

**TESIS**  
**PEMANFAATAN FOTO UNTUK PENILAIAN**  
**KESELAMATAN PADA PEKERJAAN *BLASTING***  
**(STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN**  
**BENER PURWOREJO)**



**Disusun oleh:**  
**WAHYU KUNTORO**  
**NIM : 21914027**

**KONSENTRASI MANAJEMEN KONSTRUKSI**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL – PROGRAM MAGISTER**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**

**2023**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**TESIS**  
**PEMANFAATAN FOTO UNTUK PENILAIAN**  
**KESELAMATAN PADA PEKERJAAN *BLASTING***  
**(STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN**  
**BENER PURWOREJO)**



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

\_\_\_\_\_  
**Tanggal:**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**TESIS**  
**PEMANFAATAN FOTO UNTUK PENILAIAN**  
**KESELAMATAN PADA PEKERJAAN *BLASTING***  
**(STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN**  
**BENER PURWOREJO)**

disusun oleh

**Wahyu Kuntoro**  
**21914027**

Telah diuji oleh Dewan Penguji  
pada tanggal 14 Oktober 2023  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

(Susunan Dewan Penguji)

**Pembimbing**



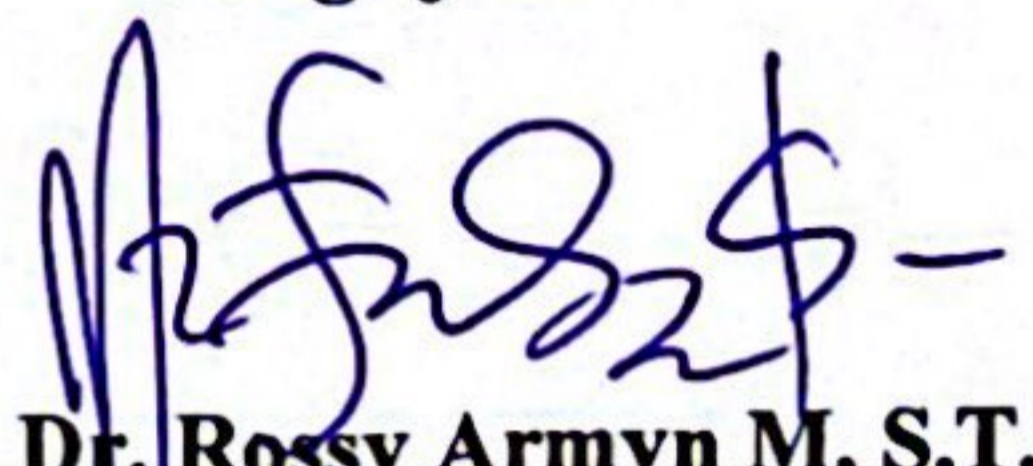
**Ir. Fitri Nugraheni, ST, MT, Ph.D. IP-M.**

**Penguji I**



**Albani Musyafa, ST, MT, Ph.D.**

**Penguji II**



**Dr. Rossy Armyn M, S.T.,  
M.T., IP-M., ASEAN Eng.**

Yogyakarta, \_\_\_\_\_

Universitas Islam Indonesia

Program Studi Teknik Sipil, Program Magister

Ketua Program,



**Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (magister), baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program “*Software*” komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran 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, September 2023

Yang membuat pernyataan,

  
  
Wanyu Kuntoro

21914027

## LEMBAR DEDIKASI

Tesis ini saya dedikasikan kepada kedua orang tua saya, Bapak Cakum dan Ibu Sri Suwaarni. Terima kasih atas doa, kerja keras, dukungan, kepercayaan dan kasih sayang kalian. Terima kasih yaa Allah Engkau telah hadirkan dua malaikat dalam hidup saya.

Kepada kakak – kakak saya Mas Ari Purwanto,S.Kom., Mas Bagus Budi Setiawan,S.Si., kakak-kakak ipar serta semua keponakan, terima kasih atas segala bentuk dukungan yang telah diberikan kepada saya.

Kepada rekan-rekan Manajemen Konstruksi Angkatan 2021, terima kasih telah tumbuh dan berkembang bersama selama masa kuliah. Semoga kesuksesan senantiasa menyertai kita.

Terima kasih kepada PT Brantas Abipraya (Persero) atas segala bantuannya selama penelitian sampai penelitian ini selesai.

*Wahyu Kuntoro*

## KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirabbil'alamin. Puji dan Syukur penyusun haturkan kehadiran Allah SWT atas karunia-Nya hingga penyusun dapat menyelesaikan Tesis. Shalawat dan salam semoga selalu dicurahkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai inspirasi akhlak dan pribadi mulia.

Tesis ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat Magister pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Selama melaksanakan Tesis dan menyusun laporan, penyusun telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia;
2. Ibu Ir. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IP-M. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan dukungan dalam penyelesaian tesis ini;
3. Bapak Albani Musyafa, ST., MT., Ph.D. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyelesaian tesis ini;
4. Bapak Dr. Rossy Armyn Machfudiyanto, S.T., M.T., IP-M., ASEAN Eng. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyelesaian tesis ini;
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penyusun menyadari bahwa Tesis ini masih banyak kekurangannya. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi perbaikan Tesis ini dan semoga tesis ini dapat

bermanfaat bagi penyusun khususnya serta bagi semua pihak yang membutuhkan umumnya.

*Wassalaamu 'alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, 27 September 2023

WAHYU KUNTORO

NIM: 21914027

## DAFTAR ISI

TESIS	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Keaslian Penelitian	10
2.3 Perbedaan Penelitian	14
BAB III LANDASAN TEORI	15
3.1 Keselamatan Kerja	15
3.2 Kecelakaan Kerja	15
3.2.1 Pengertian Kecelakaan Kerja	15
3.2.2 Klasifikasi Kecelakaan Kerja	15
3.2.3 Penyebab Kecelakaan Kerja	16
3.2.4 Kerugian Akibat Kecelakaan Kerja	17
3.2.5 Teori Penyebab Kecelakaan Kerja	18
3.2.6 Hierarki Pengendalin Berdasarkan ISO 45001 2018	19
3.2.7 Hubungan Antara Keselamatan Kerja Dengan Kecelakaan Kerja	21



3.3	Alat Pelindung Diri	21
3.3.1	Alat Pelindung Kepala ( <i>Safety Helmet</i> )	22
3.3.2	Alat Pelindung Pernafasan	22
3.3.3	Alat Pelindung Telinga	23
3.3.4	Alat Pelindung Muka dan Mata	24
3.3.5	Alat Pelindung Tangan	26
3.3.6	Alat Pelindung Tubuh	27
3.3.7	Alat Pelindung Kaki	27
3.4	<i>Blasting</i>	28
3.5	Bahan Peledak	31
3.6	<i>Work Breakdown Structure</i>	33
3.7	Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012 Tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja	35
3.8	Keputusan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik	36
3.9	Keputusan Direktur Jenderal Mineral Dan Batubara Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral Nomor 309.K/30/DJB/2018 Tentang Petunjuk Teknis Keselamatan Bahan Peledak Dan Peledakan Serta Keselamatan Fasilitas Penimbunan Bahan Bakar Cair Pada Kegiatan Usah	38
3.10	Pemanfaatan Foto Konstruksi Sebagai Sumber Informasi Pada Keselamatan Kerja	40
3.10.1	Pengertian Foto Konstruksi	40
3.10.2	Ketentuan Pengambilan Foto Konstruksi	41
3.11	Teknik <i>Delphi</i>	42
3.11.1	Pengertian Teknik Delphi	42
3.11.2	Alur Analisis Delphi	44
3.12	<i>Checklist</i> Standar Keselamatan Pekerjaan <i>Blasting</i>	45
3.12.1	Pengertian <i>Checklist</i>	45
3.12.2	Standar Keselamatan Kerja Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak	46

3.12.3	Standar Keselamatan Kerja Pekerjaan <i>Drilling</i>	47
3.12.4	Standar Keselamatan Kerja Pekerjaan Charging dan Steaming	47
3.12.5	Standar Keselamatan Kerja Pekerjaan <i>Tie Up</i>	48
3.12.6	Standar Keselamatan Kerja Pekerjaan Peledakan	49
3.13	Probabilitas Bersyarat	50
3.14	<i>Fuzzy Logic</i>	55
<b>BAB IV</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>57</b>
4.1	Metode Penelitian	57
4.2	Subjek dan Objek Penelitian	57
4.2.1	Subjek penelitian	57
4.2.2	Objek penelitian	58
4.3	Data dan Metode Pengumpulan Data	59
4.3.1	Data primer	59
4.3.2	Data sekunder	59
4.4	Peralatan Penelitian	59
4.5	Waktu Pengamatan	60
4.6	Responden Penelitian	60
4.7	Sistematika Penelitian	61
4.8	<i>Fuzzy Logic</i>	69
4.8.1	Teori Fuzzy Logic	69
4.8.2	Contoh Teori <i>Fuzzy Logic</i>	71
4.9	Pembahasan	73
4.10	Kesimpulan dan Saran	73
<b>BAB V</b>	<b>DATA, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN</b>	<b>77</b>
5.1	Analisis Data dengan Teknik Delphi	77
5.2	Penilaian Keselamatan Kerja	112
5.3	Pengolahan Data	118
5.5	Mengklasifikasikan Pelaksanaan Konstruksi Tingkat Keselamatan Tinggi	143
5.6	Mengembangkan Metode untuk Mengklasifikasikan Tingkat Keamanan Pelaksanaan Konstruksi yang Tinggi	144

5.7	Pembahasan	149
5.8	Upaya Yang Harus Dilakukan Untuk Meminimalisir Kemungkinan Terjadinya Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan Blasting Pembangunan Bendungan Bener Purworejo	159
	BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	163
	DAFTAR PUSTAKA	165

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Sekarang	10
Tabel 2. 2 Perbedaan antara penelitian terdahulu dengan penelitian saat ini	14
Tabel 3.1 Klasifikasi Kecelakaan Kerja	16
Tabel 3.2 WBS Dalam Bentuk Tabel	34
Tabel 4. 1 Skala Probabilitas dan Dampak	63
Tabel 4. 2 Kriteria Konsensus	64
Tabel 4. 3 Contoh Tabel Penilaian Responden untuk Pekerjaan <i>Blasting</i>	67
Tabel 4. 4 Contoh Tabel Perhitungan $P(E   H)$ dari Penilaian Responden untuk Pekerjaan <i>Blasting</i>	67
Tabel 4. 5 Contoh Tabel Perhitungan $P(E   H')$	68
Tabel 4. 6 Contoh Tabel Analisis Data	69
Tabel 5. 1 Checklist Kegiatan dan Standar Keselamatan Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak	78
Tabel 5. 2 <i>Checklist</i> Kegiatan dan Standar Keselamatan Pekerjaan <i>Drilling</i>	81
Tabel 5. 3 <i>Checklist</i> Kegiatan dan Standar Keselamatan Pekerjaan <i>Charging</i> dan <i>Steaming</i>	83
Tabel 5. 4 <i>Checklist</i> Kegiatan dan Standar Keselamatan Pekerjaan <i>Tie Up</i>	87
Tabel 5. 5 <i>Checklist</i> Kegiatan dan Standar Keselamatan Pekerjaan Peledakan	90
Tabel 5. 6 Kriteria Konsensus	93
Tabel 5. 7 Hasil Tahap I Checklist Standar Pelaksanaan Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak	95
Tabel 5. 8 Hasil Eksplorasi Delphi Tahap II Pengangkutan Bahan Peledak	96
Tabel 5. 9 Hasil Tahap I <i>Checklist</i> Standar Pelaksanaan Pekerjaan <i>Drilling</i>	98
Tabel 5. 10 Hasil Eksplorasi Delphi Tahap II Pekerjaan <i>Drilling</i>	99
Tabel 5. 11 Hasil Eksplorasi Delphi Tahap III Pekerjaan <i>Drilling</i>	100
Tabel 5. 12 Hasil Tahap I <i>Checklist</i> Standar Pelaksanaan Pekerjaan	102
Tabel 5. 13 Hasil Eksplorasi Delphi Tahap II Pekerjaan <i>Charging</i> dan <i>Steaming</i>	104
Tabel 5. 14 Hasil Tahap I <i>Checklist</i> Standar Pelaksanaan Pekerjaan <i>Tie Up</i>	106

Tabel 5. 15 Hasil Eksplorasi Delphi Tahap II Pekerjaan <i>Tie Up</i>	107
Tabel 5. 16 Hasil Tahap I <i>Checklist</i> Standar Pelaksanaan Pekerjaan Peledakan	109
Tabel 5. 17 Hasil Eksplorasi Delphi Tahap II Pekerjaan Peledakan	110
Tabel 5. 18 <i>Checklist</i> Kegiatan dan Standar Keselamatan Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak	115
Tabel 5. 19 Rekapitulasi Tabel Penilaian Dengan 3 Responden Untuk Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak	119
Tabel 5. 20 Rekapitulasi Tabel Penilaian Dengan 3 Responden Untuk Pekerjaan <i>Drilling</i>	120
Tabel 5. 21 Rekapitulasi Tabel Penilaian Dengan 3 Responden Untuk Pekerjaan <i>Charging</i> dan <i>Steaming</i>	121
Tabel 5. 22 Rekapitulasi Tabel Penilaian Dengan 3 Responden Untuk Pekerjaan <i>Tie Up</i>	123
Tabel 5. 23 Rekapitulasi Tabel Penilaian Dengan 3 Responden Untuk Pekerjaan Peledakan	124
Tabel 5. 24 Rekapitulasi Tabel perhitungan $P(E   H')$ Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak	127
Tabel 5. 25 Rekapitulasi Tabel perhitungan $P(E   H')$ Pekerjaan <i>Drilling</i>	128
Tabel 5. 26 Rekapitulasi Tabel perhitungan $P(E   H')$ Pekerjaan <i>Charging</i> dan <i>Steaming</i>	130
Tabel 5. 27 Rekapitulasi Tabel perhitungan $P(E   H')$ Pekerjaan <i>Tie Up</i>	134
Tabel 5. 28 Rekapitulasi Tabel perhitungan $P(E   H')$ Pekerjaan Peledakan	136
Tabel 5. 29 Hasil Analisis Data Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak	140
Tabel 5. 30 Hasil Analisis Data Pekerjaan <i>Drilling</i>	141
Tabel 5. 31 Hasil Analisis Data Pekerjaan <i>Charging</i> dan <i>Steaming</i>	141
Tabel 5. 32 Hasil Analisis Data Pekerjaan <i>Tie Up</i>	141
Tabel 5. 33 Hasil Analisis Data Pekerjaan Peledakan	142
Tabel 5. 34 Fungsi Keanggotaan untuk Kemungkinan Pelaksanaan Konstruksi yang Aman dan Tidak Aman	146

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Teori Domino	18
Gambar 3.2 Alat Pelindung Kepala	22
Gambar 3.3 Alat Pelindung Pernafasan	23
Gambar 3.4 Alat Pelindung Telinga	24
Gambar 3.5 Kacamata <i>Safety</i>	25
Gambar 3.6 Kacamata <i>Goggles</i>	25
Gambar 3.7 Perisai Wajah	26
Gambar 3.8 Alat Pelindung Tangan	26
Gambar 3.9 Alat Pelindung Tubuh	27
Gambar 3.10 Alat Pelindung Kaki	28
Gambar 3.11 Kegiatan Pengangkutan Bahan Peledak	29
Gambar 3.12 Kegiatan <i>Drilling</i>	30
Gambar 3.13 Kegiatan <i>Charging</i> dan <i>Stemming</i>	31
Gambar 3.14 WBS Dalam Bentuk Grafis	34
Gambar 3.15 Contoh Foto Konstruksi	42
Gambar 3.16 Langkah – langkah Teknik Delphi	45
Gambar 3.17 Contoh Sebuah Kecelakaan Kerja	52
Gambar 4.1 Lokasi Penelitian	58
Gambar 4.2 <i>Work Breakdown Structure</i> Pekerjaan <i>Blasting</i>	62
Gambar 4. 3 Langkah – langkah Teknik Delphi	66
Gambar 4.4 Kurva-S <i>Membership Function</i> dalam <i>Fuzzy Logic</i>	71
Gambar 4.5 Contoh Kurva S	73
Gambar 4.6 Bagan Alir Penelitian	75
Gambar 5. 1 Foto Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak	94
Gambar 5. 2 Foto Pekerjaan <i>Drilling</i>	97
Gambar 5. 3 Foto Pekerjaan <i>Charging</i> dan <i>Steaming</i>	101
Gambar 5. 4 Foto Pekerjaan Tie Up	105
Gambar 5. 5 Foto Pekerjaan Peledakan	108

Gambar 5. 6 Contoh Penilaian Foto Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak	112
Gambar 5. 7 Kurva Fungsi Keanggotaan untuk Kemungkinan Aman dan Tidak Aman Pelaksanaan Konstruksi	147
Gambar 5. 8 Peta Klasifikasi Wilayah Dikembangkan dari Gambar 5.7	148

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Permohonan Ijin Penelitian	167
Lampiran 2 Pengisian <i>Checklist</i> Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak	168
Lampiran 3 Pengisian <i>Checklist</i> Pekerjaan <i>Drilling</i>	219
Lampiran 4 Pengisian <i>Checklist</i> Pekerjaan <i>Charging</i> dan <i>Steaming</i>	294
Lampiran 5 Pengisian <i>Checklist</i> Pekerjaan <i>Tie Up</i>	415
Lampiran 6 Pengisian <i>Checklist</i> Pekerjaan Peledakan	508
Lampiran 7 Surat Pernyataan Pengisian <i>Checklist</i>	586



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi banyak terjadi kecelakaan kerja. Di Indonesia, Menteri Ketenagakerjaan Ida Fauziyah (2021) menyatakan bahwa berdasarkan data dari Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial (BPJS), kecelakaan kerja di konstruksi meningkat dari 114.000 di tahun 2019 menjadi 177.000 kecelakaan di tahun 2020. Namun, harus dicatat bahwa hal ini berdasarkan klaim yang diajukan kepada BPJS, yang berarti bahwa angka sebenarnya jauh lebih tinggi karena tidak semua pekerja menjadi anggota BPJS. Berbagai faktor penyebab terjadinya kecelakaan pada pekerjaan proyek konstruksi, seperti tidak terpenuhinya peralatan keselamatan kerja, anggapan bahwa kecelakaan kerja jarang terjadi, serta kurangnya kesadaran pekerja akan pentingnya menggunakan peralatan perlindungan diri untuk menghindari hal buruk terjadi.

Dampak yang cukup signifikan masalah keselamatan dan kesehatan kerja salah satunya adalah dampak ekonomis. Berbagai macam kerugian akibat kecelakaan kerja dapat terjadi. Selain dari pada korban jiwa, akibat dari kecelakaan kerja berupa biaya pengobatan, kompensasi kepada korban / pekerja, juga terdapat biaya tidak langsung yang mencakup kerugian masa kerja (pemberhentian sementara), kelancaran pekerjaan yang terganggu, dampak psikologis yang negatif terhadap pekerja, menurunnya reputasi perusahaan, denda dari pemerintah, hingga kemungkinan berkurangnya kesempatan usaha. Biaya tidak langsung sebenarnya jauh lebih besar dari biaya langsung.

Menurut Organisasi Buruh Internasional Labour Organisation (ILO) (2021) setiap 15 detik, 153 pekerja mengalami kecelakaan yang berhubungan dengan pekerjaan konstruksi. Di lokasi konstruksi di seluruh dunia sedikitnya 60.000 kecelakaan fatal terjadi setiap tahun, yang mana berarti terjadi satu kecelakaan fatal setiap 10 menit.

Jpnn.com (2012) menyampaikan salah satu peristiwa kecelakaan yang berhubungan dengan pekerjaan konstruksi sebagai berikut.

Ribut, selaku pekerja bagian blasting atau petugas peledak lahan tambang, meninggal dunia usai melakukan peledakan di kawasan tambang berlokasi CS 2 di Kecamatan Murung Pudak, Tabalong pukul 14.00 Wita. Seperti biasa, proses setelah peledakan terjadi, Ribut beserta beberapa petugas lainnya melakukan pemeriksaan bekas ledakan. Namun, tak menyangka dirinya terjatuh di lubang bekas ledakan.

Tingginya angka kecelakaan kerja konstruksi membuktikan bahwa lokasi kerja konstruksi merupakan lokasi pekerjaan yang membahayakan. Kecelakaan konstruksi pada sebuah proyek dapat merugikan perusahaan kontraktor dari segi manapun. Oleh karena itu penting bagi perusahaan atau pihak manapun baik terkait dengan konstruksi ataupun tidak untuk menerapkan keselamatan kerja. Perusahaan yang baik diwajibkan untuk menjunjung tinggi keselamatan kerja “*Safety First*”, seperti yang diungkapkan oleh Lin (2014) dalam Bhaskara (2017) 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*”.

Salah satu pekerjaan konstruksi adalah proyek pembangunan bendungan. Beberapa tahapan diperlukan pada pembangunan bendungan, diantaranya adalah tahapan pembangunan saluran pengelak aliran sungai. Tujuan dari pengelakan aliran sungai ini adalah untuk mengalihkan arah aliran air agar tidak menggenangi lokasi pembangunan yang dapat mengganggu proses pekerjaan. Pekerjaan pembangunan terowongan pada pengerjaan saluran pengelak terdapat beberapa tahapan, salah satunya adalah tahapan pekerjaan *Blasting*. *Blasting* merupakan pekerjaan peledakan terowongan atau pekerjaan menghancurkan tebing terowong dengan menggunakan bahan peledak. Pada pekerjaan ini dibutuhkan penanganan khusus agar tidak terjadi kecelakaan kerja.

Upaya pencegahan terhadap terjadinya kecelakaan kerja di proyek konstruksi dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya dengan *assesment* (penilaian) yang dilakukan dengan peninjauan dilapangan dengan

penerapan aturan keselamatan kerja yang disyaratkan sesuai standar keselamatan, kesadaran diri dari pekerja, dan pengawasan yang baik dari petugas yang bertanggung jawab terhadap keselamatan kerja pada proyek tersebut. Untuk itu diperlukan penelitian pada pelaksanaan pekerjaan *Blasting* pada proyek pembangunan Bendungan Bener Purworejo sehingga dapat meminimalisir terjadinya risiko kecelakaan kerja.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada tesis ini yaitu:

1. Berapa nilai penerapan keselamatan kerja berdasarkan standar keselamatan pada pekerjaan *blasting* pembangunan Bendungan Bener Purworejo dengan pendekatan probabilitas bersyarat?
2. Berapa nilai penerapan keselamatan kerja dengan pendekatan *Fuzzy logic* pada pekerjaan *blasting* yang memiliki hasil aman?
3. Apa upaya yang harus dilakukan untuk meminimalisir kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja pada pekerjaan *blasting* pembangunan Bendungan Bener Purworejo?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Agar dapat menjawab masalah pada rumusan masalah, maka tujuan penyusunan tesis ini untuk :

1. Mengetahui nilai penerapan keselamatan kerja berdasarkan standar keselamatan pekerjaan *blasting* pada pembangunan Bendungan Bener Purworejo dengan pendekatan probabilitas bersyarat
2. Mengetahui nilai penerapan keselamatan kerja dengan pendekatan *Fuzzy logic* pada pekerjaan *blasting* yang memiliki hasil aman, dan
3. Mengetahui upaya yang harus atau dapat dilakukan untuk meminimalkan kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja pada pekerjaan *blasting* proyek pembangunan Bendungan Bener Purworejo.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk :

1. Mengetahui nilai penerapan keselamatan kerja pada pekerjaan *blasting* pada proyek pembangunan Bendungan Bener Purworejo berdasarkan standar keselamatan yang telah dibuat dan mengacu pada peraturan keselamatan kerja Indonesia.,
2. Mengetahui upaya yang harus dilakukan untuk meminimalisir kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja pada pekerjaan *blasting* proyek pembangunan Bendungan Bener Purworejo, dan
3. Digunakan sebagai acuan standar keselamatan, betapa pentingnya keselamatan kerja untuk pekerja bangunan sehingga dapat diterapkan dalam pelaksanaan pekerjaan.

#### 1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian dapat terarah sesuai dengan tujuan penelitian, maka perlu diadakannya batasan penelitian sebagai berikut:

1. Penelitian hanya membahas tentang keselamatan kerja pada pekerjaan *blasting*.
2. Proyek yang digunakan pada penelitian ini adalah proyek pembangunan Bendungan Bener Purworejo.
3. Pekerjaan yang diteliti hanya pekerjaan *blasting*.
4. Data berupa foto pekerjaan konstruksi dan lingkungan proyek pembangunan Bendungan Bener Purworejo.
5. Standar keselamatan untuk checklist yang digunakan adalah standar yang berdasar dari Modul Pelatihan Ahli Peledakan Pekerjaan Konstruksi Departemen Pekerjaan Umum Badan Pembinaan Konstruksi Dan Sumber Daya Manusia Pusat Pembinaan Kompetensi Dan Pelatihan Konstruksi, PP No. 50 Tahun 2012 tentang Penerapan SMK3, Kepmen nomor 1827.K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik, Juknis Nomor 309.K/30/DJB/2018 dan Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya

6. Responden untuk penilaian *checklist* penelitian yang memiliki sertifikat keahlian (SKA) K3 konstruksi.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Tinjauan pustaka adalah suatu acuan yang digunakan untuk mendukung permasalahan yang akan diteliti dan dapat digunakan sebagai bahan acuan untuk menghasilkan teori yang akan baru diteliti. Sehingga diharapkan dengan adanya penelitian terkait dapat memudahkan dalam membantu pemilihan prosedur penelitian, mendalami landasan teori yang berkaitan dengan permasalahan, mengkaji kelebihan dan kekurangan hasil penelitian terdahulu, menghindari duplikasi penelitian sebelumnya dan membantu dalam perumusan masalah.

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Untuk mencapai hasil yang baik maka penelitian terdahulu yang digunakan sebagai tinjauan pustaka pada penelitian ini adalah :

1. Monitoring Keselamatan Pekerja Konstruksi dengan Pendekatan *Fuzzy Logic* (Winanda dkk, 2019)

Tujuan dari penelitian ini guna membangun model sistem pemantauan keselamatan pekerja konstruksi untuk mencegah kecelakaan konstruksi . Pendekatan yang digunakan dengan pendekatan *Fuzzy Logic*. Secara garis besar, penelitian diawali dengan identifikasi variabel berdasarkan karakteristik proyek sesuai jenis kecelakaan tertinggi pada industri konstruksi yaitu jatuh dari ketinggian. Sesuai karakteristik proyek diperoleh data koordinat bangunan, lokasi bahaya yang berpotensi menyebabkan kecelakaan dan ketinggian rencana bangunan. Sedangkan sesuai dengan pelaksanaan proyek, dapat diketahui sistem proteksi yang tersedia dan digunakan di proyek sebagai upaya pencegahan kecelakaan. Hasil penelitian pada kasus yang ditinjau adalah tingkat bahaya yang dialami pekerja *medium-high* dengan nilai tingkat bahaya adalah 10.4. Hal ini menunjukkan bahwa dengan ‘tinggi jatuh’ yang cukup tinggi maka risiko kecelakaan pekerja juga tinggi meskipun jarak antara lokasi kerja dengan tepian bangunan cukup jauh. Berdasarkan hasil analisa pendekatan yang

dilakukan dan studi kasus yang ada, maka model yang disajikan dapat digunakan untuk mensimulasi tingkat bahaya yang dapat dialami pekerja sehingga dapat memonitor kondisi bahaya yang dialami pekerja untuk kemudian menjadi sebuah sistem peringatan dini kecelakaan selama pekerjaan berlangsung.

2. *A Delphi Study To Build Consensus On The Definition And Use Of Big Data In Obesity Research* (Vogel dkk, 2019)

*Big Data* memiliki potensi besar untuk membantu mengatasi tantangan kesehatan global dari obesitas. Namun, kurangnya kejelasan berkaitan dengan definisi *Big Data* dan kerangka kerja untuk menggunakan *Big Data* secara efektif dalam konteks penelitian obesitas menjadi penghambat kemajuan. Tujuan dari penelitian ini adalah menetapkan pendekatan yang disepakati untuk penggunaan *Big Data* terkait riset obesitas. Metode yang digunakan adalah dengan pengembangan konsensus melalui metode Delphi. Pada penelitian ini dilakukan dengan tiga putaran survei. Di putaran 1, peserta diminta untuk menilai setuju/tidak setuju dengan 77 pernyataan di tujuh domain yang berkaitan dengan definisi dan pendekatan untuk menggunakan *Big Data* dalam konteks penelitian obesitas. Peserta juga diminta untuk menyumbangkan ide lebih lanjut terkait dengan topik ini, yang dimasukkan sebagai pernyataan baru ( $n = 8$ ) di putaran kedua. Di Babak 2 dan 3 peserta meninjau kembali penilaian mereka dalam pandangan konsensus kelompok. Hasil dari penelitian ini didapatkan sembilan puluh enam ahli yang aktif dalam penelitian terkait obesitas diundang untuk berpartisipasi. Dari jumlah tersebut, 36/96 menyelesaikan Putaran 1 (tingkat respons 37,5%), 29/36 menyelesaikan Putaran 2 (tingkat respons 80,6%) dan 26/29 menyelesaikan Babak 3 (89,7% tingkat respons). Didapatkan konsensus 90,6% ( $n = 77$ ) pernyataan (didefinisikan  $>70\%$  kesepakatan), dengan 100% konsensus dicapai untuk domain Definisi *Big Data*, Tata Kelola Data, dan Kualitas dan Inferensi. Kesimpulan Para ahli sepakat bahwa *Big Data* lebih bernuansa daripada definisi yang sering dikutip dari “volume, variasi, dan kecepatan” dan termasuk data kuantitatif, kualitatif,

observasi atau intervensi dari berbagai sumber yang telah dikumpulkan penelitian atau tujuan lainnya. Para ahli berulang kali menyerukan tindakan pihak ketiga, misalnya untuk mengembangkan kerangka pelaporan dan etika untuk mengklarifikasi persyaratan tata kelola data serta untuk mendukung pelatihan dan pengembangan keterampilan dan untuk memfasilitasi pembagian *Big Data*. Advokasi lebih lanjut akan diperlukan untuk mendorong organisasi mengadopsi peran ini.

3. Pemanfaatan Foto Konstruksi Untuk Penilaian Keselamatan Kerja (K2) Pada Pekerjaan Retaining Wall (Kartika, 2019).

Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi pekerjaan yang berisiko dalam pelaksanaan pekerjaan *retaining wall*, mengetahui nilai penerapan keselamatan kerja (K2) berdasarkan standar keselamatan pada pekerjaan *retaining wall* pembangunan gedung Fakultas Hukum UII, serta mengetahui upaya - upaya yang harus dilakukan untuk meminimalkan kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja pada pekerjaan *retaining wall* pembangunan gedung Fakultas Hukum UII. Pada penelitian ini Data berupa 34 foto pekerja konstruksi dan lingkungan proyek Fakultas Hukum UII. Standar keselamatan untuk checklist yang digunakan adalah Standar Keselamatan 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, Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi No. Per.01/Men/1980 Tentang Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Pada Konstruksi Bangunan. Setelah foto konstruksi dilapangan didapat dan *checklist* standar keselamatan beserta score kemungkinan untuk penilaian dibuat, langkah selanjutnya yaitu uji validitas dengan 6 responden untuk penilaian *checklist* penelitian yang memiliki sertifikat keahlian (SKA) K3 Konstruksi. Analisis data dengan metode probabilitas bersyarat Theorema Bayes untuk penilaian keselamatan pekerjaan *retaining wall* bahwa pekerjaan dilakukan dengan aman atau tidak aman. Hasil penilaian keselamatan kerja pada setiap item pekerjaan *retaining wall* berupa pekerjaan galian, pekerjaan pengukuran dan



pematokan, pekerjaan pasangan batu semua nilai P(H|Ecomb) adalah 0 yang berarti pekerjaan *retaining wall* dilakukan dengan tidak aman. 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.

4. Analisa Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pengembangan Kawasan Wisata Bahari Lhok Geulumpang, Aceh Jaya (Jaya dkk, 2015)

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui obyek daya tarik wisata bahari yang berpotensi untuk dikembangkan di kawasan wisata bahari Lhok Geulumpang. Penelitian ini terbagi ke dalam 2 tahapan analisa yakni mengidentifikasi obyek daya tarik wisata bahari Lhok Geulumpang yang berpotensi untuk dikembangkan dengan analisa *Expert Judgement* melalui skala Likert dan

menganalisis faktor yang mempengaruhi pengembangan kawasan wisata bahari Lhok Geulumpang dengan menggunakan analisis Delphi. Hasil analisa menunjukkan terdapat 5 obyek daya tarik wisata bahari yang sangat berpotensi untuk dikembangkan di kawasan wisata bahari Lhok Geulumpang yang menghasilkan 7 faktor yang mempengaruhi pengembangan kawasan wisata bahari Lhok Geulumpang.

## 2.2 Keaslian Penelitian

Berikut ini adalah tabel perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan sekarang :

**Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Sekarang**

No	Aspek	(Jaya dkk, 2015)	(Kartika, 2019)	(Winanda dkk, 2019)	(Vogel dkk, 2019)
1	JUDUL	Analisa Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pengembangan Kawasan Wisata Bahari Lhok Geulumpang, Aceh Jaya	Pemanfaatan Foto Konstruksi Untuk Penilaian Keselamatan Kerja (K2) Pada Pekerjaan Retaining Wall	Monitoring Keselamatan Pekerja Konstruksi dengan Pendekatan <i>Fuzzy Logic</i> .	<i>Delphi Study To Build Consensus On The Definition And Use Of Big Data In Obesity Research.</i>
2	TUJUAN	Tujuan penelitian ini adalah mengetahui obyek daya tarik wisata bahari yang berpotensi untuk dikembangkan di kawasan wisata bahari Lhok Geulumpang	Mengidentifikasi pekerjaan yang berisiko dalam pelaksanaan pekerjaan <i>retaining wall</i> , mengetahui nilai penerapan keselamatan kerja (K2) berdasarkan standar keselamatan pada pekerjaan <i>retaining wall</i> pembangunan gedung Fakultas Hukum UII, serta mengetahui upaya - upaya yang harus dilakukan untuk meminimalkan kemungkinan	Membangun model sistem pemantauan keselamatan pekerja konstruksi untuk mencegah kecelakaan konstruksi.	Menetapkan pendekatan yang disepakati untuk penggunaan <i>Big Data</i> terkait riset obesitas.

**Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Sekarang**

No	Aspek	(Jaya dkk, 2015)	(Kartika, 2019)	(Winanda dkk, 2019)	(Vogel dkk, 2019)
2	TUJUAN		terjadinya kecelakaan kerja pada pekerjaan <i>retaining wall</i> pembangunan gedung Fakultas Hukum UII.		
3	METODE	Penelitian ini terbagi ke dalam 2 tahapan analisa yakni mengidentifikasi obyek daya tarik wisata bahari Lhok Geulumpang yang berpotensi untuk dikembangkan dengan analisa Expert Judgement melalui skala Likert dan menganalisis faktor yang mempengaruhi pengembangan kawasan wisata bahari Lhok Geulumpang dengan menggunakan analisis Delphi	Metode yang digunakan yaitu metode Probabilitas Bersyarat dengan beberapa tahap antara lain, pengambilan data berupa foto di lapangan, <i>checklist</i> standar keselamatan, uji validitas, analisis Theorema Bayes, dan membuat pengendalian risiko.	Metode yang digunakan pendekatan <i>Fuzzy Logic</i> diawali dengan identifikasi variabel dan dilanjutkan dengan tahapan analisa yaitu fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi.	Metode yang digunakan adalah dengan pengembangan konsensus melalui metode Delphi.

**Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Sekarang**

No	Aspek	(Jaya dkk, 2015)	(Kartika, 2019)	(Winanda dkk, 2019)	(Vogel dkk, 2019)
4	HASIL	Hasil analisa menunjukkan terdapat 5 obyek daya tarik wisata bahari yang sangat berpotensi untuk dikembangkan di kawasan wisata bahari Lhok Geulumpang yang menghasilkan 7 faktor yang mempengaruhi pengembangan kawasan wisata bahari Lhok Geulumpangyan.	Hasil penilaian keselamatan kerja pada setiap item pekerjaan <i>retaining wall</i> berupa pekerjaan galian, pekerjaan pengukuran dan pematokan, pekerjaan pemasangan batu semua nilai P(H)Ecomb) adalah 0 yang berarti pekerjaan <i>retaining wall</i> dilakukan dengan tidak aman. Upaya yang dilakukan untuk meminimalisir kemungkinan terjadinya kecelakaan adalah meningkatkan kesadaran pekerja untuk menerapkan semua atribut <i>checklist</i> standar keselamatan kerja	Keempat proyek pekerjaan erection girder yang ditinjau berdasarkan hasil analisis penilaian RVS ( <i>Rapid Visual Screening</i> ), termasuk dalam definisi aman.	Hasil dari penelitian ini didapatkan sembilan puluh enam ahli yang aktif dalam penelitian terkait obesitas diundang untuk berpartisipasi. Dari jumlah tersebut, 36/96 menyelesaikan Putaran 1 (tingkat respons 37,5%), 29/36 menyelesaikan Putaran 2 (tingkat respons 80,6%) dan 26/29 menyelesaikan Babak 3 (89,7% tingkat respons). Didapatkan konsensus 90,6% (n = 77) pernyataan (didefinisikan >70% kesepakatan), dengan 100% konsensus dicapai untuk domain Definisi <i>Big Data</i> , Tata Kelola Data, dan Kualitas dan Inferensi

**Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Sekarang**

No	Aspek	Kuntoro (2022)
1	JUDUL	Pemanfaatan Foto Untuk Penilaian Keselamatan Pada Pekerjaan <i>Blasting</i>
2	TUJUAN	Untuk Mengkaji pekerjaan yang berisiko dalam pelaksanaan pekerjaan <i>blasting</i> , Mengkaji nilai penerapan keselamatan kerja berdasarkan standar keselamatan pekerjaan <i>blasting</i> pada pembangunan Bendungan Bener Purworejo, dan mengkaji upaya yang harus atau dapat dilakukan untuk meminimalkan kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja pada pekerjaan <i>blasting</i> proyek pembangunan Bendungan Bener Purworejo
3	METODE	Metode yang digunakan dengan probabilitas bersyarat dan pendekatan <i>Fuzzy Logic</i> yang diawali dengan observasi dan pengumpulan data, <i>checklist</i> standar K3, uji validitas dengan teknik Delphi, analisis dengan probabilitas bersyarat dan analisis data dengan pendekatan <i>Fuzzy Logic</i> untuk foto yang mendapat nilai aman.
4	HASIL	

Berdasarkan penelitian – penelitian terdahulu, penelitian yang akan dilakukan sekarang yaitu dengan metode pemanfaatan foto konstruksi untuk penilaian keselamatan kerja pada pekerjaan *Blasting Main Dam* studi kasus Proyek Pembangunan Bendungan Bener Purworejo, Jawa Tengah.

### 2.3 Perbedaan Penelitian

Perbedaan antara penelitian terdahulu dengan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut.

**Tabel 2. 2 Perbedaan antara penelitian terdahulu dengan penelitian saat ini**

No.	Penelitian Terdahulu	Kesamaan Dengan Penelitian Saat ini	Perbedaan Dengan Penelitian Saat Ini
1	Jaya dkk (2015)	Penggunaan metode <i>Delphi</i> dalam analisis data	Lokasi penelitian, analisis data dengan Teorema Bayes dan pendekatan dengan <i>Fuzzy Logic</i> .
2	Kartika (2019)	Pemanfaatan foto konstruksi dan analisis dengan menggunakan Teorema Bayes.	Lokasi penelitian, penggunaan validasi data dengan Teknik <i>Delphi</i> , dan analisis data dengan pendekatan <i>Fuzzy Logic</i> .
3	Winanda dkk (2019)	Pendekatan <i>Fuzzy Logic</i> untuk analisis data.	Lokasi penelitian, penggunaan validasi data dengan Teknik <i>Delphi</i> , dan analisis data dengan Teorema Bayes.
4	Vogel dkk (2019)	Penggunaan metode <i>Delphi</i> dalam analisis data	Lokasi penelitian, analisis data dengan Teorema Bayes dan pendekatan dengan <i>Fuzzy Logic</i> .

Keaslian penelitian ini dapat dipertanggungjawabkan dan sesuai dengan asas-asas keilmuan yang harus dijunjung tinggi yaitu kejujuran, rasional, objektif serta terbuka.

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Keselamatan Kerja**

Keselamatan memiliki kata yang berasal dari bahasa Inggris yaitu *safety* dan biasanya selalu dikaitkan dengan keadaan terbebasnya seseorang dari peristiwa celaka (*accident*) atau nyaris celaka (*near-miss*). Dari filosofis, pengertian dari keselamatan kerja adalah sebuah upaya dan pemikiran dengan tujuan agar terjaminnya kesempurnaan serta keutuhan secara rohaniah maupun jasmaniah pada seorang sebagai tenaga kerja agar tercapainya produktivitas yang baik. Secara keilmuan keselamatan kerja adalah suatu penerapan dan pengetahuan dalam rangka tindakan pencegahan dimungkinkannya terjadi penyakit ataupun kecelakaan dalam bekerja (Purnama, 2010 dalam Putra, 2019).

Menurut Slamet (2012) dalam Putra (2019) keselamatan kerja merupakan keadaan terhindar dari bahaya selama melakukan pekerjaan. Keselamatan kerja merupakan salah satu faktor yang harus dilakukan selama bekerja, karena tidak ada yang menginginkan terjadinya kecelakaan di dunia ini. Keselamatan kerja sangat bergantung pada jenis, bentuk, dan lingkungan dimana pekerjaan itu dilaksanakan.

#### **3.2 Kecelakaan Kerja**

##### **3.2.1 Pengertian Kecelakaan Kerja**

Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor: 03/Men/1998 Tentang Tata Cara Pelaporan Dan Pemeriksaan Kecelakaan Kecelakaan adalah suatu kejadian yang tidak dikehendaki dan tidak diduga semula yang dapat menimbulkan korban manusia dan atau harta benda (Kementerian Tenaga Kerja, 1998). Menurut Ervianto (2005) Kecelakaan kerja adalah kecelakaan dan/atau penyakit yang menimpa tenaga kerja yang berhubungan dengan pekerjaan di tempat kerja.

##### **3.2.2 Klasifikasi Kecelakaan Kerja**

Klasifikasi jenis – jenis kecelakaan kerja selama proses konstruksi menurut ILO (*International Labour Organization*) (1962) dalam Kartika (2019), kecelakaan kerja diklasifikasikan berdasarkan jenis kecelakaan, benda perantara, jenis dan lokasi luka-luka. Klasifikasi kecelakaan kerja menurut Organisasi Perburuhan Internasional (1962) adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.1 Klasifikasi Kecelakaan Kerja**

No.	Klasifikasi Kecelakaan	Keterangan
1	Kejadian / Kontak	a Terjatuh b Tertimpa benda jatuh c Tertumbuk atau terkena benda – benda d Terjepit oleh benda e Terbantur f Kelebihan beban
2	Klasifikasi menurut penyebab	g Manusia h Mesin i Alat angkut dan alat angkat j Peralatan lain
3	Klasifikasi menurut sifat luka atau kelainan	k Patah tulang l Dislokasi / keseleo m Ragang otot n Memar dan luka dalam yang lain o Amputasi p Luka dipermukaan q Gegar dan remuk r Luka – luka yang banyak dan berlainan sifatnya
4	Klasifikasi menurut letak dan kelainan atau luka ditubuh	s Kepala t Leher u Badan v Anggota atas w Anggota bawah x Banyak tempat y Kelainan umum

(Sumber : *Internasional Labour Organsation, 1962*)

### 3.2.3 Penyebab Kecelakaan Kerja

Menurut Hariyadi (2012) dalam Kartika (2019), penyebab kecelakaan kerja yang terjadi pada pekerja konstruksi dapat menimbulkan kerugian baik kerugian spiritual maupun material. Penyebab kecelakaan tersebut adalah:

1. Kelelahan fisik pekerja
2. Ketidakterampilan pekerja
3. Kurangnya sarana peralatan pekerja
4. Dipacunya jadwal pekerjaan



5. Kegiatan lembur yang tidak efektif
6. Pengawasan yang kurang
7. Pendidikan pekerja yang kurang
8. Keinginan pekerja untuk segera menyelesaikan pekerjaannya

Menurut Ramli (2010) dalam Raja (2018) yang mengutip pendapat Frank Bird, kecelakaan dapat terjadi karena adanya kontak dengan suatu sumber energi seperti mekanis, kimia, kinetik, fisis yang dapat mengakibatkan cedera pada manusia, alat dan lingkungan. Secara umum penyebab terjadinya kecelakaan kerja ada dua, yaitu *unsafe action* (faktor manusia atau tindakan tidak aman) dan *unsafe condition* (faktor lingkungan atau kondisi tidak aman), dimana 80 – 85% kecelakaan disebabkan oleh faktor *unsafe action* atau faktor manusia yang melakukan tindakan tidak aman (Anizar, 2009 dalam Raja, 2018).

Menurut Sucipto (2014) kecelakaan kerja dapat disebabkan oleh empat hal sebagai berikut.

1. Peralatan kerja dan perlengkapan
2. Tidak tersedianya alat penaman dan pelindung bagi pekerja
3. Keadaan tempat kerja yang tidak memenuhi syarat
4. Pekerja yang kurang pengetahuan dan pengalaman tentang cara kerja dan keselamatan kerja serta kondisi fisik dan mental pekerja yang kurang baik.

#### 3.2.4 Kerugian Akibat Kecelakaan Kerja

Menurut Suma'mur (1987) dalam Raja (2018) terdapat 5 kerugian akibat kecelakaan kerja.

1. Kerusakan
2. Kekacauan organisasi
3. Keluhan dan kesedihan
4. Kelainan dan cacat
5. Kematian

Menurut Anizar (2012) setiap kecelakaan kerja akan mengakibatkan kerugian yang besar, baik itu kerugian material dan fisik. Kerugian yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja yaitu sebagai berikut.

Kerugian ekonomi yang meliputi :

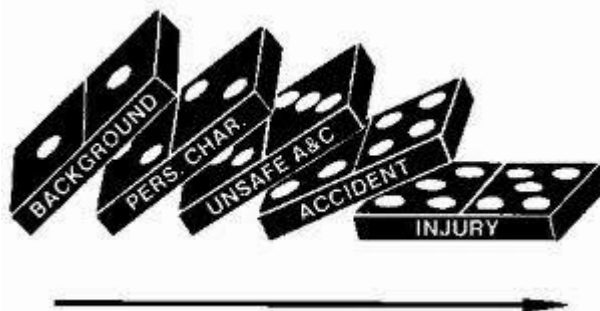
1. Kerusakan alat, bahan dan bangunan
2. Biaya pengobatan dan perawatan
3. Tunjangan kecelakaan
4. Jumlah produksi dan mutu berkurang
5. Kompensasi kecelakaan
6. Penggantian tenaga kerja yang mengalami kecelakaan

Kerugian non ekonomi antara lain :

1. Penderitaan korban
2. Hilangnya waktu selama sakit
3. Hilangnya waktu kerja

### 3.2.5 Teori Penyebab Kecelakaan Kerja

Ada beberapa teori yang berkembang untuk menjelaskan terjadinya kecelakaan. Menurut Mayendra (2009) dalam Kartika (2019), salah satu teori penyebab kecelakaan kerja adalah Teori Domino.



**Gambar 3.1 Teori Domino**

(Sumber: <http://www.pusdiklatk3.com/2014/04/teori-domino-heinrich-teori-ilmiah.html>)

Menurut Heinrich (1931) dalam Raja (2018), dijelaskan bahwa kecelakaan terdiri atas lima faktor yang saling berhubungan.

#### 1. Kondisi kerja

Kondisi kerja mencakup latar belakang seseorang, seperti pengetahuan yang kurang atau mencakup sifat seseorang seperti keras kepala.

## 2. Kelalaian manusia

Kelalaian manusia meliputi stres, motivasi rendah, konflik, masalah yang berkaitan dengan fisik pekerja, keahlian yang tidak sesuai, dan lain sebagainya.

## 3. Tindakan tidak aman

Tindakan tidak aman, seperti kecerobohan, tidak mematuhi prosedur kerja, tidak menggunakan alat pelindung diri (ADP), tidak mematuhi rambu-rambu di tempat kerja, tidak mengurus izin kerja berbahaya sebelum memulai pekerjaan dengan resiko tinggi dan berbahaya.

## 4. Kecelakaan

Kecelakaan kerja seperti terjatuh, terpeleset, luka bakar, tertimpa benda di lokasi kerja, dan lain sebagainya

## 5. Dampak kerugian

Dampak kerugian yang terjadi dapat berupa cedera, cacat, meninggal serta kerugian biaya langsung dan tidak langsung.

Kelima faktor tersebut tersusun layaknya kartu domino yang diberdirikan. Jika satu kartu jatuh, maka kartu tersebut akan menimpa kartu lain hingga kelimanya akan roboh secara bersama. Ilustrasi ini sama dengan efek domino, jika satu bangunan roboh, kejadian ini akan memicu peristiwa beruntun yang menyebabkan robohnya bangunan lain.

Menurut Heinrich, kunci untuk mencegah kecelakaan kerja adalah menghilangkan tindakan tidak aman atau kartu ketiga. Sesuai dengan analogi efek domino, jika kartu ketiga tidak ada atau dihilangkan dan seandainya kartu kesatu dan kedua jatuh maka tidak akan menyebabkan jatuhnya semua kartu. Adanya jarak antara kartu kedua dan keempat, jika kartu kedua jatuh, maka tidak akan sampai meruntuhkan kartu keempat. Kecelakaan atau kartu keempat dan dampak kerugian atau kartu kelima dapat dicegah.

### 3.2.6 Hierarki Pengendalin Berdasarkan ISO 45001 2018

Dalam ruang lingkup K3 berdasarkan ISO 45001, disebutkan bahwa hirarki pengendalian bahaya K3 terbagi ke dalam 5 tingkatan, terdiri atas:

#### 1. Eliminasi

Tingkatan pengendalian bahaya yang pertama dalam hirarki pengendalian bahaya adalah metode eliminasi atau menghilangkan resiko atau kondisi bahaya. Sebagai contoh tindakan eliminasi yang diterapkan pada suatu lingkungan kerja adalah berhentinya penggunaan zat kimia beracun karena sangat berbahaya bagi kesehatan pekerja dan lingkungan untuk jangka panjang. Hierarki pengendalian risiko ini adalah yang paling utama. Sebab, dengan menghilangkan risiko kecelakaan maka sangat mungkin kecelakaan tidak akan terjadi kembali.

## 2. Substitusi

Jika pada suatu proses produksi atau dalam suatu prosedur kerja pelaksanaan eliminasi tindakan atau eliminasi proses tidak bisa dilakukan, maka pencegahan atau pengendalian bahaya yang bisa dilakukan adalah substitusi atau mengganti. Substitusi adalah metode pengendalian risiko yang berfokus pada penggantian suatu alat atau mesin atau barang yang memiliki bahaya dengan yang tidak memiliki bahaya. Contoh kasusnya adalah pada mesin diesel yang terdapat kebisingan tinggi, maka sebaiknya kita mengganti mesin tersebut dengan yang memiliki suara lebih kecil agar tidak menimbulkan bahaya kebisingan berlebih. Substitusi dilakukan apabila proses eliminasi sudah tidak bisa dilakukan.

## 3. Rekayasa teknik

Tahapan rekayasa teknik dan reorganisasi dari pekerjaan menjadi suatu tahapan yang dilakukan dalam memberikan perlindungan pekerja secara kolektif. Sebagai contoh adalah perlindungan dalam rekayasa teknik dan reorganisasi pekerjaan seperti pemberian pelindung mesin, sistem ventilasi, mengurangi bising di tempat kerja, perlindungan terhadap ketinggian, organisasi pekerjaan yang dapat membantu melindungi setiap pekerja dari bahaya bekerja sendiri serta beban kerja yang tidak sehat bagi karyawan.

## 4. Administrasi

Pengendalian administrasi merupakan metode pengendalian resiko dan bahaya dengan pengaturan terkait keselamatan dan kesehatan kerja yang telah dibuat

atau dicanangkan sebelumnya. Sebagai contoh dalam metode pengendalian administrasi di ruang lingkup pekerjaan yaitu:

- a Pelaksanaan inspeksi keselamatan atas peralatan yang dibuat secara periodik
  - b Upaya pemberian pelatihan skill yang sesuai bidang kerja
  - c Mengatur keselamatan dan kesehatan kerja pada aktivitas kerja
  - d Pelaksanaan safety induction
  - e Penggantian shift untuk setiap karyawan agar tidak terlalu lelah selama bekerja namun kegiatan operasional tetap berjalan lancar
  - f Memastikan kondisi operator forklift sudah mendapatkan lisensi yang diwajibkan
  - g Pelaporan resiko atau potensi terjadinya kecelakaan
  - h Pemberian instruksi terkait akses control kerja
5. Alat pelindung diri

APD atau alat pelindung diri adalah hierarki pengendalian risiko terakhir dalam K3. Pengendalian ini banyak digunakan karena sederhana dan murah. Akan tetapi, proteksi yang diberikan tidak sebaik langkah di atas. APD tidak menghilangkan sumber bahaya sehingga proteksi yang diberikan tergantung dari individu masing-masing yang memakai. Contoh APD adalah helm, earmuff, safety gloves dan lainnya.

### 3.2.7 Hubungan Antara Keselamatan Kerja Dengan Kecelakaan Kerja

Hubungan antara keselamatan kerja dengan kecelakaan kerja merupakan suatu program sebagai upaya pencegahan timbulnya kecelakaan dan penyakit akibat kerja dengan mengenali hal – hal yang berpotensi menimbulkan kecelakaan dan penyakit akibat kerja serta tindakan antisipatif dengan menerapkan keselamatan kerja dilingkungan proyek konstruksi seperti SOP dan peraturan keselamatan lainnya serta alat yang berupa safety tool untuk meminimalisir kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja dapat menciptakan *zero accident*.

## 3.3 Alat Pelindung Diri

Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor PER.08/MEN/VII/2010 Tentang Alat Pelindung Diri yang

selanjutnya disingkat APD adalah suatu alat yang mempunyai kemampuan untuk melindungi seseorang yang fungsinya mengisolasi sebagian atau seluruh tubuh dari potensi bahaya di tempat kerja. Perlindungan keselamatan pekerja melalui upaya teknis pengamanan tempat, mesin, peralatan, dan lingkungan kerja wajib diutamakan.

Alat pelindung diri yang umum digunakan pada pekerjaan konstruksi menurut Potter (2013) dalam Kartika (2019) adalah sebagai berikut.

### 3.3.1 Alat Pelindung Kepala (*Safety Helmet*)

Alat Pelindung Kepala (*Safety Helmet*) untuk bekerja di tempat berisiko karena benda jatuh atau melayang, dan dilengkapi dengan ikatan ke dagu untuk menghalangi terlepasnya helmet dari kepala akibat menunduk atau kena benda jatuh. Syarat umum *Safety Helmet* adalah bagian dari luarnya harus kuat dan tahan terhadap benturan atau tusukan benda-benda runcing. Cara mengujinya dengan menjatuhkan benda seberat 3 kg dari ketinggian 1 meter, topi tidak boleh pecah atau benda tak boleh menyentuh kepala. Jarak antara lapisan luar dan lapisan dalam di bagian puncak 4-5 cm. Tidak menyerap air cara pengujian diuji dengan merendam topi di dalam air selama 24 jam. Tahan terhadap api cara pengujian topi dibakar selama 10 detik dengan bunsen atau propan api harus padam selama 5 detik. Alat pelindung kepala ditunjukkan pada gambar berikut ini.



**Gambar 3.2 Alat Pelindung Kepala**

Sumber gambar : <https://katigaku.top/2021/10/26/alat-pelindung-diri-pekerja-konstruksi/>

### 3.3.2 Alat Pelindung Pernafasan

Alat pelindung pernafasan berfungsi untuk memberikan perlindungan terhadap sumber-sumber bahaya udara di tempat kerja. Masker gas (Respirator) dan masker debu adalah alat perlindungan untuk melindungi pernafasan dari gas beracun dan debu. Ada tiga jenis alat pernafasan berupa respirator yang berfungsi untuk memurnikan udara, yaitu:

1. Respirator dengan filter bahan kimia
2. Respirator dengan filter mekanik dan
3. Respirator dengan filter mekanik dan bahan kimia

*Masker dan respirator* ditunjukkan pada gambar berikut ini.



**Gambar 3.3 Alat Pelindung Pernafasan**

Sumber gambar : <http://safetymigas.blogspot.com/2011/05/alat-pelindung-pernafasan.html>

### 3.3.3 Alat Pelindung Telinga

Alat pelindung telinga digunakan untuk mencegah rusaknya pendengaran akibat suara bising di atas ambang aman seperti pekerjaan plat logam. Terdapat dua jenis alat pelindung telinga, yaitu:

1. Sumbat Telinga (*ear plug*)

Sumbat telinga yang baik adalah menahan frekuensi tertentu saja, sedangkan frekuensi untuk bicara biasanya (komunikasi) tak terganggu. Sumbat telinga biasanya terbuat dari karet plastik keras, plastik lunak, lilin, dan kapas. Daya lindung (kemampuan attenuasi) 25-30 dB.

2. Tutup Telinga (*ear muff*)

Attenuasi (daya lindung) pada frekuensi 2800-4000Hz (35-45 dB), namun pada frekuensi biasa (25 s/d 30 Hz). *Ear plug dan ear muff* ditunjukkan pada gambar berikut ini.



**Gambar 3.4 Alat Pelindung Telinga**

Sumber gambar : <https://katigaku.top/2021/10/26/alat-pelindung-diri-pekerja-konstruksi/>

### 3.3.4 Alat Pelindung Muka dan Mata

Menurut *Health & Safety Protection Academy Training K3* Berbasis Nasional bahwa memilih jenis alat pelindung mata dan wajah yang sesuai dengan kebutuhan dan kondisi pekerja harus mempertimbangkan hal-hal berikut:

1. Kemampuan alat tersebut untuk melindungi dari bahaya ditempat kerja yang spesifik.
2. Kesesuaian dan kenyamanan untuk digunakan.
3. Memberikan pandangan yang jelas dan keleluasaan bergerak yang tidak dibatasi.
4. Tahan lama dan mudah dibersihkan.
5. Secara fungsi dapat digunakan dengan APD lain jika diperlukan.

Sebaiknya membeli alat pelindung mata dan wajah dari pemasok yang sudah memiliki reputasi baik dan memiliki standar dalam penyediaan APD. Standar yang paling banyak digunakan dan direkomendasikan oleh OSHA adalah standar ANSI (*American National Standard Institute*) dengan nomor ANSI Z87.1-1989. Beberapa jenis alat pelindung mata dan wajah adalah sebagai berikut:

1. Kacamata *Safety*: bahan kacamata ini memiliki kemampuan untuk melindungi mata dengan lensa yang tahan benturan dan frame dari palstik atau logam. Beberapa model memiliki perisai samping.





**Gambar 3.5 Kacamata Safety**

Sumber gambar : <https://katigaku.top/2021/10/26/alat-pelindung-diri-pekerja-konstruksi/>

2. *Goggles*: adalah kacamata pelindung yang menutupi semua area disekitar mata sehingga lebih aman. Goggles dapat melindungi mata dari debu dan percikan bahan kimia cair serta tahan benturan. Goggles juga bisa digunakan bersamaan dengan kacamata resep karena disainnya yang lebih besar.



**Gambar 3.6 Kacamata Goggles**

Sumber gambar : <https://katigaku.top/2021/10/26/alat-pelindung-diri-pekerja-konstruksi/>

3. Perisai Wajah: terbuat dari lembaran plastik transparan yang dapat menutupi semua wajah yang dapat melindungi semua wajah dari percikan atau semprotan cairan atau debu berbahaya. Tetapi perisai wajah tidak dapat melindungi dari bahaya benturan dan karena itu harus digunakan bersamaan dengan kacamata safety untuk perlindungan terhadap benturan.



**Gambar 3.7 Perisai Wajah**

Sumber gambar : <https://katigaku.top/2021/10/26/alat-pelindung-diri-pekerja-konstruksi/>

### 3.3.5 Alat Pelindung Tangan

Pelindung tangan (sarung tangan atau *gloves*) merupakan alat yang digunakan untuk melindungi tangan dan jari dari berbagai sumber bahaya, misalnya saat kontak dengan suhu panas, pajanan api, suhu dingin, sumber listrik, cairan berbahaya, melindungi benturan, pukulan, goresan, terinfeksi zat patogen, dan lain sebagainya. Salah satu standar yang digunakan untuk penggunaan sarung tangan yaitu mengacu pada SNI 06-0652-2005.



**Gambar 3.8 Alat Pelindung Tangan**

Sumber gambar : <http://www.rokhamad.com/2017/08/pengertian-apd-alat-pelindung-diri.html>

### 3.3.6 Alat Pelindung Tubuh

Dalam Kartika (2019), alat pelindung tubuh sebagai berikut ini.

Pakaian pelindung berfungsi untuk melindungi badan sebagian atau seluruh bagian badan dari bahaya temperatur panas atau dingin yang ekstrim, pajanan api dan benda-benda panas, percikan bahan-bahan kimia, cairan dan logam panas, uap panas, benturan (*impact*) dengan mesin, peralatan dan bahan, tergores, radiasi, binatang, *mikro-organisme pathogen* dari manusia, binatang, tumbuhan dan lingkungan seperti virus, bakteri dan jamur. Jenis pakaian pelindung terdiri dari rompi (*vests*), celemek (*apron/coveralls*), jaket, dan pakaian pelindung yang menutupi sebagian atau seluruh bagian badan. Sabuk Pengaman (*Safety Belt*) untuk mencegah cedera yang lebih parah pada pekerja yang bekerja di ketinggian > 2M. Pakaian pelindung kerja sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut ini.



**Gambar 3.9 Alat Pelindung Tubuh**

Sumber gambar : <http://www.rokhamad.com/2017/08/pengertian-apd-alat-pelindung-diri.html>

### 3.3.7 Alat Pelindung Kaki

Sepatu Keselamatan (*Safety Boots*) untuk menghindari kecelakaan yang diakibatkan tersandung bahan keras seperti logam atau kayu, terinjak atau terhimpit beban berat atau mencegah luka bakar pada waktu mengelas. Sepatu boot karet bila bekerja pada pekerjaan tanah dan pengecoran beton.

Sepatu Keselamatan disesuaikan dengan jenis resiko, seperti:

1. Untuk mencegah tergelincir, dipakai sol anti slip luar dari karet alam atau sintetis dengan bermotif timbul (permukaanya kasar).
2. Untuk mencegah tusukan dari benda-benda runcing, sol dilapisi logam.
3. Untuk mencegah bahaya listrik, sepatu seluruhnya harus dijahit atau direkat, tidak boleh menggunakan paku.
4. Sepatu atau sandal yang beralaskan kayu, baik dipakai pada tempat kerja yang lembab, lantai yang panas, dan sepatu *boot* dari karet sintetis, untuk pencegahan bahan-bahan kimia.

*Safety Boots* sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut ini.



**Gambar 3.10 Alat Pelindung Kaki**

Sumber gambar : <https://solusikonstruksi.com/products/harga-safety-shoes/>

### **3.4 *Blasting***

#### **3.4.1 Pengertian *Blasting***

*Blasting* merupakan kegiatan peledakan pada suatu area dengan bahan peledak yang sudah ditentukan sesuai rencana peledakan dan rangkaian ledak tertentu. Pekerjaan *blasting* memiliki potensi bahaya yang sangat besar. Aktivitas *blasting* dapat mengancam keselamatan dan kesehatan tenaga kerja, unit kerja, maupun masyarakat disekitar lokasi peledakan.

#### **3.4.2 Aktifitas *Blasting***

Pekerjaan *blasting* sendiri terbagi menjadi beberapa aktifitas pekerjaan. Aktifitas pekerjaan tersebut antara lain sebagai berikut :

1. Pekerjaan Pengangkutan bahan peledak



**Gambar 3.11 Kegiatan Pengangkutan Bahan Peledak**

Sumber : Dokumentasi Lapangan

Pengangkutan bahan peledak adalah kegiatan mobilisasi bahan peledak dari gudang menuju ke lokasi peledakan (*site*). Ketentuan pengangkutan sesuai Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K 30 MEM 2018 adalah sebagai berikut:

- a. Bahan peledak diserahkan dan disimpan di gudang dalam jangka waktu tidak lebih dari 24 (dua puluh empat) jam sejak tibanya dalam wilayah kegiatan pertambangan
- b. Bahan ramuan diserahkan dan disimpan di gudang dalam jangka waktu tidak lebih dari 24 dua puluh empat jam sejak tibanya dalam wilayah kegiatan pertambangan jika menggunakan angkutan darat dan sejak selesai bongkar muat jika menggunakan angkutan air
- c. Dilarang mengangkut bahan peledak ke atau dari gudang bahan peledak atau di sekitar tambang kecuali dalam peti aslinya yang belum dibuka atau wadah tertutup yang digunakan khusus untuk keperluan itu Apabila dalam pemindahan bahan peledak dari peti aslinya ke dalam wadah tertutup terdapat sisa maka sisa tersebut segera dikembalikan ke gudang bahan peledak

## 2. Pekerjaan *drilling*

Pekerjaan *drilling* memiliki prinsip dasar dari metode pengeboran dan peledakan ini adalah mengebor lubang-lubang kecil dengan pola tertentu. Alat yang biasa digunakan pada pengeboran lubang ledak seperti *Furukawa Rock Drill* (FRD) ataupun *Crowler Rock Drill* (CRD). Dalam proses pengeboran, mata bor digunakan untuk merusak atau menghancurkan batuan di dalam bumi,

sedangkan pipa bor digunakan untuk memberikan tekanan pada mata bor dan membantu memindahkan material yang telah dibor ke permukaan. *Drilling* dilakukan sesuai dengan *design* lubang ledak.



**Gambar 3.12 Kegiatan *Drilling***

Sumber : Dokumentasi Lapangan

### 3. Pekerjaan *charging* dan *stemming*

*Charging* atau pengisian adalah proses menempatkan bahan peledak ke dalam lubang bor. Terdapat 3 tipe bahan peledak yang biasa digunakan yaitu bubuk, emulsi dan *kartrid (cartridge)*. Pengisian untuk bahan peledak tipe bubuk dan emulsi, dilakukan dengan menuangkan atau memompakannya ke dalam lubang bor. Untuk bahan peledak tipe kartrid (*cartridge*), pengisian dilakukan dengan mendorong kartrid ke dalam lubang bor dengan bantuan suatu batang. *Stemming* adalah menutup lubang bor yang telah dilakukan pengisian bahan peledak. *Stemming* dapat dilakukan dengan menggunakan material (batu dan pasir) yang ada disekitar lubang.



**Gambar 3.13 Kegiatan *Charging* dan *Stemming***

Sumber : Dokumentasi Lapangan

#### 4. Pekerjaan *tie up*

Pekerjaan *tie up* adalah proses menyambung antar lubang ledak yang telah diisi bahan peledak serta telah dilakukan penyumbatan (*stemming*). Proses menyambung antar lubang satu dengan yang lainnya dilaksanakan sesuai *design* atau rencana pola peledakan yang telah disepakati secara bersama antara juru ledak dengan pengawas lapangan.

#### 5. Pekerjaan peledakan

Peledakan adalah serangkaian pekerjaan terhadap batuan untuk membebaskan batuan dari batuan induknya menjadi fragmen – fragmen dengan ukuran yang dikehendaki. Suatu operasi peledakan batuan akan mencapai hasil optimal apabila perlengkapan dan peralatan yang dipakai sesuai dengan metode peledakan yang diterapkan. Perlengkapan peledakan (*blasting supplies / blasting accessories*) adalah semua bahan atau kelengkapan yang dapat digunakan hanya untuk satu kali peledakan saja. Contohnya adalah sumbu api, detonator, sumbu ledak, dan sebagainya. Peralatan peledakan (*blasting equipment*) adalah alat-alat yang dapat digunakan berulang kali dalam proses peledakan. Contohnya adalah *blasting machine*, dan sebagainya.

### 3.5 Bahan Peledak

Menurut Peraturan Kepala Kepolisian Negara Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2017 Tentang Perizinan, Pengamanan, Pengawasan Dan Pengendalian Bahan Peledak Komersial Pasal 1, Bahan Peledak yang selanjutnya disebut

Handak adalah bahan atau zat yang berbentuk padat, cair, gas atau campurannya yang apabila dikenai atau terkena suatu aksi berupa panas, benturan, gesekan akan berubah sebagian atau seluruhnya berbentuk gas dan perubahan berlangsung dalam waktu yang amat singkat disertai dengan efek panas dan tekanan yang sangat tinggi. Handak komersial adalah Handak yang dipakai untuk kepentingan pembangunan nasional dan proses produksi, pada industri, pertambangan dan/atau konstruksi.

Jenis – jenis Handak komersial menurut Perkapolri No. 17 Tahun 2017 Pasal 2 terdiri atas :

1. Dinamit
2. *Blasting agents* merupakan bahan baku Handak komersial yang menggunakan bahan selain *nitroglycerine*
3. *Water based explosive* merupakan Handak komersial yang tidak mengandung komponen Handak komersial dengan menggunakan air dalam campurannya, yang meliputi *slurry*, *watergel*, dan *emulsion explosive*
4. *Ammonium nitrate prill/ammonium nitrate cair/ammonium nitrate solution*
5. Anfo merupakan Handak komersial yang terdiri dari campuran *ammonium nitrate* dan *fuel oil*
6. Handak komersial aksesoris (*commercial explosive accessories*) terdiri atas:
  - a Primer (*booster*)
  - b Detonator, meliputi:
    - Detonator listrik (*electric detonator*)
    - Detonator nonlistrik (*nonelectric detonator*)
    - Detonator elektronik (*electronic detonator*)
  - c Sumbu api (*safety fuse*)
  - d Sumbu peledakan (*blasting cord* atau *detonatin cord* atau *fuse*) merupakan Handak komersial berenergi tinggi yang dapat diinisiasi oleh detonator untuk memicu ledakan
  - e *Connector (detonating relay)*
  - f *Igniter*



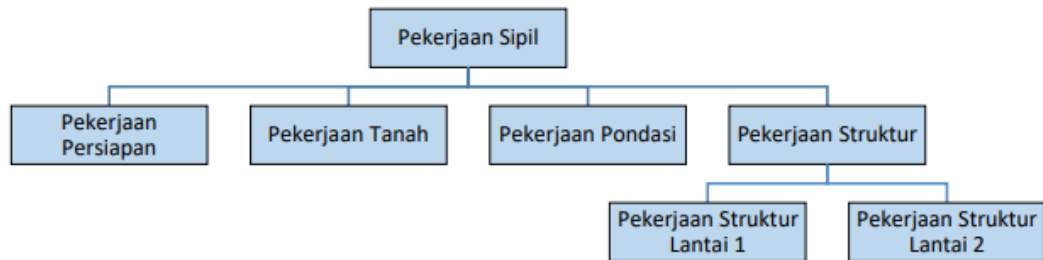
7. *Shaped charges* merupakan Handak komersial yang mempunyai bentuk geometris tertentu guna melaksanakan kegiatan *logging*, pemotong pipa selubung atau konduktor, *perforasi*, *sampl taker* atau *ditching*

### **3.6 Work Breakdown Structure**

Untuk mempermudah dalam pengerjaan suatu proyek, seorang manajer memerlukan jaringan proyek. Jaringan proyek adalah alat yang digunakan untuk merencanakan, menjadwalkan, dan memonitor kemajuan proyek. Salah satu bentuk yang tepat untuk mempermudah suatu pekerjaan adalah dengan membuat *Work Breakdown Structure* (WBS).

WBS merupakan pemecahan hierarkis dari keseluruhan lingkup pekerjaan proyek yang perlu dilakukan oleh seluruh anggota tim untuk mencapai tujuan proyek dan menciptakan hasil yang diinginkan (PMBOK 6th Edition, 2017). WBS Menurut Husen (2009) dalam Putra (2023) *Work Breakdown Structure* yang selanjutnya disebut WBS adalah suatu metode pengorganisasian proyek menjadi struktur pelaporan hirarkis. WBS digunakan sebagai instrumen dalam memecah tiap proses pekerjaan menjadi lebih terperinci dan sistematis, agar perencanaan sebuah proyek menjadi lebih akurat. WBS disusun berdasarkan studi terhadap seluruh dokumen proyek seperti kontrak, spesifikasi, serta gambar-gambar.

Dalam WBS terdapat daftar fase - fase pengerjaan proyek. Beberapa fase tergantung dari fase sebelumnya, tetapi ada juga beberapa fase yang bisa dikerjakan secara bersama-sama. Semakin banyak breakdown yang dilakukan, maka semakin detail perencanaan yang akan dibuat. Tidak ada pedoman baku sampai sejauh mana WBS harus dilakukan, namun semakin banyak breakdown, maka akan semakin rumit pembuatan jadwal. WBS pada umumnya dibuat dalam bentuk grafis seperti pada gambar 3.11 berikut.



**Gambar 3.14 WBS Dalam Bentuk Grafis**

(Sumber : Putra (2023))

Selain dari pada bentuk grafis, bentuk lain dari WBS dapat berupa bentuk tabel. WBS dalam bentuk tabel dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

LEVEL 1		LEVEL 2		LEVEL 3	
WBS	Keterangan	WBS	Keterangan	WBS	Keterangan
1	Pekerjaan Sipil	1.1	Pekerjaan Persiapan		
		1.2	Pekerjaan Tanah		
		1.3	Pekerjaan Pondasi		
		1.4	Pekerjaan Struktur	1.4.1	Pekerjaan Struktur Lantai 1
				1.4.2	Pekerjaan Struktur Lantai 1
2	Pekerjaan Arsitektur	2.1	Pekerjaan Pasangan Lantai		
		2.2	Pekerjaan Plesteran Lantai	2.2.1	Plesteran Trasram
				2.2.2	Plesteran Dinding
				2.2.3	Plesteran Beton
				2.2.4	Acian
				2.2.5	Benangan
2.3	Pekerjaan Plafond				

**Tabel 3.2 WBS Dalam Bentuk Tabel**

WBS dirancang untuk membantu memecah proyek menjadi bagian - bagian yang dapat dikelola, diestimasikan dan diawasi secara efektif. Terdapat 3 manfaat WBS menurut Husen (2009) dalam Putra (2023) adalah sebagai berikut:

1. Analisis WBS yang melibatkan manajer fungsional dan personel yang lain dapat membantu meningkatkan akurasi dan kelengkapan pendefinisian proyek.
2. Menjadi dasar anggaran dan penjadwalan.

3. Menjadi alat kontrol pelaksanaan proyek karena penyimpangan biaya dan jadwal paket kerja tertentu dapat dibandingkan dengan WBS.

### **3.7 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012 Tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja**

Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja atau yang disingkat SMK3 adalah bagian dari manajemen perusahaan secara keseluruhan dalam rangka pengendalian risiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja guna terciptanya tempat kerja yang aman, efisien dan produktif. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja.

Sebagaimana dimaksud pada pasal 2 PP No. 50 Tahun 2012, penerapan SMK3 bertujuan untuk:

1. meningkatkan efektifitas perlindungan keselamatan dan kesehatan kerja yang terencana, terukur, terstruktur, dan terintegrasi
2. mencegah dan mengurangi kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja dengan melibatkan unsur manajemen, pekerja/buruh, dan/atau serikat pekerja/serikat buruh; serta
3. menciptakan tempat kerja yang aman, nyaman, dan efisien untuk mendorong produktivitas.

Penerapan keselamatan dan kesehatan kerja melalui SMK3 telah berkembang di berbagai negara baik melalui pedoman maupun standar. Untuk memberikan keseragaman bagi setiap perusahaan dalam menerapkan SMK3 sehingga perlindungan keselamatan dan kesehatan kerja bagi tenaga kerja, peningkatan efisiensi, dan produktivitas perusahaan dapat terwujud maka perlu ditetapkan Peraturan Pemerintah yang mengatur penerapan SMK3.

Peraturan Pemerinta ini memuat:

1. Ketentuan umum

2. Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja
3. Penilaian SMK3
4. Pengawasan
5. Ketentuan peralihan, dan
6. Ketentuan penutup

### **3.8 Keputusan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik**

Sesuai Lampiran III Kepmen Nomor 1827.K/30/MEM/2018 Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia tentang pedoman pelaksanaan keselamatan pertambangan dan keselamatan pengolahan dan / atau pemurnian mineral dan batubara, keselamatan dan kesehatan kerja pertambangan dan pengolahan dan/ atau pemurnian mencakup :

- a. Manajemen risiko
- b. Program keselamatan kerja
- c. Pendidikan dan pelatihan keselamatan kerja
- d. Kampanye
- e. Administrasi keselamatan kerja
- f. Manajemen keadaan darurat
- g. Inspeksi keselamatan kerja
- h. Penyelidikan kecelakaan dan kejadian berbahaya

Sesuai Kepmen Nomor 1827.K/30/MEM/2018 tentang keselamatan tambang permukaan, keselamatan tambang permukaan mencakup hal sebagai berikut:

- a. Cara kerja yang aman  
KTT menjamin setiap kegiatan di tambang permukaan dilaksanakan dengan aman. Cara kerja yang aman pada tambang permukaan disesuaikan dengan kondisi dan metode penambangan yang digunakan.
- b. Rencana kerja tambang permukaan

Dalam merencanakan tambang permukaan agar memperhatikan keselamatan operasional yang meliputi:

1. kemiringan lereng tambang dan timbunan;
2. geometri permukaan kerja;
3. tahapan penambangan;
4. dimensi jalan tambang dan jalan angkut;
5. sistem penyaliran;
6. bendungan;
7. rencana penanganan material lumpur dan penanganan pergerakan tanah;
8. dimensi tanggul pengaman;
9. perencanaan peledakan; dan
10. penanganan lubang bekas tambang.

c. Operasional tambang permukaan

Keselamatan dalam operasional tambang permukaan mencakup kegiatan sebagai berikut:

1. pembersihan lahan;
2. penggalian, pemuatan, dan pengangkutan tanah penutup;
3. penimbunan tanah penutup;
4. penggalian, pemuatan, dan pengangkutan bahan tambang;
5. penataan lahan;
6. pekerjaan pendukung tambang permukaan;

Kegiatan sebagaimana dimaksud angka 1 sampai dengan angka 6 di atas memperhatikan:

1. kesesuaian peralatan yang digunakan pada tambang permukaan;
2. tata cara pengoperasian peralatan tambang;
3. pengaturan lalu-lintas tambang;
4. sistem komunikasi dan supervisi;
5. rasio pengawas operasional;
6. kualifikasi pekerja dan pengawas; dan
7. pengendalian bahaya dan risiko.

Keselamatan bahan peledak dan peledakan sesuai dengan Kepmen Nomor 1827.K/30/MEM/2018 mempertimbangan sebagai berikut:

- a. Penyimpanan atau penimbunan bahan peledak
- b. Jarak aman gudang bahan peledak
- c. Pengangkutan bahan peledak
- d. Pemboran untuk peledakan
- e. Peralatan dan perlengkapan peledakan
- f. Pekerjaan peledakan
- g. Peledakan menggunakan kendali jarak jauh
- h. Radius aman peledakan
- i. Peledakan dengan penanganan khusus
- j. Peledakan tidur
- k. Pasca peledakan dan peledakan mangkir

### **3.9 Keputusan Direktur Jenderal Mineral Dan Batubara Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral Nomor 309.K/30/DJB/2018 Tentang Petunjuk Teknis Keselamatan Bahan Peledak Dan Peledakan Serta Keselamatan Fasilitas Penimbunan Bahan Bakar Cair Pada Kegiatan Usaha**

Sebagai tindak lanjut dari Kepmen ESDM 1827/2018 khususnya bahan peledak dan peledakan serta fasilitas penyimpanan bahan bakar cair dan untuk memberikan petunjuk teknis keselamatan bahan peledak dan peledakan serta keselamatan fasilitas penyimpanan/penimbunan bahan bakar cair, Direktur Jenderal Mineral dan Batubara menetapkan Keputusan Direktur Jenderal Mineral dan Batubara Nomor 309.K/30/DJB/2018 tentang Petunjuk Teknis Keselamatan Bahan Peledak dan Peledakan serta Keselamatan Fasilitas Penimbunan Bahan Bakar Cair pada Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara (Kepdirjan Minerba 309/2018) pada tanggal 21 November 2018.

Sesuai dengan Petunjuk Teknis 309.K/30/DJB/2018 terdiri atas;

1. Petunjuk Teknis Keselamatan Bahan Peledak dan Peledakan pada Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara (Lampiran I); dan

2. Petunjuk Teknis Keselamatan Fasilitas Penimbunan Bahan Bakar Cair pada Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara (Lampiran II).

Termuat pada Petunjuk Teknis 309.K/30/DJB/2018 Lampiran I Poin H Nomor 9 Tentang Pekerjaan Peledakan terdiri atas :

- a. KTT/PTL pada tambang yang menggunakan bahan peledak harus memastikan bahwa bahan peledak dapat digunakan secara aman.
- b. Semua karyawan atau orang-orang yang berada di sekitar penambangan harus mengetahui jadwal rencana peledakan pada hari-hari dan jam-jam peledakan.
- c. Lokasi rencana peledakan agar dipasang pita pengaman dan tanda-tanda peringatan yang menarik perhatian dan mudah dimengerti, serta di area tambang bawah tanah terdapat tanda-tanda peringatan agar dipasang pada semua jalan masuk ke lokasi peledakan.
- d. Juru ledak yang bertugas melaksanakan peledakan atau yang mengawasi pekerjaan peledakan harus memastikan bahwa setiap tahap pekerjaan peledakan dilaksanakan secara aman dan sesuai dengan peraturan dan pedoman peledakan di pertambangan.
- e. Dilarang melakukan peledakan kecuali juru ledak yang memiliki KIM.
- f. Dilarang mengisi lubang ledak atau meledakkan lubang yang sebelumnya sudah diledakkan, kecuali untuk tujuan menangani peledakan mangkir sesuai dengan cara yang telah ditetapkan.
- g. Dilarang mencabut kabel detonator, sumbu api atau sistem lainnya dari lubang ledak yang telah diisi serta diberi primer.
- h. Dilarang merokok atau membuat nyala api pada jarak kurang 10 (sepuluh) meter dari bahan peledak kecuali untuk penyalaan sumbu api.
- i. Sumbu api harus diperiksa sebelum digunakan secara teratur untuk melihat kemungkinan adanya kerusakan dan diuji kecepatan nyalanya. Setelah itu dengan selang waktu tertentu untuk memastikan kondisinya baik dan diuji kecepatan nyalanya. Kecepatan nyala sumbu api yang baik setiap satu meter adalah adalah 90 (sembilan puluh) detik sampai dengan 110 (seratus sepuluh) detik atau sesuai dengan spesifikasi pabrik

- j. Juru ledak yang menangani atau mengawasi peledakan harus memastikan setiap peledakan tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan yang melebihi ambang batas yang ditetapkan dalam peraturan perundangan dan prosedur yang dikeluarkan oleh KTT/PTL antara lain: lontaran batu, getaran peledakan, ledakan udara, dan gas beracun (fume)
- k. Rencana pelaksanaan peledakan tidur (*sleep blast*) yang menempatkan detonator di dalam lubang ledak diajukan dalam RKAB. Pengajuan peledakan tidur perlu mempertimbangkan hal sebagai berikut:
  - 1. keuntungan menerapkan peledakan tidur meliputi efek terhadap masyarakat sekitar, efisiensi, keselamatan, meningkatkan jumlah produksi, meningkatkan keuntungan perusahaan dan meningkatkan penerimaan negara berupa royalti dan pajak;
  - 2. sistem pengamanan siang dan malam hari yang akan diterapkan;
  - 3. simulasi peledakan tidur yang dilakukan minimal 2 (dua) kali dengan melampirkan kendala-kendala serta masalah yang terjadi saat simulasi;
  - 4. matriks perbandingan data teknis antara peledakan yang dilakukan saat ini terhadap peledakan tidur; dan
  - 5. *lay out* rencana peledakan tidur.

### **3.10 Pemanfaatan Foto Konstruksi Sebagai Sumber Informasi Pada Keselamatan Kerja**

#### **3.10.1 Pengertian Foto Konstruksi**

Menurut Nugraheni (2008) Gambar dapat berarti sebuah foto dua 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 dua dimensi yang diambil di proyek konstruksi.

Menurut Brilakis dan Soibelman (2005) dalam Nugraheni (2008), pertimbangan dari tiga alasan penggunaan foto dalam proyek konstruksi adalah memantau proses konstruksi, proses pengadilan dan pemulihan pengetahuan. Pada penelitian yang telah dilakukan Mursadin (2008) dalam Nugraheni (2008) dengan menggunakan foto konstruksi sebagai pencarian informasi, dia menyatakan bahwa



sebuah foto dapat menyediakan beberapa sumber informasi yang menguntungkan. Beberapa keuntungannya adalah foto dapat menangkap dan mengabadikan setiap kejadian dimana pun dan kapan pun sesuai dengan objek 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 dan menjadi bukti autentik. Pemanfaatan foto konstruksi ini memudahkan dalam pengawasan dan pengendalian keamanan akan kesadaran keselamatan kerja serta evaluasi dari sistem keselamatan kerja yang ada di proyek.

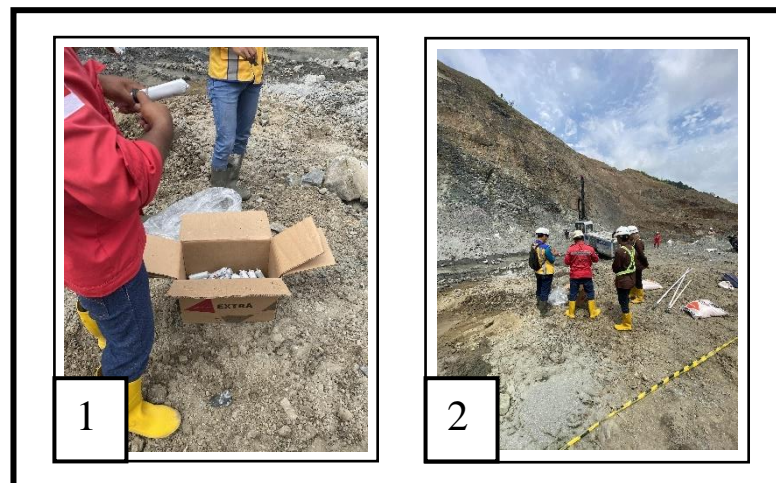
### 3.10.2 Ketentuan Pengambilan Foto Konstruksi

Pengambilan data primer berupa foto konstruksi pekerjaan *blasting* dengan menggunakan kamera yang telah disiapkan sebelumnya. Pengambilan foto dilakukan dengan jarak yang tidak terlalu dekat dengan objek pengamatan. Penulis menentukan jarak pengambilan foto dengan ketentuan lebih dari 3 meter dan dengan jarak yang tidak terlalu jauh. Pengambilan foto dilakukan dari beberapa sisi atau *angle*. *Angle* fotografi perlu diterapkan dengan tepat karena sudut pengambilan akan mempengaruhi gambar yang dihasilkan. Pengambilan foto dengan jumlah yang semakin banyak dapat mempermudah dalam pemilihan foto. Pengambilan foto dilakukan pada setiap langkah – langkah pekerjaan sampai dengan pekerjaan selesai. Pengambilan foto harus merepresentasikan kondisi nyata di lapangan. Selain daripada itu, foto yang dapat digunakan untuk penilaian harus dapat menunjukkan kondisi di sekitar objek foto dengan kata lain tidak hanya menangkap gambar objek tertentu saja. Dari hasil observasi di lapangan, dipilih beberapa foto yang dapat digunakan sebagai data primer. Kriteria – kriteria foto yang dapat dijadikan sebagai data primer adalah sebagai berikut.

1. Foto yang tidak terlalu terang atau *over exposure*
2. Foto yang tidak terlalu gelap atau *under exposure*
3. Foto dengan jarak yang tidak terlalu dekat (>3 meter) dan tidak terlalu jauh
4. Kualitas foto yang jernih dan tidak buram
5. *Angle* foto yang bervariasi

6. Foto konstruksi dapat merepresentasikan beberapa informasi yang ada di lapangan

Berikut contoh foto yang dapat digunakan untuk penilaian dan foto yang tidak dapat digunakan untuk penilaian pada Gambar 3.15.



**Gambar 3.15 Contoh Foto Konstruksi**

Sumber : Dokumentasi Lapangan

Pada Gambar 3.15 diatas dan sesuai dengan ketentuan pengambilan foto konstruksi serta kriteria-kriteria foto yang dapat digunakan sebagai data primer, maka foto 1 tidak dapat digunakan sebagai data primer karena tidak memenuhi ketentuan yaitu jarak yang terlalu dekat dan foto yang tidak dapat merepresentasikan kondisi di lingkungan sekitar, sedangkan pada foto 2 dapat digunakan sebagai data primer karena telah memenuhi ketentuan dan kriteria diatas.

### **3.11 Teknik Delphi**

#### **3.11.1 Pengertian Teknik Delphi**

Metode analisis data disusun sesuai dengan tujuan dan sasaran yang akan dicapai pada penelitian. Analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis Delphi dalam menentukan kriteria dan indikator yang digunakan dalam penentuan *checklist* standar keselamatan kerja pada pekerjaan *Blasting* dan skoring yang digunakan dalam menentukan skor kriteria penilaian. Tahapan analisis data yang akan dilakukan dalam mencapai sasaran penelitian ini adalah dengan analisis *delphi*.

Analisis Delphi merupakan teknik yang dikembangkan oleh Dalkey dan Helmer (1963) yang digunakan untuk penyatuan pendapat dari para ahli. Menurut Lewis (1984) dalam Soenarto (1994), Teknik Delphi merupakan sebuah proses atau teknik untuk mengumpulkan pendapat diantara para pakar atau *expert* mengenai fenomena sosial yang akan mempengaruhi situasi institusi. Sedangkan Witkins (1984) dalam Soenarto (1994) mengartikan Teknik Delphi sebagai cara untuk menentukan pendapat secara konsensus (mufakat) diantara para pakar terkait tujuan dan kebutuhan yang mendesak dari suatu institusi. Berdasarkan pernyataan tersebut, Teknik Delphi dapat diartikan sebagai suatu cara yang sistematis untuk memperoleh kesepakatan pendapat (konsensus) diantara para pakar yang mempunyai kepentingan dan relevan dengan pembuatan keputusan, untuk menentukan tujuan organisasi, menentukan prioritas kegiatan program, dan menentukan rencana program suatu institusi di masa yang akan datang.

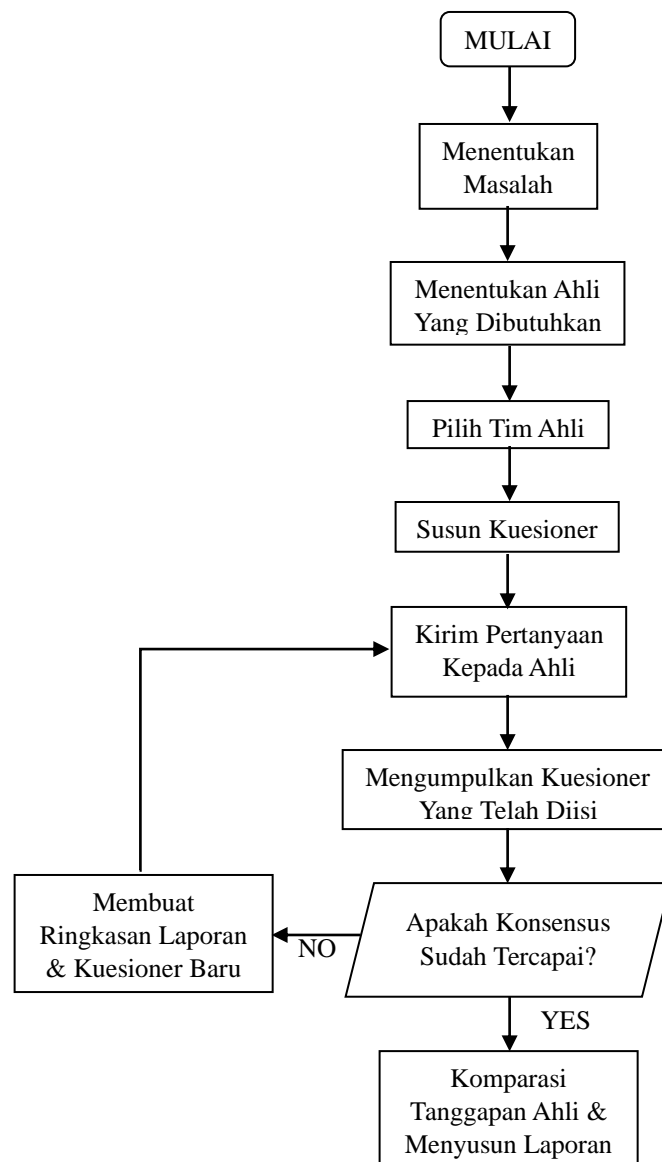
Awalnya Teknik Delphi diciptakan sebagai metode peramalan interaktif yang sistematis dengan mengandalkan panel ahli. Sejak itu, studi Delphi telah digunakan untuk berbagai tujuan: membuat kebijakan, menetapkan pedoman, dan mengidentifikasi tren. Teknik Delphi dilakukan dengan mengumpulkan data melalui kuisisioner dari responden untuk membangun sebuah konsensus. Responden yang dimaksud merupakan para ahli yang dipilih sesuai dengan kriteria – kriteria responden yang telah ditetapkan. Adapun responden tersebut tidak dipertemukan secara langsung (tatap muka), dan identitas dari masing – masing responden atau pakar disembunyikan sehingga setiap pakar tidak mengetahui identitas pakar yang lain. Hal ini bertujuan untuk menghindari adanya dominasi pakar lain dan dapat meminimalkan pendapat yang bias (Marimin, 2004).

Teknik Delphi dapat dilakukan dengan menyebar kuisisioner dan melakukan wawancara semi terstruktur kepada responden (*stakeholder*) yang telah dipilih. Kuisisioner yang disebar dilakukan melalui beberapa tahap tergantung konsensus responden. Jika masih terdapat responden yang belum menyetujui variabel pada kuisisioner, maka kuisisioner dilanjutkan ke tahap berikutnya sampai mendapatkan konsensus antar responden. Jika hasil analisis menunjukkan 75%

dari nilai maksimum, hasil ini cukup baik dan merupakan informasi hasil konsensus. Namun, jika hasil analisis berada dibawah 50% dari nilai maksimum, para pakar diundang kembali secara individu untuk menegaskan jawabannya, dan dimungkinkan adanya perubahan jawaban (Weaver, 1971 dalam Soenarto, 1994)

### 3.11.2 Alur Analisis Delphi

Dalam proses analisis *Delphi* untuk menentukan sebuah konsensus atau kesepakatan responden, terdapat beberapa tahapan yang dapat dilihat pada Gambar 3.16 berikut.



**Gambar 3.16 Langkah – langkah Teknik Delphi**

### 3.12 Checklist Standar Keselamatan Pekerjaan *Blasting*

#### 3.12.1 Pengertian *Checklist*

Menurut Herdiansyah (2011) dalam Firmansyah (2022) *Behavioral checklist* atau biasa disebut *checklist* merupakan suatu metode dalam observasi yang mampu memberikan keterangan mengenai muncul atau tidaknya perilaku yang diobservasi dengan memberikan tanda cek (√) jika perilaku yang diamati muncul. Dalam tabel *checklist*, observer (pengamat) atau peneliti telah terlebih mencantumkan indikator perilaku yang diobservasi dimunculkan

oleh observe atau subjek penelitian, format *checklist* sangat beragam, tergantung tujuan dan kepentingan penelitian yang dilakukan.

### 3.12.2 Standar Keselamatan Kerja Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak

Berikut adalah standar keselamatan kerja pada pekerjaan pengangkutan bahan peledak dalam Modul Pelatihan Ahli Peledakan Pekerjaan Konstruksi Departemen Pekerjaan Umum Badan Pembinaan Konstruksi Dan Sumber Daya Manusia Pusat Pembinaan Kompetensi Dan Pelatihan Konstruksi, PP No. 50 Tahun 2012 tentang Penerapan SMK3, Kepmen nomor 1827.K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik, Juknis Nomor 309.K/30/DJB/2018 dan Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya.

1. Pengangkutan bahan peledak menggunakan kendaraan khusus pengangkutan bahan peledak antara lain, *rotary lamp* berwarna merah, bendera merah, memiliki tulisan “awas bahan peledak” disisi sebelah kanan, kiri dan belakang, bak pengangkut bukan merupakan konduktor listrik (apabila merupakan konduktor listrik harus dilapisi bahan isolator dan dapat ditutup, detonator harus ditempatkan dalam wadah khusus yang bukan merupakan konduktor listrik dan terpisah satu sama lain, tersedia alat pemadam api ringan (APAR), serta alat atau kendaraan tidak digerakkan oleh listrik.
2. Selama pengangkutan bahan peledak dari gudang ke lokasi peledakan, harus ada petugas keamanan dan personil peledakan yang ikut dalam perjalanan pengawalan, begitu juga sebaliknya jika terdapat bahan peledak sisa yang akan dikembalikan ke gudang bahan peledak dari lokasi peledakan.
3. *Rotary lamp* dan lampu bahaya pada unit pengangkutan harus senantiasa dinyalakan selama pengangkutan bahan peledak.
4. Unit pengawalan bahan peledak harus berada pada posisi di depan unit pengangkutan dengan jarak yang telah disesuaikan untuk pengamanan dan harus menyalakan sirine, *rotary lamp*, lampu depan dan lampu bahaya.
5. Selama kegiatan berlangsung dilarang : merokok, menyalakan api, bercanda dan melakukan tindakan yang dapat membahayakan keselamatan diri sendiri ataupun orang lain.

### 3.12.3 Standar Keselamatan Kerja Pekerjaan *Drilling*

Berikut adalah standar keselamatan kerja pada pekerjaan *drilling* dalam Modul Pelatihan Ahli Peledakan Pekerjaan Konstruksi Departemen Pekerjaan Umum Badan Pembinaan Konstruksi Dan Sumber Daya Manusia Pusat Pembinaan Kompetensi Dan Pelatihan Konstruksi, PP No. 50 Tahun 2012 tentang Penerapan SMK3, Kepmen nomor 1827.K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik, Juknis Nomor 309.K/30/DJB/2018 dan Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya.

1. Pemeriksaan lubang bor yang akan digunakan sebagai wadah memasukkan bahan peledak berikut dengan detonatornya harus diperiksa oleh Drill & Blasting Foreman, jarak lubang, kedalaman lubang dan jumlah lubang sesuai dengan yang dibutuhkan.
2. Pekerja pelaksanaan *drilling* dilengkapi dengan APD (Alat Pelindung Diri) yang dipersyaratkan: Helm, *Safety shoes*, *safety glasses*, sarung tangan, masker debu.
3. Sebelum dilaksanakan *drilling* dilakukan instalasi *safety line*.
4. Tidak ada orang disekitar alat bor.
5. Pastikan kedalaman bor sesuai dan mengukur kedalaman bor dengan tongkat ukur (*stick steaming*).

### 3.12.4 Standar Keselamatan Kerja Pekerjaan Charging dan Steaming

Berikut adalah standar keselamatan kerja pada pekerjaan *charging* dan *steaming* dalam Modul Pelatihan Ahli Peledakan Pekerjaan Konstruksi Departemen Pekerjaan Umum Badan Pembinaan Konstruksi Dan Sumber Daya Manusia Pusat Pembinaan Kompetensi Dan Pelatihan Konstruksi Departemen Pekerjaan Umum, PP No. 50 Tahun 2012 tentang Penerapan SMK3, Kepmen nomor 1827.K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik, Juknis Nomor 309.K/30/DJB/2018 dan Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya.

1. Distribusikan bahan peledak dynamit, detonator, dan ammonimnitrate fuel oil (ANFO) di dekat lubang ledak.

2. Pekerja pelaksanaan *charging* dilengkapi dengan APD (Alat Pelindung Diri) yang dipersyaratkan: Helm, *Safety shoes*, *safety glasses*, sarung tangan, dan masker debu.
3. Pastikan tempat kerja telah aman dari setiap kendaraan maupun alat berat.
4. *Charging* dilaksanakan saat cuaca cerah dan tidak ada petir.
5. Gunakan tongkat ukur untuk mengetahui sisa kolom penyumbatan.
6. Proses *charging* turut diawasi oleh pihak berwajib (pihak kepolisian).
7. Pemberian tanda berupa pita pada setiap lubang sebagai penanda lubang kering dan lubang basah serta diberikan tanda status ketinggian air dan kedalaman lubang.
8. Jika terdapat air di dalam lubang, bahan peledak terutama untuk AN / FO harus dikemas dengan plastik kemudian ujung plastik diikat kuat.
9. Proses *steaming* dengan memasukkan material keras yang dipadatkan ke dalam lubang ledak menggunakan *stick* dan memastikan ujung *in hole delay* tidak masuk.
10. Sisa bahan peledak yang tidak digunakan harus dikembalikan ke dalam gudang bahan peledak.
11. Selama kegiatan berlangsung dilarang : merokok, menyalakan api, bercanda dan melakukan tindakan yang dapat membahayakan keselamatan diri sendiri ataupun orang lain.

### 3.12.5 Standar Keselamatan Kerja Pekerjaan *Tie Up*

Berikut adalah standar keselamatan kerja pada pekerjaan *tie up* dalam Modul Pelatihan Ahli Peledakan Pekerjaan Konstruksi Departemen Pekerjaan Umum Badan Pembinaan Konstruksi Dan Sumber Daya Manusia Pusat Pembinaan Kompetensi Dan Pelatihan Konstruksi, PP No. 50 Tahun 2012 tentang Penerapan SMK3, Kepmen nomor 1827.K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik, Juknis Nomor 309.K/30/DJB/2018 dan Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya.

1. Ujung *Det-cord/Tube In Hole Delay* / kabel Elektrik Detonator dirapihkan (tidak terlilit) untuk memudahkan pelaksanaan perangkaian (*Tie up*).



2. Dilakukan pemeriksaan rangkaian sambungan tersambung sempurna (dengan isolator atau isolasi secara sempurna).
3. Dilakukan pemeriksaan dengan alat ohm meter disetiap detonator kabel listrik dan kabel primer.
4. Panjang kabel yang digunakan harus mencukupi sampai ke shelter minimum 300m.
5. Detonator dipasang setelah semua manusia dan alat mekanis sudah berada pada radius aman.
6. Selama kegiatan berlangsung dilarang : merokok, menyalakan api, bercanda dan melakukan tindakan yang dapat membahayakan keselamatan diri sendiri ataupun orang lain.

#### 3.12.6 Standar Keselamatan Kerja Pekerjaan Peledakan

Berikut adalah standar keselamatan kerja pada pekerjaan peledakan dalam Modul Pelatihan Ahli Peledakan Pekerjaan Konstruksi Departemen Pekerjaan Umum Badan Pembinaan Konstruksi Dan Sumber Daya Manusia Pusat Pembinaan Kompetensi Dan Pelatihan Konstruksi, PP No. 50 Tahun 2012 tentang Penerapan SMK3, Kepmen nomor 1827.K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik, Juknis Nomor 309.K/30/DJB/2018 dan Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya.

1. Pelaksanaan peledakan turut didampingi oleh pihak kepolisian.
2. Juru Ledak harus memastikan area peledakan dalam kondisi steril dari manusia, kendaraan dan alat berat.
3. Barikade harus ditempatkan di jalan akses untuk memastikan tidak ada orang masuk ke area peledakan.
4. Evakuasi alat atau pemindahan alat berat disekitar lokasi peledakan dengan jarak >300m dan Evakuasi semua orang keluar dari zona peledakan dengan jarak >500m.
5. Semua jalan masuk menuju lokasi diberi pintu atau rumah jaga.

6. Pemasangan bendera pemblokiran 2 radius, yaitu bendera warna kuning dengan radius 300m jarak aman bagi unit atau alat berat, dan bendera warna hijau dan merah dengan radius 500m jarak aman bagi manusia.
7. Letak *shelter* dalam minimal 200m dan tidak berada diposisi *free face* peledakan untuk menghindari *flying rock/boulder*.
8. Tersedia alat sirine yang akan digunakan sebagai sinyal peringatan dan pemberitahuan akan dilaksanakannya peledakan.
9. Lima belas (15) menit setelah peledakan terlaksana, maka Blaster harus melakukan pemeriksaan lokasi peledakan terhadap kemungkinan terjadinya gagal meledak (*misfire*).

### 3.13 Probabilitas Bersyarat

Menurut Zachra (2013) dalam Kartika (2019) Probabilitas adalah suatu ukuran tentang kemungkinan suatu peristiwa (*event*) akan terjadi di masa mendatang. Probabilitas dapat disebut juga teori peluang. Probabilitas dinyatakan antara 0 sampai 1. Kejadian yang mempunyai nilai probabilitas 1 adalah kejadian yang pasti terjadi atau sesuatu yang telah terjadi, misalnya matahari yang masih terbit di timur sampai sekarang. Sedangkan suatu kejadian yang mempunyai nilai probabilitas 0 adalah kejadian yang mustahil atau tidak mungkin terjadi, misalnya seekor kambing melahirkan seekor sapi.

Probabilitas bersyarat (*conditional probability*) yaitu probabilitas suatu peristiwa akan terjadi dengan ketentuan peristiwa lain telah terjadi. Probabilitas bersyarat dilambangkan dengan  $P(A | B)$ , yaitu probabilitas peristiwa A terjadi, apabila peristiwa B telah terjadi. Pemahaman teori ini dapat digunakan untuk mengatasi masalah ketidakpastian, misalnya dalam penelitian ini setiap foto memiliki interpretasi yang berbeda pada setiap orang, tergantung persepsi penilaian pada setiap orang. Sejumlah teori telah dirancang untuk mengatasi masalah ketidakpastian. Ini termasuk probabilitas klasik, probabilitas Bayes, teori Hartley, teori Shannon berdasar pada probabilitas, teori Dempster-Shafer dan teori Zadeh.

Teori Bayes adalah teori umum yang digunakan untuk pengambilan tiga pilihan analisis dalam bisnis dan ilmu-ilmu sosial (Gravetter dan Wallnau, 1993;

Giarratano dan Riley, 1994; Bouchon-Meunier, 2000 dan Nugraheni, 1999). Teori Bayes merupakan suatu rumusan matematika yang digunakan untuk menghitung probabilitas bersyarat yang bersifat subjektif, maksudnya orang yang menggunakan akal sehat yang diatur berdasarkan aturan peluang dengan pembuktian teori dan model empiris.

Dasar Teori Bayes adalah probabilitas bersyarat, yaitu kemungkinan proposisi  $H$  (*Hypothesis*) yang diberikan pada kejadian  $E$  (*Evidence*). Mengingat bahwa  $H$  adalah proposisi,  $P$  probabilitas bersyarat ( $H | E$ ) dapat diartikan sebagai tingkat keyakinan bahwa  $H$  adalah benar, berdasarkan  $E$ .

Untuk keperluan penelitian ini, istilah "tingkat kepercayaan" bisa lebih baik diekspresikan sebagai "tingkat *keyakinan*". Jika  $P(H | E) = 1$ , maka keyakinan bahwa  $H$  akan terjadi memang benar.

Sedangkan, jika  $P(H | E) = 0$ , maka keyakinan bahwa  $H$  akan terjadi memang jelas salah,  $0 < P(H | E) < 1$ , berarti bahwa  $H$  tidak sepenuhnya yakin untuk menjadi benar atau salah.

Jenis hipotesis digunakan untuk beberapa proposisi yang kebenarannya atau kesalahannya tidak diketahui pasti atas dasar 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 3.1 dikenal sebagai rumus Teori Bayes, yaitu:

$$P(H/E) = \frac{P(E|H)P(H)}{P(E)} \quad (3.1)$$

Keterangan:

$P(H / E)$  adalah tingkat kepercayaan dari hipotesis ( $H$ ) adalah bukti yang diberikan benar ( $E$ ) terjadi.

$P(E / H)$  adalah tingkat kepercayaan bukti ( $E$ ) yang terjadi diasumsikan diberikan (sebelum) hipotesis ( $H$ ) adalah benar.

$P(H)$  adalah probabilitas hipotesis ( $H$ ).

$P(E)$  adalah probabilitas bukti ( $E$ ).

Dalam notasi ini  $P(H | E)$  berarti peluang kejadian  $H$  bila  $E$  terjadi dan  $P(E | H)$  peluang kejadian  $E$  bila  $H$  terjadi.

Mengingat bahwa  $A$  adalah proposisi, probabilitas bersyarat  $P(A|B)$  dapat diartikan sebagai tingkat keyakinan  $A$  adalah benar, mengingat  $B$ . Untuk keperluan penelitian ini, istilah “tingkat keyakinan” dapat lebih baik dinyatakan sebagai “tingkat kepercayaan”. Jika  $P(A|B) = 1$ , maka  $A$  adalah keyakinan untuk menjadi benar. Jika  $P(A|B) = 0$ , maka  $A$  adalah keyakinan untuk menjadi salah.  $0 < P(A|B) < 1$ , berarti bahwa  $A$  tidak sepenuhnya yakin benar atau salah. Contoh kecelakaan kerja sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut ini.



**Gambar 3.17 Contoh Sebuah Kecelakaan Kerja**

Sumber gambar: [https:// http://www.equipina.com/mengenal-struktur-keamanan- pada- alat-berat-rops-fops-opg/](https://http://www.equipina.com/mengenal-struktur-keamanan-pada-alat-berat-rops-fops-opg/)

Sebuah kejadian kecelakaan mungkin terjadi : “Pekerja terjepit karena *excavator* terguling” Dan proposisi adalah :

“*Excavator* terguling saat melintasi jalan yang tidak rata dan tidak stabil”

$P(H)$  adalah probabilitas hipotesis ( $H$ ) bahwa *excavator* tidak terguling saat melintasi jalan yang tidak rata dan tidak stabil (lihat Gambar 3.17).

$P(E)$  adalah probabilitas bukti (E) bahwa *excavator* terguling saat melintasi jalan yang tidak rata dan tidak stabil (lihat Gambar 3.17).

$P(H | E)$  adalah tingkat kepercayaan bahwa *excavator* tidak terguling saat melintasi jalan yang tidak rata dan tidak stabil tidak terbukti karena *excavator* terguling saat melintasi jalan yang tidak rata dan tidak stabil sehingga membahayakan pekerja (lihat Gambar 3.17).

$P(E | H)$  adalah tingkat kepercayaan bahwa *excavator* terguling saat melintasi jalan yang tidak rata dan tidak stabil berdasarkan hipotesis *excavator* tidak terguling saat melintasi jalan yang tidak rata dan tidak stabil (lihat Gambar 3.17).

Dalam dunia nyata, situasi yang lebih umum dan realistis didasarkan pada hipotesis pasti dan bukti pasti. Untuk kasus umum, asumsikan bahwa tingkat kepercayaan bukti lengkap (E), tergantung pada bukti parsial (e), dengan  $P(E | e)$  Mengacu pada Gambar 3.17, dapat dinyatakan bahwa bukti (E) adalah *excavator* tidak terguling, dan bukti parsial (e) adalah *excavator* terguling

Sebuah situasi yang lebih kompleks muncul jika ada bukti senyawa, yaitu beberapa bagian dari bukti dan dinyatakan secara resmi:

JIKA  $E_1, E_2, \dots$  DAN  $E_N$  lalu H

Misalnya, dengan menggunakan Gambar 3.12, pernyataan itu dapat dinyatakan:

$E_1$  adalah *excavator* terguling,

$E_2$  adalah *excavator* terguling saat melintasi jalan yang tidak rata dan tidak stabil, H adalah *excavator* aman,

Maka pernyataan logika dapat dinyatakan secara formal:

"Jika *excavator* terguling dan *excavator* terguling saat melintasi jalan yang tidak rata dan tidak stabil menyebabkan pekerjaan tidak aman sehingga H tidak terbukti."

Jadi Persamaan 3.1 menjadi 3.2 Persamaan sebagai berikut:

$$P(H|E_1 \cap E_2 \cap \dots \cap E_N) = \frac{P(E_1 \cap E_2 \cap \dots \cap E_N | H)P(H)}{P(E_1 \cap E_2 \cap \dots \cap E_N | H)P(H) + P(E_1 \cap E_2 \cap \dots \cap E_N | H')P(H')} \quad (3.2)$$

Keterangan simbol seperti sebelumnya dan arti dari simbol menggunakan pernyataan untuk Gambar 3.12 sebagai contoh adalah:

$P(H | E_1 \cap E_2 \cap \dots \cap E_N) = P(H | E_{\text{comb}})$  adalah tingkat kepercayaan dari hipotesis (H) benar, mengingat bukti senyawa  $E_1, E_2, \dots, E_N$  yang terjadi. Dalam contoh ini,  $P(H | E_{\text{comb}})$  berarti tingkat kepercayaan dari pekerjaan aman tidak terbukti karena *excavator* terguling saat melintasi jalan yang tidak rata dan tidak stabil.

$P(E_1 \cap E_2 \cap \dots \cap E_N | H) = P(E_{\text{comb}} | H)$  adalah probabilitas sebelumnya yang merupakan tingkat kepercayaan bukti  $E_1, E_2, \dots, E_N$  adalah hipotesis yang diberikan benar (H) terjadi.

Dalam contoh ini,  $P(E_{\text{comb}} | H)$  berarti kemungkinan sebelumnya bahwa *excavator* tidak terguling saat melintasi jalan yang tidak rata dan tidak stabil maka menyebabkan pekerjaan aman.

$P(E_1 \cap E_2 \cap \dots \cap E_N | H') = P(E_{\text{comb}} | H')$  adalah probabilitas sebelumnya yang merupakan tingkat kepercayaan bukti  $E_1, E_2, \dots, E_N$  adalah pelengkap hipotesis benar mengingat  $H'$  terjadi. Dalam contoh ini,  $P(E_{\text{comb}} | H')$  berarti kemungkinan sebelumnya bahwa *excavator* terguling saat melintasi jalan yang tidak rata dan tidak stabil maka menyebabkan pekerjaan tidak aman.

Keterangan :

$P(H)$  adalah probabilitas sebelumnya hipotesis (H). Dalam contoh ini,  $P(H)$  berarti probabilitas sebelumnya dari pekerjaan tidak aman.

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

Persamaan 3.2 dapat dinyatakan sebagai tingkat kepercayaan atau kemungkinan hipotesis karena kejadian dari P bukti  $(H | E_{\text{comb}})$  yang berasal

dari perhitungan tingkat kepercayaan suatu terjadinya bukti yang menyebabkan  $P$  hipotesis ( $E_{\text{comb}} | H$ ) kalikan dengan probabilitas hipotesis  $P(H)$ , dibagi dengan jumlah derajat kepercayaan suatu terjadinya bukti yang menyebabkan hipotesis  $P(E_{\text{comb}} | H)$  kalikan dengan probabilitas hipotesis  $P(H)$  dan tingkat kepercayaan suatu terjadinya bukti yang menyebabkan melengkapi hipotesis  $P(E_{\text{comb}} | H')$  kalikan dengan probabilitas hipotesis komplemen  $P(H')$ .

Secara singkat, rumus Teori Bayes memiliki tiga hubungan dasar dalam probabilitas antara lain, combungan ( $\cup$ ) persimpangan ( $\cap$ ) dan komplemen ( $\complement$ ). Penjelasannya dari dua yang pertama seperti berikut ini, yang dimaksud dengan combungan (*Union*) adalah penjumlahan dan persimpangan (*Intersection*) adalah perkalian.

### 3.14 Fuzzy Logic

Logika Fuzzy (*Fuzzy Logic*) atau Logika Samar adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan ruang *input* ke dalam ruang *output* yang didasarkan dengan konsep himpunan *fuzzy*. Menurut Jennyvera (2012) teori himpunan *fuzzy* adalah kerangka matematis yang digunakan untuk merepresentasikan ketidakpastian, ketidakjelasan, ketidaktepatan, kekurangan informasi, dan kebenaran persial. Konsep ketidakpastian ini menjadi dasar munculnya konsep logika *fuzzy*. Konsep *fuzzy logic* diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Zadeh (1965) dari Universitas California di Berkeley, teori yang memiliki objek dari himpunan *fuzzy* yang memilik batas dan keanggotaan dalam himpunan *fuzzy*. Model rancangan *fuzzy logic* terdiri atas 5 tahap sebagai berikut :

#### 1. Fuzzifikasi Input

*Fuzzifikais Input* digunakan untuk menentukan derajat keanggotaannya dalam *fuzzy set* menggunakan fungsi keanggotaan masing-masing *fuzzy set*. Membuat suatu himpunan dengan bentuk segitiga (*trimf*). Fungsi keanggotaan segitiga memiliki fungsi yang berbeda-beda dan untuk memperoleh nilai derajat yang sama. Nilai linguistik variabel *input* dibagi berdasarkan himpunan *input* dan nilai linguistik variabel *output* dibagi berdasarkan himpunan *output*.

## 2. Operasi *Fuzzy Logic*

Operasi *fuzzy logic* biasanya memakai fungsi MIN dan MAX sudah mencakup untuk berbagai kebutuhan. Operasi *fuzzy* dapat dilakukan sendiri dengan melakukan operasi AND and OR. Membuat aturan *fuzzy logic* dengan beberapa peraturan yang dapat mempresentasikan nilai tingkat risiko.

## 3. Implikasi

Implikasi adalah proses mendapatkan keluaran sebuah IF-THEN rule. Umumnya *rule* diset 1 sehingga tidak memiliki pengaruh apapun pada implikasi. Semakin besar bobot *rule* semakin besar juga efek *rule* pada keluarannya dan setelah rule diberi bobot proses implikasi bisa dilakukan.

## 4. Agregasi

Agregasi adalah operasi *fuzzy logic* AND dengan masukannya adalah semua *fuzzy set* dari IF-THEN rule.

## 5. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah masukan *fuzzy set* dan keluarannya adalah bilangan tunggal untuk diisikan ke sebuah variabel keluaran FIS. Pemetaan yang dilakukan dalam *Fuzzy Inference Sistem* (FIS). FIS mengevaluasi semua rule untuk mendapatkan kesimpulan. Oleh karena itu semua rule harus didefinisikan terlebih dahulu sebelum membangun FIS yang akan digunakan untuk menginterpretasikan harga-harga dalam faktor input. FIS dibangun dengan dua metode, yaitu metode Mamdani dan metode Sugeno. Tipe Sugeno *output* setiap fuzzy adalah konstanta dan fungsi keanggotaan berupa angka atau nilai Metode Mamdani adalah metode yang paling sering digunakan karena metode ini merupakan metode yang berhasil diterapkan dalam rancangan dengan sistem himpunan *fuzzy*. Beberapa konsep *fuzzy logic* antara lain:

- a. *Fuzzy logic* umumnya diterapkan pada masalah yang mengandung ketidakpastian dan ketidaktepatan.
- b. *Fuzzy logic* menjembatani bahasa mesin yang presisi dengan bahasa manusia yang menekankan pada makna atau arti.
- c. *Fuzzy logic* dikembangkan berdasarkan cara berfikir manusia.



## **BAB IV**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **4.1 Metode Penelitian**

Menurut Djunaedi (2002) dalam Rozi (2012) metode penelitian diartikan sebagai cara kerja untuk memperoleh suatu penjelasan dan jawaban terhadap permasalahan serta memberikan alternatif sebagai kemungkinan yang dapat digunakan untuk pemecahan masalah yang ada. Di dalam metode penelitian berisi tentang metode yang digunakan untuk menyelesaikan suatu masalah dalam sebuah penelitian, sehingga penelitian menjadi terarah dalam penyelesaian dan proses pemecahan masalah.

Penelitian tentang analisis risiko dalam keselamatan kerja pada pekerjaan *blasting* proyek pembangunan Bendung Bener Purworejo belum pernah dilakukan. Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan semua data – data yang diperlukan berupa *checklist* yang telah terisi dan telah dilakukan validitas, kemudian dilanjutkan pada tahap pengolahan dan analisis data dengan menggunakan Theorema Bayes dan pendekatan dengan *Fuzzy Logic*.

#### **4.2 Subjek dan Objek Penelitian**

Penentuan subjek dan objek pada penelitian ini dimaksudkan agar didapatkan variabel atau hal yang dapat dijadikan suatu sasaran penelitian.

##### **4.2.1 Subjek penelitian**

Subjek penelitian merupakan tempat variabel melekat. Menurut Arikunto (2010) subjek penelitian adalah tempat di mana data untuk variabel penelitian diperoleh. Penelitian yang akan dibahas adalah tentang pemanfaatan foto konstruksi untuk penilaian keselamatan kerja (K2) pada pekerjaan *blasting* (Studi Kasus Proyek Pembangunan Bendung Bener Purworejo). Penilaian keselamatan menggunakan data berupa foto pekerjaan *blasting* yang diambil di lokasi Proyek

Pembangunan Bendung Bener Purworejo. Subjek dari penelitian ini adalah Proyek pembangunan Bendungan Bener Purworejo.

#### 4.2.2 Objek penelitian

Objek penelitian terkandung masalah yang akan menjadi bahan penelitian. Menurut Sugiyono (2014) objek penelitian adalah suatu atribut atau sifat atau nilai dari orang, objek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya. Berdasarkan pengertian diatas, objek penelitian ini adalah sebagai berikut.

##### 1. Objek Penelitian

Objek dari penelitian ini adalah pekerja pekerjaan *blasting* dan lingkungan Proyek Pembangunan Bendung Bener Purworejo.

##### 2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada Proyek Pembangunan Bendungan Bener Purworejo.



**Gambar 4.1 Lokasi Penelitian**

(Sumber *Google Earth*)

##### 3. Waktu Penelitian

Waktu observasi dilakukan pada jam kerja dan disesuaikan dengan situasi dan kondisi di lapangan. Pelaksanaan observasi dilakukan pada 25 Januari 2023.

### 4.3 Data dan Metode Pengumpulan Data

Menurut Arikunto (2002) dijelaskan bahwa data penelitian merupakan segala bentuk fakta dan angka yang bisa dijadikan bahan untuk menyusun suatu informasi. Sehingga fakta dalam bentuk apapun nantinya dapat dijadikan data untuk penelitian, dan sumbernya sendiri berasal dari sumber manapun yang terpercaya. Menurut Mills (1984) bahwa data merupakan fakta mentah, observasi, atau kejadian dalam bentuk angka atau simbol khusus. Sehingga data dapat berupa angka dan juga berupa simbol yang berasal dari observasi langsung ke lapangan. Data yang dikumpulkan atau diakses oleh peneliti terbagi menjadi dua, yaitu sumber data primer dan sumber data sekunder.

#### 4.3.1 Data primer

Menurut Sugiyono (2010) sumber data primer adalah sumber data yang langsung memberikan data kepada pengumpul data. Pada penelitian ini data primer diperoleh dari hasil observasi dilapangan. Data primer yang diperoleh berupa foto konstruksi pekerjaan *blasting* yang diambil secara langsung pada tiap – tiap bagian serta pengisian *checklist* dan wawancara, yaitu dimana pewawancara bebas menanyakan apa saja kepada narasumber, akan tetapi tidak jauh dari kebutuhan data yang dibutuhkan.

#### 4.3.2 Data sekunder

Menurut Sugiyono (2012), pengertian data sekunder adalah sumber data yang diperoleh dengan cara membaca, mempelajari dan memahami melalui media lain yang bersumber dari literatur, buku-buku, serta dokumen. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini didapatkan dari lapangan, berupa dokumentasi dan literatur yang sudah ada sebelumnya yang dapat dijadikan referensi dalam menganalisis tingkat risiko.

### 4.4 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian sebagai berikut ini.

1. Formulir standar keselamatan kerja pelaksanaan pekerjaan *blasting*.
2. Kamera digital.

3. Perlengkapan penunjang lainnya yang digunakan, seperti: laptop, alat tulis, buku, dan lain – lain.

#### **4.5 Waktu Pengamatan**

Pengamatan dilaksanakan pada saat proyek mengerjakan pekerjaan *blasting* 25 Januari 2023 pada jam kerja yaitu pukul 08.00-16.00 WIB di Proyek Pembangunan Bendung Bener Purworejo.

#### **4.6 Responden Penelitian**

*Purposive sampling* merupakan sebuah metode sampling non random sampling dimana periset memastikan pengutipan ilustrasi melalui metode menentukan identitas spesial yang cocok dengan tujuan riset sehingga diharapkan bisa menanggapi kasus riset. Bersumber pada uraian *purposive sampling* tersebut, terdapat 2 perihal yang sangat berarti dalam memakai metode sampling tersebut, ialah non random sampling serta menentukan karakteristik spesial yang sesuai dari hasil riset oleh periset itu sendiri. Menurut Arikunto (2006) *purposive sampling* adalah metode mengumpulkan ilustrasi dengan tanpa bersumber pada random, wilayah ataupun strata, melainkan bersumber pada terdapatnya pandangan yang berfokus pada tujuan tertentu. Menurut Sugiyono (2016) *purposive sampling* adalah teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu. Alasan menggunakan teknik *purposive sampling* ini karena sesuai untuk digunakan untuk penelitian kuantitatif, atau penelitian-penelitian yang tidak melakukan generalisasi.

Responden penelitian dipilih 3 orang yang memiliki sertifikat keahlian (SKA) K3 Konstruksi untuk menilai foto pekerjaan pengangkutan bahan peledak, foto pekerjaan *drilling*, foto pekerjaan *charging* dan *steaming*, foto pekerjaan *tie up* dan foto pekerjaan peledakan dengan standar keselamatan yang telah dibuat menjadi *checklist* dan memiliki pengalaman pada proyek dengan pekerjaan peledakan minimal 5 tahun. Untuk menambah keabsahan serta menjaga kredibilitas dalam pengisian kuisioner, maka dipilih 1 orang responden ahli dari lingkup proyek Bendungan Bener Purworejo dan 2 responden ahli dari luar proyek Bendung Bener Purworejo.

Selain itu, syarat pemilihan ahli oleh peneliti menurut Adler & Ziglio (1996), sekurang-kurangnya memenuhi empat kriteria;

1. Memiliki pengetahuan dan pengalaman tentang isu yang sedang diinvestigasi.
2. Mempunyai kapasitas dan kemauan yang tinggi untuk berpartisipasi.
3. Mempunyai waktu yang cukup untuk berpartisipasi dalam teknik Delphi.
4. Mempunyai kemampuan dalam teknik komunikasi.

#### **4.7 Sistematika Penelitian**

Untuk mendapatkan hasil yang baik, penelitian harus dilakukan secara sistematis dan terstruktur. Pelaksanaan penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahapan sebagai berikut.

##### **1. Studi Literatur**

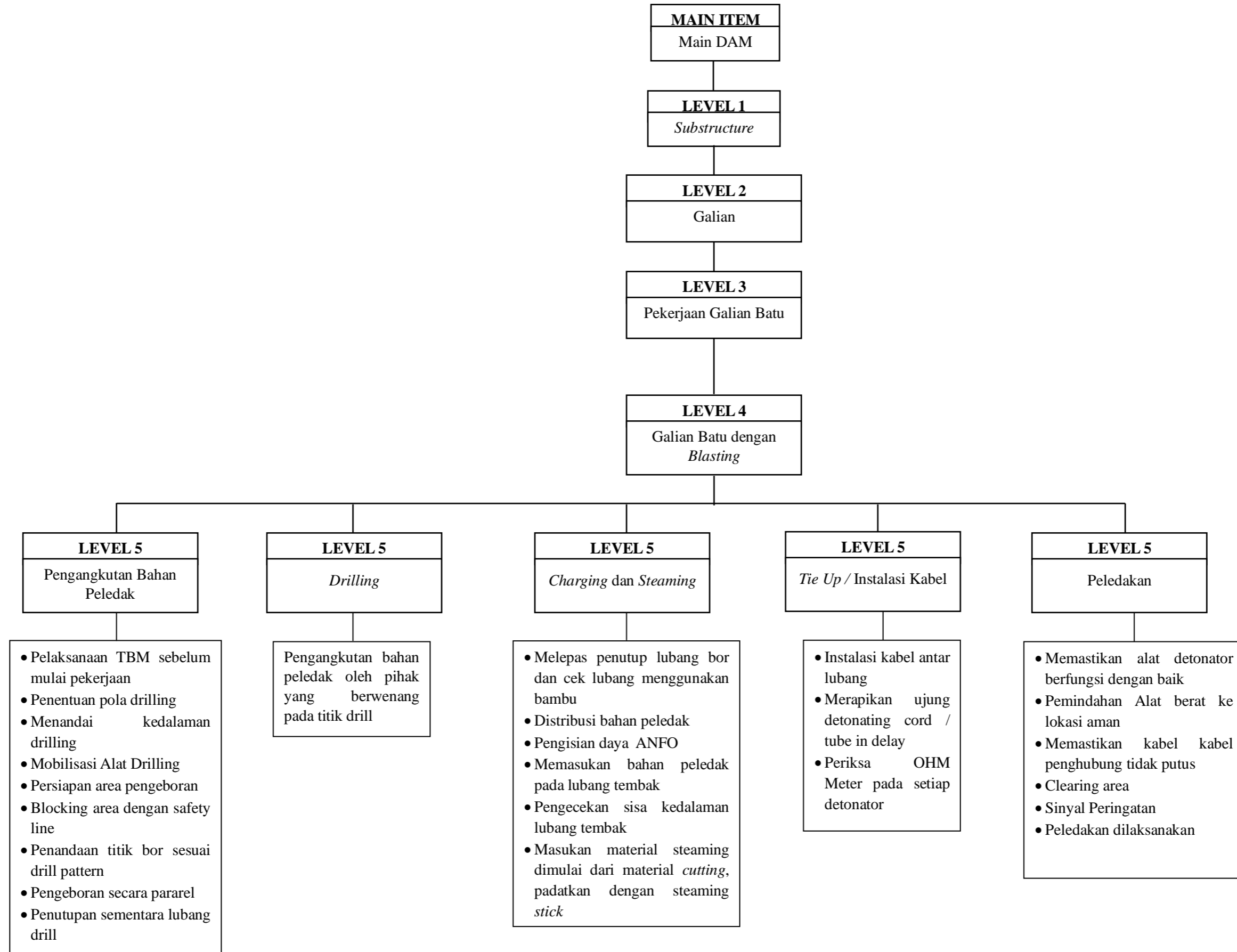
Studi penelitian atau studi literatur dilakukan sebelum memulai penelitian. Studi literatur guna memperdalam pemahaman tentang topik yang akan diteliti dengan membaca beberapa jurnal, materi kuliah, penelitian terdahulu yang meliputi konsep manajemen risiko proyek konstruksi khususnya keselamatan konstruksi, penggunaan Teknik Delphi, Theorema Bayes dan *Fuzzy Logic* dalam melakukan tahapan pengolahan dan analisis data, serta referensi yang berhubungan dengan topik penelitian.

##### **2. Menentukan Objek Penelitian**

Penentuan objek penelitian dilakukan dengan observasi lapangan serta identifikasi permasalahan yang akan diteliti. Bilamana kondisi di lapangan sesuai dengan topik yang akan diteliti, dilakukan proses perizinan terhadap pihak terkait.

##### **3. Pengumpulan Data**

Pengumpulan data berupa foto yang diambil secara langsung menggunakan kamera digital berlokasi di Proyek Pembangunan Bendung Bener Purworejo, hasil wawancara, dan data sekunder lainnya. Pengumpulan data dilakukan berdasarkan pada aktifitas pekerjaan yang telah tersusun dalam *work breakdown structure* (WBS) pekerjaan *blasting*. Adapun WBS pekerjaan *blasting* pada Gambar 4.2 sebagaiberikut.



Gambar 42 Work Breakdown Structure Pekerjaan Blasting

#### 4. Instrumen Penelitian

Menurut Sugiyono (2006) instrumen penelitian adalah suatu alat yang digunakan mengukur kejadian (variabel penelitian) alam maupun sosial yang diamati. Skala pengukuran menggunakan empat kriteria penilaian yang nantinya digunakan responden untuk menilai *checklist* berdasarkan foto konstruksi seperti pada tabel 4.1. Selanjutnya tabel isian kuesioner penilaian keamanan dapat dilihat pada tabel 4.2.

**Tabel 4. 1 Skala Probabilitas dan Dampak**

<b>Skala</b>	<b>Nilai</b>	<b>Keterangan</b>
1	0,00	Tidak Aman
2	0,33	Cenderung Tidak Aman
3	0,66	Cenderung Aman
4	1,00	Aman

Selain empat nilai kemungkinan, terdapat pilihan NA (*Not Available*) pada penilaian *score* tiap atribut *checklist* standar keselamatan. NA merupakan informasi yang tidak dapat diamati dari foto standar keselamatan akan tetapi diterapkan dilapangan. Berikut tabel *checklist* penilaian keamanan pelaksanaan pekerjaan *blasting* berdasarkan Modul Pelatihan Ahli Peledakan Pekerjaan Konstruksi Departemen Pekerjaan Umum Badan Pembinaan Konstruksi Dan Sumber Daya Manusia Pusat Pembinaan Kompetensi Dan Pelatihan Konstruksi, PP No. 50 Tahun 2012 tentang Penerapan SMK3, Kepmen nomor 1827.K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik, Juknis Nomor 309.K/30/DJB/2018 dan Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya.

## 5. Teknik Delphi

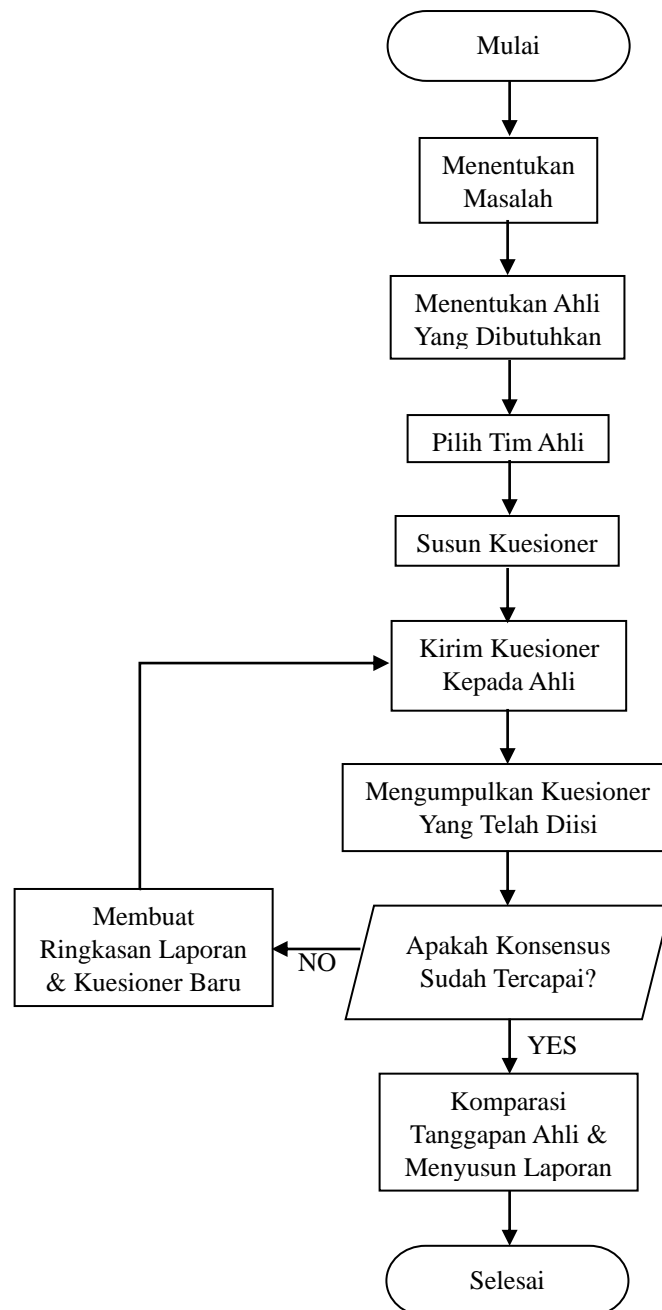
Menurut Sugiyono (2006) dalam Kartika (2019) uji validitas adalah suatu langkah pengujian yang dilakukan terhadap isi (*content*) dari suatu instrumen, dengan tujuan untuk mengukur ketepatan instrumen yang digunakan dalam suatu penelitian. Tahapan validitas data dengan teknik Delphi diawali dengan menentukan masalah yang akan diteliti, menentukan responden ahli yang telah dipilih sesuai dengan kriteria, penyusunan *checklist* standar keselamatan pekerjaan *blasting*, pengisian kuisisioner dan wawancara oleh responden ahli yang telah dipilih dan mengumpulkan hasil pengisian kuisisioner dan wawancara. Dari hasil pengisian kuisisioner dan wawancara, teknik Delphi digunakan untuk menentukan valid atau tidaknya data. Hasil tersebut dapat dikatakan valid jika hasil pengisian kuisisioner oleh responden ahli telah mencapai konsensus. Data belum dapat dikatakan valid jika belum mencapai konsensus. Belum tercapainya konsensus atau masih terdapat pengisian nilai variabel yang belum mencapai konsensus, maka dilanjutkan ke tahap selanjutnya atau iterasi 1. Teknik Delphi selesai jika hasil dari pengisian kuisisioner telah mencapai konsensus. Pada penelitian ini digunakan tiga responden ahli yang artinya konsensus dicapai bilamana ketiga responden telah mengisi *checklist* dengan hasil yang sama. Kriteria konsensus dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut.

**Tabel 4. 2 Kriteria Konsensus**

Kriteria	Score <i>Checklist</i> Responden		
	Responden 1	Responden 2	Responden 3
Konsensus	0	0	0
	3 Responden Semua Sama		
Belum Mencapai Konsensus	0	33	33
	0	33	0
	Hanya Berbeda 1 Tingkat Dalam 3 Reponden		
Belum Mencapai Konsensus	0	33	66
	3 Responden Semua Berbeda		



Pelaksanaan atau proses mencapai konsensus diawali dengan penentuan masalah yang selanjutnya dilakukan penentuan ahli yang dibutuhkan. Penyusunan kuesioner yang kemudian diberikan kepada beberapa ahli yang telah dipilih. Pengisian kuesioner dilakukan kepada beberapa ahli yang tidak saling bertemu atau tidak dalam satu ruangan yang sama. Setelah pengisian kuesioner selesai dilakukan komparasi antar responden, bilamana hasil pengisian sudah sama dari semua responden sesuai Tabel 4.2 maka kuesioner sudah mencapai konsensus atau kesepakatan. Bilamana terdapat hasil yang belum mencapai konsensus maka kuesioner dikembalikan lagi kepada para ahli yang sama untuk kembali ditinjau apakah jawaban sebelumnya ada perubahan atau tidak dengan memberikan sedikit penjelasan kembali terkait permasalahan yang ada. Proses pengisian kembali kuesioner tersebut disebut dengan iterasi atau putaran. Iterasi dilakukan kembali bilamana belum tercapai konsensus dan iterasi dinyatakan selesai apabila semua responden telah mencapai konsensus. Dalam proses teknik *Delphi* untuk menentukan sebuah konsensus atau kesepakatan responden, terdapat beberapa tahapan yang dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



**Gambar 4. 3 Langkah – langkah Teknik Delphi**

#### 6. Analisis Data

Setelah semua data yang diperlukan pada penelitian ini berupa *checklist* yang telah terisi sudah terkumpul dan sudah dilakukan uji validitas dengan teknik delphi maka dilanjutkan tahap pengolahan data dengan menggunakan Theorema Bayes. Analisis data terbagi menjadi beberapa tahap sebagai berikut.

1. Menggunakan data berupa foto konstruksi untuk menghitung seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan penilaian pada *checklist* keselamatan kerja pekerjaan *blasting*. Penilaian *score* dilakukan pada setiap atribut *checklist* standar keselamatan per foto konstruksi.

$$\text{Rumus} \rightarrow P(E | H) = \frac{e_1 + e_2 + \dots + e_n}{n}$$

Berikut ini merupakan contoh tabel penilaian responden untuk pekerjaan pengangkutan bahan peledak dengan menggunakan 1 foto konstruksi yang telah mencapai konsensus dengan teknik delphi:

**Tabel 4.3 Contoh Tabel Penilaian Responden untuk Pekerjaan *Blasting***

FOTO 1			
Cheklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN		
	1	2	3
1			
2			
3			
4			
5			

2. Berikut ini contoh tabel perhitungan  $P(E | H)$  dari penilaian responden untuk pekerjaan *blasting* dengan menggunakan 1 foto konstruksi.

**Tabel 4.4 Contoh Tabel Perhitungan  $P(E | H)$  dari Penilaian Responden untuk Pekerjaan *Blasting***

FOTO 1				Final Score P(E   H)
Cheklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN			
	1	2	3	
1				
2				
3				
4				
5				

3. Menggunakan hasil dari tahap kedua untuk menghitung seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* keselamatan kerja pekerjaan

*blasting*.  $P(E | H)$  yang digunakan untuk perkalian rumus  $P(E_{comb} | H)$  adalah  $P(E | H)$  disetiap atribut kolom Final Score  $P(E | H)$ .

Rumus  $\rightarrow P(E_{comb} | H) = P(E_1 | H) \times P(E_2 | H) \times P(E_3 | H) \times \dots \times P(E_n | H)$

4. Menggunakan hasil dari tahap kedua untuk mengetahui seberapa ketidakamanan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* keselamatan kerja pekerjaan *blasting*, setelah perhitungan tersebut lalu menghitung secara keseluruhan.

Rumus 1  $\rightarrow P(E | H') = 1 - P(E | H)$

Rumus 2  $\rightarrow P(E_{comb} | H') = P(E_1 | H') \times P(E_2 | H') \times P(E_3 | H') \times \dots \times P(E_n | H')$

Hasil perhitungan yang diperoleh dari rumus 1 selanjutnya dimasukkan ke rumus 2. Berikut ini contoh tabel perhitungan  $P(E | H')$  dari penilaian responden untuk pekerjaan *blasting* dengan menggunakan 1 foto konstruksi:

**Tabel 4.5 Contoh Tabel Perhitungan  $P(E | H')$**

FOTO 1				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Cheklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1					
2					
3					
4					
5					

5. Menghitung banyaknya kemungkinan dari pekerjaan aman.

Rumus  $\rightarrow P(H) = \frac{1}{\text{kemungkinan}^{(\text{evidence} + \text{safety score})}}$

6. Menghitung banyaknya kemungkinan dari pekerjaan tidak aman.

Rumus  $\rightarrow P(H') = \frac{\text{banyak kemungkinan skor selain aman}}{\text{kemungkinan}^{(\text{evidence} + \text{safety score})}}$

7. Menggunakan hasil dari tahap kedua sampai keenam untuk menghitung kemungkinan sebuah pekerjaan konstruksi yang aman digunakan berdasarkan pada informasi yang diperoleh dari foto.

Rumus  $\rightarrow P(H | E_{comb}) = \frac{\{P(E_{comb} | H) \times P(H)\}}{\{P(E_{comb} | H) \times P(H)\} + \{P(E_{comb} | H') \times P(H')\}}$

8. Setelah dilakukan analisis data dengan Theorema Bayes, penyajian hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel. Berikut contoh tabel hasil analisis data.

**Tabel 4. 6 Contoh Tabel Analisis Data**

Foto	$P(E_{\text{comb}}   H)$	$P(E_{\text{comb}}   H')$	$P(H)$	$P(H')$	$P(H   E_{\text{comb}})$
1					
2					
3					

#### 4.8 Fuzzy Logic

Penjelasan di bagian 4.7 menyatakan pendekatan Teorema Bayes telah digunakan untuk menghitung probabilitas suatu peristiwa jika peristiwa lain terjadi. Seperti yang dijelaskan pada bagian 4.7. Teorema Bayes tidak dapat menangani kebutuhan untuk memberikan arti suatu bilangan. Teori yang dapat mengatasi masalah tersebut adalah *Fuzzy Logic*. Ini akan dijelaskan secara singkat di bagian 4.8.1 dan contoh yang diberikan di bagian 4.8.2.

##### 4.8.1 Teori Fuzzy Logic

Dalam kehidupan sehari-hari, dunia nyata bukan hanya ya atau Tidak, benar atau salah, hitam atau putih. Makna sesuatu mungkin paling baik ditunjukkan oleh bayangan abu-abu, daripada hitam atau putih dari dikotomi sederhana. Sama seperti ada banyak nuansa abu-abu, demikian juga ada banyak gradasi makna yang berbeda di dunia nyata. Misalnya, proposisi "John tinggi" mungkin benar sampai tingkat tertentu : Sedikit Benar, Agak Benar, Cukup Benar, dan seterusnya, berbeda dengan proposisi "John tepat 150 sentimeter" yang mewakili proposisi yang benar atau salah. Istilah seperti "Sedikit", "Agak", "Cukup" disebut istilah *Fuzzy* dalam bahasa alami. Proposisi "John tinggi" memiliki derajat kebenaran yang disebut proposisi *Fuzzy*, sedangkan proposisi "John tepat 150 sentimeter" disebut proposisi klasik (Nugraheni, 2008).

Cara tradisional untuk mewakili objek mana yang merupakan elemen dari suatu himpunan adalah dalam istilah *characteristic function* (fungsi karakteristik). Jika suatu objek merupakan elemen dari suatu himpunan, maka fungsi

karakteristiknya adalah 1. Jika itu bukan elemen dari suatu himpunan, maka fungsi karakteristiknya adalah 0. Himpunan yang menerapkan ini disebut *crisp sets*. Jenis pemikiran ini disebut logika dua nilai atau bivalen, di mana benar atau salah adalah satu-satunya kemungkinan. Masalah dengan logika bivalen ini adalah bahwa dunia nyata hidup dalam analog. Ini adalah konsep dasar himpunan *fuzzy*. Derajat keanggotaan dalam himpunan fuzzy diukur dengan generalisasi dari fungsi karakteristik yang disebut *membership function* (fungsi keanggotaan). Fungsi keanggotaan ini didefinisikan sebagai:  $\mu_A(x) : X \rightarrow [0,1]$  menyatakan bahwa ia memetakan semua elemen  $X$  ke dalam kodomain bilangan real yang didefinisikan dalam interval dari 0 hingga 1 dan disimbolkan dengan  $[0,1]$ . Ini adalah bilangan *real*  $0 \leq \mu_A \leq 1$ , di mana 0 berarti tidak ada keanggotaan dan 1 berarti keanggotaan penuh dalam himpunan.

Meskipun sulit untuk menganggap suatu objek hanya sebagian dalam himpunan, cara lain adalah dengan mempertimbangkan fungsi keanggotaan sebagai mewakili derajat yang suatu objek memiliki beberapa atribut. Konsep derajat atribut ini berarti seberapa baik satu objek sesuai dengan beberapa atribut dan derajat ini diwakili oleh nilai tertentu seperti 0,5, yang disebut *grade of membership* (derajat keanggotaan).

Tergantung pada aplikasinya, fungsi keanggotaan dapat dibangun dari pendapat satu orang atau dari sekelompok orang. Secara intuitif, fungsi keanggotaan untuk suatu kelompok mungkin dipikirkan dalam bentuk jajak pendapat. Penting untuk disadari bahwa ini sebenarnya bukanlah distribusi frekuensi. Pendapat adalah kemungkinan atau tingkat kepercayaan karena mengekspresikan keyakinan pribadi. Kurva-S dari fungsi keanggotaan adalah fungsi matematika yang sering digunakan dalam himpunan *Fuzzy* sebagai fungsi keanggotaan. Dalam definisi ini  $\alpha, \beta$ , dan  $\gamma$  adalah parameter yang dapat disesuaikan agar sesuai dengan data keanggotaan yang diinginkan. Bergantung pada data keanggotaan yang diberikan, dimungkinkan untuk memberikan kecocokan yang tepat untuk beberapa nilai  $\alpha, \beta$ , dan  $\gamma$ , atau kecocokan mungkin hanya perkiraan. Kurva-S datar pada nilai 0 untuk  $x \leq \alpha$  dan pada 1 untuk  $x \geq \gamma$ . Di antara  $\alpha$  dan  $\gamma$  kurva-S adalah fungsi kuadrat dari  $x$ . Seperti yang ditunjukkan

pada gambar 4.2, parameter  $\beta$  sesuai dengan titik persilangan 0,5 dan atau  $(\alpha+\gamma)/2$ . Fungsi matematika untuk kurva-S didefinisikan sebagai berikut:

$$S(x; \alpha; \beta; \gamma) = \begin{cases} 0 & \text{for } x \leq \alpha \\ 2 \left( \frac{x-\alpha}{\gamma-\alpha} \right)^2 & \text{for } \alpha \leq x \leq \beta \\ 1 - 2 \left( \frac{x-\gamma}{\gamma-\alpha} \right)^2 & \text{for } \beta \leq x \leq \gamma \\ 1 & \text{for } x \geq \gamma \end{cases}$$

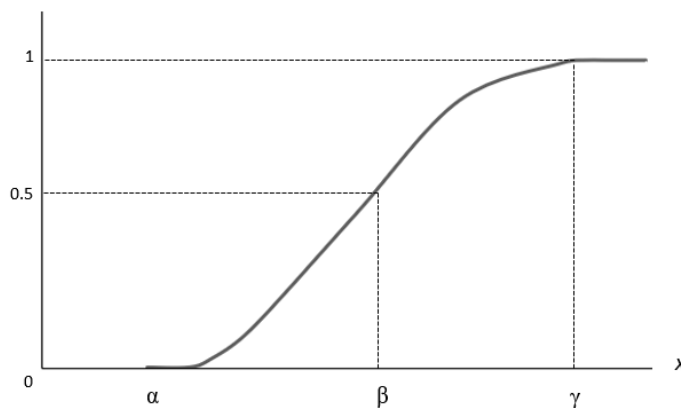
Dimana:

$\alpha$  adalah nilai minimum parameter,

$\beta$  adalah nilai dari titik persilangan fungsi keanggotaan, dan

$\gamma$  adalah nilai maksimum parameter.

Plot kurva-S untuk *membership function* (fungsi keanggotaan) ditunjukkan pada gambar 4.2.



**Gambar 4.4 Kurva-S Membership Function dalam Fuzzy Logic**

#### 4.8.2 Contoh Teori Fuzzy Logic

Mengacu pada contoh sebelumnya dari proposisi kabur "John tinggi" dan informasi tambahan menyatakan dia adalah seorang anak laki-laki berusia delapan tahun. Misalkan sekelompok orang diminta untuk menentukan nilai minimum untuk kata *tinggi* untuk anak laki-laki berusia delapan tahun. Mungkin Tidak ada

yang akan mengatakan seseorang yang tingginya kurang dari 130 sentimeter. Demikian juga semua orang mungkin akan mengatakan seseorang dengan tinggi 150 sentimeter ke atas. Di antara 130 sentimeter dan 150 sentimeter, persentase orang yang setuju tentang apa yang dimaksud dengan tinggi dianalogikan dengan kurva fungsi keanggotaan yang ditunjukkan pada Gambar 4.4. Untuk fungsi khusus ini, titik persilangan tinggi adalah 140 sentimeter di mana  $\mu = 0,5$ . Untuk fungsi keanggotaan "tinggi", fungsi-S menggunakan persamaan di atas adalah sebagai berikut:

$$S(x; 130; 140; 150) = \begin{cases} 0 & \text{for } x \leq \alpha \\ 2\left(\frac{x-130}{150-130}\right)^2 = \left(\frac{x-130}{200}\right)^2 & \text{for } \alpha \leq x \leq \beta \\ 1 - 2\left(\frac{x-150}{150-130}\right)^2 = 1 - \left(\frac{x-150}{200}\right)^2 & \text{for } \beta \leq x \leq \gamma \\ 1 & \text{for } x \geq \gamma \end{cases}$$

Contoh:

1. Paul memiliki tinggi 145 sentimeter. Berapa persen orang yang akan setuju bahwa Paulus tinggi? Nilai 145 berada di antara 140 dan 150, sehingga diberikan  $x = 145$  maka persentasenya adalah:

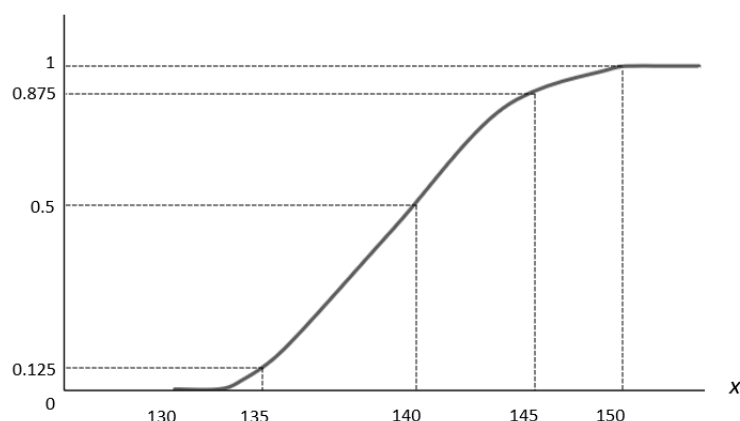
$$1 - \frac{(145-150)^2}{200} = 1 - \frac{(-5)^2}{200} = 0,875 = 87,5\%$$

2. Simon memiliki tinggi 135 sentimeter. Berapa persen orang yang akan setuju bahwa Simon tinggi? Nilai 135 adalah nilai antara 130 dan 140, sehingga diberikan  $x=135$  maka persentasenya adalah:

$$\frac{(135-130)^2}{200} = \frac{(5)^2}{200} = 0,125 = 12,5\%$$



Kurva-S untuk contoh di atas adalah sebagai berikut:



**Gambar 4.5 Contoh Kurva S**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa 87,5% akan setuju bahwa seseorang dengan tinggi 145 sentimeter diklasifikasikan sebagai "tinggi" dan 12,5% akan setuju bahwa seseorang dengan tinggi 135 sentimeter diklasifikasikan sebagai "tinggi". Untuk memberikan makna nilai 87,5% dan 12,5%, maka istilah fuzzy bahasa alami digunakan. Nilai 87,5% mendekati 100% sehingga dapat diklasifikasikan sebagai "kemungkinan besar tinggi". Nilai 12,5% jauh dari 100% sehingga dapat diklasifikasikan sebagai "*sedikit tinggi*". Istilah "kemungkinan besar" dan "sedikit" dapat diganti dengan istilah bahasa alami lainnya, seperti "sangat", "tidak", "semacam", dan sebagainya.

Penjelasan dan contoh Teorema Bayes dan teori logika fuzzy di bagian 4.7 dan 4.8 telah menunjukkan bahwa teori-teori ini dapat digunakan untuk memecahkan masalah yang terkait dengan *uncertainty* yang terungkap dari penyelidikan awal.

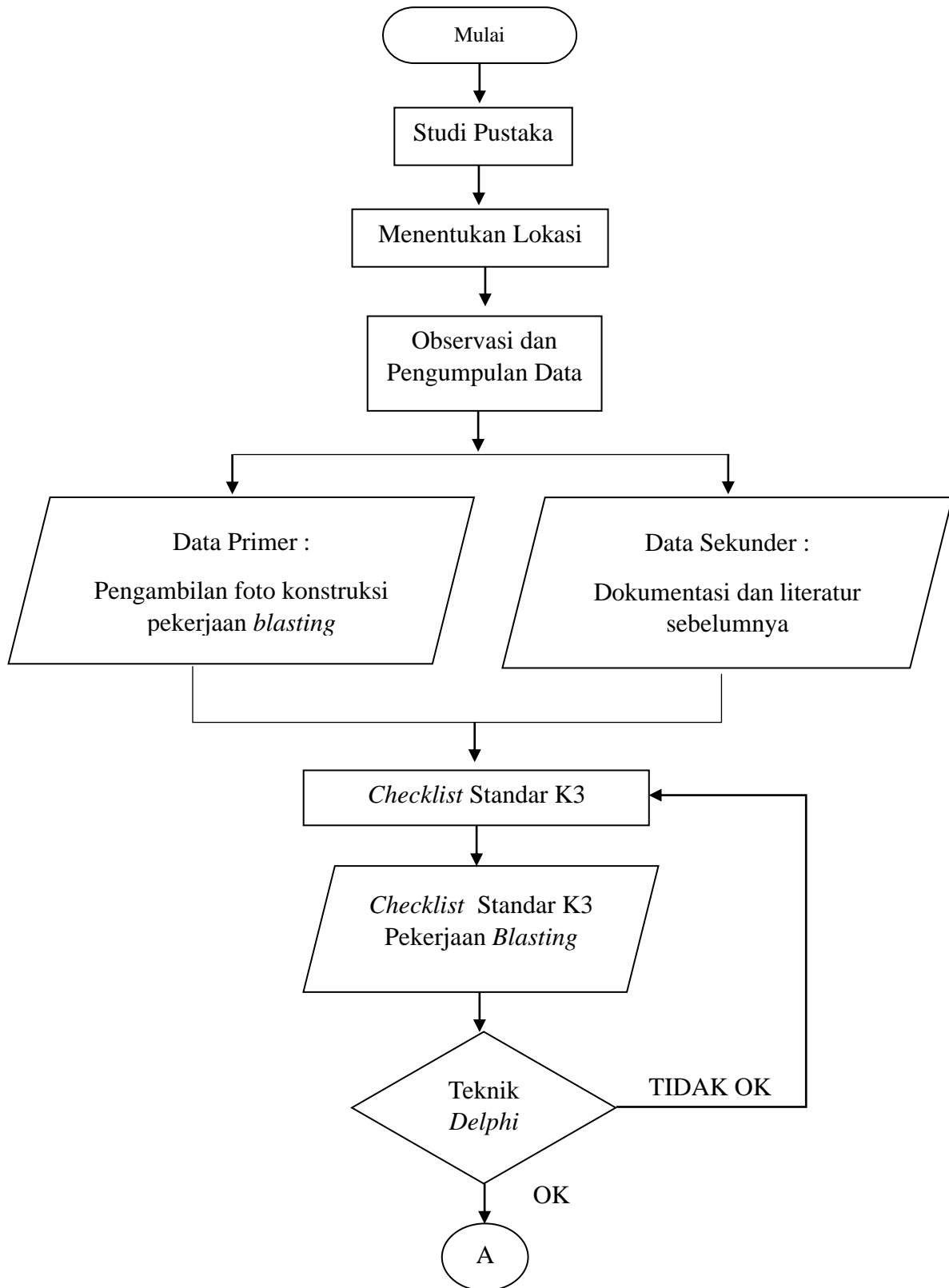
#### **4.9 Pembahasan**

Pembahasan dilakukan setelah semua proses analisis telah selesai. Hasil yang diperoleh dari proses analisis data akan dijabarkan dengan jelas dan berpedoman pada tujuan penelitian yang telah direncanakan sebelumnya.

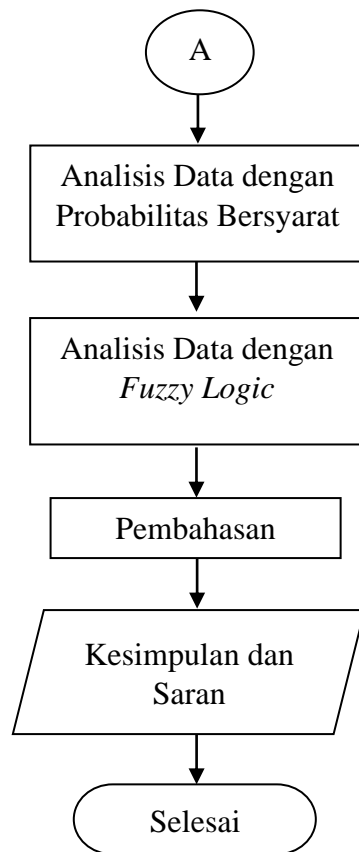
#### **4.10 Kesimpulan dan Saran**

Tahap terakhir dari penelitian ini adalah kesimpulan. Setelah didapatkan pembahasan yang terkait dengan tujuan penelitian, maka akan dapat ditarik kesimpulan dan saran dari penelitian yang dilakukan. kesimpulan juga harus menjawab dari tujuan penelitian, apabila kesimpulan belum menjawab dari tujuan penelitian maka penelitian tersebut belum selesai. Untuk lebih jelasnya *flow chart* yang menjelaskan tahap-tahap penelitian dan alur dari penelitian adalah sebagai berikut:

#### 4.11 Bagan Alir



**Gambar 4.6 Bagan Alir Penelitian**



**Lanjutan Gambar 4.6 Bagan Alir Penelitian**

## **BAB V**

### **DATA, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1 Analisis Data dengan Teknik Delphi**

Teknik delphi adalah sebuah teknik yang digunakan untuk penyatuan pendapat dari para ahli. Teknik delphi dilakukan dengan mengumpulkan data melalui wawancara dan pengisian kuesioner dari responden untuk membangun sebuah konsensus. Responden yang dimaksud adalah para ahli yang memenuhi kriteria – kriteria yang telah ditentukan. Teknik delphi dalam penelitian ini digunakan untuk mengukur ketepatan data berupa *checklist* standar keselamatan pekerjaan *Blasting* beserta foto konstruksi yang digunakan.

Pengisian *checklist* standar keselamatan pada penelitian ini dilakukan oleh 3 orang responden. Masing – masing responden memiliki sertifikat keahlian (SKA) K3 Konstruksi serta memiliki pengalaman pada proyek dengan pekerjaan peledakan minimal 5 tahun. Responden pertama yang dijadikan narasumber dalam pengisian kuesioner *checklist* standar keselamatan merupakan ahli K3 yang bertugas pada proyek Bendung Bener Purworejo pada pekerjaan *Blasting* dan dua responden lain yang dijadikan narasumber dalam pengisian kuesioner *checklist* standar keselamatan merupakan ahli K3 yang bertugas pada Proyek Pembangunan Sarana Pengendali Banjir Sungai Bogowonto Dan Anak Sungainya, dimana ketiga responden tersebut sebelumnya sudah berpengalaman lebih dari 5 tahun pada pekerjaan *Blasting*. Berikut *checklist* kegiatan dan standar keselamatan pekerjaan *blasting*.

**Tabel 5.1 Checklist Kegiatan dan Standar Keselamatan Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak**

No	Standar Keselamatan Indonesia	Score (%)					Keterangan
		NA	0	33	66	100	
1	<p>Pengangkutan bahan peledak menggunakan kendaraan khusus pengangkutan bahan peledak antara lain, rotary lamp berwarna merah, bendera merah, memiliki tulisan “awas bahan peledak” disisi sebelah kanan, kiri dan belakang, bak pengangkut bukan merupakan konduktor listrik (apabila merupakan konduktor listrik harus dilapisi bahan isolator dan dapat ditutup, detonator harus ditempatkan dalam wadah khusus yang bukan merupakan konduktor listrik dan terpisah satu sama lain, tersedia alat pemadam api ringan (APAR), serta alat atau kendaraan tidak digerakkan oleh listrik.</p> <p>(Juknis Nomor 309.K/30/DJB/2018)</p>						<p>NA : Di lapangan memenuhi persyaratan tapi tidak terlihat di foto</p> <p>0 : Tidak ada kendaraan khusus pengangkut bahan peledak</p> <p>33 : Sebagian kecil memenuhi persyaratan</p> <p>66 : Sebagian besar memenuhi persyaratan</p> <p>100 : Semua memenuhi persyaratan</p>
2	<p>Selama pengangkutan bahan peledak dari gudang ke lokasi peledakan, harus ada petugas keamanan dan personil peledakan yang ikut dalam perjalanan pengawalan, begitu juga sebaliknya jika terdapat bahan peledak sisa yang akan dikembalikan ke gudang bahan peledak dari lokasi peledakan dengan minimal tiga personil pengawalan.</p> <p>(Juknis Nomor 309.K/30/DJB/2018)</p>						<p>NA : Di lapangan memenuhi persyaratan tapi tidak terlihat di foto</p> <p>0 : Tidak ada petugas keamanan dan personil peledakan</p> <p>33 : Terdapat personil pengawalan (1 orang pengawal)</p> <p>66 : Terdapat personil pengawalan (2 orang pengawal)</p> <p>100 : Terdapat personil pengawalan (3 orang pengawal)</p>

**Lanjutan Tabel 5.1 Checklist Kegiatan dan Standar Keselamatan Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak**

No	Standar Keselamatan Indonesia	Score (%)					Keterangan
		NA	0	33	66	100	
3	<i>Rotaru lamp</i> dan lampu bahaya pada unit pengangkutan harus senantiasa dinyalakan selama pengangkutan bahan peledak (Juknis Nomor 309.K/30/DJB/2018)						NA : Di lapangan memenuhi persyaratan tapi tidak terlihat di foto 0 : Tidak terdapat <i>rotary lamp</i> 33 : Terdapat <i>rotary lamp</i> tetapi tidak dinyalakan 66 : Terdapat <i>rotary lamp</i> menyala tetapi tidak sampai di lokasi pengangkutan 100 : Semua memenuhi persyaratan
4	Unit pengawalan bahan peledak harus berada pada posisi di depan unit pengangkutan dengan jarak yang telah disesuaikan untuk pengamanan dan harus menyalakan sirine, <i>rotary lamp</i> , lampu depan dan lampu bahaya. (Juknis Nomor 309.K/30/DJB/2018)						NA : Di lapangan memenuhi persyaratan tapi tidak terlihat di foto 0 : Tidak terdapat unit pengawalan 33 : Sebagian kecil (33%) persyaratan terpenuhi 66 : Sebagian kecil (66%) persyaratan terpenuhi 100 : Semua memenuhi persyaratan
5	Selama kegiatan berlangsung dilarang : merokok, menyalakan api, bercanda, menyalakan alat komunikasi HT atau HP dan melakukan tindakan yang dapat membahayakan keselamatan diri sendiri ataupun orang lain (Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya)						NA : Di lapangan memenuhi persyaratan tapi tidak terlihat di foto 0 : Semua petugas merokok, menyalakan api, bercanda dan melakukan tindakan yang dapat membahayakan 33 : Sebagian besar petugas bertindak membahayakan 66 : Sebagian kecil petugas bertindak membahayakan 100 : Tidak ada petugas yang bertindak membahayakan

**Lanjutan Tabel 5.1 Checklist Kegiatan dan Standar Keselamatan Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak**

No	Standar Keselamatan Indonesia	Score (%)					Keterangan
		NA	0	33	66	100	
6	Distribusikan bahan peledak dynamit, detonator, dan ammonimntrate fuel oil (ANFO) di dekat lubang ledak. (Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya)						NA : Bahan peledak didistribusikan didekat lubang ledak tapi tidak terlihat difoto 0 : Bahan peledak didistribusikan jauh dari lubang ledak 33 : Sebagian kecil bahan peledak didistribusikan didekat lubang ledak 66 : Sebagian besar bahan peledak didistribusikan didekat lubang ledak 100 : Semua bahan peledak didistribusikan didekat lubang ledak



**Tabel 5.2 Checklist Kegiatan dan Standar Keselamatan Pekerjaan *Drilling***

No	Standar Keselamatan Indonesia	Score (%)					Keterangan
		NA	0	33	66	100	
1.	Pemeriksaan lubang bor yang akan digunakan sebagai wadah memasukkan bahan peledak berikut dengan detonatornya harus diperiksa oleh <i>Drill &amp; Blasting Foreman</i> , jarak lubang, kedalaman lubang dan jumlah lubang sesuai dengan yang dibutuhkan. (Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya)						NA :Dilapangan dilakukan pemeriksaan lubang tetapi tidak terlihat difoto 0 : Tidak dilakukan pemeriksaan disemua lubang 33 : Sebagian kecil lubang diperiksa 66 : Sebagian besar lubang diperiksa 100 : Semua lokasi diperiksa oleh Drill & Blasting Foreman
2.	Pekerja pelaksanaan <i>drilling</i> dilengkapi dengan APD (Alat Pelindung Diri) yang dipersyaratkan: Helm, <i>Safety shoes</i> , <i>safety glasses</i> , sarung tangan, masker debu dan <i>ear plug</i> . (PP No. 50 Tahun 2012)						NA :Di lapangan digunakan <i>safety tool</i> tapi tidak terlihat di foto 0 : Tidak ad pekerja difoto menggunakan <i>safety toolnya</i> lengkap 33 : Sebagian (33%) pekerja yang <i>safety toolnya</i> lengkap 66 : Sebagian (66%) pekerja yang <i>safety toolnya</i> lengkap 100 : Semua pekerja <i>safety toolnya</i> lengkap
3.	Sebelum dilaksanakan <i>drilling</i> , dilakukan instalasi <i>safety line</i> untuk menghindari orang selain petugas memasuki lokasi. (Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya)						NA : Di lapangan dilakukan instalasi <i>safety line</i> tetapi tidak terlihat difoto 0 : Tidak ada pemasangan <i>safety line</i> 33 : Sebagian (33%) dari lokasi dipasang <i>safety line</i> 66 : Sebagian (66%) dari lokasi dipasang <i>safety line</i> 100 : Semua lokasi dipasang <i>safety line</i>

**Lanjutan Tabel 5.2 Checklist Kegiatan dan Standar Keselamatan Pekerjaan Drilling**

No	Standar Keselamatan Indonesia	Score (%)					Keterangan
		NA	0	33	66	100	
4.	Tidak ada pekerja disekitar <i>drilling machine</i> ( jarak >5m). (Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya)						NA : Tidak terdapat orang disekitar <i>drilling machine</i> tapi tidak terlihat difoto 0 : Semua pekerja didekat <i>drilling machine</i> 33 : sebagian kecil pekerja tidak berada di dekat <i>drilling machine</i> 66 : sebagian besar pekerja tidak berada di dekat <i>drilling machine</i> 100 : Tidak terdapat pekerja disekitar <i>drilling machine</i>
5.	Pastikan kedalaman bor sesuai dan mengukur kedalaman bor dengan tongkat ukur ( <i>stick steaming</i> ) atau alat penunjang lain yang dapat digunakan. (Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya)						NA :Terdapat pemeriksaan lubang tetapi tidak terlihat difoto 0 : Tidak dilakukan pemeriksaan lubang dengan <i>tongkat steaming</i> 33 : Sebagian kecil lubang diperiksa 66 : Sebagian besar lubang diperiksa 100 : Semua lubang diperiksa dengan <i>stick steaming</i>

**Tabel 5.3 Checklist Kegiatan dan Standar Keselamatan Pekerjaan *Charging* dan *Steaming***

No	Standar Keselamatan Indonesia	Score (%)					Keterangan
		NA	0	33	66	100	
1.	Selama kegiatan berlangsung dilarang : merokok, menyalakan api, bercanda, menyalakan alat komunikasi seperti HT atau HP dan melakukan tindakan yang dapat membahayakan keselamatan diri sendiri ataupun orang lain. (Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya)						NA : Di lapangan memenuhi persyaratan tapi tidak terlihat di foto 0 : Semua petugas merokok, menyalakan api, bercanda dan melakukan tindakan yang dapat membahayakan 33 :Sebagian besar petugas bertindak membahayakan 66 :Sebagian kecil petugas bertindak membahayakan 100 :Tidak ada petugas yang bertindak membahayakan
2.	Pekerja pelaksanaan <i>charging</i> dilengkapi dengan APD (Alat Pelindung Diri) yang dipersyaratkan: Helm, <i>Safety shoes</i> , <i>safety glasses</i> , sarung tangan, dan masker debu. (PP No. 50 Tahun 2012)						NA :Di lapangan digunakan <i>safety tool</i> tapi tidak terlihat di foto 0 : Tidak ad pekerja difoto menggunakan <i>safety toolnya</i> lengkap 33 : Sebagian (33%) pekerja yang <i>safety toolnya</i> lengkap 66 : Sebagian (66%) pekerja yang <i>safety toolnya</i> lengkap 100 : Semua pekerja <i>safety toolnya</i> lengkap
3.	Pastikan lokasi kerja telah aman dari setiap kendaraan maupun alat berat. Keterangan : lokasi kerja steril dari alat berat dan kendaraan dengan minimal radius >15m (Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya)						NA :Di lapangan tidak terdapat kendaraan dan alat berat tapi tidak terlihat di foto 0 : Terdapat kendaraan atau alat berat di lokasi kerja dengan jarak <5 33 : Terdapat kendaraan atau alat berat di lokasi kerja dengan jarak 5-10m 66 : Terdapat kendaraan atau alat berat di lokasi kerja dengan jarak 10-15m

Lanjutan Tabel 5.3 *Checklist* Kegiatan dan Standar Keselamatan Pekerjaan *Charging* dan *Steaming*

No	Standar Keselamatan Indonesia	Score (%)					Keterangan
		NA	0	33	66	100	
							100 : Di lapangan tidak terdapat kendaraan atau alat berat
4.	<i>Charging</i> dilaksanakan saat cuaca cerah dan tidak ada petir. (Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya)						NA :Di lapangan <i>charging</i> dilaksanakan saat cuaca cerah tapi tidak terlihat di foto 0 : <i>Charging</i> dilaksanakan saat cuaca tidak cerah dan ada petir 33 : sebagian (33%) cuaca cerah dan tidak ada petir 66 : sebagian (66%) cuaca cerah dan tidak ada petir 100 : <i>Charging</i> dilaksanakan saat cuaca cerah dan tidak ada petir
5.	Gunakan tongkat ukur untuk mengetahui sisa kolom penyumbatan. Keterangan : tongkat ukur yang digunakan harus lebih panjang dari kedalaman kolom penyumbatan. (Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya)						NA :Di lapangan tongkat ukur sesuai persyaratan tapi tidak terlihat di foto 0 : lubang tidak diukur dengan tongkat ukur 33 : Panjang tongkat ukur yang masuk lubang kurang dari kedalaman kolom penyumbatan 66 : Panjang tongkat ukur sama dengan kedalaman kolom penyumbatan 100 : Panjang tongkat ukur sesuai persyaratan
6.	Proses <i>charging</i> turut diawasi oleh pihak berwajib pihak kepolisian (Jumlah Polisi yang mengawasi setidaknya 3 orang) (Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya)						NA : Di lapangan turut diawasi pihak kepolisian tapi tidak terlihat difoto 0 : tidak ada pihak kepolisian yang mengawasi 33 : sebagian kecil (1 anggota kepolisian) turut mengawasi proses <i>charging</i> 66 : sebagian besar (2 anggota kepolisian) turut mengawasi proses <i>charging</i>

**Lanjutan Tabel 5.3 Checklist Kegiatan dan Standar Keselamatan Pekerjaan *Charging dan Steaming***

No	Standar Keselamatan Indonesia	Score (%)					Keterangan
		NA	0	33	66	100	
							100 : Pihak kepolisian turut mengawasi proses <i>charging</i> ( 3 atau lebih jumlah polisi)
7.	Pemberian tanda berupa pita pada setiap lubang sebagai penanda lubang kering dan lubang basah serta diberikan tanda status ketinggian air dan kedalaman lubang. (Juknis Nomor 309.K/30/DJB/2018)						NA : Di lapangan semua lubang terpasang pita penanda tapi tidak terlihat di foto 0 : Tidak ada lubang yang diberikan pita penanda 33 : sebagian (33%) lubang yang diberikan pita penanda 66 : sebagian (33%) lubang yang diberikan pita penanda 100 : Semua lubang diberi pita penanda
8.	Jika terdapat air di dalam lubang, bahan peledak terutama untuk AN / FO harus dikemas dengan plastik kemudian ujung plastik diikat kuat. (Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya)						NA : Di lapangan semua lubang yang terdapat air, bahan peledak dikemas dengan plastik tapi tidak terlihat difoto 0 : Semua bahan peledak di lubang yang terdapat air tidak dikemas dengan plastik 33 : Sebagian (33%) bahan peledak di lubang yang terdapat air dikemas dengan plastik 66 : Sebagian (66%) bahan peledak di lubang yang terdapat air dikemas dengan plastik 100 : Semua bahan peledak di lubang yang terdapat air dikemas dengan plastik

Lanjutan Tabel 5.3 *Checklist Kegiatan dan Standar Keselamatan Pekerjaan Charging dan Steaming*

No	Standar Keselamatan Indonesia	Score (%)					Keterangan
		NA	0	33	66	100	
9.	Proses <i>steaming</i> dengan memasukkan material keras yang dipadatkan ke dalam lubang ledak menggunakan <i>stick</i> dan memastikan ujung <i>in hole delay</i> tidak masuk. (Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya)						<p>NA :Di lapangan semua lubang sudah dilakukan proses <i>steaming</i> tapi tidak terlihat di foto</p> <p>0 : tidak ada lubang yang dilakukan proses <i>steaming</i></p> <p>33 : sebagian (33%) lubang dilakukan proses <i>steaming</i></p> <p>66 : sebagian (66%) lubang dilakukan proses <i>steaming</i></p> <p>100: Semua lubang sudah dilakukan proses <i>steaming</i></p>
10.	Jika terdapat sisa bahan peledak yang tidak digunakan harus dikembalikan ke dalam gudang bahan peledak. (Juknis Nomor 309.K/30/DJB/2018)						<p>NA :Di lapangan semua bahan tersisa dibawa kembali ke gudang bahan peledak / bahan habis di tempat tapi tidak terlihat difoto</p> <p>0 : Semua bahan tersisa tidak dibawa ke gudang bahan peledak</p> <p>33 : Sebagian (33%) dari bahan yang tersisa dibawa ke gudang bahan peledak</p> <p>66 : Sebagian (66%) dari bahan yang tersisa dibawa ke gudang bahan peledak</p> <p>100 : Semua bahan tersisa dibawa ke gudang bahan peledak atau semua bahan habis ditempat</p>

**Tabel 5. 4 Checklist Kegiatan dan Standar Keselamatan Pekerjaan *Tie Up***

No	Standar Keselamatan Indonesia	Score (%)					Keterangan
		NA	0	33	66	100	
1.	Ujung <i>Det-cord/Tube In Hole Delay</i> / kabel Elektrik Detonator dirapihkan (tidak terlilit) untuk memudahkan pelaksanaan perangkaian ( <i>Tie up</i> ). (Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya)						NA : Di lapangan kabel elektrik detonator terpasang rapih (tidak terlilit) tapi tidak terlihat di foto 0 : Semua kabel elektrik detonator terpasang tidak rapih (terlilit) 33 :Sebagian (33%) kabel elektrik detonator terpasang rapih ( tidak terlilit) 66 :Sebagian (66%) kabel elektrik detonator terpasang rapih ( tidak terlilit) 100 : Semua kabel elektrik detonator terpasang rapih (tidak terlilit)
2.	Dilakukan pemeriksaan rangkaian sambungan tersambung sempurna (dengan isolator atau isolasi secara sempurna). (Juknis Nomor 309.K/30/DJB/2018)						NA : Di lapangan semua sambungan tersambung sudah terisolasi tapi tidak terlihat difoto 0 : semua sambungan tersambung tidak terisolasi 33 : Sebagian (33%) sambungan terisolasi 66 : Sebagian (66%) sambungan terisolasi 100 : semua sambungan sudah terisolasi
3.	Dilakukan pemeriksaan dengan alat ohm meter disetiap detonator kabel listrik dan kabel primer (Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya)						NA : Di lapangan semua detonator dan kabel primer dilakukan pemeriksaan tapi tidak terlihat difoto 0 : tidak dilakukan pemeriksaan disemua detonator 33 : Sebagian kecil (33%) dilakukan pemeriksaan disemua detonator 66 :Sebagian besar (66%) dilakukan pemeriksaan disemua detonator 100 : dilakukan pemeriksaan disemua detonator

**Lanjutan Tabel 5.4 Checklist Kegiatan dan Standar Keselamatan Pekerjaan Tie Up**

No	Standar Keselamatan Indonesia	Score (%)					Keterangan
		NA	0	33	66	100	
4.	Panjang kabel yang digunakan harus mencukupi sampai ke shelter minimum 300m. (Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya)						NA : Di lapangan kabel yang digunakan mencukupi tapi tidak terlihat di foto 0 : Semua kabel yang digunakan tidak mencukupi 33 : Kabel yang digunakan tidak mencukupi dan disambung sebanyak lebih dari satu kali 66 : Kabel yang digunakan tidak mencukupi dan disambung sebanyak satu kali 100 : Semua kabel yang digunakan mencukupi
5.	Detonator dipasang setelah semua manusia dan alat mekanis sudah berada pada radius aman. (Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya)						NA : Di lapangan sudah sesuai syarat tapi tidak terlihat difoto 0 : Detonator dipasang sebelum semua manusia dan alat mekanis berada pada radius aman 33 : Detonator dipasang saat sebagian (33%) alat dan manusia masih berada di lokasi 66 : Detonator dipasang saat sebagian (66%) alat dan manusia masih berada di lokasi 100 : Detonator dipasang setelah semua manusia dan alat mekanis sudah berada pada radius aman
6.	Selama kegiatan berlangsung dilarang : merokok, menyalakan api, bercanda, menyalakan alat komunikasi seperti HT atau HP dan melakukan tindakan yang dapat membahayakan keselamatan diri sendiri ataupun orang lain. (Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya)						NA : Di lapangan memenuhi persyaratan tapi tidak terlihat di foto 0 : Semua petugas merokok, menyalakan api, bercanda dan melakukan tindakan yang dapat membahayakan 33 : Sebagian besar petugas bertindak membahayakan 66 : Sebagian kecil petugas bertindak membahayakan



**Lanjutan Tabel 5.4 Checklist Kegiatan dan Standar Keselamatan Pekerjaan Tie Up**

No	Standar Keselamatan Indonesia	Score (%)					Keterangan
		NA	0	33	66	100	
							100 :Tidak ada petugas yang bertindak membahayakan

**Tabel 5.5 Checklist Kegiatan dan Standar Keselamatan Pekerjaan Peledakan**

No	Standar Keselamatan Indonesia	Score (%)					Keterangan
		NA	0	33	66	100	
1.	Pelaksanaan peledakan turut didampingi oleh pihak kepolisian. (Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya)						NA : Semua proses peledakan didampingi pihak kepolisian tapi tidak terlihat difoto 0 : Semua proses peledakan tidak didampingi pihak kepolisian 33 : Sebagian kecil proses peledakan didampingi pihak kepolisian 66 : Sebagian besar proses peledakan didampingi pihak kepolisian 100 : Semua proses peledakan didampingi pihak kepolisian
2.	Juru Ledak harus memastikan area peledakan dalam kondisi steril dari manusia, kendaraan dan alat berat. (Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya)						NA : Semua area dalam kondisi steril tapi tidak terlihat difoto 0 : Semua area dalam kondisi tidak steril 33 : Sebagian kecil area dalam kondisi steril 66 : Sebagian besar area dalam kondisi steril 100 : Semua area dalam kondisi steril
3.	Barikade harus ditempatkan di jalan akses untuk memastikan tidak ada orang masuk ke area peledakan. (Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya)						NA : Di lapangan semua jalan akses dibarikade tapi tidak terlihat difoto 0 : Tidak ada jalan akses yang dibarikade 33 : Sebagian (33%) jalan akses dibarikade 66 : Sebagian (66%) jalan akses dibarikade 100 : Semua jalan akses dibarikade

**Lanjutan Tabel 5.5 Checklist Kegiatan dan Standar Keselamatan Pekerjaan Peledakan**

No	Standar Keselamatan Indonesia	Score (%)					Keterangan
		NA	0	33	66	100	
4.	Evakuasi alat atau pemindahan alat berat disekitar lokasi peledakan dengan jarak >500m dan Evakuasi semua orang keluar dari zona peledakan dengan jarak >800m (Kepmen nomor 1827.K/30/MEM/2018)						NA : Di lapangan semua alat dan manusia keluar dari zona peledakan tapi tidak terlihat difoto 0 : Semua alat dan manusia ada di zona peledakan 33 : Sebagian besar alat dan manusia berada di zona peledakan 66 : Sebagian kecil alat dan manusia berada di zona peledakan 100 : Semua alat dan manusia keluar dari zona peledakan
5.	Semua jalan masuk menuju lokasi diberi pintu atau rumah jaga (Juknis Nomor 309.K/30/DJB/2018)						NA : Di lapangan semua jalan masuk menuju lokasi diberi pintu tapi tidak terlihat difoto 0 : semua jalan masuk menuju lokasi tidak diberi pintu 33 : Sebagian kecil jalan masuk menuju lokasi diberi pintu 66 : Sebagian besar jalan masuk menuju lokasi diberi pintu 100 : Semua jalan masuk menuju lokasi diberi pintu
6.	Pemasangan bendera pemblokiran 2 radius, yaitu bendera warna kuning dengan radius 300m jarak aman bagi unit atau alat berat, dan bendera warna hijau dan merah dengan radius 500m jarak aman bagi manusia. (Juknis Nomor 309.K/30/DJB/2018)						NA : Di lapangan semua bendera terpasang tapi tidak terlihat difoto 0 : Tidak ada pemasangan bendera pemblokiran 33 : Sebagian (33%) bendera pemblokiran terpasang 66 : Sebagian (66%) bendera pemblokiran terpasang 100 : Semua bendera pemblokiran terpasang

**Lanjutan Tabel 5.5 Checklist Kegiatan dan Standar Keselamatan Pekerjaan Peledakan**

No	Standar Keselamatan Indonesia	Score (%)					Keterangan
		NA	0	33	66	100	
7.	Letak <i>shelter</i> dalam minimal 500m dan tidak berada diposisi <i>free face</i> peledakan untuk menghindari <i>flying rock/boulder</i> . (Manual SMK3 PT. Brantas Abipraya)						NA : Di lapangan letak <i>shelter</i> sesuai persyaratan tapi tidak terlihat difoto 0 : Letak <i>shelter</i> tidak sesuai persyaratan 33 : sebagian (33%) persyaratan <i>shelter</i> terpenuhi 66 : sebagian (66%) persyaratan <i>shelter</i> terpenuhi 100 : <i>Shelter</i> sesuai persyaratan
8.	Tersedia alat sirine yang akan digunakan sebagai sinyal peringatan dan pemberitahuan akan dilaksanakannya peledakan. (Juknis Nomor 309.K/30/DJB/2018)						NA : Di lapangan tersedia alat sirine tapi tidak terlihat difoto 0 : Tidak tersedia alat sirine 33 : Sebagian kecil tersedia sirine 66 : Sebagian besar tersedia sirine 100 : Tersedia alat sirine yang memadai
9.	setelah peledakan terlaksana, maka Blaster harus melakukan pemeriksaan lokasi peledakan terhadap kemungkinan terjadinya gagal meledak ( <i>misfire</i> ). (Juknis Nomor 309.K/30/DJB/2018)						NA : Di lapangan dilaksanakan pemeriksaan pasca peledakan tapi tidak terlihat difoto 0 : Tidak dilakukan pemeriksaan pasca peledakan 33 : Sebagian kecil lokasi diperiksa pasca peledakan 66 : Sebagian besar lokasi diperiksa pasca peledakan 100 : Semua lokasi diperiksa pasca peledakan

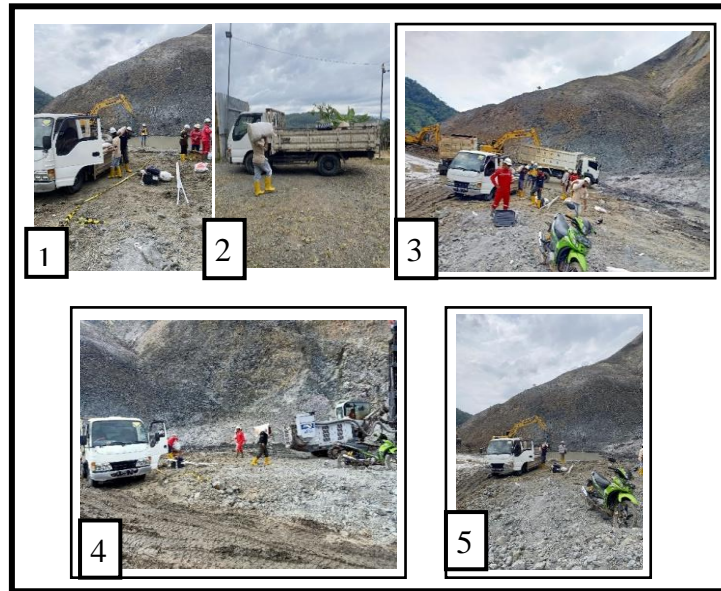
Teknik Delphi pada penelitian ini dilakukan beberapa iterasi sehingga tercapai sebuah konsensus. Konsensus pada penelitian ini adalah kesamaan nilai pada pengisian *checklist* standar keselamatan dari ketiga orang responden. Konsensus belum dapat dicapai bila dari ketiga responden masih terdapat perbedaan pada pengisian *checklist* standar keselamatan (<75%). Kriteria konsensus dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

**Tabel 5. 6 Kriteria Konsensus**

Kriteria	Score <i>Checklist</i> Responden		
	Responden 1	Responden 2	Responden 3
Konsensus	0	0	0
	3 Responden Semua Sama (100%)		
Belum Mencapai Konsensus	0	33	33
	0	33	0
	Hanya Berbeda 1 Tingkat Dalam 3 Reponden (66%)		
Belum Mencapai Konsensus	0	33	66
	3 Responden Semua Berbeda (0%)		

#### 5.5.1 Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak

Pengisian *checklist* standar pelaksanaan pekerjaan pengangkutan bahan peledak oleh 3 responden ahli berdasarkan data foto pekerjaan pengangkutan bahan peledak sebanyak 5 foto. Berikut ini data 5 foto pekerjaan pengangkutan bahan peledak:



**Gambar 5. 1 Foto Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak**

## 1. Tahap I

Tahap I wawancara dan pengisian kuesioner oleh ketiga responden dilakukan pada tanggal 22 Juni 2023. Berikut tabulasi kompilasi hasil analisa teknik Delphi tahap I wawancara pengisian *checklist* standar pelaksanaan pekerjaan pengangkutan bahan peledak dengan menggunakan 5 foto pekerjaan pengangkutan bahan peledak pada Tabel 5.7.

**Tabel 5. 7 Hasil Tahap I Checklist Standar Pelaksanaan Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak**

Responden 1							Responden 2							Responden 3						
Foto	Checklist						Foto	Checklist						Foto	Checklist					
	X1	X 2	X3	X4	X5	X6		X1	X 2	X3	X4	X5	X6		X1	X 2	X3	X4	X5	X6
1	0,33	1	0	0,66	1	0,66	1	0	1	0	0,66	1	0,66	1	0,33	1	0	0,66	1	0,66
2	0,33	NA	0	0,66	1	NA	2	0,33	NA	0	0,66	1	NA	2	0,33	0,33	0	0,66	1	NA
3	0,33	1	0	0,66	1	1	3	0,33	1	0	0,66	1	1	3	0,33	1	0	0,66	1	1
4	0,33	1	0	0,66	1	1	4	0,33	1	0	0,66	1	1	4	0,33	1	0	0,66	1	1
5	0,33	NA	0	0,66	1	1	5	0,33	NA	0	0,66	1	1	5	0,33	NA	0	0,66	1	1

Dari hasil ke-6 variabel *checklist* standar pelaksanaan pekerjaan pengangkutan bahan peledak, masih terdapat komponen yang belum mencapai kesepakatan, sehingga perlu dilanjutkan ke tahap II.

## 2. Tahap II

Delphi tahap II dilakukan pada tanggal 12 juli 2023 terhadap variabel yang belum tercapai kesepakatan (konsensus) dalam Delphi tahap I. Hasil analisa teknik Delphi Tahap I dari para responden akan dikonfirmasi (Delphi tahap II) lagi kepada responden yang sama. Terdapat variabel yang belum mencapai kesepakatan (konsensus) antar responden sehingga perlu dilakukan analisa

teknik Delphi Tahap II (iterasi I). Hasil kompilasi analisa Delphi Tahap II pekerjaan pengangkutan bahan peledak disajikan pada Tabel 5.8 berikut.

**Tabel 5. 8 Hasil Eksplorasi Delphi Tahap II Pengangkutan Bahan Peledak**

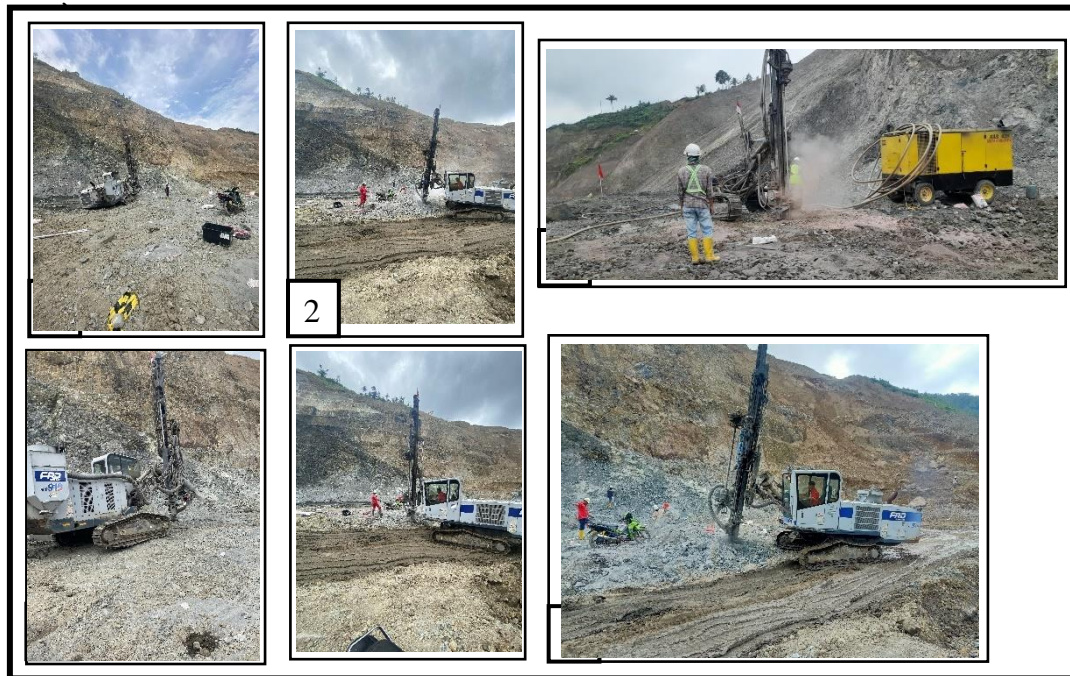
Responden 1							Responden 2							Responden 3						
Foto	Checklist						Foto	Checklist						Foto	Checklist					
	X1	X 2	X3	X4	X5	X6		X1	X 2	X3	X4	X5	X6		X1	X 2	X3	X4	X5	X6
1	0,33	1	0	0,66	1	0,66	1	0,33	1	0	0,66	1	0,66	1	0,33	1	0	0,66	1	0,66
2	0,33	NA	0	0,66	1	NA	2	0,33	NA	0	0,66	1	NA	2	0,33	NA	0	0,66	1	NA

Berdasarkan hasil iterasi I tersebut didapatkan konsensus, dimana ke-6 variabel *checklist* telah memiliki kesamaan atau kesepakatan dalam wawancara dan pengisian kuesioner. Tercapainya konsensus pada wawancara dan pengisian kuesioner ini, maka data pengisian *checklist* standar keselamatan pekerjaan pengangkutan bahan peledak telah valid.



### 5.5.2 Pekerjaan *Drilling*

Pengisian *checklist* standar pelaksanaan pekerjaan *drilling* oleh 3 responden ahli berdasarkan data foto pekerjaan *drilling* sebanyak 6 foto. Berikut ini data 6 foto pekerjaan *drilling* :



**Gambar 5. 2 Foto Pekerjaan *Drilling***

#### 1. Tahap I

Tahap I wawancara dan pengisian kuesioner oleh ketiga responden dilakukan pada tanggal 22 Juni 2023. Berikut tabulasi kompilasi hasil analisa teknik Delphi tahap I wawancara pengisian *checklist* standar pelaksanaan pekerjaan *drilling* dengan menggunakan 6 foto pekerjaan *drilling* pada Tabel 5.9.

**Tabel 5. 9 Hasil Tahap I Checklist Standar Pelaksanaan Pekerjaan Drilling**

Responden 1						Responden 2						Responden 3					
Foto	Checklist					Foto	Checklist					Foto	Checklist				
	X1	X2	X3	X4	X5		X1	X2	X3	X4	X5		X1	X2	X3	X4	X5
1	0,66	0,66	0,33	0,66	0,66	1	0,66	0,66	0	0,66	0,66	1	0,66	0,66	0,33	0,66	0,66
2	0,66	0,66	0,33	0,33	0,66	2	0,66	0,66	0	0,33	0,66	2	0,66	0,66	0,33	0,66	0,66
3	0,66	0,66	0,33	0,33	NA	3	0,33	0,66	0,66	0,33	NA	3	0,66	0,66	0,66	0,33	NA
4	0,66	0,66	NA	0,66	NA	4	0,66	0,66	0,33	0,66	NA	4	0,66	0,66	NA	0,66	NA
5	0,66	0,66	0,33	0,33	0,66	5	0,66	0,66	0	0,33	0,66	5	0,66	0,66	0,33	0,33	0,66
6	0,66	0,66	0,33	0,66	0,66	6	0,66	0,66	NA	0,66	0,66	6	0,66	0,66	0,33	0,66	0,66

Dari hasil ke-5 variabel *checklist* standar pelaksanaan pekerjaan *drilling*, masih terdapat komponen yang belum mencapai kesepakatan, sehingga perlu dilanjutkan ke tahap II.

## 2. Tahap II

Delphi tahap II dilakukan pada tanggal 12 juli 2023 terhadap variabel yang belum tercapai kesepakatan (konsensus) dalam Delphi tahap I. Hasil analisa teknik Delphi Tahap I dari para responden akan dikonfirmasi (Delphi tahap II) lagi kepada responden yang sama. Terdapat variabel yang belum mencapai kesepakatan (konsensus) antar responden sehingga perlu dilakukan analisa teknik Delphi Tahap II (iterasi I). Hasil kompilasi analisa teknik Delphi Tahap II pekerjaan *drilling* disajikan pada Tabel 5.10 berikut.

**Tabel 5. 10 Hasil Eksplorasi Delphi Tahap II Pekerjaan *Drilling***

Responden 1						Responden 2						Responden 3					
Foto	Checklist					Foto	Checklist					Foto	Checklist				
	X1	X2	X3	X4	X5		X1	X2	X3	X4	X5		X1	X2	X3	X4	X5
1	0,66	0,66	0,33	0,66	0,66	1	0,66	0,66	0,33	0,66	0,66	1	0,66	0,66	0,33	0,66	0,66
2	0,66	0,66	0,33	0,33	0,66	2	0,66	0,66	0,33	0,33	0,66	2	0,66	0,66	0,33	0,33	0,66
3	0,66	0,66	0,66	0,33	NA	3	0,33	0,66	0,66	0,33	NA	3	0,66	0,66	0,66	0,33	NA
4	0,66	0,66	NA	0,66	NA	4	0,66	0,66	NA	0,66	NA	4	0,66	0,66	NA	0,66	NA
5	0,66	0,66	0,33	0,33	0,66	5	0,66	0,66	0,33	0,33	0,66	5	0,66	0,66	0,33	0,33	0,66
6	0,66	0,66	0	0,66	0,66	6	0,66	0,66	NA	0,66	0,66	6	0,66	0,66	NA	0,66	0,66

Berdasarkan hasil iterasi I tersebut masih terdapat perbedaan dalam hasil wawancara dan pengisian kuesioner pada foto 6 variabel X3, dengan demikian perlu dilanjutkan ke tahap III (iterasi II).

### 3. Tahap III

Delphi tahap III dilakukan pada tanggal 27 juli 2023 terhadap variabel yang belum tercapai kesepakatan (konsensus) dalam Delphi tahap II. Hasil analisa teknik Delphi Tahap II dari para responden akan dikonfirmasi (Delphi tahap III) lagi kepada responden yang sama. Terdapat variabel yang belum mencapai kesepakatan (konsensus) antar responden sehingga perlu dilakukan analisa teknik Delphi Tahap III (iterasi II). Hasil kompilasi analisa teknik Delphi Tahap III pekerjaan *drilling* disajikan pada Tabel 5.11 berikut.

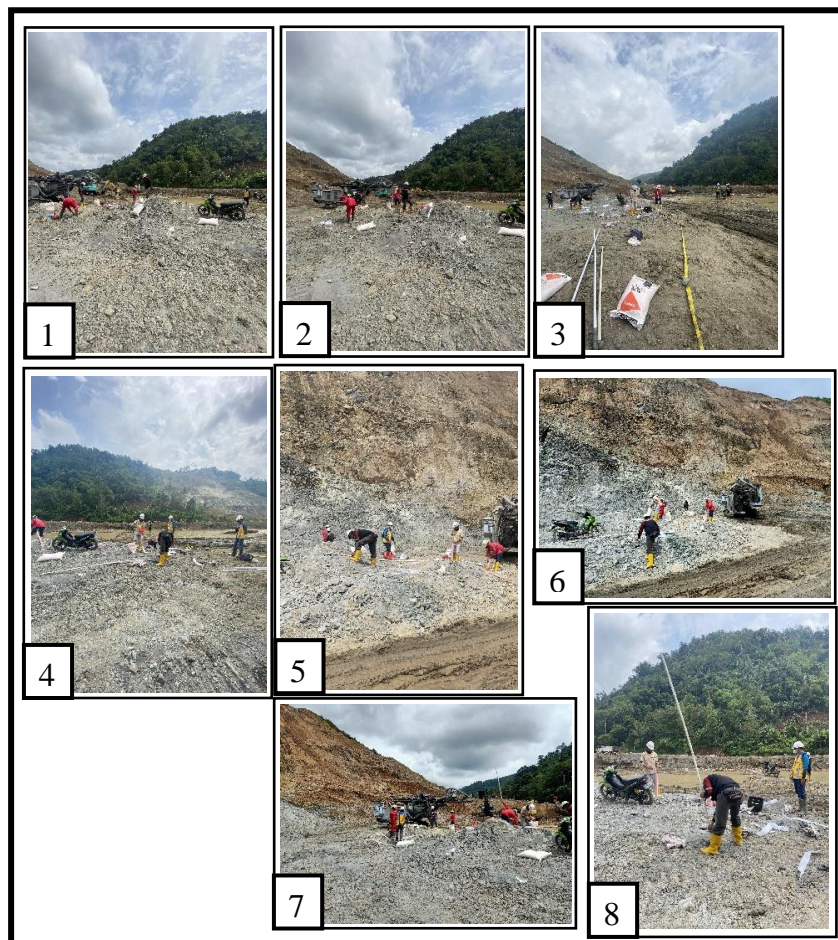
**Tabel 5. 11 Hasil Eksplorasi Delphi Tahap III Pekerjaan *Drilling***

Responden 1						Responden 2						Responden 3					
Foto	<i>Checklist</i>					Foto	<i>Checklist</i>					Foto	<i>Checklist</i>				
	X1	X2	X3	X4	X5		X1	X2	X3	X4	X5		X1	X2	X3	X4	X5
6	0,66	0,66	NA	0,66	0,66	6	0,66	0,66	NA	0,66	0,66	6	0,66	0,66	NA	0,66	0,66

Berdasarkan hasil iterasi II tersebut didapatkan konsensus, dimana ke-5 variabel *checklist* telah memiliki kesamaan atau kesepakatan dalam wawancara dan pengisian kuesioner. Tercapainya 100% konsensus pada wawancara dan pengisian kuesioner ini, maka data pengisian *checklist* standar keselamatan pekerjaan *drilling* telah valid.

### 5.5.3 Pekerjaan *Charging* dan *Steaming*

Pengisian *checklist* standar pelaksanaan pekerjaan *charging* dan *steaming* oleh 3 responden ahli berdasarkan data foto pekerjaan *charging* dan *steaming* sebanyak 8 foto. Berikut ini data 8 foto pekerjaan *charging* dan *steaming*:



**Gambar 5. 3 Foto Pekerjaan *Charging* dan *Steaming***

## 1. Tahap I

Tahap I wawancara dan pengisian kuesioner oleh ketiga responden dilakukan pada tanggal 22 Juni 2023. Berikut tabulasi kompilasi hasil analisa teknik Delphi tahap I wawancara pengisian *checklist* standar pelaksanaan pekerjaan *charging* dan *steaming* dengan menggunakan 8 foto pekerjaan *charging* dan *steaming* pada Tabel 5.12.

**Tabel 5. 12 Hasil Tahap I Checklist Standar Pelaksanaan Pekerjaan Charging dan Steaming**

Responden 1										
Foto	Checklist									
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
1	1	0,66	0,33	1	1	0,33	0	1	1	1
2	1	0,66	0,33	1	1	NA	0	1	1	1
3	1	0,66	0,33	1	1	0,33	0	1	1	1
4	1	0,66	0,33	1	1	0,66	0	1	1	1
5	1	0,66	0,33	1	1	0,33	0	1	1	1
6	1	0,66	0,33	1	1	NA	0	1	1	1
7	1	0,66	0,33	1	1	NA	0	1	1	1
8	1	0,66	0,33	1	1	0,33	0	1	1	1
Responden 2										
Foto	Checklist									
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
1	1	0,66	0	1	1	0,33	0	1	1	1
2	1	0,66	0	1	1	NA	0	1	1	1
3	1	0,66	0	1	1	0,33	0	1	1	1
4	1	0,66	0	1	1	0,66	0	1	1	1
5	1	0,66	0	1	1	0,33	0	1	1	1
6	1	0,66	0	1	1	NA	0	1	1	1
7	1	0,66	0	1	1	NA	0	1	1	1
8	1	0,66	0	1	1	0,33	0	1	1	1

**Lanjutan Tabel 5.12 Hasil Tahap I Checklist Standar Pelaksanaan Pekerjaan  
*Charging dan Steaming***

Responden 3										
Foto	Checklist									
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
1	1	0,66	0,33	1	1	0,33	0	1	1	1
2	1	0,66	0,33	1	1	NA	0	1	1	1
3	1	0,66	0,33	1	1	0,33	0	1	1	1
4	1	0,66	0,33	1	1	0,66	0	1	1	1
5	1	0,66	0,33	1	1	0,33	0	1	1	1
6	1	0,66	0,33	1	1	NA	0	1	1	1
7	1	0,66	0,33	1	1	NA	0	1	1	1
8	1	0,66	0,33	1	1	0,33	0	1	1	1

Dari hasil ke-10 variabel *checklist* standar pelaksanaan pekerjaan *charging* dan *steaming*, masih terdapat komponen yang belum mencapai kesepakatan, sehingga perlu dilanjutkan ke tahap II.

## 2. Tahap II

Delphi tahap II dilakukan pada tanggal 12 juli 2023 terhadap variabel yang belum tercapai kesepakatan (konsensus) dalam Delphi tahap I. Hasil analisa Delphi Tahap I dari para responden akan dikonfirmasi (Delphi tahap II) lagi kepada responden yang sama. Terdapat variabel yang belum mencapai kesepakatan (konsensus) antar responden sehingga perlu dilakukan teknik Delphi Tahap II (iterasi I). Hasil kompilasi teknik Delphi Tahap II pekerjaan *charging* dan *steaming* disajikan pada Tabel 5.13 berikut.

**Tabel 5. 13 Hasil Eksplorasi Delphi Tahap II Pekerjaan *Charging* dan *Steaming***

Responden 1										
Foto	Checklist									
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
1	1	0,66	0	1	1	0,33	0	1	1	1
2	1	0,66	0	1	1	NA	0	1	1	1
3	1	0,66	0	1	1	0,33	0	1	1	1
4	1	0,66	0	1	1	0,66	0	1	1	1
5	1	0,66	0	1	1	0,33	0	1	1	1
6	1	0,66	0	1	1	NA	0	1	1	1
7	1	0,66	0	1	1	NA	0	1	1	1
8	1	0,66	0	1	1	0,33	0	1	1	1
Responden 2										
Foto	Checklist									
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
1	1	0,66	0	1	1	0,33	0	1	1	1
2	1	0,66	0	1	1	NA	0	1	1	1
3	1	0,66	0	1	1	0,33	0	1	1	1
4	1	0,66	0	1	1	0,66	0	1	1	1
5	1	0,66	0	1	1	0,33	0	1	1	1
6	1	0,66	0	1	1	NA	0	1	1	1
7	1	0,66	0	1	1	NA	0	1	1	1
8	1	0,66	0	1	1	0,33	0	1	1	1
Responden 3										
Foto	Checklist									
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
1	1	0,66	0	1	1	0,33	0	1	1	1
2	1	0,66	0	1	1	NA	0	1	1	1
3	1	0,66	0	1	1	0,33	0	1	1	1
4	1	0,66	0	1	1	0,66	0	1	1	1
5	1	0,66	0	1	1	0,33	0	1	1	1
6	1	0,66	0	1	1	NA	0	1	1	1
7	1	0,66	0	1	1	NA	0	1	1	1
8	1	0,66	0	1	1	0,33	0	1	1	1

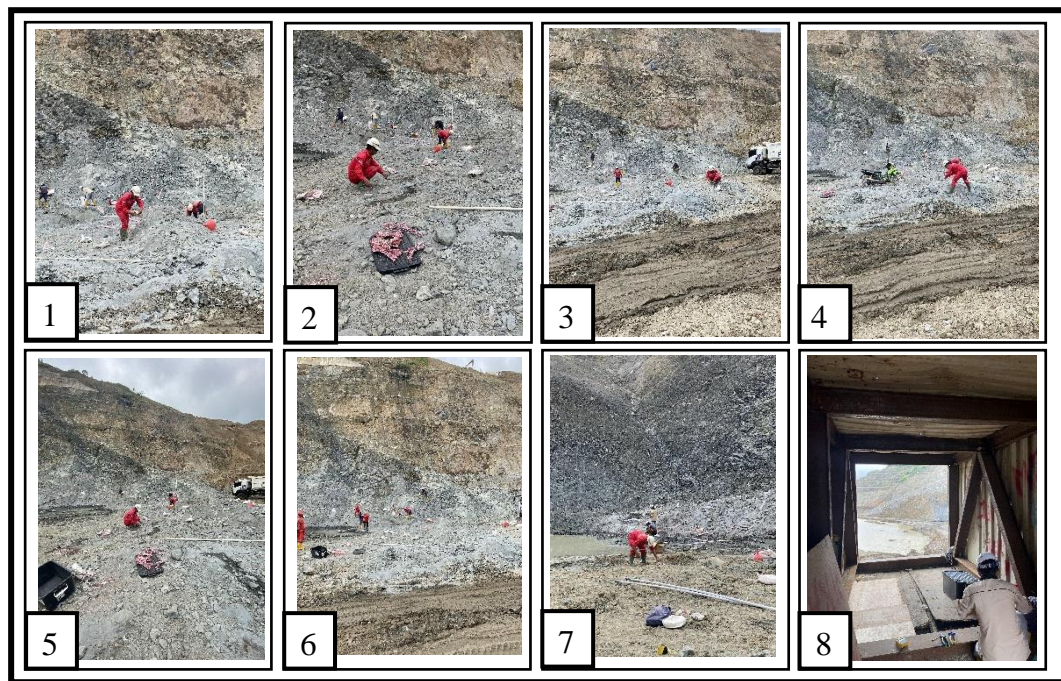
Berdasarkan hasil iterasi I tersebut didapatkan konsensus, dimana ke-10 variabel *checklist* telah memiliki kesamaan atau kesepakatan dalam wawancara dan



pengisian kuesioner. Tercapainya 100% konsensus pada wawancara dan pengisian kuesioner ini, maka data pengisian *checklist* standar keselamatan pekerjaan *charging* dan *steaming* telah valid.

#### 5.5.4 Pekerjaan *Tie Up*

Pengisian *checklist* standar pelaksanaan pekerjaan *tie up* oleh 3 responden ahli berdasarkan data foto pekerjaan *tie up* sebanyak 8 foto. Berikut ini data 8 foto pekerjaan *tie up*:



**Gambar 5. 4 Foto Pekerjaan Tie Up**

#### 1. Tahap I

Tahap I wawancara dan pengisian kuesioner oleh ketiga responden dilakukan pada tanggal 22 Juni 2023. Berikut tabulasi kompilasi hasil analisa teknik Delphi tahap I wawancara pengisian *checklist* standar pelaksanaan pekerjaan *tie up* dengan menggunakan 8 foto pekerjaan *tie up* pada Tabel 5.14.

**Tabel 5. 14 Hasil Tahap I Checklist Standar Pelaksanaan Pekerjaan *Tie Up***

Responden 1							Responden 2							Responden 3						
Foto	Checklist						Foto	Checklist						Foto	Checklist					
	X1	X2	X3	X4	X5	X6		X1	X2	X3	X4	X5	X6		X1	X2	X3	X4	X5	X6
1	1	0	NA	NA	NA	1	1	0,66	0	NA	NA	NA	1	1	1	0	NA	NA	NA	1
2	1	0	NA	NA	NA	1	2	0,66	0	NA	NA	NA	1	2	1	0	NA	NA	NA	1
3	1	0	NA	NA	NA	1	3	0,66	0	NA	NA	NA	1	3	1	0	NA	NA	NA	1
4	1	0	NA	NA	NA	1	4	0,66	0	NA	NA	NA	1	4	1	0	NA	NA	NA	1
5	1	0	NA	NA	NA	1	5	0,66	0	NA	NA	NA	1	5	1	0	NA	NA	NA	1
6	1	0	NA	NA	NA	1	6	0,66	0	NA	NA	NA	1	6	1	0	NA	NA	NA	1
7	1	0	NA	NA	NA	1	7	0,66	0	NA	NA	NA	1	7	1	0	NA	NA	NA	1
8	1	0	1	1	1	1	8	1	0	1	1	1	1	8	1	0	1	1	1	1

Dari hasil ke-6 variabel *checklist* standar pelaksanaan pekerjaan *tie up*, masih terdapat komponen yang belum mencapai kesepakatan, sehingga perlu dilanjutkan ke tahap II.

## 2. Tahap II

Delphi tahap II dilakukan pada tanggal 12 juli 2023 terhadap variabel yang belum tercapai kesepakatan (konsensus) dalam Delphi tahap I. Hasil teknik Delphi Tahap I dari para responden akan dikonfirmasi (Delphi tahap II) lagi kepada responden yang sama. Terdapat variabel yang belum mencapai kesepakatan (konsensus) antar responden sehingga perlu dilakukan teknik Delphi Tahap II (iterasi I). Hasil kompilasi teknik Delphi Tahap II pekerjaan *tie up* disajikan pada Tabel 5.15 berikut.

**Tabel 5. 15 Hasil Eksplorasi Delphi Tahap II Pekerjaan *Tie Up***

Responden 1							Responden 2							Responden 3						
Foto	Checklist						Foto	Checklist						Foto	Checklist					
	X1	X2	X3	X4	X5	X6		X1	X2	X3	X4	X5	X6		X1	X2	X3	X4	X5	X6
1	1	0	NA	NA	NA	1	1	1	0	NA	NA	NA	1	1	1	0	NA	NA	NA	1
2	1	0	NA	NA	NA	1	2	1	0	NA	NA	NA	1	2	1	0	NA	NA	NA	1
3	1	0	NA	NA	NA	1	3	1	0	NA	NA	NA	1	3	1	0	NA	NA	NA	1
4	1	0	NA	NA	NA	1	4	1	0	NA	NA	NA	1	4	1	0	NA	NA	NA	1
5	1	0	NA	NA	NA	1	5	1	0	NA	NA	NA	1	5	1	0	NA	NA	NA	1
6	1	0	NA	NA	NA	1	6	1	0	NA	NA	NA	1	6	1	0	NA	NA	NA	1
7	1	0	NA	NA	NA	1	7	1	0	NA	NA	NA	1	7	1	0	NA	NA	NA	1
8	1	0	1	1	1	1	8	1	0	1	1	1	1	8	1	0	1	1	1	1

Berdasarkan hasil iterasi I tersebut didapatkan konsensus, dimana ke-6 variabel *checklist* telah memiliki kesamaan atau kesepakatan dalam wawancara dan pengisian kuesioner. Tercapainya 100% konsensus pada wawancara dan pengisian kuesioner ini, maka data pengisian *checklist* standar keselamatan pekerjaan *tie up* telah valid.

### 5.5.5 Pekerjaan Peledakan

Pengisian *checklist* standar pelaksanaan pekerjaan peledakan oleh 3 responden ahli berdasarkan data foto pekerjaan peledakan sebanyak 8 foto. Berikut ini data 8 foto pekerjaan peledakan:



**Gambar 5.5 Foto Pekerjaan Peledakan**

## 1. Tahap I

Tahap I wawancara dan pengisian kuesioner oleh ketiga responden dilakukan pada tanggal 22 Juni 2023. Berikut tabulasi kompilasi hasil analisa Delphi tahap I wawancara pengisian *checklist* standar pelaksanaan pekerjaan peledakan dengan menggunakan 7 foto pekerjaan peledakan pada Tabel 5.16.

**Tabel 5. 16 Hasil Tahap I Checklist Standar Pelaksanaan Pekerjaan Peledakan**

Responden 1									
Foto	Checklist								
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
1	1	1	NA	1	NA	NA	1	NA	NA
2	NA	1	NA	1	NA	NA	0,66	NA	1
3	NA	1	NA	1	NA	NA	0,66	NA	1
4	NA	1	NA	1	NA	1	0,66	NA	1
5	NA	1	NA	1	NA	1	NA	NA	1
6	NA	1	NA	1	NA	1	0,66	NA	1
7	NA	1	NA	1	NA	1	0,66	NA	1
8	NA	1	NA	1	NA	NA	0,66	1	NA
Responden 2									
Foto	Checklist								
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
1	1	1	NA	1	NA	NA	1	NA	NA
2	NA	1	NA	1	NA	NA	0,66	NA	1
3	NA	1	NA	1	NA	NA	0,66	NA	1
4	NA	1	NA	1	NA	1	0,66	NA	1
5	NA	0,66	NA	1	NA	1	NA	NA	1
6	NA	1	NA	1	NA	1	0,66	NA	1
7	NA	0,66	NA	1	NA	1	0,66	NA	1
8	NA	1	NA	1	NA	NA	0,66	1	NA
Responden 3									
Foto	Checklist								
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
1	1	1	NA	1	NA	NA	1	NA	NA
2	NA	1	NA	1	NA	NA	0,66	NA	1
3	NA	1	NA	1	NA	NA	0,66	NA	1
4	NA	1	NA	1	NA	1	0,66	NA	1
5	NA	1	NA	1	NA	1	NA	NA	1
6	NA	1	NA	1	NA	1	0,66	NA	1

Lanjutan Tabel 5.16 Hasil Tahap I *Checklist* Standar Pelaksanaan Pekerjaan  
Peledakan

Responden 3									
Foto	<i>Checklist</i>								
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
7	NA	1	NA	1	NA	1	0,66	NA	1
8	NA	1	NA	1	NA	NA	0,66	1	NA

Dari hasil ke-9 variabel *checklist* standar pelaksanaan pekerjaan peledakan, masih terdapat komponen yang belum mencapai kesepakatan, sehingga perlu dilanjutkan ke tahap II (iterasi 1).

## 2. Tahap II

Delphi tahap II dilakukan pada tanggal 12 juli 2023 terhadap variabel yang belum tercapai kesepakatan (konsensus) dalam Delphi tahap I. Hasil teknik Delphi Tahap I dari para responden akan dikonfirmasi (Delphi tahap II) lagi kepada responden yang sama. Terdapat variabel yang belum mencapai kesepakatan (konsensus) antar responden sehingga perlu dilakukan teknik Delphi Tahap II (iterasi I). Hasil kompilasi teknik Delphi Tahap II pekerjaan peledakan disajikan pada Tabel 5.17 berikut.

**Tabel 5. 17 Hasil Eksplorasi Delphi Tahap II Pekerjaan Peledakan**

Responden 1									
Foto	<i>Checklist</i>								
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
1	1	1	NA	1	NA	NA	1	NA	NA
2	NA	1	NA	1	NA	NA	0,66	NA	1
3	NA	1	NA	1	NA	NA	0,66	NA	1
4	NA	1	NA	1	NA	1	0,66	NA	1
5	NA	1	NA	1	NA	1	NA	NA	1
6	NA	1	NA	1	NA	1	0,66	NA	1
7	NA	1	NA	1	NA	1	0,66	NA	1
8	NA	1	NA	1	NA	NA	0,66	1	NA

Lanjutan Tabel 5.17 Hasil Eksplorasi Delphi Tahap II Pekerjaan Peledakan

Responden 2									
Foto	Checklist								
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
1	1	1	NA	1	NA	NA	1	NA	NA
2	NA	1	NA	1	NA	NA	0,66	NA	1
3	NA	1	NA	1	NA	NA	0,66	NA	1
4	NA	1	NA	1	NA	1	0,66	NA	1
5	NA	1	NA	1	NA	1	NA	NA	1
6	NA	1	NA	1	NA	1	0,66	NA	1
7	NA	1	NA	1	NA	1	0,66	NA	1
8	NA	1	NA	1	NA	NA	0,66	1	NA
Responden 3									
Foto	Checklist								
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
1	1	1	NA	1	NA	NA	1	NA	NA
2	NA	1	NA	1	NA	NA	0,66	NA	1
3	NA	1	NA	1	NA	NA	0,66	NA	1
4	NA	1	NA	1	NA	1	0,66	NA	1
5	NA	1	NA	1	NA	1	NA	NA	1
6	NA	1	NA	1	NA	1	0,66	NA	1
7	NA	1	NA	1	NA	1	0,66	NA	1
8	NA	1	NA	1	NA	NA	0,66	1	NA

Berdasarkan hasil iterasi I tersebut didapatkan konsensus, dimana ke-9 variabel *checklist* telah memiliki kesamaan atau kesepakatan dalam wawancara dan pengisian kuesioner. Tercapainya 100% konsensus pada wawancara dan pengisian kuesioner ini, maka data pengisian *checklist* standar keselamatan pekerjaan peledakan telah valid.

## 5.2 Penilaian Keselamatan Kerja

Penilaian keselamatan kerja dilakukan oleh 3 responden yang memberi nilai apakah pekerjaan *blasting* pada Proyek Pembangunan Bendung Bener Purworejo tersebut aman atau tidak. Penilaian menggunakan checklist yang sudah disusun berdasarkan standar keselamatan melalui uji validitas dengan teknik delphi yang telah mencapai konsensus. Terdapat tingkat kepercayaan menggunakan empat nilai kemungkinan yaitu 0%, 33%, 66%, 100% dan NA (*Not Available*). Penilaian bahwa pekerjaan yang dilakukan adalah aman diberikan score 100%, jika pekerjaan dilakukan tidak aman diberikan score 0%. Apabila terdapat beberapa bukti berupa foto konstruksi yang tingkat keamanannya mendekati aman dan mendekati tidak aman, maka nilai keselamatan diberikan score antara 0% sampai 100%. NA sebagai informasi yang tidak dapat diamati dari foto standar keselamatan namun keadaan dilapangan diterapkan dan jika terdapat checklist yang mendapat nilai tersebut, maka tidak dihitung dalam perhitungan.

Berikut ini akan dijelaskan contoh penilaian foto nomor 1 pekerjaan pengangkutan bahan peledak menggunakan checklist standar keselamatan yang sebelumnya telah dilakukan validasi dengan teknik delphi dan mencapai konsensus.



**Gambar 5. 6 Contoh Penilaian Foto Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak**



Foto diatas memberikan informasi bukti dilapangan yang menunjukkan para pekerja sedang melakukan pekerjaan pengangkutan bahan peledak. Pengambilan spot untuk foto diatas terletak pada bagian proyek sebelah timur, sehingga yang terlihat adalah kondisi pekerjaan *blasting* bagian timur.

Pada *checklist* standar keselamatan yang sebelumnya telah dibuat maka dapat diketahui penilaian aman atau tidak kondisi situasi pekerjaan tersebut. Berikut ini adalah 6 atribut penilaian keselamatan kerja pekerjaan pengangkutan bahan peledak:

1. Pengangkutan bahan peledak menggunakan kendaraan khusus pengangkutan bahan peledak antara lain, rotary lamp berwarna merah, bendera merah, memiliki tulisan “awas bahan peledak” disisi sebelah kanan, kiri dan belakang, bak pengangkut bukan merupakan konduktor listrik (apabila merupakan konduktor listrik harus dilapisi bahan isolator dan dapat ditutup, detonator harus ditempatkan dalam wadah khusus yang bukan merupakan konduktor listrik dan terpisah satu sama lain, tersedia alat pemadam api ringan (APAR), serta alat atau kendaraan tidak digerakkan oleh listrik mendapat nilai 0,33 dengan keterangan sebagian (33%) memenuhi persyaratan.
2. Selama pengangkutan bahan peledak dari gudang ke lokasi peledakan, harus ada petugas keamanan dan personil peledakan yang ikut dalam perjalanan pengawalan, begitu juga sebaliknya jika terdapat bahan peledak sisa yang akan dikembalikan ke gudang bahan peledak dari lokasi peledakan dengan minimal tiga personil pengawalan mendapat nilai 1 dengan keterangan terdapat personil pengawalan (3 orang pengawal).
3. *Rotary lamp* dan lampu bahaya pada unit pengangkutan harus senantiasa dinyalakan selama pengangkutan bahan peledak mendapat nilai 0 dengan keterangan Tidak terdapat *rotary lamp*.
4. Unit pengawalan bahan peledak harus berada pada posisi di depan unit pengangkutan dengan jarak yang telah disesuaikan untuk pengamanan dan harus

menyalakan sirine, *rotary lamp*, lampu depan dan lampu bahaya mendapat nilai 0,66 dengan keterangan sebagian besar (66%) persyaratan terpenuhi.

5. Selama kegiatan berlangsung dilarang : merokok, menyalakan api, bercanda dan melakukan tindakan yang dapat membahayakan keselamatan diri sendiri ataupun orang lain mendapat nilai 1 dengan keterangan tidak ada petugas yang bertindak membahayakan.
6. Distribusikan bahan peledak dynamit, detonator, dan ammonimnitrate fuel oil (ANFO) di dekat lubang ledak mendapat nilai 0,66 dengan keterangan Sebagian besar bahan peledak didistribusikan didekat lubang ledak.

**Tabel 5. 18 Checklist Kegiatan dan Standar Keselamatan Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak**

No	Standar Keselamatan Indonesia	Score (%)					Keterangan
		NA	0	33	66	100	
1	Pengangkutan bahan peledak menggunakan kendaraan khusus pengangkutan bahan peledak antara lain, rotary lamp berwarna merah, bendera merah, memiliki tulisan “awas bahan peledak” disisi sebelah kanan, kiri dan belakang, bak pengangkut bukan merupakan konduktor listrik (apabila merupakan konduktor listrik harus dilapisi bahan isolator dan dapat ditutup, detonator harus ditempatkan dalam wadah khusus yang bukan merupakan konduktor listrik dan terpisah satu sama lain, tersedia alat pemadam api ringan (APAR), serta alat atau kendaraan tidak digerakkan oleh listrik.			√			<p>NA : Di lapangan memenuhi persyaratan tapi tidak terlihat di foto</p> <p>0 : Tidak ada kendaraan khusus pengangkut bahan peledak</p> <p>33 : Sebagian (33%) memenuhi persyaratan</p> <p>66 : Sebagian (66%) memenuhi persyaratan</p> <p>100 : Semua memenuhi persyaratan</p>
2	Selama pengangkutan bahan peledak dari gudang ke lokasi peledakan, harus ada petugas keamanan dan personil peledakan yang ikut dalam perjalanan pengawalan, begitu juga sebaliknya jika terdapat bahan peledak sisa yang akan dikembalikan ke gudang bahan peledak dari lokasi peledakan dengan minimal tiga personil pengawalan.					√	<p>NA : Di lapangan memenuhi persyaratan tapi tidak terlihat di foto</p> <p>0 : Tidak ada petugas keamanan dan personil peledakan</p> <p>33 : Terdapat personil pengawalan (1 orang pengawal)</p> <p>66 : Terdapat personil pengawalan (2 orang pengawal)</p> <p>100 : Terdapat personil pengawalan (3 orang pengawal)</p>

Lanjutan Tabel 5.18 *Checklist* Kegiatan dan Standar Keselamatan Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak

No	Standar Keselamatan Indonesia	Score (%)					Keterangan
		NA	0	33	66	100	
3	<i>Rotary lamp</i> dan lampu bahaya pada unit pengangkutan harus senantiasa dinyalakan selama pengangkutan bahan peledak		√				NA : Di lapangan memenuhi persyaratan tapi tidak terlihat di foto 0 : Tidak terdapat <i>rotary lamp</i> 33 : Terdapat <i>rotary lamp</i> tetapi tidak dinyalakan 66 : Terdapat <i>rotary lamp</i> menyala tetapi tidak sampai di lokasi pengangkutan 100 : Semua memenuhi persyaratan
4	Unit pengawalan bahan peledak harus berada pada posisi di depan unit pengangkutan dengan jarak yang telah disesuaikan untuk pengamanan dan harus menyalakan sirine, <i>rotary lamp</i> , lampu depan dan lampu bahaya.				√		NA : Di lapangan memenuhi persyaratan tapi tidak terlihat di foto 0 : Tidak terdapat unit pengawalan 33 : Sebagian kecil (33%) persyaratan terpenuhi 66 : Sebagian kecil (66%) persyaratan terpenuhi 100 : Semua memenuhi persyaratan
5	Selama kegiatan berlangsung dilarang : merokok, menyalakan api, bercanda dan melakukan tindakan yang dapat membahayakan keselamatan diri sendiri ataupun orang lain					√	NA : Di lapangan memenuhi persyaratan tapi tidak terlihat di foto 0 : Semua petugas merokok, menyalakan api, bercanda dan melakukan tindakan yang dapat membahayakan 33 : Sebagian besar petugas bertindak membahayakan 66 : Sebagian kecil petugas bertindak membahayakan 100 : Tidak ada petugas yang bertindak membahayakan

**Lanjutan Tabel 5.18 Checklist Kegiatan dan Standar Keselamatan Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak**

No	Standar Keselamatan Indonesia	Score (%)					Keterangan
		NA	0	33	66	100	
6	Distribusikan bahan peledak dynamit, detonator, dan ammonimntrate fuel oil (ANFO) di dekat lubang ledak.				√		NA : Bahan peledak didistribusikan didekat lubang ledak tapi tidak terlihat difoto 0 : Bahan peledak didistribusikan jauh dari lubang ledak 33 : Sebagian kecil bahan peledak didistribusikan didekat lubang ledak 66 : Sebagian besar bahan peledak didistribusikan didekat lubang ledak 100 : Semua bahan peledak didistribusikan didekat lubang ledak

### 5.3 Pengolahan Data

Pengolahan data menggunakan Theorema Bayes dilakukan setelah semua data-data yang diperlukan dalam penelitian ini berupa *checklist* standar keselamatan yang telah terisi sudah terkumpul semua dan sudah dilakukan uji validitas dengan teknik delphi hingga mencapai kesepakatan atau konsensus sehingga data yang ada sudah valid. Pengolahan data ini dibagi menjadi beberapa tahap seperti berikut:

#### 5.3.1 Final Score P(E | H)

Menggunakan data berupa 35 foto konstruksi untuk menghitung seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan penilaian 3 responden yang telah mencapai konsensus pada *checklist* keselamatan kerja pekerjaan pengangkutan bahan peledak dengan 5 foto, *checklist* keselamatan kerja pekerjaan *drilling* dengan 6 foto, *checklist* keselamatan kerja pekerjaan *charging* dan *steaming* dengan 8 foto, *checklist* keselamatan kerja pekerjaan *tie up* dengan 8 foto, dan *checklist* keselamatan kerja pekerjaan peledakan dengan 8 foto.

$$\text{Rumus} \rightarrow P(E | H) = \frac{e_1 + e_2 + \dots + e_n}{n}$$

Contoh penilaian responden untuk pekerjaan pengangkutan bahan peledak dengan menggunakan foto nomor 1 yang telah mencapai konsensus dengan teknik delphi:

$$P(E_1 | H) = 0,33$$

$$P(E_2 | H) = 1$$

$$P(E_3 | H) = 0$$

$$P(E_4 | H) = 0,66$$

$$P(E_5 | H) = 1$$

$$P(E_6 | H) = 0,66$$

Berikut ini disajikan rekapitulasi tabel penilaian responden yang telah mencapai konsensus dengan teknik delphi sehingga hasil tersebut selanjutnya menjadi *final score* P(E | H) untuk pekerjaan pengangkutan bahan peledak, pekerjaan *drilling*, pekerjaan *charging* dan *steaming*, pekerjaan *tie up*, dan pekerjaan peledakan menggunakan 35 foto konstruksi

**Tabel 5. 19 Rekapitulasi Tabel Penilaian Dengan 3 Responden Untuk Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak**

FOTO 1				Final Score P(E   H)	FOTO 2				Final Score P(E   H)
Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN				Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN			
	1	2	3			1	2	3	
1	0,33	0,33	0,33	0,33	1	0,33	0,33	0,33	0,33
2	1	1	1	1	2	NA	NA	NA	NA
3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
4	0,66	0,66	0,66	0,66	4	0,66	0,66	0,66	0,66
5	1	1	1	1	5	1	1	1	1
6	0,66	0,66	0,66	0,66	6	NA	NA	NA	NA
FOTO 3				Final Score P(E   H)	FOTO 4				Final Score P(E   H)
Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN				Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN			
	1	2	3			1	2	3	
1	0,33	0,33	0,33	0,33	1	0,33	0,33	0,33	0,33
2	1	1	1	1	2	1	1	1	1
3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
4	0,66	0,66	0,66	0,66	4	0,66	0,66	0,66	0,66
5	1	1	1	1	5	1	1	1	1
6	1	1	1	1	6	1	1	1	1
FOTO 5				Final Score P(E   H)					
Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN								
	1	2	3						
1	0,33	0,33	0,33	0,33					
2	NA	NA	NA	NA					
3	0	0	0	0					
4	0,66	0,66	0,66	0,66					
5	1	1	1	1					
6	1	1	1	1					

**Tabel 5. 20 Rekapitulasi Tabel Penilaian Dengan 3 Responden Untuk Pekerjaan *Drilling***

FOTO 1				Final Score P(E   H)	FOTO 2				Final Score P(E   H)
Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN				Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN			
	1	2	3			1	2	3	
1	0,66	0,66	0,66	0,66	1	0,66	0,66	0,66	0,66
2	0,66	0,66	0,66	0,66	2	0,66	0,66	0,66	0,66
3	0,33	0,33	0,33	0,33	3	0,33	0,33	0,33	0,33
4	0,66	0,66	0,66	0,66	4	0,33	0,33	0,33	0,33
5	0,66	0,66	0,66	0,66	5	0,66	0,66	0,66	0,66
FOTO 3				Final Score P(E   H)	FOTO 4				Final Score P(E   H)
Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN				Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN			
	1	2	3			1	2	3	
1	0,66	0,66	0,66	0,66	1	0,66	0,66	0,66	0,66
2	0,66	0,66	0,66	0,66	2	0,66	0,66	0,66	0,66
3	0,66	0,66	0,66	0,66	3	0,33	0,33	0,33	0,33
4	0,33	0,33	0,33	0,33	4	0,66	0,66	0,66	0,66
5	NA	NA	NA	NA	5	NA	NA	NA	NA
FOTO 5				Final Score P(E   H)	FOTO 6				Final Score P(E   H)
Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN				Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN			
	1	2	3			1	2	3	
1	0,66	0,66	0,66	0,66	1	0,66	0,66	0,66	0,66
2	0,66	0,66	0,66	0,66	2	0,66	0,66	0,66	0,66
3	0,33	0,33	0,33	0,33	3	NA	NA	NA	NA
4	0,33	0,33	0,33	0,33	4	0,66	0,66	0,66	0,66
5	0,66	0,66	0,66	0,66	5	0,66	0,66	0,66	0,66



**Tabel 5. 21 Rekapitulasi Tabel Penilaian Dengan 3 Responden Untuk  
Pekerjaan *Charging* dan *Steaming***

FOTO 1				Final Score P(E   H)	FOTO 2				Final Score P(E   H)
Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN				Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN			
	1	2	3			1	2	3	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,66	0,66	0,66	0,66	2	0,66	0,66	0,66	0,66
3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
4	1	1	1	1	4	1	1	1	1
5	1	1	1	1	5	1	1	1	1
6	0,33	0,33	0,33	0,33	6	NA	NA	NA	NA
7	0	0	0	0	7	0	0	0	0
8	1	1	1	1	8	1	1	1	1
9	1	1	1	1	9	1	1	1	1
10	1	1	1	1	10	1	1	1	1
FOTO 3				Final Score P(E   H)	FOTO 4				Final Score P(E   H)
Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN				Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN			
	1	2	3			1	2	3	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,66	0,66	0,66	0,66	2	0,66	0,66	0,66	0,66
3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
4	1	1	1	1	4	1	1	1	1
5	1	1	1	1	5	1	1	1	1
6	0,33	0,33	0,33	0,33	6	0,66	0,66	0,66	0,66
7	0	0	0	0	7	0	0	0	0
8	1	1	1	1	8	1	1	1	1
9	1	1	1	1	9	1	1	1	1
10	1	1	1	1	10	1	1	1	1

**Lanjutan Tabel 5.21 Rekapitulasi Tabel Penilaian Dengan 3 Responden  
Untuk Pekerjaan *Charging* dan *Steaming***

FOTO 5				Final Score P(E   H)	FOTO 6				Final Score P(E   H)
Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN				Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN			
	1	2	3			1	2	3	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,66	0,66	0,66	0,66	2	0,66	0,66	0,66	0,66
3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
4	1	1	1	1	4	1	1	1	1
5	1	1	1	1	5	1	1	1	1
6	0,33	0,33	0,33	0,33	6	NA	NA	NA	NA
7	0	0	0	0	7	0	0	0	0
8	1	1	1	1	8	1	1	1	1
9	1	1	1	1	9	1	1	1	1
10	1	1	1	1	10	1	1	1	1
FOTO 7				Final Score P(E   H)	FOTO 8				Final Score P(E   H)
Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN				Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN			
	1	2	3			1	2	3	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,66	0,66	0,66	0,66	2	0,66	0,66	0,66	0,66
3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
4	1	1	1	1	4	1	1	1	1
5	1	1	1	1	5	1	1	1	1
6	NA	NA	NA	NA	6	0,33	0,33	0,33	0,33
7	0	0	0	0	7	0	0	0	0
8	1	1	1	1	8	1	1	1	1
9	1	1	1	1	9	1	1	1	1
10	1	1	1	1	10	1	1	1	1

**Tabel 5. 22 Rekapitulasi Tabel Penilaian Dengan 3 Responden Untuk Pekerjaan *Tie Up***

FOTO 1				Final Score P(E   H)	FOTO 2				Final Score P(E   H)
Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN				Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN			
	1	2	3			1	2	3	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
3	NA	NA	NA	NA	3	NA	NA	NA	NA
4	NA	NA	NA	NA	4	NA	NA	NA	NA
5	NA	NA	NA	NA	5	NA	NA	NA	NA
6	1	1	1	1	6	1	1	1	1
FOTO 3				Final Score P(E   H)	FOTO 4				Final Score P(E   H)
Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN				Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN			
	1	2	3			1	2	3	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
3	NA	NA	NA	NA	3	NA	NA	NA	NA
4	NA	NA	NA	NA	4	NA	NA	NA	NA
5	NA	NA	NA	NA	5	NA	NA	NA	NA
6	1	1	1	1	6	1	1	1	1
FOTO 5				Final Score P(E   H)	FOTO 6				Final Score P(E   H)
Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN				Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN			
	1	2	3			1	2	3	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
3	NA	NA	NA	NA	3	NA	NA	NA	NA
4	NA	NA	NA	NA	4	NA	NA	NA	NA
5	NA	NA	NA	NA	5	NA	NA	NA	NA
6	1	1	1	1	6	1	1	1	1
FOTO 7				Final Score P(E   H)	FOTO 8				Final Score P(E   H)
Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN				Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN			
	1	2	3			1	2	3	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
3	NA	NA	NA	NA	3	1	1	1	1
4	NA	NA	NA	NA	4	1	1	1	1
5	NA	NA	NA	NA	5	1	1	1	1
6	1	1	1	1	6	1	1	1	1

**Tabel 5. 23 Rekapitulasi Tabel Penilaian Dengan 3 Responden Untuk Pekerjaan Peledakan**

FOTO 1				Final Score P(E   H)	FOTO 2				Final Score P(E   H)
Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN				Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN			
	1	2	3			1	2	3	
1	1	1	1	1	1	NA	NA	NA	NA
2	1	1	1	1	2	1	1	1	1
3	NA	NA	NA	NA	3	NA	NA	NA	NA
4	1	1	1	1	4	1	1	1	1
5	NA	NA	NA	NA	5	NA	NA	NA	NA
6	NA	NA	NA	NA	6	NA	NA	NA	NA
7	0,66	0,66	0,66	0,66	7	0,66	0,66	0,66	0,66
8	NA	NA	NA	NA	8	NA	NA	NA	NA
9	NA	NA	NA	NA	9	1	1	1	1
FOTO 3				Final Score P(E   H)	FOTO 4				Final Score P(E   H)
Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN				Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN			
	1	2	3			1	2	3	
1	NA	NA	NA	NA	1	NA	NA	NA	NA
2	1	1	1	1	2	1	1	1	1
3	NA	NA	NA	NA	3	NA	NA	NA	NA
4	1	1	1	1	4	1	1	1	1
5	NA	NA	NA	NA	5	NA	NA	NA	NA
6	NA	NA	NA	NA	6	1	1	1	1
7	0,66	0,66	0,66	0,66	7	0,66	0,66	0,66	0,66
8	NA	NA	NA	NA	8	NA	NA	NA	NA
9	1	1	1	1	9	1	1	1	1
FOTO 5				Final Score P(E   H)	FOTO 6				Final Score P(E   H)
Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN				Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN			
	1	2	3			1	2	3	
1	NA	NA	NA	NA	1	NA	NA	NA	NA
2	1	1	1	1	2	1	1	1	1
3	NA	NA	NA	NA	3	NA	NA	NA	NA
4	1	1	1	1	4	1	1	1	1
5	NA	NA	NA	NA	5	NA	NA	NA	NA
6	1	1	1	1	6	1	1	1	1
7	NA	NA	NA	NA	7	0,66	0,66	0,66	0,66
8	NA	NA	NA	NA	8	NA	NA	NA	NA
9	1	1	1	1	9	1	1	1	1

**Lanjutan Tabel 5.23 Rekapitulasi Tabel Penilaian Dengan 3 Responden Untuk Pekerjaan Peledakan**

FOTO 7				Final Score P(E   H)
Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN			
	1	2	3	
1	NA	NA	NA	NA
2	1	1	1	1
3	NA	NA	NA	NA
4	1	1	1	1
5	NA	NA	NA	NA
6	1	1	1	1
7	0,66	0,66	0,66	0,66
8	NA	NA	NA	NA
9	1	1	1	1
FOTO 8				Final Score P(E   H)
Checklist	NILAI P(E   H) RESPONDEN			
	1	2	3	
1	NA	NA	NA	NA
2	1	1	1	1
3	NA	NA	NA	NA
4	1	1	1	1
5	NA	NA	NA	NA
6	NA	1	1	1
7	0,66	0,66	0,66	0,66
8	1	1	1	1
9	NA	NA	NA	NA

### 5.3.2 Perhitungan P(E<sub>comb</sub> | H)

Menggunakan hasil dari tahap pertama untuk menghitung seberapa aman pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* keselamatan kerja pekerjaan pengangkutan bahan peledak, pekerjaan *drilling*, pekerjaan *charging* dan *steaming*, pekerjaan *tie up* dan pekerjaan peledakan. P(E | H) yang digunakan untuk perkalian rumus  $\rightarrow P(E_{comb} | H) = P(E_1 | H) \times P(E_2 | H) \times P(E_3 | H) \times \dots \times P(E_n | H)$

Contoh perhitungan P(E<sub>comb</sub> | H) penilaian 3 responden menggunakan foto nomor 1 pekerjaan pengangkutan bahan peledak :

$$P(E_{\text{comb}} | H) = 0,33 \times 1 \times 0 \times 0,66 \times 1 \times 0,66 \\ = 0$$

### 5.3.3 Perhitungan $P(E | H')$

Menggunakan hasil dari tahap pertama untuk mengetahui seberapa ketidakamanan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan *checklist* keselamatan kerja pekerjaan pengangkutan bahan peledak, setelah perhitungan tersebut lalu menghitung secara keseluruhan.

$$\text{Rumus} \rightarrow P(E | H') = 1 - P(E | H)$$

Berikut ini rekapitulasi tabel perhitungan  $P(E | H')$  dari penilaian 3 responden untuk pekerjaan pengangkutan bahan peledak, pekerjaan pekerjaan *drilling*, pekerjaan *charging* dan *steaming*, pekerjaan *tie up* dan pekerjaan peledakan dengan menggunakan 35 foto konstruksi.

Contoh perhitungan  $P(E | H')$  penilaian 3 responden menggunakan foto nomor 1 pekerjaan pengangkutan bahan peledak :

$$P(E_1 | H') = 1 - 0,33 = 0,67$$

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

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

$$P(E_4 | H') = 1 - 0,66 = 0,34$$

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

$$P(E_6 | H') = 1 - 0,66 = 0,34$$

**Tabel 5. 24 Rekapitulasi Tabel perhitungan  $P(E | H')$  Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak**

FOTO 1				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	0,33	0,33	0,33	0,33	0,67
2	1	1	1	1	0
3	0	0	0	0	1
4	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
5	1	1	1	1	0
6	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
FOTO 2				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	0,33	0,33	0,33	0,33	0,67
2	NA	NA	NA	NA	NA
3	0	0	0	0	1
4	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
5	1	1	1	1	0
6	NA	NA	NA	NA	NA
FOTO 3				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	0,33	0,33	0,33	0,33	0,67
2	1	1	1	1	0
3	0	0	0	0	1
4	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
5	1	1	1	1	0
6	1	1	1	1	0
FOTO 4				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	0,33	0,33	0,33	0,33	0,67
2	1	1	1	1	0
3	0	0	0	0	1
4	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
5	1	1	1	1	0

**Lanjutan Tabel 5.24 Rekapitulasi Tabel perhitungan  $P(E | H')$  Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak**

FOTO 4				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
		1	2	3	
6	1	1	1	1	0
FOTO 5				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
		1	2	3	
1	0,33	0,33	0,33	0,33	0,67
2	NA	NA	NA	NA	NA
3	0	0	0	0	1
4	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
5	1	1	1	1	0
6	1	1	1	1	0

**Tabel 5. 25 Rekapitulasi Tabel perhitungan  $P(E | H')$  Pekerjaan *Drilling***

FOTO 1				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
		1	2	3	
1	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
2	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
3	0,33	0,33	0,33	0,33	0,67
4	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
5	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
FOTO 2				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
		1	2	3	
1	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
2	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
3	0,33	0,33	0,33	0,33	0,67
4	0,33	0,33	0,33	0,33	0,67
5	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34



**Lanjutan Tabel 5.25 Rekapitulasi Tabel perhitungan  $P(E | H')$  Pekerjaan**

***Drilling***

FOTO 3				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
2	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
3	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
4	0,33	0,33	0,33	0,33	0,67
5	NA	NA	NA	NA	NA
FOTO 4				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
2	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
3	0,33	0,33	0,33	0,33	0,67
4	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
5	NA	NA	NA	NA	NA
FOTO 5				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
2	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
3	0,33	0,33	0,33	0,33	0,67
4	0,33	0,33	0,33	0,33	0,67
5	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
FOTO 6				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
2	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
3	NA	NA	NA	NA	NA
4	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
5	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34

**Tabel 5. 26 Rekapitulasi Tabel perhitungan  $P(E | H')$  Pekerjaan *Charging* dan *Steaming***

FOTO 1				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
3	0	0	0	0	1
4	1	1	1	1	0
5	1	1	1	1	0
6	0,33	0,33	0,33	0,33	0,67
7	0	0	0	0	1
8	1	1	1	1	0
9	1	1	1	1	0
10	1	1	1	1	0
FOTO 2				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
3	0	0	0	0	1
4	1	1	1	1	0
5	1	1	1	1	0
6	NA	NA	NA	NA	NA
7	0	0	0	0	1
8	1	1	1	1	0
9	1	1	1	1	0
10	1	1	1	1	0

**Lanjutan Tabel 5.26 Rekapitulasi Tabel perhitungan  $P(E | H')$  Pekerjaan  
*Charging dan Steaming***

FOTO 3				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
3	0	0	0	0	1
4	1	1	1	1	0
5	1	1	1	1	0
6	0,33	0,33	0,33	0,33	0,67
7	0	0	0	0	1
8	1	1	1	1	0
9	1	1	1	1	0
10	1	1	1	1	0
FOTO 4				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
3	0	0	0	0	1
4	1	1	1	1	0
5	1	1	1	1	0
6	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
7	0	0	0	0	1
8	1	1	1	1	0
9	1	1	1	1	0
10	1	1	1	1	0

**Lanjutan Tabel 5.26 Rekapitulasi Tabel perhitungan  $P(E | H')$  Pekerjaan  
*Charging dan Steaming***

FOTO 5				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
3	0	0	0	0	1
4	1	1	1	1	0
5	1	1	1	1	0
6	0,33	0,33	0,33	0,33	0,67
7	0	0	0	0	1
8	1	1	1	1	0
9	1	1	1	1	0
10	1	1	1	1	0
FOTO 6				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
3	0	0	0	0	1
4	1	1	1	1	0
5	1	1	1	1	0
6	NA	NA	NA	NA	NA
7	0	0	0	0	1
8	1	1	1	1	0
9	1	1	1	1	0
10	1	1	1	1	0

**Lanjutan Tabel 5.26 Rekapitulasi Tabel perhitungan  $P(E | H')$  Pekerjaan  
*Charging dan Steaming***

FOTO 7				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
3	0	0	0	0	1
4	1	1	1	1	0
5	1	1	1	1	0
6	NA	NA	NA	NA	NA
7	0	0	0	0	1
8	1	1	1	1	0
9	1	1	1	1	0
10	1	1	1	1	0
FOTO 8				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
3	0	0	0	0	1
4	1	1	1	1	0
5	1	1	1	1	0
6	0,33	0,33	0,33	0,33	0,67
7	0	0	0	0	1
8	1	1	1	1	0
9	1	1	1	1	0
10	1	1	1	1	0

**Tabel 5. 27 Rekapitulasi Tabel perhitungan  $P(E | H')$  Pekerjaan *Tie Up***

FOTO 1					
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN			Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	0	0	0	0	1
3	NA	NA	NA	NA	NA
4	NA	NA	NA	NA	NA
5	NA	NA	NA	NA	NA
6	1	1	1	1	0
FOTO 2					
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN			Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	0	0	0	0	1
3	NA	NA	NA	NA	NA
4	NA	NA	NA	NA	NA
5	NA	NA	NA	NA	NA
6	1	1	1	1	0
FOTO 3					
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN			Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	0	0	0	0	1
3	NA	NA	NA	NA	NA
4	NA	NA	NA	NA	NA
5	NA	NA	NA	NA	NA
6	1	1	1	1	0
FOTO 4					
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN			Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	0	0	0	0	1
3	NA	NA	NA	NA	NA
4	NA	NA	NA	NA	NA
5	NA	NA	NA	NA	NA
6	1	1	1	1	0

Lanjutan Tabel 5.27 Rekapitulasi Tabel perhitungan  $P(E | H')$  Pekerjaan *Tie**Up*

FOTO 5				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	0	0	0	0	1
3	NA	NA	NA	NA	NA
4	NA	NA	NA	NA	NA
5	NA	NA	NA	NA	NA
6	1	1	1	1	0
FOTO 6				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	0	0	0	0	1
3	NA	NA	NA	NA	NA
4	NA	NA	NA	NA	NA
5	NA	NA	NA	NA	NA
6	1	1	1	1	0
FOTO 7				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	0	0	0	0	1
3	NA	NA	NA	NA	NA
4	NA	NA	NA	NA	NA
5	NA	NA	NA	NA	NA
6	1	1	1	1	0
FOTO 8				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	0	0	0	0	1
3	1	1	1	1	0
4	1	1	1	1	0
5	1	1	1	1	0
6	1	1	1	1	0

**Tabel 5. 28 Rekapitulasi Tabel perhitungan  $P(E | H')$  Pekerjaan Peledakan**

FOTO 1				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	1	1	1	1	0
3	NA	NA	NA	NA	NA
4	1	1	1	1	0
5	NA	NA	NA	NA	NA
6	NA	NA	NA	NA	NA
7	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
8	NA	NA	NA	NA	NA
9	NA	NA	NA	NA	NA
FOTO 2				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	NA	NA	NA	NA	NA
2	1	1	1	1	0
3	NA	NA	NA	NA	NA
4	1	1	1	1	0
5	NA	NA	NA	NA	NA
6	NA	NA	NA	NA	NA
7	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
8	NA	NA	NA	NA	NA
9	1	1	1	1	0
FOTO 3				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	NA	NA	NA	NA	NA
2	1	1	1	1	0
3	NA	NA	NA	NA	NA
4	1	1	1	1	0
5	NA	NA	NA	NA	NA
6	NA	NA	NA	NA	NA
7	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
8	NA	NA	NA	NA	NA
9	1	1	1	1	0



**Lanjutan Tabel 5.28 Rekapitulasi Tabel perhitungan  $P(E | H')$  Pekerjaan Peledakan**

FOTO 4				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	NA	NA	NA	NA	NA
2	1	1	1	1	0
3	NA	NA	NA	NA	NA
4	1	1	1	1	0
5	NA	NA	NA	NA	NA
6	1	1	1	1	0
7	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
8	NA	NA	NA	NA	NA
9	1	1	1	1	0
FOTO 5				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	NA	NA	NA	NA	NA
2	1	1	1	1	0
3	NA	NA	NA	NA	NA
4	1	1	1	1	0
5	NA	NA	NA	NA	NA
6	1	1	1	1	0
7	NA	NA	NA	NA	NA
8	NA	NA	NA	NA	NA
9	1	1	1	1	0
FOTO 6				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	NA	NA	NA	NA	NA
2	1	1	1	1	0
3	NA	NA	NA	NA	NA
4	1	1	1	1	0
5	NA	NA	NA	NA	NA
6	1	1	1	1	0
7	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
8	NA	NA	NA	NA	NA
9	1	1	1	1	0

**Lanjutan Tabel 5.28 Rekapitulasi Tabel perhitungan  $P(E | H')$  Pekerjaan Peledakan**

FOTO 7				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	NA	NA	NA	NA	NA
2	1	1	1	1	0
3	NA	NA	NA	NA	NA
4	1	1	1	1	0
5	NA	NA	NA	NA	NA
6	1	1	1	1	0
7	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
8	NA	NA	NA	NA	NA
9	1	1	1	1	0
FOTO 8				Final Score $P(E   H)$	$P(E   H')$
Checklist	NILAI $P(E   H)$ RESPONDEN				
	1	2	3		
1	NA	NA	NA	NA	NA
2	1	1	1	1	0
3	NA	NA	NA	NA	NA
4	1	1	1	1	0
5	NA	NA	NA	NA	NA
6	NA	1	1	1	0
7	0,66	0,66	0,66	0,66	0,34
8	1	1	1	1	0
9	NA	NA	NA	NA	NA

#### 5.3.4 Perhitungan $P(E_{comb} | H')$

$$\text{Rumus} \rightarrow P(E_{comb} | H') = P(E_1 | H') \times P(E_2 | H') \times P(E_3 | H') \times \dots \times P(E_n | H')$$

Contoh perhitungan  $P(E_{comb} | H')$  penilaian 3 responden menggunakan foto nomor 1 pekerjaan pengangkutan bahan peledak :

$$\begin{aligned} P(E_{comb} | H') &= 0,67 \times 0 \times 1 \times 0,34 \times 0 \times 0,34 \\ &= 0 \end{aligned}$$

#### 5.3.5 Perhitungan $P(H)$

Menghitung banyaknya kemungkinan dari pekerjaan aman.

$$\text{Rumus} \rightarrow P(H) = \frac{1}{\text{kemungkinan (evidence + safety score)}}$$

Contoh perhitungan  $P(H)$  penilaian 3 responden menggunakan foto nomor 1 pekerjaan pengangkutan bahan peledak :

Keterangan :

Kemungkinan = 4 (0 ; 0,33 ; 0,66 ; 1)

Evidence = Banyaknya bukti yang dapat dianalisis

Nilai aman (*Safety Score*) = 1

$$\begin{aligned} P(H) &= \frac{1}{4^{(6+1)}} \\ &= \frac{1}{4^7} \\ &= 0,0001 \end{aligned}$$

### 5.3.6 Perhitungan $P(H')$

Menghitung banyaknya kemungkinan dari pekerjaan tidak aman.

$$\text{Rumus} \rightarrow P(H') = \frac{\text{banyak kemungkinan skor selain aman}}{\text{kemungkinan (evidence + safety score)}}$$

Keterangan :

Banyak skor selain aman = 3 (0 ; 0,33 ; 0,66)

Kemungkinan = 4 (0 ; 0,33 ; 0,66 ; 1)

Evidence = Banyaknya bukti yang dapat dianalisis

Nilai aman (*Safety Score*) = 1

Contoh perhitungan  $P(H')$  penilaian 3 responden menggunakan foto nomor 1 pekerjaan pengangkutan bahan peledak :

$$\begin{aligned} P(H') &= \frac{3}{4^{(6+1)}} \\ &= \frac{3}{4^7} \\ &= 0,0002 \end{aligned}$$

### 5.3.7 Perhitungan $P(H | E_{\text{comb}})$

Menggunakan hasil dari tahap pertama sampai keenam untuk menghitung kemungkinan sebuah pekerjaan konstruksi yang aman digunakan berdasarkan pada informasi yang diperoleh dari foto

$$\text{Rumus} \rightarrow P(H | E_{\text{comb}})$$

$$= \frac{\{P(E_{comb} | H) \times P(H)\}}{\{P(E_{comb} | H) \times P(H)\} + \{P(E_{comb} | H') \times P(H')\}}$$

Contoh perhitungan  $P(H | E_{comb})$  penilaian 3 responden menggunakan foto nomor 1 pekerjaan pengangkutan bahan peledak :

$$\begin{aligned} P(H | E_{comb}) &= \frac{\{0 \times 0,0001\}}{\{0 \times 0,0001\} + \{0 \times 0,0002\}} \\ &= 0 \rightarrow \text{Tidak Aman} \end{aligned}$$

Perhitungan diatas adalah contoh pengolahan data menjadi tahapan analisis data dengan metode probabilitas bersyarat Theorema Bayes untuk penilaian keselamatan pekerjaan pengangkutan bahan peledak. Hasil akhir diperoleh nilai  $P(H | E_{comb}) = 0$ , yang berarti bahwa pekerjaan pengangkutan bahan peledak dilakukan dengan tidak aman. Perhitungan untuk analisis data disajikan dalam bentuk tabel sebagaimana perhitungan  $P(E_{comb} | H)$ ,  $P(E_{comb} | H')$ ,  $P(H)$ ,  $P(H')$ ,  $P(H | E_{comb})$  dicontohkan pada pengolahan data diatas dilakukan untuk semua foto konstruksi dengan penilaian 3 responden yang menjadi data, yaitu sejumlah 35 foto yang terdiri dari pekerjaan pengangkutan bahan peledak dengan 5 foto, pekerjaan *drilling* dengan 6 foto, pekerjaan *charging* dan *steaming* dengan 8 foto, pekerjaan *tie up* dengan 8 foto, dan pekerjaan peledakan dengan 8 foto.

Berikut adalah tabel hasil analisis data pekerjaan pengangkutan bahan peledak, pekerjaan *drilling*, pekerjaan *charging* dan *steaming*, pekerjaan *tie up*, dan pekerjaan peledakan.

**Tabel 5. 29 Hasil Analisis Data Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak**

Foto	$P(E_{comb}   H)$	$P(E_{comb}   H')$	$P(H)$	$P(H')$	$P(H   E_{comb})$
1	0,0000	0,0000	0,0009	0,0002	0,0000
2	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002	0,0000
3	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002	0,0000
4	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002	0,0000
5	0,0000	0,0000	0,0002	0,0007	0,0000

**Tabel 5. 30 Hasil Analisis Data Pekerjaan *Drilling***

Foto	$P(E_{comb}   H)$	$P(E_{comb}   H')$	$P(H)$	$P(H')$	$P(H   E_{comb})$
1	0,0626	0,0090	0,0002	0,0007	1
2	0,0313	0,0176	0,0002	0,0007	0
3	0,0949	0,0263	0,0010	0,0029	1
4	0,0949	0,0263	0,0010	0,0029	1
5	0,0313	0,0263	0,0002	0,0007	0
6	0,1897	0,0134	0,0010	0,0029	1

**Tabel 5. 31 Hasil Analisis Data Pekerjaan *Charging dan Steaming***

Foto	$P(E_{comb}   H)$	$P(E_{comb}   H')$	$P(H)$	$P(H')$	$P(H   E_{comb})$
1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
8	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

**Tabel 5. 32 Hasil Analisis Data Pekerjaan *Tie Up***

Foto	$P(E_{comb}   H)$	$P(E_{comb}   H')$	$P(H)$	$P(H')$	$P(H   E_{comb})$
1	0,0000	0,0000	0,0039	0,0117	0,0000
2	0,0000	0,0000	0,0039	0,0117	0,0000
3	0,0000	0,0000	0,0039	0,0117	0,0000
4	0,0000	0,0000	0,0039	0,0117	0,0000
5	0,0000	0,0000	0,0039	0,0117	0,0000
6	0,0000	0,0000	0,0039	0,0117	0,0000
7	0,0000	0,0000	0,0039	0,0117	0,0000
8	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002	0,0000

**Tabel 5. 33 Hasil Analisis Data Pekerjaan Peledakan**

Foto	P(Ecomb   H)	P(Ecomb   H')	P(H)	P(H')	P(H   Ecomb)
1	0,6600	0,0000	0,0010	0,0029	1,0000
2	0,6600	0,0000	0,0010	0,0029	1,0000
3	0,6600	0,0000	0,0010	0,0029	1,0000
4	0,6600	0,0000	0,0002	0,0007	1,0000
5	0,6600	0,0000	0,0010	0,0029	1,0000
6	0,6600	0,0000	0,0002	0,0007	1,0000
7	0,6600	0,0000	0,0002	0,0007	1,0000
8	0,6600	0,0000	0,0002	0,0007	1,0000

Berdasarkan Tabel 5.29 dilihat dari 5 foto pekerjaan pengangkutan bahan peledak yang menjadi data, semuanya memiliki nilai  $P(H | E_{comb}) = 0$ . Hal ini menunjukkan bahwa semua foto konstruksi pekerjaan pengangkutan bahan peledak dilaksanakan dengan tidak aman. Tabel 5.30 dilihat dari 6 foto pekerjaan *drilling* yang menjadi data, 2 foto memiliki nilai  $P(H | E_{comb}) = 0$  dan 4 foto memiliki nilai  $P(H | E_{comb}) \neq 0$ . Hal ini menunjukkan bahwa 2 foto konstruksi pekerjaan *drilling* dilaksanakan dengan tidak aman dan 4 foto konstruksi pekerjaan *drilling* dilaksanakan dengan aman. Tabel 5.31 dilihat dari 8 foto pekerjaan *charging* dan *steaming* yang menjadi data, semuanya memiliki nilai  $P(H | E_{comb}) = 0$ . Hal ini menunjukkan bahwa semua foto konstruksi pekerjaan *charging* dan *steaming* dilaksanakan dengan tidak aman. Tabel 5.32 dilihat dari 8 foto pekerjaan *tie up* yang menjadi data, semuanya memiliki nilai  $P(H | E_{comb}) = 0$ . Hal ini menunjukkan bahwa semua foto konstruksi *tie up* dilaksanakan dengan tidak aman. Tabel 5.33 dilihat dari 8 foto pekerjaan peledakan yang menjadi data, semuanya memiliki nilai  $P(H | E_{comb}) \neq 0$ . Hal ini menunjukkan bahwa semua foto konstruksi pekerjaan peledakan dilaksanakan dengan aman.

Hasil lain dari Tabel 5.30 dan Tabel 5.33 adalah semua gambar yang didefinisikan sebagai level tinggi keselamatan praktik konstruksi (lihat Tabel 5.30 dan Tabel 5.33 skor keamanan = 1.000) memiliki skor  $P(E_{comb} | H)$  yang berbeda (lihat Tabel 5.30 dan Tabel 5.33).

Sebagai contoh, foto 1 pekerjaan *drilling* memiliki nilai  $P(E_{\text{comb}} | H) = 0,0626$  (lihat Tabel 5.30), ini berarti kemungkinan pelaksanaan pekerjaan yang aman ditunjukkan pada gambar sebesar 6,26%. Foto 1 pekerjaan peledakan memiliki nilai  $P(E_{\text{comb}} | H) = 0,66$  (lihat Tabel 5.28), ini berarti kemungkinan pelaksanaan pekerjaan yang aman ditunjukkan pada gambar sebesar 66%.

Kedua foto tersebut didefinisikan sebagai tingkat keselamatan pelaksanaan konstruksi yang tinggi atau aman (keduanya dengan skor  $P(H | E_{\text{comb}}) 1,000$ ), lalu apa arti skor 6,26% atau 66%? Apakah 6,26% mengindikasikan hampir tidak aman atau kemungkinan besar tidak aman?. Bagaimana dengan 66% skor tersebut mengindikasikan aman atau mendekati aman atau mendekati tidak aman? Atau apakah mereka menunjukkan arti yang sama?

Diasumsikan keduanya mempunyai arti yang berbeda. Berdasarkan asumsi tersebut, maka permasalahannya adalah: 1. Bagaimana mengklasifikasikan skornya? 2. Apa arti dari setiap klasifikasi skor? Untuk mengatasi masalah ini, teori *fuzzy logic* dipilih.

#### 5.4 *Fuzzy Logic*

Setelah dilakukan analisis dengan Theorema Bayes, selanjutnya dilakukan analisis dengan pendekatan *fuzzy logic* terhadap setiap data yang telah dianalisis dengan Theorema Bayes dan memiliki hasil  $P(H | E_{\text{comb}}) \neq 0$ . Adapun pekerjaan dengan hasil  $P(H | E_{\text{comb}}) \neq 0$  pada analisis Theorema Bayes adalah 4 foto pekerjaan *Drilling* dan 8 foto pekerjaan Peledakan. Berikut ini akan dijelaskan metode pengklasifikasian dalam penelitian.

#### 5.5 Mengklasifikasikan Pelaksanaan Konstruksi Tingkat Keselamatan Tinggi

Rumus Teorema Bayes dipilih sebagai metode penilaian keselamatan berdasarkan foto konstruksi. Dari hasil analisa dengan Teorema Bayes terdapat 12 foto dengan tingkat keamanan tinggi (lihat Tabel 5.30 dan Tabel 5.33). Foto dengan tingkat keamanan yang tinggi memiliki nilai  $P(E_{\text{comb}} | H)$  yang berbeda-

beda. Ini mengasumsikan bahwa skor yang berbeda memiliki klasifikasi dan makna yang berbeda.

Untuk mengatasi masalah ini, dikembangkan metode untuk mengklasifikasikan praktik konstruksi atau pelaksanaan konstruksi berdasarkan teori *fuzzy logic* yang berhubungan dengan penalaran ketidakpastian, yaitu terutama berkaitan dengan pengukuran dan penalaran menggunakan bahasa alami dimana banyak kata memiliki arti yang ambigu, misalnya sedikit, sangat banyak, dan seterusnya. Sub bab 5.5 akan menguraikan metode pengklasifikasian praktik konstruksi sebagai suatu bagian sistem penilaian keselamatan.

## **5.6 Mengembangkan Metode untuk Mengklasifikasikan Tingkat Keamanan Pelaksanaan Konstruksi yang Tinggi**

Arti dari sesuatu yang mungkin dapat ditunjukkan dengan warna abu-abu dibandingkan dengan dikotomi sederhana hitam dan putih (Giarratano dan Riley, 1994 dalam Nugraheni, 2008). Hanya karena terdapat banyak corak abu-abu, demikian juga terdapat banyak gradasi yang berbeda makna di dunia nyata. Inilah konsep “fuzzy” yang sering diungkapkan dengan bahasa alami seperti “Sedikit”, “agak”, “Cukup”.

Derajat keanggotaan dalam himpunan *fuzzy* diukur dengan generalisasi fungsi karakteristik yang disebut fungsi keanggotaan, yang didefinisikan sebagai  $\mu_A(x): X \rightarrow [0,1]$  yang menyatakan memetakan semua elemen  $X$  ke dalam kodomain bilangan real yang didefinisikan dalam interval dari 0 sampai 1, dilambangkan dengan  $[0,1]$ . Fungsi keanggotaannya adalah bilangan real  $0 \leq \mu_A \leq 1$ , dimana 0 berarti tidak ada keanggotaan dan 1 berarti keanggotaan penuh dalam himpunan.

Tergantung pada aplikasinya, fungsi keanggotaan dapat dibangun dari pendapat seseorang atau sekelompok orang. Kurva-S merupakan fungsi matematika yang sering digunakan dalam himpunan fuzzy. Dalam definisi ini  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$  adalah parameter yang dapat disesuaikan agar sesuai dengan data keanggotaan yang diinginkan. Tergantung pada data keanggotaan, dimungkinkan



untuk memberikan kecocokan yang tepat untuk nilai  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$ , atau kecocokan tersebut mungkin hanya perkiraan atau secara intuitif.

Berdasarkan teori *fuzzy logic* tersebut, dalam penelitian ini tingkat keselamatan pelaksanaan konstruksi yang tinggi (aman) diklasifikasikan menjadi: kemungkinan besar aman, cukup aman, dan kemungkinan besar tidak aman. Istilah “kemungkinan besar aman” mengacu pada pelaksanaan yang tampaknya aman namun pakar keselamatan tidak terlalu yakin. Istilah “cukup aman” mengacu pada suatu praktik yang masih memiliki beberapa praktik yang tidak aman namun tidak terlalu banyak. Istilah “kemungkinan besar tidak aman” mengacu pada praktik yang memiliki lebih banyak praktik tidak aman dibandingkan praktik aman.

Untuk memetakan klasifikasi ini ke dalam fungsi keanggotaan kurva S, nilai parameter  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$  (lihat bagian 4.8.1) harus ditentukan. Pada Tabel 5.30 dan Tabel 5.33, hasilnya menyebutkan tidak ada foto yang mengacu pada aman total, ditunjukkan dengan  $P(E/H) \neq 1$ . Ini berarti semua foto dengan tingkat keselamatan tinggi memiliki keanggotaan pelaksanaan konstruksi diantara aman dan tidak aman. Fungsi spesifik ini harus ditentukan.

Nilai  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$  akan berupa nilai antara 0% dan 100% atau antara 0 dan 1 dan mengacu pada nilai kemungkinan. Untuk menentukan nilai  $\alpha$  terhadap kemungkinan pelaksanaan aman dapat dilakukan dengan pendekatan aproksimasi. Jika 0 mengacu pada tidak aman, maka 0,25 dipilih sebagai nilai minimum praktik aman. Berdasarkan literatur – literatur sebelumnya dimana nilai minimum praktik aman diambil secara intuitif. Secara intuitif dipilih nilai 0,25 menjadi nilai minimum, hal ini secara intuisi dimaksudkan masih ada toleransi yang boleh untuk tidak dikenakan, misal rompi pada siang hari karena secara dampak tidak terlalu berbahaya. Untuk nilai  $\gamma$  tentu saja nilai maksimumnya adalah 1, karena nilai kemungkinan tertinggi adalah 100% atau 1. Parameter  $\beta$  sesuai dengan titik potong 0,5 dan adalah  $(\alpha + \gamma)/2$ , dan seterusnya dengan menentukan nilai  $\alpha = 0,25$  dan  $\gamma = 1$  maka nilai  $\beta = 0,625$ . Begitu pula sebaliknya, untuk praktik konstruksi tidak aman, nilai kemungkinan terendah adalah 0% atau 0. Nilai  $\gamma$  kemungkinan praktik konstruksi tidak aman ditentukan dengan perkiraan dan dipilih 0,75.

Dengan demikian fungsi keanggotaan praktik konstruksi tidak aman mempunyai nilai  $\alpha = 0$ ,  $\beta = 0,375$ , dan  $\gamma = 0,75$ .

Perhitungan matematis untuk mengembangkan fungsi keanggotaan pada praktik konstruksi aman dan tidak aman ditunjukkan di bawah ini:

Fungsi keanggotaan praktek konstruksi aman mempunyai nilai  $\alpha = 0,25$ ,  $\beta = 0,625$ , dan  $\gamma = 1$ . Dengan menggunakan rumus matematika kurva S (lihat bagian 4.4.1 Persamaan 4.6), nilai sumbu y yang mengacu pada derajat keanggotaan dihitung sebagai berikut:

$S(x; 0,25; 0,625; 1)$

- Keanggotaannya adalah 0 untuk  $x \leq \alpha$ , dimana 0 untuk  $x \leq 0,25$

- $\alpha=0,25$ ;  $\beta=0,625$ ;  $\gamma=1$ , maka :

$$2\left(\frac{x-\alpha}{\gamma-\alpha}\right)^2 = 2\left(\frac{x-0,25}{1-0,25}\right)^2 = 3,556(x-0,25)^2 \text{ untuk } 0,25 \leq x \leq 0,625$$

Contoh untuk  $x=0,5$  maka  $y=0,222$

$$1 - 2\left(\frac{x-\gamma}{\gamma-\alpha}\right)^2 = 1 - 2\left(\frac{x-1}{1-0,25}\right)^2 = 1 - 3,556(x-1)^2 \text{ untuk } 0,625 \leq x \leq 1$$

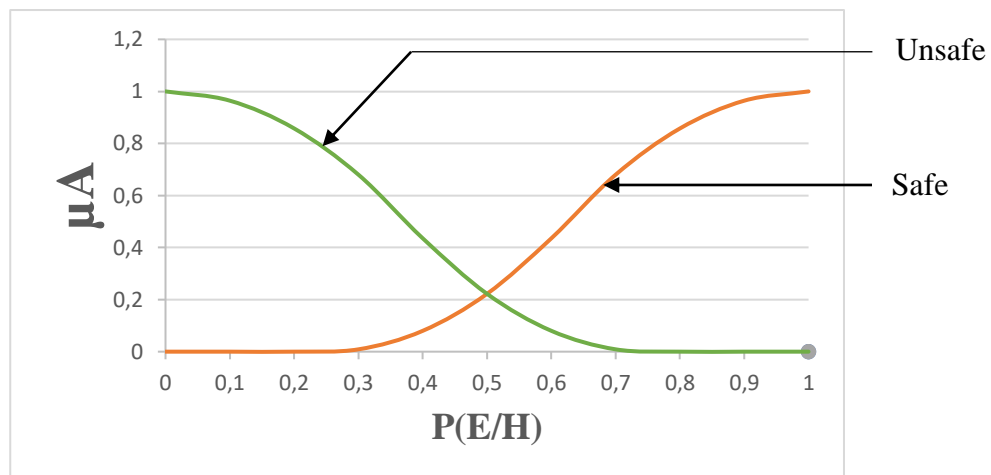
Contoh untuk  $x = 0,75$  maka  $y = 0,778$

- Keanggotaan 1 untuk  $x \geq \gamma$ , dimana 1 untuk  $x \geq 1$

Begitu pula untuk fungsi keanggotaan pelaksanaan tidak aman  $\alpha = 0$ ,  $\beta = 0,375$ , dan  $\gamma = 0,75$ . Untuk menghitung fungsi keanggotaan pada pelaksanaan konstruksi tidak aman, rumus matematika diubah. Untuk  $\alpha \leq x \leq \beta$ , rumusnya adalah  $1 - 2\left(\frac{x-\gamma}{\gamma-\alpha}\right)^2$  dan untuk  $\beta \leq x \leq \gamma$ , rumusnya adalah  $2\left(\frac{x-\alpha}{\gamma-\alpha}\right)^2$ . Seluruh perhitungan ditunjukkan pada Tabel 5.34, dan kurva-S dapat dilihat pada Gambar 5.7.

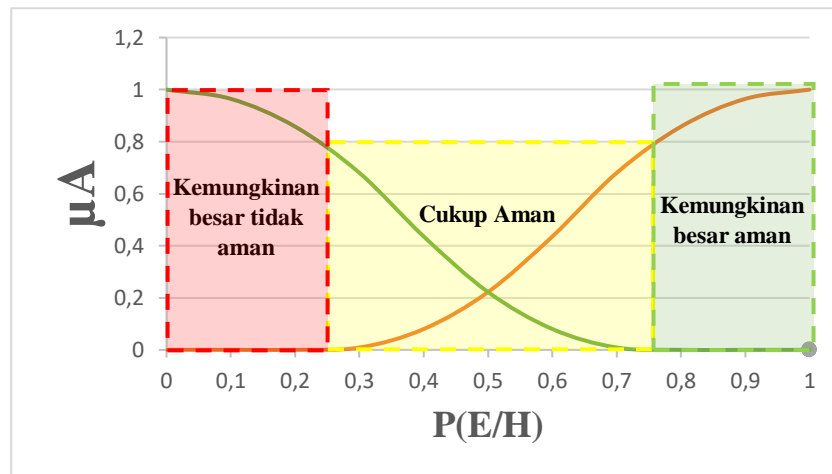
**Tabel 5. 34 Fungsi Keanggotaan untuk Kemungkinan Pelaksanaan Konstruksi yang Aman dan Tidak Aman**

Value X	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Safe	0,000	0,000	0,000	0,009	0,080	0,222	0,436	0,680	0,858	0,964	1,000
Unsafe	1	0,964	0,858	0,680	0,436	0,222	0,080	0,009	0,000	0,000	0,000



**Gambar 5. 7 Kurva Fungsi Keanggotaan untuk Kemungkinan Aman dan Tidak Aman Pelaksanaan Konstruksi**

Dari Gambar 5.7 terlihat bahwa untuk nilai  $x \leq 0,25$ , nilai keanggotaan pelaksanaan aman adalah 0% dan pelaksanaan tidak aman antara 82% hingga 100%. Area ini merupakan plot untuk istilah linguistik “kemungkinan besar tidak aman”. Untuk nilai  $0,25 \leq x \leq 0,75$ , tingkat keanggotaan untuk aman adalah antara 0% dan 77,8% dan untuk tidak aman masing-masing antara 0% dan 77,8%. Area ini merupakan plot untuk istilah linguistik “cukup aman”. Untuk nilai  $x \geq 0,75$ , nilai keanggotaan untuk aman adalah antara 82% hingga 100% dan untuk tidak aman adalah 0%. Area ini merupakan plot untuk istilah linguistik “kemungkinan besar aman”. Untuk lebih jelasnya, pada bagian berikut akan dijelaskan secara singkat dengan menggunakan kembali Gambar 5.7 dan kemudian menentukan wilayah peta untuk ketiga klasifikasi tersebut.



**Gambar 5. 8 Peta Klasifikasi Wilayah Dikembangkan dari Gambar 5.7**

Nilai keanggotaan ditunjukkan pada Tabel 5.34 (baris fungsi aman dan baris fungsi tidak aman) dan luas peta ditunjukkan pada Gambar 5.8. Berdasarkan pada Tabel 5.30 foto nomor 1 didefinisikan bahwa pelaksanaan pekerjaan *drilling* dilaksanakan secara aman dan memiliki nilai  $P(H | E_{comb}) = 1$  (lihat Tabel 5.25). Dari tabel yang sama, terlihat bahwa foto tersebut mempunyai skor  $P(E_{comb} | H) = 0,0626$  (lihat Tabel 5.30), artinya dapat diasumsikan bahwa informasi dalam foto juga mempertimbangkan pelaksanaan keselamatan konstruksi untuk aktivitas tertentu.

Berdasarkan nilai  $P(E_{comb} | H)$  maka nilai tersebut mengacu pada Tabel 5.34 dan disebut nilai  $x$ . Dari tabel tersebut terlihat bahwa nilai keanggotaan  $x = 0,0626$  mendekati nilai  $x = 0,100$ . Nilai  $x = 0,100$  mempunyai nilai keanggotaan sebesar 0 atau 0% untuk fungsi keanggotaan aman dan 0,964 atau 96,4% untuk fungsi keanggotaan tidak aman. Artinya dengan mengamati foto, dapat dinyatakan bahwa pelaksanaan *drilling* berdasarkan foto tersebut 0% aman dan 96,4% pelaksanaan tidak aman berdasarkan atribut keselamatan pekerjaan *drilling*.

Bila nilai tersebut dimasukkan pada Gambar 5.8, maka nilai 0% akan berada pada “kemungkinan besar tidak aman” sehingga foto nomor 1 pekerjaan *drilling*

dapat diklasifikasikan sebagai pelaksanaan pekerjaan dengan kemungkinan besar tidak aman.

Klasifikasi dilakukan untuk semua foto yang memiliki nilai  $P(H | E_{comb}) = 1$  (didefinisikan sebagai pelaksanaan konstruksi dengan tingkat keselamatan tinggi). Hasil proses pengklasifikasian seluruh foto dengan nilai  $P(H | E_{comb}) = 1$  adalah : empat foto pekerjaan *drilling* yaitu foto nomor 1, 3, 4, dan 6 “Kemungkinan Besar Tidak Aman” ; dan delapan foto pekerjaan peledakan yaitu foto 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, dan 8 “Cukup Aman”. Metode seperti ini dapat digunakan untuk mengklasifikasikan keselamatan pelaksanaan pekerjaan konstruksi dan metode ini dimasukkan dalam sistem penilaian keselamatan.

## 5.7 Pembahasan

### 5.7.1 Pembahasan Pekerjaan Pengangkutan Bahan Peledak

Berdasarkan Tabel 5.29 hasil penilaian keselamatan kerja pada pekerjaan pengangkutan bahan peledak menyatakan bahwa semua pekerjaan dilaksanakan secara tidak aman. Berikut ini adalah pembahasan berdasarkan penilaian atribut pada *checklist* standar keselamatan pekerjaan pengangkutan bahan peledak :

1. Pengangkutan bahan peledak menggunakan kendaraan khusus pengangkutan bahan peledak antara lain, *rotary lamp* berwarna merah, bendera merah, memiliki tulisan “awas bahan peledak” disisi sebelah kanan, kiri dan belakang, bak pengangkut bukan merupakan konduktor listrik (apabila merupakan konduktor listrik harus dilapisi bahan isolator dan dapat ditutup, detonator harus ditempatkan dalam wadah khusus yang bukan merupakan konduktor listrik dan terpisah satu sama lain, tersedia alat pemadam api ringan (APAR), serta alat atau kendaraan tidak digerakkan oleh listrik. Pada atribut keselamatan ini semua foto (5 foto) mendapatkan nilai 0,33 (cenderung tidak aman), nilai 0,33 tersebut dikarenakan hanya sebagian kecil yang memenuhi persyaratan.
2. Selama pengangkutan bahan peledak dari gudang ke lokasi peledakan, harus ada petugas keamanan dan personil peledakan yang ikut dalam perjalanan

pengawasan, begitu juga sebaliknya jika terdapat bahan peledak sisa yang akan dikembalikan ke gudang bahan peledak dari lokasi peledakan. Pada atribut keselamatan ini 3 foto yaitu foto 1, 3 dan 4 mendapatkan nilai 1 (aman), nilai 1 tersebut dikarenakan terdapat personil pengawasan (3 orang pengawal). Terdapat 2 foto yaitu foto 2 dan 5 mendapatkan nilai NA (*Not Available*), nilai NA tersebut dikarenakan di lapangan memenuhi persyaratan tetapi tidak terlihat di foto.

3. *Rotaru lamp* dan lampu bahaya pada unit pengangkutan harus senantiasa dinyalakan selama pengangkutan bahan peledak. Pada atribut keselamatan ini semua foto (5 foto) mendapatkan nilai 0 (tidak aman), nilai 0 tersebut dikarenakan pada kendaraan pengangkut bahan peledak tidak terdapat *rotary lamp*.
4. Unit pengawasan bahan peledak harus berada pada posisi di depan unit pengangkutan dengan jarak yang telah disesuaikan untuk pengamanan dan harus menyalakan sirine, *rotary lamp*, lampu depan dan lampu bahaya. Pada atribut keselamatan ini semua foto (5 foto) mendapatkan nilai 0,33 (cenderung tidak aman), nilai 0,33 tersebut dikarenakan hanya sebagian kecil persyaratan yang terpenuhi yaitu lampu depan dan lampu bahaya.
5. Selama kegiatan berlangsung dilarang : merokok, menyalakan api, bercanda dan melakukan tindakan yang dapat membahayakan keselamatan diri sendiri ataupun orang lain. Pada atribut keselamatan ini semua foto (5 foto) mendapatkan nilai 1 (aman), nilai 1 tersebut dikarenakan tidak ada petugas yang bertindak membahayakan.
6. Distribusikan bahan peledak dynamit, detonator, dan ammonimnitate fuel oil (ANFO) di dekat lubang ledak. Pada atribut keselamatan ini 1 foto yaitu foto 1 mendapatkan nilai 0,66 (cenderung aman), nilai 0,66 tersebut dikarenakan sebagian besar bahan peledak didistribusikan didekat lubang ledak. Terdapat 1 foto yaitu foto 2 mendapatkan nilai NA (*Not Available*), nilai NA tersebut dikarenakan di lapangan bahan peledak didistribusikan didekat lubang ledak tetapi tidak terlihat di foto. Terdapat 3 foto yaitu foto

3, 4, dan 5 mendapatkan nilai 1 (aman), nilai 1 tersebut dikarenakan semua bahan peledak didistribusikan didekat lubang ledak.

Pembahasan diatas dari 5 foto pekerjaan pengangkutan bahan peledak yang didapat dari lapangan, semua (5 foto) tersebut terdapat nilai 0 pada penilaian atribut *checklist* standar keselamatan pekerjaan pengangkutan bahan peledak yang berarti tidak aman sehingga mendapatkan hasil  $P(H | E_{comb}) = 0$  pada semua foto. Dengan adanya nilai 0 pada foto dapat terjadi kemungkinan kecelakaan kerja dalam pekerjaan pengangkutan bahan peledak yang diakibatkan tidak melaksanakan standar keselamatan dalam pekerjaan pengangkutan bahan peledak.

Atribut keselamatan pekerjaan pengangkutan bahan peledak yang sama sekali tidak diterapkan di lapangan yaitu tidak adanya *rotary lamp* pada kendaraan pengangkut bahan peledak.

#### 5.7.2 Pembahasan Pekerjaan *Drilling*

Berdasarkan Tabel 5.30 hasil penilaian keselamatan kerja pada pekerjaan *drilling* menyatakan bahwa 4 dari 6 foto pekerjaan dilaksanakan secara aman. Berikut ini adalah pembahasan berdasarkan penilaian atribut pada *checklist* standar keselamatan pekerjaan *drilling*:

1. Pemeriksaan lubang bor yang akan digunakan sebagai wadah memasukkan bahan peledak berikut dengan detonatornya harus diperiksa oleh *Drill & Blasting Foreman*, jarak lubang, kedalaman lubang dan jumlah lubang sesuai dengan yang dibutuhkan. Pada atribut keselamatan ini semua foto (6 foto) mendapatkan nilai 0,66 (cenderung aman), nilai 0,66 tersebut dikarenakan tidak semua lubang (sebagian besar) lubang yang dilakukan pemeriksaan terhadap jarak lubang dan kedalaman lubang.
2. Pekerja pelaksanaan *drilling* dilengkapi dengan APD (Alat Pelindung Diri) yang dipersyaratkan: Helm, *Safety shoes*, *safety glasses*, sarung tangan, dan masker debu. Pada atribut keselamatan ini semua foto (6 foto) mendapatkan nilai 0,66 (cenderung aman), nilai 0,66 tersebut dikarenakan sebagian besar *safety tool* yang digunakan para pekerja.

3. Sebelum dilaksanakan *drilling*, dilakukan instalasi *safety line* atau pemasangan bendera untuk menghindari orang selain petugas memasuki lokasi. Pada atribut keselamatan ini 4 foto yaitu foto 1, 2, 4, dan 5 mendapatkan nilai 0,33 (cenderung tidak aman), nilai 0,66 tersebut dikarenakan hanya sebagian kecil lokasi kerja yang dipasang *safety line*. Terdapat 1 foto yaitu foto 3 mendapatkan nilai 0,66 (cenderung aman), nilai 0,66 tersebut dikarenakan hanya sebagian besar lokasi yang dipasang *safety line*. Terdapat 1 foto yaitu foto 6 mendapatkan nilai NA (*Not Available*), nilai NA ini dikarenakan dilapangan dilakukan *safety line* tetapi tidak terlihat di foto.
4. Tidak ada pekerja disekitar *drilling machine* ( jarak >5m). Pada atribut keselamatan ini 3 foto yaitu foto 1, 4, dan 6 mendapatkan nilai 0,66 (cenderung aman), nilai 0,66 tersebut dikarenakan sebagian besar pekerja tidak berada di dekat *drilling machine*. Terdapat 3 foto yaitu foto 2, 3, dan 5 mendapatkan nilai 0,33 (cenderung tidak aman), nilai 0,33 dikarenakan sebagian kecil pekerja tidak berada di dekat *drilling machine*.
5. Pastikan kedalaman bor sesuai dan mengukur kedalaman bor dengan tongkat ukur (*stick steaming*). Pada atribut keselamatan ini 4 foto yaitu foto 1, 2, 5, dan 6 mendapatkan nilai 0,66 (cenderung aman), nilai 0,66 tersebut dikarenakan sebagian lubang diperiksa dengan *stick steaming*. Terdapat nilai NA (*Not Available*) pada 2 foto yaitu foto 3 dan 4, nilai NA tersebut dikarenakan di lapangan dilakukan pemeriksaan kedalaman bor tetapi tidak terlihat di foto.

Berdasarkan 6 foto yang didapat di lapangan dan dilakukan analisis dengan *Theorema Bayes*, 4 foto mendapatkan nilai  $P(H | E_{comb}) = 1$  yang berarti aman dan 2 foto mendapatkan nilai  $P(H | E_{comb}) = 0$  yang berarti tidak aman. Secara keseluruhan foto tersebut masih terdapat *unsafe action*, dimana berdasarkan teori Domino ke 3 (*unsafe action*) yang berarti dengan adanya tindakan tidak aman dapat menyebabkan *accident* (kecelakaan) dan *injury* (kerugian).

### 5.7.3 Pembahasan Pekerjaan *Charging* dan *Steaming*



Berdasarkan Tabel 5.31 hasil penilaian keselamatan kerja pada pekerjaan *charging* dan *steaming* menyatakan bahwa semua pekerjaan dilaksanakan secara tidak aman. Berikut ini adalah pembahasan berdasarkan penilaian atribut pada *checklist* standar keselamatan pekerjaan *charging* dan *steaming*.

1. Selama kegiatan berlangsung dilarang : merokok, menyalakan api, bercanda dan melakukan tindakan yang dapat membahayakan keselamatan diri sendiri ataupun orang lain. Pada atribut keselamatan ini semua foto (8 foto) mendapatkan nilai 1 (aman), nilai 1 tersebut dikarenakan tidak ada petugas yang bertindak membahayakan seperti merokok, menyalakan api ataupun bercanda selama kegiatan berlangsung.
2. Pekerja pelaksanaan *charging* dilengkapi dengan APD (Alat Pelindung Diri) yang dipersyaratkan: Helm, *Safety shoes*, *safety glasses*, *ear plug*, sarung tangan, dan masker debu. Pada atribut keselamatan ini semua foto (8 foto) mendapatkan nilai 0,66 (cenderung aman), nilai 0,66 tersebut dikarenakan hanya sebagian besar persyaratan *safety tool* yang digunakan. Sebagian pekerja tidak menggunakan *safety glasses*, sarung tangan, *ear plug* serta masker debu.
3. Pastikan lokasi kerja telah aman dari setiap kendaraan maupun alat berat. Pada atribut keselamatan ini semua foto (8 foto) mendapatkan nilai 0 (tidak aman), nilai 0 tersebut dikarenakan terdapat kendaraan atau alat berat di lokasi kerja dengan jarak <5m.
4. *Charging* dilaksanakan saat cuaca cerah dan tidak ada petir. Pada atribut keselamatan ini semua foto (8 foto) mendapatkan nilai 1 (aman), nilai 1 tersebut dikarenakan *charging* dilaksanakan saat cuaca cerah dan tidak terdapat petir.
5. Gunakan tongkat ukur untuk mengetahui sisa kolom penyumbatan. Pada atribut keselamatan ini semua foto (8 foto) mendapatkan nilai 1 (aman), nilai 1 tersebut dikarenakan panjang tongkat ukur sesuai dengan persyaratan.
6. Proses *charging* turut diawasi oleh pihak berwajib pihak kepolisian (Jumlah Polisi yang mengawasi setidaknya 3 orang). Pada atribut keselamatan ini 4

foto yaitu foto 1, 3, 5, dan 8 mendapatkan nilai 0,33 (cenderung tidak aman), nilai 0,33 tersebut dikarenakan hanya terdapat sebagian kecil (1 anggota kepolisian) yang turut mengawasi proses *charging*. Terdapat 1 foto yaitu foto 4 mendapatkan nilai 0,66, nilai 0,66 tersebut dikarenakan sebagian besar (2 anggota kepolisian) turut mengawasi proses *charging*. Terdapat 3 foto yaitu foto 2, 6, dan 7 mendapatkan nilai NA (*Not Available*), nilai NA dikarenakan do lapangan turut diawasi pihak kepolisian tapi tidak terlihat di foto.

7. Pemberian tanda berupa pita pada setiap lubang sebagai penanda lubang kering dan lubang basah serta diberikan tanda status ketinggian air dan kedalaman lubang. Pada atribut keselamatan ini semua foto (8 foto) mendapatkan nilai 0 (tidak aman), nilai 0 tersebut dikarenakan tidak ada lubang diberikan pita penanda.
8. Jika terdapat air di dalam lubang, bahan peledak terutama untuk AN / FO harus dikemas dengan plastik kemudian ujung plastik diikat kuat. Pada atribut keselamatan ini semua foto (8 foto) mendapatkan nilai 1 (aman), nilai 1 tersebut dikarenakan semua bahan peledak di lubang yang terdapat air dikemas dengan plastik.
9. Proses *steaming* dengan memasukkan material keras yang dipadatkan ke dalam lubang ledak menggunakan *stick* dan memastikan ujung *in hole delay* tidak masuk. Pada atribut keselamatan ini semua foto (8 foto) mendapatkan nilai 1 (aman), nilai 1 tersebut dikarenakan semua lubang sudah dilakukan proses *steaming*.
10. Jika terdapat sisa bahan peledak yang tidak digunakan harus dikembalikan ke dalam gudang bahan peledak. Pada atribut keselamatan ini semua foto (8 foto) mendapatkan nilai 1 (aman), nilai 1 tersebut dikarenakan semua bahan tersisa dibawa ke gudang bahan peledak atau semua bahan habis ditempat.

Pembahasan diatas dari 8 foto pekerjaan *charging* dan *steaming* yang didapat dari lapangan, semua foto (8 foto) yang didapat dari lapangan tersebut dikatakan tidak aman dikarenakan semua foto (8 foto) tersebut mendapatkan nilai 0 pada penilaian 2 atribut standar keselamatan pekerjaan *charging* dan *steaming*

dan mendapatkan nilai  $P(H | E_{comb})=0$ . Adanya nilai 0 dalam semua foto dapat terjadi kemungkinan kecelakaan kerja dalam pekerjaan *charging* dan *steaming* yang diakibatkan tidak melaksanakan standar keselamatan dalam pekerjaan *charging* dan *steaming*.

Atribut keselamatan pekerjaan *charging* dan *steaming* sama sekali tidak diterapkan di lapangan yaitu lokasi kerja telah aman dari setiap kendaraan maupun alat berat dan pemberian tanda berupa pita pada setiap lubang sebagai penanda lubang kering dan lubang basah serta diberikan tanda status ketinggian air dan kedalaman lubang.

#### 5.7.4 Pembahasan Pekerjaan *Tie Up*

Berdasarkan Tabel 5.32 hasil penilaian keselamatan kerja pada pekerjaan *tie up* menyatakan bahwa semua pekerjaan dilaksanakan secara tidak aman. Berikut ini adalah pembahasan berdasarkan penilaian atribut pada checklist standar keselamatan pekerjaan *tie up*.

1. Ujung *Det-cord/Tube In Hole Delay* / kabel Elektrik Detonator dirapihkan (tidak terlilit) untuk memudahkan pelaksanaan perangkaian (*Tie up*). Pada atribut keselamatan ini semua foto (8 foto) mendapatkan nilai 1 (aman), nilai 1 tersebut dikarenakan semua kabel elektrik detonator terpasang rapih (tidak terlilit).
2. Dilakukan pemeriksaan rangkaian sambungan tersambung sempurna (dengan isolator atau isolasi secara sempurna). Pada atribut keselamatan ini semua foto (8 foto) mendapatkan nilai 0 (tidak aman), nilai 0 tersebut dikarenakan semua sambungan tersambung tidak terisolasi.
3. Dilakukan pemeriksaan dengan alat ohm meter disetiap detonator kabel listrik dan kabel primer. Pada atribut keselamatan ini 7 foto yaitu foto 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 mendapatkan nilai NA (*Not Available*), nilai NA tersebut dikarenakan di lapangan semua ohm meter setiap detonator sesuai standar tapi tidak terlihat difoto. Terdapat 1 foto yaitu foto 8 mendapatkan nilai 1 (aman), nilai 1 tersebut dikarenakan Semua detonator dilakukan pemeriksaan.

4. Panjang kabel yang digunakan harus mencukupi sampai ke *shelter* minimum 300m. Pada atribut keselamatan ini 7 foto yaitu foto 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 mendapatkan nilai NA (*Not Available*), nilai NA tersebut dikarenakan di lapangan kabel yang digunakan mencukupi tapi tidak terlihat di foto. Terdapat 1 foto yaitu foto 8 mendapatkan nilai 1 (aman), nilai 1 tersebut dikarenakan Semua kabel yang digunakan mencukupi.
5. Detonator dipasang setelah semua manusia dan alat mekanis sudah berada pada radius aman. Pada atribut keselamatan ini 7 foto yaitu foto 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 mendapatkan nilai NA (*Not Available*), nilai NA tersebut dikarenakan di lapangan sudah sesuai syarat tapi tidak terlihat difoto. Terdapat 1 foto yaitu foto 8 mendapatkan nilai 1 (aman), nilai 1 tersebut dikarenakan detonator dipasang setelah semua manusia dan alat mekanis sudah berada pada radius aman.
6. Selama kegiatan berlangsung dilarang : merokok, menyalakan api, bercanda dan melakukan tindakan yang dapat membahayakan keselamatan diri sendiri ataupun orang lain. Pada atribut keselamatan ini semua foto (8 foto) mendapatkan nilai 1 (aman), nilai 1 tersebut dikarenakan tidak ada petugas yang bertindak membahayakan seperti merokok, menyalakan api ataupun bercanda saat melaksanakan kegiatan *tie up*.

Pembahasan diatas dari 8 foto pekerjaan *tie up* yang didapat dari lapangan, semua foto (8 foto) yang didapat dari lapangan tersebut dikatakan tidak aman dikarenakan semua foto (8 foto) tersebut mendapatkan nilai 0 pada penilaian 1 atribut standar keselamatan pekerjaan *tie up* dan mendapatkan nilai  $P(H | E_{comb}) = 0$ . Adanya nilai 0 dalam semua foto dapat terjadi kemungkinan kecelakaan kerja dalam pekerjaan *tie up* yang diakibatkan tidak melaksanakan standar keselamatan dalam pekerjaan *tie up*.

Atribut keselamatan pekerjaan *tie up* yang sama sekali tidak diterapkan di lapangan yaitu dilakukan pemeriksaan rangkaian sambungan tersambung sempurna (dengan isolator atau isolasi secara sempurna).

#### 5.7.5 Pembahasan Pekerjaan Peledakan

Berdasarkan Tabel 5.33 hasil penilaian keselamatan kerja pada pekerjaan peledakan menyatakan bahwa semua pekerjaan dilaksanakan secara aman. Berikut ini adalah pembahasan berdasarkan penilaian atribut pada checklist standar keselamatan pekerjaan peledakan.

1. Pelaksanaan peledakan turut didampingi oleh pihak kepolisian. Pada atribut keselamatan ini terdapat 1 foto yaitu foto 1 mendapatkan nilai 1 (aman), nilai 1 tersebut dikarenakan semua proses peledakan didampingi pihak kepolisian. Terdapat nilai NA (*Not Available*) pada 7 foto yaitu foto 2, 3, 4, 5, 6, 7, dan 8, nilai NA ini dikarenakan semua proses peledakan didampingi pihak kepolisian tapi tidak terlihat difoto.
2. Juru Ledak harus memastikan area peledakan dalam kondisi steril dari manusia, kendaraan dan alat berat. Pada atribut keselamatan ini semua foto (8 foto) mendapatkan nilai 1 (aman), nilai 1 tersebut dikarenakan semua area dalam kondisi steril.
3. Barikade harus ditempatkan di jalan akses untuk memastikan tidak ada orang masuk ke area peledakan. Pada atribut keselamatan ini semua foto (8 foto) mendapatkan nilai NA (*Not Available*), nilai NA tersebut dikarenakan di lapangan semua jalan akses dibarikade tapi tidak terlihat difoto.
4. Evakuasi alat atau pemindahan alat berat disekitar lokasi peledakan dengan jarak  $>300\text{m}$  dan Evakuasi semua orang keluar dari zona peledakan dengan jarak  $>500\text{m}$ . Pada atribut keselamatan ini semua foto (8 foto) mendapatkan nilai 1 (aman), nilai 1 tersebut dikarenakan semua alat dan manusia keluar dari zona peledakan.
5. Semua jalan masuk menuju lokasi diberi pintu atau rumah jaga. Pada atribut keselamatan ini semua foto (8 foto) mendapatkan nilai NA (*Not Available*), nilai NA tersebut dikarenakan di lapangan semua jalan masuk menuju lokasi diberi pintu tapi tidak terlihat difoto.
6. Pemasangan bendera pemblokiran 2 radius, yaitu bendera warna kuning dengan radius 300m jarak aman bagi unit atau alat berat, dan bendera warna hijau dan merah dengan radius 500m jarak aman bagi manusia. Pada atribut keselamatan ini 4 foto yaitu foto 1, 2, 3, dan 8 mendapatkan nilai NA (*Not*

*Available*), nilai NA tersebut dikarenakan di lapangan semua bendera terpasang tapi tidak terlihat difoto. Terdapat 4 foto yaitu foto 4, 5, 6, dan 7 mendapatkan nilai 1 (aman), nilai 1 tersebut dikarenakan semua bendera pemblokiran terpasang.

7. Letak *shelter* dalam minimal 200m dan tidak berada diposisi *free face* peledakan untuk menghindari *flying rock/boulder*. Pada atribut keselamatan ini semua foto (8 foto) mendapatkan nilai 0,66 (cenderung aman), nilai 0,66 tersebut dikarenakan sebagian besar persyaratan *shelter* terpenuhi.
8. Tersedia alat sirine yang akan digunakan sebagai sinyal peringatan dan pemberitahuan akan dilaksanakannya peledakan. Pada atribut keselamatan ini 7 foto yaitu foto 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 mendapatkan nilai NA (*Not Available*), nilai NA tersebut dikarenakan di lapangan tersedia alat sirine tapi tidak terlihat difoto. Terdapat 1 foto yaitu foto 8 mendapatkan nilai 1 (aman), nilai 1 tersebut dikarenakan tersedia alat sirine yang memadai.
9. Setelah peledakan terlaksana, maka *Blaster* harus melakukan pemeriksaan lokasi peledakan terhadap kemungkinan terjadinya gagal meledak (*misfire*). Pada atribut keselamatan ini terdapat 2 foto yaitu foto 1 dan 8 mendapatkan nilai NA (*Not Available*), nilai NA tersebut dikarenakan di lapangan dilaksanakan pemeriksaan pasca peledakan tapi tidak terlihat difoto. Terdapat 6 foto yaitu foto 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 mendapatkan nilai 1, nilai 1 tersebut dikarenakan semua lokasi diperiksa pasca peledakan.

Berdasarkan Tabel 5.33 dari 8 foto pekerjaan peledakan yang didapat dari lapangan, semua foto (8 foto) yang didapat dari lapangan tersebut dikatakan aman dikarenakan semua foto (8 foto) tersebut tidak ada yang mendapatkan nilai 0 pada penilaian atribut standar keselamatan pekerjaan peledakan serta memiliki hasil  $P(H | E_{comb}) = 1$ . Tidak adanya nilai 0 dalam foto dapat menyatakan bahwa pekerjaan peledakan telah melaksanakan standar keselamatan dalam pekerjaan peledakan.

### 5.7.6 Pembahasan *Fuzzy Logic*

Untuk mengetahui tingkat keamanan atau seberapa aman pada aktifitas pekerjaan *blasting* yang memiliki nilai  $P(H | E_{comb}) = 1$  (aman) yaitu pada pekerjaan *drilling* dan pekerjaan peledakan, maka dilakukan pendekatan dengan analisis *fuzzy logic*. Berdasarkan hasil pada klasifikasi yang dilakukan untuk semua foto dengan nilai  $P(H | E_{comb}) = 1$  (didefinisikan sebagai pelaksanaan konstruksi dengan tingkat keselamatan aman). Hasil proses pengklasifikasian seluruh foto dengan nilai  $P(H | E_{comb}) = 1$  adalah : empat foto pekerjaan *drilling* yaitu foto nomor 1, 3, 4, dan 6 “Kemungkinan Besar Tidak Aman” ; dan delapan foto pekerjaan peledakan yaitu foto 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, dan 8 “Cukup Aman”. Metode seperti ini dapat digunakan untuk mengklasifikasikan keselamatan pelaksanaan pekerjaan konstruksi dan metode ini dimasukkan dalam sistem penilaian keselamatan. Hasil dari penelitian ini secara keseluruhan menggambarkan bahwa pekerjaan *blasting* yang dilaksanakan tidak 100% aman, sehingga perlu upaya-upaya untuk meminimalisir kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja pada pekerjaan *blasting* tersebut.

## 5.8 Upaya Yang Harus Dilakukan Untuk Meminimalisir Kemungkinan Terjadinya Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan Blasting Pembangunan Bendungan Bener Purworejo

Hasil dari pembahasan bahwa 23 dari 35 foto mendapatkan nilai  $P(H|E_{comb})=0$  pada penilaian *checklist* standar keselamatan pekerjaan. Nilai 0 diartikan pelaksanaan pekerjaan *blasting* dilakukan secara tidak aman. Selain itu, 12 foto mendapatkan hasil  $P(H|E_{comb})=1$  yang artinya pekerjaan dilaksanakan dengan aman yang kemudian dilakukan pendekatan kembali dengan *fuzzy logic* terhadap pekerjaan yang memiliki nilai  $P(H|E_{comb})=1$  untuk mengetahui seberapa aman pekerjaan tersebut. Berdasarkan hasil dari *fuzzy logic* didapatkan bahwa 4 dari 12 foto diklasifikasikan pada “kemungkinan besar tidak aman” dan 8 dari 12 foto diklasifikasikan pada “cukup aman”. Berdasarkan pada hasil tersebut maka diperlukan upaya untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja pada pekerjaan *blasting*.

Berdasarkan teori kecelakaan kerja yang dipelopori oleh ahli keselamatan kerja Heinrich (1931), terdapat 5 faktor yang saling berhubungan dengan kecelakaan. Layaknya ilustrasi kartu domino yang diberdirikan apabila satu kartu terjatuh maka akan menimpa kartu lainnya. Sama seperti pelaksanaan pekerjaan *blasting* dilapangan, pada foto terdapat 1 penilaian yang 0 maka dapat memicu terjadinya kecelakaan kerja. Untuk mencegah satu faktor yang memicu kecelakaan kerja maka diperlukan upaya yang dilakukan supaya pelaksanaan pekerjaan *blasting* aman.

Upaya yang harus dilakukan untuk meminimalisir kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja pada pekerjaan *blasting* Pembangunan Bendungan Bener Purworejo adalah dengan melaksanakan atribut standar keselamatan Indonesia yang sama sekali tidak diterapkan di lapangan dan yang diterapkan tetapi belum memenuhi standar aman. Berikut ini adalah atribut yang sama sekali tidak diterapkan di lapangan dan yang diterapkan tapi belum memenuhi standar aman sebagai upaya untuk meminimalisir kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja:

1. *Rotary lamp* pada unit pengangkutan harus senantiasa dinyalakan selama pengangkutan bahan peledak.
2. Pastikan lokasi kerja telah aman dari setiap kendaraan maupun alat berat.
3. Pemberian tanda berupa pita pada setiap lubang sebagai penanda lubang kering dan lubang basah serta diberikan tanda status ketinggian air dan kedalaman lubang.
4. Dilakukan pemeriksaan rangkaian sambungan tersambung sempurna (dengan isolator atau isolasi secara sempurna).

Adapun upaya pelaksanaan pekerjaan dilakukan untuk meminimalisir kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja selain menerapkan atribut standar keselamatan kerja Indonesia juga dengan pendekatan pada hirarki pengendalian bahaya yang dapat menurunkan tingkat risiko atau bahayanya ke titik yang aman. Pengendalian Resiko/Bahaya dengan cara eliminasi memiliki tingkat keefektifan, kehandalan dan proteksi tertinggi di antara pengendalian lainnya. Dan pada urutan hierarki setelahnya, tingkat keefektifan, kehandalan dan proteksi menurun. Pengendalian resiko merupakan suatu hierarki (dilakukan berurutan sampai



dengan tingkat resiko/bahaya berkurang menuju titik yang aman). Hierarki pengendalian tersebut antara lain ialah eliminasi, substitusi, rekayasa teknik, administrasi dan alat pelindung diri (APD).

Pada penelitian ini, cara eliminasi dan substitusi tidak dapat dilakukan karena pekerjaan *blasting* tidak dapat dihilangkan atau diganti dengan metode lain mengingat lapisan batu yang cukup keras. Cara yang dapat dilakukan adalah pengendalian bahaya dengan melakukan rekayasa teknik sebagai berikut.

1. Kontraktor sebaiknya dapat melengkapi keperluan pekerjaan seperti kendaraan khusus pengangkut bahan peledak
2. Pembatasan lokasi kerja dengan *safety line*
3. Pembuatan lokasi parkir khusus kendaraan diluar lokasi kerja *blasting*

Metode pengendalian administrasi dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut.

1. Komitmen dari semua pihak yang berada didalam pelaksanaan proyek untuk selalu menaati atribut standar keselamatan
2. Melakukan pelatihan berkala terkait penggunaan APD dengan lengkap serta pemberian bimbingan teknis kepada pekerja terkait pentingnya penggunaan APD.
3. Pengawasan K3 kepada para perkerja, seperti dilakukan inspeksi pengecekan pemakaian alat pelindung diri sebelum pekerjaan dimulai.
4. Peraturan standar keselamatan harus dilaksanakan di lokasi proyek. Setiap hari perlu dilakukan pengecekan checklist atau pengawasan K3 terhadap para pekerja untuk menandai bahwa pekerja mematuhi memakai alat pelindung diri. Setelah dikumpulkan hasil checklist para pekerja, maka perlu dilakukan evaluasi di setiap akhir minggunya. Untuk pekerja yang jarang dan tidak pernah memakai alat pelindung diri perlu ditindak.

Hirarki pengendalian bahaya pada tingkatan alat pelindung diri (APD) sebagai berikut.

1. Perlengkapan alat pelindung diri (APD). Kontraktor juga wajib menganggarkan dana Jamsostek (Jaminan Sosial Tenaga Kerja) untuk mengantisipasi kejadian tidak terduga.

2. Kesadaran pekerja untuk memakai alat pelindung diri supaya terhindar dari kecelakaan kerja akibat faktor kelalaian kerja serta lingkungan kerja yang tidak aman.
3. Pengawasan K3 kepada para perkerja, seperti dilakukan inspeksi pengecekan pemakaian alat pelindung diri sebelum pekerjaan dimulai.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.9 Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan dengan mengambil data berupa 36 foto yang didapatkan dari proyek pekerjaan *blasting* Proyek Pembangunan Bendungan Bener Purworejo. Foto tersebut telah dianalisis dengan metode probabilitas bersyarat dan pendekatan dengan *Fuzzy Logic*, dari hasil analisis tersebut maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil analisis dengan probabilitas bersyarat pekerjaan *blasting* yang mencakup pekerjaan pengangkutan bahan peledak (semua foto) , pekerjaan *drilling* foto nomor 2 dan 5, pekerjaan *charging* dan *steaming* (semua foto) serta pekerjaan *tie up* (semua foto) dilaksanakan secara tidak aman.
2. Hasil analisis dengan probabilitas bersyarat pekerjaan *blasting* yang mencakup pekerjaan *drilling* pada foto nomor 1, 3, 4, dan 6 dan pekerjaan peledakan (semua foto) dilaksanakan secara aman.
3. Hasil analisis *Fuzzy Logic* empat foto pekerjaan *drilling* yaitu foto nomor 1, 3, 4, dan 6 termasuk pengklasifikasian “Kemungkinan Besar Tidak Aman” ; dan delapan foto pekerjaan peledakan yaitu foto 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, dan 8 termasuk pengklasifikasian “Cukup Aman”.
4. 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.

#### 5.10 Saran

Dari hasil penelitian dan pengolahan data maka peneliti memberikan saran sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya dilakukan tentang keselamatan kerja pada pekerjaan konstruksi selain *blasting* dan peluang terjadinya kecelakaan kerja.

2. Dengan mengetahui hasil nilai penerapan keselamatan kerja maka dapat memotivasi tenaga kerja konstruksi supaya dapat menerapkan aturan keselamatan kerja untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja.
3. Untuk dapat memotivasi tenaga kerja dengan baik maka universitas/instansi/lembaga dapat memberikan pelatihan/bimtek tentang keselamatan kerja dan juga dapat memberi masukan kepada kontraktor untuk mengendalikan kecelakaan kerja pada proyek konstruksi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, N. (2021). *Sistem pendukung keputusan pemeriksaan dan pengujian k3 listrik berbasis logika fuzzy*. Universitas Islam Sultan Agung.
- Ervianto, W. I. (2005). *Manajemen Proyek Konstruksi*. Andi.
- Firmansyah, F. (2022). *Pemanfaatan Foto Konstruksi Untuk Penilaian Keselamatan Kerja Pada Pekerjaan Pondasi*. Universitas Islam Indonesia.
- ISO 45001. (2018). *Occupational health and safety management system Requirements with guidance for use*.
- Jaya, A., Arief, J., Hakim, R., & Indonesia, S. (2015). *Analisa Faktor-faktor yang Mempengaruhi*. 4(1).
- Kartika, W. (2019). *Pemanfaatan Foto Konstruksi untuk Penilaian Keselamatan Kerja (K2) pada Pekerjaan Retaining Wall (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Hukum Universitas Islam Indonesia)*. Universitas Islam Indonesia.
- Keputusan Direktur Jenderal Mineral Dan Batubara Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral Nomor 309.K/30/DJB/2018 Tentang Petunjuk Teknis Keselamatan Bahan Peledak Dan Peledakan Serta Keselamatan Fasilitas Penimbunan Bahan Bakar Cair Pada Kegiatan Usaha*. (2018).
- Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik*. (2018).
- Marimin. (2004). *Teknik Dan Aplikasi Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk*.
- Menteri Tenaga Kerja. (1998). *Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor: 03/Men/1998 Tentang Tata Cara Pelaporan Dan Pemeriksaan Kecelakaan*.

- Modul Pelatihan Ahli Peledakan Pekerjaan Konstruksi Departemen Pekerjaan Umum Badan Pembinaan Konstruksi Dan Sumber Daya Manusia Pusat Pembinaan Kompetensi Dan Pelatihan Konstruksi Departemen Pekerjaan Umum.* (n.d.).
- Nugraheni, F. (2008). *The Use of Construction Images in A Safety Assessment System.* Curtin University of Technology.
- Peraturan Kepala Kepolisian Negara Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2017 Tentang Perizinan, Pengamanan, Pengawasan dan Pengendalian Bahan Peledak Komersial.* (2017).
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor PER.08/MEN/VII/2010 Tentang Alat Pelindung Diri.* (2010).
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012 Tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja.* (2012).
- Putra, B. A. (2019). *Dan, Analisis Incident Rate dalam upaya Zero Accident pada kegiatan Kesehatan Mall, Keselamatan Kerja (K3) di Proyek Pembangunan Grand Batam*No Title. Universitas Internasional Batam.
- Putra, L. A. (2023). *Analisis Keselamatan Konstruksi Pada Pekerjaan Galian Dan Timbunan Proyek Konstruksi Jalan.*
- Raja, B. (2018). Universitas Sumatera Utara Skripsi. *Analisis Kesadahan Total Dan Alkalinitas Pada Air Bersih Sumur Bor Dengan Metode Titrimetri Di PT Sucofindo Daerah Provinsi Sumatera Utara*, 44–48.
- Rozi, F. (2012). *Penilaian Keselamatan Kerja Penggunaan Perancah Bambu Dalam Proyek Pembangunan Gedung.* Universitas Islam Indonesia.
- Soenarto. (1994). Teknik Delphi Suatu Pendekatan Dalam Perencanaan Pendidikan. *Cakrawala Pendidikan*, 2.
- Vogel, C., Zwolinsky, S., Griffiths, C., Hobbs, M., Henderson, E., & Wilkins, E. (2019). A Delphi study to build consensus on the definition and use of big

data in obesity research. *International Journal of Obesity*, 43(12), 2573–2586. <https://doi.org/10.1038/s41366-018-0313-9>

Winanda, L. A., Wahyu Adi, T., & Anwar, N. (2019). Monitoring Keselamatan Pekerja Konstruksi Dengan Pendekatan Fuzzy Logic. *PROKONS Jurusan Teknik Sipil*, 12(1), 23. <https://doi.org/10.33795/prokons.v12i1.149>

# LAMPIRAN