pekerjaan buruk
 - d. Adopsi metode konstruksi yang tidak sesuai.

Risiko merupakan setiap peristiwa yang bisa mencegah/menghambat kemajuan proyek yang telah direncanakan, atau kesuksesan dari penyelesaiannya. Risiko dapat diidentifikasi dari sejumlah sumber yang berbeda. Beberapa risiko mungkin cukup jelas dan dapat diidentifikasi sebelum proyek dimulai. Sedangkan risiko-risiko lainnya baru akan dapat diidentifikasi selama siklus proyek. Risiko dapat diidentifikasi oleh siapa saja yang terlibat dalam proyek. Beberapa risiko melekat pada proyek itu sendiri, sementara ada risiko yang berasal dari pengaruh eksternal yang sepenuhnya di luar kendali tim proyek.

3.3. KESELAMATAN KONSTRUKSI

3.3.1. Definisi Keselamatan Konstruksi

Sebagai metode manajemen proyek konstruksi, keselamatan konstruksi termasuk dalam kategori kualitatif manajemen konstruksi (Halpin dan Woodhead, 1998). Keselamatan konstruksi merupakan upaya selamat dalam mencegah kecelakaan kerja yang merupakan salah satu bagian dari pengendalian proyek agar proyek berjalan dengan lancar sesuai dengan apa yang telah direncanakan (Wibisono, 2011). Kecelakaan konstruksi merupakan risiko yang dapat dimitigasi melalui program keselamatan konstruksi.

Kelumpuhan dan kecelakaan fatal tenaga kerja pada *job site* akan berdampak negatif pada kegiatan proyek konstruksi berbagai level. *“Accidents costs money and affect worker morale. Because of the type of work involved in construction, many dangers exist both for the workers and for the public”* (Halpin dan Woodhead, 1998)

Seperti yang dijelaskan oleh Halpin dan Woodhead (1998), kecelakaan di tempat kerja mempengaruhi biaya dan produktivitas tenaga kerja. Ini karena berbagai jenis pekerjaan yang terlibat dalam proyek konstruksi yang bersifat bahaya baik untuk tenaga kerja maupun pada publik. Hal ini yang kemudian membuat keselamatan konstruksi menawarkan program non kontroversial antara manajemen dan tenaga kerja, yaitu perlunya tindakan yang aman yang dapat melindungi dan mencegah kecelakaan kerja, yang dapat dipahami oleh semua pekerja.

3.3.2. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Keselamatan dan Kesehatan Kerja merupakan faktor yang paling penting dalam pencapaian sasaran tujuan proyek. Hasil yang maksimal dalam kinerja biaya, mutu dan waktu tiada artinya bila tingkat keselamatan kerja terabaikan. Indikatornya dapat berupa tingkat kecelakaan yang tinggi, seperti banyak tenaga kerja yang meninggal, cacat permanen serta instalasi proyek yang rusak, selain kerugian materi yang besar.

Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) adalah suatu struktur komposisi yang kompleks dengan personal, sumber daya, program beserta kebijakan dan prosedurnya terintegrasi dalam wadah organisasi perusahaan atau

lembaga. Integrasi diperlukan untuk memastikan bahwa tugas menjalankan program K3 dapat dicapai sesuai sasaran dan tujuan yang ditetapkan. Dalam sebuah pembangunan proyek sistem keselamatan dan kesehatan kerja diperlukan karena didasari alasan-alasan berikut:

1. Perusahaan mempunyai tanggung jawab moral terhadap keselamatan dan kesehatan kerja, tenaga kerja, *staff* perusahaan, masyarakat penggunaan fasilitas proyek, pemilik proyek serta menjaga keawetan dan umur dari fasilitas yang telah dibuat. Selain itu, program K3 yang efektif akan meningkatkan produktivitas dan kualitas kerja banyak pihak.
2. Sebagai antisipasi perusahaan untuk pemenuhan aspek legal hukum yang berlaku sebagaimana diatur dan dipersyaratkan dalam:
 - a. Undang-Undang Kerja tahun 1948-1951, yang mengatur keselamatan kerja beserta pencegahannya.
 - b. Undang-Undang No.14/1969, perlindungan keselamatan tenaga kerja.
 - c. Undang-Undang No. 1 tahun 1970, mengatur tentang keselamatan kerja.
 - d. Keputusan Bersama Menteri Pekerjaan Umum dan Menteri Tenaga Kerja No. Kep. 174/Men/1986/104/KTPS/1986, tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada tempat dilakukan kegiatan konstruksi.
 - e. Instruksi Menteri Pekerjaan Umum No.1/IN/M/1990, Mengenai Pelaksanaan Kampanye Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di lingkungan DPU
 - f. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan kerja.
 - g. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 05/PRT/M/2014 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum, dll.
3. Dengan menerapkan konsep keselamatan kerja, berarti perusahaan telah menerapkan salah satu fungsi manajemen dimana kinerja program K3 dapat menampilkan hasil program dengan tingkat kecelakaan paling minimal atau tidak ada sama sekali.
4. Secara ekonomis K3 mempunyai banyak manfaat, seperti:
 - a. Menghemat biaya yang tak terduga.

- b. Meningkatkan moral dan produktivitas pekerja.
- c. Mengurangi risiko dan menghemat biaya asuransi karena premiumnya lebih rendah karena sejarah kecelakaan perusahaan yang rendah.
- d. Reputasi yang baik bagi perusahaan dalam hal keselamatan dan kesehatan kerja dapat meningkatkan permintaan pasar yang terhadap keahlian perusahaan.
- e. Tingkat efisiensi dan efektif kerja bagi perusahaan menjadi lebih tinggi dengan menekan risiko kecelakaan yang akan terjadi.

Dengan berkembangnya zaman sistem manajemen keselamatan kerja diperkenalkan dengan sebutan OHSAS 18001 (*Occupational Health and Safety Assessment Series*) yang terintegrasi dengan ISO 9000 untuk sistem manajemen mutu dengan ruang lingkup sebagai berikut:

1. Menciptakan sistem manajemen K3 untuk mengurangi risiko pekerja lapangan atau pihak lain yang berkaitan dengan aktivitas perusahaan atau proyek.
2. Melaksanakan, memelihara dan meningkatkan kesinambungan manajemen K3.
3. Memastikan pemenuhan syarat terhadap kebijakan yang telah ditetapkan.
4. Menunjukkan pemenuhan syarat yang terlaksana dari pihak lain sebagai pembanding untuk memacu kesuksesan program K3 yang telah ditetapkan.
5. Memperoleh sertifikat manajemen K3 dari organisasi pemberi sertifikat.
6. OHSAS 180001 memiliki elemen-elemen dengan tujuan agar kebijakan mutunya dipahami, diterapkan, dan dipelihara kesinambungannya pada semua tingkat di organisasi, khususnya organisasi proyek.
7. Elemen-elemen kunci pada OHSAS 18001 memiliki sub-sub elemen, terdiri atas: Persyaratan Umum, Kebijakan K3, Perencanaan, Operasional dan Implementasi, Pemeriksaan dan Tindakan Koreksi serta Tinjauan Manajemen.

Untuk menjaga kesinambungan program K3 yang konsisten, perlu dilakukan audit internal oleh personal audit perusahaan serta audit eksternal dari badan/lembaga yang menerbitkan sertifikasi secara berkala, sebagai langkah untuk melakukan validasi. Perusahaan mempunyai komitmen terhadap program K3 dengan mengalokasikan biaya agar kinerja perusahaan sesuai dengan sasaran dan tujuan yang diharapkan.

3.4. SISTEM MANAJEMEN KESELAMATAN KONSTRUKSI (SMKK)

Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK) merupakan bagian dari sistem manajemen pelaksanaan pekerjaan konstruksi untuk menjamin keselamatan konstruksi. SMKK harus memastikan pemenuhan standar K4 pada semua tahapan kinerja bangunan dan mencegah kegagalan bangunan. Acuan teknis penerpaan SMKK dalam penyelenggaraan jasa konstruksi adalah Permen PUPR No. 10 Tahun 2021. Penerapan SMKK dalam Permen PUPR No. 10 Tahun 2021 sebagai berikut:

1. Penetapan SMKK pasal 2 ayat 6 berisikan tentang Pemenuhan Standar Keamanan, Keselamatan, Kesehatan, dan Keberlanjutan sebagaimana dimaksud pada ayat (5) dengan menjamin keselamatan keteknikan konstruksi, keselamatan dan kesehatan kerja, keselamatan public dan lingkungan.
2. Rencana Keselamatan Konstruksi pasal 10 ayat 1 tentang elemen operasi Keselamatan Konstruksi seperti yang dimaksud pada Pasal 6 ayat (2) huruf d yaitu kegiatan dalam mengendalikan Keselamatan Konstruksi, yang paling sedikit terdiri atas sub elemen:
 - a. Perencanaan penerapan RKK
 - b. Pengendalian operasi Keselamatan Konstruksi
 - c. Kesiapan dan tanggapan terhadap kondisi darurat dan
 - d. Investigasi kecelakaan Konstruksi
3. RMPK dan Program Mutu Pasal 17 ayat 1 tentang hal pekerjaan konstruksi yang memiliki risiko keselamatan konstruksi kecil dan melalui metode pengadaan langsung, RMPK hanya memuat metode pekerjaan, rencana pemeriksaan dan pengujian, serta jumlah dan jenis pemasok
4. RKPPL Pasal 18 ayat 1 tentang Pekerjaan Konstruksi dengan Risiko Keselamatan Konstruksi sedang dan besar, bagi setiap Penyedia Jasa Pekerjaan Konstruksi wajib menyusun rencana pengelolaan lingkungan dalam dokumen RKPPL yang sudah tercantum dalam lampiran yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri ini.
5. RMLLP Pasal 19 ayat 1 tentang Pekerjaan Konstruksi dengan Risiko Keselamatan Konstruksi sedang dan besar, untuk setiap Penyedia Jasa Pekerjaan Konstruksi wajib menyusun rencana manajemen lalu lintas dalam dokumen RMLLP.

3.5. JENIS-JENIS KECELAKAAN KERJA

Pembangunan proyek konstruksi gedung memiliki golongan dan pengklasifikasian bermacam-macam, kecelakaan kerja dalam masing-masing kelompok tersebut tentu dapat terjadi. Dinas Pekerjaan Umum (2007), mengelompokkan jenis-jenis kecelakaan kerja konstruksi gedung menjadi lima kelompok besar yang dapat dilihat sebagai berikut:

1. Kecelakaan karena alat pengangkutan dan lalu lintas

Kecelakaan ini pada umumnya disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut:

- a. Penempatan alat dan material yang tidak teratur, kurang baik, dan tidak pada tempatnya.
- b. Kurangnya disiplin dari pekerja yang bersangkutan.
- c. Kurangnya keahlian dari pekerja yang bersangkutan.
- d. Kurangnya pengamanan dalam pengangkutan dan lalu lintas.
- e. Kesalahan cara pengangkutan material/barang.
- f. Kelebihan beban/muatan dalam pengangkutan.
- g. Kurang lengkapnya rambu dan tanda lalu lintas serta pengaman lainnya.

2. Kecelakaan karena kejatuhan benda

Penyebab kecelakaan ini adalah sebagai berikut:

- a. Kesalahan dalam membuang benda dari tempat yang tinggi
- b. Penyimpanan/perletakan benda atau peralatan yang tidak pada tempatnya.
- c. Memasang material/peralatan yang kurang baik dan tidak pada tempatnya.
- d. Tidak adanya pengamanan terhadap benda/peralatan yang jatuh.
- e. Kesalahan dalam mengangkat material/peralatan ke tempat yang lebih tinggi.
- f. Mengangkat material/peralatan dengan muatan berlebihan.
- g. Pekerja tidak menggunakan ADP,

3. Kecelakaan karena tergelincir, terpukul, terkena benda tajam/keras

Kecelakaan ini disebabkan karena hal berikut:

- a. Pada umumnya kecelakaan tergelincir dan terpeleset disebabkan oleh jalan yang licin dan gelap, berdiri tidak pada tempatnya atau cara kerja yang salah.
- b. Kecelakaan kerja karena terpukul disebabkan oleh cara kerja yang salah atau lalai.

4. Kecelakaan karena jatuh dari ketinggian

Kecelakaan ini bisa berakibat fatal, seperti cacat berat maupun meninggal dunia. Oleh karena itu pengawasan dan pekerja harus waspada, hati-hati dan teliti pada pekerjaan dengan potensi jatuh dari tempat ketinggian. Kecelakaan terjatuh dari tempat tinggi dapat terjadi pada pekerja untuk pekerjaan sebagai berikut:

- a. Pekerjaan atap dan plafon.
- b. Pekerjaan dinding, plesteran dengan menggunakan *scaffolding* atau perancah.
- c. Pekerjaan instalasi listik, AC, telepon dan *plumbing*.
- d. Kecelakaan karena aliran listrik, kebakaran dan ledakan

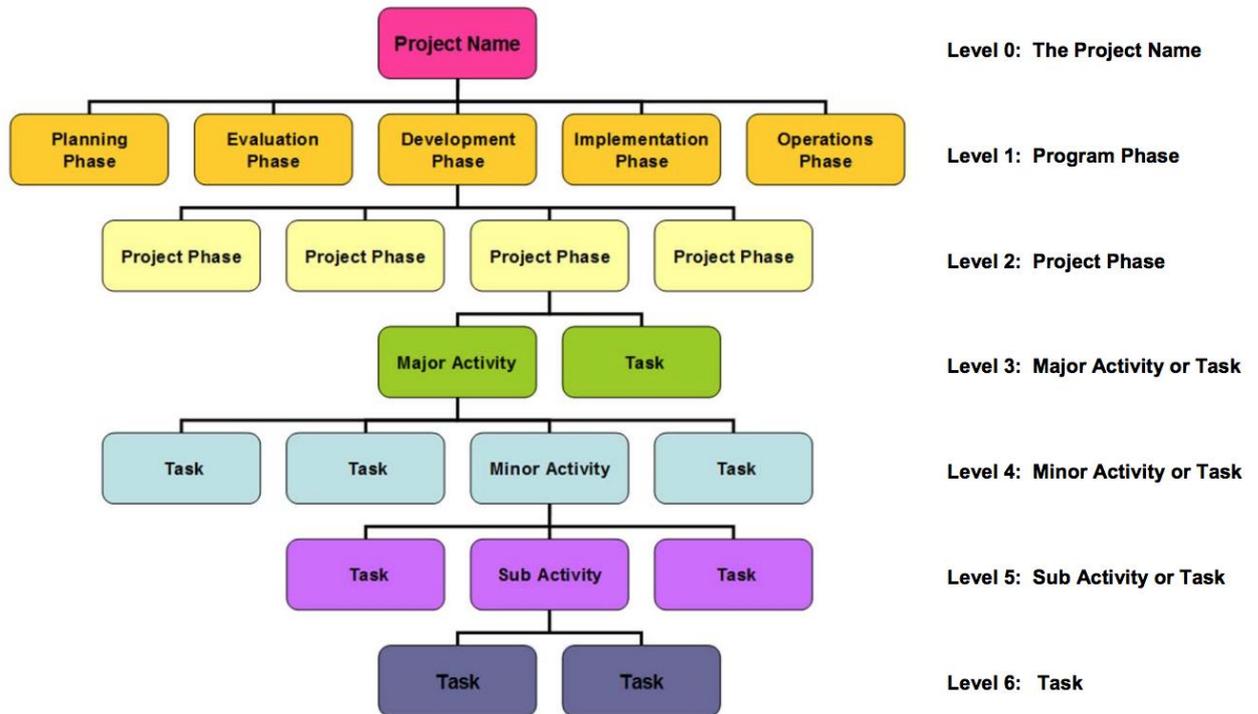
Kecelakaan ini juga bisa berakibat fatal yang dapat menyebabkan kematian. Kecelakaan ini dapat terjadi pada pekerja karena:

- a. Kecelakaan karena aliran listrik terjadi karena adanya kabel listrik yang rusak dan mengenai anggota tubuh pekerja.
- b. Kecelakaan karena aliran listrik terjadi karena adanya kelalaian pekerja, tidak mengamankan aliran listrik.
- c. Kecelakaan karena kebakaran terjadi karena kepanikan dan tidak berfungsinya peralatan pendeteksi awal terhadap api atau asap dan tidak berfungsinya peralatan pemadam kebakaran seperti sprinkler, APAR, hydrant.
- d. Kecelakaan karena ledakan terjadi karena kurang pengamanan terhadap bahan/material peralatan yang mudah dan dapat meledak.

3.6. WORK BREAKDOWN STRUCTURE

Work Breakdown Structure merupakan pemecahan tingkatan dari keseluruhan pekerjaan proyek yang dilakukan oleh seluruh anggota tim agar tercapainya tujuan dari proyek tersebut dan menciptakan hasil yang diinginkan (PMBOK 6th Edition, 2017). Sedangkan menurut Armin (2020) menjelaskan bahwa WBS dapat mewakili distribusi logis dari pekerjaan yang harus dilakukan dan berfokus pada bagaimana produk, layanan, atau hasil didistribusikan secara alami. Ini adalah ikhtisar tentang pekerjaan apa yang perlu dilakukan. WBS adalah cara mengarahkan proyek ke dalam struktur pelaporan. Dengan bantuan WBS,

setiap proses kerja dirinci lebih detail. Hal ini bertujuan untuk melayani tingkat yang lebih baik dari proses perencanaan proyek (Sinamo, 2020).



Gambar 3. 2 *Work Breakdwon Structure (WBS)*

(Sumber: Armin, 2020)

3.7. **TEORI LOSS CAUSATION MODEL**

Loss Causation Model merupakan pengembangan dari teori domino yang dilahirkan oleh Heinrich, dimana teori ini merupakan salah satu penyebab kecelakaan. Pengembangan teori yang dilakukan oleh Frank E. Bird dapat membantu dalam mengungkapkan fakta-fakta penting dalam kecelakaan konstruksi dan untuk mengendalikan kecelakaan konstruksi yang dapat menimbulkan kerugian pada manusia, properti dapat dihindarkan. Selain faktor penting, pengembangan teori jauh lebih mudah dipahami oleh pengguna. Tahapan pada kecelakaan kerja menurut teori *loss causation model* terdiri atas *loss* (kerugian akibat kecelakaan), penyebab langsung, insiden, penyebab dasar, dan kurangnya kontrol dari pihak manajemen. Untuk penjelasan lebih lanjut mengenai langkah-langkah terjadinya kecelakaan berdasarkan teori *Loss Causation Model*.

1. *Loss* (kerugian)

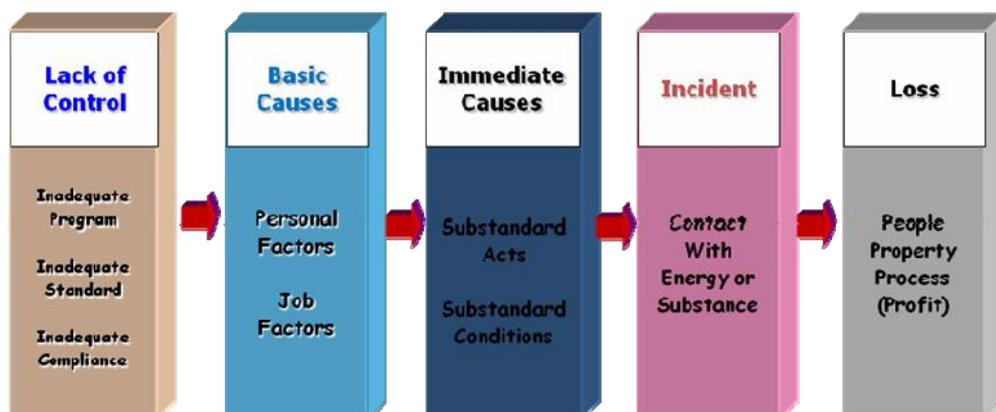
Loss adalah dampak yang muncul akibat terjadinya kecelakaan yang mempengaruhi pekerja, properti, ataupun proses kerja. Hubungan dalam proses produksi dapat menimbulkan beberapa kerugian, kerugian yang timbul seperti gangguan proses produksi dan menurunnya profit. Selain itu, timbul kerugian pada manusia berupa *injury* atau kesakitan, seperti gangguan mental, saraf, atau efek sistemik akibat dampak dari pejanan (ANSI Z16.2.1962, Rev.1962 dalam Bird dan Germain, 1990). Timbulnya kerugian akibat terjadinya kecelakaan konstruksi memiliki variasi yaitu, kerugian yang tidak signifikan sampai kerugian yang memberikan dampak kematian pekerja.

Tingkat kerugian bergantung pada kondisi dan juga tindakan yang sudah terjadi agar dapat dilakukan minimalisasi kerugian yang muncul (Bird dan Germain, 1990). Dalam hal ini, usaha dalam meminimalisir kerugian

Dalam hal ini, upaya meminimalisasi kerugian yang dapat dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Pertolongan pertama yang memadai dan *medical care*,
2. Upaya pemadaman kebakaran yang cepat dan efektif,
3. Perbaikan perlengkapan dan fasilitas yang rusak,
4. Penanganan keadaan darurat yang efisien, dan
5. Rehabilitasi yang efektif agar pekerja dapat kembali bekerja dalam kondisi baik.

Upaya dalam mencegah terjadinya kecelakaan dan upaya dalam mengurangi kerugian yang muncul, perlu adanya perhatian khusus terhadap aspek manusia sebagai pelaku kegiatan produksi di tempat kerja.



Gambar 3. 3 Teori *Loss Causation Model*

2. Incident

Insiden adalah peristiwa kontak yang dapat mengakibatkan kerugian atau kerusakan. Ketika ada hal-hal yang dapat menyebabkan kecelakaan, selalu ada kemungkinan untuk terjadinya kontak dengan energi yang melampaui batas tubuh atau struktur manusia. Jenis energi yang dapat menyebabkan kontak, antara lain energi kinetik, energi listrik, energi *thermal*, serta energi kimia. Menurut *American Standard Accident Classification Code ANSI Z16.1-1962, Rev. 1969* dalam Bird dan Germain (1990), ada beberapa tipe penyaluran energi yaitu:

- a. Memukul sesuatu
- b. Tertimpa benda bergerak
- c. Jatuh ke tingkat yang lebih rendah (termasuk benda yang jatuh)
- d. Jatuh pada permukaan yang sama (tergelincir)
- e. *Caught in (pinch, nip points)*
- f. *Caught on (snagged, hung)*
- g. *Caught between (crushed or amputated)*
- h. Kontak dengan listrik, panas, dingin, bahan beracun, dan bising
- i. *Overstress* atau *overexertion* atau *overload*

3. Immediate Causes

Immediate Causes (penyebab langsung) adalah setiap situasi yang dapat menyebabkan kontak energi langsung. Ini juga termasuk tindakan dan situasi yang tidak sesuai dengan standar dan dapat menyebabkan sebuah insiden. Beberapa bentuk tindakan dan kondisi tersebut tercantum dalam tabel di bawah ini:

Tabel 3. 2 Tindakan dan Kondisi Tidak sesuai Standar

Tindakan Tidak Sesuai Standar	Kondisi Tidak Sesuai Standar
Mengoperasikan Peralatan Tanpa Izin	Pengamanan yang Tidak Memadai
Gagal Memberi Peringatan	APD yang Tidak Memadai
Gagal Mengamankan	Peralatan/Perlengkapan/Material Rusak
Mengoperasikan dengan Kecepatan Salah	Kemacetan/Ruang Gerak Terbatas

Tindakan Tidak Sesuai Standar	Kondisi Tidak Sesuai Standar
Membuat Alat Keselamatan Tidak Dapat Dioperasikan	Sistem Peringatan yang Tidak Memadai
Tidak Menggunakan Alat Pelindung Diri	Bahaya Kebakaran dan Ledakan
Menggunakan Peralatan Rusak	<i>Housekeeping</i> yang Buruk
Menggunakan Peralatan yang Salah	Kondisi Lingkungan Berbahaya
Tidak Menggunakan APD dengan Benar	Pajanan Bising
Pemuatan yang Tidak Benar	Pajanan Radiasi
Penempatan yang Tidak Benar	Pajanan Temperatur Tinggi/Rendah
Posisi yang Salah dalam Menjalankan Tugas	Pencahayaannya Kurang/Berlebihan
Melakukan Perbaikan Mesin Saat Beroperasi	Ventilasi yang Tidak Memadai
Berada di Bawah Pengaruh Alkohol/Obat	

4. *Basic Causes*

Basic Causes merupakan penyebab sebenarnya dari gejala yang timbul dan merupakan alasan mengapa tindakan dan kondisi berbahaya terjadi. Penyebab dasar ini membantu dalam menjelaskan mengapa pekerja melakukan tindakan berbahaya serta mengapa terdapat kondisi berbahaya di lingkungan tempat kerja. Penyebab dasar terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu faktor personal dan faktor pekerjaan dengan rincian sesuai dengan tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Faktor Personal dan Faktor Pekerjaan

Faktor Personal	Faktor Pekerjaan
Ketidakmampuan Fisik/Fisiologis	Pengawasan/Supervisi Tidak Memadai
Ketidakmampuan Mental/Psikologis	<i>Engineering</i> Tidak Memadai
Kurangnya Pengetahuan	Pembelian Kurang Memadai
Kurangnya Ketrampilan	Pemeliharaan Tidak Memadai
Stres Fisik/Fisiologis	Peralatan/Perlengkapan Tidak memadai

Faktor Personal	Faktor Pekerjaan
Stress Mental/Psikologis	Standar Kerja Kurang Memadai
Motivasi yang Tidak Sesuai	Pemakaian dan Keausan
	Penyalahgunaan

5. *Lack Of Control Management*

Pengendalian merupakan salah satu dari empat fungsi utama manajemen selain merencanakan, mengorganisasikan, dan memimpin. Tanpa manajemen pengendalian yang kuat, kecelakaan kerja tidak dapat dicegah. Pengendalian kecelakaan dan kerugian dapat berjalan efektif apabila manajemen telah memahami beberapa hal, yaitu program pengendalian yang dibutuhkan, standar-standar yang digunakan, kemampuan untuk mengajak pekerja memenuhi standar tersebut, pengukuran terhadap performa kerja, serta tindakan apa saja yang dapat dilakukan untuk memperbaiki performa tersebut.

3.8. **RISK ASSESSMENT (PENILAIAN RISIKO)**

Risk assessment adalah proses penilaian untuk mengidentifikasi potensi bahaya. Tujuan dari *risk assessment* adalah untuk memastikan bahwa manajemen risiko operasi atau aktivitas yang dilakukan berada pada tingkat yang dapat diterima (Wijaya dkk., 2015). Penilaian risiko atau *risk assessment* dalam keselamatan kerja dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya yaitu dengan probabilitas.

3.7.1. **Probabilitas**

Probabilitas adalah salah satu ilmu yang paling menarik dan berguna di bidang matematika. Probabilitas adalah dasar untuk inferensi statistik melalui eksperimen dan analisis data. Melalui aplikasi untuk masalah seperti penilaian reliabilitas suatu sistem, interpretasi akurasi pengukuran, dan pemeliharaan kualitas yang sesuai, teori probabilitas sangat relevan dengan ilmu teknik masa kini (Hayter, 2012).

Probabilitas suatu peristiwa adalah rasio jumlah peristiwa terhadap jumlah total peristiwa. Dalam contoh sederhana melempar dua dadu, apakah mungkin

bahwa setidaknya satu dari banyak kemungkinan akan menghasilkan angka 6? Setiap dadu dapat muncul dalam enam nilai berbeda: jumlah total hasil adalah $6 \times 6 = 36$, ada 11 kemungkinan yang berhasil, jadi probabilitasnya adalah $11/36$ (Maslova, 2013).

3.7.2. Probabilitas Bersyarat

Dalam penelitian Wijaya (2014), probabilitas bersyarat adalah kemungkinan suatu peristiwa akan terjadi berdasarkan peristiwa lain yang telah terjadi. Probabilitas bersyarat dilambangkan dengan $P(A | B)$. Probabilitas peristiwa A akan terjadi jika peristiwa B telah terjadi.

Pemahaman teori ini dapat digunakan untuk mengatasi masalah ketidakpastian. Misalnya, dalam penelitian ini, setiap foto diinterpretasikan berbeda untuk setiap orang, tergantung pada persepsi penilaian masing-masing orang. Beberapa teori telah dikembangkan untuk memecahkan masalah ketidakpastian. Ini termasuk probabilitas klasik, probabilitas Bayes, teori Hartley, teori Shannon, teori Dempster-Shafer, dan teori Zadeh.

Penggunaan foto dalam penelitian ini bertujuan untuk memberikan penilaian keamanan, pemahaman informasi yang dihasilkan oleh foto dan menginterpretasikannya berdasarkan informasi pengetahuan keselamatan kerja. Pengamat dengan pengetahuan keselamatan kerja tentang metode konstruksi yang digambarkan dalam gambar seperti papan pijakan yang tidak cukup kuat untuk menahan beban pekerja dapat memprediksi konsekuensi dari tusukan dan cedera logam. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa suatu peristiwa yang telah terjadi dapat menimbulkan sesuatu yang lain.

Teori Bayes merupakan teori yang digunakan dalam pengambilan tiga pilihan analisis dalam bisnis dan ilmu-ilmu sosial (Gravetter dan Wallnau, 1993; Giarratano dan Riley, 1994; Bouchon-Meunier, 2000 dan Nugraheni, 2008). Teori Bayes adalah formulasi matematis yang digunakan untuk menghitung probabilitas bersyarat yang memiliki sifat subjektif. Ini berarti bahwa orang biasa mengikuti aturan probabilitas dengan menggunakan teori dan model empiris yang telah terbukti.

Dasar teori Bayes adalah probabilitas bersyarat, yaitu kemungkinan proposisi H (hipotesis) terhadap kejadian E (bukti). Mengingat bahwa H adalah proposisi, probabilitas bersyarat $P(H|E)$ dapat diinterpretasikan sebagai tingkat kepercayaan bahwa H benar, berdasarkan E. Untuk tujuan studi ini, istilah "tingkat kepercayaan" mungkin lebih baik diungkapkan seperti "tingkat keyakinan". Jika $P(H | E) = 1$, maka keyakinan bahwa H akan terjadi adalah benar. Sebaliknya, jika $P(H | E) = 0$, maka keyakinan bahwa H terjadi jelas salah, $0 < P(H | E) < 1$ berarti H tidak mutlak yakin apakah itu benar atau salah.

Jenis hipotesis ini digunakan untuk beberapa proposisi yang kebenaran atau kesalahannya tidak dapat diketahui secara pasti berdasarkan bukti. Probabilitas bersyarat ini kemudian disebut sebagai kemungkinan, seperti dalam $P(H | E)$, yang menyatakan kemungkinan sebuah hipotesis (H), yang benar berdasarkan bukti-bukti (E). Persamaan 3.2 dikenal sebagai rumus Teori Bayes, yaitu:

$$P(H | E) = \frac{P(E | H) \times P(H)}{P(E)} \dots\dots\dots \text{Persamaan 3. 1}$$

Keterangan:

- $P(H | E)$ yaitu tingkat kepercayaan dari hipotesis (H) adalah bukti yang diberikan benar (E) terjadi.
- $P(E | H)$ yaitu tingkat kepercayaan bukti (E) yang terjadi diasumsikan diberikan (sebelum) hipotesis (H) adalah benar.
- $P(H)$ yaitu probabilitas hipotesis (H).
- $P(E)$ yaitu probabilitas bukti (E).

Dalam notasi ini, $P(H|E)$ menunjukkan probabilitas bahwa H terjadi ketika E terjadi, dan $P(E|H)$ menunjukkan probabilitas bahwa E terjadi ketika H terjadi.

Mengingat A adalah proposisi, probabilitas bersyarat $P(A|B)$ dapat diinterpretasikan sebagai derajat kepastian bahwa A benar mengingat B. Dalam penelitian ini, istilah "tingkat keyakinan" lebih baik dinyatakan sebagai "tingkat kepercayaan". Jika $P(A|B) = 1$, maka A adalah keyakinan yang benar. Jika $P(A|B) = 0$, maka asumsikan A salah. $0 < P(A|B) < 1$ berarti A tidak yakin apakah itu benar atau salah.

Berdasarkan Gambar 3.6 pada bagian yang dilingkari dapat dilihat bahwa kejadian kecelakaan kerja mungkin terjadi karena pekerja tidak menggunakan *full body harness*:



Gambar 3. 4 Contoh Tindakan Tidak Aman
(Sumber: okezone.com)

“Pekerja jatuh dari perancah karena *bracing* yang diinjak licin atau patah”

Dan preposisinya adalah:

“*Bracing* licin atau tidak kuat menahan beban pekerja”

$P(H)$ adalah probabilitas hipotesis (H) bahwa *bracing* tidak licin atau tidak patah.

$P(E)$ adalah probabilitas untuk menunjukkan (E) bahwa *bracing* licin dan tidak cukup kuat untuk menopang beban pekerja.

$P(H | E)$ adalah tingkat kepercayaan bahwa *bracing* tidak licin dan cukup kuat untuk menopang beban pekerja. Hal ini tidak terbukti karena pada kenyataannya *bracing* licin dan tidak kuat menahan beban pekerja.

$P(E | H)$ merupakan tingkat kepercayaan bahwa *bracing* licin dan tidak kuat menahan beban pekerja. Di dunia nyata, situasi yang lebih umum dan realistis didasarkan pada hipotesis dan bukti tertentu. Dalam kasus umum, tingkat kepercayaan dari bukti lengkap (E) seharusnya bergantung pada bukti parsial (e). Situasi yang lebih rumit muncul ketika ada bukti gabungan, yaitu. H. beberapa bagian pembuktian diformalkan:

Jika E_1 , E_2 , dan E_N kemudian H. Misalnya, dengan Gambar, pernyataan itu dapat dinyatakan:

- E1 : papan pijakan tidak terpasang pada *scaffolding*,
- E2 : papan pijakan tidak kuat menahan beban,
- H : papan pekerjaan aman,

Kemudian pernyataan logis dapat dinyatakan secara formal:

"Jika papan pijakan tidak terpasang pada *scaffolding* dan papan pijakan tidak kuat menahan beban menyebabkan pekerjaan tidak aman sehingga H tidak terbukti." Jadi Persamaan 3.1 menjadi 3.2 Persamaan sebagai berikut:

$$P(H|E_1 \cap E_2 \cap \dots \cap E_N) = \frac{P(E_1 \cap E_2 \cap \dots \cap E_N | H)P(H)}{P(E_1 \cap E_2 \cap \dots \cap E_N | H)P(H) + P(E_1 \cap E_2 \cap \dots \cap E_N | H')P(H')} \dots \text{Persamaan 3. 2}$$

Deskripsi simbol seperti sebelumnya dan arti simbol menggunakan gambar sebagai contoh yaitu:

$P(H | E_1 \cap E_2 \cap \dots \cap E_N) = P(H | E_{\text{comb}})$ adalah tingkat kepastian bahwa hipotesis (H) benar jika diketahui bahwa hubungan E 1, E 3, ... EN terjadi. Dalam contoh ini, $P(H | E_{\text{comb}})$ berarti bahwa tingkat kepercayaan untuk bekerja dengan aman terbukti karena bracing tidak licin dan akan menahan beban.

$P(E_1 \cap E_2 \cap \dots \cap E_N | H) = P(E_{\text{comb}} | H)$ adalah probabilitas sebelumnya, yaitu tingkat kepercayaan bukti E1, E2, ... EN, jika hipotesis benar (H).

Dalam contoh ini, $P(E_{\text{comb}} | H)$ berarti kemungkinan sebelumnya bahwa bracing tidak licin. Alasannya mungkin karena cuaca tidak hujan dan atau sepatu *safety* yang Anda gunakan memiliki sol karet yang bagus, sehingga pekerjaan aman pada saat itu.

$P(E_1 \cap E_2 \cap \dots \cap E_N | H') = P(E_{\text{comb}} | H')$ adalah probabilitas sebelumnya yang mewakili tingkat kepercayaan pada bukti. E1, E2, ... EN adalah komplemen dari hipotesis yang benar ketika H' terjadi. Dalam contoh ini, $P(E_{\text{comb}} | H')$ mewakili kemungkinan utama bahwa bracing licin dan tidak cukup kuat untuk menahan beban yang membuat pekerjaan menjadi berbahaya.

$P(H)$ adalah hipotesis probabilitas sebelumnya (H). Dalam contoh ini, $P(H)$ merepresentasikan probabilitas bahwa pekerjaan tersebut tidak aman.

$P(H')$ adalah probabilitas sebelumnya hipotesis pelengkap (H'). Dalam contoh ini, $P(H')$ adalah probabilitas sebelumnya dari pekerjaan yang aman.

Persamaan 3.2 dapat dinyatakan sebagai tingkat kepercayaan atau kemungkinan ($H|E_{\text{comb}}$) dari hipotesis karena adanya bukti P, diturunkan dengan menghitung tingkat kepercayaan dari adanya bukti yang mengarah ke hipotesis P

($E|H$). dikalikan dengan probabilitas hipotesis $P(H)$ dibagi dengan tingkat kepercayaan adanya bukti yang mengarah ke hipotesis. $P(E|H)$ dikalikan probabilitas hipotesis $P(H)$ dan derajat kepercayaan Kemunculan bukti yang mengarah pada terwujudnya hipotesis $P(E|H)$ dikalikan probabilitas hipotesis komplementer $P(H')$ dikalikan.

Secara singkat rumus Bayes memiliki tiga probabilitas yaitu, sambungan (\cup), persimpangan (\cap), dan komplemen ($\bar{}$). Penjelasan dari dua yang pertama adalah sebagai berikut: Yang dimaksud dengan gabungan adalah penjumlahan dan irisan adalah perkalian.

3.9. PEMANFAATAN FOTO KONSTRUKSI SEBAGAI SUMBER

Menurut Shin 2017 dalam bukunya yang berjudul "*A Photo is Worth a Thousand Clicks*" menjelaskan bahwa karena pengaruh waktu dan penggunaan jejaring sosial yang cukup luas, maka perlu melihat sesuatu dan mengambil keputusan melalui media foto.

Untuk penelitian ini, informasi yang terekam di lapangan berupa foto-foto konstruksi dapat digunakan sebagai sumber data. Data berupa gambar bangunan dapat mengungkap informasi tertentu setelah diolah berdasarkan pengetahuan tertentu. Penggunaan gambar konstruksi memfasilitasi penilaian keselamatan dan pemantauan proyek yang diaudit.

Menurut Nugraheni (2009) gambar dapat diasumsikan sebagai foto 2 dimensi, istilah dari gambar dan foto juga dapat digunakan keduanya. Gambar atau foto dapat digunakan pada penelitian seperti "foto konstruksi". Pengertian dari foto konstruksi adalah foto 2 dimensi yang diambil pada proyek konstruksi.

Menurut Brilakis dan Soibelman (2005) dalam Nugraheni (2009) Tiga alasan penggunaan foto dalam proyek konstruksi adalah untuk memantau proses konstruksi, proses pengadilan, dan pencarian suatu informasi. Pada penelitian yang telah dilakukan Mursadin (2008) dalam Nugraheni (2008) dengan menggunakan foto konstruksi sebagai pencarian informasi, mengutarakan bahwa sebuah foto dapat memberikan beberapa sumber informasi yang menguntungkan. Beberapa keuntungannya adalah foto dapat menangkap dan mengabadikan setiap kejadian dimanapun dan kapanpun sesuai dengan obyek yang diambil.

Dari penelitian-penelitian sebelumnya, maka data yang diambil pada lokasi proyek berupa foto konstruksi dapat digunakan sebagai sumber informasi penelitian. Data berupa foto konstruksi tersebut dapat menunjukkan beberapa informasi yang ada di lapangan. Pemanfaatan foto konstruksi ini memudahkan dalam pengawasan dan pengendalian keamanan akan kesadaran keselamatan kerja serta evaluasi dari sistem keselamatan kerja yang ada pada proyek.

BAB IV

METODE PENELITIAN

Metode penelitian menurut Timotius (2017) adalah kumpulan metode yang digunakan oleh peneliti selama penelitian yang bertujuan untuk menolong peneliti dalam mengumpulkan data dari sampel sampai menemukan jalan keluar atas permasalahan tersebut. Metode-metode harus direncanakan, bisa dipertanggungjawabkan secara ilmiah dan sedapat mungkin nilai netral (*Value Netral*).

Menurut Suparmoko (1999), penelitian adalah usaha yang secara sadar diarahkan untuk mengetahui atau mempelajari fakta-fakta baru. Sedangkan metode adalah cara atau jalan yang berkaitan dengan cara kerja untuk mencapai tujuan tertentu. Jadi metodologi penelitian adalah tat cara tentang bagaimana usaha untuk mencapai tujuan dalam mempelajari fakta-fakta baru dan dilakukan dengan langkah-langkah yang sistematis dan teratur.

4.1. JENIS PENELITIAN

Berdasarkan permasalahan yang diajukan pada penelitian ini, maka penelitian ini menggunakan dua metode, yaitu metode kualitatif yang dikuantitatifkan. Penelitian kualitatif merupakan suatu penelitian yang memperoleh data berbentuk kata-kata atau perkataan dari seseorang dan suatu perilaku yang diamati secara langsung oleh peneliti (Pareraway dkk, 2018), sedangkan penelitian kuantitatif merupakan metode yang digunakan untuk melakukan pengumpulan data dengan menggunakan instrumen, bersifat statistik (analisis) dengan tujuan untuk menguji suatu masalah (Sugiyono, 2013). Adapun untuk data yang didapat dalam penelitian ini berupa foto objek hasil dari observasi di lapangan.

4.2. SUBJEK DAN OBJEK PENELITIAN

1. Subjek penelitian

Subjek dalam penelitian adalah keselamatan konstruksi pada pelaksanaan pekerjaan *tunnel* Bendungan Manikin. Subjek penelitian adalah metode sumber data yang dimintai informasinya sesuai dengan masalah penelitian. Adapun yang

dimaksud sumber dalam penelitian adalah subjek dari mana data diperoleh (Arikunto, 2002).

2. Objek penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah lingkungan pelaksanaan pekerjaan *tunnel* Bendungan Manikin. Objek merupakan permasalahan yang diteliti. Objek penelitian yaitu suatu atribut atau sifat, objek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2012)

4.3. DATA PENELITIAN

Pengumpulan data digunakan untuk memproses data-data dalam analisis penelitian. Adapun beberapa jenis data yang akan diproses berupa data primer dan data sekunder, dimana pada data primer proses pengambilan data dilakukan secara langsung kelapangan, sedangkan pada data sekunder diperoleh dari proses pengumpulan sumber-sumber tertulis yang disajikan oleh orang lain seperti jurnal serta spesifikasi alat berat yang di dapat langsung dari pihak pelaksana.

1. Data Primer

Data primer merupakan yang didapatkan melalui pengamatan langsung ke lapangan dengan cara mengamati dan menganalisis alat berat atau melakukan wawancara dengan pihak terkait atau hasil penelitian terhadap suatu objek. Adapun data primer yang dibutuhkan sebagai berikut:

- a. Foto pelaksanaan pekerjaan
- b. Hasil Wawancara
- c. Hasil Penilaian RVS (*Rapid Visual Assessment*)

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang dikumpulkan secara tidak langsung atau diperoleh dari berbagai sumber, data yang sudah ada yang diperoleh pada suatu badan atau instansi dan dapat langsung dipakai tanpa perlu pengolahannya yaitu data umum proyek dan data mengenai teori-teori yang terkait dengan pokok

permasalahan yang diperoleh baik dari jurnal, media internet dan media lainnya. Adapun data sekunder yang dibutuhkan sebagai berikut:

- a. Data umum proyek
- b. *HSE Plan*
- c. *Job Safety Analysis*
- d. Data metode penggalian *Tunneling*
- e. *Standard Operational Prosedur Tunneling*
- f. Data analisis penilaian risiko pembangunan *Tunneling*

Narasumber yang digunakan dalam penelitian ini adalah 6 orang dari 3 perusahaan yaitu PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk, PT. Adhi Karya (Persero) Tbk dan PT. Jaya Konstruksi (KSO) penerapan enam kriteria informan ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Kesesuaian Kriteria Narasumber

Nama	Kriteria	Kesesuaian	Keterangan
Narasumber 1	Pengalaman ≥ 5 tahun	Pengalaman 8 tahun	Sesuai
	Sertifikasi ahli K3	Sertifikasi Ahli K3 Madya konstruksi	Sesuai
	Berhubungan langsung dengan proyek	Jabatan kepala seksi SHE	Sesuai
Narasumber 2	Pengalaman ≥ 5 tahun	Pengalaman 8 tahun	Sesuai
	Sertifikasi ahli K3	Sertifikasi Ahli K3 Madya konstruksi	Sesuai
	Berhubungan langsung dengan proyek	Jabatan pelaksana utama	
Narasumber 3	Pengalaman ≥ 5 tahun	Pengalaman 7 tahun	Sesuai
	Sertifikasi ahli K3	Sertifikasi Ahli k3 Madya konstruksi	Sesuai
	Berhubungan langsung dengan proyek	Jabatan Kepala Seksi Komersial	Sesuai
Narasumber 4	Pengalaman ≥ 5 tahun	Pengalaman 5 tahun	Sesuai
	Sertifikasi ahli K3	Sertifikasi Ahli k3 Muda konstruksi	Sesuai
	Berhubungan langsung dengan proyek	Jabatan staf teknik	Sesuai
Narasumber 5	Pengalaman ≥ 5 tahun	Pengalaman 5 tahun	Sesuai
	Sertifikasi ahli K3	Sertifikasi Ahli K3 Muda kontruksi	Sesuai
	Berhubungan langsung dengan proyek	Jabatan Kepala seksi Teknik	Sesuai
Narasumber 6	Pengalaman ≥ 5 tahun	Pengalaman 8 tahun	Sesuai

Nama	Kriteria	Kesesuaian	Keterangan
	Sertifikasi ahli K3	Sertifikasi Ahli k3 Madya konstruksi	Sesuai
	Berhubungan langsung dengan proyek	Jabatan Pelaksana	Sesuai

4.4. INSTRUMEN PENELITIAN

Instrumen penelitian adalah alat bantu yang dipilih dan digunakan oleh peneliti dalam kegiatannya mengumpulkan agar kegiatan tersebut menjadi sistematis. Instrumen pengumpulan data adalah cara-cara yang dapat digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan data. Instrumen sebagai alat bantu dalam menggunakan metode pengumpulan data merupakan sarana yang dapat diwujudkan, misalnya perangkat tes, pedoman wawancara, pedoman observasi, skala dan sebagainya.

Untuk memperoleh kebenaran data maka pada penelitian ini dilakukan Observasi langsung, yaitu dengan mengadakan pengamatan/survey secara langsung terhadap kegiatan-kegiatan yang terjadi di lokasi proyek untuk mengumpulkan informasi dan mengumpulkan data yang diperlukan dalam penelitian. Dimana pedoman dari observasi ini berdasarkan dokumentasi, dan instrumennya berdasarkan format Pustaka atau format dokumen. Instrumen pada penelitian ini yaitu Kamera dan Form *Rapid Visual Assessment* sebagaimana dapat dilihat pada tabel 4.2.

4.4.1. Identifikasi Variabel

Identifikasi variabel merupakan suatu langkah dalam mencari dan menentukan dari variabel yang akan dilakukan penelitian, dari identifikasi variabel didapat dari faktor lingkungan konstruksi dan *Work Breakdown Structure*. Adapun untuk identifikasi variabel berdasarkan kedua kategori tersebut dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Identifikasi Variabel

NO	VARIABLE	KETERANGAN
I	TINDAKAN OPERATIF	
1	Kode keamanan etik untuk <i>safety officer</i> yaitu selalu memakai <i>Red safety custom</i> lengkap, tidak memakai celana <i>jeans</i> atau celana lainnya. Pakaian rapi, baju dimasukkan, mengenakan ikat pinggang, membawa <i>handboard</i> , HT, TOA, atau minimal Peluit	Faktor Lingkungan Konstruksi

NO	VARIABLE	KETERANGAN
2	Selalu memakai ID <i>Card</i> selama bekerja	Faktor Lingkungan Konstruksi
3	Stiker helm dan kondisi helm sesuai dengan aturan yang berlaku, tidak ada corat coret dan tidak ada stiker non standard	Faktor Lingkungan Konstruksi
4	Hari minggu boleh mengenakan pakaian bebas rapi, ketika ke lapangan harus mengenakan <i>Band safety</i>	Faktor Lingkungan Konstruksi
5	Semua pendatang baru harus melaporkan untuk memiliki ID <i>Card</i> .	Faktor Lingkungan Konstruksi
6	Tidak merokok, makan dan minum di seluruh wilayah <i>construction</i> , kecuali di tempat istirahat atau kantin	Faktor Lingkungan Konstruksi
7	Kelengkapan Alat Pelindung Diri (APD) wajib setiap personil yang terlibat di lapangan : <i>safety helmet, safety shoes, safety vest, safety hand gloves</i> .	Faktor Lingkungan Konstruksi
8	<i>Safety sign</i> harus mudah dipahami	Faktor Lingkungan Konstruksi
9	Area proyek bersih dari material-material sisa / tidak terpakai / berbahaya	Faktor Lingkungan Konstruksi
10	Terdapat APAR di beberapa sudut lokasi proyek (mudah dijangkau)	Faktor Lingkungan Konstruksi
11	Terdapat Sirine di lokasi (mudah dijangkau)	Faktor Lingkungan Konstruksi
12	Keaktifan <i>safety officer</i> dalam mengontrol pekerjaan.	Faktor Lingkungan Konstruksi
13	Tempat kerja yang tinggi harus dilengkapi dengan tangga yang cukup untuk dilewati orang atau alat yang dipakai, Jika perlu pada keadaan tertentu, untuk menghindari bahaya terhadap tenaga kerja :	Faktor Lingkungan Konstruksi
14	a. Diberi <i>platform</i> / pelataran dari kayu atau plat besi	Faktor Lingkungan Konstruksi
15	b. Pekerja menggunakan sabuk pengaman yang kuat	Faktor Lingkungan Konstruksi
16	Kebutuhan Oksigen harus disediakan	Faktor Lingkungan Konstruksi
17	Terdapat <i>emergency box</i> pada jarak yang mudah di gapai sepanjang <i>Tunneling</i>	Faktor Lingkungan Konstruksi
18	Lampu penerangan harus disediakan	Faktor Lingkungan Konstruksi
19	Jenis dan pemasangan lampu tidak boleh mengganggu operasional, disesuaikan dengan sifat pencahayaan dan jangkauan / radius penyinarannya, luasnya lokasi pekerjaan	Faktor Lingkungan Konstruksi
20	Wilayah proyek pemisahan (lokasi pagar sementara), akses pekerja, dan jenis lain yang dibatasi.	Faktor Lingkungan Konstruksi
21	Ketersediaan personel K3 dalam sebuah proyek paling tidak terdiri dari Ahli K3 Konstruksi, Supervisor K3 Konstruksi, dan Petugas K3 Konstruksi.	Faktor Lingkungan Konstruksi
22	Ketersediaan personel K3 dalam melakukan pendampingan bagi tamu yang berkunjung ke lokasi	Faktor Lingkungan Konstruksi
II	KONDISI LOKASI	
1	Saluran drainase hujan <i>temporary</i> di <i>site</i> .	
2	Akses alat berat harus bersih dari berbagai macam sisa material dan alat-alat yang tidak terpakai.	Faktor Lingkungan Konstruksi
3	Terdapat <i>safety sign</i> / rambu / <i>police line</i> disekitar akses alat berat.	Faktor Lingkungan Konstruksi
4	Adanya aktivitas untuk membersihkan area lokasi penggalian dari sisa material galian demi kelancaran mobilisasi	Faktor Lingkungan Konstruksi

NO	VARIABLE	KETERANGAN
5	Adanya ketersediaan untuk <i>supply</i> oksigen yang cukup untuk kebutuhan para pekerja (Udara masuk > Kebutuhan udara)	Faktor Lingkungan Konstruksi
6	Adanya penerangan yang memadai	Faktor Lingkungan Konstruksi
7	Akses alat berat dan mobilisasi yang cukup selama melakukan penggalian dan pengantaran material di lokasi	Faktor Lingkungan Konstruksi
8	Adanya <i>confined space</i> bilamana terjadi keadaan darurat	Faktor Lingkungan Konstruksi
9	Adanya <i>monitoring</i> Gas	Faktor Lingkungan Konstruksi
10	Adanya pengelolaan air / <i>dewatering</i> bilamana terjadi hujan	Faktor Lingkungan Konstruksi
III	KONSTRUKSI OPERATIF	
A	PERALATAN	
1	Kelengkapan alat pemeliharaan dan pengoperasian harian alat.	WBS
2	Terdapat excavator + attachment breaker yang digunakan untuk melakukan penggalian	WBS
3	Terdapat loader yang digunakan untuk memindahkan material	WBS
4	Terdapat dump truck yang digunakan untuk mengangkat material	WBS
5	Terdapat <i>emergency tools</i> yang disediakan di dalam <i>Tunneling</i>	WBS
6	Adanya inspeksi peralatan (pra, berkala, Insidental)	WBS
7	Terdapat sarana pendukung yang memadai (<i>sump</i> , saluran listrik, hose air, hose udara, channel, ventilasi udara masuk, ventilasi udara keluar)	WBS
8	Terdapat panel untuk <i>shotcrete</i> , <i>pompa</i> dan <i>motor fan</i> yang dapat dipindah-pindahkan	WBS
9	Terdapat fasilitas elektrikal di dalam <i>Tunneling</i> seperti panel listrik, kabel, dll.	WBS
10	Terdapat <i>tunnel</i> di dalam <i>Tunneling</i> yang digunakan dalam menyalurkan kebutuhan air selama kegiatan <i>shotcrete</i> dan kegiatan <i>rockbolt</i> (perendaman <i>cathridge sika rokon</i>)	WBS
B	METODE KONSTRUKSI	
1	Dilakukan pemasangan proteksi (<i>forepoling</i>) pada muka <i>Tunneling</i> (<i>Face tunnel</i>)	WBS
2	Dilakukan pemasangan portal sementara (<i>temporary portal</i>) pada muka <i>Tunneling</i>	WBS
3	Untuk menentukan rencana kedalaman & perkuatan penggalian, harus dilakukan <i>marking survey & mapping</i> terlebih dahulu	WBS
4	Tipe penggalian ataupun penyangga yang digunakan (<i>Rock Bolt</i> , <i>shotcrete</i> , and <i>steel sets</i>) harus disesuaikan terlebih dahulu sesuai dengan kelas massa batuan	WBS
5	Dalam melakukan proses galian harus mempertimbangkan persyaratan <i>stand-up time Tunneling</i> yaitu 30 menit	WBS
6	Proses <i>mucking</i> harus dilakukan secara paralel	WBS
7	Pemilihan dimensi alat berat disesuaikan dengan lebar tunnel terluar (<i>outher width</i>), lebar <i>wiremesh</i> , dan juga <i>steel rib</i>	WBS
8	<i>Steel Rib</i> dilakukan perkuatan menggunakan baja dan diinstal dengan jarak, 0,75 m as ke as	WBS
9	Pada bagian <i>base plate steel rib</i> dilakukan perkuatan	WBS
10	<i>Joint Plate</i> pada <i>steel rib</i> harus dilakukan pengencangan dengan menggunakan baut, dan dilakukan pengecekan kelurusan sebelum dilakukan <i>grouting</i> pada angkur <i>base plate</i>	WBS
11	<i>Wiremesh</i> harus dipasang apabila <i>steel rib support</i> telah selesai terinstal, dan posisi <i>wiremesh</i> harus berada diantara <i>steel rib</i> dan <i>primary shotcrete</i>	WBS

NO	VARIABLE	KETERANGAN
12	Ketebalan <i>shotcrete</i> pada <i>Tunneling</i> disesuaikan dengan luas bukaan <i>Tunneling</i>	WBS
13	Mutu <i>dry mix</i> harus tetap terjamin	WBS
14	Pengeboran lubang untuk <i>rock bolt</i> menggunakan <i>legdrill</i> dimana pada bagian ujungnya harus diberikan <i>face plate</i> dan <i>nut & washer</i>	WBS
15	Dilakukan <i>pullout test</i> sesuai dengan tegangan <i>ultimate</i> pada desain	WBS
16	Setelah dilakukan <i>pull-out test</i> , dilakukan pengecekan <i>displacement</i> pada <i>rockbolt</i>	WBS

4.4.2. Kategori Penilaian

Penilaian mengenai Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada konstruksi bendungan dengan pekerjaan *tunneling*, peneliti melakukan penyusunan *checklist* terlebih dahulu. Penilaian yang dilakukan menggunakan 6 narasumber untuk dapat menilai *checklist* berdasarkan foto-foto konstruksi. Dalam melakukan penilaian terdapat 4 kategori nilai yang dapat dilihat sebagai berikut:

1. 0,00 = Tidak aman
2. 0,33 = Hampir tidak aman
3. 0,67 = Hampir aman
4. 1,00 = Aman

Selain 4 nilai probabilitas, ada opsi NA (*not available*). Maksud dari NA (*not available*) yaitu jika foto standar keselamatan kerja yang diamati tidak dapat memberikan informasi tetapi diterapkan di lapangan (Firmansyah, 2022).

4.4.3. Formulir *Rapid Visual Assessment* Penelitian

Analisis data penelitian ini dilakukan dengan mengevaluasi keselamatan pelaksanaan pekerjaan *tunneling* menggunakan metode *Rapid Visual Screening* (RVS) dalam bentuk kuesioner. RVS terdiri dari tiga faktor atau indikator yaitu tindakan operatif, kondisi proyek, konstruksi operatif (peralatan dan metode konstruksi). Setiap faktor terdiri dari beberapa indikator. Indikator tersebut dinilai dengan menggunakan alat bukti berupa dokumen, foto dan video.

Nilai ini kemudian dihitung dengan menggunakan rumus berdasarkan teori probabilitas (Bayes theory). Hasil perhitungan ini nantinya membentuk definisi “aman” (jika nilai probabilitas = 1) dan “tidak aman” (jika nilai probabilitas = 0). Jika kinerja pekerjaan termasuk dalam ruang lingkup definisi "aman", maka

klarifikasi lebih lanjut diperlukan, apakah praktik konstruksi benar-benar dilakukan dengan cara yang benar-benar aman atau apakah bagian-bagiannya tidak aman.

Tabel 4. 3 Contoh *Form Rapid Visual Assessment* Penelitian

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
I	TINDAKAN OPERATIF						
1	Kode keamanan etik untuk <i>safety officer</i> yaitu Selalu memakai <i>Red safety custom</i> lengkap, tidak memakai celana <i>jeans</i> atau celana lainnya. Pakaian rapi, baju dimasukkan, mengenakan ikat pinggang, membawa <i>handboard</i> , HT, TOA, atau minimal Peluit						
2	Selalu memakai ID Card selama bekerja						
3	Stiker helm dan kondisi helm sesuai dengan aturan yang berlaku, tidak ada corat coret dan tidak ada stiker non standard						
4	Hari minggu boleh mengenakan pakaian bebas rapi, ketika ke lapangan harus mengenakan <i>Band safety</i>						
5	Semua pendatang baru harus melaporkan untuk memiliki ID Card.						
6	Tidak merokok, makan dan minum di seluruh wilayah <i>construction</i> , kecuali di tempat istirahat atau kantin						
7	Kelengkapan Alat Pelindung Diri (APD) wajib setiap personil yang terlibat di lapangan : <i>safety helmet, safety shoes, safety vest, safety hand gloves.</i>						
8	<i>Safety sign</i> harus mudah dipahami						
9	Area proyek bersih dari material-material sisa / tidak terpakai / berbahaya						
10	Terdapat APAR di beberapa sudut lokasi proyek (mudah dijangkau)						
11	Terdapat Sirine di lokasi (mudah dijangkau)						
12	Keaktifan <i>safety officer</i> dalam mengontrol pekerjaan.						
13	Tempat kerja yang tinggi harus dilengkapi dengan tangga yang cukup untuk dilewati orang atau alat yang dipakai, Jika perlu pada keadaan tertentu, untuk menghindari bahaya terhadap tenaga kerja :						
14	a. Diberi <i>platform</i> / pelataran dari kayu atau plat besi						
15	b. Pekerja menggunakan sabuk pengaman yang kuat						
16	Kebutuhan Oksigen harus disediakan						
17	Terdapat <i>emergency box</i> pada jarak yang mudah di gapai sepanjang <i>Tunneling</i>						
18	Lampu penerangan harus disediakan						
19	Jenis dan pemasangan lampu tidak boleh mengganggu operasional, disesuaikan						

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
	dengan sifat pencahayaan dan jangkauan / radius peninarannya, luasnya lokasi pekerjaan						
20	Wilayah proyek pemisahan (lokasi pagar sementara), akses pekerja, dan jenis lain yang dibatasi.						
21	Ketersediaan personel K3 dalam sebuah proyek paling tidak terdiri dari Ahli K3 Konstruksi, Supervisor K3 Konstruksi, dan Petugas K3 Konstruksi.						
22	Ketersediaan personel K3 dalam melakukan pendampingan bagi tamu yang berkunjung ke lokasi						
II	KONDISI LOKASI						
1	Saluran drainase hujan <i>temporary</i> di <i>site</i> .						
2	Akses alat berat harus bersih dari berbagai macam sisa material dan alat-alat yang tidak terpakai.						
3	Terdapat <i>safety sign</i> / rambu / <i>police line</i> disekitar akses alat berat.						
4	Adanya aktivitas untuk membersihkan area lokasi penggalian dari sisa material galian demi kelancaran mobilisasi						
5	Adanya ketersediaan untuk <i>supply</i> oksigen yang cukup untuk kebutuhan para pekerja (Udara masuk > Kebutuhan udara)						
6	Adanya penerangan yang memadai						
7	Akses alat berat dan mobilisasi yang cukup selama melakukan penggalian dan penghantaran material di lokasi						
8	Adanya <i>confined space</i> bilamana terjadi keadaan darurat						
9	Adanya <i>monitoring</i> Gas						
10	Adanya pengelolaan air / <i>dewatering</i> bilamana terjadi hujan						
III	KONSTRUKSI OPERATIF						
A	PERALATAN						
1	Kelengkapan alat pemeliharaan dan pengoperasian harian alat.						
2	Terdapat excavator + attachment breaker yang digunakan untuk melakukan penggalian						
3	Terdapat loader yang digunakan untuk memindahkan material						
4	Terdapat dump truck yang digunakan untuk mengangkat material						
5	Terdapat <i>emergency tools</i> yang disediakan di dalam <i>Tunneling</i>						
6	Adanya inspeksi peralatan (pra, berkala, Insidental)						
7	Terdapat sarana pendukung yang memadai (<i>sump</i> , saluran listrik, hose air, hose udara, channel, ventilasi udara masuk, ventilasi udara keluar)						

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
8	Terdapat panel untuk <i>shotcrete</i> , <i>pompa</i> dan <i>motor fan</i> yang dapat dipindah-pindahkan						
9	Terdapat fasilitas elektrikal di dalam <i>Tunneling</i> seperti panel listrik, kabel, dll.						
10	Terdapat <i>tunnel</i> di dalam <i>Tunneling</i> yang digunakan dalam menyalurkan kebutuhan air selama kegiatan <i>shotcrete</i> dan kegiatan <i>rockbolt</i> (perendaman <i>cathridge sika rokon</i>)						
B	METODE KONSTRUKSI						
1	Dilakukan pemasangan proteksi (<i>forepoling</i>) pada muka <i>Tunneling</i> (<i>Face tunnel</i>)						
2	Dilakukan pemasangan portal sementara (<i>temporary portal</i>) pada muka <i>Tunneling</i>						
3	Untuk menentukan rencana kedalaman & perkuatan penggalian, harus dilakukan <i>marking survey & mapping</i> terlebih dahulu						
4	Tipe penggalian ataupun penyangga yang digunakan (<i>Rock Bolt, shotcrete, and steel sets</i>) harus disesuaikan terlebih dahulu sesuai dengan kelas massa batuan						
5	Dalam melakukan proses galian harus mempertimbangkan persyaratan <i>stand-up time Tunneling</i> yaitu 30 menit						
6	Proses <i>mucking</i> harus dilakukan secara paralel						
7	Pemilihan dimensi alat berat disesuaikan dengan lebar <i>tunnel</i> terluar (<i>outher width</i>), lebar <i>wiremesh</i> , dan juga <i>steel rib</i>						
8	<i>Steel Rib</i> dilakukan perkuatan menggunakan baja dan diinstal dengan jarak, 0,75 m as ke as						
9	Pada bagian <i>base plate steel rib</i> dilakukan perkuatan						
10	<i>Joint Plate</i> pada <i>steel rib</i> harus dilakukan pengencangan dengan menggunakan baut, dan dilakukan pengecekan kelurusan sebelum dilakukan <i>grouting</i> pada ankur <i>base plate</i>						
11	<i>Wiremesh</i> harus dipasang apabila <i>steel rib support</i> telah selesai terinstal, dan posisi <i>wiremesh</i> harus berada diantara <i>steel rib</i> dan <i>promary shotcrete</i>						
12	Ketebalan <i>shotcrete</i> pada <i>Tunneling</i> disesuaikan dengan luas bukaan <i>Tunneling</i>						
13	Mutu <i>dry mix</i> harus tetap terjamin						
14	Pengeboran lubang untuk <i>rock bolt</i> menggunakan <i>legdrill</i> dimana pada						

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
	bagian ujungnya harus diberikan <i>face plate</i> dan <i>nut & washer</i>						
15	Dilakukan <i>pullout</i> test sesuai dengan tegangan ultimate pada desain						
16	Setelah dilakukan <i>pull-out</i> test, dilakukan pengecekan <i>displacement</i> pada <i>rockbolt</i>						

Dalam penelitian ini terdapat instrumen penelitian dimana instrumen tersebut dirakit berdasarkan kegiatan pekerjaan terowongan bendungan manikin. Adapun instrumen tersebut terdiri dari:

1. Tindakan Operatif

Tindakan operatif yang dimaksud dalam indikator ini meliputi variabel-variabel yang menyangkut tentang tindakan yang akan dilakukan pada proyek apabila ada terjadi *incident*, baik *incident* terhadap pelaksanaan pekerjaan, *incident* akibat *human error* pada saat pengendalian alat berat, ataupun *incident* yang terjadi secara langsung kepada para pekerja yang sedang melakukan proses pelaksanaan pekerjaan, serta penanganan dan pengendalian yang mungkin akan dilakukan berdasarkan kemungkinan *incident* yang akan terjadi.

Tindakan operatif juga menyangkut mengenai penerapan k3 pada saat konstruksi berlangsung baik itu kelengkapan alat pelindung diri (APD), *safety officer*, *safety sign*, dan lain sebagainya.

2. Kondisi Proyek

Kondisi proyek juga nantinya akan dinilai berdasarkan kelayakan kondisi proyek untuk dilakukan pekerjaan. Yang dimaksud dalam variabel berdasarkan kebersihan lingkungan proyek, penempatan material, dan ketepatan dalam melakukan pemasangan komponen. Dimana hal-hal tersebut sangat mempengaruhi kenyamanan, dan keamanan para pekerja. Apabila kondisi proyek yang tidak layak, kemungkinan besar terjadi kecelakaan kerja juga akan semakin besar. Contohnya, apabila terjadi material yang dipasang tidak dipasang dengan baik, dan tidak dilakukan pengecekan pada setiap komponen kemungkinan akan roboh akan terjadi. Adapun bila kondisi proyek yang kotor, dan banyak material yang berserakan, dimana mobilisasi alat yang terus

berlangsung, dan akan kemungkinan untuk terhamparnya material tersebut dan mengenai para pekerja disekitar.

3. Konstruksi Operatif

Pada indikator konstruksi operatif nantinya akan dibagi 2 komponen yang meliputi peralatan yang digunakan, dan juga metode konstruksi yang diterapkan pada pekerjaan pembangunan bendungan manikin, terkhusus pada pekerjaan *Tunneling*. Konstruksi operatif dimaksud untuk mengetahui seberapa besar peranan komponen konstruksi dalam meminimalisir kecelakaan kerja. Serta penerapan metode konstruksi yang tepat juga nantinya akan berbanding lurus dengan keselamatan pekerjaan. Metode konstruksi yang dimaksud seperti metode yang digunakan dalam melakukan galian, metode yang digunakan dalam mengatasi keruntuhan, mobilisasi, dan lain sebagainya.

4.5. **WORK BREAKDOWN STRUCTURE**

WBS adalah suatu metode dalam mengontrol suatu proyek menjadi struktur pelaporan secara berurutan. WBS sendiri memiliki suatu prinsip dalam pembagian pekerjaan menjadi bagian pekerjaan yang lebih kecil (sub-kegiatan).

Berdasarkan level 0 sampai dengan level 4 dari pekerjaan bendungan manikin diuraikan sebagai berikut. Penggalian *Tunneling* pada bendungan manikin (paket 1), dilakukan dengan 2 tahapan yaitu, penggalian *inlet* dan penggalian *outlet*, dimana pada setiap lereng *inlet* dan *outlet* akan dilakukan pengendalian kecuraman, dengan membuat *trap-trap* pada setiap galian yang nantinya akan dilakukan juga perkuatan lereng berupa *soil naling* dan *shotcrete* dengan tebal 10 cm. Muka *Tunneling* pada bendungan manikin juga dilakukan proteksi dengan memasang *forepoling* D25 mm, L = 5,5 meter, @0,30 m dan portal H-175 x 175 x 7.5x11mm, @1.0m-5set. Adapun tujuan dilakukannya proteksi tersebut yaitu untuk menghindari potensi *cave in* yang kemungkinan akan terjadi pada *Tunneling*.

Galian akan dimulai dari bagian inlet *Tunneling* menuju *outlet* dengan produktivitas galian sebesar ± 1.30 meter perhari. Adapun sebelum dilakukan galian harus dilakukan terlebih dahulu *Marking Survey and Mapping* dimana tujuannya yaitu untuk menentukan kedalaman dan perkuatan pengendalian kedepan. Selanjutnya dilakukan *scaling, muckling and mapping* untuk memantau

dan menentukan estimasi tanah dan batuan pada permukaan *tunnel* yang baru digali. Nantinya akan didapatkan tipe penggalian dan penyanggahan berdasarkan kelas massa batuan, baik dari segi tipe penggalian, ataupun syarat pemasangan penyanggahan (*Rock Bolt, Shotcrete, ataupun Steel Sets*). Dalam melakukan galian akan dibagi dalam 2 tahap yaitu tahap penggalian *upper half* dan tahap penggalian *bottom half*. Pada proses galian pertama dengan *upper half excavation* akan dilakukan terlebih dahulu pada *top arch Tunneling* diikuti nantinya pada penggalian kedua (*bottom half excavation*). Pada saat penggalian sedang berlangsung, diikuti dengan proses *mucking* yang dilakukan secara paralel.

Selanjutnya, diikuti dengan pemasangan *Steel RIB Support*, dimana akan dilakukan pengukuran dan pematokan *stationing* titik *steel rib*, kemudian dilakukan pemasangan *steel rib* pada patok yang telah ditentukan. *Steel rib* disambungkan dengan mengencangkan baut *joint plate*, dan setelah *steel rib* terpasang, harus dilakukan pengecekan kelurusan pada *steel support*. Pada bagian *base plate*, dilakukan *grouting* angkur *base plate*, dan terakhir dilakukan pemasangan *tie rod*.

Dalam mendukung pengerjaan galian, harus dipasang sarana pendukung dan *utility system* yang meliputi ventilasi udara masuk, ventilasi udara keluar, *hose* udara, *hose* air, saluran listrik, *sump, channel*. Juga dipasang fasilitas elektrik yang meliputi ganset, panel utama, *logisting*, 3 panel, kompresor, dan *water tank*.

Kemungkinan terjadinya suatu risiko yang memiliki tingkat kekerapan dalam kecelakaan itu terjadi pada WBS level 5 dan level 6. Adapun untuk WBS dengan level 5 dan level 6 dari setiap variabel penelitian yang tertera pada tabel 4.3.

Tabel 4. 4 *Work Breakdown Structure Tunelling* Bendungan Manikin

Level 1		Level 2		Level 3		Level 4		Level 5	
WBS	Keterangan	WBS	Keterangan	WBS	Keterangan	WBS	Keterangan	WBS	Keterangan
1.1	Proyek Pembangunan Bendungan Manikin	1.1	Bangunan Pengambilan	1.1.1	Terowong Pengambilan	1.1.1.1	Pekerjaan Tanah	1.1.1.1.1	<i>Clearing dan grubbing</i> dibuang ke disposal area dengan jarak 500-3.000m
								1.1.1.1.2	Galian Tanah Biasa (mekanik diangkut ke disposal area dg. jarak 500 - 3.000 m)
								1.1.1.1.3	Galian Tanah Biasa (mekanik, diangkut ke stock pile dg. jarak 500-3.000 m)
								1.1.1.1.4	Galian Batu (mekanik, diangkut ke disposal area dg. jarak 500-3.000 m)
								1.1.1.1.5	Galian Tanah Berbatu (mekanik diangkut ke disposal area dengan jarak 0-3000 m)
								1.1.1.1.6	Galian Terowong (dengan alat berat, termasuk pembuangan hasil galian ke stock pile/spoil bank)
								1.1.1.1.7	Timbunan Tanah (material bekas galian)
								1.1.1.1.8	<i>Soil Nailing</i>
								1.1.1.1.9	<i>Anchor Ø25</i>

Level 1		Level 2		Level 3		Level 4		Level 5	
WBS	Keterangan	WBS	Keterangan	WBS	Keterangan	WBS	Keterangan	WBS	Keterangan
								1.1.1.1.10	Pasangan Batu Siklop
						1.1.1.2	Pekerjaan Beton	1.1.1.2.1	Lantai Kerja (K-100)
								1.1.1.2.2	Beton K-225
								1.1.1.2.3	Beton K-350
								1.1.1.2.4	Besi Tulangan Ulir
								1.1.1.2.5	Bekisting beton expose
								1.1.1.2.6	Bekisting beton non-expose
								1.1.1.2.7	PVC <i>Waterstop</i> , lebar 300mm
								1.1.1.2.8	Dowel Bar D25, L = 1 m
								1.1.1.2.9	<i>Joint filler & Joint Sealant</i> dengan <i>Aspaltic</i>
						1.1.1.3	Pekerjaan <i>Drilling</i> dan <i>Grouting</i>	1.1.1.3.1	Pemboran lubang <i>consolidation grouting</i> kedalaman 1 - 10 m
								1.1.1.3.2	<i>Backfill Grouting</i>
								1.1.1.3.3	Injeksi Isian <i>Linning</i> Terowongan
								1.1.1.3.4	<i>Grouting</i> (material dan peralatan)
								1.1.1.3.5	<i>Lugeon Test</i>
								1.1.1.3.6	<i>Water pressure test</i> untuk lubang <i>curtain grouting</i> (1 tekanan)
						1.1.1.4	<i>Plugging</i>	1.1.1.4.1	Beton K-300

Level 1		Level 2		Level 3		Level 4		Level 5	
WBS	Keterangan	WBS	Keterangan	WBS	Keterangan	WBS	Keterangan	WBS	Keterangan
								1.1.1.4.2	<i>Bekisting beton expose</i>
								1.1.1.4.3	<i>Cooling System dan Contact grout</i>

4.6. ANALISIS DATA

Form Rapid Visual Assessment dibuat berdasarkan referensi dokumentasi pada saat pembangunan berlangsung seperti foto. Nantinya, *Form Rapid Visual Assessment* akan diberikan kepada narasumber untuk diisi berdasarkan keadaan nyata pada proyek pembangunan bendungan manikin terkhusus pada pekerjaan pembangunan *Tunneling*. Narasumber yang dimaksud ialah karyawan PT. Wijaya Karya, PT. Adhi Karya, dan PT. Jaya Konstruksi (KSO) yang berkontribusi pada saat pembangunan bendungan manikin terkhusus pada pekerjaan pembangunan *Tunneling*. Masing-masing narasumber akan diminta untuk memberikan penilaian berdasarkan keadaan proyek, dengan *range* penilaian berkisar antara 0, 0,33, 0,67, 1. Dengan catatan bahwasanya semakin tinggi nilai memungkinkan untuk keadaan paling nyata pada di proyek.

Hasil dari penilaian tersebut kemudian dianalisis berdasarkan konsep *Bayes Theorem*. Penggunaan *Bayes Theorem* pada analisis data dikarenakan, pendekatan *Bayes* dapat menghubungkan tingkat keyakinan sebelumnya pada keyakinan yang baru berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan. Sehingga melalui keyakinan dalam penilaian *form Rapid Visual Assessment* dan berdasarkan analisis *Bayes Theorem* sehingga nantinya dapat disimpulkan keterkaitan antara variabel dengan kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja pada proyek pembangunan bendungan manikin, terkhusus pada pembangunan *Tunneling*. Penetapan persentase berdasarkan hasil akhir dimana nantinya akan dilakukan pendekatan-pendekatan untuk penentuan persentase berdasarkan klasifikasi nilai akhir.

4.7. TAHAP-TAHAP PENELITIAN

Tahapan penelitian merupakan tahapan yang dilakukan di lapangan agar penelitian yang direncanakan dapat terlaksana, bagan alir penelitian sebagaimana dapat dilihat pada gambar 4.2. Adapun untuk langkah-langkah dalam melakukan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mulai
2. Rumusan Masalah dan Tujuan Penelitian

Tahapan ini melakukan perumusan masalah yang berhubungan dengan keselamatan kerja pada pelaksanaan pekerjaan *Tunnel* Bendungan Manikin yang akan mendapatkan tujuan penelitian yang akan dilaksanakan.

3. Studi Pustaka

Studi pustaka pada peneliti memberikan beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian saat ini yaitu keselamatan kerja dalam pelaksanaan pekerjaan di Terowongan Bendungan Manikin. Dan pembuktian keaslian bahwa penelitian ini bukanlah plagiarisme, melainkan penelitian terbaru.

4. Pengumpulan Data

Data penelitian, didapat melalui cara pengumpulan bukti-bukti dokumen tertulis serta foto dan video kejadian pelaksanaan pekerjaan Bendungan Manikin, kemudian dengan wawancara terhadap pelaksana serta petugas yang ada di lokasi pekerjaan *Tunnel* Bendungan Manikin.

5. Analisis Data

Analisis data penelitian ini dilakukan dengan mengevaluasi keselamatan kerja *Tunnel* Bendungan Manikin melalui metode *Rapid Visual Screening* (RVS) dalam bentuk kuesioner. RVS terdiri dari tiga faktor/indikator, yaitu tindakan operatif, kondisi proyek, konstruksi operatif (peralatan dan metode konstruksi). Setiap faktor terdiri dari beberapa indikator. Indikator tersebut dinilai dengan menggunakan alat bukti berupa dokumen, foto dan video. Ada empat nilai (poin) dengan penilaian ini berdasarkan tingkat kepercayaan *safety surveyor* terhadap keselamatan kerja. Skornya adalah 0 (tidak aman); 0,333 (hampir tidak aman); 0,667 (hampir aman); dan 1 (aman).

Nilai ini kemudian dihitung menggunakan rumus yang mengacu pada teori probabilitas (*Bayes Theory*). Hasil perhitungan ini nanti berupa definisi “aman” (jika nilai probabilitas = 1) dan “tidak aman” (jika nilai probabilitas = 0). Jika pelaksanaan pekerjaan masuk definisi “aman”, maka perlu di analisis lebih lanjut apakah praktik konstruksi dilaksanakan secara benar-benar aman, atau ada bagian yang tidak aman.

6. Pembahasan

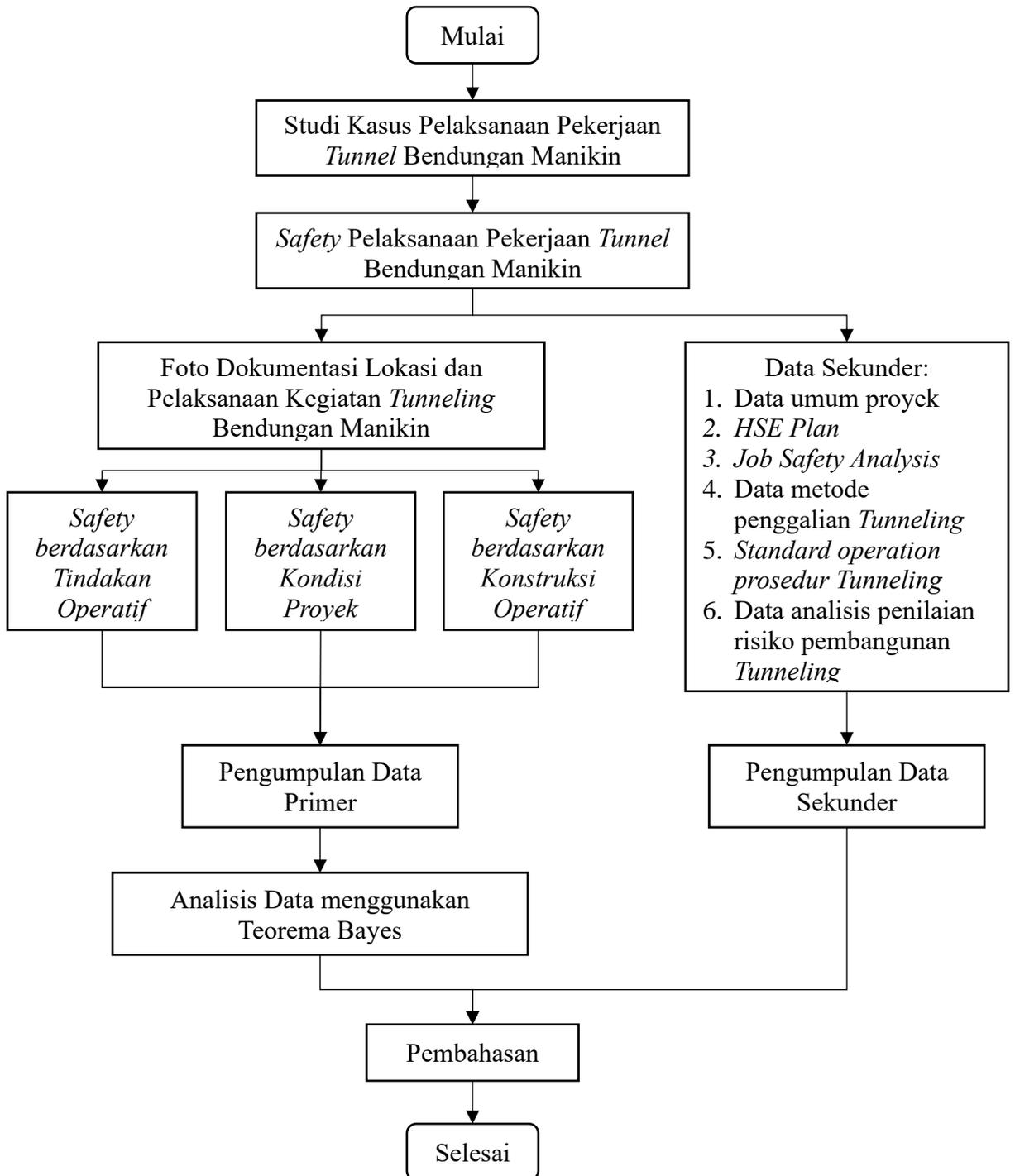
Hasil yang telah diperoleh dari tahap analisis akan dibahas dengan detail dan akan dibandingkan dengan tujuan yang telah direncanakan.

7. Kesimpulan dan Saran

Setelah mendapatkan pembahasan yang terkait dengan tujuan penelitian, maka akan dapat ditarik kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.

8. Selesai

4.8. BAGAN ALIR



Gambar 4. 1 Bagan Alir Penelitian

BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1. ANALISIS

Hasil analisis *Rapid Visual Screening* (RVS) keselamatan pelaksanaan pekerjaan *Tunnel* pada Proyek Bendungan Tefmo/Manikin Paket 1. Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai *assessment* (penilaian) yang sudah dilakukan oleh para ahli pada Proyek Bendungan Tefmo/Manikin Paket 1. Sehingga tujuan dari penelitian ini dapat tersampaikan. Adapun untuk mengetahui tingkat keselamatan pelaksanaan menggunakan pendekatan teori Bayes, berikut persamaan teori Bayes.

Data pertama dari 26 foto obyek untuk menghitung seberapa aman pekerjaan pelaksanaan. 26 foto obyek merupakan jumlah yang sudah cukup merepresentasikan obyek. pekerjaan berdasarkan *checklist* dengan menggunakan Persamaan 5.1.

$$P(E | H) = \frac{e_1 + e_2 + e_3 + \dots + e_n}{n} \dots\dots\dots \text{Persamaan 5. 1}$$

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan Persamaan 5.1 selanjutnya dapat menghitung seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* secara keseluruhan dengan menggunakan Persamaan 5.2.

$$P(E_{\text{comb}} | H) = P(E_1|H) \times P(E_2|H) \times \dots \times P(E_n|H) \dots\dots\dots \text{Persamaan 5. 2}$$

Hasil dari Persamaan 5.1 selanjutnya untuk dapat mengetahui seberapa ketidaksamaan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* dapat menggunakan Persamaan 5.3.

$$P(E | H') = 1 - P(E|H) \dots\dots\dots \text{Persamaan 5. 3}$$

Dari hasil analisis menggunakan Persamaan 5.3 selanjutnya dapat dilakukan analisis untuk mengetahui seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* secara keseluruhan dengan menggunakan Persamaan 5.4.

$$P(E_{\text{comb}} | H) = P(E_1|H') \times P(E_2|H') \times \dots \times P(E_n|H') \dots\dots\dots \text{Persamaan 5. 4}$$

Selanjutnya untuk mengetahui banyak kemungkinan yang dapat terjadi pada pekerjaan aman dapat dianalisis dengan menggunakan Persamaan 5.5.

$$P(H) = \frac{1}{\text{Kemungkinan}^{(\text{Evidence}+\text{Safety Factor})}} \dots\dots\dots \text{Persamaan 5. 5}$$

Keterangan:

1 = Nilai aman (*Safety Score*)

Kemungkinan = 4 (0 ; 0,33 ; 0,67 ; 1)

Evidence = Banyaknya bukti yang dapat dianalisis

Kemudian untuk mengetahui banyak kemungkinan yang dapat terjadi pada pekerjaan tidak aman dapat dianalisis dengan menggunakan Persamaan 5.6.

$$P(H') = \frac{\text{banyak kemungkinan skor selain aman}}{\text{Kemungkinan}^{(\text{Evidence}+\text{Safety Factor})}} \dots\dots\dots \text{Persamaan 5. 6}$$

Selanjutnya dari hasil analisis menggunakan Persamaan 5.1 sampai dengan Persamaan 5.6, kemudian dilakukan analisis kemungkinan sebuah pekerjaan konstruksi yang aman digunakan berdasarkan pada informasi yang diperoleh dari foto dengan menggunakan Persamaan 5.7.

$$P(H|E_{\text{comb}}) = \frac{\{P(E_{\text{comb}} | H) \times P(H)\}}{\{P(E_{\text{comb}} | H) \times P(H)\} + \{P(E_{\text{comb}} | H') \times P(H')\}} \dots\dots\dots \text{Persamaan 5. 7}$$

5.1.1. Dokumentasi Untuk Penilaian Variabel

 <p>22 Oct 2021 11:07:05 -10.213459, +123.723357 Bend. Tefmo/Manikin Paket 1</p>		 <p>11 Nov 2021 09:58:30 Bend. Tefmo/Manikin Paket 1</p>	 <p>14 Sep 2021 06:21:58 -10.220328, +123.720895 Bend. Tefmo/Manikin Paket 1</p>
<p>Foto 1</p>	<p>Foto 2</p>	<p>Foto 3</p>	<p>Foto 4</p>
 <p>15 Oct 2021 15:33:37 -10.213947, +123.720830 Bend. Tefmo/Manikin Paket 1</p>			
<p>Foto 5</p>	<p>Foto 6</p>	<p>Foto 7</p>	<p>Foto 8</p>
 <p>22 Sep 2021 08:40:10 -10.220358, +123.721100 Nusa Tenggara Timur 8536 Indonesia Bend. Tefmo/Manikin Paket 1</p>		 <p>24 Sep 2021 03:12:04 Bendungan TEFMO/Manikin</p>	 <p>24 Sep 2021 1:07:57 -10.224331, +123.720951 Bend. Tefmo/Manikin Paket 1</p>
<p>Foto 9</p>	<p>Foto 10</p>	<p>Foto 11</p>	<p>Foto 12</p>



Foto 13



Foto 14



Foto 15



Foto 16

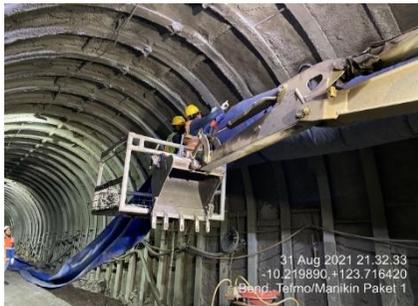


Foto 17



Foto 18



Foto 19



Foto 20



Foto 21



Foto 22



Foto 23



Foto 24



Foto 25



Foto 26

Tabel 5. 1 Penilaian Variabel Berdasarkan Foto

NO	VARIABLE	KETERKAITAN FOTO
I	TINDAKAN OPERATIF	
1	Kode keamanan etik untuk <i>safety officer</i> yaitu selalu memakai <i>Red safety custom</i> lengkap, tidak memakai celana <i>jeans</i> atau celana lainnya. Pakaian rapi, baju dimasukkan, mengenakan ikat pinggang, membawa <i>handboard</i> , HT, TOA, atau minimal Peluit	Semua foto
2	Selalu memakai ID Card selama bekerja	Semua foto
3	Stiker helm dan kondisi helm sesuai dengan aturan yang berlaku, tidak ada corat coret dan tidak ada stiker non standard	Semua foto
4	Hari minggu boleh mengenakan pakaian bebas rapi, ketika ke lapangan harus mengenakan <i>Band safety</i>	N/A
5	Semua pendatang baru harus melaporkan untuk memiliki ID Card.	Semua foto
6	Tidak merokok, makan dan minum di seluruh wilayah <i>construction</i> , kecuali di tempat istirahat atau kantin	Semua foto
7	Kelengkapan Alat Pelindung Diri (APD) wajib setiap personil yang terlibat di lapangan : <i>safety helmet, safety shoes, safety vest, safety hand gloves.</i>	Semua foto
8	<i>Safety sign</i> harus mudah dipahami	16 26
9	Area proyek bersih dari material-material sisa / tidak terpakai / berbahaya	Semua foto
10	Terdapat APAR di beberapa sudut lokasi proyek (mudah dijangkau)	N/A
11	Terdapat Sirine di lokasi (mudah dijangkau)	N/A
12	Keaktifan <i>safety officer</i> dalam mengontrol pekerjaan.	21 23
13	Tempat kerja yang tinggi harus dilengkapi dengan tangga yang cukup untuk dilewati orang atau alat yang dipakai, Jika perlu pada keadaan tertentu, untuk menghindari bahaya terhadap tenaga kerja :	1 10 12 14 15 17
14	a. Diberi <i>platform</i> / pelataran dari kayu atau plat besi	1 10 12 14 15 17
15	b. Pekerja menggunakan sabuk pengaman yang kuat	1 10 12 14 15 17
16	Kebutuhan Oksigen harus disediakan	N/A
17	Terdapat <i>emergency box</i> pada jarak yang mudah di gapai sepanjang <i>Tunneling</i>	N/A
18	Lampu penerangan harus disediakan	8 10 11 12 18 19 20 26
19	Jenis dan pemasangan lampu tidak boleh mengganggu operasional, disesuaikan dengan sifat pencahayaan dan jangkauan / radius penyinarannya, luasnya lokasi pekerjaan	8 10 11 12 18 19 20 26
20	Wilayah proyek pemisahan (lokasi pagar sementara), akses pekerja, dan jenis lain yang dibatasi.	26
21	Ketersediaan personel K3 dalam sebuah proyek paling tidak terdiri dari Ahli K3 Konstruksi, Supervisor K3 Konstruksi, dan Petugas K3 Konstruksi.	21 22 23 24
22	Ketersediaan personel K3 dalam melakukan pendampingan bagi tamu yang berkunjung ke lokasi	21 22 23 24
II	KONDISI LOKASI	
1	Saluran drainase hujan <i>temporary</i> di <i>site</i> .	19 20 22 23
2	Akses alat berat harus bersih dari berbagai macam sisa material dan alat-alat yang tidak terpakai.	18
3	Terdapat <i>safety sign</i> / rambu / <i>police line</i> disekitar akses alat berat.	N/A
4	Adanya aktivitas untuk membersihkan area lokasi penggalian dari sisa material galian demi kelancaran mobilisasi	N/A
5	Adanya ketersediaan untuk <i>supply</i> oksigen yang cukup untuk kebutuhan para pekerja (Udara masuk > Kebutuhan udara)	Semua Foto
6	Adanya penerangan yang memadai	8 10 11 12 18 19 20 26

NO	VARIABLE	KETERKAITAN FOTO
7	Akses alat berat dan mobilisasi yang cukup selama melakukan penggalian dan penghantaran material di lokasi	N/A
8	Adanya <i>confined space</i> bilamana terjadi keadaan darurat	Semua Foto (kecuali 2 16 26)
9	Adanya <i>monitoring Gas</i>	N/A
10	Adanya pengelolaan air / <i>dewatering</i> bilamana terjadi hujan	18 25
III	KONSTRUKSI OPERATIF	
A	PERALATAN	
1	Kelengkapan alat pemeliharaan dan pengoperasian harian alat.	N/A
2	Terdapat excavator + attachment breaker yang digunakan untuk melakukan penggalian	9 10 11
3	Terdapat loader yang digunakan untuk memindahkan material	N/A
4	Terdapat dump truck yang digunakan untuk mengangkat material	N/A
5	Terdapat <i>emergency tools</i> yang disediakan di dalam <i>Tunneling</i>	N/A
6	Adanya inspeksi peralatan (pra, berkala, Insidental)	21 22 23 24
7	Terdapat sarana pendukung yang memadai (<i>sump</i> , saluran listrik, hose air, hose udara, channel, ventilasi udara masuk, ventilasi udara keluar)	N/A
8	Terdapat panel untuk <i>shotcrete</i> , <i>pompa</i> dan <i>motor fan</i> yang dapat dipindah-pindahkan	N/A
9	Terdapat fasilitas elektrikal di dalam <i>Tunneling</i> seperti panel listrik, kabel, dll.	8 10 11 12 18 19 20 26
10	Terdapat <i>tunnel</i> di dalam <i>Tunneling</i> yang digunakan dalam menyalurkan kebutuhan air selama kegiatan <i>shotcrete</i> dan kegiatan <i>rockbolt</i> (perendaman <i>cathridge sika rokon</i>)	6 8 12
B	METODE KONSTRUKSI	
1	Dilakukan pemasangan proteksi (<i>forepoling</i>) pada muka <i>Tunneling</i> (<i>Face tunnel</i>)	Semua Foto
2	Dilakukan pemasangan portal sementara (<i>temporary portal</i>) pada muka <i>Tunneling</i>	2 26
3	Untuk menentukan rencana kedalaman & perkuatan penggalian, harus dilakukan <i>marking survey & mapping</i> terlebih dahulu	N/A
4	Tipe penggalian ataupun penyangga yang digunakan (<i>Rock Bolt</i> , <i>shotcrete</i> , and <i>steel sets</i>) harus disesuaikan terlebih dahulu sesuai dengan kelas massa batuan	Semua Foto
5	Dalam melakukan proses galian harus mempertimbangkan persyaratan <i>stand-up time Tunneling</i> yaitu 30 menit	N/A
6	Proses <i>mucking</i> harus dilakukan secara paralel	N/A
7	Pemilihan dimensi alat berat disesuaikan dengan lebar <i>tunnel</i> terluar (<i>outher width</i>), lebar <i>wiremesh</i> , dan juga <i>steel rib</i>	7 9 10 11 13 14 15
8	<i>Steel Rib</i> dilakukan perkuatan menggunakan baja dan diinstal dengan jarak, 0,75 m as ke as	N/A
9	Pada bagian <i>base plate steel rib</i> dilakukan perkuatan	N/A
10	<i>Joint Plate</i> pada <i>steel rib</i> harus dilakukan pengencangan dengan menggunakan baut, dan dilakukan pengecekan kelurusan sebelum dilakukan <i>grouting</i> pada angkur <i>base plate</i>	N/A
11	<i>Wiremesh</i> harus dipasang apabila <i>steel rib support</i> telah selesai terinstal, dan posisi <i>wiremesh</i> harus berada diantara <i>steel rib</i> dan <i>primary shotcrete</i>	N/A
12	Ketebalan <i>shotcrete</i> pada <i>Tunneling</i> disesuaikan dengan luas bukaan <i>Tunneling</i>	6 8 12
13	Mutu <i>dry mix</i> harus tetap terjamin	N/A
14	Pengeboran lubang untuk <i>rock bolt</i> menggunakan <i>legdrill</i> dimana pada bagian ujungnya harus diberikan <i>face plate</i> dan <i>nut & washer</i>	2 16 26

NO	VARIABLE	KETERKAITAN FOTO
15	Dilakukan <i>pullout test</i> sesuai dengan tegangan ultimate pada desain	N/A
16	Setelah dilakukan <i>pull-out test</i> , dilakukan pengecekan <i>displacement</i> pada <i>rockbolt</i>	N/A

5.1.2. Respon Variabel Terhadap Variabel

Penetapan variabel yang terdapat pada tabel 5.1 merupakan hasil yang didapat dari observasi langsung di lapangan, karena dengan menggunakan aturan Peraturan Menteri Nomor 10 Tahun 2021 mengenai Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK) dan kemudian dari setiap variabel yang didapat kemudian dilakukan *Focus Group Discussion* yang dilakukan oleh peneliti kepada beberapa ahli guna mendapatkan respon terhadap variabel yang didapat dari observasi langsung di lapangan yang kemudian variabel tersebut akan diteliti. Adapun untuk respon menurut narasumber pertama memberikan respon dari setiap variabel dapat dilihat pada tabel 5.1, kemudian narasumber kedua memberikan respon setiap variabel yang dapat dilihat pada tabel 5.2, narasumber ketiga memberikan respon dari variabel yang dapat dilihat pada tabel 5.3, narasumber ke empat memberikan respon dari variabel yang dapat dilihat pada tabel 5.4, narasumber ke lima memberikan respon dari variabel yang dapat dilihat pada tabel 5.5, dan kemudian narasumber keenam memberikan respon dari variabel yang dapat dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Respon variabel Narasumber 1

Variabel	Respon Variabel
Variabel Non-Tuneling	
Kode keamanan etik untuk <i>safety officer</i> yaitu Selalu memakai <i>Red safety custom</i> lengkap, tidak memakai celana jeans atau celana lainnya. Pakaian rapi, baju dimasukkan, mengenakan ikat pinggang, membawa <i>handboard</i> , HT, TOA, atau minimal Peluit.	Untuk ketentuan seragam dimasukkan atau tidak bergantung pada prosedur. Pembawaan <i>handboard</i> , HT atau TOA tidak mesti dilakukan setiap saat.
Selalu memakai ID Card selama bekerja.	Ya, Setuju (ID Card sebagai tanda pengenal dan tanda terdaftar sebagai orang yang memiliki kepentingan di dalam lokasi kerja)
Semua pendatang baru harus melaporkan untuk memiliki ID Card.	Ya, Setuju (ID Card sebagai tanda pengenal dan tanda terdaftar sebagai orang yang memiliki kepentingan di dalam lokasi kerja)
<i>Safety sign</i> harus mudah dipahami	Ya, Setuju Rambu-rambu harus mudah dipahami oleh setiap orang
Keaktifan <i>safety officer</i> dalam mengontrol pekerjaan.	Sistem Manajemen K3 tidak hanya menuntut <i>Safety Officer</i> saja untuk aktif. namun adalah

Variabel	Respon Variabel
	kontribusi keaktifan oleh semua yang terlibat dalam lokasi kerja.
Tempat kerja yang tinggi harus dilengkapi dengan tangga yang cukup untuk dilewati orang atau alat yang dipakai, Jika perlu pada keadaan tertentu, untuk menghindari bahaya terhadap tenaga kerja:	Ya, Setuju harus mengacu pada standar pembuatan tangga akses ketika bekerja
a. Diberi <i>platform</i> / pelataran dari kayu atau plat besi	Ya, Setuju <i>platform</i> harus terbuat dari bahan yang kuat dan aman serta kokoh
b. Pekerja menggunakan sabuk pengaman yang kuat	Alat pengaman kerja seperti pengaman jatuh wajib dipakai sesuai standar
Wilayah proyek pemisahan (lokasi pagar sementara), akses pekerja, dan jenis lain yang dibatasi.	Setiap area di lokasi kerja harus teridentifikasi dan terbedakan guna mendukung akses kerja dan proses kerja
Ketersediaan personel K3 dalam melakukan pendampingan bagi tamu yang berkunjung ke lokasi.	Ya, Bisa jadi dilakukan jika petugas K3 mencukupi namun jika tidak mencukupi. pengawas pekerjaan yang wajib menjadi pendamping selaku PIC tamu atas keselamatannya
Terdapat <i>safety sign</i> / rambu / <i>police line</i> disekitar akses alat berat.	Ya, harus dilakukan dan disediakan termasuk <i>signal man</i> atau <i>flagman</i>
Stiker helm dan kondisi helm sesuai dengan aturan yang berlaku, tidak ada corat-coret dan tidak ada stiker <i>non standard</i> .	Ya, setuju sesuai dengan standar APD yang telah ditentukan
Hari minggu boleh mengenakan pakaian bebas rapi, ketika ke lapangan harus mengenakan <i>Band safety</i> .	Atribut keselamatan di lapangan : <i>Safety Helmet</i> , <i>ID Card</i> , Rompi pengenal dan bereflektor, Sepatu <i>Safety</i> , Celana Panjang
Tidak merokok, makan dan minum di seluruh wilayah <i>construction</i> , kecuali di tempat istirahat atau kantin.	Ya, Setuju..
Mutu <i>dry mix</i> harus tetap terjamin.	Pengendalian mutu harus selalu diawasi dan di kontrol agar selalu sesuai dengan yang telah ditentukan
Adanya inspeksi peralatan (pra, berkala, Insidental).	Ya Wajib dilakukan
Kelengkapan Alat Pelindung Diri (APD) wajib setiap personil yang terlibat di lapangan: <i>safety helmet</i> , <i>safety shoes</i> , <i>safety vest</i> , <i>safety hand gloves</i> .	Atribut keselamatan di lapangan : <i>Safety Helmet</i> , <i>ID Card</i> , Rompi pengenal dan bereflektor, Sepatu <i>Safety</i> , Celana Panjang + Seragam yang ditentukan dalam Prosedur
Area proyek bersih dari material-material sisa / tidak terpakai / berbahaya.	Ya, Setuju.. 5R yang baik mendukung keselamatan kerja
Ketersedian personel K3 dalam sebuah proyek paling tidak terdiri dari Ahli K3 Konstruksi, Supervisor K3 Konstruksi, dan Petugas K3 Konstruksi.	Ya, Setuju dan kuantitasnya akan sangat ideal jika memenuhi Prosedur yang ditetapkan perusahaan (1:50)
Variabel Tuneling	
Kebutuhan Oksigen harus disediakan	Ya, Setuju
Adanya <i>confined space</i> bilamana terjadi keadaan darurat.	Pernyataan ini tidak tepat. <i>Confined Space</i> = Ruang Terbatas sedangkan ketika terjadi keadaan darurat yang dibutuhkan adalah lokasi evakuasi yang aman bukan <i>Confined Space</i>
Saluran drainase hujan <i>temporary</i> di <i>site</i> .	Ya, lebih baik di sediakan karena kebanyakan proses kerja terhambat karena hujan (faktor ketidaktersediaan sarpras antisipasi cuaca yang baik)

Variabel	Respon Variabel
Akses alat berat harus bersih dari berbagai macam sisa material dan alat-alat yang tidak terpakai.	Alat berat melintas pada jalan kerja yang sudah ditentukan. tidak lewat disembarang tempat guna mengamankan posisi alat berat tersebut ketika bekerja
Adanya aktivitas untuk membersihkan area lokasi penggalian dari sisa material galian demi kelancaran mobilisasi.	Jalan kerja yang tersedia harus diaman dari gangguan
Adanya ketersediaan untuk <i>supply</i> oksigen yang cukup untuk kebutuhan para pekerja (Udara masuk > Kebutuhan udara).	wajib dilakukan pengawasan dan pengecekan selalu terhadap aspek ini
Adanya <i>monitoring</i> Gas.	Wajib dilakukan secara rutin, berkala dan disiplin
Terdapat <i>loader</i> yang digunakan untuk memindahkan material.	Tergantung, metode kerja yang dibuat seperti apa
Terdapat <i>dump truck</i> yang digunakan untuk mengangkat material.	Tergantung, metode kerja yang dibuat seperti apa
Terdapat <i>emergency tools</i> yang disediakan di dalam <i>Tunneling</i> .	Wajib disediakan sebagai salah satu APK yang harus ada dan sarana kelengkapan tanggap darurat
Terdapat sarana pendukung yang memadai (<i>sump</i> , saluran listrik, hose air, hose udara, <i>channel</i> , ventilasi udara masuk, ventilasi udara keluar).	Alat-alat ini disesuaikan dengan kondisi area kerja, metode kerja, kebutuhan dan lain-lain sesuai dengan Prosedur yang telah ditentukan
Terdapat fasilitas elektrikal di dalam <i>Tunneling</i> seperti panel listrik, kabel, dll.	Kebutuhan kelistrikan, wajib disediakan peralatan listrik yang standar dan aman guna mencegah terjadi konsleting atau sengatan listrik
Terdapat <i>tunnel</i> di dalam <i>Tunneling</i> yang digunakan dalam menyalurkan kebutuhan air selama kegiatan <i>shotcrete</i> dan kegiatan <i>rockbolt</i> (perendaman <i>cathridge sika rokon</i>).	Penyaluran kebutuhan air menggunakan pipa dan peralatan penyalur air yang sesuai dengan prosedur
Dilakukan pemasangan proteksi (<i>forepoling</i>) pada muka <i>Tunneling</i> (<i>Face tunnel</i>).	Tergantung dengan metode yang digunakan
Dilakukan pemasangan portal sementara (<i>temporary portal</i>) pada muka <i>Tunneling</i> .	Ya, Setuju
Tipe penggalian ataupun penyangga yang digunakan (<i>Rock Bolt, shotcrete, and steel sets</i>) harus disesuaikan terlebih dahulu sesuai dengan kelas massa batuan.	Wajib dilakukan pengamatan dan penentuan jenis batuan terlebih dahulu sebelum menentukan metode kerja
Pada bagian <i>base plate steel rib</i> dilakukan perkuatan.	Perkuatan dilakukan jika dinilai diperlukan sesuai dengan telaah sebelumnya. tapi untuk mayoritas <i>case</i> , selalu dilakukan perkuatan guna memastikan <i>steel rib</i> kuat dan kokoh
<i>Wiremesh</i> harus dipasang apabila <i>steel rib support</i> telah selesai terinstal, dan posisi <i>wiremesh</i> harus berada diantara <i>steel rib</i> dan <i>promary shotcrete</i> .	Ya, Sesuai dengan metode kerja yang ditentukan
Pengeboran lubang untuk <i>rock bolt</i> menggunakan <i>legdrill</i> dimana pada bagian ujungnya harus diberikan <i>face plate</i> dan <i>nut & washer</i> .	Ya, Sesuai dengan metode kerja yang ditentukan
Dilakukan <i>pullout test</i> sesuai dengan tegangan <i>ultimate</i> pada desain.	Ya, Sesuai dengan metode kerja yang ditentukan
Setelah dilakukan <i>pull-out test</i> , dilakukan pengecekan <i>displacement</i> pada <i>rockbolt</i> .	Ya, Sesuai dengan metode kerja yang ditentukan

Variabel	Respon Variabel
Terdapat APAR di beberapa sudut lokasi proyek (mudah dijangkau).	Prosedur peletakan APAR harus diikuti, baik prosedur perusahaan ataupun Peraturan Perundangan dan Standar Nasional yang berlaku
Terdapat Sirine di lokasi (mudah dijangkau).	Sirine sebagai tanda <i>emergency</i> , peletakannya disesuaikan dengan identifikasi risiko bahayanya dan bisa terdengar dari seluruh area proyek
Terdapat <i>emergency box</i> pada jarak yang mudah digapai sepanjang <i>Tunneling</i> .	Ya, setuju dengan adanya peletakan yang berjarak dapat meningkatkan K3 di dalam <i>Tunneling</i> dan ketika terjadi <i>emergency</i>
Lampu penerangan harus disediakan.	Wajib
Jenis dan pemasangan lampu tidak boleh mengganggu operasional, disesuaikan dengan sifat pencahayaan dan jangkauan / radius penyinarannya, luasnya lokasi pekerjaan.	Pemenuhan pencahayaan harus sesuai standar baku mutu yang ada. Ada aturan dalam peraturan perundangan yang harus dipenuhi dalam suatu pekerjaan
Adanya penerangan yang memadai.	Wajib
Akses alat berat dan mobilisasi yang cukup selama melakukan penggalian dan pengantaran material di lokasi.	Seluruh mobilisasi apapun, melewati jalan akses yang harus aman dan selamat
Terdapat excavator + <i>attachment breaker</i> yang digunakan untuk melakukan penggalian.	Tergantung dengan metode yang dibutuhkan
Terdapat panel untuk <i>shotcrete</i> , pompa dan motor <i>fan</i> yang dapat dipindah-pindahkan.	Tergantung dengan metode yang dibutuhkan
Untuk menentukan rencana kedalaman & perkuatan penggalian, harus dilakukan <i>marking survey & mapping</i> terlebih dahulu.	Ya, guna memastikan sesuai dengan metode kerja
Proses <i>mucking</i> harus dilakukan secara paralel.	Tergantung dengan metode yang dibutuhkan
Pemilihan dimensi alat berat disesuaikan dengan lebar <i>tunnel</i> terluar (<i>outher width</i>), lebar <i>wiremesh</i> , dan juga <i>steel rib</i> .	Disesuaikan dengan dimensi <i>Tunneling</i> dan metode kerja yang dibutuhkan
<i>Steel Rib</i> dilakukan perkuatan menggunakan baja dan diinstal dengan jarak, 0,75 m as ke as.	Tergantung dengan metode yang dibutuhkan
<i>Joint Plate</i> pada <i>steel rib</i> harus dilakukan pengencangan dengan menggunakan baut, dan dilakukan pengecekan kelurusan sebelum dilakukan <i>grouting</i> pada angkur <i>base plate</i> .	Tergantung dengan metode yang dibutuhkan
Ketebalan <i>shotcrete</i> pada <i>Tunneling</i> disesuaikan dengan luas bukaan <i>Tunneling</i> .	Tergantung dengan metode yang dibutuhkan

Tabel 5. 3 Respon variabel Narasumber 2

Variabel	Respon Variabel
Variabel Non-Tuneling	
Kode keamanan etik untuk <i>safety officer</i> yaitu Selalu memakai <i>Red safety custom</i> lengkap, tidak memakai celana <i>jeans</i> atau celana lainnya. Pakaian rapi, baju dimasukkan, mengenakan ikat pinggang, membawa <i>handboard</i> , HT, TOA, atau minimal Peluit.	karna merupakan profesi yang dijalankan oleh seorang profesional dengan latar pendidikan tertentu dan berkewajiban untuk memastikan seluruh pekerja yang berada dalam lingkungan kerja
Selalu memakai ID <i>Card</i> selama bekerja.	Dengan memakai ID <i>card</i> pekerja akan lebih mudah dikenali oleh karyawan lainnya, terlebih ketika terlibat dalam sebuah proyek pekerjaan.

Variabel	Respon Variabel
Semua pendatang baru harus melaporkan untuk memiliki ID <i>Card</i> .	Pendatang baru harus lapor dan memiliki ID <i>Card</i> untuk pendataan diri ketika berada Di proyek/lokasi
<i>Safety sign</i> harus mudah dipahami	Agar pekerja atau orang lain yang berada di area perusahaan tentang potensi bahaya dan bagaimana menghindari bahaya tersebut.
Keaktifan <i>safety officer</i> dalam mengontrol pekerjaan.	Meminimalisir risiko bahaya yang mengancam keselamatan dan kesehatan pekerja di tempat kerja.
Tempat kerja yang tinggi harus dilengkapi dengan tangga yang cukup untuk dilewati orang atau alat yang dipakai, Jika perlu pada keadaan tertentu, untuk menghindari bahaya terhadap tenaga kerja:	Agar setiap kegiatan di ketinggian aman dalam melakukan aktifitas yang di kerjakan
a. Diberi <i>platform</i> / pelataran dari kayu atau plat besi	Agar di bagian bawah perancah atau tangga di terjadi penurunan saat kondisi yang tidak memungkinkan
b. Pekerja menggunakan sabuk pengaman yang kuat	Agar tidak terjadi hal yang tidak diinginkan seperti tergelincir atau kesandung saat melakukan aktifitas di ketinggian
Wilayah proyek pemisahan (lokasi pagar sementara), akses pekerja, dan jenis lain yang dibatasi.	Agar setiap orang selain pekerja tidak bebas keluar masuk ke area tersebut
Ketersediaan personel K3 dalam melakukan pendampingan bagi tamu yang berkunjung ke lokasi.	Personil K3 mendampingi tamu saat berkunjung ke lokasi agar tamu tersebut mengetahui kondisi keselamatan di area kerja
Terdapat <i>safety sign</i> / rambu / <i>police line</i> disekitar akses alat berat.	Perlu ada rambu di sekitar alat berat agar setiap orang yang melintas aman dari alat berat saat bekerja
Stiker helm dan kondisi helm sesuai dengan aturan yang berlaku, tidak ada corat-coret dan tidak ada stiker <i>non standard</i> .	Kondisi helm harus dalam kondisi standar tanpa coretan ataupun stiker lainnya agar terlihat baik saat di gunakan
Hari minggu boleh mengenakan pakaian bebas rapi, ketika ke lapangan harus mengenakan <i>Band safety</i> .	Di hari minggu boleh menggunakan pakaian bebas rapi dengan tetap memakai celana panjang dan <i>band safety</i> agar tetap aman saat di lokasi
Tidak merokok, makan dan minum di seluruh wilayah <i>construction</i> , kecuali di tempat istirahat atau kantin.	Agar tidak Mengganggu Aktifitas pekerja di tempat lainnya kecuali di tempat yang sudah di tentukan
Mutu <i>dry mix</i> harus tetap terjamin.	Mutu <i>dry mix</i> tetap di jaga agar kualitas beton terjamin mutunya
Adanya inspeksi peralatan (pra, berkala, Insidental).	Inspeksi peralatan di setiap pekerjaan perlu di cek layak apa tidaknya peralatan yang akan di gunakan
Kelengkapan Alat Pelindung Diri (APD) wajib setiap personil yang terlibat di lapangan: <i>safety helmet, safety shoes, safety vest, safety hand gloves</i> .	Agar siap personil yang aktif di lokasi tetap aman dari bahaya di sekitar
Area proyek bersih dari material-material sisa / tidak terpakai / berbahaya.	Setiap lokasi perlu di perhatikan kebersihan dan sisa material demi kenyamanan saat bekerja
Ketersedian personel K3 dalam sebuah proyek paling tidak terdiri dari Ahli K3 Konstruksi, Supervisor K3 Konstruksi, dan Petugas K3 Konstruksi.	Agar di ketahui adanya bahaya dalam pekerjaan tersebut
Variabel <i>Tuneling</i>	

Variabel	Respon Variabel
Kebutuhan Oksigen harus disediakan	Tergantung kondisi dan lokasi yang akan dikerjakan
Adanya <i>confined space</i> bilamana terjadi keadaan darurat.	Agar mengetahui apabila bekerja di area atau daerah kerja yang ada di dalam suatu ruangan terbatas
Saluran drainase hujan <i>temporary</i> di <i>site</i> .	Perlu membuat saluran drainase saat hujan di <i>site</i> agar tidak ada terjadinya genangan air yang berakibat merusak struktur lainnya
Akses alat berat harus bersih dari berbagai macam sisa material dan alat-alat yang tidak terpakai.	Akses alat berat di sekitar harus bersih agar mempermudah alat berat manuver dan bekerja dengan maksimal
Adanya aktivitas untuk membersihkan area lokasi penggalian dari sisa material galian demi kelancaran mobilisasi.	Membersihkan material sisa galian harus seiring dengan pekerjaan saat galian agar mempermudah saat mobilisasi
Adanya ketersediaan untuk <i>supply</i> oksigen yang cukup untuk kebutuhan para pekerja (Udara masuk > Kebutuhan udara).	<i>Supply</i> oksigen yang cukup sangat di perlukan agar setiap pekerja yang berada di ruang terbatas aman saat melakukan pekerjaannya
Adanya <i>monitoring</i> Gas.	Untuk mengetahui adanya paparan gas yang berbahaya pada suatu area tertentu sehingga dapat dilakukan tindakan-tindakan keselamatan dan kesehatan kerja yang berkaitan dengan bahaya gas tersebut
Terdapat <i>loader</i> yang digunakan untuk memindahkan material.	Agar mempermudah pemindahan material seperti tanah ke lokasi yang di tentukan
Terdapat <i>dump truck</i> yang digunakan untuk mengangkat material.	Agar mempermudah pemuatan material hasil galian
Terdapat <i>emergency tools</i> yang disediakan di dalam <i>Tunneling</i> .	Perlu agar setiap pekerja atau personil yang membutuhkan cepat di tangani
Terdapat sarana pendukung yang memadai (<i>sump</i> , saluran listrik, hose air, hose udara, <i>channel</i> , ventilasi udara masuk, ventilasi udara keluar).	Sarana pendukung perlu agar di lokasi lancar dan mudah saat melakukan aktifitas termasuk di ruang terbatas
Terdapat fasilitas elektrik di dalam <i>Tunneling</i> seperti panel listrik, kabel, dll.	Untuk mempermudah pekerjaan yang bersangkutan dengan kelistrikan selain itu membuat aman di sekitar kerja jika adanya panel listrik
Terdapat <i>tunnel</i> di dalam <i>Tunneling</i> yang digunakan dalam menyalurkan kebutuhan air selama kegiatan <i>shotcrete</i> dan kegiatan <i>rockbolt</i> (perendaman <i>cathridge sika rokon</i>).	Untuk mempermudah pekerjaan <i>Tunneling</i> di Kedepannya
Dilakukan pemasangan proteksi (<i>forepoling</i>) pada muka <i>Tunneling</i> (<i>Face tunnel</i>).	Perlu, agar struktur tanah akan lebih kuat lagi saat melakukan pekerjaan selanjutnya
Dilakukan pemasangan portal sementara (<i>temporary portal</i>) pada muka <i>Tunneling</i> .	Perlu, agar saat memulai galian kondisi sekitar masih tetap aman
Tipe penggalian ataupun penyangga yang digunakan (<i>Rock Bolt, shotcrete, and steel sets</i>) harus disesuaikan terlebih dahulu sesuai dengan kelas massa batuan.	Perlu di ketahui terlebih dahulu tipe material yang di gunakan agar tetap sesuai saat di laksanakan
Pada bagian <i>base plate steel rib</i> dilakukan perkuatan.	Agar Setiap dudukan <i>steel rib</i> yang di pasang lebih kuat lagi dan terjadi perubahan/tergeser
<i>Wiremesh</i> harus dipasang apabila <i>steel rib</i> support telah selesai terinstal, dan posisi <i>wiremesh</i> harus berada diantara <i>steel rib</i> dan <i>primary shotcrete</i> .	Ya agar posisi <i>wiremesh</i> duduk di antara <i>steel rib</i> memiliki selimut beton ketika melakukan <i>secondary shotcrete</i>

Variabel	Respon Variabel
Pengeboran lubang untuk <i>rock bolt</i> menggunakan <i>legdrill</i> dimana pada bagian ujungnya harus diberikan <i>face plate</i> dan <i>nut & washer</i> .	Agar memberi perkuatan dengan tujuan memperkecil deformasi atau menjaga kestabilan <i>Tunneling</i>
Dilakukan <i>pullout test</i> sesuai dengan tegangan <i>ultimate</i> pada desain.	di lakukan <i>pullout test</i> untuk mengetahui kuat tekan rencana beton normal
Setelah dilakukan <i>pull-out test</i> , dilakukan pengecekan <i>displacement</i> pada <i>rockbolt</i> .	Untuk mengetahui pergerakan dari <i>rockbolt</i>
Terdapat APAR di beberapa sudut lokasi proyek (mudah dijangkau).	Posisi APAR perlu disiapkan setiap lokasi yang di jangkau dan mudah terbakar agar personil dapat menggunakannya saat dibutuhkan
Terdapat Sirine di lokasi (mudah dijangkau).	Agar setiap personil atau pekerja di sekitar proyek dapat mendengarnya jika ada bahaya
Terdapat <i>emergency box</i> pada jarak yang mudah digapai sepanjang <i>Tunneling</i> .	Untuk mempermudah pekerja disekitar jika saat di perlukan
Lampu penerangan harus disediakan.	Untuk mempermudah proses Pekerjaan di ruang yang kurang cukup penerangannya
Jenis dan pemasangan lampu tidak boleh mengganggu operasional, disesuaikan dengan sifat pencahayaan dan jangkauan / radius penyinarannya, luasnya lokasi pekerjaan.	Diposisikan yang baik agar tidak mengganggu aktifitas di area kerja
Adanya penerangan yang memadai.	Ya penerangan harus memadai demi kenyamanan dan kelancaran di ruang terbatas
Akses alat berat dan mobilisasi yang cukup selama melakukan penggalian dan pengantaran material di lokasi.	Akses perlu di perhatikan agar alat berat dan pengantaran material dapat berjalan lancar
Terdapat excavator + <i>attachment breaker</i> yang digunakan untuk melakukan penggalian.	Mempermudah dalam melakukan galian
Terdapat panel untuk <i>shotcrete</i> , pompa dan motor fan yang dapat dipindah-pindahkan.	Sebagai alat pendukung dalam melaksanakan pekerjaan <i>shotcrete</i> agar lebih mudah
Untuk menentukan rencana kedalaman & perkuatan penggalian, harus dilakukan <i>marking survey & mapping</i> terlebih dahulu.	Mengetahui terlebih dahulu jenis tanah atau bebatuan sebelum melakukan penggalian
Proses <i>mucking</i> harus dilakukan secara paralel.	Agar setiap waktu mengetahui jenis <i>clay</i> tanah
Pemilihan dimensi alat berat disesuaikan dengan lebar <i>tunnel</i> terluar (<i>outher width</i>), lebar <i>wiremesh</i> , dan juga <i>steel rib</i> .	Agar alat berat lebih leluasa Ketika melakukan aktifitas di dalam <i>Tunneling</i>
<i>Steel Rib</i> dilakukan perkuatan menggunakan baja dan diinstal dengan jarak, 0,75 m as ke as.	Agar kondisi di dalam <i>Tunneling</i> tetap aman saat beraktivitas
<i>Joint Plate</i> pada <i>steel rib</i> harus dilakukan pengencangan dengan menggunakan baut, dan dilakukan pengecekan kelurusan sebelum dilakukan <i>grouting</i> pada angkur <i>base plate</i> .	Supaya keadaan <i>steel rib</i> tetap kuat
Ketebalan <i>shotcrete</i> pada <i>Tunneling</i> disesuaikan dengan luas bukaan <i>Tunneling</i> .	ketebalan <i>shotcrete</i> disesuaikan sesuai luas <i>Tunneling</i>

Tabel 5. 4 Respon variabel Narasumber 3

Variabel	Respon Variabel
Variabel Non-Tunneling	
Kode keamanan etik untuk <i>safety officer</i> yaitu Selalu memakai <i>Red safety custom</i> lengkap, tidak memakai celana jeans atau celana lainnya. Pakaian rapi, baju dimasukkan,	Iya, merupakan sebuah <i>role model</i> lengkap untuk kegiatan di area kerja. Dimana hal tersebut memberikan pengetahuan bagaimana pentingnya perlengkapan APD untuk pekerja. APD dibutuhkan oleh para pekerja untuk

Variabel	Respon Variabel
mengenakan ikat pinggang, membawa <i>handboard</i> , HT, TOA, atau minimal Peluit.	menjaga keamanan dan keselamatan di lingkungan kerja yang penuh risiko. Hal ini karena ada banyak potensi bahaya di lingkungan kerja, misalnya kejatuhan benda berat, terluka oleh mesin produksi, atau terpapar bahan kimia. <i>Safety officer</i> merupakan petugas profesional yang merencanakan, menerapkan, kontrol terhadap kegiatan yang ada dan menimbulkan risiko-risiko.
Selalu memakai ID <i>Card</i> selama bekerja.	Iya, karena merupakan sebuah identitas atau tanda pengenal di lingkungan kerja. Dimana lingkungan kerja adalah area terbatas untuk umum dan hanya boleh dimasuki oleh pekerja yang mempunyai identitas.
Semua pendatang baru harus melaporkan untuk memiliki ID <i>Card</i> .	Iya, sebagai pendataan untuk bagian umum dan SHE khususnya. Karena identitas tersebut sebagai tanggung jawab atas adanya personil yang baru dan harus mengikuti peraturan SHE yang berlaku.
Safety sign harus mudah dipahami	Iya Karena jika berupa tulisan terlalu lama untuk dipahami. Berupa tanda yang menarik dan gampang dilihat dari kejauhan.
Keaktifan <i>safety officer</i> dalam mengontrol pekerjaan.	Sangat diperlukan karena risiko yang tidak terdeteksi oleh pekerja biasa dapat diketahui oleh <i>safety officer</i> sehingga bisa dilakukan mitigasi dan kontrol terhadap risiko-risiko yang ada.
Tempat kerja yang tinggi harus dilengkapi dengan tangga yang cukup untuk dilewati orang atau alat yang dipakai, Jika perlu pada keadaan tertentu, untuk menghindari bahaya terhadap tenaga kerja:	Wajib dimana keselamatan dan keamanan pekerja adalah yang utama.
a. Diberi platform / pelataran dari kayu atau plat besi	Tergantung kondisi area yang penting penurunan sama dan kuat.
b. Pekerja menggunakan sabuk pengaman yang kuat	Wajib dan diikat ke pasak yang kuat untuk menahan beban berat badan pekerja.
Wilayah proyek pemisahan (lokasi pagar sementara), akses pekerja, dan jenis lain yang dibatasi.	Harus pagar untuk area kerja sehingga hanya orang yang berkepentingan dan mempunyai ID <i>card</i> diperbolehkan masuk.
Ketersediaan personel K3 dalam melakukan pendampingan bagi tamu yang berkunjung ke lokasi.	Harus sebagai tanggung jawab <i>safety officer</i> untuk menjaga keselamatan tamu terutama di lokasi. Sebelumnya sudah diberikan pengarahan <i>safety (toolbox meeting)</i> sebelum ke area kerja.
Terdapat <i>safety sign</i> / rambu / <i>police line</i> disekitar akses alat berat.	Sebagai penanda antisipasi agar sekitar bisa menjaga jarak aman
Stiker helm dan kondisi helm sesuai dengan aturan yang berlaku, tidak ada corat-coret dan tidak ada stiker <i>non standard</i> .	Melambungkan identitas
Hari minggu boleh mengenakan pakaian bebas rapi, ketika ke lapangan harus mengenakan <i>Band safety</i> .	Harus sesuai peraturan dan memakai seragam

Variabel	Respon Variabel
Tidak merokok, makan dan minum di seluruh wilayah <i>construction</i> , kecuali di tempat istirahat atau kantin.	Iya. Untuk merokok makan dan minum sesuai di tempat yang sudah disediakan
Mutu <i>dry mix</i> harus tetap terjamin.	Mutu harus tetap terjamin dengan melakukan pengambilan sampel <i>box panel</i> .
Adanya inspeksi peralatan (pra, berkala, Insidental).	Sebagai kontrol terhadap kelayakan alat yang digunakan.
Kelengkapan Alat Pelindung Diri (APD) wajib setiap personil yang terlibat di lapangan: <i>safety helmet, safety shoes, safety vest, safety hand gloves</i> .	Ini adalah hal yang wajib dan tidak ada toleransi
Area proyek bersih dari material-material sisa / tidak terpakai / berbahaya.	Harus selalu menjaga 5R ringkas rapi resik rawat rajin
Ketersediaan personel K3 dalam sebuah proyek paling tidak terdiri dari Ahli K3 Konstruksi, Supervisor K3 Konstruksi, dan Petugas K3 Konstruksi.	Benar. Ini adalah personil lengkap L3
Variabel Tunneling	
Kebutuhan Oksigen harus disediakan	Menyesuaikan kondisi. Dapat dilakukan pengukuran kadar oksigen terlebih dahulu sebelum diadakan.
Adanya <i>confined space</i> bilamana terjadi keadaan darurat.	Sebagai tempat akses dan tidak ada boleh yang kerja di area <i>confined space</i> tersebut.
Saluran drainase hujan <i>temporary</i> di <i>site</i> .	Sebagai pengarah air ketika terjadi hujan sehingga tidak terjadi genangan.
Akses alat berat harus bersih dari berbagai macam sisa material dan alat-alat yang tidak terpakai.	Semua alat-alat pekerjaan setelah dipakai harus dibersihkan dan menjadi awet. Sehingga kita juga tahu jika terdapat alat-alat yang perlu diperbaiki.
Adanya aktivitas untuk membersihkan area lokasi penggalian dari sisa material galian demi kelancaran mobilisasi.	Iya. Sebagai akses aman untuk pengangkutan material galian dan akses kerja juga.
Adanya ketersediaan untuk <i>supply</i> oksigen yang cukup untuk kebutuhan para pekerja (Udara masuk > Kebutuhan udara).	Wajib. Terutama di <i>Tunneling</i> sehingga perlu dilakukan pengukuran kadar oksigen di <i>Tunneling</i> tersebut. Dan perlu diberi <i>blower</i> sebagai <i>supply</i> oksigen dan tabung oksigen untuk menjaga personil yang kekurangan oksigen di area kerja
Adanya <i>monitoring</i> Gas.	Untuk mengetahui kadar polusi udara yang terjadi akibat pekerjaan yang dilakukan sehingga dapat dibuat antisipasi jika terjadi risiko-risiko.
Terdapat <i>loader</i> yang digunakan untuk memindahkan material.	Iya dan harus diberi <i>sign</i> sebagai keamanan tempat kerja dan dilakukan inspeksi alat dan operator sebelum digunakan dan harus memenuhi persyaratan layak kerja.
Terdapat <i>dump truck</i> yang digunakan untuk mengangkat material.	Iya dan harus diberi <i>sign</i> sebagai keamanan tempat kerja dan dilakukan inspeksi alat dan operator sebelum digunakan dan harus memenuhi persyaratan layak kerja.
Terdapat <i>emergency tools</i> yang disediakan di dalam <i>Tunneling</i> .	Wajib sebagai antisipasi jika terjadi keadaan bahaya.
Terdapat sarana pendukung yang memadai (<i>sump</i> , saluran listrik, hose air, hose udara, <i>channel</i> , ventilasi udara masuk, ventilasi udara keluar).	Harus disediakan jika hal tersebut sesuai perencanaan keamanan oleh SHE.

Variabel	Respon Variabel
Terdapat fasilitas elektrikal di dalam <i>Tunneling</i> seperti panel listrik, kabel, dll.	Fasilitas harus disediakan dengan material-material yang digunakan dalam spesifikasi aman.
Terdapat <i>tunnel</i> di dalam <i>Tunneling</i> yang digunakan dalam menyalurkan kebutuhan air selama kegiatan <i>shotcrete</i> dan kegiatan <i>rockbolt</i> (perendaman <i>cathridge sika rokon</i>).	Dibuatkan jalur untuk material tersebut dan tidak mengganggu akses pekerjaan juga.
Dilakukan pemasangan proteksi (<i>forepoling</i>) pada muka <i>Tunneling</i> (<i>Face tunnel</i>).	Sebagai pelindung saat penggalian ke arah depan sisi atas <i>Tunneling</i> sesuai dengan kondisi batuan yang ada.
Dilakukan pemasangan portal sementara (<i>temporary portal</i>) pada muka <i>Tunneling</i> .	Wajib untuk akses yang aman sebelum dilakukan penggalian <i>Tunneling</i> .
Tipe penggalian ataupun penyangga yang digunakan (<i>Rock Bolt, shotcrete, and steel sets</i>) harus disesuaikan terlebih dahulu sesuai dengan kelas massa batuan.	Iya. Hal tersebut untuk dapat mengetahui keamanan selamat dilakukan penggalian sebelum dilakukan pengecoran beton struktur.
Pada bagian <i>base plate steel rib</i> dilakukan perkuatan.	Dapat berupa pengangkuran.
<i>Wiremesh</i> harus dipasang apabila <i>steel rib support</i> telah selesai terinstal, dan posisi <i>wiremesh</i> harus berada diantara <i>steel rib</i> dan <i>primary shotcrete</i> .	Iya. Untuk menjadikan beban yang ada menjadi terbagi merata dan galian tertutupi oleh <i>shotcrete</i> .
Pengeboran lubang untuk <i>rock bolt</i> menggunakan <i>legdrill</i> dimana pada bagian ujungnya harus diberikan <i>face plate</i> dan <i>nut & washer</i> .	Agar peralatan tidak gampang rusak terutama dibagian mata bor. Dan membersihkan dari material-material pada saat <i>drill</i>
Dilakukan <i>pullout test</i> sesuai dengan tegangan ultimate pada desain.	Untuk mengetahui kekuatan yang dicapai apakah sudah sesuai dan aman.
Setelah dilakukan <i>pull-out test</i> , dilakukan pengecekan <i>displacement</i> pada <i>rockbolt</i> .	Untuk mengetahui pergerakan yang terjadi
Terdapat APAR di beberapa sudut lokasi proyek (mudah dijangkau).	Ya benar. Merupakan hal yang ada di kantor atau pun di site dimana lokasi tersebut potensi bahaya kebakaran atau pun hanya menimbulkan api.
Terdapat Sirine di lokasi (mudah dijangkau).	Sirine ditempatkan di lokasi mudah dijangkau. Sehingga jika terjadi kecelakaan agar dapat ditekan sebagai peringatan bahaya
Terdapat <i>emergency box</i> pada jarak yang mudah di gapai sepanjang <i>Tunneling</i> .	Diletakan pada jarak yang telah ditentukan.
Lampu penerangan harus disediakan.	Iya. Pada saat bekerja di dalam ruangan, ruang terbatas, dan malam hari, tempat-tempat tersebut harus dipasangkan lampu penerangan. Dan jumlah penerangan akan diukur standar penerangan saat bekerja.
Jenis dan pemasangan lampu tidak boleh mengganggu operasional, disesuaikan dengan sifat pencahayaan dan jangkauan / radius penyinarannya, luasnya lokasi pekerjaan.	Penerangan ditempatkan di lokasi dalam radius jangkauan dan tidak mengganggu pekerjaan
Adanya penerangan yang memadai.	Iya. Penerangan adalah wajib untuk pekerjaan yang di lokasi pada keadaan kutang cahaya.
Akses alat berat dan mobilisasi yang cukup selama melakukan penggalian dan penghantaran material di lokasi.	Rute mobilisasi di <i>setting</i> agar tidak terjadi kemacetan di lokasi
Terdapat excavator + <i>attachment breaker</i> yang digunakan untuk melakukan penggalian.	Penggalian menggunakan <i>tool excavator</i> sesuai fungsinya penggalian. Breaker digunakan

Variabel	Respon Variabel
	untuk keadaan kondisi batuan keras yang tidak sanggup oleh <i>bucket</i> .
Terdapat panel untuk <i>shotcrete</i> , pompa dan motor fan yang dapat dipindah-pindahkan.	Iya. Agar pada saat <i>shotcrete</i> tidak terlalu jauh mencapai <i>panel</i>
Untuk menentukan rencana kedalaman & perkuatan penggalian, harus dilakukan <i>marking survey & mapping</i> terlebih dahulu.	Hal ini merupakan awal sebelum dilakukan penggalian agar tidak terjadi kesalahan AS saat melakukan pekerjaan tersebut.
Proses <i>mucking</i> harus dilakukan secara paralel.	Jika luas lokasi memadai hal tersebut dapat dilakukan. Berbeda jika lokasi lumayan sempit dan tidak cukup ruang untuk manuver malah hal tersebut mengganggu.
Pemilihan dimensi alat berat disesuaikan dengan lebar <i>tunnel</i> terluar (<i>outher width</i>), lebar <i>wiremesh</i> , dan juga <i>steel rib</i> .	Benar. Agar manuver dari alat berat tersebut dapat bekerja dengan efektif dikarenakan ruang yang sempit.
<i>Steel Rib</i> dilakukan perkuatan menggunakan baja dan diinstal dengan jarak, 0,75 m as ke as.	Iya. Jarak tersebut berdasarkan perhitungan dan jarak maksimal sesuai dengan karakteristik jenis batuan di <i>Tunneling</i> .
<i>Joint Plate</i> pada <i>steel rib</i> harus dilakukan pengencangan dengan menggunakan baut, dan dilakukan pengecekan kelurusan sebelum dilakukan <i>grouting</i> pada angkur <i>base plate</i> .	Sebagai perkuatan penahan gaya tekanan samping pada kaki <i>steel rib</i>
Ketebalan <i>shotcrete</i> pada <i>Tunneling</i> disesuaikan dengan luas bukaan <i>Tunneling</i> .	Ketebalan <i>shotcrete</i> didapat berdasarkan beban yang terjadi pada jarak antar <i>steel rib</i> .

Tabel 5. 5 Respon variabel Narasumber 4

Variabel	Respon Variabel
Variabel Non-Tuneling	
Kode keamanan etik untuk <i>safety officer</i> yaitu Selalu memakai <i>Red safety custom</i> lengkap, tidak memakai celana jeans atau celana lainnya. Pakaian rapi, baju dimasukkan, mengenakan ikat pinggang, membawa <i>handboard</i> , HT, TOA, atau minimal Peluit.	Ya benar, kode etik seperti disebut di atas adalah suatu identitas dari <i>safety officer</i> dan menjadi cerminan bagi pekerja lainnya
Selalu memakai ID Card selama bekerja.	Wajib menggunakan ID card selama bekerja di area proyek, hanya personil yang menggunakan ID Card yang dapat memasuki area proyek.
Semua pendatang baru harus melaporkan untuk memiliki ID Card.	Benar, semua pendatang harus memiliki ID Card sebagai tanda sudah dilakukannya <i>safety induction</i> , dan agar mudah untuk ditelusur jika terjadi sesuatu.
Safety sign harus mudah dipahami	Benar, agar tidak menimbulkan multitafsir, sehingga rambu-rambu harus lugas, tegas dan mudah dimengerti oleh khalayak ramai
Keaktifan <i>safety officer</i> dalam mengontrol pekerjaan.	Keaktifan sangat diperlukan untuk <i>control</i> keselamatan dalam melakukan pekerjaan
Tempat kerja yang tinggi harus dilengkapi dengan tangga yang cukup untuk dilewati orang atau alat yang dipakai, Jika perlu pada keadaan tertentu, untuk menghindari bahaya terhadap tenaga kerja:	Pernyataan di atas benar, akses pekerja harus mengakomodir keselamatan untuk pekerja agar tidak terjadi kecelakaan akibat ketinggian.
a. Diberi <i>platform</i> / pelataran dari kayu atau plat besi	<i>Platform</i> harus kuat dan diperhitungkan untuk menahan beban tertentu

Variabel	Respon Variabel
b. Pekerja menggunakan sabuk pengaman yang kuat	Pekerja wajib menggunakan sabuk pengaman pada pekerjaan ketinggian
Wilayah proyek pemisahan (lokasi pagar sementara), akses pekerja, dan jenis lain yang dibatasi.	Wajib ada batas atau pemisah antara area proyek dan bukan area proyek guna keamanan, dan mengurangi jumlah orang yang masuk tanpa identifikasi.
Ketersediaan personel K3 dalam melakukan pendampingan bagi tamu yang berkunjung ke lokasi.	Wajib mendampingi tamu, sebagai bentuk pengawasan
Terdapat <i>safety sign</i> / rambu / <i>police line</i> disekitar akses alat berat.	Keberadaan rambu-rambu sangat penting sebagai <i>early warning</i> bagi pekerja, dan supaya tidak berada di area sekitar <i>swing</i> alat.
Stiker helm dan kondisi helm sesuai dengan aturan yang berlaku, tidak ada corat-coret dan tidak ada stiker <i>non standard</i> .	Sesuai dengan prosedur yang berlaku di perusahaan, dan sebagai identitas suatu perusahaan
Hari minggu boleh mengenakan pakaian bebas rapi, ketika ke lapangan harus mengenakan <i>Band safety</i> .	Ya benar, rompi safety yang berefektor wajib dipakai ketika memasuki area kerja
Tidak merokok, makan dan minum di seluruh wilayah <i>construction</i> , kecuali di tempat istirahat atau kantin.	Untuk meminimalisir terjadinya kebakaran
Mutu <i>dry mix</i> harus tetap terjamin.	Wajib melakukan monitoring atau <i>control quality</i> agar tidak terjadi pekerjaan <i>repair</i>
Adanya inspeksi peralatan (pra, berkala, Insidental).	Inspeksi berkala wajib dilakukan untuk memperlancar <i>progress</i> pekerjaan, sehingga terdeteksi lebih dini kerusakan yang timbul.
Kelengkapan Alat Pelindung Diri (APD) wajib setiap personil yang terlibat di lapangan: <i>safety helmet, safety shoes, safety vest, safety hand gloves</i> .	Sebagai salah satu pengendalian dari Keselamatan kerja
Area proyek bersih dari material-material sisa / tidak terpakai / berbahaya.	Agar tidak terjadi <i>near miss</i> ataupun kecelakaan, dan sebagai implementasi 5R di area kerja
Ketersedian personel K3 dalam sebuah proyek paling tidak terdiri dari Ahli K3 Konstruksi, Supervisor K3 Konstruksi, dan Petugas K3 Konstruksi.	Ya benar wajib ada personil di atas
Variabel Tuneling	
Kebutuhan Oksigen harus disediakan	Pada pekerjaan ruang tertutup oksigen sangat penting untuk mengantisipasi apabila ada kejadian sesak nafas bagi pekerja
Adanya <i>confined space</i> bilamana terjadi keadaan darurat.	Sebagai tempat pertolongan dan area penanganan pertama
Saluran drainase hujan <i>temporary</i> di <i>site</i> .	Wajib dibuat saluran drainase <i>temporary</i> , dikarenakan kondisi tanah proyek yang merupakan jenis lempung, sehingga akan membahayakan kestabilan tanah jika terlalu banyak menampung air.
Akses alat berat harus bersih dari berbagai macam sisa material dan alat-alat yang tidak terpakai.	Wajib bersih sebagai bentuk pengaplikasian 5R di area kerja
Adanya aktivitas untuk membersihkan area lokasi penggalian dari sisa material galian demi kelancaran mobilisasi.	Wajib bersih dari segala sisa material sebagai bentuk keharusan melaksanakan 5R di setiap pekerjaan

Variabel	Respon Variabel
Adanya ketersediaan untuk <i>supply</i> oksigen yang cukup untuk kebutuhan para pekerja (Udara masuk > Kebutuhan udara).	Wajib ada, sebagai salah satu syarat untuk pekerjaan di area terbatas, sangat berbahaya jika ada pekerja yang tidak mendapat suplai oksigen yang cukup.
Adanya <i>monitoring</i> Gas.	Wajib ada, untuk memonitoring kadar gas di dalam area kerja
Terdapat <i>loader</i> yang digunakan untuk memindahkan material.	Alat berat wajib ada untuk pekerjaan <i>Tunneling</i>
Terdapat <i>dump truck</i> yang digunakan untuk mengangkat material.	Angkutan wajib ada untuk memindahkan material bekas galian
Terdapat <i>emergency tools</i> yang disediakan di dalam <i>Tunneling</i> .	Wajib ada jika sewaktu waktu dibutuhkan dalam keadaan darurat
Terdapat sarana pendukung yang memadai (<i>sump</i> , saluran listrik, hose air, hose udara, <i>channel</i> , ventilasi udara masuk, ventilasi udara keluar).	Benar harus ada instalasi tersebut di atas sebagai salah satu syarat yang harus dilengkapi dalam pekerjaan <i>Tunneling</i>
Terdapat fasilitas elektrikal di dalam <i>Tunneling</i> seperti panel listrik, kabel, dll.	Kelistrikan di dalam <i>Tunneling</i> wajib ada.
Terdapat <i>tunnel</i> di dalam <i>Tunneling</i> yang digunakan dalam menyalurkan kebutuhan air selama kegiatan <i>shotcrete</i> dan kegiatan <i>rockbolt</i> (perendaman <i>cathridge sika rokon</i>).	Tidak wajib, karena <i>mixing</i> pasta <i>shotcrete</i> dilakukan di luar <i>Tunneling</i> , kecuali diameter <i>Tunneling</i> agak lebar sehingga mampu melakukan <i>mixing</i> di dalam <i>Tunneling</i>
Dilakukan pemasangan proteksi (<i>forepoling</i>) pada muka <i>Tunneling</i> (<i>Face tunnel</i>).	Wajib dilakukan agar tidak terjadi keruntuhan di mulut <i>Tunneling</i>
Dilakukan pemasangan portal sementara (<i>temporary portal</i>) pada muka <i>Tunneling</i> .	Untuk melindungi alat berat dari reruntuhan jika terjadi runtuh
Tipe penggalian ataupun penyangga yang digunakan (<i>Rock Bolt, shotcrete, and steel sets</i>) harus disesuaikan terlebih dahulu sesuai dengan kelas massa batuan.	Segala dimensi, spesifikasi teknis material harus disesuaikan dengan beban yang akan diterima sehingga saat dilakukan pemasangan tidak terjadi keruntuhan akibat beban berlebih
Pada bagian <i>base plate steel rib</i> dilakukan perkuatan.	Sebagai pengunci atau pondasi dudukan <i>steel support</i>
<i>Wiremesh</i> harus dipasang apabila <i>steel rib support</i> telah selesai terinstal, dan posisi <i>wiremesh</i> harus berada diantara <i>steel rib</i> dan <i>primary shotcrete</i> .	Sesuai dengan gambar teknis, dan sebagai pengikat antar <i>steel support</i>
Pengeboran lubang untuk <i>rock bolt</i> menggunakan <i>legdrill</i> dimana pada bagian ujungnya harus diberikan <i>face plate</i> dan <i>nut & washer</i> .	Ya benar metode pengerjaan <i>rockbolt</i> seperti disebut di atas
Dilakukan <i>pullout test</i> sesuai dengan tegangan ultimate pada desain.	Salah satu <i>control</i> apakah pekerjaan <i>soilnailling / rockbolt</i> sudah sesuai prosedur dan spesifikasi teknis yang berlaku
Setelah dilakukan <i>pull-out test</i> , dilakukan pengecekan <i>displacement</i> pada <i>rockbolt</i> .	Ya benar, untuk memastikan tidak ada pergerakan akibat kegiatan tes <i>pull out</i>
Terdapat APAR di beberapa sudut lokasi proyek (mudah dijangkau).	APAR wajib tersedia di lokasi kerja terutama di ruang terbatas, dengan radius masing-masing APAR 15 m2
Terdapat Sirine di lokasi (mudah dijangkau).	Wajib ada untuk memberikan tanda <i>emergency</i>
Terdapat <i>emergency box</i> pada jarak yang mudah di gapai sepanjang <i>Tunneling</i> .	Wajib ada untuk mengantisipasi keadaan darurat di <i>Tunneling</i>
Lampu penerangan harus disediakan.	<i>Tunneling</i> harus terang dan lampu yang disediakan harus sesuai dengan syarat yang ada
Jenis dan pemasangan lampu tidak boleh mengganggu operasional, disesuaikan dengan	Benar sesuai dengan prosedur yang ada dan dilakukan pengetesan cahaya

Variabel	Respon Variabel
sifat pencahayaan dan jangkauan / radius penyinarannya, luasnya lokasi pekerjaan.	
Adanya penerangan yang memadai.	Wajib ada dan guna memperlancar kegiatan produksi di lapangan sehingga tidak terjadi bahaya
Akses alat berat dan mobilisasi yang cukup selama melakukan penggalian dan pengantaran material di lokasi.	Lalu lintas di dalam <i>Tunneling</i> harus diatur sedemikian rupa agar lancar
Terdapat excavator + <i>attachment breaker</i> yang digunakan untuk melakukan penggalian.	Suatu peralatan wajib yang harus ada
Terdapat panel untuk <i>shotcrete</i> , pompa dan motor fan yang dapat dipindah-pindahkan.	Demi kelancaran produksi, maka peralatan <i>shotcrete</i> harus yang mudah dipindahkan karena pekerjaan <i>Tunneling</i> sangat panjang
Untuk menentukan rencana kedalaman & kekuatan penggalian, harus dilakukan <i>marking survey & mapping</i> terlebih dahulu.	Survey sangat diperlukan untuk menentukan titik koordinat sesuai gambar agar tidak ada kelebihan dalam proses penggalian atau terjadi kesalahan koordinat saat menggali
Proses <i>mucking</i> harus dilakukan secara paralel.	Untuk mempercepat proses produksi maka proses <i>mucking</i> harus dilakukan paralel
Pemilihan dimensi alat berat disesuaikan dengan lebar <i>tunnel</i> terluar (<i>outher width</i>), lebar <i>wiremesh</i> , dan juga <i>steel rib</i> .	Benar, lebar <i>Tunneling</i> sangat berpengaruh pada pemilihan dimensi alat berat, agar mudah melakukan pergerakan
<i>Steel Rib</i> dilakukan perkuatan menggunakan baja dan diinstal dengan jarak, 0,75 m as ke as.	Jarak <i>steel rib</i> di pasang sesuai dengan kondisi tanah, dan gambar rencana
<i>Joint Plate</i> pada <i>steel rib</i> harus dilakukan pengencangan dengan menggunakan baut, dan dilakukan pengecekan kelurusan sebelum dilakukan <i>grouting</i> pada angkur <i>base plate</i> .	Agar tidak terjadi pergeseran <i>steel rib</i> agar tidak terjadi keruntuhan
Ketebalan <i>shotcrete</i> pada <i>Tunneling</i> disesuaikan dengan luas bukaan <i>Tunneling</i> .	Tebal <i>shotcrete</i> disesuaikan dengan spesifikasi teknis dan gambar

Tabel 5. 6 Respon variabel Narasumber 5

Variabel	Respon Variabel
Variabel Non-Tunneling	
Kode keamanan etik untuk <i>safety officer</i> yaitu Selalu memakai <i>Red safety custom</i> lengkap, tidak memakai celana jeans atau celana lainnya. Pakaian rapi, baju dimasukkan, mengenakan ikat pinggang, membawa <i>handboard</i> , HT, TOA, atau minimal Peluit.	Valid, Karena memakai atribut lengkap akan sangat mudah untuk dikenali bahwa mereka adalah <i>safety officer</i> , peralatan seperti peluit pun sangat diperlukan untuk bisa memberi tahu atau larangan
Selalu memakai ID <i>Card</i> selama bekerja.	Valid karena memakai ID <i>card</i> bukan cuman sebagai tanda pengenal tetapi juga mudah menganalisa dan membawa nama perusahaan ketika bertemu klien di luar.
Semua pendatang baru harus melaporkan untuk memiliki ID <i>Card</i> .	Valid, sebagai tanda bahwa orang tersebut tergabung dalam perusahaan dan mudah mengenali jabatan dan juga <i>job desk</i> yang diemban.
Safety sign harus mudah dipahami	Valid. Harus mudah dipahami karena <i>safety sign</i> merupakan peringatan bahaya pada lokasi-lokasi yang rawan akan bahaya, jikalau sign sangat ribet atau rumit maka pembaca akan salah mengartikan.

Variabel	Respon Variabel
Keaktifan <i>safety officer</i> dalam mengontrol pekerjaan.	Mendekati Valid. karena tugas <i>safety officer</i> adalah mengontrol keadaan lokasi pekerjaan dan juga aktifitas yang berlangsung, ketika ada kejanggalan atau kegiatan yang kurang sesuai dengan kaidah <i>safety</i> maka harus ditegur atau diberi sanksi jika terlalu parah, tapi bukan cuman tugas <i>safety officer</i> semua karyawan perusahaan juga berhak melaporkan apapun pekerjaan yang kurang aman atau tidak <i>safety</i> .
Tempat kerja yang tinggi harus dilengkapi dengan tangga yang cukup untuk dilewati orang atau alat yang dipakai, Jika perlu pada keadaan tertentu, untuk menghindari bahaya terhadap tenaga kerja:	Valid, karena tempat kerja yang tinggi harus ada medan buat kaki menapak dan juga pegangan yang erat saat berada di ketinggian. karena jika berada di ketinggian angin relatif kencang sehingga diperlukannya tangga sebagai penopang.
a. Diberi <i>platform</i> / pelataran dari kayu atau plat besi	Valid, pemberian <i>platform</i> sangat diperlukan dikarenakan setiap pekerjaan yang berada di ketinggian khususnya butuh tempat untung akses dan juga ruang gerak, apabila tidak adanya plat besi maka gerak akan terbatas, lebih parahnya kalau ruang gerak terbatas kemudian dipaksa maka bisa terjadi kecelakaan pekerjaan
b. Pekerja menggunakan sabuk pengaman yang kuat	Valid, para pekerja wajib menggunakan sabuk pengaman karena sebagai pengaman badan ketika berada di ketinggian, tetapi sabuk harus dikaitkan ke tempat yang kokoh, misal besi yang ditancapkan, pengaitan ini dibutuhkan ketika pekerja terpeleset disaat bekerja di ketinggian maka tali atau sabuk yang sudah dikaitkan bisa menahan badan agar tidak terjatuh
Wilayah proyek pemisahan (lokasi pagar sementara), akses pekerja, dan jenis lain yang dibatasi.	Valid, pagar pemisah digunakan untuk membatasi atau pemisah antara <i>green zone</i> dan area produksi, untuk <i>green zone</i> tidak diwajibkan memakai helm jadi kewaspadaan akan <i>safety</i> berkurang, dan fungsi pagar pada proyek konstruksi bermaksud untuk masyarakat luas tidak sembarangan atau masuk ke dalam area proyek, menghindari adanya korban
Ketersediaan personel K3 dalam melakukan pendampingan bagi tamu yang berkunjung ke lokasi.	Valid, bertujuan untuk mengawal dan memperingatkan apabila ada tindakan atau perbuatan yang tidak <i>safety</i> , kemudian mengingatkan untuk selalu memakai APD
Terdapat <i>safety sign</i> / rambu / <i>police line</i> disekitar akses alat berat.	Valid, dikarenakan <i>safety sign</i> bertujuan untuk memberitahu keadaan di lokasi tersebut misal ada tanda awas longsor, berarti di daerah tersebut tanah kondisinya tidak stabil dan lempung, maka dari itu <i>safety sign</i> sangat diperlukan di lokasi yang memang perlu pengawasan tersendiri.
Stiker helm dan kondisi helm sesuai dengan aturan yang berlaku, tidak ada corat-coret dan tidak ada stiker <i>non standard</i> .	Valid, dikarenakan helm harus terjaga dan sesuai dengan SNI ketika pekerja memakai helm yang <i>non standard</i> maka tidak ada penahannya di dalam apabila terkena benda

Variabel	Respon Variabel
	keras helm tidak akan memantul dan bisa langsung mengenai bagian kepala si pekerja.
Hari minggu boleh mengenakan pakaian bebas rapi, ketika ke lapangan harus mengenakan <i>Band safety</i> .	Untuk pakaian bebas rapi tidak apa - apa, yang paling penting penggunaan APD harus terjaga seperti helm, rompi dan sepatu <i>safety</i> karena itu merupakan salah satu pengendalian risiko pekerjaan.
Tidak merokok, makan dan minum di seluruh wilayah <i>construction</i> , kecuali di tempat istirahat atau kantin.	Untuk merokok ada tempat tersendiri untuk dilakukan seperti pada <i>rest area</i> pekerja atau <i>shelter</i> , dan ketika selesai merokok jangan membuang puntung sembarangan karena bahaya apabila tersulut oleh minyak dan segala macam gas yang mudah menyulut api, untuk minum bisa dilakukan dimanapun karena kebutuhan cairan tubuh harus dipenuhi sehingga tidak gagal fokus saat bekerja. untuk makan berat bisa di <i>rest</i> pekerja atau <i>shelter</i> .
Mutu <i>dry mix</i> harus tetap terjamin.	Mutu <i>dry mix</i> harus terjamin apabila tidak maka <i>shotcrete</i> akan cepat retak atau tidak bisa menempel pada wiremesh yang telah dipasangan karena terlalu wet, dan waktu untuk mengeras terbilang lama.
Adanya inspeksi peralatan (pra, berkala, Insidental).	inspeksi peralatan bertujuan untuk mengetahui peralatan atau alat berat masih layak digunakan atau tidak, misal ada sesuatu atau <i>parts</i> yang eror cepat mengetahuinya dan keadaan bahaya bisa dihindari atau <i>unsafe condition</i> .
Kelengkapan Alat Pelindung Diri (APD) wajib setiap personil yang terlibat di lapangan: <i>safety helmet, safety shoes, safety vest, safety hand gloves</i> .	Wajib semua APD karena semua mempunyai fungsi dan perlindungan diri pada setiap bagian tubuh, seperti <i>safety helmet</i> untuk melindungi diri dari benturan dan barang-barang yang terjatuh, <i>safety shoes</i> untuk melindungi kaki ketika berjalan di area proyek seperti tertusuk paku atau besi, <i>safety vest</i> untuk membuat pekerja mudah dikenali di area gelap karena <i>vest</i> memiliki fosfor yang berkilau ketika terkena cahaya, <i>hand gloves</i> berfungsi melindungi tangan ketika memegang barang apapun, ada tambahan <i>safety glases</i> ketika kita berhadapan dengan pekerjaan yang mengakibatkan percikan api seperti gerinda dan mesin las, kemudian ada air plug untuk melindungi telinga
Area proyek bersih dari material-material sisa / tidak terpakai / berbahaya.	Area proyek harus bersih dari material sisa sesuai dengan anjuran 5R, apabila berserakan akan mengakibatkan kotor dan bisa jadi terinjak atau mengakibatkan polusi seperti sisa-sisa besi atau bungkus semen, ketika dibiarkan berserakan akan mengakibatkan sisa semen berhambur dan bungkusnya bisa terbang ke segala penjuru.
Ketersediaan personel K3 dalam sebuah proyek paling tidak terdiri dari Ahli K3 Konstruksi, Supervisor K3 Konstruksi, dan Petugas K3 Konstruksi.	Harus lengkap karena petugas k3 harus <i>standby</i> di setiap tempat produksi dan juga melakukan inspeksi harian di lapangan guna memantau keadaan atau inspeksi alat berat.
Variabel Tuneling	

Variabel	Respon Variabel
Kebutuhan Oksigen harus disediakan	Valid, oksigen atau tabung oksigen sangat perlu untuk diadakan atau dilengkapi, diperuntukan apabila ada kegiatan darurat yang membutuhkan oksigen seperti pasien sesak nafas atau berada di area yang minim oksigen atau oksigen terbatas seperti <i>Tunneling</i> .
Adanya <i>confined space</i> bilamana terjadi keadaan darurat.	<i>confined space</i> sangat perlu jika terjadi keadaan darurat yang terjadi dikarenakan tanah longsor atau area kerja sedang tertutup atau tertimbun, maka <i>confined space</i> sangat bisa diandalkan untuk melakukan evakuasi untuk pekerja yang terjebak di dalam
Saluran drainase hujan temporary di <i>site</i> .	Saluran drainase bertujuan untuk mengalirkan air hujan ke dalam sungai atau drainase yang sudah disiapkan atau dirancang, sehingga tidak merusak ke area pekerjaan seperti contoh membuat rongga-rongga pada slof galian, yang mengakibatkan rawan longsor
Akses alat berat harus bersih dari berbagai macam sisa material dan alat-alat yang tidak terpakai.	Valid, akses harus bersih dari berbagai macam material, apabila ada material lepas bisa membahayakan bagi pengemudi dump truck dan juga alat berat lainnya, apabila tanah atau medan jalan tidak dirapikan bisa jadi saat alat berat menopang bisa longsor dan menyebabkan insiden.
Adanya aktivitas untuk membersihkan area lokasi penggalian dari sisa material galian demi kelancaran mobilisasi.	aktivitas pembersihan sangat diperlukan bertujuan untuk menjaga alur atau akses kendaraan tidak tertutup atau mengalami gerusan akibat pekerjaan galian, ketika mobilisasi lancar maka progress pengerjaan galian tanah pun semakin cepat diselesaikan
Adanya ketersediaan untuk <i>supply</i> oksigen yang cukup untuk kebutuhan para pekerja (Udara masuk > Kebutuhan udara).	Ketersediaan oksigen harus dipenuhi dengan cara memasang <i>exhaust</i> sebagai penyalur udara segera untuk para pekerja yang sedang bekerja di tempat yang minim oksigen atau tempat tertutup.
Adanya <i>monitoring</i> Gas.	Monitoring gas diperlukan untuk mengetahui adanya kadar gas yang berada pada lokasi tersebut, biasanya digunakan untuk mendeteksi gas yang berada di ruang terbatas misal <i>Tunneling</i> harus dianalisa tekanan gas yang terkandung di daerah tersebut apakah ada gas yang membahayakan untuk dihirup atau tidak, lebih buruknya lagi apakah ada gas yang mudah tersulut percikan api
Terdapat <i>loader</i> yang digunakan untuk memindahkan material.	Loader diperlukan untuk mengangkut sisa material yang sudah selesai digunakan bisa juga mengangkut hasil dari galian, sisa-sisa material yang sudah dipakai biasanya diangkut agar tidak menghalangi pekerjaan dan akses dari pekerja maupun alat berat lain.
Terdapat <i>dump truck</i> yang digunakan untuk mengangkat material.	Dump truck digunakan untuk mengangkut material dari lokasi konstruksi untuk diangkat ke disposal maupun tempat penampungan lain, sehingga tidak menumpuk di lokasi pekerjaan dan berserakan, kondisi itu dapat menghambat

Variabel	Respon Variabel
	proses produksi dan juga jalan akses bagi alat-alat lainnya.
Terdapat <i>emergency tools</i> yang disediakan di dalam <i>Tunneling</i> .	<i>emergency tools</i> sangat penting untuk berada pada <i>emergency box</i> , hal ini bertujuan untukantisipasi jikalau ada keadaan darurat yang tidak bisa ditangani dan diperlukan alat-alat khusus maka semua sudah ada pada <i>emergency box</i> yang disiapkan sebelumnya.
Terdapat sarana pendukung yang memadai (<i>sump</i> , saluran listrik, hose air, hose udara, <i>channel</i> , ventilasi udara masuk, ventilasi udara keluar).	Sarana ini bertujuan untuk membantu atau <i>support</i> semua kebutuhan yang ada pada area produksi, contoh misal ventilasi perlu untuk menyuplai udara segar dan membuang udara kotor yang ada pada area konstruksi atau produksi, sehingga para pekerja pun merasa mudah bernafas dan lebih <i>safety</i>
Terdapat fasilitas elektrikal di dalam <i>Tunneling</i> seperti panel listrik, kabel, dll.	Fasilitas elektrikal merupakan bagian pendukung untuk membantu proses produksi lancar dengan adanya listrik dan panelnya maka <i>exhause</i> dan lampu penerangan pun bisa menyala, karena lampu sangat krusial untuk melihat pekerjaan di dalam <i>Tunneling</i> karena keterbatasannya ruang dan juga cahaya.
Terdapat <i>tunnel</i> di dalam <i>Tunneling</i> yang digunakan dalam menyalurkan kebutuhan air selama kegiatan <i>shotcrete</i> dan kegiatan <i>rockbolt</i> (perendaman <i>cathridge sika rokon</i>).	Air digunakan untuk pencampuran adonan <i>shotcrete</i> dan juga untuk pembersihan lubang setelah dilakukannya <i>rock bolt</i> .
Dilakukan pemasangan proteksi (<i>forepoling</i>) pada muka <i>Tunneling</i> (<i>Face tunnel</i>).	dilakukannya <i>forepoling</i> untuk mencegah longsor pada mulut <i>tunnel</i> , besi pada <i>forepoling</i> bertujuan untuk menahan tanah atau mengikat tanah sehingga tanah tidak turun saat terjadi proses penggalian, apabila sampai longsor maka mulut <i>tunnel</i> akan tertutup sehingga pekerja tidak dapat keluar terjadilah insiden
Dilakukan pemasangan portal sementara (<i>temporary portal</i>) pada muka <i>Tunneling</i> .	Portal dilakukan sebagai <i>support</i> sebelum melakukan penggalian, pada awal sebelum memulai penggalian maka portal harus didirikan terlebih dahulu dengan <i>steel support</i> dan juga <i>shotcrete</i> kemudian diberi <i>sandbag</i> sebagai pemberat, kemudian baru dimulai investigasi batuan sehingga dapat ditentukan metode penggalian
Tipe penggalian ataupun penyangga yang digunakan (<i>Rock Bolt, shotcrete, and steel sets</i>) harus disesuaikan terlebih dahulu sesuai dengan kelas massa batuan.	Tipe atau penyangga harus disesuaikan dengan jenis tanah terlebih dahulu, apabila tanah bersifat bebatuan atau padat, maka harus dilakukan <i>rock bolt</i> untuk mengikat bebatuan agar tidak jatuh, untuk <i>shotcrete</i> dilakukan sebagai <i>safety</i> ketika dilakukannya penggalian agar menahan tanah.
Pada bagian <i>base plate steel rib</i> dilakukan perkuatan.	dilakukan <i>chemical grouting</i> agar kaki <i>steel rib</i> terikan pada tanah dan kuat jadi ketika ada guncangan tidak mudah goyang.
<i>Wiremesh</i> harus dipasang apabila <i>steel rib</i> support telah selesai terinstal, dan posisi <i>wiremesh</i> harus berada diantara <i>steel rib</i> dan <i>promary shotcrete</i> .	<i>wiremesh</i> dipasang pada <i>primary shotcrete</i> atau <i>safety shotcrete</i> untuk penahan pertama pada tanah apabila terlepas

Variabel	Respon Variabel
Pengeboran lubang untuk <i>rock bolt</i> menggunakan <i>legdrill</i> dimana pada bagian ujungnya harus diberikan <i>face plate</i> dan <i>nut & washer</i> .	Digunakannya <i>leg drill</i> agar mudah dan tidak memakan tempat, sehingga lebih mudah untuk memasang <i>rock bolt</i> pada diameter dan posisi dengan derajat yang ekstrem.
Dilakukan <i>pullout test</i> sesuai dengan tegangan ultimate pada desain.	<i>pull out</i> dilakukan dengan tegangan maksimum bertujuan untuk mengetahui apakah hasil <i>grouting</i> benar-benar kuat dengan tarikan yang disebabkan oleh tanah.
Setelah dilakukan <i>pull-out test</i> , dilakukan pengecekan <i>displacement</i> pada <i>rockbolt</i> .	untuk mengetahui apakah besi berpindah tempat dengan tidak normal atau masih dengan jarak yang diijinkan, ketika <i>displacement</i> terlalu parah maka akan di <i>reject</i> dan dilakukan kembali dikarenakan penekanan pada tanah kurang bagus.
Terdapat APAR di beberapa sudut lokasi proyek (mudah dijangkau).	APAR harus ada di setiap sudut ruangan, karena kita tidak tahu kapan terjadi kebakaran dan dimana, jadi setiap ruangan wajib ada 1 APAR untuk dijadikan penjagaan atau pencegahan saat terjadi kebakaran dan harus dicek secara berkala.
Terdapat Sirine di lokasi (mudah dijangkau).	Sirine kebakaran harus ada di setiap kantor dan diletakkan di ruang tengah agar setiap orang mengetahui dan siap untuk menekan ketika terjadi keadaan darurat.
Terdapat <i>emergency box</i> pada jarak yang mudah di gapai sepanjang <i>Tunneling</i> .	<i>Emergency box</i> harus dipasang setidaknya 15 meter dari tempat penggalian yang berlangsung, sehingga mudah untuk menggapainya ketika terjadi hal yang tidak diinginkan
Lampu penerangan harus disediakan.	Lampu Penerangan sangat penting karena membantu pekerja saat lembur dimalam hari, ketika minim cahaya maka kemungkinan terjadinya insiden semakin besar karena minimnya jarak pandang dan kejelasan <i>object</i> .
Jenis dan pemasangan lampu tidak boleh mengganggu operasional, disesuaikan dengan sifat pencahayaan dan jangkauan / radius penyinarannya, luasnya lokasi pekerjaan.	Jenis lampu disesuaikan dengan pekerjaan yang akan dilakukan penerangan, ketika penerangan bertujuan untuk menerangi galian atau alat berat maka radiusnya harus yang jauh dan terang, tapi ketika untuk memasang kabel atau di dalam <i>Tunneling</i> cukup lampu yang bisa menerangi saja tidak perlu radius jauh dikarenakan akan silau dan juga menjadi panas di area <i>Tunneling</i> .
Adanya penerangan yang memadai.	Penerangan memadai sangat berdampak untuk kelancaran produksi dan ketepatan target waktu, karena kalau cuman pagi saja maka tidak akan terkejar waktu produksi maka harus dilakukan 2 <i>shift</i> pekerjaan dan untuk <i>shift</i> malam harus dibantu penerangan yang cukup agar pekerjaan menjadi lancar.
Akses alat berat dan mobilisasi yang cukup selama melakukan penggalian dan pengantaran material di lokasi.	Akses harus disediakan dengan menghitung berapa banyak DT yang akan berjalan dan juga hasil galian yang akan diangkut dalam sehari, maka jalan harus dilebarkan agar DT tidak ada macet dan menumpuk sehingga proses pemindahan menjadi terganggu, dan akses alat

Variabel	Respon Variabel
	berat menjadi susah karena ruang gerak yang tertutup oleh DT karena jalan akses yang sempit.
Terdapat excavator + <i>attachment breaker</i> yang digunakan untuk melakukan penggalian.	Excavator digunakan untuk menggali pada bagian tanah yang gembur atau <i>clay</i> sehingga mudah untuk menggali, dan <i>breaker</i> digunakan apabila sudah menemukan bebatuan pada penggalian <i>Tunneling</i> . Apabila excavator tidak bisa menggali karena batu bolder terlalu besar maka harus dilakukan <i>blasting</i>
Terdapat panel untuk <i>shotcrete</i> , pompa dan motor fan yang dapat dipindah-pindahkan.	<i>Panel</i> harus disediakan karena <i>shotcrete</i> semakin lama semakin maju dan juga pompa harus diperkuat tekanannya, karena semakin masuk semakin jauh jaraknya, hal ini bergantung pada kekuatan pompa dan harus mudah dipindahkan karena mempermudah pengerjaan.
Untuk menentukan rencana kedalaman & kekuatan penggalian, harus dilakukan <i>marking survey & mapping</i> terlebih dahulu.	Untuk menentukan kedalaman penggalian dan juga kekuatan biasanya dilakukan <i>mapping</i> dengan geologi dan juga surveyor, tentang jenis tanah yang akan digali apakah berbatu yang harus diberikan <i>rock bolt</i> , atau hanya <i>clay</i> yang harus diperkuat dengan adanya <i>shotcrete</i> , kemudian interval penggalian apakah tanah itu sehari bisa digali dalam atau tidak karena mengkhawatirkan tanah longsor sebelum dilakukannya <i>safety shotcrete</i> terlebih dahulu
Proses <i>mucking</i> harus dilakukan secara paralel.	Proses <i>mucking</i> dilakukan secara paralel dikarenakan di dalam <i>breaker</i> atau excavator tidak bisa langsung <i>swing</i> atau menaruh hasil galian ke dalam DT maka harus diadakannya loader untuk menggeser hasil galian kemudian didorong keluar <i>Tunneling</i> baru diangkat menuju DT kemudian diangkut ke disposal area, excavator tidak bisa langsung <i>swing mucking</i> ke DT dikarenakan akses yang terlalu sempit dan bahaya menyanggol <i>steel rib</i> yang sudah terpasang.
Pemilihan dimensi alat berat disesuaikan dengan lebar <i>tunnel</i> terluar (<i>outher width</i>), lebar <i>wiremesh</i> , dan juga <i>steel rib</i> .	Pemilihan alat berat harus sesuai dengan dimensi <i>Tunneling</i> dikarenakan di dalam <i>Tunneling</i> kan terjadi lalu lintas yang padat, dan juga ruang terbatas maka pemilihan ukuran alat berat pun harus disesuaikan sehingga <i>breaker</i> excavator dan juga DT kemudian loader bisa masuk ke dalam <i>Tunneling</i> agar memudahkan pengerjaan penggalian, ketika alat berat dipaksa dengan ukuran yang tidak sesuai maka bahaya akan menggeser <i>steel rib</i> atau <i>wiremesh</i> yang sudah terpasang
<i>Steel Rib</i> dilakukan perkuatan menggunakan baja dan diinstal dengan jarak, 0,75 m as ke as.	Dilakukannya perkuatan dengan separator untuk membantu kekuatan <i>steel rib</i> untuk menahan beban tanah dan memastikan kelurusan pada pemasangan <i>steel rib</i>
<i>Joint Plate</i> pada <i>steel rib</i> harus dilakukan pengencangan dengan menggunakan baut, dan	Dilakukan pengecekan baut karena ketika tidak terpasang dengan baik kemungkinan dapat

Variabel	Respon Variabel
dilakukan pengecekan kelurusan sebelum dilakukan <i>grouting</i> pada angkur <i>base plate</i> .	terjadi pergeseran apabila terkena getaran dari alat berat saat proses penggalian dan <i>mucking</i>
Ketebalan <i>shotcrete</i> pada <i>Tunneling</i> disesuaikan dengan luas bukaan <i>Tunneling</i> .	valid karena semakin luas bukaan <i>Tunneling</i> semakin tebal <i>shotcrete</i> dan semakin banyak pula beban yang harus ditahan untuk <i>shotcrete primary</i> dan juga <i>secondary</i> .

Tabel 5. 7 Respon variabel Narasumber 6

Variabel	Respon Variabel
Variabel Non-Tunneling	
Kode keamanan etik untuk <i>safety officer</i> yaitu Selalu memakai <i>Red safety custom</i> lengkap, tidak memakai celana jeans atau celana lainnya. Pakaian rapi, baju dimasukkan, mengenakan ikat pinggang, membawa <i>handboard</i> , HT, TOA, atau minimal Peluit.	Valid. <i>Safety officer</i> dalam bertugas wajib mematuhi kode etik keamanan agar dapat bekerja dengan optimal.
Selalu memakai ID Card selama bekerja.	Valid. ID Card merupakan sebuah tools yang dapat memberikan informasi identitas bagi penggunaannya. Penggunaan ID Card pada saat berada di lokasi kerja wajib dilakukan.
Semua pendatang baru harus melaporkan untuk memiliki ID Card.	Valid. Semua visitor harus menukarkan KTP-nya untuk mendapatkan ID Card pada lokasi kerja.
<i>Safety sign</i> harus mudah dipahami	Valid. <i>Safety sign</i> merupakan sebuah tools untuk memberi tahu tanda bahaya bagi seluruh pekerja di lokasi pekerjaan. Untuk itu <i>safety sign</i> harus mudah dipahami agar pesan yang ingin disampaikan oleh sign tersebut dapat dimengerti oleh seluruh pekerja dan pendatang yang baru mendatangi lokasi proyek.
Keaktifan <i>safety officer</i> dalam mengontrol pekerjaan.	Valid. Diperlukan keaktifan <i>safety officer</i> pada setiap proses pelaksanaan pekerjaan. Hal ini untuk selalu menjaga visi proyek <i>zero accident</i> . Dengan kehadiran <i>safety officer</i> pada proses pekerjaan, diharapkan dapat meminimalisir <i>accident-accident</i> yang kemungkinan dapat terjadi.
Tempat kerja yang tinggi harus dilengkapi dengan tangga yang cukup untuk dilewati orang atau alat yang dipakai, Jika perlu pada keadaan tertentu, untuk menghindari bahaya terhadap tenaga kerja:	Valid. Bekerja di ketinggian merupakan salah satu proses pekerjaan dengan tingkat risiko yang tinggi. Untuk itu penggunaan tangga atau alat yang dipakai juga harus menggunakan yang memiliki standar yang benar untuk meminimalisir <i>accident</i> yang mungkin terjadi.
a. Diberi <i>platform</i> / pelataran dari kayu atau plat besi	Valid.
b. Pekerja menggunakan sabuk pengaman yang kuat	Valid.
Wilayah proyek pemisahan (lokasi pagar sementara), akses pekerja, dan jenis lain yang dibatasi.	Valid. Pembatasan dan pemisahan lokasi kerja dengan akses pekerja dan peralatan-peralatan lain sangat diperlukan pada lokasi pekerjaan.
Ketersediaan personel K3 dalam melakukan pendampingan bagi tamu yang berkunjung ke lokasi.	Valid. Pendampingan personel K3 bagi tamu tidak hanya diberikan pada <i>safety</i> induksi di awal kedatangan tamu. Pendampingan personel K3 juga diperlukan pada kunjungan terhadap lokasi kerja.

Variabel	Respon Variabel
Terdapat <i>safety sign</i> / rambu / <i>police line</i> disekitar akses alat berat.	Mendekati valid. Pemberian rambu diperlukan untuk memberikan informasi kepada pekerja atau pendatang pada lokasi kerja, namun <i>police line</i> hanya diberikan pada saat tertentu.
Stiker helm dan kondisi helm sesuai dengan aturan yang berlaku, tidak ada corat-coret dan tidak ada stiker <i>non standard</i> .	Valid. Terdapat Logo Perusahaan, Logo K3, serta nama atau jabatan bila diperlukan.
Hari minggu boleh mengenakan pakaian bebas rapi, ketika ke lapangan harus mengenakan <i>Band safety</i> .	Valid. Mengenakan pakaian bebas rapi (tanpa seragam), tetapi wajib pakai APD sesuai area kerja.
Tidak merokok, makan dan minum di seluruh wilayah <i>construction</i> , kecuali di tempat istirahat atau kantin.	Valid. Terdapat area kerja yang tidak diperbolehkan untuk merokok, makan dan minum.
Mutu <i>dry mix</i> harus tetap terjamin.	Valid. Selalu dilakukan pengambilan sampel uji dari setiap <i>car mix</i> yang ada.
Adanya inspeksi peralatan (pra, berkala, Insidental).	Valid. Inspeksi peralatan wajib diinspeksi secara periodik, sebelum digunakan, dan secara insidental untuk meminimalisir terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan.
Kelengkapan Alat Pelindung Diri (APD) wajib setiap personil yang terlibat di lapangan : <i>safety helmet, safety shoes, safety vest, safety hand gloves</i> .	Valid. Kelengkapan Alat Pelindung Diri (APD) tambahan untuk area kerja khusus.
Area proyek bersih dari material-material sisa / tidak terpakai / berbahaya.	Valid. Material sisa / tidak terpakai / berbahaya disediakan tempat penyimpanan.
Ketersediaan personel K3 dalam sebuah proyek paling tidak terdiri dari Ahli K3 Konstruksi, Supervisor K3 Konstruksi, dan Petugas K3 Konstruksi.	Valid. Terdapat juga Perawat K3 di Lokasi Proyek
Variabel Tuneling	
Kebutuhan Oksigen harus disediakan	Valid. Dalam bekerja pada <i>confined space</i> , harus selalu dilakukan <i>monitoring</i> kadar oksigen pada lokasi tersebut.
Adanya <i>confined space</i> bilamana terjadi keadaan darurat.	Mendekati valid.
Saluran drainase hujan <i>temporary</i> di <i>site</i> .	Valid. Saluran drainase <i>temporary</i> wajib diberikan di setiap lokasi pekerjaan untuk mengantisipasi kerugian-kerugian yang dapat terjadi pada saat musim penghujan.
Akses alat berat harus bersih dari berbagai macam sisa material dan alat-alat yang tidak terpakai.	Valid. Menjaga 5R pada lokasi kerja wajib dilaksanakan.
Adanya aktivitas untuk membersihkan area lokasi penggalian dari sisa material galian demi kelancaran mobilisasi.	Valid. Kelancaran mobilisasi dapat meningkatkan tingkat produktivitas pekerjaan. Untuk itu kebersihan area lokasi dari hasil galian sangat penting untuk dilakukan. Selain itu pada lokasi pekerjaan <i>confined space</i> diperlukan kebersihan area lokasi kerja untuk apabila terjadi kejadian darurat sehingga tidak menghambat proses evakuasi.
Adanya ketersediaan untuk <i>supply</i> oksigen yang cukup untuk kebutuhan para pekerja (Udara masuk > Kebutuhan udara).	Valid. Pasokan udara harus lebih besar dari kebutuhan udara pada lokasi kerja <i>confined space</i> .
Adanya <i>monitoring</i> Gas.	Valid. Pada <i>confined space</i> , perputaran udara masuk dan keluar sangat susah untuk itu diperlukan bantuan blower dan <i>exhaust</i> udara.

Variabel	Respon Variabel
	Untuk itu selalu diperlukan monitoring gas untuk menghindari polusi berlebih pada <i>confined space</i> yang dapat membahayakan pekerja di dalamnya.
Terdapat <i>loader</i> yang digunakan untuk memindahkan material.	Valid.
Terdapat <i>dump truck</i> yang digunakan untuk mengangkat material.	Valid.
Terdapat <i>emergency tools</i> yang disediakan di dalam <i>Tunneling</i> .	Valid. Hal ini harus diberikan apabila terjadi kejadian <i>emergency</i> .
Terdapat sarana pendukung yang memadai (<i>sump</i> , saluran listrik, hose air, hose udara, <i>channel</i> , ventilasi udara masuk, ventilasi udara keluar).	Valid. Sarana pendukung harus menunjang pasokan udara harus lebih besar dari kebutuhan udara pada lokasi kerja <i>confined space</i> .
Terdapat fasilitas elektrikal di dalam <i>Tunneling</i> seperti panel listrik, kabel, dll.	Valid. Inspeksi berkala wajib dilakukan, sebelum dan sesudah digunakan, serta pemberian rambu-rambu yang sesuai. Bila perlu dilengkapi dengan keterangan alat untuk memberi informasi pada pekerja.
Terdapat <i>tunnel</i> di dalam <i>Tunneling</i> yang digunakan dalam menyalurkan kebutuhan air selama kegiatan <i>shotcrete</i> dan kegiatan <i>rockbolt</i> (perendaman <i>cathridge sika rokon</i>).	Valid.
Dilakukan pemasangan proteksi (<i>forepoling</i>) pada muka <i>Tunneling</i> (<i>Face tunnel</i>).	Valid. Proteksi dengan <i>Forepoling</i> sangat membantu proses konstruksi pada saat penggalian agar tidak terjadi longsor pada <i>Face tunnel</i> .
Dilakukan pemasangan portal sementara (<i>temporary portal</i>) pada muka <i>Tunneling</i> .	Valid. Pemasangan <i>Temporary Portal</i> sebagai acuan awal penggalian <i>Tunneling</i> .
Tipe penggalian ataupun penyangga yang digunakan (<i>Rock Bolt</i> , <i>shotcrete</i> , and <i>steel sets</i>) harus disesuaikan terlebih dahulu sesuai dengan kelas massa batuan.	Valid. Proses <i>mapping</i> Geologi diwajibkan untuk menentukan tipe penggalian dan jenis penyangga yang akan digunakan.
Pada bagian <i>base plate steel rib</i> dilakukan perkuatan.	Valid. Perkuatan pada <i>base plate steel rib</i> menggunakan <i>chemical grouting</i> dan angkur baut.
<i>Wiremesh</i> harus dipasang apabila <i>steel rib</i> support telah selesai terinstal, dan posisi <i>wiremesh</i> harus berada diantara <i>steel rib</i> dan <i>primary shotcrete</i> .	Valid.
Pengeboran lubang untuk <i>rock bolt</i> menggunakan <i>legdrill</i> dimana pada bagian ujungnya harus diberikan <i>face plate</i> dan <i>nut & washer</i> .	Valid.
Dilakukan <i>pullout test</i> sesuai dengan tegangan ultimate pada desain.	Valid.
Setelah dilakukan <i>pull-out test</i> , dilakukan pengecekan <i>displacement</i> pada <i>rockbolt</i> .	Valid.
Terdapat APAR di beberapa sudut lokasi proyek (mudah dijangkau).	Valid.
Terdapat Sirine di lokasi (mudah dijangkau).	Valid.
Terdapat <i>emergency box</i> pada jarak yang mudah di gapai sepanjang <i>Tunneling</i> .	Valid. <i>Emergency box</i> terdapat pada jarak yang sudah diatur dan dapat disesuaikan dengan posisi pekerja berada.
Lampu penerangan harus disediakan.	Valid.

Variabel	Respon Variabel
Jenis dan pemasangan lampu tidak boleh mengganggu operasional, disesuaikan dengan sifat pencahayaan dan jangkauan / radius penyinarannya, luasnya lokasi pekerjaan.	Valid. Lampu penerangan tersedia sesuai dengan kebutuhan kerja dan untuk penerangan lokasi proyek.
Adanya penerangan yang memadai.	Valid.
Akses alat berat dan mobilisasi yang cukup selama melakukan penggalian dan pengantaran material di lokasi.	Valid. Selalu dilakukan perbaikan akses untuk alat berat dan mobilisasi.
Terdapat excavator + <i>attachment breaker</i> yang digunakan untuk melakukan penggalian.	Valid. Excavator + <i>attachment breaker</i> yang digunakan untuk melakukan penggalian disesuaikan dengan area kerjaan volume pekerjaannya.
Terdapat panel untuk <i>shotcrete</i> , pompa dan motor fan yang dapat dipindah-pindahkan.	Valid. Panel disediakan di beberapa titik <i>Tunneling</i> dengan jarak tertentu.
Untuk menentukan rencana kedalaman & perkuatan penggalian, harus dilakukan <i>marking survey & mapping</i> terlebih dahulu.	Valid. Tim surveyor selalu <i>stay</i> di lapangan dalam mengawasi pekerjaan galian.
Proses <i>mucking</i> harus dilakukan secara paralel.	Valid. Proses <i>mucking</i> dilakukan secara paralel menyesuaikan dengan area kerja <i>Tunneling</i> .
Pemilihan dimensi alat berat disesuaikan dengan lebar <i>tunnel</i> terluar (<i>outher width</i>), lebar <i>wiremesh</i> , dan juga <i>steel rib</i> .	Valid.
<i>Steel Rib</i> dilakukan perkuatan menggunakan baja dan diinstal dengan jarak, 0,75 m as ke as.	Valid. Jarak pemasangan selalu dikontrol oleh tim Surveyor selama pekerjaan pemasangan.
<i>Joint Plate</i> pada <i>steel rib</i> harus dilakukan pengencangan dengan menggunakan baut, dan dilakukan pengecekan kelurusan sebelum dilakukan <i>grouting</i> pada angkur <i>base plate</i> .	Valid.
Ketebalan <i>shotcrete</i> pada <i>Tunneling</i> disesuaikan dengan luas bukaan <i>Tunneling</i> .	Valid.

5.1.3. Penilaian Berdasarkan Narasumber 1

Tabel 5. 8 Instrumen penilaian menurut narasumber 1

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
I	TINDAKAN OPERATIF						
1	Kode keamanan etik untuk <i>safety officer</i> yaitu Selalu memakai <i>Red safety custom</i> lengkap, tidak memakai celana <i>jeans</i> atau celana lainnya. Pakaian rapi, baju dimasukkan, mengenakan ikat pinggang, membawa <i>handboard</i> , HT, TOA, atau minimal Peluit			✓			0,667
2	Selalu memakai <i>ID Card</i> selama bekerja		✓				0,333
3	Stiker helm dan kondisi helm sesuai dengan aturan yang berlaku, tidak ada corat coret dan tidak ada stiker non standard				✓		1
4	Hari minggu boleh mengenakan pakaian bebas rapi, ketika ke lapangan harus mengenakan <i>Band safety</i>				✓		1
5	Semua pendatang baru harus melaporkan untuk memiliki <i>ID Card</i> .				✓		1

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
6	Tidak merokok, makan dan minum di seluruh wilayah <i>construction</i> , kecuali di tempat istirahat atau kantin				✓		1
7	Kelengkapan Alat Pelindung Diri (APD) wajib setiap personil yang terlibat di lapangan : <i>safety helmet, safety shoes, safety vest, safety hand gloves.</i>				✓		1
8	<i>Safety sign</i> harus mudah dipahami				✓		1
9	Area proyek bersih dari material-material sisa / tidak terpakai / berbahaya			✓			0,667
10	Terdapat APAR di beberapa sudut lokasi proyek (mudah dijangkau)				✓		1
11	Terdapat Sirine di lokasi (mudah dijangkau)	✓					0
12	Keaktifan <i>safety officer</i> dalam mengontrol pekerjaan.				✓		1
13	Tempat kerja yang tinggi harus dilengkapi dengan tangga yang cukup untuk dilewati orang atau alat yang dipakai, Jika perlu pada keadaan tertentu, untuk menghindari bahaya terhadap tenaga kerja :					N/A	0
14	a. Diberi <i>platform</i> / pelataran dari kayu atau plat besi			✓			0,667
15	b. Pekerja menggunakan sabuk pengaman yang kuat					N/A	0
16	Kebutuhan Oksigen harus disediakan				✓		1
17	Terdapat <i>emergency box</i> pada jarak yang mudah di gapai sepanjang <i>Tunneling</i>				✓		1
18	Lampu penerangan harus disediakan				✓		1
19	Jenis dan pemasangan lampu tidak boleh mengganggu operasional, disesuaikan dengan sifat pencahayaan dan jangkauan / radius peninarannya, luasnya lokasi pekerjaan				✓		1
20	Wilayah proyek pemisahan (lokasi pagar sementara), akses pekerja, dan jenis lain yang dibatasi.			✓			0,667
21	Ketersediaan personel K3 dalam sebuah proyek paling tidak terdiri dari Ahli K3 Konstruksi, Supervisor K3 Konstruksi, dan Petugas K3 Konstruksi.				✓		1
22	Ketersediaan personel K3 dalam melakukan pendampingan bagi tamu yang berkunjung ke lokasi					N/A	0
II	KONDISI LOKASI						
1	Saluran drainase hujan <i>temporary</i> di <i>site</i> .			✓			0,667
2	Akses alat berat harus bersih dari berbagai macam sisa material dan alat-alat yang tidak terpakai.			✓			0,667
3	Terdapat <i>safety sign</i> / rambu / <i>police line</i> disekitar akses alat berat.		✓				0,333
4	Adanya aktivitas untuk membersihkan area lokasi penggalian dari sisa material galian demi kelancaran mobilisasi					N/A	0

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
5	Adanya ketersediaan untuk <i>supply</i> oksigen yang cukup untuk kebutuhan para pekerja (Udara masuk > Kebutuhan udara)				✓		1
6	Adanya penerangan yang memadai				✓		1
7	Akses alat berat dan mobilisasi yang cukup selama melakukan penggalian dan penghantaran material di lokasi				✓		1
8	Adanya <i>confined space</i> bilamana terjadi keadaan darurat				✓		1
9	Adanya <i>monitoring</i> Gas				✓		1
10	Adanya pengelolaan air / <i>dewatering</i> bilamana terjadi hujan			✓			0,667
III	KONSTRUKSI OPERATIF						
A	PERALATAN						
1	Kelengkapan alat pemeliharaan dan pengoperasian harian alat.		✓				0,333
2	Terdapat excavator + attachment breaker yang digunakan untuk melakukan penggalian				✓		1
3	Terdapat loader yang digunakan untuk memindahkan material					N/A	0
4	Terdapat dump truck yang digunakan untuk mengangkat material				✓		1
5	Terdapat <i>emergency tools</i> yang disediakan di dalam <i>Tunneling</i>			✓			0,667
6	Adanya inspeksi peralatan (pra, berkala, Insidental)		✓				0,333
7	Terdapat sarana pendukung yang memadai (<i>sump</i> , saluran listrik, hose air, hose udara, channel, ventilasi udara masuk, ventilasi udara keluar)				✓		1
8	Terdapat panel untuk <i>shotcrete</i> , pompa dan <i>motor fan</i> yang dapat dipindah-pindahkan				✓		1
9	Terdapat fasilitas elektrikal di dalam <i>Tunneling</i> seperti panel listrik, kabel, dll.			✓			0,667
10	Terdapat <i>tunnel</i> di dalam <i>Tunneling</i> yang digunakan dalam menyalurkan kebutuhan air selama kegiatan <i>shotcrete</i> dan kegiatan <i>rockbolt</i> (perendaman <i>cathridge sika rokon</i>)			✓			0,667
B	METODE KONSTRUKSI						
1	Dilakukan pemasangan proteksi (<i>forepoling</i>) pada muka <i>Tunneling</i> (<i>Face tunnel</i>)				✓		1
2	Dilakukan pemasangan portal sementara (<i>temporary portal</i>) pada muka <i>Tunneling</i>					N/A	0
3	Untuk menentukan rencana kedalaman & perkuatan penggalian, harus dilakukan <i>marking survey & mapping</i> terlebih dahulu				✓		1
4	Tipe penggalian ataupun penyangga yang digunakan (<i>Rock Bolt</i> , <i>shotcrete</i> ,				✓		1

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
	<i>and steel sets</i>) harus disesuaikan terlebih dahulu sesuai dengan kelas massa batuan						
5	Dalam melakukan proses galian harus mempertimbangkan persyaratan <i>stand-up time Tunneling</i> yaitu 30 menit				✓		1
6	Proses <i>mucking</i> harus dilakukan secara paralel			✓			0,667
7	Pemilihan dimensi alat berat disesuaikan dengan lebar <i>tunnel</i> terluar (<i>outher width</i>), lebar <i>wiremesh</i> , dan juga <i>steel rib</i>				✓		1
8	<i>Steel Rib</i> dilakukan perkuatan menggunakan baja dan diinstal dengan jarak, 0,75 m as ke as				✓		1
9	Pada bagian <i>base plate steel rib</i> dilakukan perkuatan			✓			0,667
10	<i>Joint Plate</i> pada <i>steel rib</i> harus dilakukan pengencangan dengan menggunakan baut, dan dilakukan pengecekan kelurusan sebelum dilakukan <i>grouting</i> pada angkur <i>base plate</i>				✓		1
11	<i>Wiremesh</i> harus dipasang apabila <i>steel rib support</i> telah selesai terinstal, dan posisi <i>wiremesh</i> harus berada diantara <i>steel rib</i> dan <i>promary shotcrete</i>				✓		1
12	Ketebalan <i>shotcrete</i> pada <i>Tunneling</i> disesuaikan dengan luas bukaan <i>Tunneling</i>				✓		1
13	Mutu <i>dry mix</i> harus tetap terjamin				✓		1
14	Pengeboran lubang untuk <i>rock bolt</i> menggunakan <i>legdrill</i> dimana pada bagian ujungnya harus diberikan <i>face plate</i> dan <i>nut & washer</i>		✓				0,333
15	Dilakukan <i>pullout test</i> sesuai dengan tegangan ultimate pada desain			✓			0,667
16	Setelah dilakukan <i>pull-out test</i> , dilakukan pengecekan <i>displacement</i> pada <i>rockbolt</i>			✓			0,667

Mengetahui nilai yang akan di *checklist* dilakukan dengan melihat visual pada gambar yang terdapat pada sub bab 5.1.1. Setelah dilakukan semua *checklist* maka selanjutnya melakukan pengolahan data dengan menggunakan teori Bayes untuk menghitung seberapa aman pelaksanaan pekerjaan dari hasil penilaian *checklist* keselamatan kerja pada pekerjaan *tunnel* Proyek Bendungan Tefmo/Manikin Paket 1.

Analisis dilakukan dengan menggunakan penilaian data hasil dokumentasi untuk mengetahui tingkatan aman atau tidaknya suatu pekerjaan berdasarkan dari

checklist seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* keselamatan kerja pekerjaan *tunnel*.

Untuk mengetahui hasil keselamatan kerja pada Pekerjaan *Tunnel* tersebut dapat dilihat pada Persamaan 3.1. Adapun untuk analisis dari ke empat variabel sebagai berikut:

1. Perhitungan pada Variabel I Tindakan Operatif

$$P (E1 | H) = 0,667$$

$$P (E2 | H) = 0,333$$

$$P (E3 | H) = 1$$

$$P (E4 | H) = 1$$

$$P (E5 | H) = 1$$

$$P (E6 | H) = 1$$

$$P (E7 | H) = 1$$

$$P (E8 | H) = 1$$

$$P (E9 | H) = 0,667$$

$$P (E10 | H) = 1$$

$$P (E11 | H) = 0$$

$$P (E12 | H) = 1$$

$$P (E13 | H) = 0$$

$$P (E14 | H) = 0,667$$

$$P (E15 | H) = 0$$

$$P (E16 | H) = 1$$

$$P (E17 | H) = 1$$

$$P (E18 | H) = 1$$

$$P (E19 | H) = 1$$

$$P (E20 | H) = 0,667$$

$$P (E21 | H) = 1$$

$$P (E22 | H) = 0$$

2. Perhitungan pada Variabel II Kondisi Lokasi

$$P (E1 | H) = 0,667$$

$$P (E2 | H) = 0,667$$

$$\begin{aligned}
P(E3 | H) &= 0,333 \\
P(E4 | H) &= 0 \\
P(E5 | H) &= 1 \\
P(E6 | H) &= 1 \\
P(E7 | H) &= 1 \\
P(E8 | H) &= 1 \\
P(E9 | H) &= 1 \\
P(E10 | H) &= 0,667
\end{aligned}$$

3. Perhitungan pada Variabel III Konstruksi Operatif

a. Peralatan

$$\begin{aligned}
P(E1 | H) &= 0,333 \\
P(E2 | H) &= 1 \\
P(E3 | H) &= 0 \\
P(E4 | H) &= 1 \\
P(E5 | H) &= 0,667 \\
P(E6 | H) &= 0,333 \\
P(E7 | H) &= 1 \\
P(E8 | H) &= 1 \\
P(E9 | H) &= 0,667 \\
P(E10 | H) &= 0,667
\end{aligned}$$

b. Metode Konstruksi

$$\begin{aligned}
P(E1 | H) &= 1 \\
P(E2 | H) &= 0 \\
P(E3 | H) &= 1 \\
P(E4 | H) &= 1 \\
P(E5 | H) &= 1 \\
P(E6 | H) &= 0,667 \\
P(E7 | H) &= 1 \\
P(E8 | H) &= 1 \\
P(E9 | H) &= 0,667
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(E10 | H) &= 1 \\
P(E11 | H) &= 1 \\
P(E12 | H) &= 1 \\
P(E13 | H) &= 1 \\
P(E14 | H) &= 0,333 \\
P(E15 | H) &= 0,667 \\
P(E16 | H) &= 0,667
\end{aligned}$$

Menggunakan persamaan 3.1 didapat hasil analisis dari variabel I sampai dengan Variabel III poin b pada pekerjaan *tunnel* untuk menganalisis seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* keselamatan kerja pekerjaan *tunnel* secara keseluruhan dapat menggunakan persamaan 3.2 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
P(E1_{comb} | H) &= 0,667 \times 0,333 \times 1 \times 0,667 \times 1 \times 0 \times 1 \times 0 \times 0,667 \times 0 \times \\
&\quad 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,667 \times 1 \times 0 \\
&= 0,727
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(E2_{comb} | H) &= 0,667 \times 0,667 \times 0,333 \times 0 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,667 \\
&= 0,733
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(E3.a_{comb} | H) &= 0,333 \times 1 \times 0 \times 1 \times 0,667 \times 0,333 \times 1 \times 1 \times 0,667 \times 0,667 \\
&= 0,667
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(E3.b_{comb} | H) &= 1 \times 0 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,667 \times 1 \times 1 \times 0,667 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,333 \times 0,667 \times \\
&\quad 0,667 \\
&= 0,813
\end{aligned}$$

Dari keempat variabel tersebut kemudian dapat diketahui nilai $P(E_{comb} | H)$ secara keseluruhan. Adapun nilai tersebut di analisis dengan menggunakan persamaan 3.2.

$$\begin{aligned}
P(E_{comb} | H) &= P(E1_{comb} | H) \times P(E2_{comb} | H) \times P(E3.a_{comb} | H) \times \\
&\quad P(E3.b_{comb} | H) \\
&= 0,727 \times 0,733 \times 0,667 \times 0,813 \\
&= 0,2890
\end{aligned}$$

Menggunakan hasil dari persamaan 3.1. untuk mengetahui seberapa ketidakamanan pelaksanaan pekerjaan *tunnel* berdasarkan *checklist*, setelah

perhitungan tersebut lalu menghitung secara keseluruhan dengan menggunakan persamaan 3.3.

1. Perhitungan pada Variabel I Tindakan Operatif

$$\begin{aligned} P(E1 | H') &= 1 - 0,667 = 0,333 \\ P(E2 | H') &= 1 - 0,333 = 0,667 \\ P(E3 | H') &= 1 - 1 = 0 \\ P(E4 | H') &= 1 - 1 = 0 \\ P(E5 | H') &= 1 - 1 = 0 \\ P(E6 | H') &= 1 - 1 = 0 \\ P(E7 | H') &= 1 - 1 = 0 \\ P(E8 | H') &= 1 - 1 = 0 \\ P(E9 | H') &= 1 - 0,667 = 0,333 \\ P(E10 | H') &= 1 - 1 = 0 \\ P(E11 | H') &= 1 - 0 = 1 \\ P(E12 | H') &= 1 - 1 = 0 \\ P(E13 | H') &= 1 - 0 = 1 \\ P(E14 | H') &= 1 - 0,667 = 0,333 \\ P(E15 | H') &= 1 - 0 = 1 \\ P(E16 | H') &= 1 - 1 = 0 \\ P(E17 | H') &= 1 - 1 = 0 \\ P(E18 | H') &= 1 - 1 = 0 \\ P(E19 | H') &= 1 - 1 = 0 \\ P(E20 | H') &= 1 - 0,667 = 0,333 \\ P(E21 | H') &= 1 - 1 = 0 \\ P(E22 | H') &= 1 - 0 = 1 \end{aligned}$$

2. Perhitungan pada Variabel II Kondisi Lokasi

$$\begin{aligned} P(E1 | H') &= 1 - 0,667 = 0,333 \\ P(E2 | H') &= 1 - 0,667 = 0,333 \\ P(E3 | H') &= 1 - 0,333 = 0,667 \\ P(E4 | H') &= 1 - 0 = 1 \\ P(E5 | H') &= 1 - 1 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(E6 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E7 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E8 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E9 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E10 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333
\end{aligned}$$

3. Perhitungan pada Variabel III Konstruksi Operatif

a. Peralatan

$$\begin{aligned}
P(E1 | H') &= 1 - 0,333 &= 0,667 \\
P(E2 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E3 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E4 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E5 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E6 | H') &= 1 - 0,333 &= 0,667 \\
P(E7 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E8 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E9 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E10 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333
\end{aligned}$$

b. Metode Konstruksi

$$\begin{aligned}
P(E1 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E2 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E3 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E4 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E5 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E6 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E7 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E8 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E9 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E10 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E11 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E12 | H') &= 1 - 1 &= 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(E13 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E14 | H') &= 1 - 0,333 &= 0,667 \\
P(E15 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E16 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333
\end{aligned}$$

Menggunakan persamaan 3.3 didapat hasil analisis dari variabel I sampai dengan Variabel III poin b pada pekerjaan *tunnel* untuk menghitung tingkat aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* keselamatan kerja pekerjaan *tunnel* secara keseluruhan dapat menggunakan persamaan 3.4 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
P(E1_{comb} | H') &= 0,333 \times 0,667 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0,333 \times 0 \times 1 \times 0 \times 1 \times 0,333 \times 1 \times \\
&\quad 0 \times 0 \times 0 \times 0,333 \times 0 \times 1 \\
&= 0,273 \\
P(E2_{comb} | H') &= 0,333 \times 0,333 \times 0,667 \times 1 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0,333 \\
&= 0,267 \\
P(E3a_{comb} | H') &= 0,667 \times 0 \times 1 \times 0 \times 0,333 \times 0,667 \times 0 \times 0 \times 0,333 \times 0,333 \\
&= 0,333 \\
P(E3b_{comb} | H') &= 0 \times 1 \times 0 \times 0 \times 0,333 \times 0 \times 0 \times 0,333 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0,667 \times 0,333 \times \\
&\quad 0,333 \\
&= 0,187
\end{aligned}$$

Dari keempat variabel tersebut kemudian dapat diketahui nilai $P(E_{comb} | H')$ secara keseluruhan. Adapun nilai tersebut di analisis dengan menggunakan persamaan 5.4.

$$\begin{aligned}
P(E_{comb} | H') &= P(E1_{comb} | H) \times P(E2_{comb} | H) \times P(E3.a_{comb} | H) \times \\
&\quad P(E3.b_{comb} | H) \\
&= 0,273 \times 0,267 \times 0,333 \times 0,187 \\
&= 0,0045
\end{aligned}$$

Menghitung banyaknya kemungkinan dari pekerjaan aman pada pekerjaan *tunnel* dengan 4 variabel dapat dianalisis menggunakan persamaan 3.5.

$$\begin{aligned}
P(H) &= \frac{1}{4^{4+1}} \\
&= \frac{1}{4^5}
\end{aligned}$$

$$= 0,0010$$

Keterangan:

1 = Nilai aman (*Safety Score*)

Kemungkinan = 4 (0 ; 0,333 ; 0,667 ; 1)

Evidence = Banyaknya bukti yang dapat dianalisis

Menghitung banyaknya kemungkinan dari pekerjaan tidak aman pada pekerjaan *tunnel* dengan 4 variabel dapat dianalisis menggunakan persamaan 3.5.

$$\begin{aligned} P(H') &= \frac{3}{4^{3+1}} \\ &= \frac{3}{4^4} \\ &= 0,0029 \end{aligned}$$

Menggunakan hasil analisis dengan menggunakan persamaan 3.1 sampai Persamaan 5.6 untuk menghitung kemungkinan sebuah pekerjaan konstruksi yang aman digunakan berdasarkan pada informasi yang diperoleh dari foto dapat dianalisis dengan menggunakan Persamaan 5.7.

$$\begin{aligned} P(H | E_{comb}) &= \frac{\{P(E_{comb} | H) \times P(H)\}}{\{P(E_{comb} | H) \times P(H)\} + \{P(E_{comb} | H') \times P(H')\}} \\ &= \frac{\{0,2890 \times 0,0010\}}{\{0,2890 \times 0,0010\} + \{0,0045 \times 0,0029\}} \\ &= 0,9550 \end{aligned}$$

Perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan data yang didapat dari narasumber 1 didapat hasil $P(H | E_{comb})$ senilai 0,9550 atau probabilitas yang terjadi menurut narasumber 1 senilai 95,50%, yang berarti bahwa pekerjaan *tunnel* menurut narasumber 1 dilakukan dengan aman.

Dinyatakan nilai aman pada pekerjaan *tunnel* menurut narasumber 1 dalam definisi aman berlandaskan bukti pengamatan pada saat proses pekerjaan *tunnel*, Adapun hasil akhir analisis sebagai berikut:

Skor probabilitas setiap faktor:

Tindakan Operatif (E1) = 72,73%

Kondisi Proyek (E2) = 73,34%

Peralatan (E3) = 66,67%

Metoda Konstruksi (E4) = 81,26%

5.1.4. Penilaian Berdasarkan Narasumber 2

Tabel 5. 9 Instrumen penilaian menurut narasumber 2

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
I	TINDAKAN OPERATIF						
1	Kode keamanan etik untuk <i>safety officer</i> yaitu Selalu memakai <i>Red safety custom</i> lengkap, tidak memakai celana <i>jeans</i> atau celana lainnya. Pakaian rapi, baju dimasukkan, mengenakan ikat pinggang, membawa <i>handboard</i> , HT, TOA, atau minimal Peluit				✓		1
2	Selalu memakai ID <i>Card</i> selama bekerja				✓		1
3	Stiker helm dan kondisi helm sesuai dengan aturan yang berlaku, tidak ada corat coret dan tidak ada stiker non standard				✓		1
4	Hari minggu boleh mengenakan pakaian bebas rapi, ketika ke lapangan harus mengenakan <i>Band safety</i>				✓		1
5	Semua pendatang baru harus melaporkan untuk memiliki ID <i>Card</i> .			✓			0,667
6	Tidak merokok, makan dan minum di seluruh wilayah <i>construction</i> , kecuali di tempat istirahat atau kantin				✓		1
7	Kelengkapan Alat Pelindung Diri (APD) wajib setiap personil yang terlibat di lapangan : <i>safety helmet</i> , <i>safety shoes</i> , <i>safety vest</i> , <i>safety hand gloves</i> .				✓		1
8	<i>Safety sign</i> harus mudah dipahami				✓		1
9	Area proyek bersih dari material-material sisa / tidak terpakai / berbahaya				✓		1
10	Terdapat APAR di beberapa sudut lokasi proyek (mudah dijangkau)	✓					0
11	Terdapat Sirine di lokasi (mudah dijangkau)	✓					0
12	Keaktifan <i>safety officer</i> dalam mengontrol pekerjaan.			✓			0,667
13	Tempat kerja yang tinggi harus dilengkapi dengan tangga yang cukup untuk dilewati orang atau alat yang dipakai, Jika perlu pada keadaan tertentu, untuk menghindari bahaya terhadap tenaga kerja :				✓		1
14	a. Diberi <i>platform</i> / pelataran dari kayu atau plat besi			✓			0,667
15	b. Pekerja menggunakan sabuk pengaman yang kuat			✓			0,667
16	Kebutuhan Oksigen harus disediakan	✓					0
17	Terdapat <i>emergency box</i> pada jarak yang mudah di gapai sepanjang <i>Tunneling</i>				✓		1

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
18	Lampu penerangan harus disediakan				✓		1
19	Jenis dan pemasangan lampu tidak boleh mengganggu operasional, disesuaikan dengan sifat pencahayaan dan jangkauan / radius penyinarannya, luasnya lokasi pekerjaan				✓		1
20	Wilayah proyek pemisahan (lokasi pagar sementara), akses pekerja, dan jenis lain yang dibatasi.		✓				0,333
21	Ketersediaan personel K3 dalam sebuah proyek paling tidak terdiri dari Ahli K3 Konstruksi, Supervisor K3 Konstruksi, dan Petugas K3 Konstruksi.				✓		1
22	Ketersediaan personel K3 dalam melakukan pendampingan bagi tamu yang berkunjung ke lokasi			✓			0,667
II	KONDISI LOKASI						
1	Saluran drainase hujan <i>temporary</i> di <i>site</i> .			✓			0,667
2	Akses alat berat harus bersih dari berbagai macam sisa material dan alat-alat yang tidak terpakai.				✓		1
3	Terdapat <i>safety sign</i> / rambu / <i>police line</i> disekitar akses alat berat.	✓					0
4	Adanya aktivitas untuk membersihkan area lokasi penggalian dari sisa material galian demi kelancaran mobilisasi				✓		1
5	Adanya ketersediaan untuk <i>supply</i> oksigen yang cukup untuk kebutuhan para pekerja (Udara masuk > Kebutuhan udara)			✓			0,667
6	Adanya penerangan yang memadai				✓		1
7	Akses alat berat dan mobilisasi yang cukup selama melakukan penggalian dan pengantaran material di lokasi				✓		1
8	Adanya <i>confined space</i> bilamana terjadi keadaan darurat	✓					0
9	Adanya <i>monitoring</i> Gas	✓					0
10	Adanya pengelolaan air / <i>dewatering</i> bilamana terjadi hujan			✓			0,667
III	KONSTRUKSI OPERATIF						
A	PERALATAN						
1	Kelengkapan alat pemeliharaan dan pengoperasian harian alat.			✓			0,667
2	Terdapat excavator + attachment breaker yang digunakan untuk melakukan penggalian				✓		1
3	Terdapat loader yang digunakan untuk memindahkan material				✓		1
4	Terdapat dump truck yang digunakan untuk mengangkat material	✓					0
5	Terdapat <i>emergency tools</i> yang disediakan di dalam <i>Tunneling</i>	✓					0
6	Adanya inspeksi peralatan (pra, berkala, Insidental)	✓					0

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
7	Terdapat sarana pendukung yang memadai (<i>sump</i> , saluran listrik, hose air, hose udara, channel, ventilasi udara masuk, ventilasi udara keluar)			✓			0,667
8	Terdapat panel untuk <i>shotcrete</i> , <i>pompa</i> dan <i>motor fan</i> yang dapat dipindah-pindahkan				✓		1
9	Terdapat fasilitas elektrikal di dalam <i>Tunneling</i> seperti panel listrik, kabel, dll.			✓			0,667
10	Terdapat <i>tunnel</i> di dalam <i>Tunneling</i> yang digunakan dalam menyalurkan kebutuhan air selama kegiatan <i>shotcrete</i> dan kegiatan <i>rockbolt</i> (perendaman <i>cathridge sika rokon</i>)				✓		1
B	METODE KONSTRUKSI						
1	Dilakukan pemasangan proteksi (<i>forepoling</i>) pada muka <i>Tunneling</i> (<i>Face tunnel</i>)	✓					0
2	Dilakukan pemasangan portal sementara (<i>temporary portal</i>) pada muka <i>Tunneling</i>				✓		1
3	Untuk menentukan rencana kedalaman & kekuatan penggalian, harus dilakukan <i>marking survey & mapping</i> terlebih dahulu				✓		1
4	Tipe penggalian ataupun penyangga yang digunakan (<i>Rock Bolt</i> , <i>shotcrete</i> , and <i>steel sets</i>) harus disesuaikan terlebih dahulu sesuai dengan kelas massa batuan				✓		1
5	Dalam melakukan proses galian harus mempertimbangkan persyaratan <i>stand-up time Tunneling</i> yaitu 30 menit	✓					0
6	Proses <i>mucking</i> harus dilakukan secara paralel				✓		1
7	Pemilihan dimensi alat berat disesuaikan dengan lebar <i>tunnel</i> terluar (<i>outher width</i>), lebar <i>wiremesh</i> , dan juga <i>steel rib</i>				✓		1
8	<i>Steel Rib</i> dilakukan perkuatan menggunakan baja dan diinstal dengan jarak, 0,75 m as ke as				✓		1
9	Pada bagian <i>base plate steel rib</i> dilakukan perkuatan				✓		1
10	<i>Joint Plate</i> pada <i>steel rib</i> harus dilakukan pengencangan dengan menggunakan baut, dan dilakukan pengecekan kelurusan sebelum dilakukan <i>grouting</i> pada ankur <i>base plate</i>				✓		1
11	<i>Wiremesh</i> harus dipasang apabila <i>steel rib support</i> telah selesai terinstal, dan posisi <i>wiremesh</i> harus berada diantara <i>steel rib</i> dan <i>primary shotcrete</i>			✓			0,667
12	Ketebalan <i>shotcrete</i> pada <i>Tunneling</i> disesuaikan dengan luas bukaan <i>Tunneling</i>				✓		1

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
13	Mutu <i>dry mix</i> harus tetap terjamin				✓		1
14	Pengeboran lubang untuk <i>rock bolt</i> menggunakan <i>legdrill</i> dimana pada bagian ujungnya harus diberikan <i>face plate</i> dan <i>nut & washer</i>				✓		1
15	Dilakukan <i>pullout</i> test sesuai dengan tegangan ultimate pada desain	✓					0
16	Setelah dilakukan <i>pull-out</i> test, dilakukan pengecekan <i>displacement</i> pada <i>rockbolt</i>	✓					0

Mengetahui nilai yang akan di *checklist* dilakukan dengan melihat visual pada gambar yang terdapat pada sub bab 5.1.1. Setelah dilakukan semua *checklist* maka selanjutnya melakukan pengolahan data dengan menggunakan teori Bayes untuk menghitung seberapa aman pelaksanaan pekerjaan dari hasil penilaian *checklist* keselamatan kerja pada pekerjaan *tunnel* Proyek Bendungan Tefmo/Manikin Paket 1.

Analisis dilakukan dengan menggunakan data berupa hasil dokumentasi untuk mengetahui seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* keselamatan kerja pekerjaan *tunnel*.

Untuk mengetahui hasil keselamatan kerja pada Pekerjaan *Tunnel* tersebut dapat dilihat pada persamaan 3.1. Adapun untuk analisis dari ke empat variabel sebagai berikut:

1. Perhitungan pada Variabel I Tindakan Operatif

- $P(E1 | H) = 1$
- $P(E2 | H) = 1$
- $P(E3 | H) = 1$
- $P(E4 | H) = 1$
- $P(E5 | H) = 0,667$
- $P(E6 | H) = 1$
- $P(E7 | H) = 1$
- $P(E8 | H) = 1$
- $P(E9 | H) = 1$
- $P(E10 | H) = 0$
- $P(E11 | H) = 0$

$$\begin{aligned}
P(E_{12} | H) &= 0,667 \\
P(E_{13} | H) &= 1 \\
P(E_{14} | H) &= 0,667 \\
P(E_{15} | H) &= 0,667 \\
P(E_{16} | H) &= 0 \\
P(E_{17} | H) &= 1 \\
P(E_{18} | H) &= 1 \\
P(E_{19} | H) &= 1 \\
P(E_{20} | H) &= 0,333 \\
P(E_{21} | H) &= 1 \\
P(E_{22} | H) &= 0,667
\end{aligned}$$

2. Perhitungan pada Variabel II Kondisi Lokasi

$$\begin{aligned}
P(E_1 | H) &= 0,667 \\
P(E_2 | H) &= 1 \\
P(E_3 | H) &= 0 \\
P(E_4 | H) &= 1 \\
P(E_5 | H) &= 0,667 \\
P(E_6 | H) &= 1 \\
P(E_7 | H) &= 1 \\
P(E_8 | H) &= 0 \\
P(E_9 | H) &= 0 \\
P(E_{10} | H) &= 0,667
\end{aligned}$$

3. Perhitungan pada Variabel III Konstruksi Operatif

a. Peralatan

$$\begin{aligned}
P(E_1 | H) &= 0,667 \\
P(E_2 | H) &= 1 \\
P(E_3 | H) &= 1 \\
P(E_4 | H) &= 0 \\
P(E_5 | H) &= 0 \\
P(E_6 | H) &= 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(E7 | H) &= 0,667 \\
P(E8 | H) &= 1 \\
P(E9 | H) &= 0,667 \\
P(E10 | H) &= 1
\end{aligned}$$

b. Metode Konstruksi

$$\begin{aligned}
P(E1 | H) &= 0 \\
P(E2 | H) &= 1 \\
P(E3 | H) &= 1 \\
P(E4 | H) &= 1 \\
P(E5 | H) &= 0 \\
P(E6 | H) &= 1 \\
P(E7 | H) &= 1 \\
P(E8 | H) &= 1 \\
P(E9 | H) &= 1 \\
P(E10 | H) &= 1 \\
P(E11 | H) &= 0,667 \\
P(E12 | H) &= 1 \\
P(E13 | H) &= 1 \\
P(E14 | H) &= 1 \\
P(E15 | H) &= 0 \\
P(E16 | H) &= 0
\end{aligned}$$

Menggunakan persamaan 3.1 didapat hasil analisis dari variabel I sampai dengan Variabel III poin b pada pekerjaan *tunnel* untuk menghitung seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* keselamatan kerja pekerjaan *tunnel* secara keseluruhan dapat menggunakan persamaan 3.2 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
P(E1_{comb} | H) &= 1 \times 1 \times 1 \times 0,667 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0 \times 0 \times 0,667 \times 1 \times 0,667 \times 0,667 \times \\
&\quad 0 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,333 \times 1 \times 0,667 \\
&= 0,758 \\
P(E2_{comb} | H) &= 0,667 \times 1 \times 0 \times 1 \times 0,667 \times 1 \times 1 \times 0 \times 0 \times 0,667 \\
&= 0,600
\end{aligned}$$

$$P(E3.a_{comb} | H) = 0,667 \times 1 \times 1 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0,667 \times 1 \times 0,667 \times 1 \\ = 0,600$$

$$P(E3.b_{comb} | H) = 0 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,667 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0 \times 0 \\ = 0,729$$

Dari keempat variabel tersebut kemudian dapat diketahui nilai $P(E_{comb} | H)$ secara keseluruhan. Adapun nilai tersebut di analisis dengan menggunakan persamaan 5.2.

$$P(E_{comb} | H) = P(E1_{comb} | H) \times P(E2_{comb} | H) \times P(E3.a_{comb} | H) \times \\ P(E3.b_{comb} | H) \\ = 0,758 \times 0,600 \times 0,600 \times 0,729 \\ = 0,1752$$

Menggunakan hasil dari persamaan 3.1. untuk mengetahui seberapa ketidakamanan pelaksanaan pekerjaan *tunnel* berdasarkan *checklist*, setelah perhitungan tersebut lalu menghitung secara keseluruhan dengan menggunakan persamaan 3.3.

1. Perhitungan pada Variabel I Tindakan Operatif

$$\begin{aligned} P(E1 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\ P(E2 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\ P(E3 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\ P(E4 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\ P(E5 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\ P(E6 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\ P(E7 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\ P(E8 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\ P(E9 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\ P(E10 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\ P(E11 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\ P(E12 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\ P(E13 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\ P(E14 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(E15 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E16 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E17 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E18 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E19 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E20 | H') &= 1 - 0,333 &= 0,667 \\
P(E21 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E22 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333
\end{aligned}$$

2. Perhitungan pada Variabel II Kondisi Lokasi

$$\begin{aligned}
P(E1 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E2 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E3 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E4 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E5 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E6 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E7 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E8 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E9 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E10 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333
\end{aligned}$$

3. Perhitungan pada Variabel III Konstruksi Operatif

a. Peralatan

$$\begin{aligned}
P(E1 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E2 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E3 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E4 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E5 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E6 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E7 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E8 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E9 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333
\end{aligned}$$

$$P(E_{10} | H') = 1 - 1 = 0$$

b. Metode Konstruksi

$$P(E_1 | H') = 1 - 0 = 1$$

$$P(E_2 | H') = 1 - 1 = 0$$

$$P(E_3 | H') = 1 - 1 = 0$$

$$P(E_4 | H') = 1 - 1 = 0$$

$$P(E_5 | H') = 1 - 0 = 1$$

$$P(E_6 | H') = 1 - 1 = 0$$

$$P(E_7 | H') = 1 - 1 = 0$$

$$P(E_8 | H') = 1 - 1 = 0$$

$$P(E_9 | H') = 1 - 1 = 0$$

$$P(E_{10} | H') = 1 - 1 = 0$$

$$P(E_{11} | H') = 1 - 0,667 = 0,333$$

$$P(E_{12} | H') = 1 - 1 = 0$$

$$P(E_{13} | H') = 1 - 1 = 0$$

$$P(E_{14} | H') = 1 - 1 = 0$$

$$P(E_{15} | H') = 1 - 0 = 1$$

$$P(E_{16} | H') = 1 - 0 = 1$$

Menggunakan persamaan 3.3 didapat hasil analisis dari variabel I sampai dengan Variabel III poin b pada pekerjaan *tunnel* untuk menghitung seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* keselamatan kerja pekerjaan *tunnel* secara keseluruhan dapat menggunakan persamaan 3.4 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} P(E_{1_{comb}} | H') &= 0 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0,333 \times 0 \times 0 \times 0 \times 1 \times 1 \times 0,333 \times 0 \times 0,333 \times 0,333 \times \\ &\quad 1 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0,667 \times 0 \times 0,333 \\ &= 0,242 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(E_{2_{comb}} | H') &= 0,333 \times 0 \times 1 \times 0 \times 0,333 \times 0 \times 0 \times 1 \times 1 \times 0,333 \\ &= 0,400 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(E_{3a_{comb}} | H') &= 0,333 \times 0 \times 0 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,333 \times 0 \times 0,333 \times 0 \\ &= 0,400 \end{aligned}$$

$$P(E_{3b_{comb}} | H') = 1 \times 0 \times 0 \times 0 \times 1 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0,333 \times 0 \times 0 \times 1 \times 1$$

$$= 0,271$$

Dari keempat variabel tersebut kemudian dapat diketahui nilai $P(E_{\text{comb}} | H')$ secara keseluruhan. Adapun nilai tersebut di analisis dengan menggunakan persamaan 5.4.

$$\begin{aligned} P(E_{\text{comb}} | H') &= P(E1_{\text{comb}} | H) \times P(E2_{\text{comb}} | H) \times P(E3.a_{\text{comb}} | H) \times \\ &\quad P(E3.b_{\text{comb}} | H) \\ &= 0,242 \times 0,400 \times 0,400 \times 0,272 \\ &= 0,0144 \end{aligned}$$

Menghitung banyaknya kemungkinan dari pekerjaan aman pada pekerjaan *tunnel* dengan 4 variabel dapat dianalisis menggunakan persamaan 3.5.

$$\begin{aligned} P(H) &= \frac{1}{4^{4+1}} \\ &= \frac{1}{4^5} \\ &= 0,0010 \end{aligned}$$

Keterangan :

1 = Nilai aman (*Safety Score*)

Kemungkinan = 4 (0 ; 0,333 ; 0,667 ; 1)

Evidence = Banyaknya bukti yang dapat dianalisis

Menghitung banyaknya kemungkinan dari pekerjaan tidak aman pada pekerjaan *tunnel* dengan 4 variabel dapat dianalisis menggunakan persamaan 3.5.

$$\begin{aligned} P(H') &= \frac{3}{4^{3+1}} \\ &= \frac{3}{4^4} \\ &= 0,0029 \end{aligned}$$

Menggunakan hasil analisis dengan menggunakan Persamaan 5.1 sampai Persamaan 5.6 untuk menghitung kemungkinan sebuah pekerjaan konstruksi yang aman digunakan berdasarkan pada informasi yang diperoleh dari foto dapat dianalisis dengan menggunakan persamaan 3.7.

$$\begin{aligned}
P(H | E_{\text{comb}}) &= \frac{\{P(E_{\text{comb}} | H) \times P(H)\}}{\{P(E_{\text{comb}} | H) \times P(H)\} + \{P(E_{\text{comb}} | H') \times P(H')\}} \\
&= \frac{\{0,1752 \times 0,0010\}}{\{0,1752 \times 0,0010\} + \{0,0144 \times 0,0029\}} \\
&= 0,8019
\end{aligned}$$

Perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan data yang didapat dari narasumber 2 didapat hasil $P(H | E_{\text{comb}})$ senilai 0,8019 atau probabilitas yang terjadi menurut narasumber 2 senilai 80,19%, yang berarti bahwa pekerjaan *tunnel* menurut narasumber 2 dilakukan dengan aman.

Dinyatakan nilai aman pada pekerjaan *tunnel* menurut narasumber 2 dalam definisi aman berlandaskan bukti pengamatan pada saat proses pekerjaan *tunnel*, Adapun hasil akhir analisis sebagai berikut:

Skor probabilitas setiap faktor:

- Tindakan Operatif (E1) = 75,76%
- Kondisi Proyek (E2) = 60,01%
- Peralatan (E3) = 60,01%
- Metoda Konstruksi (E4) = 72,92%

5.1.5. Penilaian Berdasarkan Narasumber 3

Tabel 5. 10 Instrumen penilaian menurut narasumber 3

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
I	TINDAKAN OPERATIF						
1	Kode keamanan etik untuk <i>safety officer</i> yaitu Selalu memakai <i>Red safety custom</i> lengkap, tidak memakai celana <i>jeans</i> atau celana lainnya. Pakaian rapi, baju dimasukkan, mengenakan ikat pinggang, membawa <i>handboard</i> , HT, TOA, atau minimal Peluit				✓		1
2	Selalu memakai ID <i>Card</i> selama bekerja				✓		1
3	Stiker helm dan kondisi helm sesuai dengan aturan yang berlaku, tidak ada corat coret dan tidak ada stiker non standard				✓		1
4	Hari minggu boleh mengenakan pakaian bebas rapi, ketika ke lapangan harus mengenakan <i>Band safety</i>				✓		1
5	Semua pendatang baru harus melaporkan untuk memiliki ID <i>Card</i> .				✓		1

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
6	Tidak merokok, makan dan minum di seluruh wilayah <i>construction</i> , kecuali di tempat istirahat atau kantin				✓		1
7	Kelengkapan Alat Pelindung Diri (APD) wajib setiap personil yang terlibat di lapangan : <i>safety helmet, safety shoes, safety vest, safety hand gloves.</i>				✓		1
8	<i>Safety sign</i> harus mudah dipahami	✓					0
9	Area proyek bersih dari material-material sisa / tidak terpakai / berbahaya				✓		1
10	Terdapat APAR di beberapa sudut lokasi proyek (mudah dijangkau)	✓					0
11	Terdapat Sirine di lokasi (mudah dijangkau)	✓					0
12	Keaktifan <i>safety officer</i> dalam mengontrol pekerjaan.				✓		1
13	Tempat kerja yang tinggi harus dilengkapi dengan tangga yang cukup untuk dilewati orang atau alat yang dipakai, Jika perlu pada keadaan tertentu, untuk menghindari bahaya terhadap tenaga kerja :	✓					0
14	a. Diberi <i>platform</i> / pelataran dari kayu atau plat besi	✓					0
15	b. Pekerja menggunakan sabuk pengaman yang kuat				✓		1
16	Kebutuhan Oksigen harus disediakan				✓		1
17	Terdapat <i>emergency box</i> pada jarak yang mudah di gapai sepanjang <i>Tunneling</i>				✓		1
18	Lampu penerangan harus disediakan				✓		1
19	Jenis dan pemasangan lampu tidak boleh mengganggu operasional, disesuaikan dengan sifat pencahayaan dan jangkauan / radius peninarannya, luasnya lokasi pekerjaan				✓		1
20	Wilayah proyek pemisahan (lokasi pagar sementara), akses pekerja, dan jenis lain yang dibatasi.	✓					0
21	Ketersediaan personel K3 dalam sebuah proyek paling tidak terdiri dari Ahli K3 Konstruksi, Supervisor K3 Konstruksi, dan Petugas K3 Konstruksi.				✓		1
22	Ketersediaan personel K3 dalam melakukan pendampingan bagi tamu yang berkunjung ke lokasi	✓					0
II	KONDISI LOKASI						
1	Saluran drainase hujan <i>temporary</i> di <i>site</i> .				✓		1
2	Akses alat berat harus bersih dari berbagai macam sisa material dan alat-alat yang tidak terpakai.				✓		1
3	Terdapat <i>safety sign</i> / rambu / <i>police line</i> disekitar akses alat berat.				✓		1
4	Adanya aktivitas untuk membersihkan area lokasi penggalian dari sisa material galian demi kelancaran mobilisasi			✓			0,667

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
5	Adanya ketersediaan untuk <i>supply</i> oksigen yang cukup untuk kebutuhan para pekerja (Udara masuk > Kebutuhan udara)				✓		1
6	Adanya penerangan yang memadai				✓		1
7	Akses alat berat dan mobilisasi yang cukup selama melakukan penggalian dan pengantaran material di lokasi				✓		1
8	Adanya <i>confined space</i> bilamana terjadi keadaan darurat	✓					0
9	Adanya <i>monitoring</i> Gas	✓					0
10	Adanya pengelolaan air / <i>dewatering</i> bilamana terjadi hujan	✓					0
III	KONSTRUKSI OPERATIF						
A	PERALATAN						
1	Kelengkapan alat pemeliharaan dan pengoperasian harian alat.		✓				0,333
2	Terdapat excavator + attachment breaker yang digunakan untuk melakukan penggalian				✓		1
3	Terdapat loader yang digunakan untuk memindahkan material				✓		1
4	Terdapat dump truck yang digunakan untuk mengangkat material				✓		1
5	Terdapat <i>emergency tools</i> yang disediakan di dalam <i>Tunneling</i>		✓				0,333
6	Adanya inspeksi peralatan (pra, berkala, Insidental)			✓			0,667
7	Terdapat sarana pendukung yang memadai (<i>sump</i> , saluran listrik, hose air, hose udara, channel, ventilasi udara masuk, ventilasi udara keluar)				✓		1
8	Terdapat panel untuk <i>shotcrete</i> , pompa dan <i>motor fan</i> yang dapat dipindah-pindahkan				✓		1
9	Terdapat fasilitas elektrikal di dalam <i>Tunneling</i> seperti panel listrik, kabel, dll.				✓		1
10	Terdapat <i>tunnel</i> di dalam <i>Tunneling</i> yang digunakan dalam menyalurkan kebutuhan air selama kegiatan <i>shotcrete</i> dan kegiatan <i>rockbolt</i> (perendaman <i>cathridge sika rokon</i>)	✓					0
B	METODE KONSTRUKSI						
1	Dilakukan pemasangan proteksi (<i>forepoling</i>) pada muka <i>Tunneling</i> (<i>Face tunnel</i>)	✓					0
2	Dilakukan pemasangan portal sementara (<i>temporary portal</i>) pada muka <i>Tunneling</i>				✓		1
3	Untuk menentukan rencana kedalaman & perkuatan penggalian, harus dilakukan <i>marking survey & mapping</i> terlebih dahulu				✓		1
4	Tipe penggalian ataupun penyangga yang digunakan (<i>Rock Bolt</i> , <i>shotcrete</i> ,	✓					0

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
	<i>and steel sets</i>) harus disesuaikan terlebih dahulu sesuai dengan kelas massa batuan						
5	Dalam melakukan proses galian harus mempertimbangkan persyaratan <i>stand-up time Tunneling</i> yaitu 30 menit			✓			0,667
6	Proses <i>mucking</i> harus dilakukan secara paralel				✓		1
7	Pemilihan dimensi alat berat disesuaikan dengan lebar <i>tunnel</i> terluar (<i>outher width</i>), lebar <i>wiremesh</i> , dan juga <i>steel rib</i>				✓		1
8	<i>Steel Rib</i> dilakukan perkuatan menggunakan baja dan diinstal dengan jarak, 0,75 m as ke as				✓		1
9	Pada bagian <i>base plate steel rib</i> dilakukan perkuatan				✓		1
10	<i>Joint Plate</i> pada <i>steel rib</i> harus dilakukan pengencangan dengan menggunakan baut, dan dilakukan pengecekan kelurusan sebelum dilakukan <i>grouting</i> pada ankur <i>base plate</i>				✓		1
11	<i>Wiremesh</i> harus dipasang apabila <i>steel rib support</i> telah selesai terinstal, dan posisi <i>wiremesh</i> harus berada diantara <i>steel rib</i> dan <i>promary shotcrete</i>				✓		1
12	Ketebalan <i>shotcrete</i> pada <i>Tunneling</i> disesuaikan dengan luas bukaan <i>Tunneling</i>				✓		1
13	Mutu <i>dry mix</i> harus tetap terjamin				✓		1
14	Pengeboran lubang untuk <i>rock bolt</i> menggunakan <i>legdrill</i> dimana pada bagian ujungnya harus diberikan <i>face plate</i> dan <i>nut & washer</i>		✓				0,333
15	Dilakukan <i>pullout test</i> sesuai dengan tegangan ultimate pada desain		✓				0,333
16	Setelah dilakukan <i>pull-out test</i> , dilakukan pengecekan <i>displacement</i> pada <i>rockbolt</i>		✓				0,333

Mengetahui nilai yang akan di *checklist* dilakukan dengan melihat visual pada gambar yang terdapat pada sub bab 5.1.1. Setelah dilakukan semua *checklist* maka selanjutnya melakukan pengolahan data dengan menggunakan teori Bayes untuk menghitung seberapa aman pelaksanaan pekerjaan dari hasil penilaian *checklist* keselamatan kerja pada pekerjaan *tunnel* Proyek Bendungan Tefmo/Manikin Paket 1.

Analisis dilakukan dengan menggunakan data berupa hasil dokumentasi untuk mengetahui seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* keselamatan kerja pekerjaan *tunnel*.

Untuk mengetahui hasil keselamatan kerja pada Pekerjaan *Tunnel* tersebut dapat dilihat pada persamaan 3.1. Adapun untuk analisis dari ke empat variabel sebagai berikut:

1. Perhitungan pada Variabel I Tindakan Operatif

$$\begin{aligned} P(E1 | H) &= 1 \\ P(E2 | H) &= 1 \\ P(E3 | H) &= 1 \\ P(E4 | H) &= 1 \\ P(E5 | H) &= 1 \\ P(E6 | H) &= 1 \\ P(E7 | H) &= 1 \\ P(E8 | H) &= 0 \\ P(E9 | H) &= 1 \\ P(E10 | H) &= 0 \\ P(E11 | H) &= 0 \\ P(E12 | H) &= 1 \\ P(E13 | H) &= 0 \\ P(E14 | H) &= 0 \\ P(E15 | H) &= 1 \\ P(E16 | H) &= 1 \\ P(E17 | H) &= 1 \\ P(E18 | H) &= 1 \\ P(E19 | H) &= 1 \\ P(E20 | H) &= 0 \\ P(E21 | H) &= 1 \\ P(E22 | H) &= 0 \end{aligned}$$

2. Perhitungan pada Variabel II Kondisi Lokasi

$$\begin{aligned} P(E1 | H) &= 1 \\ P(E2 | H) &= 1 \\ P(E3 | H) &= 1 \\ P(E4 | H) &= 0,667 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(E5 | H) &= 1 \\
P(E6 | H) &= 1 \\
P(E7 | H) &= 1 \\
P(E8 | H) &= 0 \\
P(E9 | H) &= 0 \\
P(E10 | H) &= 0
\end{aligned}$$

3. Perhitungan pada Variabel III Konstruksi Operatif

a. Peralatan

$$\begin{aligned}
P(E1 | H) &= 0,333 \\
P(E2 | H) &= 1 \\
P(E3 | H) &= 1 \\
P(E4 | H) &= 1 \\
P(E5 | H) &= 0,333 \\
P(E6 | H) &= 0,667 \\
P(E7 | H) &= 1 \\
P(E8 | H) &= 1 \\
P(E9 | H) &= 1 \\
P(E10 | H) &= 0
\end{aligned}$$

b. Metode Konstruksi

$$\begin{aligned}
P(E1 | H) &= 0 \\
P(E2 | H) &= 1 \\
P(E3 | H) &= 1 \\
P(E4 | H) &= 0 \\
P(E5 | H) &= 0,667 \\
P(E6 | H) &= 1 \\
P(E7 | H) &= 1 \\
P(E8 | H) &= 1 \\
P(E9 | H) &= 1 \\
P(E10 | H) &= 1 \\
P(E11 | H) &= 1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(E12 | H) &= 1 \\
P(E13 | H) &= 1 \\
P(E14 | H) &= 0,333 \\
P(E15 | H) &= 0,333 \\
P(E16 | H) &= 0,333
\end{aligned}$$

Menggunakan persamaan 3.1 didapat hasil analisis dari variabel I sampai dengan Variabel III poin b pada pekerjaan *tunnel* untuk menghitung seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* keselamatan kerja pekerjaan *tunnel* secara keseluruhan dapat menggunakan Persamaan 5.2 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
P(E1_{comb} | H) &= 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0 \times 1 \times 0 \times 0 \times 1 \times 0 \times 0 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0 \times 1 \times 0 \\
&= 0,682
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(E2_{comb} | H) &= 1 \times 1 \times 1 \times 0,667 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0 \times 0 \times 0 \\
&= 0,667
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(E3.a_{comb} | H) &= 0,333 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,333 \times 0,667 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0 \\
&= 0,733
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(E3.b_{comb} | H) &= 0 \times 1 \times 1 \times 0 \times 0,667 \times 1 \times 0,333 \times 0,333 \times \\
&\quad 0,333 \\
&= 0,729
\end{aligned}$$

Dari keempat variabel tersebut kemudian dapat diketahui nilai $P(E_{comb} | H)$ secara keseluruhan. Adapun nilai tersebut di analisis dengan menggunakan persamaan 5.2.

$$\begin{aligned}
P(E_{comb} | H) &= P(E1_{comb} | H) \times P(E2_{comb} | H) \times P(E3.a_{comb} | H) \times \\
&\quad P(E3.b_{comb} | H) \\
&= 0,682 \times 0,667 \times 0,733 \times 0,729 \\
&= 0,2430
\end{aligned}$$

Menggunakan hasil dari persamaan 3.1. untuk mengetahui seberapa ketidakamanan pelaksanaan pekerjaan *tunnel* berdasarkan *checklist*, setelah perhitungan tersebut lalu menghitung secara keseluruhan dengan menggunakan persamaan 3.3.

1. Perhitungan pada Variabel I Tindakan Operatif

$P(E1 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E2 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E3 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E4 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E5 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E6 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E7 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E8 H')$	$= 1 - 0$	$= 1$
$P(E9 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E10 H')$	$= 1 - 0$	$= 1$
$P(E11 H')$	$= 1 - 0$	$= 1$
$P(E12 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E13 H')$	$= 1 - 0$	$= 1$
$P(E14 H')$	$= 1 - 0$	$= 1$
$P(E15 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E16 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E17 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E18 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E19 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E20 H')$	$= 1 - 0$	$= 1$
$P(E21 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E22 H')$	$= 1 - 0$	$= 1$

2. Perhitungan pada Variabel II Kondisi Lokasi

$P(E1 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E2 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E3 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E4 H')$	$= 1 - 0,667$	$= 0,333$
$P(E5 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E6 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E7 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$

$$\begin{aligned}
P(E8 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E9 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E10 | H') &= 1 - 0 &= 1
\end{aligned}$$

3. Perhitungan pada Variabel III Konstruksi Operatif

a. Peralatan

$$\begin{aligned}
P(E1 | H') &= 1 - 0,333 &= 0,667 \\
P(E2 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E3 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E4 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E5 | H') &= 1 - 0,333 &= 0,667 \\
P(E6 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E7 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E8 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E9 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E10 | H') &= 1 - 0 &= 1
\end{aligned}$$

b. Metode Konstruksi

$$\begin{aligned}
P(E1 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E2 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E3 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E4 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E5 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E6 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E7 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E8 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E9 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E10 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E11 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E12 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E13 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E14 | H') &= 1 - 0,333 &= 0,667
\end{aligned}$$

$$P(E15 | H') = 1 - 0,333 = 0,667$$

$$P(E16 | H') = 1 - 0,333 = 0,667$$

Menggunakan persamaan 3.3 didapat hasil analisis dari variabel I sampai dengan Variabel III poin b pada pekerjaan *tunnel* untuk menghitung seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* keselamatan kerja pekerjaan *tunnel* secara keseluruhan dapat menggunakan persamaan 3.4 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} P(E1_{comb} | H') &= 0 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 \times 1 \times 0 \times 1 \times 1 \times 0 \times 1 \times 1 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 \times 1 \times 0 \times 1 \\ &= 0,318 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(E2_{comb} | H') &= 0 \times 0 \times 0 \times 0,333 \times 0 \times 0 \times 0 \times 1 \times 1 \times 1 \\ &= 0,333 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(E3a_{comb} | H') &= 0,667 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0,667 \times 0,333 \times 0 \times 0 \times 0 \times 1 \\ &= 0,267 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(E3b_{comb} | H') &= 1 \times 0 \times 0 \times 1 \times 0,333 \times 0 \times 0,667 \times 0,667 \times \\ &0,667 \\ &= 0,271 \end{aligned}$$

Dari keempat variabel tersebut kemudian dapat diketahui nilai $P(E_{comb} | H')$ secara keseluruhan. Adapun nilai tersebut di analisis dengan menggunakan persamaan 3.4.

$$\begin{aligned} P(E_{comb} | H') &= P(E1_{comb} | H) \times P(E2_{comb} | H) \times P(E3.a_{comb} | H) \times \\ &P(E3.b_{comb} | H) \\ &= 0,318 \times 0,333 \times 0,267 \times 0,271 \\ &= 0,0077 \end{aligned}$$

Menghitung banyaknya kemungkinan dari pekerjaan aman pada pekerjaan *tunnel* dengan 4 variabel dapat dianalisis menggunakan persamaan 3.5.

$$\begin{aligned} P(H) &= \frac{1}{4^{4+1}} \\ &= \frac{1}{4^5} \\ &= 0,0010 \end{aligned}$$

Keterangan :

1 = Nilai aman (*Safety Score*)

Kemungkinan = 4 (0 ; 0,333 ; 0,667 ; 1)

Evidence = Banyaknya bukti yang dapat dianalisis

Menghitung banyaknya kemungkinan dari pekerjaan tidak aman pada pekerjaan *tunnel* dengan 4 variabel dapat dianalisis menggunakan persamaan 3.5.

$$\begin{aligned} P(H') &= \frac{3}{4^{3+1}} \\ &= \frac{3}{4^4} \\ &= 0,0029 \end{aligned}$$

Menggunakan hasil analisis dengan menggunakan persamaan 3.1 sampai persamaan 3.6 untuk menghitung kemungkinan sebuah pekerjaan konstruksi yang aman digunakan berdasarkan pada informasi yang diperoleh dari foto dapat dianalisis dengan menggunakan Persamaan 5.7.

$$\begin{aligned} P(H | E_{comb}) &= \frac{\{P(E_{comb} | H) \times P(H)\}}{\{P(E_{comb} | H) \times P(H)\} + \{P(E_{comb} | H') \times P(H')\}} \\ &= \frac{\{0,2430 \times 0,0010\}}{\{0,2430 \times 0,0010\} + \{0,0077 \times 0,0029\}} \\ &= 0,9136 \end{aligned}$$

Perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan data yang didapat dari narasumber 3 didapat hasil $P(H | E_{comb})$ senilai 0,9136 atau probabilitas yang terjadi menurut narasumber 3 senilai 91,36%, yang berarti bahwa pekerjaan *tunnel* menurut narasumber 3 dilakukan dengan aman.

Dinyatakan nilai aman pada pekerjaan *tunnel* menurut narasumber 3 dalam definisi aman berdasarkan bukti pengamatan pada proses pekerjaan *tunnel*. Adapun hasil akhir analisis sebagai berikut:

Skor probabilitas setiap faktor:

Tindakan Operatif (E1)	= 68,18%
Kondisi Proyek (E2)	= 66,67%
Peralatan (E3)	= 73,33%
Metoda Konstruksi (E4)	= 72,91%

5.1.6. Penilaian Berdasarkan Narasumber 4

Tabel 5. 11 Instrumen penilaian menurut narasumber 4

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
I	TINDAKAN OPERATIF						
1	Kode keamanan etik untuk <i>safety officer</i> yaitu Selalu memakai <i>Red safety custom</i> lengkap, tidak memakai celana <i>jeans</i> atau celana lainnya. Pakaian rapi, baju dimasukkan, mengenakan ikat pinggang, membawa <i>handboard</i> , HT, TOA, atau minimal Peluit				✓		1
2	Selalu memakai ID Card selama bekerja				✓		1
3	Stiker helm dan kondisi helm sesuai dengan aturan yang berlaku, tidak ada corat coret dan tidak ada stiker non standard				✓		1
4	Hari minggu boleh mengenakan pakaian bebas rapi, ketika ke lapangan harus mengenakan <i>Band safety</i>				✓		1
5	Semua pendatang baru harus melaporkan untuk memiliki ID Card.				✓		1
6	Tidak merokok, makan dan minum di seluruh wilayah <i>construction</i> , kecuali di tempat istirahat atau kantin				✓		1
7	Kelengkapan Alat Pelindung Diri (APD) wajib setiap personil yang terlibat di lapangan : <i>safety helmet</i> , <i>safety shoes</i> , <i>safety vest</i> , <i>safety hand gloves</i> .				✓		1
8	<i>Safety sign</i> harus mudah dipahami	✓					0
9	Area proyek bersih dari material-material sisa / tidak terpakai / berbahaya				✓		1
10	Terdapat APAR di beberapa sudut lokasi proyek (mudah dijangkau)	✓					0
11	Terdapat Sirine di lokasi (mudah dijangkau)	✓					0
12	Keaktifan <i>safety officer</i> dalam mengontrol pekerjaan.	✓					0
13	Tempat kerja yang tinggi harus dilengkapi dengan tangga yang cukup untuk dilewati orang atau alat yang dipakai, Jika perlu pada keadaan tertentu, untuk menghindari bahaya terhadap tenaga kerja :				✓		1
14	a. Diberi <i>platform</i> / pelataran dari kayu atau plat besi			✓			0,667
15	b. Pekerja menggunakan sabuk pengaman yang kuat				✓		1
16	Kebutuhan Oksigen harus disediakan	✓					0
17	Terdapat <i>emergency box</i> pada jarak yang mudah di gapai sepanjang <i>Tunneling</i>			✓			0,667
18	Lampu penerangan harus disediakan			✓			0,667
19	Jenis dan pemasangan lampu tidak boleh mengganggu operasional, disesuaikan dengan sifat pencahayaan dan jangkauan				✓		1

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
	/ radius penyarannya, luasnya lokasi pekerjaan						
20	Wilayah proyek pemisahan (lokasi pagar sementara), akses pekerja, dan jenis lain yang dibatasi.	✓					0
21	Ketersediaan personel K3 dalam sebuah proyek paling tidak terdiri dari Ahli K3 Konstruksi, Supervisor K3 Konstruksi, dan Petugas K3 Konstruksi.			✓			0,667
22	Ketersediaan personel K3 dalam melakukan pendampingan bagi tamu yang berkunjung ke lokasi			✓			0,667
II	KONDISI LOKASI						
1	Saluran drainase hujan <i>temporary</i> di <i>site</i> .		✓				0,333
2	Akses alat berat harus bersih dari berbagai macam sisa material dan alat-alat yang tidak terpakai.				✓		1
3	Terdapat <i>safety sign</i> / rambu / <i>police line</i> disekitar akses alat berat.				✓		1
4	Adanya aktivitas untuk membersihkan area lokasi penggalian dari sisa material galian demi kelancaran mobilisasi			✓			0,667
5	Adanya ketersediaan untuk <i>supply</i> oksigen yang cukup untuk kebutuhan para pekerja (Udara masuk > Kebutuhan udara)			✓			0,667
6	Adanya penerangan yang memadai				✓		1
7	Akses alat berat dan mobilisasi yang cukup selama melakukan penggalian dan penghantaran material di lokasi				✓		1
8	Adanya <i>confined space</i> bilamana terjadi keadaan darurat	✓					0
9	Adanya <i>monitoring</i> Gas	✓					0
10	Adanya pengelolaan air / <i>dewatering</i> bilamana terjadi hujan				✓		1
III	KONSTRUKSI OPERATIF						
A	PERALATAN						
1	Kelengkapan alat pemeliharaan dan pengoperasian harian alat.	✓					0
2	Terdapat excavator + attachment breaker yang digunakan untuk melakukan penggalian			✓			0,667
3	Terdapat loader yang digunakan untuk memindahkan material			✓			0,667
4	Terdapat dump truck yang digunakan untuk mengangkat material	✓					0
5	Terdapat <i>emergency tools</i> yang disediakan di dalam <i>Tunneling</i>	✓					0
6	Adanya inspeksi peralatan (pra, berkala, Insidental)	✓					0
7	Terdapat sarana pendukung yang memadai (<i>sump</i> , saluran listrik, hose air, hose udara, channel, ventilasi udara masuk, ventilasi udara keluar)				✓		1

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
8	Terdapat panel untuk <i>shotcrete</i> , pompa dan <i>motor fan</i> yang dapat dipindah-pindahkan				✓		1
9	Terdapat fasilitas elektrikal di dalam <i>Tunneling</i> seperti panel listrik, kabel, dll.				✓		1
10	Terdapat <i>tunnel</i> di dalam <i>Tunneling</i> yang digunakan dalam menyalurkan kebutuhan air selama kegiatan <i>shotcrete</i> dan kegiatan <i>rockbolt</i> (perendaman <i>cathridge sika rokon</i>)				✓		1
B	METODE KONSTRUKSI						
1	Dilakukan pemasangan proteksi (<i>forepoling</i>) pada muka <i>Tunneling</i> (<i>Face tunnel</i>)	✓					0
2	Dilakukan pemasangan portal sementara (<i>temporary portal</i>) pada muka <i>Tunneling</i>			✓			0,667
3	Untuk menentukan rencana kedalaman & perkuatan penggalian, harus dilakukan <i>marking survey & mapping</i> terlebih dahulu			✓			0,667
4	Tipe penggalian ataupun penyangga yang digunakan (<i>Rock Bolt, shotcrete, and steel sets</i>) harus disesuaikan terlebih dahulu sesuai dengan kelas massa batuan			✓			0,667
5	Dalam melakukan proses galian harus mempertimbangkan persyaratan <i>stand-up time Tunneling</i> yaitu 30 menit		✓				0,333
6	Proses <i>mucking</i> harus dilakukan secara paralel				✓		1
7	Pemilihan dimensi alat berat disesuaikan dengan lebar <i>tunnel</i> terluar (<i>outher width</i>), lebar <i>wiremesh</i> , dan juga <i>steel rib</i>				✓		1
8	<i>Steel Rib</i> dilakukan perkuatan menggunakan baja dan diinstal dengan jarak, 0,75 m as ke as				✓		1
9	Pada bagian <i>base plate steel rib</i> dilakukan perkuatan			✓			0,667
10	<i>Joint Plate</i> pada <i>steel rib</i> harus dilakukan pengencangan dengan menggunakan baut, dan dilakukan pengecekan kelurusan sebelum dilakukan <i>grouting</i> pada angkur <i>base plate</i>			✓			0,667
11	<i>Wiremesh</i> harus dipasang apabila <i>steel rib support</i> telah selesai terinstal, dan posisi <i>wiremesh</i> harus berada diantara <i>steel rib</i> dan <i>primary shotcrete</i>			✓			0,667
12	Ketebalan <i>shotcrete</i> pada <i>Tunneling</i> disesuaikan dengan luas bukaan <i>Tunneling</i>				✓		1
13	Mutu <i>dry mix</i> harus tetap terjamin				✓		1

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
14	Pengeboran lubang untuk <i>rock bolt</i> menggunakan <i>legdrill</i> dimana pada bagian ujungnya harus diberikan <i>face plate</i> dan <i>nut & washer</i>				✓		1
15	Dilakukan <i>pullout</i> test sesuai dengan tegangan ultimate pada desain	✓					0
16	Setelah dilakukan <i>pull-out</i> test, dilakukan pengecekan <i>displacement</i> pada <i>rockbolt</i>	✓					0

Mengetahui nilai yang akan di *checklist* dilakukan dengan melihat visual pada gambar yang terdapat pada sub bab 5.1.1. Setelah dilakukan semua *checklist* maka selanjutnya melakukan pengolahan data dengan menggunakan teori Bayes untuk menghitung seberapa aman pelaksanaan pekerjaan dari hasil penilaian *checklist* keselamatan kerja pada pekerjaan *tunnel* Proyek Bendungan Tefmo/Manikin Paket 1.

Analisis dilakukan dengan menggunakan data berupa hasil dokumentasi untuk mengetahui seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* keselamatan kerja pekerjaan *tunnel*.

Untuk mengetahui hasil keselamatan kerja pada Pekerjaan *Tunnel* tersebut dapat dilihat pada persamaan 3.1. Adapun untuk analisis dari ke empat variabel sebagai berikut:

1. Perhitungan pada Variabel I Tindakan Operatif

- P (E1 | H) = 1
- P (E2 | H) = 1
- P (E3 | H) = 1
- P (E4 | H) = 1
- P (E5 | H) = 1
- P (E6 | H) = 1
- P (E7 | H) = 1
- P (E8 | H) = 0
- P (E9 | H) = 1
- P (E10 | H) = 0
- P (E11 | H) = 0
- P (E12 | H) = 0

$$\begin{aligned}
P(E13 | H) &= 1 \\
P(E14 | H) &= 0,667 \\
P(E15 | H) &= 1 \\
P(E16 | H) &= 0 \\
P(E17 | H) &= 0,667 \\
P(E18 | H) &= 0,667 \\
P(E19 | H) &= 1 \\
P(E20 | H) &= 0 \\
P(E21 | H) &= 0,667 \\
P(E22 | H) &= 0,667
\end{aligned}$$

2. Perhitungan pada Variabel II Kondisi Lokasi

$$\begin{aligned}
P(E1 | H) &= 0,333 \\
P(E2 | H) &= 1 \\
P(E3 | H) &= 1 \\
P(E4 | H) &= 0,667 \\
P(E5 | H) &= 0,667 \\
P(E6 | H) &= 1 \\
P(E7 | H) &= 1 \\
P(E8 | H) &= 0 \\
P(E9 | H) &= 0 \\
P(E10 | H) &= 1
\end{aligned}$$

3. Perhitungan pada Variabel III Konstruksi Operatif

a. Peralatan

$$\begin{aligned}
P(E1 | H) &= 0 \\
P(E2 | H) &= 0,667 \\
P(E3 | H) &= 0,667 \\
P(E4 | H) &= 0 \\
P(E5 | H) &= 0 \\
P(E6 | H) &= 0 \\
P(E7 | H) &= 1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(E8 | H) &= 1 \\
P(E9 | H) &= 1 \\
P(E10 | H) &= 1
\end{aligned}$$

b. Metode Konstruksi

$$\begin{aligned}
P(E1 | H) &= 0 \\
P(E2 | H) &= 0,667 \\
P(E3 | H) &= 0,667 \\
P(E4 | H) &= 0,667 \\
P(E5 | H) &= 0,333 \\
P(E6 | H) &= 1 \\
P(E7 | H) &= 1 \\
P(E8 | H) &= 1 \\
P(E9 | H) &= 0,667 \\
P(E10 | H) &= 0,667 \\
P(E11 | H) &= 0,667 \\
P(E12 | H) &= 1 \\
P(E13 | H) &= 1 \\
P(E14 | H) &= 1 \\
P(E15 | H) &= 0 \\
P(E16 | H) &= 0
\end{aligned}$$

Menggunakan persamaan 3.1 didapat hasil analisis dari variabel I sampai dengan Variabel III poin b pada pekerjaan *tunnel* untuk menghitung seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* keselamatan kerja pekerjaan *tunnel* secara keseluruhan dapat menggunakan persamaan 3.2 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
P(E1_{comb} | H) &= 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0 \times 1 \times 0 \times 0 \times 0 \times 1 \times 0,667 \times 1 \times 0 \times 0,667 \times \\
&\quad 0,667 \times 1 \times 0 \times 0,667 \times 0,667 \\
&= 0,652
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(E2_{comb} | H) &= 0,333 \times 1 \times 1 \times 0,667 \times 0,667 \times 1 \times 1 \times 0 \times 0 \times 1 \\
&= 0,667
\end{aligned}$$

$$P(E3.a_{comb} | H) = 0 \times 0,667 \times 0,667 \times 0 \times 0 \times 0 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1$$

$$\begin{aligned}
&= 0,533 \\
P(E3.b_{comb} | H) &= 0 \times 0,667 \times 0,667 \times 0,667 \times 0,333 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,667 \times 0,667 \times \\
&\quad 0,667 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0 \times 0 \\
&= 0,646
\end{aligned}$$

Dari keempat variabel tersebut kemudian dapat diketahui nilai $P(E_{comb} | H)$ secara keseluruhan. Adapun nilai tersebut di analisis dengan menggunakan persamaan 3.2.

$$\begin{aligned}
P(E_{comb} | H) &= P(E1_{comb} | H) \times P(E2_{comb} | H) \times P(E3.a_{comb} | H) \times \\
&\quad P(E3.b_{comb} | H) \\
&= 0,652 \times 0,667 \times 0,533 \times 0,646 \\
&= 0,1497
\end{aligned}$$

Menggunakan hasil dari Persamaan 5.1. untuk mengetahui seberapa ketidakamanan pelaksanaan pekerjaan *tunnel* berdasarkan *checklist*, setelah perhitungan tersebut lalu menghitung secara keseluruhan dengan menggunakan Persamaan 5.3.

1. Perhitungan pada Variabel I Tindakan Operatif

$$\begin{aligned}
P(E1 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E2 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E3 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E4 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E5 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E6 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E7 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E8 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E9 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E10 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E11 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E12 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E13 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E14 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(E15 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E16 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E17 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E18 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E19 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E20 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E21 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E22 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333
\end{aligned}$$

2. Perhitungan pada Variabel II Kondisi Lokasi

$$\begin{aligned}
P(E1 | H') &= 1 - 0,333 &= 0,667 \\
P(E2 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E3 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E4 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E5 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E6 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E7 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E8 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E9 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E10 | H') &= 1 - 1 &= 0
\end{aligned}$$

3. Perhitungan pada Variabel III Konstruksi Operatif

a. Peralatan

$$\begin{aligned}
P(E1 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E2 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E3 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E4 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E5 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E6 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E7 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E8 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E9 | H') &= 1 - 1 &= 0
\end{aligned}$$

$$P(E_{10} | H') = 1 - 1 = 0$$

b. Metode Konstruksi

$$P(E_1 | H') = 1 - 0 = 1$$

$$P(E_2 | H') = 1 - 0,667 = 0,333$$

$$P(E_3 | H') = 1 - 0,667 = 0,333$$

$$P(E_4 | H') = 1 - 0,667 = 0,333$$

$$P(E_5 | H') = 1 - 0,333 = 0,667$$

$$P(E_6 | H') = 1 - 1 = 0$$

$$P(E_7 | H') = 1 - 1 = 0$$

$$P(E_8 | H') = 1 - 1 = 0$$

$$P(E_9 | H') = 1 - 0,667 = 0,333$$

$$P(E_{10} | H') = 1 - 0,667 = 0,333$$

$$P(E_{11} | H') = 1 - 0,667 = 0,333$$

$$P(E_{12} | H') = 1 - 1 = 0$$

$$P(E_{13} | H') = 1 - 1 = 0$$

$$P(E_{14} | H') = 1 - 1 = 0$$

$$P(E_{15} | H') = 1 - 0 = 1$$

$$P(E_{16} | H') = 1 - 0 = 1$$

Menggunakan persamaan 3.3 didapat hasil analisis dari variabel I sampai dengan Variabel III poin b pada pekerjaan *tunnel* untuk menghitung seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* keselamatan kerja pekerjaan *tunnel* secara keseluruhan dapat menggunakan persamaan 3.4 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} P(E_{1\text{comb}} | H') &= 0 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 \times 1 \times 0 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0 \times 0,333 \times 0 \times 1 \times 0,333 \times \\ &\quad 0,333 \times 0 \times 1 \times 0,333 \times 0,333 \\ &= 0,348 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(E_{2\text{comb}} | H') &= 0,667 \times 0 \times 0 \times 0,333 \times 0,333 \times 0 \times 0 \times 1 \times 1 \times 0 \\ &= 0,333 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(E_{3a\text{comb}} | H') &= 1 \times 0,333 \times 0,333 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 \\ &= 0,467 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(E3b_{comb} | H') &= 1 \times 0,333 \times 0,333 \times 0,333 \times 0,667 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0,333 \times 0,333 \times \\
&\quad 0,333 \times 0 \times 0 \times 0 \times 1 \times 1 \\
&= 0,354
\end{aligned}$$

Dari keempat variabel tersebut kemudian dapat diketahui nilai $P(E_{comb} | H')$ secara keseluruhan. Adapun nilai tersebut di analisis dengan menggunakan persamaan 3.4.

$$\begin{aligned}
P(E_{comb} | H') &= P(E1_{comb} | H) \times P(E2_{comb} | H) \times P(E3.a_{comb} | H) \times \\
&\quad P(E3.b_{comb} | H) \\
&= 0,348 \times 0,333 \times 0,467 \times 0,354 \\
&= 0,0192
\end{aligned}$$

Menghitung banyaknya kemungkinan dari pekerjaan aman pada pekerjaan *tunnel* dengan 4 variabel dapat dianalisis menggunakan persamaan 3.5.

$$\begin{aligned}
P(H) &= \frac{1}{4^{4+1}} \\
&= \frac{1}{4^5} \\
&= 0,0010
\end{aligned}$$

Keterangan :

1 = Nilai aman (*Safety Score*)

Kemungkinan = 4 (0 ; 0,333 ; 0,667 ; 1)

Evidence = Banyaknya bukti yang dapat dianalisis

Menghitung banyaknya kemungkinan dari pekerjaan tidak aman pada pekerjaan *tunnel* dengan 4 variabel dapat dianalisis menggunakan persamaan 3.5.

$$\begin{aligned}
P(H') &= \frac{3}{4^{3+1}} \\
&= \frac{3}{4^4} \\
&= 0,0029
\end{aligned}$$

Menggunakan hasil analisis dengan menggunakan persamaan 3.1 sampai persamaan 3.6 untuk menghitung kemungkinan sebuah pekerjaan konstruksi yang aman digunakan berdasarkan pada informasi yang diperoleh dari foto dapat dianalisis dengan menggunakan persamaan 3.7.

$$\begin{aligned}
P(H | E_{\text{comb}}) &= \frac{\{P(E_{\text{comb}} | H) \times P(H)\}}{\{P(E_{\text{comb}} | H) \times P(H)\} + \{P(E_{\text{comb}} | H') \times P(H')\}} \\
&= \frac{\{0,1497 \times 0,0010\}}{\{0,1497 \times 0,0010\} + \{0,0192 \times 0,0029\}} \\
&= 0,7223
\end{aligned}$$

Perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan data yang didapat dari narasumber 4 didapat hasil $P(H | E_{\text{comb}})$ senilai 0,7223 atau probabilitas yang terjadi menurut narasumber 4 senilai 72,23%, yang berarti bahwa pekerjaan *tunnel* menurut narasumber 4 dilakukan dengan aman.

Dinyatakan nilai aman pada pekerjaan *tunnel* menurut narasumber 4 dalam definisi aman berdasarkan bukti pengamatan pada proses pekerjaan *tunnel*, Adapun hasil akhir analisis sebagai berikut:

Skor probabilitas setiap faktor:

- Tindakan Operatif (E1) = 65,16%
- Kondisi Proyek (E2) = 66,67%
- Peralatan (E3) = 53,34%
- Metoda Konstruksi (E4) = 64,59%

5.1.7. Penilaian Berdasarkan Narasumber 5

Tabel 5. 12 Instrumen penilaian menurut narasumber 5

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
I	TINDAKAN OPERATIF						
1	Kode keamanan etik untuk <i>safety officer</i> yaitu Selalu memakai <i>Red safety custom</i> lengkap, tidak memakai celana <i>jeans</i> atau celana lainnya. Pakaian rapi, baju dimasukkan, mengenakan ikat pinggang, membawa <i>handboard</i> , HT, TOA, atau minimal Peluit			✓			0,667
2	Selalu memakai ID <i>Card</i> selama bekerja	✓					0
3	Stiker helm dan kondisi helm sesuai dengan aturan yang berlaku, tidak ada corat coret dan tidak ada stiker non standard				✓		1
4	Hari minggu boleh mengenakan pakaian bebas rapi, ketika ke lapangan harus mengenakan <i>Band safety</i>	✓					0
5	Semua pendatang baru harus melaporkan untuk memiliki ID <i>Card</i> .					✓	0

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
6	Tidak merokok, makan dan minum di seluruh wilayah <i>construction</i> , kecuali di tempat istirahat atau kantin				✓		1
7	Kelengkapan Alat Pelindung Diri (APD) wajib setiap personil yang terlibat di lapangan : <i>safety helmet, safety shoes, safety vest, safety hand gloves.</i>				✓		1
8	<i>Safety sign</i> harus mudah dipahami				✓		1
9	Area proyek bersih dari material-material sisa / tidak terpakai / berbahaya				✓		1
10	Terdapat APAR di beberapa sudut lokasi proyek (mudah dijangkau)	✓					0
11	Terdapat Sirine di lokasi (mudah dijangkau)	✓					0
12	Keaktifan <i>safety officer</i> dalam mengontrol pekerjaan.				✓		1
13	Tempat kerja yang tinggi harus dilengkapi dengan tangga yang cukup untuk dilewati orang atau alat yang dipakai, Jika perlu pada keadaan tertentu, untuk menghindari bahaya terhadap tenaga kerja :				✓		1
14	a. Diberi <i>platform</i> / pelataran dari kayu atau plat besi				✓		1
15	b. Pekerja menggunakan sabuk pengaman yang kuat				✓		1
16	Kebutuhan Oksigen harus disediakan				✓		1
17	Terdapat <i>emergency box</i> pada jarak yang mudah di gapai sepanjang <i>Tunneling</i>				✓		1
18	Lampu penerangan harus disediakan				✓		1
19	Jenis dan pemasangan lampu tidak boleh mengganggu operasional, disesuaikan dengan sifat pencahayaan dan jangkauan / radius peninarannya, luasnya lokasi pekerjaan				✓		1
20	Wilayah proyek pemisahan (lokasi pagar sementara), akses pekerja, dan jenis lain yang dibatasi.		✓				0,333
21	Ketersediaan personel K3 dalam sebuah proyek paling tidak terdiri dari Ahli K3 Konstruksi, Supervisor K3 Konstruksi, dan Petugas K3 Konstruksi.				✓		1
22	Ketersediaan personel K3 dalam melakukan pendampingan bagi tamu yang berkunjung ke lokasi				✓		1
II	KONDISI LOKASI						
1	Saluran drainase hujan <i>temporary</i> di <i>site</i> .			✓			0,667
2	Akses alat berat harus bersih dari berbagai macam sisa material dan alat-alat yang tidak terpakai.			✓			0,667
3	Terdapat <i>safety sign</i> / rambu / <i>police line</i> disekitar akses alat berat.		✓				0,333

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
4	Adanya aktivitas untuk membersihkan area lokasi penggalian dari sisa material galian demi kelancaran mobilisasi				✓		1
5	Adanya ketersediaan untuk <i>supply</i> oksigen yang cukup untuk kebutuhan para pekerja (Udara masuk > Kebutuhan udara)				✓		1
6	Adanya penerangan yang memadai				✓		1
7	Akses alat berat dan mobilisasi yang cukup selama melakukan penggalian dan penghantaran material di lokasi				✓		1
8	Adanya <i>confined space</i> bilamana terjadi keadaan darurat		✓				0,333
9	Adanya <i>monitoring</i> Gas		✓				0,333
10	Adanya pengelolaan air / <i>dewatering</i> bilamana terjadi hujan		✓				0,333
III	KONSTRUKSI OPERATIF						
A	PERALATAN						
1	Kelengkapan alat pemeliharaan dan pengoperasian harian alat.				✓		1
2	Terdapat excavator + attachment breaker yang digunakan untuk melakukan penggalian				✓		1
3	Terdapat loader yang digunakan untuk memindahkan material		✓				0,333
4	Terdapat dump truck yang digunakan untuk mengangkat material				✓		1
5	Terdapat <i>emergency tools</i> yang disediakan di dalam <i>Tunneling</i>				✓		1
6	Adanya inspeksi peralatan (pra, berkala, Insidental)		✓				0,333
7	Terdapat sarana pendukung yang memadai (<i>sump</i> , saluran listrik, hose air, hose udara, channel, ventilasi udara masuk, ventilasi udara keluar)			✓			0,667
8	Terdapat panel untuk <i>shotcrete</i> , pompa dan <i>motor fan</i> yang dapat dipindah-pindahkan			✓			0,667
9	Terdapat fasilitas elektrikal di dalam <i>Tunneling</i> seperti panel listrik, kabel, dll.				✓		1
10	Terdapat <i>tunnel</i> di dalam <i>Tunneling</i> yang digunakan dalam menyalurkan kebutuhan air selama kegiatan <i>shotcrete</i> dan kegiatan <i>rockbolt</i> (perendaman cathridge sika rokon)	✓					0
B	METODE KONSTRUKSI						
1	Dilakukan pemasangan proteksi (<i>forepoling</i>) pada muka <i>Tunneling</i> (<i>Face tunnel</i>)				✓		1
2	Dilakukan pemasangan portal sementara (<i>temporary portal</i>) pada muka <i>Tunneling</i>				✓		1
3	Untuk menentukan rencana kedalaman & kekuatan penggalian, harus				✓		1

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
	dilakukan <i>marking survey & mapping</i> terlebih dahulu						
4	Tipe penggalian ataupun penyangga yang digunakan (<i>Rock Bolt, shotcrete, and steel sets</i>) harus disesuaikan terlebih dahulu sesuai dengan kelas massa batuan				✓		1
5	Dalam melakukan proses galian harus mempertimbangkan persyaratan <i>stand-up time Tunneling</i> yaitu 30 menit				✓		1
6	Proses <i>mucking</i> harus dilakukan secara paralel				✓		1
7	Pemilihan dimensi alat berat disesuaikan dengan lebar <i>tunnel</i> terluar (<i>outher width</i>), lebar <i>wiremesh</i> , dan juga <i>steel rib</i>				✓		1
8	<i>Steel Rib</i> dilakukan perkuatan menggunakan baja dan diinstal dengan jarak, 0,75 m as ke as				✓		1
9	Pada bagian <i>base plate steel rib</i> dilakukan perkuatan				✓		1
10	<i>Joint Plate</i> pada <i>steel rib</i> harus dilakukan pengencangan dengan menggunakan baut, dan dilakukan pengecekan kelurusan sebelum dilakukan <i>grouting</i> pada angkur <i>base plate</i>				✓		1
11	<i>Wiremesh</i> harus dipasang apabila <i>steel rib support</i> telah selesai terinstal, dan posisi <i>wiremesh</i> harus berada diantara <i>steel rib</i> dan <i>primary shotcrete</i>				✓		1
12	Ketebalan <i>shotcrete</i> pada <i>Tunneling</i> disesuaikan dengan luas bukaan <i>Tunneling</i>				✓		1
13	Mutu <i>dry mix</i> harus tetap terjamin				✓		1
14	Pengeboran lubang untuk <i>rock bolt</i> menggunakan <i>legdrill</i> dimana pada bagian ujungnya harus diberikan <i>face plate</i> dan <i>nut & washer</i>	✓					0
15	Dilakukan <i>pullout test</i> sesuai dengan tegangan ultimate pada desain		✓				0,333
16	Setelah dilakukan <i>pull-out test</i> , dilakukan pengecekan <i>displacement</i> pada <i>rockbolt</i>		✓				0,333

Mengetahui nilai yang akan di *checklist* dilakukan dengan melihat visual pada gambar yang terdapat pada sub bab 5.1.1. Setelah dilakukan semua *checklist* maka selanjutnya melakukan pengolahan data dengan menggunakan teori Bayes untuk menghitung seberapa aman pelaksanaan pekerjaan dari hasil penilaian *checklist*

keselamatan kerja pada pekerjaan *tunnel* Proyek Bendungan Tefmo/Manikin Paket 1.

Analisis dilakukan dengan menggunakan data berupa hasil dokumentasi untuk mengetahui seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* keselamatan kerja pekerjaan *tunnel*.

Untuk mengetahui hasil keselamatan kerja pada Pekerjaan *Tunnel* tersebut dapat dilihat pada persamaan 3.1. Adapun untuk analisis dari ke empat variabel sebagai berikut:

1. Perhitungan pada Variabel I Tindakan Operatif

$$P (E1 | H) = 0,667$$

$$P (E2 | H) = 0$$

$$P (E3 | H) = 1$$

$$P (E4 | H) = 0$$

$$P (E5 | H) = 0$$

$$P (E6 | H) = 1$$

$$P (E7 | H) = 1$$

$$P (E8 | H) = 1$$

$$P (E9 | H) = 1$$

$$P (E10 | H) = 0$$

$$P (E11 | H) = 0$$

$$P (E12 | H) = 1$$

$$P (E13 | H) = 1$$

$$P (E14 | H) = 1$$

$$P (E15 | H) = 1$$

$$P (E16 | H) = 1$$

$$P (E17 | H) = 1$$

$$P (E18 | H) = 1$$

$$P (E19 | H) = 1$$

$$P (E20 | H) = 0,333$$

$$P (E21 | H) = 1$$

$$P (E22 | H) = 1$$

2. Perhitungan pada Variabel II Kondisi Lokasi

$$P(E1 | H) = 0,667$$

$$P(E2 | H) = 0,667$$

$$P(E3 | H) = 0,333$$

$$P(E4 | H) = 1$$

$$P(E5 | H) = 1$$

$$P(E6 | H) = 1$$

$$P(E7 | H) = 1$$

$$P(E8 | H) = 0,333$$

$$P(E9 | H) = 0,333$$

$$P(E10 | H) = 0,333$$

3. Perhitungan pada Variabel III Konstruksi Operatif

a. Peralatan

$$P(E1 | H) = 1$$

$$P(E2 | H) = 1$$

$$P(E3 | H) = 0,333$$

$$P(E4 | H) = 1$$

$$P(E5 | H) = 1$$

$$P(E6 | H) = 0,333$$

$$P(E7 | H) = 0,667$$

$$P(E8 | H) = 0,667$$

$$P(E9 | H) = 1$$

$$P(E10 | H) = 0$$

b. Metode Konstruksi

$$P(E1 | H) = 1$$

$$P(E2 | H) = 1$$

$$P(E3 | H) = 1$$

$$P(E4 | H) = 1$$

$$P(E5 | H) = 1$$

$$P(E6 | H) = 1$$

$$\begin{aligned}
P(E7 | H) &= 1 \\
P(E8 | H) &= 1 \\
P(E9 | H) &= 1 \\
P(E10 | H) &= 1 \\
P(E11 | H) &= 1 \\
P(E12 | H) &= 1 \\
P(E13 | H) &= 1 \\
P(E14 | H) &= 0 \\
P(E15 | H) &= 0,333 \\
P(E16 | H) &= 0,333
\end{aligned}$$

Menggunakan persamaan 3.1 didapat hasil analisis dari variabel I sampai dengan Variabel III poin b pada pekerjaan *tunnel* untuk menghitung seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* keselamatan kerja pekerjaan *tunnel* secara keseluruhan dapat menggunakan persamaan 3.2 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
P(E1_{comb} | H) &= 0,667 \times 0 \times 1 \times 0 \times 0 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0 \times 0 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times \\
&\quad 1 \times 1 \times 0,333 \times 1 \times 1 \\
&= 0,727
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(E2_{comb} | H) &= 0,667 \times 0,667 \times 0,333 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,333 \times 0,333 \times 0,333 \\
&= 0,667
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(E3.a_{comb} | H) &= 1 \times 1 \times 0,333 \times 1 \times 1 \times 0,333 \times 0,667 \times 0,667 \times 1 \times 0 \\
&= 0,700
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(E3.b_{comb} | H) &= 1 \times 0 \times 0,333 \times 0,333 \\
&= 0,854
\end{aligned}$$

Dari keempat variabel tersebut kemudian dapat diketahui nilai $P(E_{comb} | H)$ secara keseluruhan. Adapun nilai tersebut di analisis dengan menggunakan persamaan 3.2.

$$\begin{aligned}
P(E_{comb} | H) &= P(E1_{comb} | H) \times P(E2_{comb} | H) \times P(E3.a_{comb} | H) \times \\
&\quad P(E3.b_{comb} | H) \\
&= 0,727 \times 0,667 \times 0,700 \times 0,854 \\
&= 0,2899
\end{aligned}$$

Menggunakan hasil dari persamaan 3.1. untuk mengetahui seberapa ketidakamanan pelaksanaan pekerjaan *tunnel* berdasarkan *checklist*, setelah perhitungan tersebut lalu menghitung secara keseluruhan dengan menggunakan persamaan 3.3.

1. Perhitungan pada Variabel I Tindakan Operatif

$P(E1 H')$	$= 1 - 0,667$	$= 0,333$
$P(E2 H')$	$= 1 - 0$	$= 1$
$P(E3 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E4 H')$	$= 1 - 0$	$= 1$
$P(E5 H')$	$= 1 - 0$	$= 1$
$P(E6 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E7 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E8 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E9 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E10 H')$	$= 1 - 0$	$= 1$
$P(E11 H')$	$= 1 - 0$	$= 1$
$P(E12 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E13 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E14 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E15 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E16 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E17 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E18 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E19 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E20 H')$	$= 1 - 0,333$	$= 0,667$
$P(E21 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$
$P(E22 H')$	$= 1 - 1$	$= 0$

2. Perhitungan pada Variabel II Kondisi Lokasi

$P(E1 H')$	$= 1 - 0,667$	$= 0,333$
$P(E2 H')$	$= 1 - 0,667$	$= 0,333$
$P(E3 H')$	$= 1 - 0,333$	$= 0,667$

$$\begin{aligned}
P(E4 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E5 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E6 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E7 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E8 | H') &= 1 - 0,333 &= 0,667 \\
P(E9 | H') &= 1 - 0,333 &= 0,667 \\
P(E10 | H') &= 1 - 0,333 &= 0,667
\end{aligned}$$

3. Perhitungan pada Variabel III Konstruksi Operatif

a. Peralatan

$$\begin{aligned}
P(E1 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E2 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E3 | H') &= 1 - 0,333 &= 0,667 \\
P(E4 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E5 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E6 | H') &= 1 - 0,333 &= 0,667 \\
P(E7 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E8 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E9 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E10 | H') &= 1 - 0 &= 1
\end{aligned}$$

b. Metode Konstruksi

$$\begin{aligned}
P(E1 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E2 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E3 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E4 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E5 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E6 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E7 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E8 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E9 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E10 | H') &= 1 - 1 &= 0
\end{aligned}$$

$$= 0,0010$$

Keterangan :

1 = Nilai aman (*Safety Score*)

Kemungkinan = 4 (0 ; 0,333 ; 0,667 ; 1)

Evidence = Banyaknya bukti yang dapat dianalisis

Menghitung banyaknya kemungkinan dari pekerjaan tidak aman pada pekerjaan *tunnel* dengan 4 variabel dapat dianalisis menggunakan persamaan 3.5.

$$\begin{aligned} P(H') &= \frac{3}{4^{3+1}} \\ &= \frac{3}{4^4} \\ &= 0,0029 \end{aligned}$$

Menggunakan hasil analisis dengan menggunakan persamaan 3.1 sampai persamaan 3.6 untuk menghitung kemungkinan sebuah pekerjaan konstruksi yang aman digunakan berdasarkan pada informasi yang diperoleh dari foto dapat dianalisis dengan menggunakan persamaan 3.7.

$$\begin{aligned} P(H | E_{comb}) &= \frac{\{P(E_{comb} | H) \times P(H)\}}{\{P(E_{comb} | H) \times P(H)\} + \{P(E_{comb} | H') \times P(H')\}} \\ &= \frac{\{0,2899 \times 0,0010\}}{\{0,2899 \times 0,0010\} + \{0,0040 \times 0,0029\}} \\ &= 0,9604 \end{aligned}$$

Perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan data yang didapat dari narasumber 5 didapat hasil $P(H | E_{comb})$ senilai 0,9604 atau probabilitas yang terjadi menurut narasumber 5 senilai 96,04%, yang berarti bahwa pekerjaan *tunnel* menurut narasumber 5 dilakukan dengan aman.

Dinyatakan nilai aman pada pekerjaan *tunnel* menurut narasumber 5 dalam definisi aman berdasarkan bukti pengamatan pada proses pekerjaan *tunnel*, Adapun hasil akhir analisis sebagai berikut:

Skor probabilitas setiap faktor:

Tindakan Operatif (E1) = 72,73%

Kondisi Proyek (E2) = 66,66%

Peralatan (E3) = 70,00%

Metoda Konstruksi (E4) = 85,41%

5.1.8. Penilaian Berdasarkan Narasumber 6

Tabel 5. 13 Instrumen penilaian menurut narasumber 6

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
I	TINDAKAN OPERATIF						
1	Kode keamanan etik untuk <i>safety officer</i> yaitu Selalu memakai <i>Red safety custom</i> lengkap, tidak memakai celana <i>jeans</i> atau celana lainnya. Pakaian rapi, baju dimasukkan, mengenakan ikat pinggang, membawa <i>handboard</i> , HT, TOA, atau minimal Peluit				✓		1
2	Selalu memakai ID Card selama bekerja				✓		1
3	Stiker helm dan kondisi helm sesuai dengan aturan yang berlaku, tidak ada corat coret dan tidak ada stiker non standard				✓		1
4	Hari minggu boleh mengenakan pakaian bebas rapi, ketika ke lapangan harus mengenakan <i>Band safety</i>				✓		1
5	Semua pendatang baru harus melaporkan untuk memiliki ID Card.				✓		1
6	Tidak merokok, makan dan minum di seluruh wilayah <i>construction</i> , kecuali di tempat istirahat atau kantin				✓		1
7	Kelengkapan Alat Pelindung Diri (APD) wajib setiap personil yang terlibat di lapangan : <i>safety helmet</i> , <i>safety shoes</i> , <i>safety vest</i> , <i>safety hand gloves</i> .				✓		1
8	<i>Safety sign</i> harus mudah dipahami				✓		1
9	Area proyek bersih dari material-material sisa / tidak terpakai / berbahaya				✓		1
10	Terdapat APAR di beberapa sudut lokasi proyek (mudah dijangkau)	✓					0
11	Terdapat Sirine di lokasi (mudah dijangkau)	✓					0
12	Keaktifan <i>safety officer</i> dalam mengontrol pekerjaan.			✓			0,667
13	Tempat kerja yang tinggi harus dilengkapi dengan tangga yang cukup untuk dilewati orang atau alat yang dipakai, Jika perlu pada keadaan tertentu, untuk menghindari bahaya terhadap tenaga kerja :				✓		1
14	a. Diberi <i>platform</i> / pelataran dari kayu atau plat besi				✓		1
15	b. Pekerja menggunakan sabuk pengaman yang kuat				✓		1
16	Kebutuhan Oksigen harus disediakan	✓					0

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
17	Terdapat <i>emergency box</i> pada jarak yang mudah di gapai sepanjang <i>Tunneling</i>				✓		1
18	Lampu penerangan harus disediakan				✓		1
19	Jenis dan pemasangan lampu tidak boleh mengganggu operasional, disesuaikan dengan sifat pencahayaan dan jangkauan / radius penyinarannya, luasnya lokasi pekerjaan			✓			0,667
20	Wilayah proyek pemisahan (lokasi pagar sementara), akses pekerja, dan jenis lain yang dibatasi.	✓					0
21	Ketersediaan personel K3 dalam sebuah proyek paling tidak terdiri dari Ahli K3 Konstruksi, Supervisor K3 Konstruksi, dan Petugas K3 Konstruksi.				✓		1
22	Ketersediaan personel K3 dalam melakukan pendampingan bagi tamu yang berkunjung ke lokasi			✓			0,667
II	KONDISI LOKASI						
1	Saluran drainase hujan <i>temporary</i> di <i>site</i> .		✓				0,333
2	Akses alat berat harus bersih dari berbagai macam sisa material dan alat-alat yang tidak terpakai.				✓		1
3	Terdapat <i>safety sign</i> / rambu / <i>police line</i> disekitar akses alat berat.		✓				0,333
4	Adanya aktivitas untuk membersihkan area lokasi penggalian dari sisa material galian demi kelancaran mobilisasi				✓		1
5	Adanya ketersediaan untuk <i>supply</i> oksigen yang cukup untuk kebutuhan para pekerja (Udara masuk > Kebutuhan udara)			✓			0,667
6	Adanya penerangan yang memadai				✓		1
7	Akses alat berat dan mobilisasi yang cukup selama melakukan penggalian dan pengantaran material di lokasi				✓		1
8	Adanya <i>confined space</i> bilamana terjadi keadaan darurat	✓					0
9	Adanya <i>monitoring Gas</i>	✓					0
10	Adanya pengelolaan air / <i>dewatering</i> bilamana terjadi hujan				✓		1
III	KONSTRUKSI OPERATIF						
A	PERALATAN						
1	Kelengkapan alat pemeliharaan dan pengoperasian harian alat.				✓		1
2	Terdapat excavator + attachment breaker yang digunakan untuk melakukan penggalian				✓		1
3	Terdapat loader yang digunakan untuk memindahkan material				✓		1
4	Terdapat dump truck yang digunakan untuk mengangkat material		✓				0,333

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
5	Terdapat <i>emergency tools</i> yang disediakan di dalam <i>Tunneling</i>	✓					0
6	Adanya inspeksi peralatan (pra, berkala, Insidental)	✓					0
7	Terdapat sarana pendukung yang memadai (<i>sump</i> , saluran listrik, hose air, hose udara, channel, ventilasi udara masuk, ventilasi udara keluar)			✓			0,667
8	Terdapat panel untuk <i>shotcrete</i> , <i>pompa</i> dan <i>motor fan</i> yang dapat dipindah-pindahkan				✓		1
9	Terdapat fasilitas elektrikal di dalam <i>Tunneling</i> seperti panel listrik, kabel, dll.				✓		1
10	Terdapat <i>tunnel</i> di dalam <i>Tunneling</i> yang digunakan dalam menyalurkan kebutuhan air selama kegiatan <i>shotcrete</i> dan kegiatan <i>rockbolt</i> (perendaman <i>cathridge sika rokon</i>)				✓		1
B	METODE KONSTRUKSI						
1	Dilakukan pemasangan proteksi (<i>forepoling</i>) pada muka <i>Tunneling</i> (<i>Face tunnel</i>)	✓					0
2	Dilakukan pemasangan portal sementara (<i>temporary portal</i>) pada muka <i>Tunneling</i>				✓		1
3	Untuk menentukan rencana kedalaman & perkuatan penggalian, harus dilakukan <i>marking survey & mapping</i> terlebih dahulu				✓		1
4	Tipe penggalian ataupun penyangga yang digunakan (<i>Rock Bolt</i> , <i>shotcrete</i> , and <i>steel sets</i>) harus disesuaikan terlebih dahulu sesuai dengan kelas massa batuan				✓		1
5	Dalam melakukan proses galian harus mempertimbangkan persyaratan <i>stand-up time Tunneling</i> yaitu 30 menit		✓				0,333
6	Proses <i>mucking</i> harus dilakukan secara paralel				✓		1
7	Pemilihan dimensi alat berat disesuaikan dengan lebar <i>tunnel</i> terluar (<i>outher width</i>), lebar <i>wiremesh</i> , dan juga <i>steel rib</i>				✓		1
8	<i>Steel Rib</i> dilakukan perkuatan menggunakan baja dan diinstal dengan jarak, 0,75 m as ke as				✓		1
9	Pada bagian <i>base plate steel rib</i> dilakukan perkuatan				✓		1
10	<i>Joint Plate</i> pada <i>steel rib</i> harus dilakukan pengencangan dengan menggunakan baut, dan dilakukan pengecekan kelurusan sebelum dilakukan <i>grouting</i> pada angkur <i>base plate</i>				✓		1

NO	VARIABLE	SCALE SCORE					FINAL SCORE
		0	0,333	0,667	1	N/A	
11	Wiremesh harus dipasang apabila steel rib support telah selesai terinstal, dan posisi wiremesh harus berada diantara steel rib dan primary shotcrete			✓			0,667
12	Ketebalan shotcrete pada Tunneling disesuaikan dengan luas bukaan Tunneling				✓		1
13	Mutu dry mix harus tetap terjamin				✓		1
14	Pengeboran lubang untuk rock bolt menggunakan legdrill dimana pada bagian ujungnya harus diberikan face plate dan nut & washer				✓		1
15	Dilakukan pullout test sesuai dengan tegangan ultimate pada desain	✓					0
16	Setelah dilakukan pull-out test, dilakukan pengecekan displacement pada rockbolt	✓					0

Mengetahui nilai yang akan di *checklist* dilakukan dengan melihat visual pada gambar yang terdapat pada sub bab 5.1.1. Setelah dilakukan semua *checklist* maka selanjutnya melakukan pengolahan data dengan menggunakan teori Bayes untuk menghitung seberapa aman pelaksanaan pekerjaan dari hasil penilaian *checklist* keselamatan kerja pada pekerjaan *tunnel* Proyek Bendungan Tefmo/Manikin Paket 1.

Analisis dilakukan dengan menggunakan data berupa hasil dokumentasi untuk mengetahui seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* keselamatan kerja pekerjaan *tunnel*.

Untuk mengetahui hasil keselamatan kerja pada Pekerjaan *Tunnel* tersebut dapat dilihat pada persamaan 3.1. Adapun untuk analisis dari ke empat variabel sebagai berikut:

1. Perhitungan pada Variabel I Tindakan Operatif

$$P(E1 | H) = 1$$

$$P(E2 | H) = 1$$

$$P(E3 | H) = 1$$

$$P(E4 | H) = 1$$

$$P(E5 | H) = 1$$

$$P(E6 | H) = 1$$

$$P(E7 | H) = 1$$

$$P(E8 | H) = 1$$

$$\begin{aligned}
P(E9 | H) &= 1 \\
P(E10 | H) &= 0 \\
P(E11 | H) &= 0 \\
P(E12 | H) &= 0,667 \\
P(E13 | H) &= 1 \\
P(E14 | H) &= 1 \\
P(E15 | H) &= 1 \\
P(E16 | H) &= 0 \\
P(E17 | H) &= 1 \\
P(E18 | H) &= 1 \\
P(E19 | H) &= 0,667 \\
P(E20 | H) &= 0 \\
P(E21 | H) &= 1 \\
P(E22 | H) &= 0,667
\end{aligned}$$

2. Perhitungan pada Variabel II Kondisi Lokasi

$$\begin{aligned}
P(E1 | H) &= 0,333 \\
P(E2 | H) &= 1 \\
P(E3 | H) &= 0,333 \\
P(E4 | H) &= 1 \\
P(E5 | H) &= 0,667 \\
P(E6 | H) &= 1 \\
P(E7 | H) &= 1 \\
P(E8 | H) &= 0 \\
P(E9 | H) &= 0 \\
P(E10 | H) &= 1
\end{aligned}$$

3. Perhitungan pada Variabel III Konstruksi Operatif

a. Peralatan

$$\begin{aligned}
P(E1 | H) &= 1 \\
P(E2 | H) &= 1 \\
P(E3 | H) &= 1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(E4 | H) &= 0,333 \\
P(E5 | H) &= 0 \\
P(E6 | H) &= 0 \\
P(E7 | H) &= 0,667 \\
P(E8 | H) &= 1 \\
P(E9 | H) &= 1 \\
P(E10 | H) &= 1
\end{aligned}$$

b. Metode Konstruksi

$$\begin{aligned}
P(E1 | H) &= 0 \\
P(E2 | H) &= 1 \\
P(E3 | H) &= 1 \\
P(E4 | H) &= 1 \\
P(E5 | H) &= 0,333 \\
P(E6 | H) &= 1 \\
P(E7 | H) &= 1 \\
P(E8 | H) &= 1 \\
P(E9 | H) &= 1 \\
P(E10 | H) &= 1 \\
P(E11 | H) &= 0,667 \\
P(E12 | H) &= 1 \\
P(E13 | H) &= 1 \\
P(E14 | H) &= 1 \\
P(E15 | H) &= 0 \\
P(E16 | H) &= 0
\end{aligned}$$

Menggunakan persamaan 3.1 didapat hasil analisis dari variabel I sampai dengan Variabel III poin b pada pekerjaan *tunnel* untuk menghitung seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* keselamatan kerja pekerjaan *tunnel* secara keseluruhan dapat menggunakan persamaan 3.2 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
P(E1_{comb} | H) &= 1 \times 0 \times 0 \times 0,667 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0 \times 1 \times 1 \times \\
&0,667 \times 0 \times 1 \times 0,667
\end{aligned}$$

$$= 0,773$$

$$P(E2_{comb} | H) = 0,333 \times 1 \times 0,333 \times 1 \times 0,667 \times 1 \times 1 \times 0 \times 0 \times 1 \\ = 0,633$$

$$P(E3.a_{comb} | H) = 1 \times 1 \times 1 \times 0,333 \times 0 \times 0 \times 0,667 \times 1 \times 1 \times 1 \\ = 0,700$$

$$P(E3.b_{comb} | H) = 0 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,333 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,667 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0 \times 0 \\ = 0,750$$

Dari keempat variabel tersebut kemudian dapat diketahui nilai $P(E_{comb} | H)$ secara keseluruhan. Adapun nilai tersebut di analisis dengan menggunakan persamaan 3.2.

$$P(E_{comb} | H) = P(E1_{comb} | H) \times P(E2_{comb} | H) \times P(E3.a_{comb} | H) \times \\ P(E3.b_{comb} | H) \\ = 0,773 \times 0,633 \times 0,700 \times 0,750 \\ = 0,2569$$

Menggunakan hasil dari persamaan 3.1. untuk mengetahui seberapa ketidakamanan pelaksanaan pekerjaan *tunnel* berdasarkan *checklist*, setelah perhitungan tersebut lalu menghitung secara keseluruhan dengan menggunakan persamaan 3.3.

1. Perhitungan pada Variabel I Tindakan Operatif

$$\begin{aligned} P(E1 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\ P(E2 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\ P(E3 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\ P(E4 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\ P(E5 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\ P(E6 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\ P(E7 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\ P(E8 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\ P(E9 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\ P(E10 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\ P(E11 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\ P(E12 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(E13 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E14 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E15 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E16 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E17 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E18 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E19 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E20 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E21 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E22 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333
\end{aligned}$$

2. Perhitungan pada Variabel II Kondisi Lokasi

$$\begin{aligned}
P(E1 | H') &= 1 - 0,333 &= 0,667 \\
P(E2 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E3 | H') &= 1 - 0,333 &= 0,667 \\
P(E4 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E5 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E6 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E7 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E8 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E9 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E10 | H') &= 1 - 1 &= 0
\end{aligned}$$

3. Perhitungan pada Variabel III Konstruksi Operatif

a. Peralatan

$$\begin{aligned}
P(E1 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E2 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E3 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E4 | H') &= 1 - 0,333 &= 0,667 \\
P(E5 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E6 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E7 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(E8 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E9 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E10 | H') &= 1 - 1 &= 0
\end{aligned}$$

b. Metode Konstruksi

$$\begin{aligned}
P(E1 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E2 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E3 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E4 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E5 | H') &= 1 - 0,333 &= 0,667 \\
P(E6 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E7 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E8 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E9 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E10 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E11 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E12 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E13 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E14 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E15 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E16 | H') &= 1 - 0 &= 1
\end{aligned}$$

Menggunakan persamaan 3.3 didapat hasil analisis dari variabel I sampai dengan Variabel III poin b pada pekerjaan *tunnel* untuk menghitung seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* keselamatan kerja pekerjaan *tunnel* secara keseluruhan dapat menggunakan persamaan 3.4 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
P(E1_{comb} | H') &= 0 \times 1 \times 1 \times 0,333 \times 0 \times 0 \times 0 \times 1 \times 0 \times 0 \times \\
& \quad 0,333 \times 1 \times 0 \times 0,333 \\
&= 0,227
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(E2_{comb} | H') &= 0,667 \times 0 \times 0,667 \times 0 \times 0,333 \times 0 \times 0 \times 1 \times 1 \times 0 \\
&= 0,367
\end{aligned}$$

$$P(E3a_{comb} | H') = 0 \times 0 \times 0 \times 0,667 \times 1 \times 1 \times 0,333 \times 0 \times 0 \times 0$$

$$= 0,300$$

$$P(E3b_{comb} | H') = 1 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0,667 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0,333 \times 0 \times 0 \times 0 \times 1 \times 1$$

$$= 0,250$$

Dari keempat variabel tersebut kemudian dapat diketahui nilai $P(E_{comb} | H')$ secara keseluruhan. Adapun nilai tersebut di analisis dengan menggunakan persamaan 3.4.

$$P(E_{comb} | H') = P(E1_{comb} | H) \times P(E2_{comb} | H) \times P(E3.a_{comb} | H) \times$$

$$P(E3.b_{comb} | H)$$

$$= 0,227 \times 0,367 \times 0,300 \times 0,250$$

$$= 0,0062$$

Menghitung banyaknya kemungkinan dari pekerjaan aman pada pekerjaan *tunnel* dengan 4 variabel dapat dianalisis menggunakan persamaan 3.5.

$$P(H) = \frac{1}{4^{4+1}}$$

$$= \frac{1}{4^5}$$

$$= 0,0010$$

Keterangan :

1 = Nilai aman (*Safety Score*)

Kemungkinan = 4 (0 ; 0,333 ; 0,667 ; 1)

Evidence = Banyaknya bukti yang dapat dianalisis

Menghitung banyaknya kemungkinan dari pekerjaan tidak aman pada pekerjaan *tunnel* dengan 4 variabel dapat dianalisis menggunakan persamaan 3.5.

$$P(H') = \frac{3}{4^{3+1}}$$

$$= \frac{3}{4^4}$$

$$= 0,0029$$

Menggunakan hasil analisis dengan menggunakan persamaan 3.1 sampai persamaan 3.6 untuk menghitung kemungkinan sebuah pekerjaan konstruksi yang aman digunakan berdasarkan pada informasi yang diperoleh dari foto dapat dianalisis dengan menggunakan persamaan 3.7.

$$\begin{aligned}
P(H | E_{\text{comb}}) &= \frac{\{P(E_{\text{comb}} | H) \times P(H)\}}{\{P(E_{\text{comb}} | H) \times P(H)\} + \{P(E_{\text{comb}} | H') \times P(H')\}} \\
&= \frac{\{0,2569 \times 0,0010\}}{\{0,2569 \times 0,0010\} + \{0,0062 \times 0,0029\}} \\
&= 0,9320
\end{aligned}$$

Perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan data yang didapat dari narasumber 6 didapat hasil $P(H | E_{\text{comb}})$ senilai 0,9320 atau probabilitas yang terjadi menurut narasumber 6 senilai 93,20%, yang berarti bahwa pekerjaan *tunnel* menurut narasumber 6 dilakukan dengan aman.

Dinyatakan nilai aman pada pekerjaan *tunnel* menurut narasumber 6 dalam definisi aman berdasarkan bukti pengamatan pada proses pekerjaan *tunnel*,. Adapun hasil akhir analisis sebagai berikut:

Skor probabilitas setiap faktor:

Tindakan Operatif (E1)	= 77,28%
Kondisi Proyek (E2)	= 63,33%
Peralatan (E3)	= 70,00%
Metoda Konstruksi (E4)	= 75,00%

Dari hasil analisis yang sudah dilakukan peneliti didapat hasil dari semua narasumber yang di wawancarai untuk memberikan nilai terhadap foto yang dilihat dan menurut sudut pandang penilai menyebutkan bahwa pekerjaan *tunnel* karena nilai akhir yang didapat dari analisis hampir mendekati 1 dan semua hasil analisis dari 6 narasumber tersebut lebih dari 67%. Pemakaian atribut keselamatan kerja yang dilakukan oleh pekerja seperti alat pelindung diri (APD), penerangan area pekerjaan, ketersediaan oksigen pada pekerjaan *tunnel* diberlakukan dengan baik. Sehingga pekerjaan *tunnel* yang dilakukan dikatakan aman.

5.1.9. Rekapitulasi Hasil Setiap Narasumber

Tabel 5. 14 Rekapitulasi Masing-masing Narasumber

NO	VARIABLE	NARASUMBER						FINAL SCORE
		N 1	N 2	N 3	N 4	N 5	N 6	
I	TINDAKAN OPERATIF							

NO	VARIABLE	NARASUMBER						FINAL SCORE
		N 1	N 2	N 3	N4	N 5	N 6	
1	Kode keamanan etik untuk <i>safety officer</i> yaitu Selalu memakai <i>Red safety custom</i> lengkap, tidak memakai celana <i>jeans</i> atau celana lainnya. Pakaian rapi, baju dimasukkan, mengenakan ikat pinggang, membawa <i>handboard</i> , HT, TOA, atau minimal Peluit	0,667	1	1	1	0,667	1	1
2	Selalu memakai ID <i>Card</i> selama bekerja	0,333	1	1	1	0	1	1
3	Stiker helm dan kondisi helm sesuai dengan aturan yang berlaku, tidak ada corat coret dan tidak ada stiker non standard	1	1	1	1	1	1	1
4	Hari minggu boleh mengenakan pakaian bebas rapi, ketika ke lapangan harus mengenakan <i>Band safety</i>	1	1	1	1	0	1	1
5	Semua pendatang baru harus melaporkan untuk memiliki ID <i>Card</i> .	1	0,667	1	1	0	1	1
6	Tidak merokok, makan dan minum di seluruh wilayah <i>construction</i> , kecuali di tempat istirahat atau kantin	1	1	1	1	1	1	1
7	Kelengkapan Alat Pelindung Diri (APD) wajib setiap personil yang terlibat di lapangan : <i>safety helmet</i> , <i>safety shoes</i> , <i>safety vest</i> , <i>safety hand gloves</i> .	1	1	1	1	1	1	1
8	<i>Safety sign</i> harus mudah dipahami	1	1	0	0	1	1	1
9	Area proyek bersih dari material-material sisa / tidak terpakai / berbahaya	0,667	1	1	1	1	1	1
10	Terdapat APAR di beberapa sudut lokasi proyek (mudah dijangkau)	1	0	0	0	0	0	0
11	Terdapat Sirine di lokasi (mudah dijangkau)	0	0	0	0	0	0	0
12	Keaktifan <i>safety officer</i> dalam mengontrol pekerjaan.	1	0,667	1	0	1	0,667	1
13	Tempat kerja yang tinggi harus dilengkapi dengan tangga yang cukup untuk dilewati orang atau alat yang dipakai, Jika perlu pada keadaan tertentu, untuk	0	1	0	1	1	1	1

NO	VARIABLE	NARASUMBER						FINAL SCORE
		N 1	N 2	N 3	N4	N 5	N 6	
	menghindari bahaya terhadap tenaga kerja :							
14	a. Diberi <i>platform</i> / pelataran dari kayu atau plat besi	0,667	0,667	0	0,667	1	1	0,667
15	b. Pekerja menggunakan sabuk pengaman yang kuat	0	0,667	1	1	1	1	1
16	Kebutuhan Oksigen harus disediakan	1	0	1	0	1	0	0
17	Terdapat <i>emergency box</i> pada jarak yang mudah di gapai sepanjang <i>Tunneling</i>	1	1	1	0,667	1	1	1
18	Lampu penerangan harus disediakan	1	1	1	0,667	1	1	1
19	Jenis dan pemasangan lampu tidak boleh mengganggu operasional, disesuaikan dengan sifat pencahayaan dan jangkauan / radius penyinarannya, luasnya lokasi pekerjaan	1	1	1	1	1	0,667	1
20	Wilayah proyek pemisahan (lokasi pagar sementara), akses pekerja, dan jenis lain yang dibatasi.	0,667	0,333	0	0	0,333	0	0
21	Ketersediaan personel K3 dalam sebuah proyek paling tidak terdiri dari Ahli K3 Konstruksi, Supervisor K3 Konstruksi, dan Petugas K3 Konstruksi.	1	1	1	0,667	1	1	1
22	Ketersediaan personel K3 dalam melakukan pendampingan bagi tamu yang berkunjung ke lokasi	0	0,667	0	0,667	1	0,667	0,667
II	KONDISI LOKASI							
1	Saluran drainase hujan <i>temporary</i> di <i>site</i> .	0,667	0,667	1	0,333	0,667	0,333	0,667
2	Akses alat berat harus bersih dari berbagai macam sisa material dan alat-alat yang tidak terpakai.	0,667	1	1	1	0,667	1	1
3	Terdapat <i>safety sign</i> / rambu / <i>police line</i> disekitar akses alat berat.	0,333	0	1	1	0,333	0,333	0,333
4	Adanya aktivitas untuk membersihkan area lokasi penggalian dari sisa material galian demi kelancaran mobilisasi	0	1	0,667	0,667	1	1	1
5	Adanya ketersediaan untuk <i>supply</i> oksigen yang cukup untuk kebutuhan para pekerja (Udara masuk > Kebutuhan udara)	1	0,667	1	0,667	1	0,667	0,667

NO	VARIABLE	NARASUMBER						FINAL SCORE
		N 1	N 2	N 3	N4	N 5	N 6	
6	Adanya penerangan yang memadai	1	1	1	1	1	1	1
7	Akses alat berat dan mobilisasi yang cukup selama melakukan penggalian dan pengantaran material di lokasi	1	1	1	1	1	1	1
8	Adanya <i>confined space</i> bilamana terjadi keadaan darurat	1	0	0	0	0,333	0	0
9	Adanya <i>monitoring</i> Gas	1	0	0	0	0,333	0	0
10	Adanya pengelolaan air / <i>dewatering</i> bilamana terjadi hujan	0,667	0,667	0	1	0,333	1	0,667
III	KONSTRUKSI OPERATIF							
A	PERALATAN							
1	Kelengkapan alat pemeliharaan dan pengoperasian harian alat.	0,333	0,667	0,333	0	1	1	0,333
2	Terdapat excavator + attachment breaker yang digunakan untuk melakukan penggalian	1	1	1	0,667	1	1	1
3	Terdapat loader yang digunakan untuk memindahkan material	0	1	1	0,667	0,333	1	1
4	Terdapat dump truck yang digunakan untuk mengangkat material	1	0	1	0	1	0,333	1
5	Terdapat <i>emergency tools</i> yang disediakan di dalam <i>Tunneling</i>	0,667	0	0,333	0	1	0	0
6	Adanya inspeksi peralatan (pra, berkala, Insidental)	0,333	0	0,667	0	0,333	0	0
7	Terdapat sarana pendukung yang memadai (<i>sump</i> , saluran listrik, hose air, hose udara, channel, ventilasi udara masuk, ventilasi udara keluar)	1	0,667	1	1	0,667	0,667	0,667
8	Terdapat panel untuk <i>shotcrete</i> , <i>pompa</i> dan <i>motor fan</i> yang dapat dipindah-pindahkan	1	1	1	1	0,667	1	1
9	Terdapat fasilitas elektrikal di dalam <i>Tunneling</i> seperti panel listrik, kabel, dll.	0,667	0,667	1	1	1	1	1
10	Terdapat <i>tunnel</i> di dalam <i>Tunneling</i> yang digunakan dalam menyalurkan kebutuhan air selama kegiatan <i>shotcrete</i> dan kegiatan <i>rockbolt</i> (0,667	1	0	1	0	1	1

NO	VARIABLE	NARASUMBER						FINAL SCORE
		N 1	N 2	N 3	N4	N 5	N 6	
	perendaman <i>cathridge sika rokon</i>)							
B	METODE KONSTRUKSI							
1	Dilakukan pemasangan proteksi (<i>forepoling</i>) pada muka <i>Tunneling (Face tunnel)</i>	1	0	0	0	1	0	0
2	Dilakukan pemasangan portal sementara (<i>temporary portal</i>) pada muka <i>Tunneling</i>	0	1	1	0,667	1	U	1
3	Untuk menentukan rencana kedalaman & perkuatan penggalian, harus dilakukan <i>marking survey & mapping</i> terlebih dahulu	1	1	1	0,667	1	1	1
4	Tipe penggalian ataupun penyangga yang digunakan (<i>Rock Bolt, shotcrete, and steel sets</i>) harus disesuaikan terlebih dahulu sesuai dengan kelas massa batuan	1	1	0	0,667	1	1	1
5	Dalam melakukan proses galian harus mempertimbangkan persyaratan <i>stand-up time Tunneling</i> yaitu 30 menit	1	0	0,667	0,333	1	0,333	0,333
6	Proses <i>mucking</i> harus dilakukan secara paralel	0,667	1	1	1	1	1	1
7	Pemilihan dimensi alat berat disesuaikan dengan lebar <i>tunnel</i> terluar (<i>outer width</i>), lebar <i>wiremesh</i> , dan juga <i>steel rib</i>	1	1	1	1	1	1	1
8	<i>Steel Rib</i> dilakukan perkuatan menggunakan baja dan diinstal dengan jarak, 0,75 m as ke as	1	1	1	1	1	1	1
9	Pada bagian <i>base plate steel rib</i> dilakukan perkuatan	0,667	1	1	0,667	1	1	1
10	<i>Joint Plate</i> pada <i>steel rib</i> harus dilakukan pengencangan dengan menggunakan baut, dan dilakukan pengecekan kelurusan sebelum dilakukan <i>grouting</i> pada ankur <i>base plate</i>	1	1	1	0,667	1	1	1
11	<i>Wiremesh</i> harus dipasang apabila <i>steel rib support</i> telah selesai terinstal, dan posisi <i>wiremesh</i> harus berada diantara <i>steel rib</i> dan <i>primary shotcrete</i>	1	0,667	1	0,667	1	0,667	0,667

NO	VARIABLE	NARASUMBER						FINAL SCORE
		N 1	N 2	N 3	N4	N 5	N 6	
12	Ketebalan <i>shotcrete</i> pada <i>Tunneling</i> disesuaikan dengan luas bukaan <i>Tunneling</i>	1	1	1	1	1	1	1
13	Mutu <i>dry mix</i> harus tetap terjamin	1	1	1	1	1	1	1
14	Pengeboran lubang untuk <i>rock bolt</i> menggunakan <i>legdrill</i> dimana pada bagian ujungnya harus diberikan <i>face plate</i> dan <i>nut & washer</i>	0,333	1	0,333	1	0	1	1
15	Dilakukan <i>pullout</i> test sesuai dengan tegangan ultimate pada desain	0,667	0	0,333	0	0,333	0	0
16	Setelah dilakukan <i>pull-out</i> test, dilakukan pengecekan <i>displacement</i> pada <i>rockbolt</i>	0,667	0	0,333	0	0,333	0	0

Tabel 5.14 merupakan rekapitulasi hasil dari narasumber 1 sampai narasumber 2, dari hasil ke enam responden tersebut kemudian dilakukan perhitungan nilai *final score*, dimana nilai *final score* didapat dengan melihat nilai yang sering muncul (modus) dari hasil analisis berdasarkan narasumber 1 sampai narasumber 6.

Setelah didapat nilai *final score* berdasarkan hasil ke enam narasumber tersebut kemudian melakukan pengolahan data dengan menggunakan teori Bayes untuk menghitung seberapa aman pelaksanaan pekerjaan dari nilai *final score* hasil dari analisis ke enam narasumber.

Analisis dilakukan dengan menggunakan data berupa hasil dokumentasi untuk mengetahui seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan nilai *final score* keselamatan kerja pekerjaan *tunnel*.

Untuk mengetahui hasil keselamatan kerja pada Pekerjaan *Tunnel* tersebut dapat dilihat pada persamaan 3.1. Adapun untuk analisis dari ke empat variabel sebagai berikut:

1. Perhitungan pada Variabel I Tindakan Operatif

$$P(E1 | H) = 1$$

$$P(E2 | H) = 1$$

$$P(E3 | H) = 1$$

$$P(E4 | H) = 1$$

$$P(E5 | H) = 1$$

$$\begin{aligned}
P(E6 | H) &= 1 \\
P(E7 | H) &= 1 \\
P(E8 | H) &= 1 \\
P(E9 | H) &= 1 \\
P(E10 | H) &= 0 \\
P(E11 | H) &= 0 \\
P(E12 | H) &= 1 \\
P(E13 | H) &= 1 \\
P(E14 | H) &= 0,667 \\
P(E15 | H) &= 1 \\
P(E16 | H) &= 0 \\
P(E17 | H) &= 1 \\
P(E18 | H) &= 1 \\
P(E19 | H) &= 1 \\
P(E20 | H) &= 0 \\
P(E21 | H) &= 1 \\
P(E22 | H) &= 0,667
\end{aligned}$$

2. Perhitungan pada Variabel II Kondisi Lokasi

$$\begin{aligned}
P(E1 | H) &= 0,667 \\
P(E2 | H) &= 1 \\
P(E3 | H) &= 0,333 \\
P(E4 | H) &= 1 \\
P(E5 | H) &= 0,667 \\
P(E6 | H) &= 1 \\
P(E7 | H) &= 1 \\
P(E8 | H) &= 0 \\
P(E9 | H) &= 0 \\
P(E10 | H) &= 0,667
\end{aligned}$$

3. Perhitungan pada Variabel III Konstruksi Operatif

a. Peralatan

$$\begin{aligned}
P(E1 | H) &= 0,333 \\
P(E2 | H) &= 1 \\
P(E3 | H) &= 1 \\
P(E4 | H) &= 1 \\
P(E5 | H) &= 0 \\
P(E6 | H) &= 0 \\
P(E7 | H) &= 0,667 \\
P(E8 | H) &= 1 \\
P(E9 | H) &= 1 \\
P(E10 | H) &= 1
\end{aligned}$$

b. Metode Konstruksi

$$\begin{aligned}
P(E1 | H) &= 0 \\
P(E2 | H) &= 1 \\
P(E3 | H) &= 1 \\
P(E4 | H) &= 1 \\
P(E5 | H) &= 0,333 \\
P(E6 | H) &= 1 \\
P(E7 | H) &= 1 \\
P(E8 | H) &= 1 \\
P(E9 | H) &= 1 \\
P(E10 | H) &= 1 \\
P(E11 | H) &= 0,667 \\
P(E12 | H) &= 1 \\
P(E13 | H) &= 1 \\
P(E14 | H) &= 1 \\
P(E15 | H) &= 0 \\
P(E16 | H) &= 0
\end{aligned}$$

Menggunakan persamaan 3.1 didapat hasil analisis dari variabel I sampai dengan Variabel III poin b pada pekerjaan *tunnel* untuk menghitung seberapa aman

pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* keselamatan kerja pekerjaan *tunnel* secara keseluruhan dapat menggunakan persamaan 3.2 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} P(E1_{\text{comb}} | H) &= 1 \times 0 \times 0 \times 1 \times 1 \times 0,667 \times 1 \times 0 \times 1 \times 1 \times \\ &\quad 1 \times 0 \times 1 \times 0,667 \\ &= 0,773 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(E2_{\text{comb}} | H) &= 0,667 \times 1 \times 0,333 \times 1 \times 0,667 \times 1 \times 1 \times 0 \times 0 \times 0,667 \\ &= 0,633 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(E3.a_{\text{comb}} | H) &= 0,333 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0 \times 0 \times 0,667 \times 1 \times 1 \times 1 \\ &= 0,700 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(E3.b_{\text{comb}} | H) &= 0 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,333 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,667 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0 \times 0 \\ &= 0,750 \end{aligned}$$

Dari keempat variabel tersebut kemudian dapat diketahui nilai $P(E_{\text{comb}} | H)$ secara keseluruhan. Adapun nilai tersebut di analisis dengan menggunakan persamaan 3.2.

$$\begin{aligned} P(E_{\text{comb}} | H) &= P(E1_{\text{comb}} | H) \times P(E2_{\text{comb}} | H) \times P(E3.a_{\text{comb}} | H) \times \\ &\quad P(E3.b_{\text{comb}} | H) \\ &= 0,773 \times 0,633 \times 0,700 \times 0,750 \\ &= 0,2569 \end{aligned}$$

Menggunakan hasil dari persamaan 3.1. untuk mengetahui seberapa ketidakamanan pelaksanaan pekerjaan *tunnel* berdasarkan *checklist*, setelah perhitungan tersebut lalu menghitung secara keseluruhan dengan menggunakan persamaan 3.3.

1. Perhitungan pada Variabel I Tindakan Operatif

$$P(E1 | H') = 1 - 1 = 0$$

$$P(E2 | H') = 1 - 1 = 0$$

$$P(E3 | H') = 1 - 1 = 0$$

$$P(E4 | H') = 1 - 1 = 0$$

$$P(E5 | H') = 1 - 1 = 0$$

$$P(E6 | H') = 1 - 1 = 0$$

$$P(E7 | H') = 1 - 1 = 0$$

$$\begin{aligned}
P(E8 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E9 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E10 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E11 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E12 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E13 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E14 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E15 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E16 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E17 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E18 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E19 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E20 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E21 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E22 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333
\end{aligned}$$

2. Perhitungan pada Variabel II Kondisi Lokasi

$$\begin{aligned}
P(E1 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E2 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E3 | H') &= 1 - 0,333 &= 0,667 \\
P(E4 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E5 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E6 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E7 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E8 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E9 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E10 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333
\end{aligned}$$

3. Perhitungan pada Variabel III Konstruksi Operatif

a. Peralatan

$$\begin{aligned}
P(E1 | H') &= 1 - 0,333 &= 0,667 \\
P(E2 | H') &= 1 - 1 &= 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(E3 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E4 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E5 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E6 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E7 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E8 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E9 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E10 | H') &= 1 - 1 &= 0
\end{aligned}$$

b. Metode Konstruksi

$$\begin{aligned}
P(E1 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E2 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E3 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E4 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E5 | H') &= 1 - 0,333 &= 0,667 \\
P(E6 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E7 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E8 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E9 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E10 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E11 | H') &= 1 - 0,667 &= 0,333 \\
P(E12 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E13 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E14 | H') &= 1 - 1 &= 0 \\
P(E15 | H') &= 1 - 0 &= 1 \\
P(E16 | H') &= 1 - 0 &= 1
\end{aligned}$$

Menggunakan persamaan 3.3 didapat hasil analisis dari variabel I sampai dengan Variabel III poin b pada pekerjaan *tunnel* untuk menghitung seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* keselamatan kerja pekerjaan *tunnel* secara keseluruhan dapat menggunakan persamaan 3.4 sebagai berikut.

$$P(E1_{comb} | H') = 0 \times 1 \times 1 \times 0 \times 0 \times 0,333 \times 0 \times 1 \times 0 \times 0 \times 0 \times 1 \times 0 \times 0,333$$

$$= 0,227$$

$$P(E2_{comb} | H') = 0,313 \times 0 \times 0,667 \times 0 \times 0,333 \times 0 \times 0 \times 1 \times 1 \times 0,333$$

$$= 0,367$$

$$P(E3a_{comb} | H') = 0,667 \times 0 \times 0 \times 0 \times 1 \times 1 \times 0,333 \times 0 \times 0 \times 0$$

$$= 0,300$$

$$P(E3b_{comb} | H') = 1 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0,667 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0,333 \times 0 \times 0 \times 0 \times 1 \times 1$$

$$= 0,250$$

Dari keempat variabel tersebut kemudian dapat diketahui nilai $P(E_{comb} | H')$ secara keseluruhan. Adapun nilai tersebut di analisis dengan menggunakan persamaan 3.4.

$$P(E_{comb} | H') = P(E1_{comb} | H) \times P(E2_{comb} | H) \times P(E3.a_{comb} | H) \times$$

$$P(E3.b_{comb} | H)$$

$$= 0,227 \times 0,367 \times 0,300 \times 0,250$$

$$= 0,0062$$

Menghitung banyaknya kemungkinan dari pekerjaan aman pada pekerjaan *tunnel* dengan 4 variabel dapat dianalisis menggunakan persamaan 3.5.

$$P(H) = \frac{1}{4^{4+1}}$$

$$= \frac{1}{4^5}$$

$$= 0,0010$$

Keterangan :

1 = Nilai aman (*Safety Score*)

Kemungkinan = 4 (0 ; 0,333 ; 0,667 ; 1)

Evidence = Banyaknya bukti yang dapat dianalisis

Menghitung banyaknya kemungkinan dari pekerjaan tidak aman pada pekerjaan *tunnel* dengan 4 variabel dapat dianalisis menggunakan persamaan 3.5.

$$P(H') = \frac{3}{4^{3+1}}$$

$$= \frac{3}{4^4}$$

$$= 0,0029$$

Menggunakan hasil analisis dengan menggunakan persamaan 3.1 sampai Persamaan 3.6 untuk menghitung kemungkinan sebuah pekerjaan konstruksi yang aman digunakan berdasarkan pada informasi yang diperoleh dari foto dapat dianalisis dengan menggunakan Persamaan 5.7.

$$\begin{aligned} P(H | E_{\text{comb}}) &= \frac{\{P(E_{\text{comb}} | H) \times P(H)\}}{\{P(E_{\text{comb}} | H) \times P(H)\} + \{P(E_{\text{comb}} | H') \times P(H')\}} \\ &= \frac{\{0,2569 \times 0,0010\}}{\{0,2569 \times 0,0010\} + \{0,0062 \times 0,0029\}} \\ &= 0,9320 \end{aligned}$$

Perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan data yang didapat dari narasumber 6 didapat hasil $P(H | E_{\text{comb}})$ senilai 0,9320 atau probabilitas yang terjadi menurut 6 narasumber senilai 93,20%, yang berarti bahwa pekerjaan *tunnel* menurut 6 narasumber dilakukan dengan aman.

Dinyatakan nilai aman pada pekerjaan *tunnel* menurut 6 narasumber dalam definisi aman berdasarkan bukti pengamatan pada proses pekerjaan *tunnel*, Adapun hasil akhir analisis sebagai berikut:

Skor probabilitas setiap faktor:

Tindakan Operatif (E1)	= 77,28%
Kondisi Proyek (E2)	= 63,34%
Peralatan (E3)	= 70,00%
Metoda Konstruksi (E4)	= 75,00%

Dari hasil analisis yang sudah dilakukan peneliti didapat hasil dari semua narasumber yang di wawancarai untuk memberikan nilai terhadap foto yang dilihat dan menurut sudut pandang penilai menyebutkan bahwa pekerjaan *tunnel* karena nilai akhir yang didapat dari analisis hampir mendekati 1. Pemakaian atribut keselamatan kerja yang dilakukan oleh pekerja seperti alat pelindung diri (APD), penerangan area pekerjaan, ketersediaan oksigen pada pekerjaan *tunnel* diberlakukan dengan baik. Sehingga pekerjaan *tunnel* yang dilakukan dikatakan aman.

5.2. PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan di proyek ini merupakan penelitian evaluasi untuk mengetahui potensi kecelakaan kerja pada proyek yang ditinjau. Data pada penelitian ini berupa sejumlah foto obyek, sebagai bentuk kesakihan data primer maka sejumlah foto obyek tersebut dipilah yang dianggap merepresentasikan kondisi obyek, maka berdasarkan pemilahan foto didapat 26 foto obyek yang valid (representatif). Seperti yang telah dijelaskan pada Bab III bahwa forensik dapat dilakukan untuk menilai persentase ancaman terhadap keselamatan kerja. Penilaian yang dilakukan pada proyek tersebut adalah suatu bentuk evaluasi, dengan *output* nilai yang dapat dijadikan sebagai pembelajaran bagi proyek serupa selanjutnya, baik pembelajaran untuk menjadi acuan maupun pembelajaran agar budaya keselamatan kerja lebih ditingkatkan untuk mengurangi potensi-potensi kecelakaan kerja.

Pembangunan infrastruktur yang sangat pesat di Indonesia saat ini dirasa masih semakin meningkat. Dalam pelaksanaan pembangunan sektor fisik tentunya banyak memerlukan pengguna jasa konstruksi. Pembangunan infrastruktur bangunan air (bendungan) khususnya pada pekerjaan *tunnel* memiliki nilai yang sangat strategis dalam mendukung perkembangan dan pertumbuhan ekonomi nasional khususnya kebutuhan perairan bagi para petani dan masyarakat yang berada dekat dengan bendungan dan jaringan sungai dari bendungan tersebut. Namun dibalik manfaat besar yang diperoleh, ternyata muncul beberapa permasalahan yang berkaitan dengan pembangunan infrastruktur itu sendiri. Dalam pelaksanaan pekerjaan yang sering muncul dan terjadi masalah adalah kecelakaan kerja, gangguan kesehatan. Sebagai contoh adalah rangkaian kecelakaan konstruksi pada pekerjaan *tunnel* yang memiliki potensi bahaya besar.

Proyek bidang konstruksi adalah merupakan kegiatan yang kompleks dan begitu banyak melibatkan unsur ataupun pihak lain, terutama tenaga kerja, alat dan bahan material berkapasitas besar atau dalam jumlah yang besar baik secara pribadi maupun secara kolektif bersama-sama dapat menjadi sumber potensial terjadinya kecelakaan. Diketahui bahwa perbedaan tenaga kerja, waktu proyek, biaya, metode pelaksanaan, jenis proyek, lokasi proyek dan lain sebagainya dapat menjadi faktor-

faktor yang mempengaruhi kecelakaan kerja. Sebagai contoh, pekerjaan konstruksi seharusnya dilaksanakan pada kondisi waktu yang tepat (*optimum*), dimana dalam waktu yang *optimum* tersebut telah diprediksikan produktivitas yang terkait baik peralatan maupun pekerja. Namun, probabilitas terjadinya kecelakaan kerja akan tinggi apabila waktu selesai proyek dipercepat atau diminta selesai lebih awal. Untuk dapat memenuhi permintaan tersebut maka salah satu yang sering dilakukan adalah menambah jam kerja (*over time*), maka hal ini yang kemudian dapat menjadi salah satu faktor kecelakaan.

Pekerjaan infrastruktur nasional untuk bangunan air pada beberapa waktu belakangan ini sedang banyak pembuatan bangunan air. Sehingga faktor ini yang kemudian melatarbelakangi penelitian dengan objek keselamatan pekerjaan *tunnel*. Kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja pada proses pekerjaan *tunnel* sangat tinggi, seperti runtuhnya material saat berlangsungnya proses pengeboran, kekurangan oksigen saat berada di dalam *tunnel* yang dapat menyebabkan gagal total yang dapat mengakibatkan kematian bagi pekerja, keterbatasan pencahayaan saat pekerjaan tentu dapat memberikan kecelakaan pada pekerja saat melakukan pekerjaan, dan keterbatasan alat yang dapat digunakan pada proses pekerjaan *tunnel*. Dalam pekerjaan *tunnel* yang harus menjadi perhatian antara lain:

1. Stabilitas tanah dan gaya geser tanah
2. Kadar oksigen
3. Cahaya dalam *tunnel*
4. Kondisi peralatan yang digunakan
5. Tahapan kerja

Keselamatan dan kesehatan kerja merupakan aspek penting dalam mengendalikan semua risiko yang ada di dalam operasional perusahaan (Patradhiani, 2013). Begitu juga dengan Suma'mur (1994) menyatakan bahwa pengendalian sumber bahaya dapat mengurangi kecelakaan dan penyakit akibat kerja (PAK) sehingga dalam berbagai sistem K3 harus menempatkan aspek manajemen risiko dalam landasan utama penerapan K3 di lingkungan industri. Risiko perlu dilakukan penilaian untuk membandingkan dengan tingkat risiko yang telah ditetapkan. Risiko dapat ditentukan berdasarkan *human, environment, material, dan image*.

Variabel bendungan Manikin terbagi menjadi empat kategori yakni tindakan operatif, kondisi lokasi, konstruksi operatif untuk peralatan, dan konstruksi operatif untuk metode konstruksi. Masing-masing variabel tersebut memiliki sub-sub variabel yang didapat dari dua jenis sumber yakni PP 50 Tahun 2012 dan metode *Work Breakdown Structure*. Dimana dalam peraturan tersebut terdapat kriteria audit yang mana kriteria tersebut diimplementasikan pada perusahaan, untuk dapat menggunakan kriteria tersebut dalam sebuah proyek konstruksi perlu ada transisi bahasa sehingga lebih tepat untuk diimplementasikan pada proyek pembangunan Bendungan Manikin, alih transisi kriteria K3 sudah melalui proses validasi oleh penanggung jawab di Bendungan Manikin, sehingga variabel-variabel ini dapat digunakan sebagai instrumen untuk melakukan penilaian keselamatan konstruksi. Adapun untuk variabel-variabel yang didapat berdasarkan PP 50 Tahun 2012 dapat dilihat pada tabel 5.15.

Tabel 5. 15 Variabel Berdasarkan PP 50 Tahun 2012.

NO	VARIABLE
I	TINDAKAN OPERATIF
1	Kode keamanan etik untuk <i>safety officer</i> yaitu Selalu memakai <i>Red safety custom</i> lengkap, tidak memakai celana <i>jeans</i> atau celana lainnya. Pakaian rapi, baju dimasukkan, mengenakan ikat pinggang, membawa <i>handboard</i> , HT, TOA, atau minimal Peluit
2	Selalu memakai ID Card selama bekerja
3	Stiker helm dan kondisi helm sesuai dengan aturan yang berlaku, tidak ada corat coret dan tidak ada stiker non standard
4	Hari minggu boleh mengenakan pakaian bebas rapi, ketika ke lapangan harus mengenakan <i>Band safety</i>
5	Semua pendatang baru harus melaporkan untuk memiliki ID Card.
6	Tidak merokok, makan dan minum di seluruh wilayah <i>construction</i> , kecuali di tempat istirahat atau kantin
7	Kelengkapan Alat Pelindung Diri (APD) wajib setiap personil yang terlibat di lapangan : <i>safety helmet, safety shoes, safety vest, safety hand gloves</i> .
8	<i>Safety sign</i> harus mudah dipahami
9	Area proyek bersih dari material-material sisa / tidak terpakai / berbahaya
10	Terdapat APAR di beberapa sudut lokasi proyek (mudah dijangkau)
11	Terdapat Sirine di lokasi (mudah dijangkau)
12	Keaktifan <i>safety officer</i> dalam mengontrol pekerjaan.
13	Tempat kerja yang tinggi harus dilengkapi dengan tangga yang cukup untuk dilewati orang atau alat yang dipakai, Jika perlu pada keadaan tertentu, untuk menghindari bahaya terhadap tenaga kerja :
14	a. Diberi <i>platform</i> / pelataran dari kayu atau plat besi
15	b. Pekerja menggunakan sabuk pengaman yang kuat
16	Kebutuhan Oksigen harus disediakan
17	Terdapat <i>emergency box</i> pada jarak yang mudah di gapai sepanjang <i>Tunneling</i>
18	Lampu penerangan harus disediakan
19	Jenis dan pemasangan lampu tidak boleh mengganggu operasional, disesuaikan dengan sifat pencahayaan dan jangkauan / radius peninarannya, luasnya lokasi pekerjaan

NO	VARIABLE
20	Wilayah proyek pemisahan (lokasi pagar sementara), akses pekerja, dan jenis lain yang dibatasi.
21	Ketersediaan personel K3 dalam sebuah proyek paling tidak terdiri dari Ahli K3 Konstruksi, Supervisor K3 Konstruksi, dan Petugas K3 Konstruksi.
22	Ketersediaan personel K3 dalam melakukan pendampingan bagi tamu yang berkunjung ke lokasi
II KONDISI LOKASI	
1	Saluran drainase hujan <i>temporary</i> di <i>site</i> .
2	Akses alat berat harus bersih dari berbagai macam sisa material dan alat-alat yang tidak terpakai.
3	Terdapat <i>safety sign</i> / rambu / <i>police line</i> disekitar akses alat berat.
4	Adanya aktivitas untuk membersihkan area lokasi penggalian dari sisa material galian demi kelancaran mobilisasi
5	Adanya ketersediaan untuk <i>supply</i> oksigen yang cukup untuk kebutuhan para pekerja (Udara masuk > Kebutuhan udara)
6	Adanya penerangan yang memadai
7	Akses alat berat dan mobilisasi yang cukup selama melakukan penggalian dan pengantaran material di lokasi
8	Adanya <i>confined space</i> bilamana terjadi keadaan darurat
9	Adanya <i>monitoring Gas</i>
10	Adanya pengelolaan air / <i>dewatering</i> bilamana terjadi hujan

Selain dari peraturan PP 50 tahun 2012, kelompok variabel penelitian ini juga dilengkapi dengan variabel yang ditranslasikan berdasarkan pembagian kerja dari *time schedule* atau biasa dikenal dengan istilah *work breakdown structure*. Adapun untuk variabel-variabel yang didapat dari *work breakdown structure* dapat dilihat pada tabel 5.16.

Tabel 5. 16 Variabel Berdasarkan *Work Breakdown Structure*

NO	VARIABLE
III KONSTRUKSI OPERATIF	
A PERALATAN	
1	Kelengkapan alat pemeliharaan dan pengoperasian harian alat.
2	Terdapat excavator + attachment breaker yang digunakan untuk melakukan penggalian
3	Terdapat loader yang digunakan untuk memindahkan material
4	Terdapat dump truck yang digunakan untuk mengangkat material
5	Terdapat <i>emergency tools</i> yang disediakan di dalam <i>Tunneling</i>
6	Adanya inspeksi peralatan (pra, berkala, Insidental)
7	Terdapat sarana pendukung yang memadai (<i>sump</i> , saluran listrik, hose air, hose udara, channel, ventilasi udara masuk, ventilasi udara keluar)
8	Terdapat panel untuk <i>shotcrete</i> , <i>pompa</i> dan <i>motor fan</i> yang dapat dipindah-pindahkan
9	Terdapat fasilitas elektrikal di dalam <i>Tunneling</i> seperti panel listrik, kabel, dll.
10	Terdapat <i>tunnel</i> di dalam <i>Tunneling</i> yang digunakan dalam menyalurkan kebutuhan air selama kegiatan <i>shotcrete</i> dan kegiatan <i>rockbolt</i> (perendaman <i>cathridge sika rokon</i>)
B METODE KONSTRUKSI	
1	Dilakukan pemasangan proteksi (<i>forepoling</i>) pada muka <i>Tunneling</i> (<i>Face tunnel</i>)
2	Dilakukan pemasangan portal sementara (<i>temporary portal</i>) pada muka <i>Tunneling</i>
3	Untuk menentukan rencana kedalaman & perkuatan penggalian, harus dilakukan <i>marking survey & mapping</i> terlebih dahulu
4	Tipe penggalian ataupun penyangga yang digunakan (<i>Rock Bolt, shotcrete, and steel sets</i>) harus disesuaikan terlebih dahulu sesuai dengan kelas massa batuan

NO	VARIABEL
5	Dalam melakukan proses galian harus mempertimbangkan persyaratan <i>stand-up time Tunneling</i> yaitu 30 menit
6	Proses <i>mucking</i> harus dilakukan secara paralel
7	Pemilihan dimensi alat berat disesuaikan dengan lebar <i>tunnel</i> terluar (<i>outher width</i>), lebar <i>wiremesh</i> , dan juga <i>steel rib</i>
8	<i>Steel Rib</i> dilakukan perkuatan menggunakan baja dan diinstal dengan jarak, 0,75 m as ke as
9	Pada bagian <i>base plate steel rib</i> dilakukan perkuatan
10	<i>Joint Plate</i> pada <i>steel rib</i> harus dilakukan pengencangan dengan menggunakan baut, dan dilakukan pengecekan kelurusan sebelum dilakukan <i>grouting</i> pada angkur <i>base plate</i>
11	<i>Wiremesh</i> harus dipasang apabila <i>steel rib support</i> telah selesai terinstal, dan posisi <i>wiremesh</i> harus berada diantara <i>steel rib</i> dan <i>promary shotcrete</i>
12	Ketebalan <i>shotcrete</i> pada <i>Tunneling</i> disesuaikan dengan luas bukaan <i>Tunneling</i>
13	Mutu <i>dry mix</i> harus tetap terjamin
14	Pengeboran lubang untuk <i>rock bolt</i> menggunakan <i>legdrill</i> dimana pada bagian ujungnya harus diberikan <i>face plate</i> dan <i>nut & washer</i>
15	Dilakukan <i>pullout test</i> sesuai dengan tegangan ultimate pada desain
16	Setelah dilakukan <i>pull-out test</i> , dilakukan pengecekan <i>displacement</i> pada <i>rockbolt</i>

Metode penilaian dilakukan dengan menentukan nilai dari masing-masing parameter yang didapat dari hasil analisa yang representatif. Analisa terhadap nilai peluang atau akibat dapat dilakukan dengan berbagai macam metode, salah satunya adalah *Rapid Visual Screening*. Perlu diketahui bahwa instrumen *Rapid Visual Screening* ini merupakan hasil improvisasi dari FEMA P646. Dalam FEMA P646 Salah satu cara untuk mengevaluasi risiko seismik bangunan gedung adalah dengan melakukan evaluasi struktur secara cepat dengan *Rapid Visual Screening* (RVS) berdasarkan FEMA (*Federal Emergency Management Agency*) 154 yang dikembangkan di Amerika Serikat. RVS telah dikembangkan untuk mengidentifikasi, inventarisasi, dan melakukan *screening* bangunan yang mempunyai potensi terkena bahaya seismik. RVS digunakan untuk menjadi fase penyaringan awal dari beberapa prosedur untuk mengidentifikasi bangunan yang berpotensi berbahaya. Bangunan yang teridentifikasi dengan RVS berpotensi berbahaya harus dianalisis secara lebih rinci oleh profesional desain seismik yang berpengalaman. Prosedur RVS menggunakan metodologi berdasarkan survei bangunan cepat dan pengisian Formulir Survei. Survei yang dilakukan berdasarkan pengamatan visual bangunan dari luar, dan jika mungkin interiornya.

Pada penelitian ini RVS diimprovisasi dengan mengubah subjek indikator-indikatornya menjadi indikator penilaian untuk keselamatan kerja pada pekerjaan *tunnel*. Indikator-indikator pada *Rapid Visual Screening* pada penelitian ini disusun

berdasarkan peraturan-peraturan keselamatan kerja baik secara nasional maupun internasional yang diintegrasikan dengan pedoman dan tata cara dari pekerjaan *tunnel*. Indikator berdasarkan hasil perpaduan ini kemudian dijadikan sebagai instrumen acuan penilaian untuk *Rapid Visual Screening* (RVS).

Proyek Pembangunan Bendungan Manikin pada pekerjaan *tunneling* merupakan yang pertama menerapkan Peraturan Menteri PUPR Nomor 10 tahun 2021 tentang pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK). Selama ini, setiap pekerjaan mengenai pekerjaan *tunneling* baik di proyek bendungan maupun proyek sipil lainnya masih menerapkan mengenai Peraturan Menteri PUPR Nomor 21 tahun 2019 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK). Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai analisis keselamatan konstruksi pada pekerjaan *tunneling* dengan menggunakan peraturan keselamatan konstruksi terbaru yakni Peraturan Menteri PUPR Nomor 10 tahun 2021 tentang pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK).

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk membuat variabel-variabel mengenai keselamatan konstruksi pada pekerjaan *tunneling* bendungan dengan berlandaskan Peraturan Menteri PUPR Nomor 10 tahun 2021 tentang pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK). Selanjutnya, dari variabel-variabel yang didapat selanjutnya dilakukan pendeskripsian dari setiap variabel yang sudah dilakukan penilaian sebelumnya yang kemudian dilakukan analisis mengenai persentase probabilitas keamanan total dan kecenderungannya dari setiap variabel tersebut. Selain itu, tujuan dari penelitian ini juga yaitu untuk dapat merealisasikan dari Peraturan Menteri PUPR Nomor 10 tahun 2021 tentang pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK) karena sejauh ini untuk pekerjaan *tunneling* bendungan masih banyak yang menggunakan peraturan sebelumnya, yakni Peraturan Menteri PUPR Nomor 21 tahun 2019 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK) yang direncanakan untuk pekerjaan bangunan gedung bertingkat tinggi (*high risk building*), pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan dan bangunan sipil lainnya sebagaimana dilakukan oleh peneliti sebelumnya yaitu sebagai berikut:

Penelitian terdahulu	Penelitian saat ini
<p>Penelitian Pratama (2021) menjelaskan mengenai keselamatan kerja pada sudut pandang Peraturan Menteri PUPR No. 10 Tahun 2021 mengenai Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi studi kasus Bendungan Bener mengenai pekerjaan <i>high blasting</i>, yang memiliki tujuan untuk mengetahui nilai penerapan keselamatan kerja dan meminimalisir risiko terjadinya kecelakaan kerja.</p>	<p>Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui nilai penerapan keselamatan konstruksi dengan landasan yang sama tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi dan studi kasus yang berbeda.</p>
<p>Penelitian Sulistiyono (2022) menjelaskan mengenai peningkatan efektivitas <i>blasting</i> di <i>quarry</i>, tujuannya yaitu untuk mengetahui risiko, biaya dan cara mitigasi pekerjaan galian batu dengan peledakan, pada penelitian ini tidak berlandaskan peraturan mengenai keselamatan kerja dan landasan regulasi mengenai kecelakaan kerja.</p>	<p>Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui nilai penerapan keselamatan konstruksi dengan menggunakan foto objek dalam mengetahui tingkat keselamatan dengan berlandaskan Peraturan Menteri PUPR nomor 10 tahun 2021 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi.</p>

Adapun penelitian Pratama (2021) menjadi referensi dalam melakukan tahapan perhitungan dengan menggunakan Teorema Bayes untuk mengetahui nilai penerapan keselamatan konstruksi yang dimana pada penelitian ini telah disempurnakan menggunakan peraturan terbaru yaitu Peraturan Menteri PUPR nomor 10 tahun 2021 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi. Sedangkan untuk penelitian Sulistiyono (2022) menjadi referensi mengenai bagaimana penerapan dan teori tentang *blasting*. Adapun untuk objek dari masing penelitian yang sudah dilakukan dalam penelitian tersebut sama hanya saja

untuk studi kasus pada penelitian tersebut berbeda yakni Pembangunan Bendungan Bener dan Pembangunan Bendungan Tugu.

Berdasarkan keseluruhan tinjauan pustaka terdahulu, bahwa penelitian terdahulu berlandaskan peraturan yang lama, bahkan ada yang tidak berlandaskan peraturan. Sehingga, penelitian yang dilakukan ini memiliki peran untuk menyempurnakan dan memperbaharui penelitian terdahulu terutama dari segi peraturan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan pada penelitian ini, serta analisis penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa

1. Terdapat 58 Variabel yang dibagi kedalam 4 induk variabel (Tindakan Operatif, Kondisi Lokasi, Konstruksi Operatif Peralatan, dan Konstruksi Operatif Metode Konstruksi) yang dinilai berdasarkan 26 foto lingkungan proyek pembangunan *Tunnelling* Bendungan Manikin yang diambil dari beberapa sisi.
2. Perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan data yang didapat dari 6 narasumber didapat hasil $P(H | E_{comb})$ senilai 0,932 atau probabilitas yang terjadi menurut 6 narasumber senilai 93,20%, yang berarti bahwa pekerjaan *tunnel* menurut 6 narasumber dilakukan dengan aman. Pemakaian atribut keselamatan kerja yang dilakukan oleh pekerja seperti alat pelindung diri (APD), penerangan area pekerjaan, ketersediaan oksigen pada pekerjaan *tunnel* diberlakukan dengan baik. Sehingga pekerjaan *tunnel* yang dilakukan dikatakan aman.
3. RVS pada penelitian sebelumnya di gunakan pada Bangunan Gedung, Namun pada penelitian ini RVS di gunakan pada pekerjaan *Tunneling*,
4. RVS pada penelitian sebelumnya hanya metode RVS saja, pada penelitian ini menambah perangkat dengan WBS, sehingga memudahkan peneliti dalam menyusun variabel.

6.2. SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap analisis keselamatan konstruksi pada Proyek Pembangunan Analisis Keselamatan Konstruksi pada Pekerjaan *Tunnelling* Studi Kasus Proyek Pembangunan Bendungan Manikin, berikut beberapa saran yang ingin disampaikan

1. Pada penelitian selanjutnya, lebih baik apabila data diambil menggunakan media foto dengan jumlah yang lebih banyak dan dari sudut pandang yang

berbeda-beda, sehingga untuk penilaian risiko dapat lebih mempertimbangkan beberapa foto.

2. Melibatkan narasumber yang lebih banyak sehingga validitas penelitian lebih dapat dipertanggungjawabkan
3. Pada penelitian ini nilai 1 merupakan pembulatan, artinya terdapat nilai keraguan pada nilai tersebut, sehingga pada penelitian berikutnya dapat menganalisis lebih dalam terkait persentase faktor ketidakamanannya dari pembulatan nilai menjadi 1 tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Aftortu, Muhammad Rizqika, dkk (2018), *Analisis Risiko Proyek Konstruksi Studi Kasus Bendungan Way Sekampung Paket 2 Dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis Dan Domino*, Journal Rekayasa Sipil Dan Desain(JRSDD), Lampung, Indonesia.
- Argha, M. (2014). *Evaluasi Keselamatan Kerja (K2) pada Pekerjaan Konstruksi (Studi Kasus Pembangunan Gedung Fakultas MIPA UII)*. Tugas Akhir UII 2014 (diakses Agustus 2018).
- Arikunto, S. (2002). *Metodologi Penelitian*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Armin, R. (2020). *Modul-WBS, Metode dan Aktivitas Proyek*.
- Bhaskara, Adwitya and Nugraheni, Fitri., (2017), *Integrating Standard Operating Procedures and Occupational Safety for Column Concrete Reinforcement Work*, ICSBE, Yogyakarta, Indonesia.
- Bird and Germain, F. J. (1990). *Practical Loss Control Leadership. USA: Institute Publishing Dipohusodo*, Istimawan.1996. Manajemen Proyek & Konstruksi. Kanisius. Jogjakarta.
- Budiono, (2013) *Kegagalan Konstruksi pada Musibah Jembatan Suramadu (Surabaya-Madura)*. Jurnal Teknik. Jurnal Pakuan Bidang Keteknika
- Dimiyati, Hamdan dan Nurjaman Kadar, 2014, *Manajemen Proyek* : CV Pustaka Setia.
- Edition, P. S. (2018). *A guide to the project management body of knowledge. Project Management Institute*. Pennsylvania.
- Firmansyah, F. (2022). *Pemanfaatan Foto Konstruksi untuk Penilaian Keselamatan Kerja pada Pekerjaan Pondasi*. Tesis . Konsentrasi Manajemen Konstruksi Program Studi Teknik Sipil Program Magister. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

- Grainner. 1998. *Penyederhanaan Bayes* . Jakarta: Luhur.
- Halpin, Daniel dan W, Ronald (1998). *Construction Management, Second edition*. John Wiley & Sons Inc, Canada.
- Husen, Abrar, 2009, *Manajemen Proyek (Perencanaan Penjadwalan dan Pengendalian Proyek)*, Penerbit: Andi Yogyakarta.
- Indrayani, Reny, (2017), *Analisis Risiko Keselamatan Kerja Pada Proyek Pengembangan Bandara Internasional Juanda Terminal 2 Surabaya*, UNEJ (Jurnal), Jember, Indonesia.
- Kartika, Widya dan Sukindrawati, Buddewi., (2021), *Analisa Visual Keselamatan Kerja Pada Pekerja Konstruksi Galian Tanah*, Jurnal Agregat, Surabaya, Indonesia.
- Kerzner, H. (2017). *Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. John Wiley & Sons.
- Maslova, I. O. (2013). *Growth and Volatility Analysis Using Wavelets*. Policy Research Working Paper Series 6578.
- Nugraheni, F. (2009). *The Use of Construction Images in Safety Assessment System*, Curtin University of Technology, Perth, 2008. (Disertasi).
- Nurhayati, 2010. *Manajemen Proyek*. Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Pareraway, A. S., Kojo, C., & Roring, F. (2018). *Pengaruh Lingkungan Kerja, Pelatihan, Dan Pemberdayaan SDM Terhadap Kepuasan Kerja Karyawan PT. PLN (Persero) Wilayah Suluttenggo*. Jurnal EMBA: Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi, 6(3).
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 10/PRT/M/2019 Tahun 2021 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi.

- Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja.
- Rahardjo. Paulus P (2004), *Teknik Tunneling*. Bandung: *Geotechnical Engineering Center*, Parahyangan Catholic University.
- Schaufelberger, John and Yu Lin, Ken., (2014), *Construction Project Safety*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA.
- Shin, N., & Ahn, H. (2015). *Factors affecting adolescents' involvement in cyberbullying: What divides the 20% from the 80%*. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 18(7), 393-399.
- Sinamo, P. (2020). *Analisa Penjadwalan Waktu dan Anggaran Biaya Proyek dengan Metode Work Breakdown Structures (WBS)*. (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Soeharto, Iman. 1999. *Manajemen Proyek*. Edisi kedua. Jakarta : Erlangga.
- Sugiyono. (2012). *Memahami Penelitian Kualitatif*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Timotius, K.H. (2017). *Pengantar Metodologi Penelitian Pendekatan Manajemen Pengetahuan Untuk Perkembangan Pengetahuan*. Penerbit Andi Offset
- Tjokroamijoyo, Bintoro, (1971), *Administrasi Pembangunan*, Balai Pustaka, Jakarta.
- Undang-Undang Republik Indonesia No.19/1999 Tentang Jasa Konstruksi.
- Undang-Undang Republik Indonesia No. 1 Tahun 1970 Tentang Keselamatan Kerja.
- Undang-Undang Republik Indonesia No. 13 Tahun 2003 Tentang Ketenagakerjaan.

Undang-Undang Republik Indonesia No.28 tahun 2002 Tentang Bangunan
Gedung.