

**MODIFIKASI GEOMETRI PELEDAKAN (*BLASTING*)
UNTUK MENINGKATKAN EFEKTIVITAS
PELEDAKAN (*BLASTING*) DI QUARRY
Studi Kasus : Proyek Pembangunan Bendungan Tugu**



**Disusun Oleh :
Birawan Sulistiyono
20914004**

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
MANAJEMEN KONSTRUKSI REGULER 1
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2022**

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR	v
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 STUDI PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Kesimpulan Penelitian Sebelumnya	10
2.3 Perbedaan dari Penelitian Sebelumnya.....	10
BAB III LANDASAN TEORI.....	11
3.1 Peledakan.....	11
3.1.1. Peubah yang tidak dapat dikendalikan	13
3.1.2. Peubah yang dapat dikendalikan	13
3.2 Bahan Peledak dan Sistem Inisiasi	13
3.2.1 Komposisi Kimia Bahan Peledak	14
3.2.2 Jenis-Jenis Peledak.....	14
3.2.3 Sistem Inisiasi/Detonator	14
3.3 Pola Pengeboran Pada Tambang Terbuka	17
3.4 Pola Peledakan Tambang Terbuka	18
3.5 Geometri Peledakan.....	23
3.5.1 Burden (B).....	23
3.5.2 Spasi	23
3.5.3 Stemming (T)	24
3.5.4 Subdrilling (J).....	24
3.5.5 Perhitungan Jumlah Bahan Peledak	25
3.5.6 Diameter lubang ledak.....	26
3.5.7 Tinggi jenjang.....	27
3.5.8 Fragmentasi	28
3.5.9 <i>Powder Factor</i>	29
3.5.10 Perhitungan volume yang akan diledakkan.....	29
3.5.11 Getaran Peledakan.....	31
3.6 Manajemen Risiko	32
3.6.1. Tahapan Manajemen Risiko.....	32
3.6.2. Implementasi Manajemen Risiko.....	35
3.7. Prosedur Galian Batu dengan Peledakan	35
3.7.1. Pengisian bahan peledak	35
3.7.2. Perangkaian	36

3.7.3. Peledakan.....	37
3.7.4. Setelah peledakan	37
3.7.5. <i>Quality Control</i>	38
3.7.6. Ilustrasi	38
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN.....	39
4.1 Uraian Umum	39
4.2 Metode Penelitian	39
4.3 Metode Pengumpulan Data.....	39
BAB V PEMBAHASAN	41
5.1 Data Teknis	41
5.2. Perencanaan Blasting	45
5.3. Hasil dan Pembahasan	51
5.3.1. Bahan Peledak.....	51
5.3.2. Pola Pemboran	52
5.3.3. Dimensi pemboran	53
5.3.4. Geometri Peledakan	53
5.4. Perhitungan Biaya dan Waktu Pekerjaan.....	59
5.4.1. Perhitungan Analisa Harga Pekerjaan.....	59
5.4.2. Waktu Pekerjaan	63
5.4.3. Biaya Pekerjaan.....	64
5.5. Analisis Manajemen Risiko	66
5.5.1. Identifikasi Risiko Pekerjaan Galian dengan Peledakan.....	66
5.5.2. Analisis Risiko Pekerjaan Galian dengan Peledakan.....	67
5.5.3. Prioritas Risiko	81
5.5.4. prosedur pekerjaan galian dengan peledakan.....	83
5.6. Rekapitulasi Analisis Biaya, waktu dan Risiko	88
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	89
6.1 Kesimpulan	89
6.2 Saran	90
DAFTAR PUSTAKA	91

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Penyebab yang membedakan pola penyebaran di areal bawah tanah dan terbuka	18
Tabel 3.2	Densitas pengisian untuk berbagai diameter lubang ledak dan densitas bahan peledak dalam kg/m	26
Tabel 3.3	Potensi yang terjadi akibat variasi stiffness ratio	27
Tabel 3.4	Kriteria Rattng Dampak	33
Tabel 3.5	Kriteria Rattng Probabilitas	33
Tabel 3.6	Matriks Tingkat Risiko	34
Tabel 3.7	Otoritas Risiko	34
Tabel 5.1	Kebutuhan Material Timbunan dari Quarry berdasarkan MC 0	41
Tabel 5.2	Perhitungan Volume Gunung Lojeh	43
Tabel 5.3	Rincian Biaya Peledakan dengan metode awal	59
Tabel 5.4	Rincian Biaya Peledakan dengan metode CJ Konya	60
Tabel 5.5	Rincian Biaya Peledakan dengan metode ICI-Explosive (<i>Trial & Error</i>)	61
Tabel 5.6	Rincian Biaya Tidak Langsung metode Aktual	62
Tabel 5.7	Rincian Biaya Tidak Langsung metode CJ Konya	62
Tabel 5.8	Rincian Biaya Tidak Langsung metode ICI-Explosive (<i>Trial & Error</i>)	63
Tabel 5.9	Biaya Risiko pada Pelaksanaan Peledakan Awal	68
Tabel 5.10	Risiko pada pelaksanaan peledakan Kombinasi	69
Tabel 5.11	Prioritas Risiko Peledakan Awal	81
Tabel 5.12	Prioritas Risiko Geometri Kombinasi	82
Tabel 5.13	Rekapitulasi Nilai Risiko	82
Tabel 5.14	Analisis Perbandingan biaya, waktu dan Risiko	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Sketsa Pola Pengeboran Pada Tambang Terbuka.....	17
Gambar 3.2	Peledakan pojok dengan pola staggered dan system insiasi echelon seta orientasi antar retakan 90^0	19
Gambar 3.3	Peledakan pojok dengan pola staggered dan system insiasi echelon prientasi antar retakan 60^0	20
Gambar 3.4	Peledakan pojok antar baris dengan pola bujursangkar dan sistem insiasi echelon	21
Gambar 3.5	Peledakan pojok antar baris dengan pola staggered	21
Gambar 3.6	Peledakan pada bidang bebas memanjang dengan pola V-cut bijursangkar dan waktu tunda close-interval (chevron)	22
Gambar 3.7	Peledakan pada bidang bebas memanjang dengan pola V-cut persegi panjang dan waktu tunda bebas	22
Gambar 3.8	Simbol geometri peledakan	25
Gambar 3.9	Hubungan variasi diameter lubang ledak dengan tinggi jenjang... ..	28
Gambar 4.1	Gambar Flowchart Metode Penelitian.....	40
Gambar 5.1	Denah Potongan untuk Perhitungan Volume Gunung Lojeh	42
Gambar 5.2	Potongan Melintang untuk Perhitungan Volume Gunung Lojeh ..	43
Gambar 5.3	Lokasi sekitar gunung Lojeh (Desa Sukolilo)	44
Gambar 5.4	Lokasi sekitar gunung Lojeh	44
Gambar 5.5	Perencanaan Blasting di Quarry	45
Gambar 5.6	Potongan Tipikal Quarry sesuai Perencanaan Blasting.....	46
Gambar 5.7	Potongan Tipikal Rencana Blasting di Quarry	46
Gambar 5.8	Perencanaan Blasting Tahap 1.....	47
Gambar 5.9	Perencanaan Blasting Tahap 2.....	48
Gambar 5.10	Ilustrasi Topografi Quarry setelah Blasting Tahap 2 dan Mekanisme Pelaksanaan Blasting Tahap 3	48
Gambar 5.11	Topografi Quarry setelah selesai pelaksanan Blasting	49
Gambar 5.12	Ilustrasi Potongan Melintang Rencana Blasting Tahap 2 dan 3... ..	50
Gambar 5.13	Pola Bor Staggered	52
Gambar 5.14	Dimensi Pemboran	53
Gambar 5.15	Papan Rambu.....	72
Gambar 5.16	Papan Pengumuman	73
Gambar 5.17	Diagram Alir Mekanisme Blasting.....	83
Gambar 5.18	Diagram Alir Mekanisme Galian Batu Dengan Peledakan	84
Gambar 5.19	Diagram Alir Pekerjaan Persiapan Blasting	85
Gambar 5.20	Diagram Alir Pekerjaan Pengisian Bahan Peledak	86
Gambar 5.21	Diagram Alir Pekerjaan Peledakan	87

HALAMAN PERSETUJUAN

TESIS
MODIFIKASI GEOMETRI PELEDAKAN (*BLASTING*)
UNTUK MENINGKATKAN EFEKTIVITAS
PELEDAKAN (*BLASTING*) DI QUARRY
Studi Kasus: Proyek Pembangunan Bendungan Tugu



(Ir. Fitri Nugraheni, ST, MT, Ph.D, IP-M.)
Dosen Pembimbing



Tanggal:

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS
MODIFIKASI GEOMETRI PELEDAKAN (*BLASTING*)
UNTUK MENINGKATKAN EFEKTIVITAS
PELEDAKAN (*BLASTING*) DI QUARRY
Studi Kasus: Proyek Pembangunan Bendungan Tugu

disusun oleh

Birawan Sulistiyono
20914004

Telah diuji oleh Dewan Penguji
pada tanggal 22 Juli 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

(Susunan Dewan Penguji)

Pembimbing



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

Penguji I



Prof. Ir. M. Agung Wibowo, M.M., M.Sc., Ph.D.

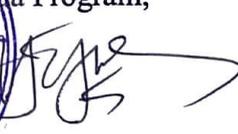
Penguji II



Albani Musyafa, S.T., M.T., Ph.D.

Yogyakarta, _____

Universitas Islam Indonesia
Program Studi Teknik Sipil, Program Magister
Ketua Program,



M. Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.

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 oranglain, 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 tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan inin, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 1 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Birawan Sulistivono
NIM : 20914004

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Trenggalek merupakan salah satu Kabupaten di Propinsi Jawa Timur yang terletak di bagian selatan dari wilayah Propinsi Jawa Timur. Kabupaten ini terletak pada koordinat $111^{\circ} 24'$ hingga $112^{\circ} 11'$ bujur timur dan $7^{\circ} 63'$ hingga $8^{\circ} 34'$ lintang selatan. Kota trenggalek adalah kota dengan luas 126.140 Ha, dimana $\frac{2}{3}$ bagian luasnya merupakan tanah pegunungan. Sedangkan sisa-nya ($\frac{1}{3}$ bagian) merupakan tanah dataran rendah. Ketinggian tanahnya diantara 0 hingga 690 meter diatas permukaan laut. Terdapat 3 kota yang berbatasan dengan kota trenggalek yaitu, kota ponorogo, kota pacitan dan kota tulungagung (Pemerintah Kabupaten Trenggalek, 2021)

Di wilayah kecamatan tugu, terdapat sungai keser yang merupakan salah satu sungai penyebab bencana banjir di kota trenggalek. Sehingga diwilayah itu perlu memiliki tampungan air agar di saat musim kemarau tidak mengalami kesulitan air atau kekeringan dan di saat musim penghujan tidak mengalami banjir. Sungai keser berpotensi menimbulkan bencana banjir pada saat musim penghujan. Dalam beberapa dekade, akibat banjir yang ditimbulkan oleh Sungai Keser, tercatat telah menimbulkan kerusakan dan genangan seluas tiga puluh sampai dengan ratusan hektar di bagian hilir sungai yang berkarakteristik meander dan melintasi kawasan pemukiman serta kawasan kegiatan ekonomi di Kota Trenggalek (Sudaryanto, 2016). Dengan adanya permasalahan tersebut maka pemerintah berupaya untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan membangun Bendungan Tugu yang mulai dikerjakan oleh PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk dengan konsultan PT Mettana.

Manajemen pengolahan air secara teknis juga sebagai upaya untuk mencegah bencana seperti banjir dan tanah longsor. Rencana pembangunan bendungan pada lokasi yang memiliki potensi sumber daya air terus dilakukan, salah satunya merupakan rencana pembangunan Bendungan Tugu yang terletak di desa Nglingsis, Kecamatan Tugu, Kabupaten Trenggalek. Lokasi pembangunan

bendungan tugu terletak di Sungai Keser yang merupakan salah satu anak dari Sungai Ngrowo yang secara administratif masuk kedalam DAS Brantas. Daerah disekitar bendungan tugu memiliki potensi sebagai lahan pertanian yang memiliki luas wilayah irigasi teknis sebesar 312 ha , irigasi setengah teknis 354 ha, irigasi sederhana 260 ha. Lahan lainnya berupa lahan kering dengan luas kebun 2089 ha, hutan rakyat sebesar 408 ha, dan hutan negara sebesar 2526 ha. Selain digunakan untuk memenuhi kebutuhan irigasi, Bendungan Tugu juga direncanakan dapat memenuhi kebutuhan air baku untuk 46.774 penduduk di 15 desa di Kecamatan Tugu. Total tampungan waduk Bendungan Tugu yang direncanakan sebesar 9.300.269,95 m³ yang akan dialokasikan sebagai penyedia air baku dan air irigasi sesuai data yang telah dijabarkan. (Sumber : Direktorat Jendral Sumber Daya Air BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI BRANTAS)

Saat ini, pembangunan Bendungan Tugu di kabupaten Trenggalek yang dilakukan oleh PT. Wijaya Karya sedang berjalan. Berbagai pekerjaan telah dilakukan, salah satunya adalah pekerjaan galian batu dengan peledakan. Pekerjaan galian batu dengan peledakan bertujuan untuk mengambil material timbunan untuk timbunan batu (Zona 5) dan rip rap (Zona 6) . Namun terdapat masalah pada pekerjaan tersebut. masalah yang terjadi adalah pekerjaan galian batu dengan peledakan hanya berjarak 120 m dari pemukiman. Hal ini cukup berbahaya karena pekerjaan peledakan menimbulkan beberapa efek antara lain suara keras, getaran dan *fly rock*. Efek yang terjadi tersebut berbahaya dan bisa menghambat pelaksanaan pekerjaan peledakan, apabila pekerjaan galian batu dengan peledakan terhambat maka akan menghambat pekerjaan timbunan batu (Zona 5) dan rip rap (Zona 6). Mengingat waktu pekerjaan timbunan rip rap harus dilaksanakan pertengahan Juli 2019. Oleh karena itu, diperlukan metode pelaksanaan pekerjaan galian batu dengan peledakanyang efektif dan *safety*. Hal ini bertujuan agar peledakan yang dilakukan mampu memenuhi kebutuhan material timbunan yang ada dan juga aman karena area peledakan dekat dengan pemukiman.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut ini adalah rumusan masalah berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan.

1. Bagaimana skema dan geometri peledakan yang aman dan efektif di Quarry Gunung Lojeh
2. Berapa biaya dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan galian batu dengan peledakan pada Proyek Pembangunan Bendungan Tugu Trenggalek
3. Apa saja risiko pekerjaan galian batu dengan peledakan pada Proyek Pembangunan Bendungan Tugu Trenggalek dan berapa cadangan biaya risiko yang harus disiapkan.
4. Berapa efisiensi yang dihasilkan dari penerapan modifikasi geometri peledakan untuk pekerjaan galian batu dengan peledakan pada Proyek Pembangunan Bendungan Tugu Trenggalek.

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut ini adalah tujuan penelitian berdasarkan rumusan masalah yang ada.

1. Mengetahui skema dan geometri peledakan yang efektif dilaksanakan untuk pekerjaan galian batu dengan peledakan pada Quarry Gunung Lojeh
2. Mengetahui biaya dan waktu untuk melaksanakan pekerjaan galian batu dengan peledakan di Quarry Gunung Lojeh
3. Mengetahui risiko, biaya dan cara mitigasi pekerjaan galian batu dengan peledakan pada Proyek Pembangunan Bendungan Tugu Trenggalek
4. Mengetahui efisiensi yang dihasilkan dari penerapan modifikasi geometri peledakan untuk pekerjaan galian batu dengan peledakan pada Proyek Pembangunan Bendungan Tugu Trenggalek

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki manfaat sebagai berikut.

1. Memberikan pengetahuan metode pekerjaan galian batu dengan peledakan untuk pekerjaan peledakan di dekat pemukiman.
2. Menjadi evaluasi untuk pelaksanaan pekerjaan galian batu dengan peledakan agar efisien, mutu baik, *safety* dan waktu yang cepat.
3. Memberikan pengetahuan prosedur pekerjaan galian batu dengan peledakan.

1.5 Batasan Penelitian

Hal-hal yang akan dibahas dalam makalah ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut.

1. Pekerjaan galian batu dengan peledakan dilakukan di Bendungan Tugu, Trenggalek.
2. Membandingkan efektifitas galian batu dengan peledakan metode aktual, metode CJ Konya dan ICI-*Explosive (Trial & Error)* di daerah dekat pemukiman.
3. Bahan peledak yang digunakan ANFO dan detonator listrik.
4. Jenis batuan mempunyai kuat tekan antara 350 sampai 750 kg/cm².

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Dian Abimanyu, Tommy Trides, Sakhdillah (2018) meneliti tentang evaluasi geometri peledakan terhadap fragmentasi batuan dan biaya peledakan PT. Teguh Sinarabadi, Kabupaten Kutai Barat Provinsi Kalimantan Timur. Batuan yang telah terberaikan atau yang disebut fragmentasi merupakan hal yang penting dari suatu hasil peledakan, karena fragmentasi batuan merupakan dampak langsung dari hasil peledakan yang akan mempengaruhi tahap selanjutnya. Berdasarkan standard perusahaan tingkat keberhasilan dari kegiatan peledakan adalah tingkat presentase boulder yang di bawah 15 %. Untuk menghasilkan fragmentasi yang baik banyak hal yang mempengaruhi yaitu geometri peledakan salah satu hal yang dapat dikontrol. Untuk mengetahui tingkat fragmentasi hasil peledakan dapat digunakan metode perhitungan dengan model kuz-ram dan teknik langsung dengan metode image analysis. Perhitungan biaya yang dikeluarkan juga perlu dihitung untuk mengetahui apakah kegiatan peledakan yang dilakukan ekonomis atau tidak. Delapan kali peledakan didapatkan tingkat fragmentasi boulder prediksi dengan menggunakan model kuz-ram yaitu: 19,72%, 16,56%, 14,35%, 16,35%, 14,09%, 14,94%, 15,27%, 16,90%. Sedangkan perhitungan tingkat fragmentasi batuan secara aktual digunakan metode image analysis dengan menggunakan software splitdektop 2.0, dan didapatkan tingkat fragmentasi boulder yaitu: 20,77%, 19,58%, 15,90%, 17,35%, 15,80%, 16,92%, 16,60 %, 17,56 %. Dari masing masing kegiatan peledakan dihitung berapa biaya total peledakan yang dikeluarkan, dan didapatkan total biaya yang dikeluarkan yaitu: 0,256 \$/BCM, 0,281 \$/BCM, 309 \$/BCM, 0,284 \$/BCM, 0,322 \$/BCM, 0,300 \$/BCM, 0,282\$/BCM, 0,274 \$/BCM. Selanjutnya diberikan rekomendasi geometri peledakan yang baru berdasarkan persamaan R. L Ash (1963), C. J. Konya (1972), Anderson (1952), dan Austin Powder. Dari perhitungan biaya peledakan dicari persamaan hubungan antara biaya total peledakan dengan

powder factor (PF) digunakan untuk mengestimasi biaya peledakan yang dikeluarkan sesuai dengan geometri usulan yang baru.

Rizki Maryura, M.Taufik Toha, Djuki Sudarmono (2013) meneliti tentang kajian pengurangan tingkat getaran tanah (ground vibration level) pada operasi peledakan interburden B2-C tambang batubara Air Laya PT. Bukit Asam (Persero), Tbk Tanjung Enim. PT. Bukit Asam (Persero), Tbk merupakan salah satu perusahaan tambang batubara yang wilayah penambangannya terletak di Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Sistem penambangan yang diterapkan adalah open pit. Dengan bantuan PT. Pamapersada Nusantara, perusahaan ini melakukan pembongkaran batuan interburden B2C Pit Tambang Air Laya menggunakan metode peledakan. Peledakan batuan menimbulkan getaran tanah yang apabila melebihi batas aman yaitu 5 mm/s pada jarak 500 m menyebabkan kerusakan pada bench di sekitarnya serta retakan bangunan perkantoran. Dengan geometri peledakan aktual burden 6 m, spasing 7 m, dan kedalaman rata-rata 7,8 m, dilakukan pengukuran getaran menggunakan alat Blasmate III sebanyak 28 kali. Pengukuran dibagi dalam tiga tahap. Tahap pertama diukur tanpa perubahan apapun. Tahap kedua diukur setelah dilakukan pengurangan isian bahan peledak menjadi 70 kg per lubang. Tahap ketiga setelah pengaturan delay dengan pola exchelon cut dan presplit, sehingga didapatkan hasil akhir rata-rata getaran 3,4 mm/s pada jarak 500 m. Keberhasilan peledakan sangat bergantung pada ketepatan pelaksanaan di lapangan dan juga beberapa faktor penting diantaranya: jarak pengukuran, isian bahan peledak per delay dengan isian ideal 70 kg per lubang, serta pengaturan delay dengan baik menggunakan pola exchelon cut. Ditambah dengan pemanfaatan metode *presplitting* untuk melindungi bench dari terpaan getaran. Pengukuran harus dilakukan secara berkala dengan menggunakan Blasmate III dan dievaluasi. Dengan demikian diharapkan permintaan perusahaan mendapatkan getaran 5 mm/s pada jarak 500 m dapat dicapai.

Ditta Listine, Nurhakim, Marelinus Untung Dwiatmoko , Excelsior T.P3 (2015) meneliti tentang studi teknis penentuan geometri peledakan dan *powder factor* (pf) pada pembongkaran bijih besi di PT Putera Bara Mitra, Desa Mentawakan Mulya Kec. Mantewe, Kab. Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan.

Lokasi penambangan bijih besi milik CV Bina Usaha yang dioperasikan oleh kontraktor yaitu PT Putera Bara Mitra, menggunakan metode pemboran dan peledakan agar memenuhi target produksi dan memperlancar proses pemuatan dan pengangkutan. Dalam setiap peledakan menghendaki ukuran fragmentasi yang sesuai dengan lebar bukaan crusher dan nilai Powder Factor (PF) yang ditentukan. Persamaan Kuznetsov memberikan ukuran fragmen batuan rata-rata dan persamaan Rossin-Rammler menentukan persentase material yang tertampung diayakan dengan ukuran tertentu. Selain itu, program Split desktop digunakan untuk membantu menganalisis gambar fragmen material hasil peledakan, hasilnya berupa grafik prosentase lolos material dan ukuran fragmen rata-rata yang dihasilkan dalam suatu peledakan. Geometri peledakan yang digunakan adalah burden 3 m x spasi 3 m, didapatkan hasil perhitungan teoritis persentase boulder ($\geq 50\text{cm}$) rata-rata sebanyak 45.36% dan 36.6% secara aktual dengan Powder Factor (PF) bervariasi. Dengan rekomendasi geometri peledakan menggunakan tinggi jenjang 5.5 m dan kedalaman lubang ledak 6 m, dengan burden antara 2.22 m – 2.5 m serta spasi 2.5 m – 2.63 m, Powder Factor 0.8 kg/m³ – 0.85 kg/m³, menghasilkan persentase boulder 13.09% - 14.92% (fragmentasi baik jika persentase boulder dibawah 15%) .

Rudi Hartono, Risanto Panjaitan, Aris Herdiansyah (2018) meneliti tentang studi metode peledakan pada PT Pro Intertech Indonesia Kotamadya Sorong Provinsi Papua Barat. Peledakan merupakan salah satu metode eksploitasi yang digunakan untuk mempermudah proses penambangan dan meningkatkan produksi., hal tersebut dilakukan karena endapan bahan galian tidak dapat diambil dengan cara yang biasa. Untuk mendapatkan hasil peledakan batuan yang maksimal, maka digunakanlah suatu metode peledakan yang tepat dan sesuai dengan kondisi batuan di lapangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi geometri peledakan dan menentukan metode peledakan yang sesuai untuk meningkatkan produksi peledakan. Pengumpulan data pada penelitian ini yaitu dengan cara observasi, wawancara dan studi dokumentasi. Metode yang digunakan dalam menganalisis data adalah Metode ‘The Modern Technique of Rock Blasting’ metode ini digunakan untuk menganalisis peledakan berdasarkan

geometri peledakan. PT.Pro Intertech Indonesia melakukan kegiatan penambangan dengan metode peledakan, desain geometri peledakan yang digunakan di lapangan saat ini adalah: burden (B) 1,5 m, spasi (S) 3,5 m, stemming (T) 2,5 m, subdrilling (U) 2,5 m, kedalaman lubang ledak 15 m, kemiringan 150 dan tinggi jenjang 12,07 m. Geometri tersebut memberikan hasil peledakan sebesar 10335,239 ton dan hasil tersebut belum sesuai dengan yang diharapkan, setelah dilakukan analisis dengan menggunakan metode The Modern Technique Of Rock Blasting didapatkan angka secara teoritis sebagai berikut: burden (B) 2,621 m, spasi (S) 3,276 m, stemming (T) 2,621 m, subdrilling (U) 0,91 m, kedalaman lubang ledak 13,629 m, kemiringan 150, dan tinggi jenjang 12,285 m. Desain geometri tersebut dapat meningkatkan produksi peledakan menjadi 10519,338 ton dan bahan peledak yang digunakan berkurang dari 1805,25 kg menjadi 1589,751 kg.

Hernoni Septiani, M Agung Wibowo, Syafrudin (2015) meneliti tentang aplikasi manajemen risiko pada pembangunan sistem penyediaan air minum (SPAM) regional Jawa Tengah (studi kasus pada pembangunan jaringan transmisi spam regional Bregas). Meningkatnya kebutuhan air minum serta tidak meratanya sumber air baku membutuhkan solusi bersama dalam wadah SPAM Regional di Jawa Tengah. Salah satunya adalah SPAM Regional Bregas dengan lokasi pelayanan Kabupaten Brebes, Kota Tegal dan Kabupaten Tegal. Pada pelaksanaan pembangunan jaringan transmisi muncul berbagai risiko yang menghambat sehingga perlu adanya penelitian lebih lanjut. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi risiko, menganalisa besaran probabilitas dan dampak risiko dan memberikan rekomendasi kebijakan. Responden penelitian ini adalah dari instansi pemerintah selaku penyelenggara proyek pembangunan jaringan transmisi SPAM Regional Bregas, serta konsultan supervisi dan kontraktor sebagai penyedia jasa. Metode yang digunakan dengan menyebar kuesioner pada masing-masing stakeholder untuk melakukan strukturisasi risiko menggunakan metode RBS (Risk Breakdown Structure) dan mengalikan nilai dampak dan frekuensi untuk mendapatkan nilai tingkat risiko pada tiap faktor risiko. Hasil analisis tersebut, dianalisa lebih lanjut berdasarkan pengalaman empiris dari para stakeholders

untuk mengetahui tindakannya dalam mengatasi risiko. Hasil penelitian menunjukkan bahwa risiko yang terjadi pada pekerjaan pembangunan Jaringan Transmisi Kawasan Bregas berbeda-beda bila dilihat dari masing masing stakeholder. Risiko dari persepsi konsultan supervisi 21,95% diterima, 18,29% dimitigasi, dan 59,76% dihindari. Risiko dari persepsi owner 32,93% diterima, 23,17% dimitigasi, dan 43,90% dihindari. Risiko dari persepsi kontraktor 23,17% diterima, 29,27% dimitigasi, dan 47,56% dihindari. Risiko terbesar menurut ketiganya ialah pembebasan lahan.

Asri Nurdiana, Bambang Setiabudib (2018) meneliti tentang aplikasi manajemen risiko pada proyek jalan tol Semarang-Solo Ruas Bawen-Solo. Pada proyek konstruksi pasti ada resiko. Risiko adalah konsekuensi dari kondisi ketidakpastian. Dalam proyek konstruksi, risikonya juga tidak dapat diprediksi karena ada banyak ketidakpastian untuk memprediksi masalah. Tujuan dari makalah ini adalah untuk mengidentifikasi risiko dari persepsi kontraktor; untuk menganalisis risiko dari kontraktor persepsi; dan untuk menetapkan respons risiko dari perspektif kontraktor pada proyek Tol Semarang-Solo (segmen Bawen-Solo). Data primer adalah identifikasi risiko dan penilaian risiko (probabilitas dan dampak risiko) yang diperoleh melalui wawancara dan kuesioner metode. Data sekunder berupa dokumen proyek dan penelitian sebelumnya. Analisis data dilakukan dengan metode Risk Breakdown Structure. Identifikasi risiko pada proyek Tol Bawen-Solo dibagi menjadi 4 kategori, yaitu risiko teknis, risiko pengadaan, risiko kontrak, dan risiko manajerial. Identifikasi risiko terdapat 11 risiko yang termasuk dalam kategori risiko atas. Berdasarkan analisis risiko yang telah dilakukan, risiko terbesar adalah kontraktual risiko, yaitu pemutusan kontrak karena keterlambatan proyek. Dari nilai risiko yang telah dianalisis, sebagian besar risiko berada pada tingkat risiko rendah (86%), maka risiko sedang (14%). Berdasarkan analisis respons risiko, 86% risiko respons diterima, dan 14% respons risiko adalah mitigasi.

2.2 Kesimpulan Penelitian Sebelumnya

Berdasarkan hasil penelitian-penelitian di atas, metode galian batu dengan peledakan dapat digunakan secara efektif apabila penentuan geometri peledakan tepat. Waktu pekerjaan lebih cepat, risiko pekerjaan juga bisa diminimalisir. Hasil penelitian dapat langsung digunakan untuk pekerjaan galian dengan peledakan di quarry, kawasan, dan berbagai wilayah yang memerlukan galian batu.

2.3 Perbedaan dari Penelitian Sebelumnya

Penelitian-penelitian di atas menggunakan detonater non electric, lokasi berada di tambang yang jauh dengan permukiman dan material yang dihasilkan tidak ada syarat khusus. Penelitian ini menggunakan detonator electric, jarak dari pemukiman terdekat kurang dari 200 meter, metode yang digunakan CJ Konya dan ICI-Explosive (*Trial & Error*) dan hasil galian (batu) akan digunakan untuk timbunan batu (zona 5) dan timbunan rip rap (zona 6) pada Proyek Pembangunan Bendungan Tugu Kab Trenggalek. Dengan adanya analisis geometri peledakan dan manajemen peledakan yang tepat diharapkan proses galian batu dengan peledak pada Proyek Pembangunan Bendungan Tugu Kab Trenggalek berjalan dengan lancar, mudah, efisien dan aman.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Peledakan

Peledakan adalah merupakan kegiatan pemecahan suatu material (batuan) dengan menggunakan bahan peledak atau proses terjadinya ledakan. Suatu operasi peledakan batuan akan mencapai hasil optimal apabila perlengkapan dan peralatan yang dipakai sesuai dengan metode peledakan yang diterapkan. Dalam membicarakan perlengkapan dan peralatan peledakan perlu hendaknya terlebih dahulu dibedakan pengertian antara kedua hal tersebut.

Peralatan peledakan (*Blasting equipment*) adalah alat-alat yang dapat digunakan berulang kali, misalnya blasting machine, crimper dan sebagainya. Sedangkan perlengkapan peledakan hanya dipergunakan dalam satu kali proses peledakan atau tidak bisa digunakan berulang kali. Untuk setiap metode peledakan, perlengkapan dan peralatan yang diperlukan berbeda-beda. Oleh karena itu agar tidak terjadi kerancuan dalam pengertian, maka dibuat sistematika berdasarkan tiap-tiap metode peledakan dalam arti bahwa perlengkapan dan peralatan akan dikelompokkan berdasarkan metodenya.

Pekerjaan peledakan adalah pekerjaan yang penuh bahaya. Oleh karena itu, harus dilakukan dengan penuh perhitungan dan hati-hati agar tidak terjadi kegagalan atau bahkan kecelakaan. Untuk itu operator yang melakukan pekerjaan peledakan harus mengerti benar tentang cara kerja, sifat dan fungsi dari peralatan yang digunakan. Karena persiapan peledakan yang kurang baik akan menghasilkan bisa menyebabkan hasil yang tidak sempurna serta mengandung resiko bahaya terhadap keselamatan pekerja maupun peralatan. Dalam hal ini pemilihan metode peledakan, pemilihan serta penggunaan peralatan dan perlengkapan juga berpengaruh terhadap hasil yang dicapai.

Pada prinsipnya, pecahnya batuan akibat energi peledakan dapat dibagi dalam 3 tahap, yaitu : *dynamic loading*, *quasi-static loading*, dan *release of loading*.

1. Proses pemecahan batuan tingkat I (*dynamic loading*)

Pada saat bahan peledak diledakkan di dalam lubang ledak, maka terbentuk temperatur dan tekanan yang tinggi. Hal ini mengakibatkan hancurnya batuan disekitar lubang ledak serta timbulnya gelombang kejut (*shock wave*) yang merambat menjauhi lubang ledak dengan kecepatan antara 3000 – 5000 m/detik, sehingga menimbulkan tegangan tangensial yang mengakibatkan adanya rekahan menjari mengarah keluar di sekitar lubang ledak.

2. Proses pemecahan batuan tingkat II (*quasi-static loading*)

Tekanan yang meninggalkan lubang ledak pada proses pemecahan tingkat II adalah positif. Apabila *shock wave* mencapai bidang bebas (*free face*) akan dipantulkan kemudian berubah menjadi negatif sehingga menimbulkan gelombang tarik (*tensile wave*). Karena gelombang tarik ini lebih besar dari kekuatan tarik batuan, maka batuan akan pecah dan terlepas dari batuan induknya (*spalling*) yang dimulai dari tepi bidang bebasnya.

3. Proses pemecahan batuan tingkat III (*release of loading*)

Karena pengaruh tekanan dan temperatur gas yang tinggi maka retakan menjari yang terjadi pada proses awal akan meluas secara cepat yang diakibatkan oleh kekuatan gelombang tarik dan retakan menjari. Massa batuan yang ada di depan lubang ledak akan terdorong oleh terlepasnya kekuatan gelombang tekan yang tinggi dari dalam lubang ledak, sehingga pemecahan batuan yang sebenarnya akan terjadi. Umumnya batuan akan pecah secara alamiah mengikuti bidang –bidang yang lemah, seperti kekar dan bidang perlapisan

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi dalam merancang peledakan. Faktor faktor yang mempengaruhi kegiatan peledakan dapat dikelompokkan dalam dua kategori yaitu peubah yang dapat dikendalikan (*controllable variable*) dan tidak dapat dikendalikan (*uncontrollable variable*).

3.1.1. Peubah yang tidak dapat dikendalikan

Adalah faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan oleh kemampuan manusia, hal ini disebabkan karena prosesnya terjadi secara alamiah. Yang termasuk faktor-faktor ini adalah :

1. Geologi
2. Struktur Diskontinuitas
3. Sifat dan kekuatan batuan
4. Pengaruh air tanah
5. Kondisi cuaca

3.1.2. Peubah yang dapat dikendalikan

Adalah faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan oleh kemampuan manusia dalam merancang suatu peledakan untuk memperoleh hasil peledakan yang diharapkan. Adapun faktor-faktor tersebut adalah :

1. Bahan peledak
2. Kemiringan lubang ledak
3. Pola pemboran
4. Geometri bahan peledak

3.2 Bahan Peledak dan Sistem Inisiasi

Pemerintah Indonesia telah menentukan jenis-jenis bahan peledak dengan merujuk Peraturan Kapolri No 2 tahun 2008 tentang pengawasan, pengendalian dan pengamanan bahan peledak komersial serta Peraturan Menteri Pertahanan No 36 tahun 2012 tentang pedoman dan tata cara perixina pembunaan pengembangan, pengawasan dan pengendalian 13isbandi bahan peledak yang diperbarui dengan Peraturan Menteri Pertahanan Republik Indonesia No 5 tahun 2016 tentang pembinaan dan pengembangan 13isbandi bahan peledak. Mengacu pada peraturan-peraturan tersebut, bahan peledak dapat dikelompokkan menjadi empat kelompok yaitu bahan peledak (explosives) adalah bahan/zat yang berbentuk cair, padat, gas atau campurannya yang apabila dikenai suatu aksi berupa panas, benturan, gesekan akan berubah secara kimiawi menjadi zat-zat lain yang lebih stabil, yang 13isbandi besar atau seluruhnya berbentuk gas dan perubahan

tersebut berlangsung dalam waktu yang amat singkat, disertai efek panas dan tekanan yang sangat tinggi.

3.2.1 Komposisi Kimia Bahan Peledak

Berdasarkan komposisi kimia, bahan peledak dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Senyawa tunggal terdiri dari satu macam senyawa saja yang sudah merupakan bahan peledak. Senyawa tunggal ini dibagi menjadi dua kelompok, yaitu :
 - a. Senyawa an-organik misalnya : PbN_6 , Amonium nitrat.
 - b. Senyawa 14isband misalnya : Nitrogliserin, Trinitrotoluena, dll.
2. Campuran yang merupakan penggabungan dari berbagai macam senyawa tunggal. Misalnya : dinamit, black powder, ANFO, dan lain-lain.

3.2.2 Jenis-Jenis Peledak

Ledakan merupakan reaksi kimia yang merambat dari satu titik ke titik lain dalam massa bahan peledak tersebut. Berdasarkan kecepatan rambat tersebut bahan peledak dibagi menjadi :

3.2.2.1 Bahan peledak rendah (Low explosives)

Kecepatan rambat reaksinya rendah (umumnya dibawah 1.000 m/detik), umumnya digunakan sebagai bahan pendorong atau propelan. Misalnya : black powder (sumbu api), propelan (single base, double base).

3.2.2.2 Bahan peledak tinggi (High Explosives) yang terdiri dari :

1. Bahan peledak non initial
2. Bahan peledak penghantar
3. Bahan peledak penghancur
4. Bahan peledak initial. Misalnya: Mercury fuminat, Tetrazene

3.2.3 Sistem Inisiasi/Detonator

Detonator merupakan alat pemicu awal yang menimbulkan inisiasi dalam bentuk ledakan kecil sebagai bentuk aksi yang memberikan efek kejut terhadap bahan peledak peka detonator. Bahan selubung luar dari detonator ini terbuat dari aluminium atau tembaga yang berisi bahan peledak kuat dengan jumlah tertentu yang menentukan kekuatan dari ledakannya dan juga sebagai bahan penimbul

panas. Detonator dikelompokkan menjadi 4 jenis, yaitu detonator biasa, detonator listrik, detonator nonel, dan detonator elektronik.

3.2.3.1 Detonator Biasa

Bagian-bagian utama dari detonator biasa adalah ramuan pembakar, isian utama dan isian dasar dengan mekanisme peledakan diawali dari sumber panas yang berasal langsung dari api melalui sumbu api yang akan membakar ramuan pembakar. Panas yang ditimbulkan oleh ramuan pembakar akan menginisiasi isian utama yang selanjutnya meledakkan isian dasar. Detonator jenis ini juga bisa meledak bila terkena panas yang berlebih, dipukul-pukul, dan dibanting keras. Kelebihan dari detonator tipe ini adalah tidak dipengaruhi oleh gelombang radio dan arus liar dari dalam bumi, lebih praktis, murah, dan mudah mengontrol untuk meledakkan beberapa lubang ledak dalam cuaca normal. Sedangkan kelemahannya adalah jumlah lubang yang diledakkan terbatas, dan harus terlebih dahulu tersambung dengan sumbu api.

3.2.3.2 Detonator Listrik

Bagian-bagian utama dari detonator listrik adalah *legwire* yang terdiri dari kabel listrik dan selubung kabel, fusehead yang berisi kawat halus dan ramuan pembakar, isian utama, dan isian dasar. Mekanisme peledakan dari detonator jenis ini adalah setelah listrik mengalir melalui *legwire*, bagian *fusehead* di dalam detonator akan memijar. Setelah pijar dari kawat terbentuk, maka ramuan pembakar langsung terbakar dan timbul energi panas dalam ruang detonator yang akan menginisiasi ruang utama. Ledakan pada isian utama akan menginisiasi isian dasar yang menghasilkan intensitas ledakan yang lebih besar sesuai dengan beratnya. Untuk menginisiasi detonator listrik harus digunakan alat pemicu seperti *blasting machine*. Kelebihan dari detonator listrik adalah jumlah lubang yang dapat diledakkan secara bersamaan 15isbandi lebih banyak, pola ledakan dapat bervariasi serta penanganan lebih mudah dan praktis. Sedangkan kelemahannya adalah detonator jenis ini tidak dapat digunakan dalam cuaca mendung apalagi disertai kilat yang dapat mengaktifkan aliran listrik sehingga dapat terjadi ledakan *premature*.

3.2.3.3 Detonator Nonel (Non Elektrik)

Bagian-bagian utama dari detonator ini adalah sumbu nonel, plug penutup tidak tembus air, penyumbat anti statis, elemen transisi, elemen tunda, pelapis baja, isian utama, tabung aluminium, dan isian dasar. Isian bahan peledak detonator nonel sama seperti detonator lainnya, namun detonator ini memiliki sifat tahan terhadap air ataupun kondisi batuan yang berair sehingga dapat digunakan pada cuaca mendung atau udara yang mengandung arus listrik normal. Sumbu nonel digunakan untuk menginisiasi detonator nonel dengan alat pemicu khusus yang disebut shot firer atau shot gun atau juga bisa menggunakan detonator listrik. Detonator jenis ini banyak digunakan dalam kegiatan *blasting* di suatu tambang. Kelebihannya adalah jumlah lubang yang dapat diledakkan cukup banyak, bisa mencapai ratusan. Adanya waktu tunda pada detonator ini dapat menghasilkan arah lemparan fragmentasi lebih presisi, butiran fragmentasi lebih baik dan getaran dapat lebih dikurangi. Sedangkan kelemahannya adalah harus berhati-hati dalam mengatur waktu tunda baik di permukaan maupun di dalam lubang ledak agar tidak gagal ledak.

3.2.3.4 Detonator Elektronik

Detonator elektronik adalah detonator berkekuatan tinggi yang modern, dan dapat 16isbandin sepenuhnya. Setiap detonator berisi papan sirkuit yang dapat 16isbandin untuk memulai pada waktu milidetik yang tepat dalam urutan penembakan. Sistem penembakan digital yang digunakan untuk inisiasi dari setiap rangkaian ini disimpan dalam perangkat lunak yang hanya dapat dimulai oleh peralatan khusus yang menawarkan keuntungan dalam keselamatan dan keamanan dibandingkan sistem tradisional. Detonator jenis ini dibuat dengan kemampuan peledakan dari jarak jauh, sehingga juga aman dari *over voltage*, arus liar, dan juga dapat mencegah terjadinya overlap. Dengan penyesuaian terus menerus dari model prediksi dari waktu ke waktu, kualitas prediksi, fragmentasi, dan bentuk dinding menjadi lebih realistis sehingga model prediksi dapat digunakan untuk meningkatkan desain ledakan dari sistem peledakan elektronik. Detonator ini sduah banyak digunakan dalam proses *blasting* baik di tambang terbuka ataupun tambang bawah tanah di Indonesia.

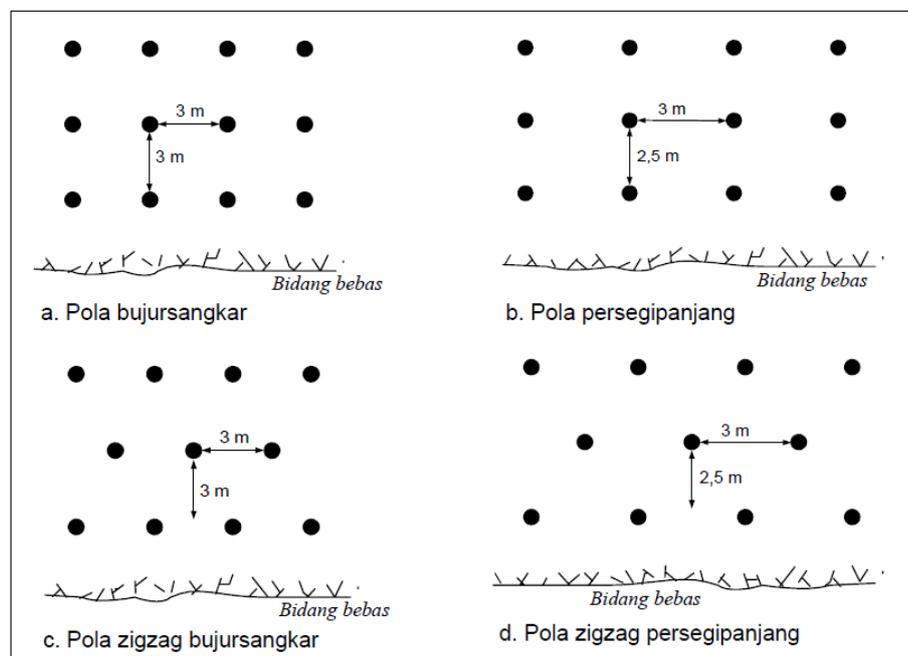
3.3 Pola Pengeboran Pada Tambang Terbuka

Keberhasilan suatu peledakan salah satunya terletak pada ketersediaan bidang bebas yang mencukupi. Minimal dua bidang bebas yang harus ada. Peledakan dengan hanya satu bidang bebas, disebut *crater blasting*, akan menghasilkan kawah dengan lemparan fragmentasi ke atas dan tidak terkontrol. Dengan mempertimbangkan hal tersebut, maka pada tambang terbuka selalu dibuat minimal dua bidang bebas, yaitu

1. Dinding bidang bebas dan
2. Puncak jenjang (*top bench*).

Selanjutnya terdapat tiga pola pengeboran yang mungkin dibuat secara teratur, yaitu :

1. Pola bujursangkar (*square pattern*), yaitu jarak burden dan spasi sama
2. Pola persegi panjang (*rectangular pattern*), yaitu jarak spasi dalam satu baris lebih besar 17isbanding burden
3. Pola zigzag (*staggered pattern*), yaitu antar lubang bor dibuat zigzag yang berasal dari pola bujursangkar maupun persegipanjang.



Gambar 3.1 Sketsa Pola Pengeboran Pada Tambang Terbuka

3.4 Pola Peledakan Tambang Terbuka

Terdapat perbedaan dalam rancangan pola pengeboran untuk areal bawah tanah dan terbuka. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain luas area, volume hasil peledakan, suplai udara segar, dan keselamatan kerja. Tabel 1 memperlihatkan beberapa penyebab atau penyebab yang membedakan pola pengeboran di tambang bawah tanah dan terbuka.

Tabel 3.1 Penyebab yang membedakan pola penyebaran di areal bawah tanah dan terbuka

Faktor	Areal bawah tanah	Areal terbuka
Luas area	Terbatas, sesuai dimensi bukaan yang luasnya dipengaruhi oleh kestabilan bukaan tersebut.	Lebih luas karena terdapat dipermukaan bumi dan dapat memilih area yang cocok
Volume hasil peledakan	Terbatas, karena dibatasi oleh luas permukaan bukaan, diameter mata bor dan kedalaman pengeboran, sehingga produksi kecil.	Lebih besar, bisa mencapai ratusan ribu meter kubik per peledakan, sehingga dapat direncanakan target yang besar.
Suplai udara segar	Tergantung pada jaminan system ventilasi yang baik.	Tidak bermasalah karena dilakukan pada udara terbuka
Keselamatan kerja	Kritis, diakibatkan oleh: ruang yang terbatas, guguran batu dari atap, tempat untuk terbatas.	Relatif lebih aman karena seluruh pekerjaan dilakukan pada area terbuka.

Adanya urutan peledakan berarti terdapat jeda waktu ledakan diantara lubang-lubang ledak yang disebut dengan waktu tunda atau *delay time*. Beberapa keuntungan yang diperoleh dengan menerapkan waktu tunda pada sistem peledakan antara lain adalah:

1. Mengurangi getaran
2. Mengurangi *overbreak* dan batu terbang (*fly rock*)
3. Mengurangi gegaran akibat *airblast* dan suara (*noise*).
4. Dapat mengarahkan lemparan fragmentasi batuan
5. Dapat memperbaiki ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan

Apabila pola peledakan tidak tepat atau seluruh lubang diledakkan sekaligus, maka akan terjadi sebaliknya yang merugikan, yaitu peledakan yang mengganggu lingkungan dan hasilnya tidak efektif dan tidak efisien.

Mengingat area peledakan pada tambang terbuka atau quarry cukup luas, maka peranan pola peledakan menjadi penting jangan sampai urutan peledakannya tidak logis. Urutan peledakan yang tidak logis bisa disebabkan oleh:

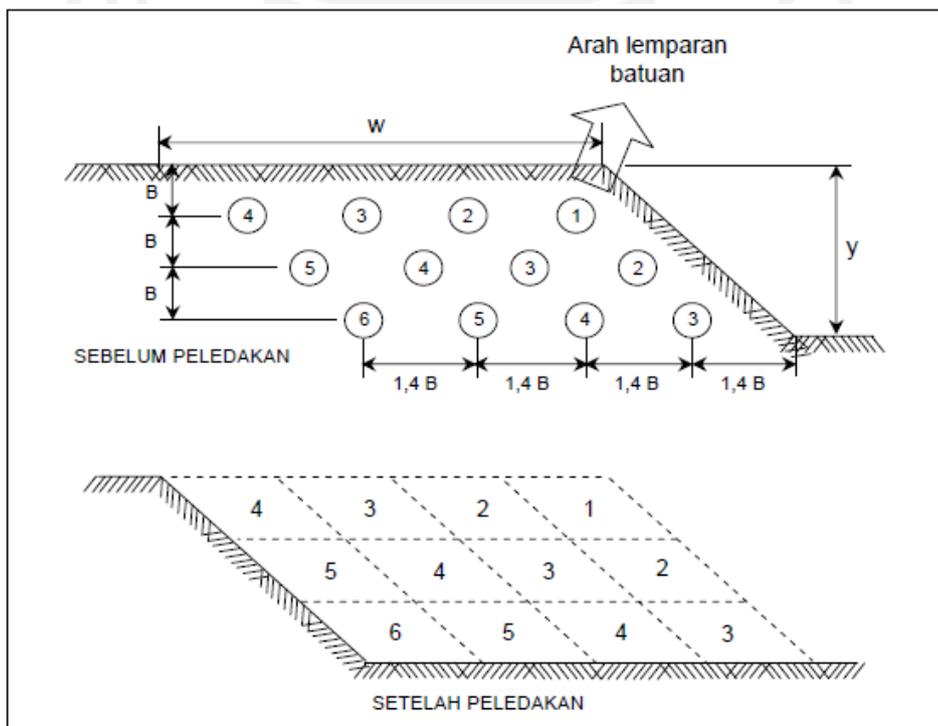
1. Penentuan waktu tunda yang terlalu dekat,
2. Penentuan urutan ledakannya yang salah,
3. Dimensi geometri peledakan tidak tepat,
4. Bahan peledaknya kurang atau tidak sesuai dengan perhitungan.

Terdapat beberapa kemungkinan sebagai acuan dasar penentuan pola peledakan pada tambang terbuka, yaitu sebagai berikut:

1. Peledakan tunda antar baris.
2. Peledakan tunda antar beberapa lubang.
3. Peledakan tunda antar lubang.

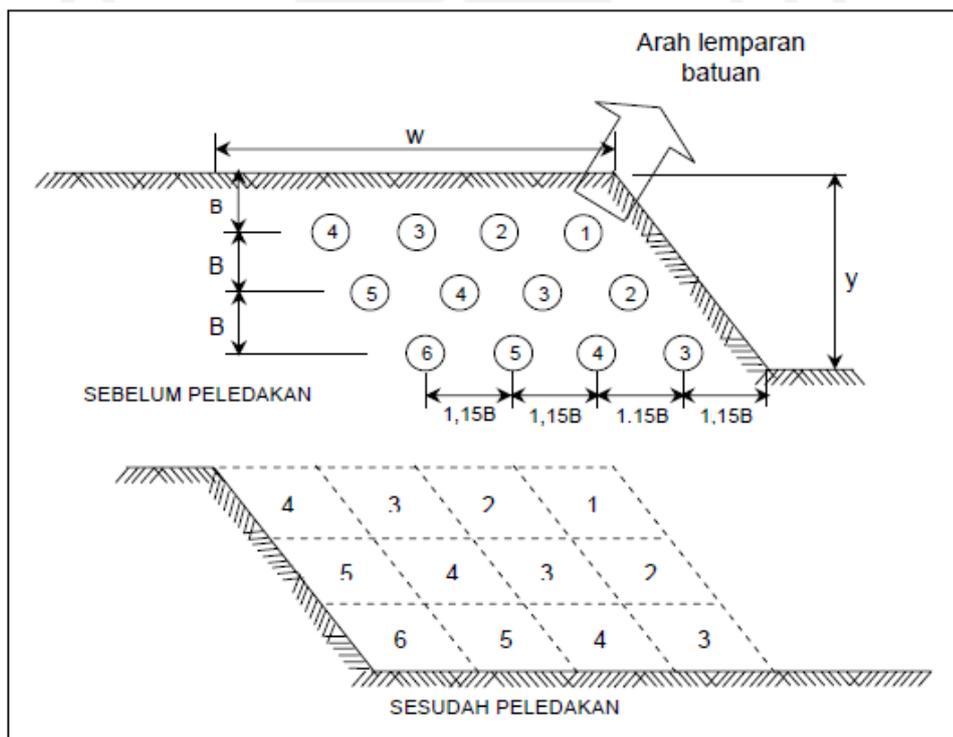
Orientasi retakan cukup besar pengaruhnya terhadap penentuan pola pemboran dan peledakan yang pelaksanaannya diatur melalui perbandingan spasi (S) dan burden (B).

Beberapa contoh kemungkinan perbedaan kondisi di lapangan dan pola peledakannya sebagai berikut:

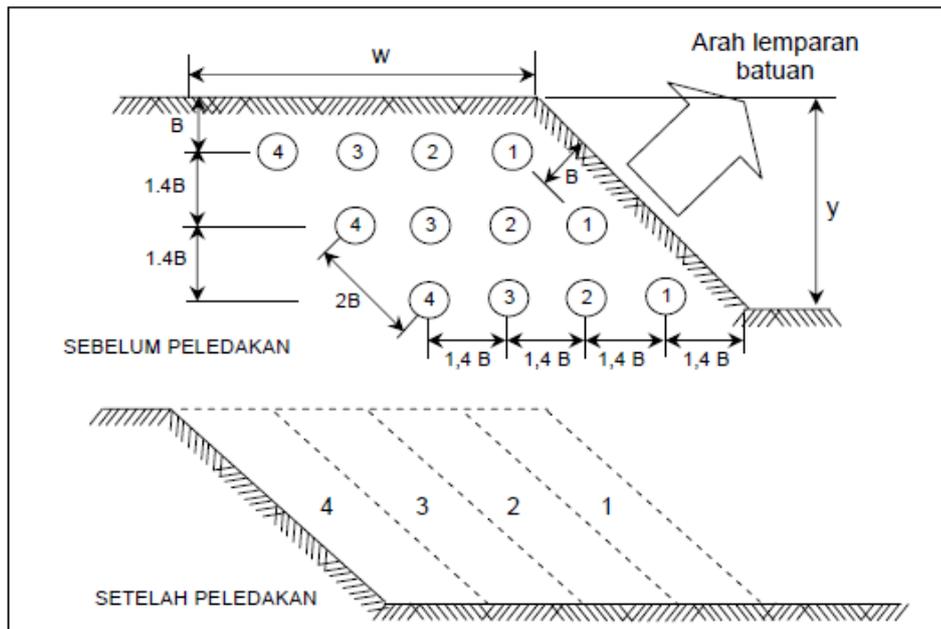


Gambar 3.2 Peledakan pojok dengan pola staggered dan system insiasi echelon seta orientasi antar retakan 90^0

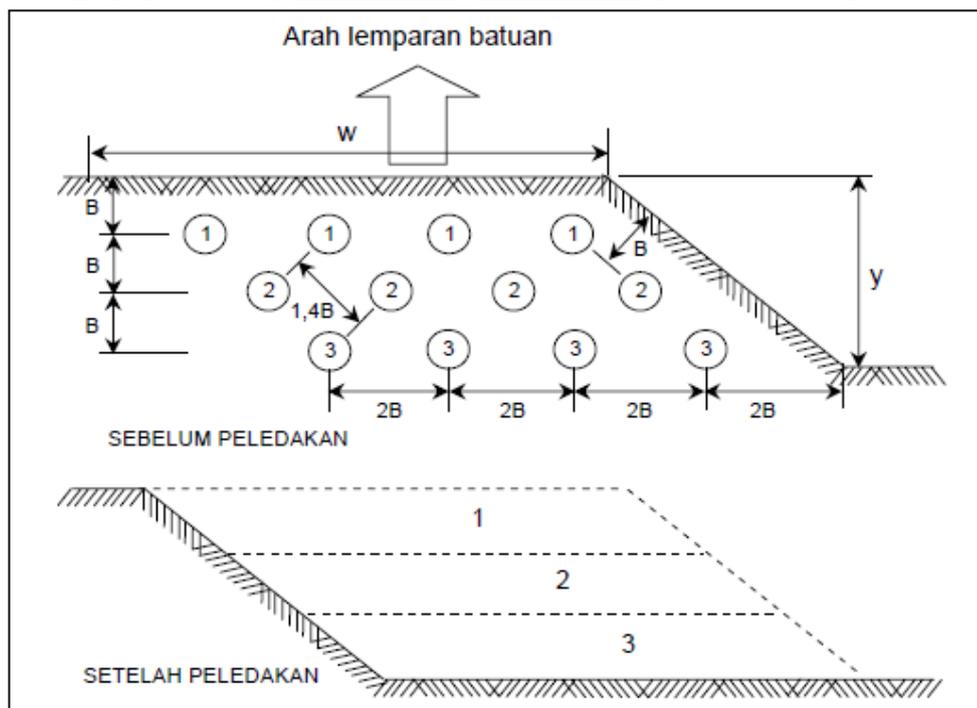
1. Bila orientasi antar retakan 20isban tegak lurus, sebaiknya $S = 1,41 B$ seperti pada gambar diatas
2. Bila orientasi antar retakan mendekati 60° sebaiknya $S = 1,15 B$ dan menerapkanInterval waktu long-delay dan pola peledakannya terlihat Gambar 2.3.
3. Bila peledakan dilakukan serentak antar baris, maka ratio spasi dan burden (S/B) Dirancang seperti pada Gambar 2.4 dan 2.5 dengan pola bujursangkar (square pattern).
4. Bila peledakan dilakukan pada bidang bebas yang memanjang, maka sistem inisiasi dan S/B dapat diatur seperti pada Gambar 2.6 dan 2.7.



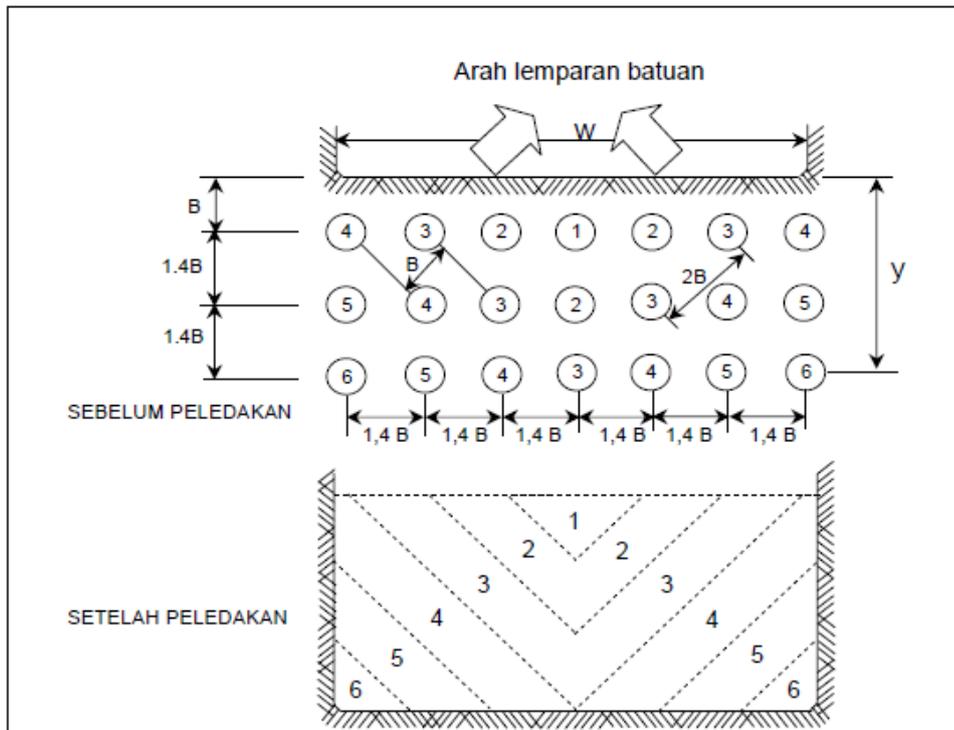
Gambar 3.3 Peledakan pojok dengan pola staggered dan system inisiasi echelon prientasi antar retakan 60°



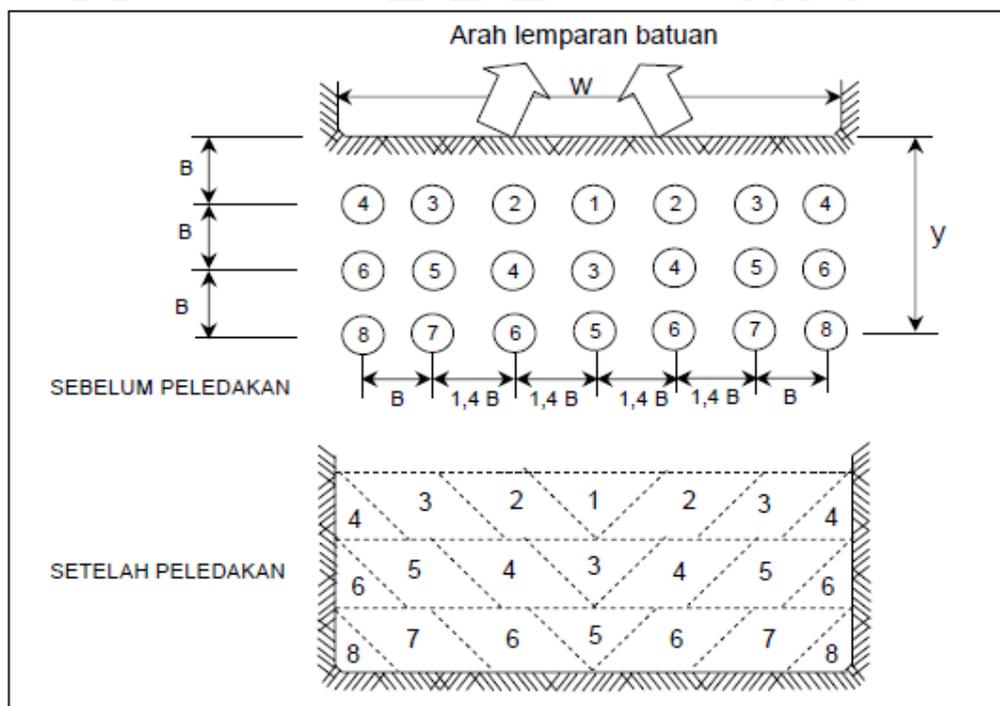
Gambar 3.4 Peledakan pojok antar baris dengan pola bujursangkar dan sistem insiasi echelon



Gambar 3.5 Peledakan pojok antar baris dengan pola staggered



Gambar 3.6 Peledakan pada bidang bebas memanjang dengan pola V-cut bijursangkar dan waktu tunda close-interval (chevron)



Gambar 3.7 Peledakan pada bidang bebas memanjang dengan pola V-cut persegi 22isband dan waktu tunda bebas

3.5 Geometri Peledakan

Geometri peledakan adalah parameter yang digunakan untuk menentukan pola peledakan pada suatu kegiatan peledakan/*blasting*. Dalam operasi peledakan ada tujuh standar dasar geometri peledakan yaitu : *burden*, *spacing*, *stemming*, *subdrilling*, kedalaman lubang ledak, 23isband kolom isian dan tinggi jenjang. Geometri peledakan sangat berpengaruh dalam mengontrol hasil peledakan, karena jika geometri peledakannya baik akan menghasilkan fragmentasi batuan yang sesuai dengan ukuran alat peremuk, tanpa terdapat adanya bongkah, kondisi jenjang yang lebih stabil, serta keamanan alat-alat mekanis dan keselamatan para pekerja yang bekerja lebih terjamin.

Cara yang diterapkan untuk menentukan geometri peledakan adalah dengan metode yang dikemukakan CJ Konya adalah sebagai berikut :

3.5.1 Burden (B)

Burden merupakan jarak tegak lurus terpendek antara lubang ledak yang diisi bahan peledak dengan bidang bebas atau ke arah mana batuan hasil peledakan akan terlempar. Untuk mencari nilai *Burden* digunakan rumus berikut :

$$B = 3,15 \times D_e \times \sqrt[3]{\frac{S_{Ge}}{S_{Gr}}} \quad (3.1)$$

Dimana :

B = *Burden* (m)

D_e = diameter lubang ledak (*inch*)

S_{Ge} = berat jenis bahan peledak yang dipakai

S_{Gr} = berat jenis batuan yang akan dibongkar

3.5.2 Spasi

Nilai spasi ditentukan dari sistem peledakan yang menggunakan serentak (*instantaneous*) atau beruntun (*delay*). Jika ledakan serentak dalam satu baris lubang ledak (*instantaneous*) / (*row by row*) :

$$S = 2B \quad (3.2)$$

Jika ledakan beruntun dalam tiap baris lubang ledak (*Delay*) :

$$S = 1,4 B \quad (3.3)$$

Dimana:

S = *Stemming*

B = *Burden*

3.5.3 Stemming (T)

Stemming adalah tempat material penutup di dalam lubang bor, yang letaknya di atas kolom isian bahan peledak. Fungsi *stemming* adalah agar terjadi keseimbangan tekanan dalam lubang ledak dan mengurung gas – gas hasil ledakan sehingga dapat menekan batuan dengan energi yang maksimal.

Stemming yang cukup 24 isband dapat mengakibatkan terbentuknya bongkah apabila energi ledak tidak mampu untuk menghancurkan batuan di sekitar stemming tersebut. Sedangkan stemming yang terlalu pendek dapat mengakibatkan timbulnya batuan terbang (*flying rock*) dan pecahnya batuan akan menjadi kecil.

Untuk penentuan tinggi stemming digunakan rumus seperti di bawah ini :

$$\text{Untuk batuan } \textit{massive} : T = B \quad (3.4)$$

$$\text{Untuk batuan berlapis} : T = 0,7 B \quad (3.5)$$

3.5.4 Subdrilling (J)

Subdrilling merupakan bagian dari 24 isband lubang ledak yang terletak lebih rendah dari lantai jenjang. *Subdrilling* diperlukan agar batuan dapat meledak secara keseluruhan dan terbongkar tepat pada batas lantai jenjang, sehingga tonjolan – tonjolan pada lantai jenjang dapat dihindari.

Rumusan yang digunakan adalah :

$$J = K_j \times B \quad (3.6)$$

K_j = *subdrilling ratio* (0,3)

J = *subdrilling* (meter)

B = *burden* (meter)

Sedangkan rumusan untuk menentukan geometri peledakan menurut ICI-*Explosive (Trial & Error)*, tiap parameter geometri peledakan ditentukan oleh nilai diameter lubang ledak (d) yaitu sebagai berikut.

Tinggi jenjang (H)

$$H = 60d - 140d \quad (3.7)$$

Burden (B)

$$B = 25d - 40d \quad (3.8)$$

Spacing (S)

$$S = 1B - 1,5B \quad (3.9)$$

Stemming (T)

$$T = 20d - 30d \quad (3.10)$$

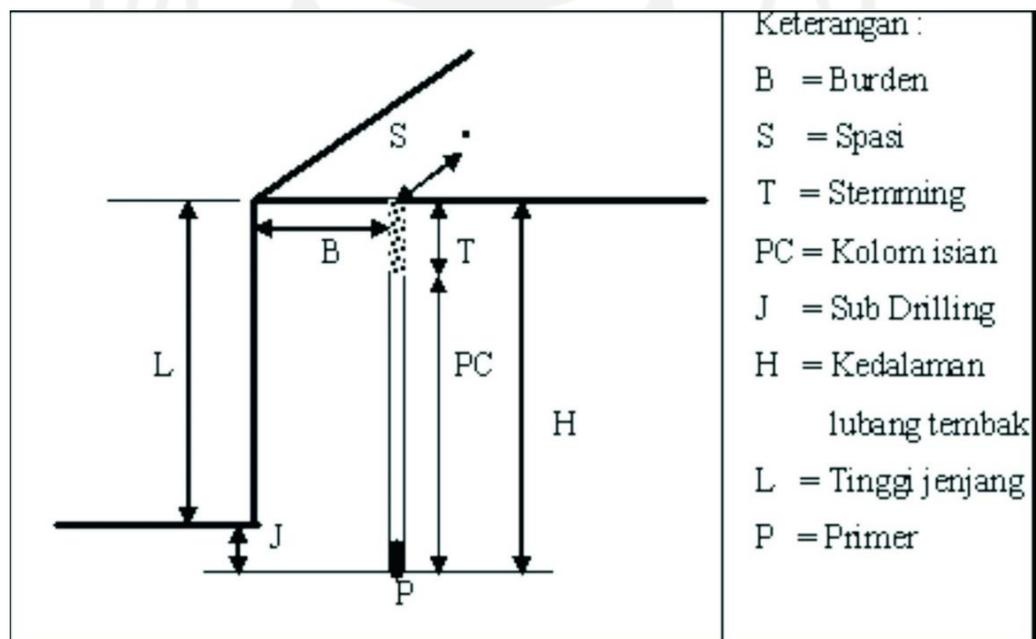
Subgrade/Subdrilling (J)

$$J = 8d - 12d \quad (3.11)$$

3.5.5 Perhitungan Jumlah Bahan Peledak

Densitas pengisian (loading density), yaitu jumlah bahan peledak setiap meter kedalaman kolom lubang ledak (lihat Tabel 3.2).

Densitas pengisian digunakan untuk menghitung jumlah bahan peledak yang diperlukan setiap kali peledakan. Disamping itu, perhatikan pula kolom lobang ledak (L), Gambar 2.8, yang terbagi menjadi “penyumbat” atau stemming (T) dan “isian utama” (PC).



Gambar 3.8 Simbol geometri peledakan

Bahan peledak hanya terdapat sepanjang kolom PC, sehingga keperluan bahan peledak setiap kolom adalah perkalian PC dengan densitas pengisian (ρ_d) atau:

$$W_{\text{handak}} = PC \times \rho_d$$

$$W_{\text{total handak}} = n \times PC \times \rho_d$$

Dimana n adalah jumlah seluruh lubang ledak. Densitas pengisian (ρ_d) dicari menggunakan Tabel 2, yaitu angka yang diperoleh dari hasil perpotongan kolom diameter lubang ledak dengan baris densitas bahan peledak.

Tabel 3.2 Densitas pengisian untuk berbagai diameter lubang ledak dan densitas bahan peledak dalam kg/m

Diameter										
Lubang Ledak		Densitas bahan peledak, gr/cc								
Mm	inci	0.70	0.80	0.85	0.90	1.00	1.15	1.20	1.25	1.30
76	3.00	3.18	3.63	3.86	4.08	4.54	5.22	5.44	5.67	5.90
89	3½	4.35	4.98	5.29	5.60	6.22	7.15	7.47	7.78	8.09
102	4.00	5.72	6.54	6.95	7.35	8.17	9.40	9.81	10.21	10.62
108	4¼	6.41	7.33	7.79	8.24	9.16	10.54	10.99	11.45	11.91
114	4½	7.14	8.17	8.68	9.19	10.21	11.74	12.25	12.76	13.27
121	4¾	8.05	9.20	9.77	10.35	11.50	13.22	13.80	14.37	14.95
127	5.00	8.87	10.13	10.77	11.40	12.67	14.57	15.20	15.83	16.47
130	5 ⅛	9.29	10.62	11.28	11.95	13.27	15.26	15.93	16.59	17.26
140	5½	10.78	12.32	13.08	13.85	15.39	17.70	18.47	19.24	20.01
152	6.00	12.70	14.52	15.42	16.33	18.15	20.87	21.78	22.68	23.59
159	6¼	13.90	15.88	16.88	17.87	19.86	22.83	23.83	24.82	25.81
165	6½	14.97	17.11	18.18	19.24	21.38	24.59	25.66	26.73	27.80
178	7.00	17.42	19.91	21.15	22.40	24.88	28.62	29.86	31.11	32.35
187	7 ⅜	19.23	21.97	23.34	24.72	27.46	31.58	32.96	34.33	35.70
203	8.00	22.66	25.89	27.51	29.13	32.37	37.22	38.84	40.46	42.08
210	8¼	24.25	27.71	29.44	31.17	34.64	39.83	41.56	43.30	45.03
229	9.00	28.83	32.95	35.01	37.07	41.19	47.37	49.42	51.48	53.54
251	9 ⅞	34.64	39.58	42.06	44.53	49.48	56.90	59.38	61.85	64.33
270	10 ⅝	40.08	45.80	48.67	51.53	57.26	65.84	68.71	71.57	74.43
279	11.00	42.80	48.91	51.97	55.02	61.14	70.31	73.36	76.42	79.48
286	11¼	44.97	51.39	54.61	57.82	64.24	73.88	77.09	80.30	83.52
311	12¼	53.18	60.77	64.57	68.37	75.96	87.36	91.16	94.96	98.75
349	13¾	66.96	76.53	81.31	86.10	95.66	110.01	114.79	119.58	124.36
381	15.00	79.81	91.21	96.91	102.61	114.01	131.11	136.81	142.51	148.21
432	17.00	102.60	117.26	124.59	131.92	146.57	168.56	175.89	183.22	190.55

3.5.6 Diameter lubang ledak

Pemilihan diameter lubang ledak dipengaruhi oleh besarnya laju produksi yang direncanakan. Makin besar diameter lubang akan diperoleh laju produksi yang besar pula dengan persyaratan alat bor dan kondisi batuan yang sama. Faktor yang membatasi diameter lubang ledak adalah:

1. Ukuran fragmentasi hasil peledakan
2. Isian bahan peledak utama harus dikurangi atau lebih kecil dari perhitungan teknis karena pertimbangan vibrasi bumi atau ekonomi
3. Keperluan penggalan batuan secara selektif.

Pada kondisi batuan yang solid, ukuran fragmentasi batuan cenderung meningkat apabila perbandingan kedalaman lubang ledak dan diameter kurang dari 60. Oleh sebab itu, usahakan hasil perbandingan tersebut melebihi 60 atau $\frac{L}{D} \geq 60$ Misalnya digunakan diameter lubang 3 inch, maka:

$$\frac{L}{D} \geq 60 \rightarrow L \geq (60 \times 3) = 180 \text{ inci atau } 4,5 \text{ m}$$

Jadi kedalaman lubang ledak seharusnya dibuat di atas 6 m.

Penentuan diameter lubang dan tinggi jenjang mempertimbangkan 2 aspek, yaitu (1) efek ukuran lubang ledak terhadap *fragmentasi*, *airblast*, *flyrock*, dan getaran tanah; dan (2) biaya pengeboran. Tinggi jenjang (H) dan burden (B) sangat erat hubungannya untuk keberhasilan peledakan dan ratio H/B (yang dinamakan Stiffness Ratio) yang bervariasi memberikan respon berbeda terhadap *fragmentasi*, *airblast*, *flyrock*, dan getaran tanah yang hasilnya seperti terlihat pada Tabel 3.

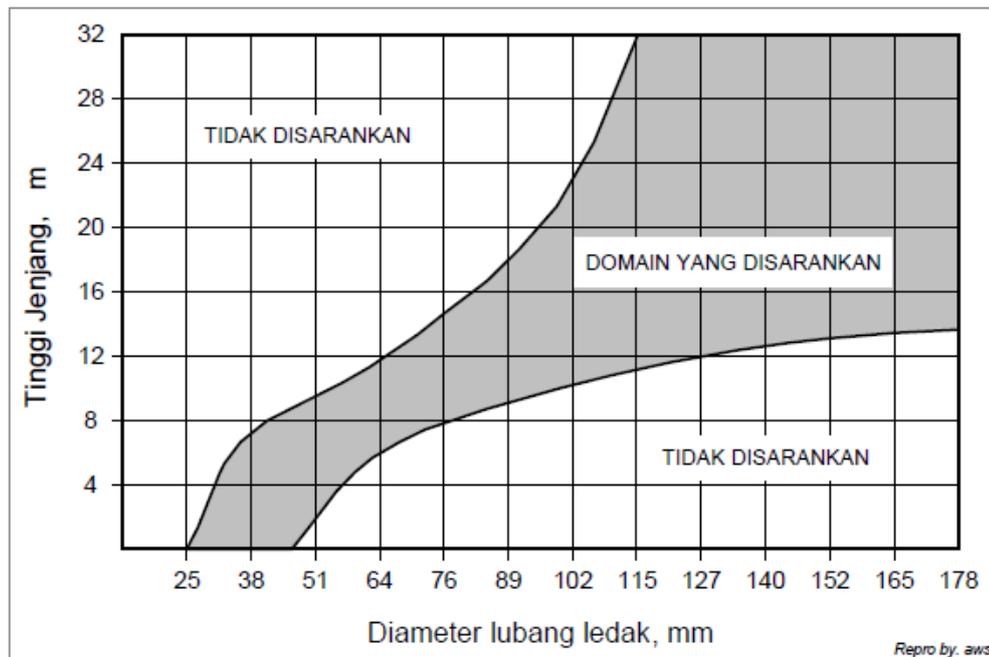
Tabel 3.3 Potensi yang terjadi akibat variasi stiffness ratio

Stifnes Ratio	Fragmentasi	Ledakan udara	Batu terbang	Getaran tanah	Komentar
1	Buruk	Besar	Banyak	Besar	Banyak muncul <i>back-break</i> di bagian <i>toe</i> . Jangan dilakukan dan rancang ulang
2	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Bila memungkinkan, rancang ulang
3	Baik	Kecil	Sedikit	Kecil	Kontrol dan fragmentasi baik
4	Memuaskan	Sangat kecil	Sangat sedikit	Sangat kecil	Tidak akan menambah keuntungan bila <i>stiffness ratio</i> di atas 4

3.5.7 Tinggi jenjang

Tinggi jenjang berhubungan erat dengan parameter geometri peledakan lainnya dan ditentukan terlebih dahulu atau terkadang ditentukan kemudian setelah parameter serta aspek lainnya diketahui. Tinggi jenjang maksimum

biasanya dipengaruhi oleh kemampuan alat bor dan ukuran mangkok (bucket) serta tinggi jangkauan alat muat. Umumnya pada peledakan di *quarry* dan tambang terbuka dengan diameter lubang besar, tinggi jenjang berkisar antara 10 – 15 m. Pertimbangan lain yang harus diperhatikan adalah kestabilan jenjang jangan sampai runtuh, baik karena daya dukungnya lemah atau akibat getaran peledakan. Singkat kata, dapat disimpulkan bahwa jenjang yang pendek memerlukan diameter lubang yang kecil, sementara untuk diameter lubang besar dapat diterapkan pada jenjang yang lebih tinggi. Gambar 2.13 memperlihatkan hubungan antara variasi diameter lubang ledak dengan tinggi jenjang yang hasil berupa 28isband terbawah dan teratas untuk setiap diameter lubang ledak.



Gambar 3.9 Hubungan variasi diameter lubang ledak dengan tinggi jenjang
(Tamrock, 1988)

3.5.8 Fragmentasi

Fragmentasi adalah istilah umum untuk menunjukkan ukuran setiap bongkah batuan hasil peledakan. Ukuran fragmentasi tergantung pada proses selanjutnya. Untuk tujuan tertentu ukuran fragmentasi yang besar atau boulder diperlukan, misalnya disusun sebagai penghalang (barrier) ditepi jalan tambang. Namun kebanyakan diinginkan ukuran fragmentasi yang kecil karena penanganan

selanjutnya akan lebih mudah. Ukuran fragmentasi terbesar biasanya dibatasi oleh dimensi mangkok alat gali (excavator) yang akan memuatnya ke dalam truck dan oleh ukuran gap bukaan crusher.

Beberapa ketentuan umum tentang hubungan fragmentasi dengan lubang ledak:

1. Ukuran lubang ledak yang besar akan menghasilkan bongkahan fragmentasi, oleh sebab itu harus dikurangi dengan menggunakan bahan peledak yang lebih kuat
2. Perlu diperhatikan bahwa dengan menambah bahan peledak akan menghasilkan lemparan yang jauh
3. Pada batuan dengan intensitas retakan tinggi dan jumlah bahan peledak sedikit dikombinasikan dengan jarak spasi pendek akan menghasilkan fragmentasi kecil.

Penyimpangan dari ketentuan umum tentang ukuran fragmentasi di atas dapat terjadi karena perbedaan yang spesifik dari kualitas batuan dan bahan peledak. Untuk itu, sekali lagi, percobaan pengeboran dan peledakan harus dilakukan untuk meniadakan hasil yang optimum.

3.5.9 Powder Factor

Powder Factor ini merupakan salah satu petunjuk untuk memperkirakan baik atau tidaknya suatu operasi peledakan. Hal ini disebabkan dari nilai *Powder Factor* ini dapat diketahui tingkat efisiensi bahan peledak untuk membongkar sejumlah batuan. Penentuan nilai *Powder Factor* dapat diketahui melalui persamaan berikut :

$$Pf = n \times \frac{E}{W}$$

dimana :

Pf = Powder Factor (kg/m³)

W = Volume material diledakkan (m³)

E = Berat bahan peledak setiap lubang ledak (kg)

n = Jumlah lubang ledak

3.5.10 Perhitungan volume yang akan diledakkan

Pada tambang terbuka atau *quarry*, yang umumnya menerapkan peledakan jenjang (*bench blasting*), volume batuan yang akan diledakkan tergantung pada dimensi spasi, burden, tinggi jenjang, dan jumlah lubang ledak yang tersedia. Dimensi atau ukuran spasi, burden dan tinggi jenjang memberikan peranan yang penting terhadap besar kecilnya volume peledakan. Artinya volume hasil

peledakan akan meningkat bila ukuran ketiga parameter tersebut diperbesar, sebaliknya untuk volume yang kecil. Sedangkan pada tambang bawah tanah, baik pembuatan terowongan atau jenis bukaan lainnya, volume hasil peledakan diperoleh dari perkalian luas permukaan kerja atau front kerja atau face dengan kedalaman lubang ledak rata-rata. Prinsip volume yang akan diledakkan adalah perkalian burden (B), spasi (S) dan tinggi jenjang (H) yang hasilnya berupa balok dan bukan volume yang telah terberai oleh proses peledakan. Volume tersebut dinamakan volume padat (solid atau insitu atau bank), sedangkan volume yang telah terberai disebut volume lepas (*loose*). Konversi dari volume padat ke volume lepas menggunakan faktor berai atau *swell factor*, yaitu suatu faktor peubah yang dirumuskan sbb:

$$SF = \frac{V_S}{V_L} \times 100$$

$$\text{apabila : } V_S = B \times S \times H$$

$$\text{Maka } V_L = \frac{B \times S \times H}{SF}$$

dimana SF, V_S dan V_L masing-masing adalah faktor berai (dalam %), volume padat dan volume lepas. Apabila ditanyakan berat hasil peledakan, maka dihitung dengan mengalikan

volume dengan densitas batuan, jadi:

$$W = V \times \rho$$

dimana ρ adalah densitas batuan. Perlu diingat bahwa berat hasil peledakan baik dalam volume padat maupun volume lepas bernilai sama, tetapi densitasnya berbeda, di mana densitas pada kondisi lepas akan lebih kecil 30% dibanding padat.

Volume material yang diledakkan dan jumlah lubang ledak Volume material yang diledakkan dapat diketahui dengan menggunakan rumus berikut:

$$V = B \times S \times H \times n$$

dimana :

V = Volume peledakan (bcm)

B = Burden (m)

S = Spasi (m)

H = Kedalaman lubang ledak (m)

N = Jumlah Lubang Ledak

Untuk mendapatkan hasil peledakan yang memuaskan maka perlu perencanaan peledakan. Terlebih dahulu tentukan target produksi. Selanjutnya tentukan 3lisband jenjang minimum dan jumlah lubang ledaknya.

Untuk mencari 3lisband minimum Bench (P min) ditentukan dengan rumus berikut:

$$Pmin = \frac{SP}{L \times n \times B}$$

Sehingga untuk menentukan jumlah lubang ledak yang dibutuhkan, dicari dengan persamaan :

$$N = \left(\frac{Pmin}{S} + 1 \right) n$$

Dimana :

- P min = Panjang jenjang minimum (m)
- SP = Sasaran produksi
- B = Burden
- S = Spasi
- n = Jumlah baris dalam sekali peledakan (4 baris)
- L = Tinggi jenjang
- N = Jumlah lubang

3.5.11 Getaran Peledakan

Ketika bom/ bahan peledak meledak di lubang ledakan, akan menghasilkan gelombang tekanan di batuan sekitarnya. Ketika gelombang tekanan ini bergerak dari lubang bor, akan membentuk gelombang seismik dengan memindahkan partikel. Gerakan partikel diukur untuk menentukan besarnya getaran ledakan. Gerakan partikel maksimum dapat diperkirakan menggunakan rumus berikut

$$V = K \left(\frac{R}{Q^{0.5}} \right)^B$$

Dimana

- V = kecepatan partikel puncak (mm/s)
- K = konstanta situs dan faktor batuan
- Q = maksimum instantaneous charge (kg)
- B = konstanta yang berhubungan dengan batu dan situs (biasanya -1,6)
- R = jarak dari muatan (m)

Typical K factors

Batuan berlapis (<350 kg/cm ²)	500
Batuan Keras (350-700 kg/cm ²)	1140
Batuan keras (> 700 kg/cm ²)	5000

3.6 Manajemen Risiko

Menurut KBBI, risiko adalah suatu akibat yang kurang menyenangkan (merugikan, membahayakan) dari suatu perbuatan atau peristiwa. Berdasarkan Soemarno, risiko adalah suatu kondisi yang timbul karena ketidakpastian dengan seluruh konsekuensi tidak menguntungkan yang mungkin terjadi. Dengan demikian, risiko memiliki dua karakteristik yakni ketidakpastian dan kerugian.

Risiko perlu ditanggulangi, dimitigasi, atau diminimalisasi dengan suatu sistem yakni manajemen risiko. Manajemen risiko adalah suatu sistem terstruktur, konsisten, dan berkelanjutan yang digunakan untuk merencanakan, mengorganisasikan, memimpin, mengoordinir, dan mengawasi penanggulangan risiko.

WIKA sebagai perusahaan yang terkemuka telah menyadari bahwa risiko menjadi bagian dalam perjalanan bisnisnya. Berbagai risiko dapat terjadi dalam perjalanan menjadi salah satu perusahaan EPC dan investasi terbaik di Asia Tenggara. Oleh karena itu, WIKA membuat sistem manajemen risiko sedemikian rupa untuk mendukung pencapaian misi WIKA. Sistem manajemen risiko tersebut ditulis dalam dokumen nomor WIKA-SMR-PM-01.01 Rev 02 PT Wijaya Karya (Persero) Tbk.

3.6.1. Tahapan Manajemen Risiko

Berdasarkan dokumen dengan nomor WIKA-SMR-PM-01.01 mengenai Prosedur Manajemen Risiko, WIKA menjelaskan tahapan-tahapan proses manajemen risiko sebagai berikut:

1. Menyusun konteks risiko (*Risk Context*)

Penyusunan konteks risiko terdiri dari 3 faktor kunci yakni: 1) konteks eksternal (persaingan, reputasi, lingkungan, dan politik), 2) konteks internal (struktur organisasi, budaya, dan selera risiko), dan 3) konteks manajemen risiko (tujuan kegiatan, asumsi dan kendala, serta keberhasilan kriteria).

2. Identifikasi risiko

Mengidentifikasi berbagai risiko yang dapat terjadi baik di internal maupun eksternal.

3. Analisis risiko

Setelah berbagai resiko diidentifikasi, setiap risiko yang ada akan digolongkan menjadi 4 tingkat risiko yakni:

- a. Risiko ekstrem I
- b. Risiko tinggi (T)
- c. Risiko moderat (M)
- d. Risiko rendah I

Untuk menggolongkan risiko-risiko tersebut ke dalam tingkat risiko, setiap risiko akan dianalisis berdasarkan *rating* dampak dan *rating* probabilitas terjadinya risiko tersebut.

Berikut ini *rating* risiko berdasarkan dampak kerugian yang akan ditimbulkan.

Tabel 3.4 Kriteria Rattng Dampak

	1	2	3	4
Akibat Risiko	Ringan	Berat	Sangat Berat	Malapetaka
	Masih bisa diterima	Harus ada mitigasi	Mitigasi strategi	Eskalasi
<i>Financial % cost overrun from RKAP</i>	<1%	1-2%	2-5%	5%

Biaya melampaui anggaran pada tabel di atas dihitung sebagai berikut.

- a. Risiko sebelum mitigasi merupakan prediksi biaya yang timbul bila risiko terjadi dibandingkan dengan anggaran biaya item yang ditinjau
- b. Risiko setelah mitigasi yang merupakan biaya yang timbul untuk mitigasi ditambah sisa risiko yang timbul dibandingkan dengan anggaran biaya untuk item yang ditinjau

Berikut ini *rating* risiko berdasarkan probabilitas terjadinya risiko tersebut yang ditunjukkan dalam **Tabel 3.5**.

Tabel 3.5 Kriteria Rattng Probabilitas

	1	2	3	4
Probabilitas Risiko	Sangat Kecil	Kecil	Besar	Sangat Besar
	Tidak terjadi sama sekali/belum terjadi	Terjadi sekali setahun	Terjadi setiap enam bulan	Terjadi sekali dalam tiga bulan
	Ada kemungkinan tidak terjadi	Mungkin terjadi	Kemungkinan kecil terjadi	Hampir dipastikan akan terjadi
	<10%	10-30%	30-50%	>50%

Dua rating tersebut dikorelasikan dalam suatu matriks Analisis Risiko yang ditampilkan pada tabel **Tabel 3.6**.

Tabel 3.6 Matriks Tingkat Risiko

Matriks Analisis Risiko			Akibat			
			Ringan	Berat	Sangat Berat	Malapetaka
			1	2	3	4
Probabilitas	Sangat Besar	4	4T	8T	12E	16E
	Besar	3	3M	6T	9E	12E
	Kecil	2	2R	4M	6T	8E
	Sangat Kecil	1	1R	2R	3M	4E

4. Prioritas Risiko

Pasca analisis risiko selesai dilaksanakan, tahapan berikutnya adalah memberi level prioritas terhadap risiko-risiko yang telah dianalisis. Berikut ini merupakan penjelasan level prioritas risiko berdasarkan Prosedur Sistem Manajemen Risiko.

- Prioritas 1, yang diberikan berdasarkan score risiko tersebut (dampak x probabilitas). Pada risiko dengan score yang sama, prioritas diurutkan berdasarkan akibat dari risiko.
- Prioritas 2, dilaksanakan berdasarkan otoritas risiko apabila risiko tersebut telah terjadi.
- Prioritas 3, dengan melihat urgency risiko mempertimbangkan evaluasi berdasarkan nilai risiko dan evaluasi berdasarkan otoritas risiko.

Tabel 3.7 Otoritas Risiko

Tingkat Risiko	Otoritas
	Kewenangan Direksi
	Kewenangan Divisi/Departemen
	Membangun Rencana Tindak Lanjut
	Risiko bisa diterima

Setiap risiko yang disusun dalam risk register, selanjutnya ditentukan pula Rencana Tindak Lanjutnya (Proaktif & Reaktif), lengkap dengan biaya yang dibutuhkan dalam mitigasi risiko tersebut beserta sisa risiko setelah diterapkan Rencana Tindak Lanjut

3.6.2. Implementasi Manajemen Risiko

Risiko pasti dijumpai dalam setiap pekerjaan konstruksi. Sesuai dengan Prosedur Manajemen Sistem Risiko WIKA, maka setiap pekerjaan yang ada harus diidentifikasi, dianalisis, dan dimitigasi risiko-risiko yang kemungkinan dapat terjadi. Berikut ini adalah identifikasi dan analisis risiko yang dilakukan terhadap pekerjaan galian batu dengan peledakan di gunung Lojeh Proyek Pembangunan Bendungan Tugu di kabupaten Trenggalek (MYC) (Tahap 2).

3.7. Prosedur Galian Batu dengan Peledakan

3.7.1. Pengisian bahan peledak

1. Alat-alat yang digunakan antara lain:
 - a. Tusuk kayu untuk dodol
 - b. Corong
 - c. Batu dan stick
 - d. Kondom
 - e. Gayung
 - f. Safety line, isolasi
 - g. Meteran, rambu, bendera, air minum, isolasi, kabel, dan cutter
2. Pengamanan lokasi
 - a. Sekitar area peledakan di barikade dengan jarak minimal 20 m
 - b. Pasang bendera
 - c. Papan peringatan pada jalan masuk
 - d. Setelah barikade dipasang, tidak boleh ada orang yang merokok dan menyalakan blitz kamera.
3. Proses Pengisian
 - a. Bagi ANFO disetiap hole
 - b. Detonator, *booster* dan *inhole* dibagikan dipinggir lubang
4. Prosedur pengisian
Lubang Kering :
 - a. Desain peledakan sudah diketahui sebelumnya
 - b. Tusuk dodol dengan kayu untuk dipasangi inhole

- c. Masukkan ke dasar lubang dan beri jarak 20 cm dari permukaan tanah untuk stemming.
- d. Masukkan ANFO
- e. Cek dengan stick agar sesuai dengan design
- f. Stemming dengan tanah 36isban di tamping dengan stick

Lubang Basah :

- a. Desain peledakan harus diketahui sebelumnya
 - b. Tusuk dodol dengan kayu untuk dipasangi inhole
 - c. Masukkan dodol + in-hole ke dalam kondom sesuai kedalaman lubang.
 - d. Khusus bolder, masukkan potongan kondom yang berisi ANFO sepanjang 1 m.
 - e. Dorong perlahan ke dalam lubang
 - f. Untuk pengecekan apakah telah sesuai tinggi kolom isian dapat dilakukan dengan stick
 - g. Masukkan material stemming 36isban ditamping
5. Material stemming
 - a. Batu pecah 2-3 cm
 - b. Saat melakukan tamping dilakukan dengan hati-hati
 - c. Cukup untuk kebutuhan setiap lubang
 6. Hal-hal yang perlu diperhatikan
 - a. Saat diketahui bahwa lubang yang diisi ada keanehan, segera laporkan kepada juru ledak untuk dicatat.
 - b. Saat melakukan stemming, ujung inhole harus dicegah supaya tidak masuk ke dalam lubang
 - c. Apabila dicurigai bahwa kondom dalam lubang bocor, harus diganti.

3.7.2. Perangkaian

1. Harus ada desain
2. Bagikan Connectadet
3. Menghubungkan dari belakang ke depan atau ecelon
4. Merangkai control row dilakukan oleh shotfirer
5. Setiap connect, sisa dari tibe dirapikan

6. Block detonator menghadap ke atas
7. Pasang tube di block detonator harus benar-benar masuk kedalam
8. Final check
 - a. Setiap connecting harus dipegang
 - b. Dilakukan setelah seluruh crew yang ada meninggalkan lokasi peledakan
9. Tarik kabel untuk blasting machine
10. Pasang electric detonator ke inisiasi dan kabel (kabel induk)
11. Cek tahanan kabel
12. Pasang ke BM

3.7.3. Peledakan

Pelaksanaan peledakan diusahakan pada waktu istirahat, sehingga tidak mengganggu aktivitas yang lain, yaitu pada waktu istirahat antara jam 12.00 – 13.00 WIB dan jam 17.00 – 18.00 WIB.

3.7.4. Setelah peledakan

1. Tunggu debu dari peledakan hilang
2. Datang ke lokasi untuk cek :
 - a. Kepastian bahwa semua lubang meledak
 - b. Amati tue yang kena detonator dan ujung tube
3. Peledakan dinyatakan aman / *misfire*
4. Catat pemakaian handak untuk dibuat berita acara
5. Setiap lubang yang dicurigai hasilnya tidak bagus, ditandai di form blasting desain dan dibahas segera setelah peledakan.
6. Material hasil galian di loading ke dump truck oleh excavator kemudian dibawa oleh dump truck ke lokasi stockpile.
7. Di area stockpile, dipisahkan antara material yang bisa digunakan dan yang tidak. Penataan dan penyebaran material di stockpile dengan menggunakan bulldozer.
8. Setelah pekerjaan galian selesai, surveyor melakukan pengukuran ulang terhadap muka tanah baru untuk memastikan elevasi dan potongan melintangnya sesuai dengan gambar desain.

3.7.5. Quality Control

Pekerjaan galian dinyatakan berhasil, antara lain :

1. Tersedianya *free face* (bidang bebas)
2. Adanya jenjang atau *bench*
3. Bersihnya front blasting dari batu-batu kecil

Quality control juga dilakukan dengan pengukuran ulang. Hal tersebut dilakukan untuk memastikan ukuran batas, dimensi, elevasi, kemiringan dan potongan melintang pada muka tanah baru sudah sesuai dengan gambar desain.

3.7.6. Ilustrasi

1. Peledakan Pada Quarry

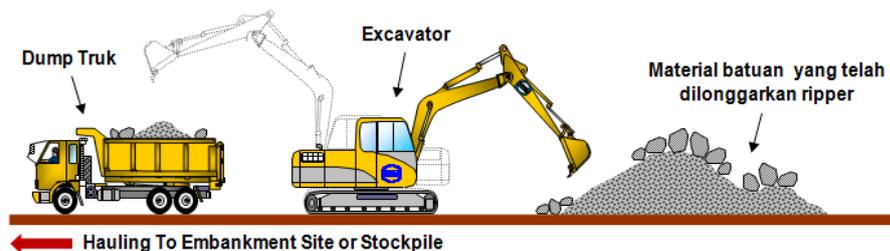
Proses pengeboran dan pengisian bahan peledak sama dengan Peledakan di main dam

Pekerjaan Galian Batu Keras (Peledakkan)

Ilustrasi Pekerjaan Galian Batu Keras (Peledakkan)



Pengadaan Timbunan Batu dari Quarry dimulai dengan proses peledakan untuk membongkar formasi batuan. **Bahan peledak dipasang dengan menggunakan pneumatic crawler drill.**



Hasil dari ripping berupa batuan lepas ini lantas diangkut ke dalam dump truck dengan menggunakan excavator untuk kemudian dibawa ke lokasi penimbunan timbunan batu atau jika belum segera digunakan akan dibawa ke stockpile

Gambar 3.10 Peledakan Pada Quarry

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Uraian Umum

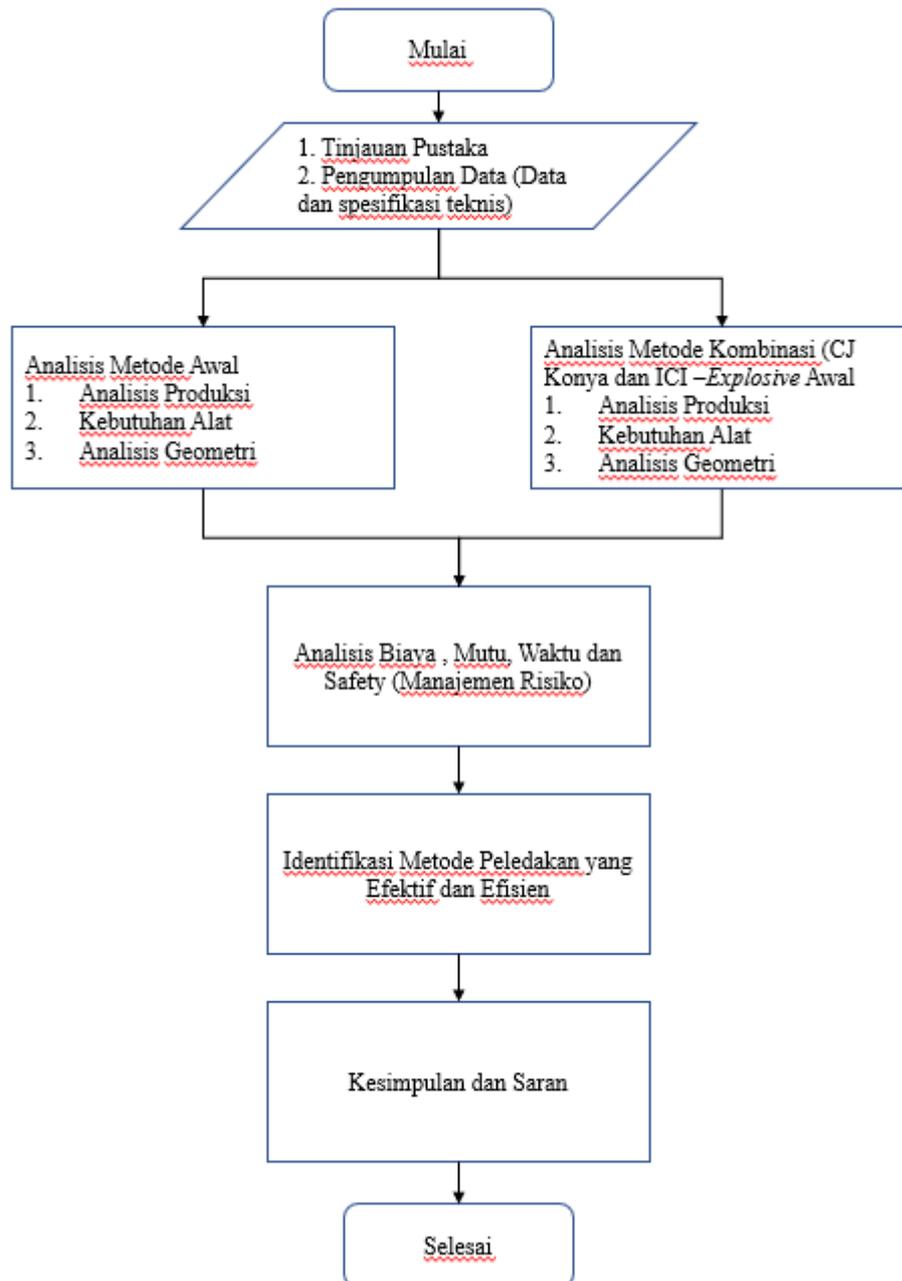
Tujuan penelitian ini secara umum adalah untuk mengetahui risiko pekerjaan galian dengan peledakan pada Proyek Pembangunan Bangunan Tugu (MYC) (Tahap II), Kabupaten Trenggalek. Untuk mencapai tujuan tersebut diperlukan suatu metodologi penelitian. Metodologi penelitian merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Dengan demikian, peneliti dapat melakukan penelitian dengan sistematis dan mengurangi terjadinya kesalahan.

4.2 Metode Penelitian

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif dan komparatif. Metode deskriptif adalah suatu metode yang menggambarkan suatu fenomena secara 39isband dan akurat. Metode komparatif adalah metode yang dilakukan dengan membandingkan dua situasi atau objek. Dua metode tersebut digunakan untuk memaparkan dan membandingkan metode-metode alternatif pekerjaan *blasting*. Dengan demikian, peneliti dapat melihat dan menentukan metode yang baik untuk menyelesaikan permasalahan yang ada.

4.3 Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini membutuhkan data kuantitatif dan data kualitatif. Data kuantitatif pada penelitian ini adalah gambar kerja, spesifikasi alat, dan 39isbandi material sedangkan data kualitatif berupa metode kerja, spesifikasi, dan 39isband pekerjaan sejenis. Data kuantitatif didapatkan melalui studi dokumen milik penyedia jasa dan konsultan. Daya kualitatif didapatkan melalui wawancara dengan ahli yang berkompeten di pekerjaan tersebut dan studi literatur.



Gambar 4.1 Gambar Flowchart Metode Penelitian

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Data Teknis

Pekerjaan galian dengan peledakan (*blasting*) yang dilaksanakan di Proyek Pembangunan Bendungan Tugu Kabupaten Trenggalek (MYC) (Tahap II) diperuntukan untuk memenuhi kebutuhan material timbunan di zona 5 (*rockfill*) dan zona 6 (rip rap). Berikut ini adalah kebutuhan volume material dari Quarry yang ditunjukkan di **Tabel 5.1**.

Tabel 5.1 Kebutuhan Material Timbunan dari Quarry berdasarkan MC 0

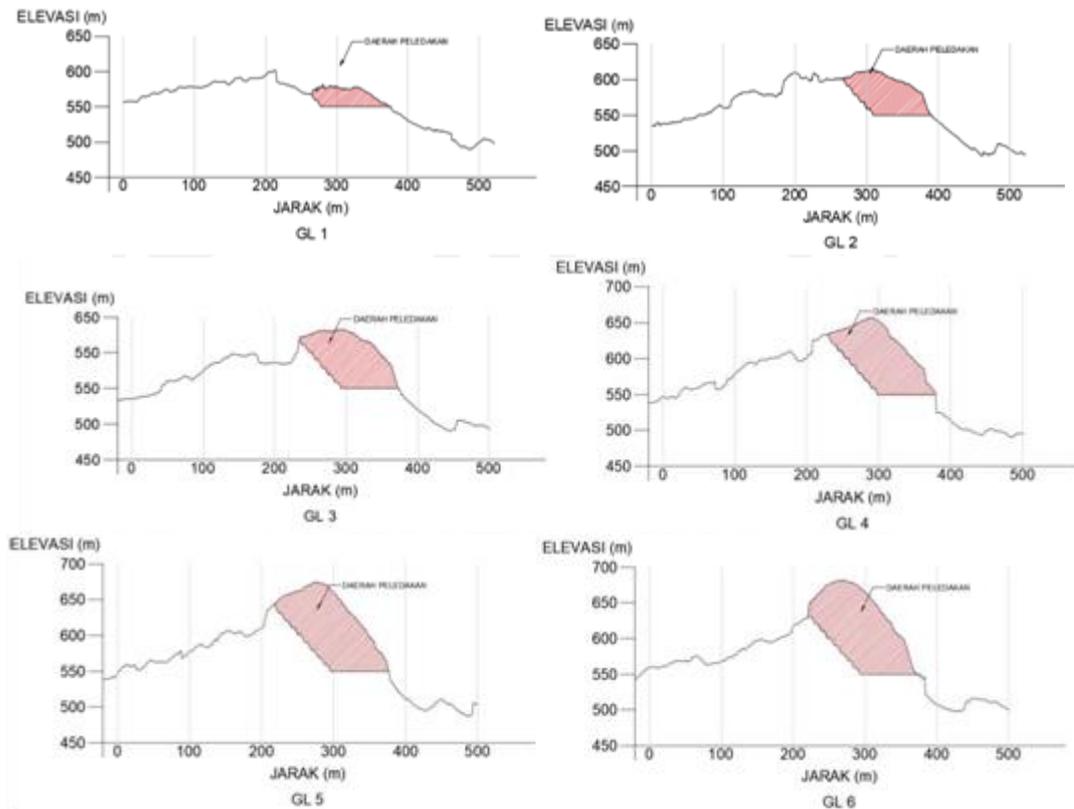
No. Item	Nama Item	Volume (m ³)
Main dam		
2.3.1.f	Timbunan Batu / Zona 5 dari Quarry hasil peledakan	1,379,599.80
2.3.1.g	Rip – rap / Zona 6	421,214,78
Cofferdam		
2.3.1.c	Timbunan Batu / Zona 5 dari Quarry	36,158.40
2.3.1.a	Rip-rap/Zona 6	21,405.95
Total		1,798,226.92

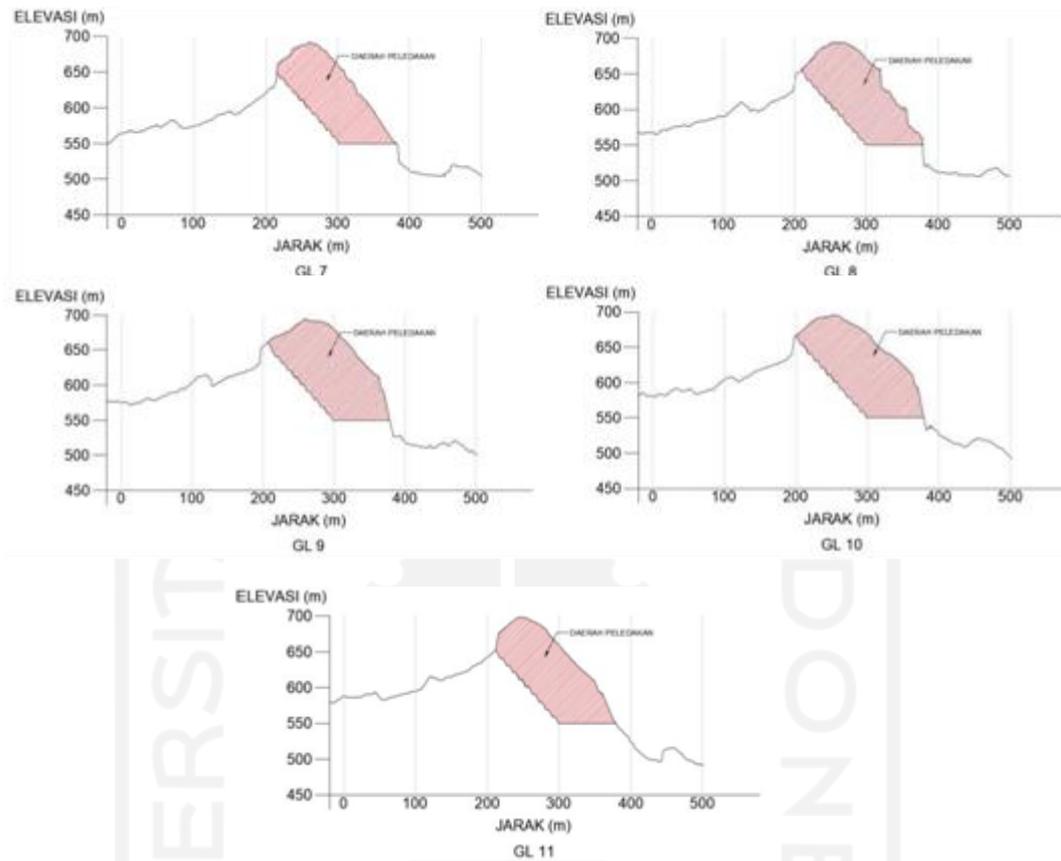
Lokasi quarry ada di Gunung Lojeh yang berjarak 120 m dari pemukiman warga. Hal ini cukup berbahaya karena pekerjaan *blasting* menimbulkan beberapa efek antara lain suara keras, getaran dan *fly rock*. Efek yang terjadi tersebut berbahaya dan bisa menghambat pelaksanaan pekerjaan *blasting*, apabila pekerjaan *blasting* terhambat maka akan menghambat pekerjaan timbunan batu (Zona 5) dan rip rap (Zona 6). Untuk itu perlu manajemen dan metode *blasting* yang tepat.

Untuk menghitung volume Gunung Lojeh maka dibuat potongan melintang Gunung Lojeh yang ditunjukkan oleh **Gambar 5.1** dan **Gambar 5.2**



Gambar 5.1 Denah Potongan untuk Perhitungan Volume Gunung Lojeh





Gambar 5.2 Potongan Melintang untuk Perhitungan Volume Gunung Lojih

Tabel 5.2 Perhitungan Volume Gunung Lojih

NO.	POTONGAN	JARAK (m)	LUAS (m ²)	VOLUME (m ³)
0	GL 1		2,254.997	
		27.55		98,200.206
1	GL 2		4,874.910	
		27.55		165,639.369
2	GL 3		7,151.473	
		27.55		215,049.153
3	GL 4		8,462.348	
		27.55		260,497.697
4	GL 5		10,451.302	
		27.55		300,012.770
5	GL 6		11,331.372	
		27.55		308,221.098
6	GL 7		11,047.275	
		27.55		323,714.482
7	GL 8		12,456.282	
		27.55		362,405.510
8	GL 9		13,856.468	
		27.55		382,998.595
9	GL 10		13,951.460	
		27.55		363,048.708
10	GL 11		12,407.990	
TOTAL VOLUME				2,681,587.38



Gambar 5.3 Lokasi sekitar gunung Lojeh (Desa Sukolilo)



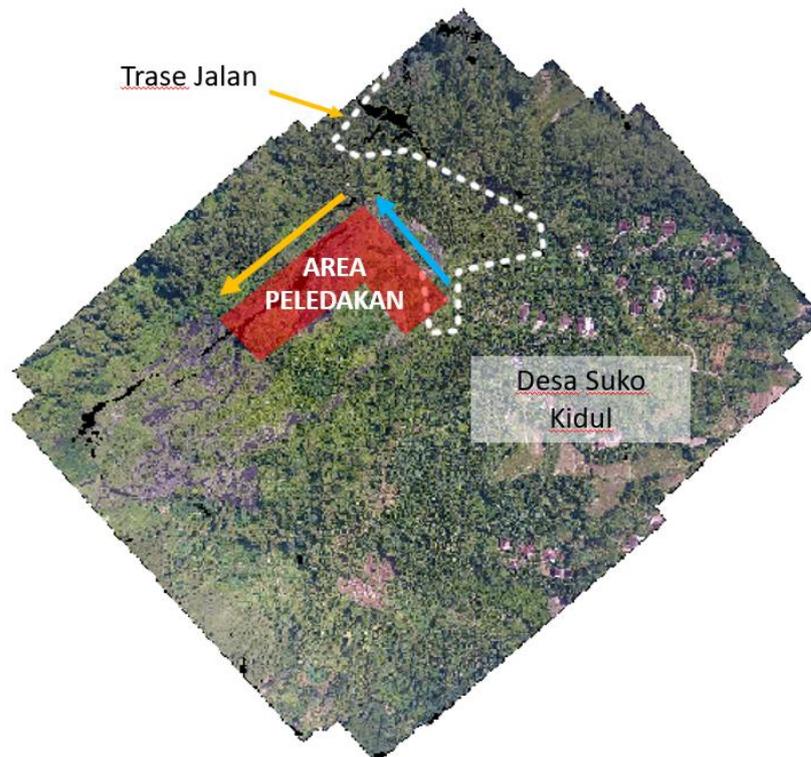
Gambar 5.4 Lokasi sekitar gunung Lojeh

Tujuan penelitian ini secara umum adalah untuk mengetahui risiko pekerjaan galian dengan peledakan pada Proyek Pembangunan Bangunan Tugu (MYC) (Tahap II), Kabupaten Trenggalek. Untuk mencapai tujuan tersebut diperlukan suatu metodologi penelitian. Metodologi penelitian merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Dengan demikian,

peneliti dapat melakukan penelitian dengan sistematis dan mengurangi terjadinya kesalahan.

5.2. Perencanaan Blasting

Untuk melaksanakan *blasting* di Quarry, maka diperlukan perencanaan pelaksanaan *blasting*. Perencanaan ini menyangkut daerah (*region*) di Quarry yang akan diledakkan terlebih dahulu hingga pelaksanaan *blasting* selesai (volume material yang dibutuhkan sudah terpenuhi). Perencanaan dibuat agar pelaksanaan *blasting* dapat dilaksanakan oleh Tim Proyek secara efisien dan *safety*. Berikut ini **Gambar 5.5** menampilkan perencanaan *blasting* di Quarry.



Gambar 5.5 Perencanaan Blasting di Quarry

Berdasarkan **Gambar 5.5**, dapat diketahui bahwa pelaksanaan *blasting* dimulai dari panah berwarna biru, dilanjutkan panah berwarna oranye. Pelaksanaan tersebut dilakukan agar pelaksanaan *blasting* menjauh dari Desa Sukokidul. Sehingga, bahaya *flyrock* terhadap pemukiman dan manusia dapat

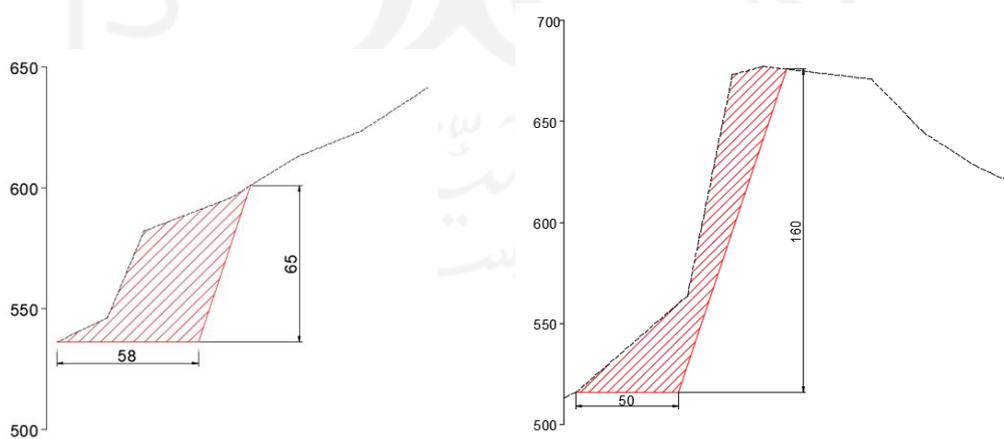
diminimalisasi. Trase jalan pun dibuat sedemikian rupa dengan pertimbangan kelandaian jalan, agar Dump Truck dapat melakukan pengangkutan secara aman.

Berikut ini **Gambar 5.6** yang menunjukkan potongan tipikal Quarry sesuai perencanaan *blasting*.



Gambar 5.6 Potongan Tipikal Quarry sesuai Perencanaan Blasting

a) Denah Potongan Area Peledakan



b) Potongan A – Ac) Potongan B – B

Gambar 5.7 Potongan Tipikal Rencana Blasting di Quarry

Mekanisme pelaksanaan *blasting* di Quarry dibagi menjadi tiga tahapan yakni sebagai berikut.

1. Tahap 1

Berikut ini **Gambar 5.8** Mekanisme pelaksanaan *blasting* pada Tahap 1.



Gambar 5.8 Perencanaan *Blasting* Tahap 1

Berdasarkan pada **Gambar 5.8**, area *blasting* dilakukan di dua area, yakni di atas dan di bawah. Untuk menunjang pelaksanaan pengangkutan material hasil *blasting*, maka diperlukan jalur yakni jalur excavator dan jalur dump truck. Jalur excavator dan jalur dump truck dibuat sekaligus dengan pelaksanaan *blasting* di area tersebut. Material hasil *blasting* di area atas akan diturunkan ke jalur *dump truck*. Sehingga *loading* material akan dilakukan di jalur *dump truck* (*single handling*).

2. Tahap 2

Berikut ini **Gambar 5.9** Mekanisme pelaksanaan blasting pada Tahap 2.

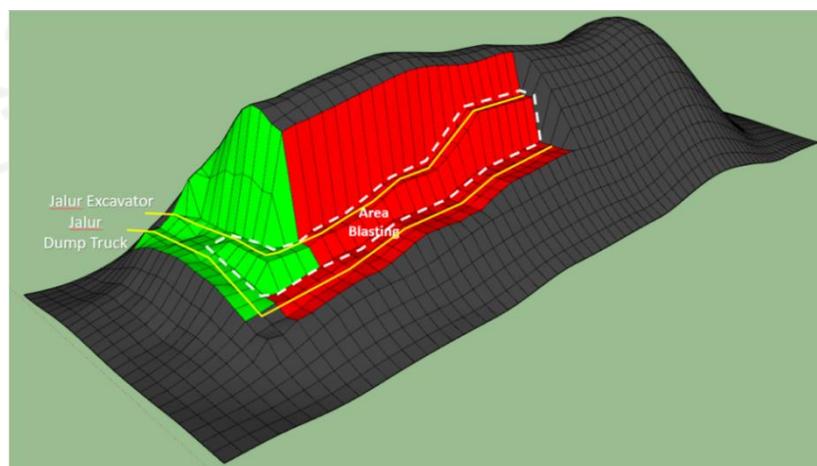


Gambar 5.9 Perencanaan Blasting Tahap 2

Berdasarkan pada **Gambar 5.9**, dapat diketahui bahwa mekanisme *blasting* tahap 2 sama seperti tahap 1 yakni terdiri dari 2 area *blasting*. Mekanisme yang dilakukan pun sama yakni hasil material *blasting* di area *blasting* atas diturunkan ke jalur *dump truck*. *Loading* material akan dilakukan di jalur *dump truck*.

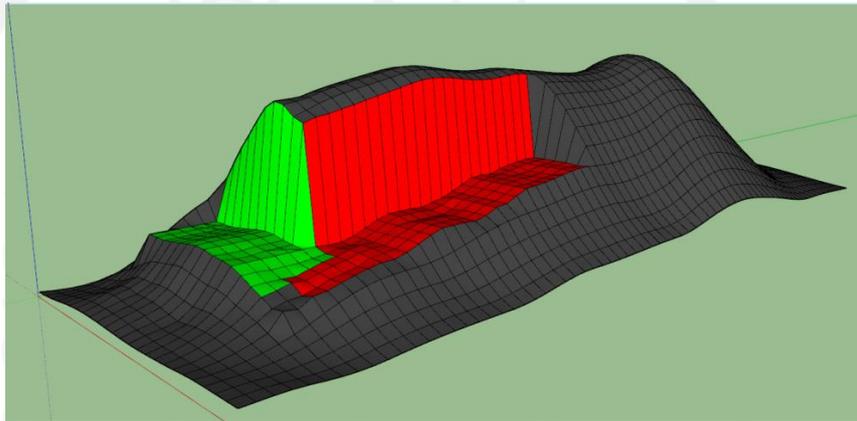
3. Tahap 3

Berikut ini **Gambar 5.10** yang menunjukkan topografi Quarry setelah pelaksanaan *blasting* tahap 2 dan mekanisme *blasting* tahap 3.



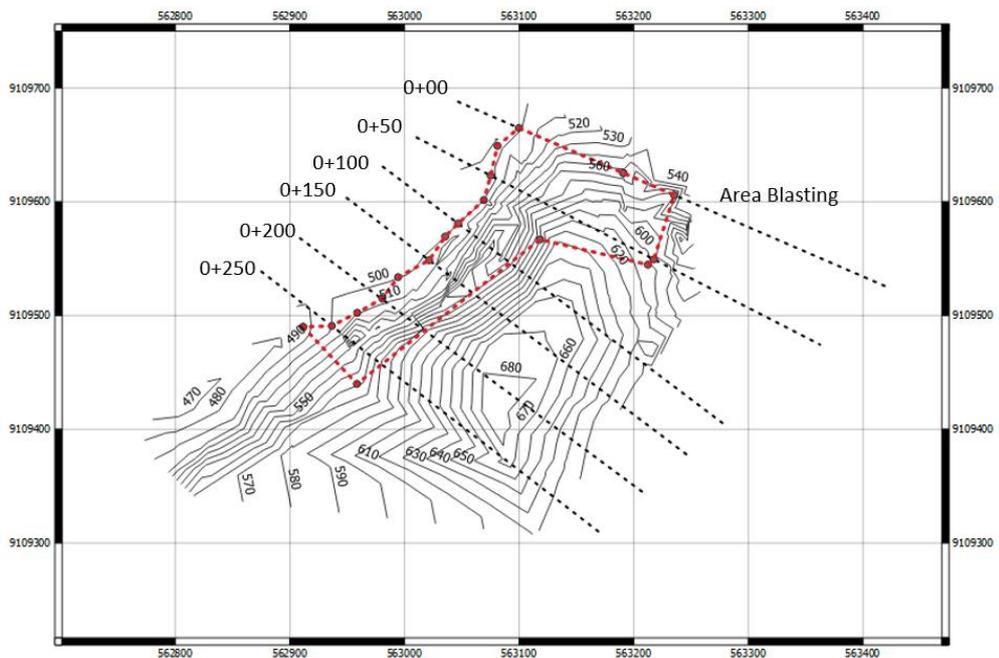
Gambar 5.10 Ilustrasi Topografi Quarry setelah Blasting Tahap 2 dan Mekanisme Pelaksanaan Blasting Tahap 3

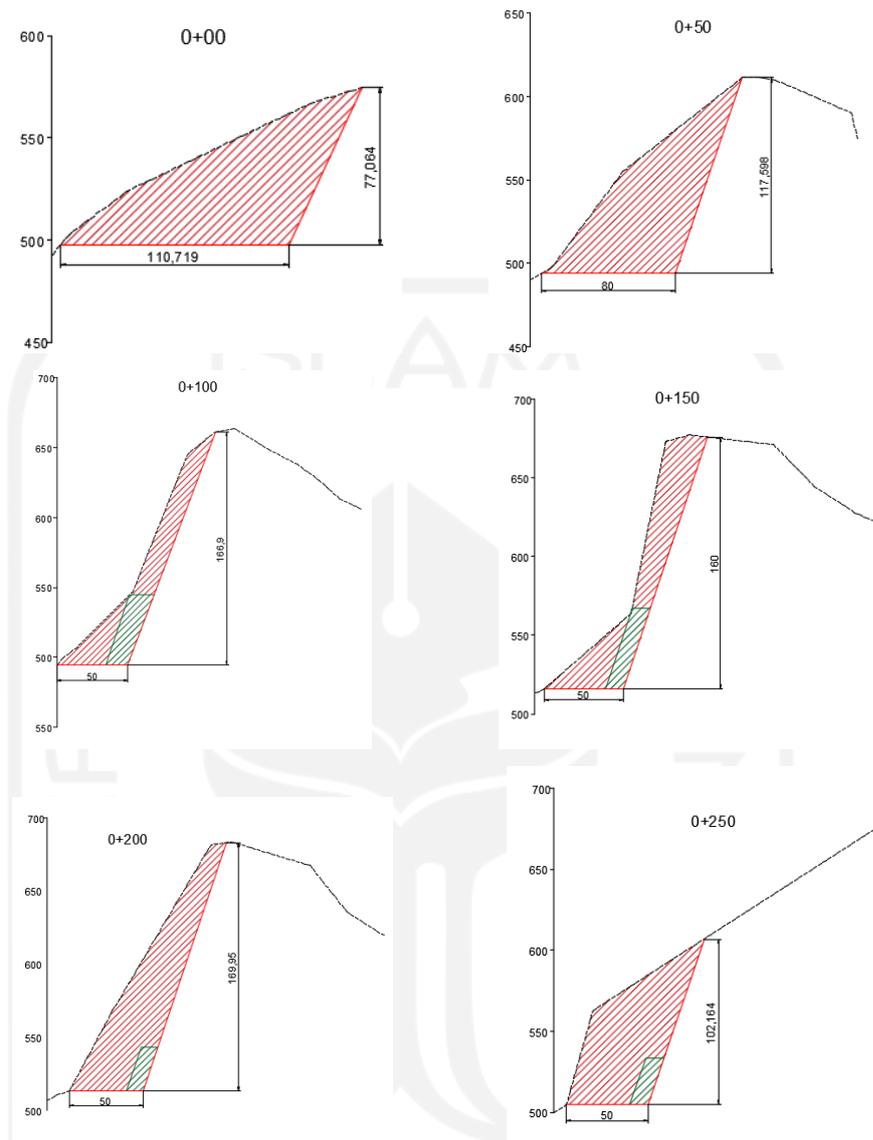
Setelah topografi terbentuk sedemikian rupa seperti pada **Gambar 5.9**, *blasting* akan dilanjutkan hingga elevasi jalur excavator sama dengan jalur dump truck. Mekanisme *loading* material pun sama seperti tahap sebelumnya, yakni material dari jalur excavator diturunkan ke jalur dump truck, kemudian *loading* material akan dilakukan di jalur *dump truck*. Berikut ini **Gambar 5.11** yang menggambar Topografi Quarry setelah pelaksanaan *blasting*.



Gambar 5.11 Topografi Quarry setelah selesai pelaksanaan *Blasting*

Gambar 5.12 di bawah ini menunjukkan perencanaan pelaksanaan *blasting* di Quarry berdasarkan kondisi di lapangan dan tahapan-tahapan yang akan dilakukan.





Gambar 5.12 Ilustrasi Potongan Melintang Rencana Blasting Tahap 2 dan 3

Pada **Gambar 5.12** terdapat area berwarna merah dan berwarna hijau. Area berwarna merah merupakan area blasting pada Tahap 2, sedangkan area berwarna hijau menunjukkan area blasting pada Tahap 3. Lebar area blasting berwarna hijau sebesar 15 m yang digunakan untuk swing alat berat (excavator) pada saat menurunkan material hasil *blasting* ke bawah. Setelah tahap 2 selesai, pelaksanaan *blasting* dilanjutkan pada area berwarna hijau sehingga menjadi potongan melintang yang ditunjukkan pada **Gambar 5.11**.

5.3. Hasil dan Pembahasan

5.3.1. Bahan Peledak

Matrial batu untuk timbunan batu dan rip rap pada Proyek Pembangunan Bendungan Tugu Trenggalek (MYC) Tahap 2 memiliki spesifikasi teknis tertentu. Untuk matrial timbunan harus memiliki kuat tekan antara 350-750 kg/cm². Selain kuat tekan ada syarat lain yaitu diameter batu, diameter maksimum 0,8 m untuk timbunan batu dan untuk timbuna rip rap 1 m. Untuk itu diperlukan penentuan bahan peledak yang sesuai dengan target produksi yang akan dilaksanakan dan juga RAB proyek pada pekerjaan galian batu dengan peledakan di Proyek Pembangunan Bendungan Tugu Trenggalek (MYC) Tahap 2. Bahan peledak yang digunakan untuk kuat tekan batuan yang disyaratkan harus menggunakan bahan peledak yang termasuk bahan *high explosive*. Selain bahan peledak juga diperlukan sistem inisiasi handak agar terjadi ledakan. Pada pekerjaan galian batu dengan peledakan di Proyek Pembangunan Bendungan Tugu Trenggalek (MYC) Tahap 2, bahan peledak yang digunakan adalah ANFO dan Booster/Power gel. Kemudian untuk sistem inisiasi handak yang digunakan adalah detonator elektrik. Berikut adalah bahan peledak dan sistem inisiasi yang digunakan :

1. ANFO (Amonium Nitrate dan Fuel Oil)

ANFO adalah bahan peledak yang terdiri dari campuran Amonium Nitrate dan Fuel Oil. ANFO memiliki perbandingan komposisi Amonium Nitrate (AN) sebesar 95,3% dan Fuel Oil (FO) sebanyak 5,7 %. ANFO memiliki massa jenis sebesar 0,85 gr/cm³ dengan kecepatan detonasi sebesar 2500-4500 m/s. ANFO dipilih karena bahan peledak ini aman 51isbanding bahan peledak yang terdahulu. Selain itu untuk pemesanan juga 51isbandi lebih mudah.

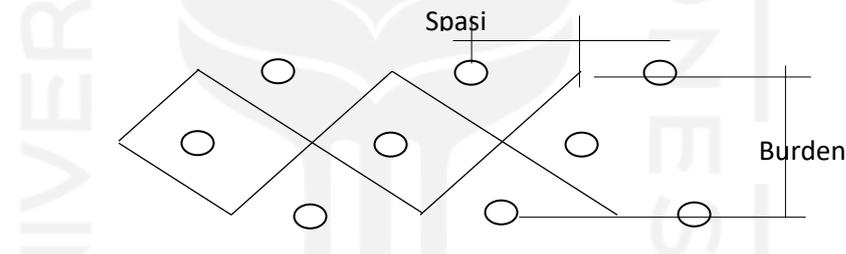
2. Booster/power gel

Booster adalah suatu istilah yang diberikan pada bahan peledak peka detonator, yaitu bahan peledak berbentuk catridge berupa pasta atau keras yang sudah dipasang detonator yang diletakan didalam kolom lubang ledak. Booster adalah bahan peka detonator yang dimasukan kedalam detonator kolom lubang ledak berfungsi sebagai penguat energi ledak. Pemilihan booster karena quarry yang akan diledakan mempunya kuat tekan minimal 750 kg/cm²

3. Detonator listrik

Detonator merupakan alat pemicu awal yang menimbulkan inisiasi dalam bentuk ledakan kecil sebagai bentuk aksi yang memberikan efek kejut terhadap bahan peledak peka detonator. Bahan selubung luar dari detonator ini terbuat dari aluminium atau tembaga yang berisi bahan peledak kuat dengan jumlah tertentu yang menentukan kekuatan dari ledakannya dan juga sebagai bahan penimbul panas.. Kelebihan dari detonator listrik adalah jumlah lubang yang dapat diledakkan secara bersamaan 52isbandi lebih banyak, pola ledakan dapat bervariasi serta penanganan lebih mudah dan praktis. Sedangkan kelemahannya adalah detonator jenis ini tidak dapat digunakan dalam cuaca mendung apalagi disertai kilat yang dapat mengaktifkan aliran listrik sehingga dapat terjadi ledakan *premature*.

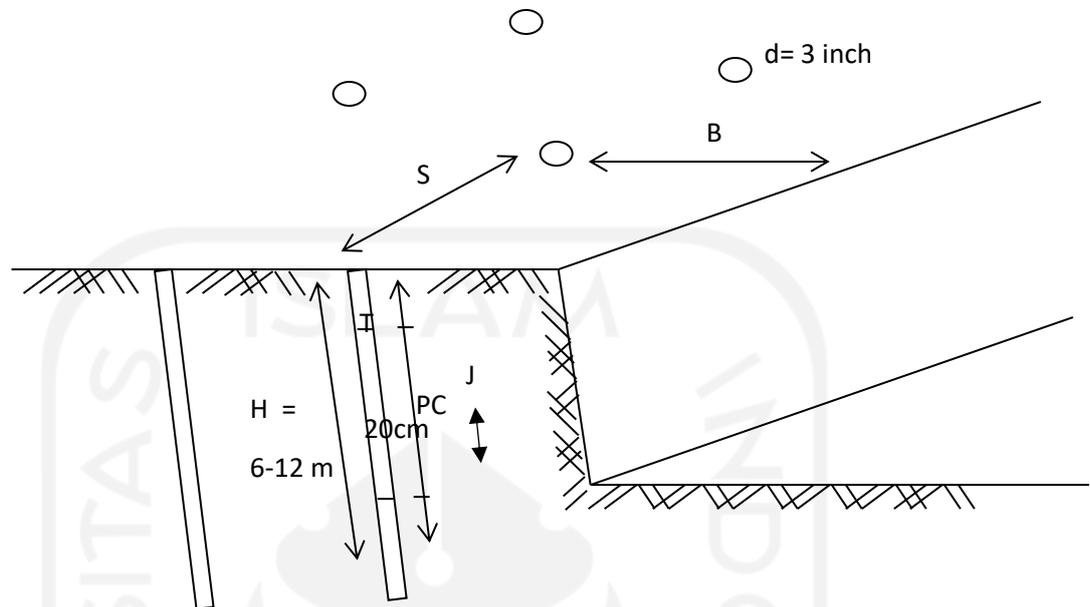
5.3.2. Pola Pemboran



Gambar 5.13 Pola Bor Staggered

Jarak antar titik bor akan disesuaikan dengan kebutuhan pemanfaatan hasil peledakan. Pemanfaatan hasil peledakan digunakan untuk kebutuhan zona 5 diameter maksimum 0,6 m sedangkan untuk kebutuhan zona 6 diameter maksimum 1,00 m.

5.3.3. Dimensi pemboran



Gambar 5.14 Dimensi Pemboran

Keterangan :

S	= Spacing	T	= Stemming
B	= Burden	PC	= Tinggi isian
H	= Kedalaman	J	= Sub drilling

5.3.4. Geometri Peledakan

Geometri peledakan di lapangan adalah sebagai berikut :

- Diameter lubang (D_e) : 3 inch
- Burden (B) : 3 m
- Spacing (S) : 3,5 m
- Stemming (T) : 2,5 m
- Subdrilling (J) : 1 m
- Kedalaman lubang (H) : 8 m
- Tinggi Charging (PC) : 4,5m
- Stiffness* : 2,667
: H/B
: 8/3
: 2,667
- Jumlah lubang ledak : `@60 lubang (2 kali peledakan)

j. Waktu bor per lubang : 16 menit

k. Kebutuhan Alat : 4 Alat

Jam efektif mesin *drilling* Pukul 13.00 s/d 17.00 (240 menit) (A)

$$\begin{aligned} \text{Waktu} &= n \times t &= 60 \times 16 \text{ menit} \\ &&= 960 \text{ menit} \end{aligned} \quad \text{(B)}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Alat} &= \frac{B}{A} \\ &= 960/240 \\ &= 4 \text{ alat CRD} \end{aligned}$$

l. Perhitungan Volume Peledakan per lubang

$$\begin{aligned} V &= B \times S \times PC &= 3 \times 3,5 \times 4,5 \\ &&= 47,25 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

m. Volume peledakan per hari

$$\begin{aligned} V_t &= V \times n &= 47,25 \times 60 \\ &&= 2835 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{padat}} &= 1,3 \times V & \text{(koef 1,3)} \\ &= 1,3 \times 2835 \\ &= 3685 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

n. Isian handak per lubang = 16,34 kg

Lihat **Tabel 2.2.** Densitas pengisian untuk berbagai diameter lubang ledak dan densitas bahan peledak dalam kg/m

$$\begin{aligned} \text{Isian Handak} &= PC \times 3,63 \text{ kg} \\ &= 4,5 \times 3,63 \\ &= 16,34 \text{ kg} \end{aligned}$$

o. *Powder Factor* (PF) = 0,30

$$\begin{aligned} \text{Powder Factor} &= n \times \frac{E}{W} \\ &= 60 \times \frac{16,34}{3865} \\ &= 0,35 \end{aligned}$$

p. Getaran = 8,45

$$V = K \left(\frac{R}{Q^{0,5}} \right)^B$$

$$= 1140 \left(\frac{150}{49,05^{0,5}} \right)^{-1,6}$$

$$= 8,45 \text{ mm/s}$$

Geometri peledakan modifikasi A (menggunakan rumus C.J Konya) adalah sebagai berikut :

a. Diameter lubang (De) : 3 inch

b. Burden

$$B = 3,15 \times De \times \sqrt[3]{\frac{SGe}{SGr}}$$

$$B = 3,15 \times 3 \times \sqrt[3]{\frac{7,84}{2,4}}$$

$$B = 10,29 \text{ ft} = 3,4 \text{ m} \approx 3,5 \text{ m}$$

c. Spasi

$$S = 1,4 B \text{ (menggunakan delay)}$$

$$S = 1,4 \times 3$$

$$S = 4,7 \text{ m} \approx 4,5 \text{ m}$$

d. Stemming

$$T = B$$

$$T = 3,5 \text{ m}$$

e. Subdrilling

$$J = Kj \times B$$

$$J = 0,3 \times 3,5$$

$$J = 1,1 \text{ m} \approx 1 \text{ m}$$

f. Kedalaman lubang = 7,5 m

7. Tinggi Charging

$$PC = H - S - T$$

$$PC = 7,5 - 3,5 - 1$$

$$PC = 3 \text{ m}$$

h. Stiffness : H/B

$$: 7,5/3,5$$

$$: 2,1$$

i. Jumlah lubang ledak : @60 lubang (2 kali peledakan)

j. Waktu bor per lubang : 16 menit (termasuk bongkar pasang)

k. Kebutuhan Alat : 4 Alat

Jam efektif mesin *drilling* Pukul 13.00 s/d 17.00 (240 menit) (A)

$$\begin{aligned} \text{Waktu} &= n \times t &&= 60 \times 15 \text{ menit} \\ &&&= 960 \text{ menit} \end{aligned} \quad \text{(B)}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Alat} &= \frac{B}{A} \\ &= \frac{960}{240} \\ &= 3,75 \approx 4 \text{ alat CRD} \end{aligned}$$

l. Perhitungan Volume Peledakan per lubang

$$\begin{aligned} V &= B \times S \times PC &&= 3,5 \times 4,5 \times 3 \\ &&&= 47,25 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

8. Volume peledakan per hari

$$\begin{aligned} V_t &= V \times n &&= 47,25 \times 60 \\ &&&= 2835 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{padat}} &= 1,3 \times V && \text{(koef 1,3)} \\ &= 1,3 \times 2835 \\ &= 3685 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

n. Isian handak per lubang = 10,89 kg

Lihat **Tabel 2.2**. Densitas pengisian untuk berbagai diameter lubang ledak dan densitas bahanpeledak dalam kg/m

$$\begin{aligned} \text{Isian Handak} &= PC \times 3,63 \text{ kg} \\ &= 3 \times 3,63 \\ &= 10,89 \text{ kg} \end{aligned}$$

o. *Powder Factor* (PF) = 0,23

$$\begin{aligned} \text{Powder Factor} &= n \times \frac{E}{W} \\ &= 60 \times \frac{10,71}{2787,75} \\ &= 0,23 \end{aligned}$$

p. Getaran = 6,03

$$\begin{aligned} V &= K \left(\frac{R}{Q^{0,5}} \right)^B \\ &= 1140 \left(\frac{150}{32,67^{0,5}} \right)^{-1,6} \\ &= 6,03 \text{ mm/s} \end{aligned}$$

Geometri peledakan modifikasi ICI-Explosive (*Trial & Error*) adalah sebagai berikut :

a. Tinggi jenjang (H)

$$H = 60d - 140 d$$

$$H = 100 \times 3 \times 2,54$$

$$H = 762 \text{ mm}$$

$$H = 7,6 \text{ m} \approx 7,5 \text{ m}$$

b. *Burden* (B)

$$B = 25d - 40d$$

$$B = 40 \times 3 \times 2,54$$

$$B = 304,8 \text{ mm}$$

$$B = 3,048 \text{ m} \approx 3 \text{ m}$$

c. *Spacing* (S)

$$S = 1B - 1,5B$$

$$S = 1,3 \times 3$$

$$S = 3,9 \text{ m} \approx 4 \text{ m}$$

d. *Stemming* (T)

$$T = 20d - 30d$$

$$T = 30 \times 3 \times 2,54$$

$$T = 228,6 \text{ mm}$$

$$T = 2,3 \text{ m} \approx 2 \text{ m}$$

e. *Subgrade/Subdrilling* (J)

$$J = 8d - 12d$$

$$J = 12 \times 3 \times 2,54$$

$$J = 91,44 \text{ mm}$$

$$J = 0,9 \text{ m} \approx 1 \text{ m}$$

f. Kedalaman lubang = 7,5 m

g. Tinggi Charging

$$PC = H - S - T$$

$$PC = 7,5 - 2 - 0,5$$

$$PC = 4,5 \text{ m}$$

h. *Stiffness* : H/B

$$: 7,5/3$$

$$: 2,5$$

- i. Jumlah lubang ledak : @60 lubang (2 kali peledakan)
 j. Waktu bor per lubang : 15 menit (termasuk bongkar pasang)
 k. Kebutuhan Alat : 4 Alat
 Jam efektif mesin *drilling* Pukul 13.00 s/d 17.00 (240 menit) (A)

$$\begin{aligned} \text{Waktu} &= n \times t &&= 60 \times 15 \text{ menit} \\ &&&= 900 \text{ menit} \end{aligned} \quad \text{(B)}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Alat} &= \frac{B}{A} \\ &= 960/240 \\ &= 3,81 \approx 4 \text{ alat CRD} \end{aligned}$$

- l. Perhitungan Volume Peledakan per lubang

$$\begin{aligned} V &= B \times S \times PC = 3 \times 4 \times 4,5 \\ &= 54 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- m. Volume peledakan per hari

$$\begin{aligned} V_t &= V \times n &&= 54 \times 60 \\ &&&= 3240 \text{ m}^3 \\ V_{\text{padat}} &= 1,3 \times V && \text{(koef 1,3)} \\ &= 1,3 \times 3240 \\ &= 4212 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- n. Isian handak per lubang = 16,34 kg

Lihat **Tabel 2.2**. Densitas pengisian untuk berbagai diameter lubang ledak dan densitas bahan peledak dalam kg/m

$$\begin{aligned} \text{Isian Handak} &= PC \times 3,63 \text{ kg} \\ &= 4,5 \times 3,63 \\ &= 16,34 \text{ kg} \end{aligned}$$

- o. *Powder Factor* (PF) = 0,26

$$\begin{aligned} \text{Powder Factor} &= n \times \frac{E}{W} \\ &= 60 \times \frac{16,34}{3240} \\ &= 0,3 \end{aligned}$$

- p. Getaran = 9,667

$$\begin{aligned} V &= K \left(\frac{R}{Q^{0,5}} \right)^B \\ &= 1140 \left(\frac{200}{49,005^{0,5}} \right)^{-1,6} \\ &= 5,33 \text{ mm/s} \end{aligned}$$

5.4. Perhitungan Biaya dan Waktu Pekerjaan

5.4.1. Perhitungan Analisa Harga Pekerjaan

5.4.1.1. Analisa harga satuan pekerjaan

Dari hasil perencanaan geometri pada sub bab 5.3 diperoleh harga satuan masing-masing geometri peledakan. Harga satuan berbeda karena dipengaruhi oleh kebutuhan bahan peledak masing-masing geometri berbeda, kebutuhan man power masing-masing geometri berbeda. Hal ini bisa dilihat dari *powder factor*, yaitu rasio bahan peledak dibanding produktifitas peledakan yang dihasilkan. Berikut tabel hasil perhitungan analisa harga satuan masing-masing geometri peledakan :

**Tabel 5.3 Rincian Biaya Peledakan dengan metode awal
Analisa Harga Satuan Awal**

No.	Uraian	Satuan	Kuantitas/ Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	2	3	4	5	6 = (4 x 5)
I	<u>Upah/Tenaga</u>				
	Master Blasting	org/hr	0.0014	85,000.00	119.93
	Pekerja	org/hr	0.0198	72,500.00	1,432.10
	Tukang	org/hr	0.0071	80,000.00	564.37
	Sub Jumlah I				2,116.40
II	<u>Bahan/Material</u>				
	Dynamit	kg	0.0042	125,000.00	529.10
	Bubuk ANFO	kg	0.3457	48,400.00	16,732.57
	Detonator	Bh	0.0212	68,000.00	1,439.15
	Kerikil Steeming	Kg	0.4341	194.44	84.41
	Kabel	M	0.0526	7,500.00	394.18
	Cross bit, 65 mm	bh	0.0050	756,000.00	3,780.00
	Sub Jumlah II				22,959.41
III	<u>Peralatan</u>				
	Drill, Pneumatic Crawler	jam	0.0169	114,673.00	1,941.55
	Compressor 4000-6500 L/M	jam	0.0169	217,791.00	3,687.47
	Sub Jumlah III				5,629.02
	Sub Jumlah (I+II+III)				30,704.84
	PPn 10 %				3,070.48
	Total				33,775.32

**Tabel 5.4 Rincian Biaya Peledakan dengan metode CJ Konya
Analisa Harga Satuan CJ Konya**

No.	Uraian	Satuan	Kuantitas/ Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	2	3	4	5	6 = (4 x 5)
I	<u>Upah/Tenaga</u>				
	Master Blasting	org/hr	0.0014	85,000.00	119.93
	Pekerja	org/hr	0.0198	72,500.00	1,432.10
	Tukang	org/hr	0.0071	80,000.00	564.37
	Sub Jumlah I				2,116.40
II	<u>Bahan/Material</u>				
	Dynamit	Kg	0.0042	125,000.00	529.10
	Bubuk ANFO	Kg	0.2305	48,400.00	11,155.05
	Detonator	Bh	0.0212	68,000.00	1,439.15
	Kerikil Steeming	Kg	0.6077	194.44	118.17
	Kabel	M	0.0672	7,500.00	503.97
	Cross bit, 65 mm	Bh	0.0050	756,000.00	3,780.00
	Sub Jumlah II				17,525.44
III	<u>Peralatan</u>				
	Drill, Pneumatic Crawler	Jam	0.0159	114,673.00	1,820.21
	Compressor 4000-6500 L/M	Jam	0.0159	217,791.00	3,457.00
	Sub Jumlah III				5,277.21
	Sub Jumlah (I+II+III)				24,919.05
	PPn 10 %				2,491.91
	Total				27,410.96

Tabel 5.5 Rincian Biaya Peledakan dengan metode ICI-Explosive (*Trial & Error*)
Analisa Harga Satuan ICI-Explosive (*Trial and Error*)

No.	Uraian	Satuan	Kuantitas/ Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	2	3	4	5	6 = (4 x 5)
I	<u>Upah/Tenaga</u>				
	Master Blasting	org/hr	0.0012	85,000.00	104.94
	Pekerja	org/hr	0.0173	72,500.00	1,253.09
	Tukang	org/hr	0.0062	80,000.00	493.83
	Sub Jumlah I				1,851.85
II	<u>Bahan/Material</u>				
	Dynamit	kg	0.0037	125,000.00	462.96
	Bubuk ANFO	kg	0.3025	48,400.00	14,641.00
	Detonator	bh	0.0185	68,000.00	1,259.26
	Kerikil Steeming	kg	0.0522	194.44	10.14
	Kabel	m	0.0522	7,500.00	391.20
	Cross bit, 65 mm	bh	0.0050	756,000.00	3,780.00
	Sub Jumlah II				20,544.57
III	<u>Peralatan</u>				
	Drill, Pneumatic Crawler	jam	0.0139	114,673.00	1,592.68
	Compressor 4000-6500 L/M	jam	0.0139	217,791.00	3,024.88
	Sub Jumlah III				4,617.56
	Sub Jumlah (I+II+III)				27,013.98
	PPn 10 %				2,701.40
	Total				29,715.37

5.4.1.2. Analisa Harga Biaya Tidak Langsung

Perhitungan biaya tidak langsung pekerjaan galian batu dengan peledakan berdasarkan kebutuhan dan masalah yang timbul akibat pekerjaan galian batu dengan peledakan pada Proyek Pembangunan Bendungan Tugu Trenggalek (MYC) Tahap 2. Berikut kita analisis biaya yang dikeluarkan tiap harinya untuk masing-masing geometri peledakan :

Tabel 5.6 Rincian Biaya Tidak Langsung metode Aktual

No.	Uraian	Satuan	Kuantitas/ Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	2	3	4	5	6 = (4 x 5)
I	<u>Makan</u>				
	Master Blasting	org/hr	4.0000	15,000.00	60,000.00
	Pekerja	org/hr	25.0000	15,000.00	375,000.00
	Operator	org/hr	21.0000	15,000.00	315,000.00
Sub Jumlah I					750,000.00
II	<u>Akomodasi Pekerja</u>				
	Transportasi Pekerja	org/hr	50.0000	5,000.00	250,000.00
	Tempat Tinggal Pekerja	org/hr	50.0000	15,000.00	750,000.00
Sub Jumlah II					1,000,000.00
III	<u>Evakuasi Warga</u>				
	Kompensasi Warga 8 KK	hari	1.0000	1,600,000.00	1,600,000.00
Sub Jumlah III					1,000,000.00
Sub Jumlah (I+II+III)					2,750,000.00

Tabel 5.7 Rincian Biaya Tidak Langsung metode CJ Konya

No.	Uraian	Satuan	Kuantitas/ Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	2	3	4	5	6 = (4 x 5)
I	<u>Makan</u>				
	Master Blasting	org/hr	3.7500	15,000.00	56,250.00
	Pekerja	org/hr	24.0625	15,000.00	360,937.50
	Operator	org/hr	19.7500	15,000.00	296,250.00
Sub Jumlah I					713,437.50
II	<u>Akomodasi Pekerja</u>				
	Transportasi Pekerja	org/hr	47.5625	5,000.00	237,812.50
	Tempat Tinggal Pekerja	org/hr	47.5625	15,000.00	713,437.50
Sub Jumlah III					951,250.00
Sub Jumlah (I+II)					1,664,687.50

Tabel 5.8 Rincian Biaya Tidak Langsung metode ICI-Explosive (Trial & Error)

No.	Uraian	Satuan	Kuantitas/ Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	2	3	4	5	6 = (4 x 5)
I	Makan				
	Master Blasting	org/hr	3.8100	15,000.00	57,150.00
	Pekerja	org/hr	25.2400	15,000.00	378,600.00
	Operator	org/hr	20.0500	15,000.00	300,750.00
	Sub Jumlah I				736,500.00
II	Akomodasi Pekerja				
	Transportasi Pekerja	org/hr	49.1000	5,000.00	245,500.00
	Tempat Tinggal Pekerja	org/hr	49.1000	15,000.00	736,500.00
	Sub Jumlah II				982,000.00
	Sub Jumlah (I+II)				1,718,500.00

5.4.2. Waktu Pekerjaan

Dari hasil perencanaan geometri pada sub bab 5.3 diperoleh produktifitas masing-masing geometri peledakan. Produktifitas batu hasil peledakan berbeda karena dipengaruhi oleh jumlah bahan peledak pada masing-masing geometri. Hal ini bisa dilihat dari *powder factor*, yaitu rasio jumlah bahan peledak dibanding produktifitas peledakan yang dihasilkan. Produktifitas hasil galian dengan peledakan ini mempengaruhi waktu selesainya pekerjaan galian batu dengan peledakan. Pada proses pekerjaan galian batu dengan peledakan pada Proyek Pembangunan Bendungan Tugu Trenggalek (MYC) Tahap 2, dibuat skema manajemen peledakan menjadi 2 tahapan sesuai dijelaskan pada sub bab 5.2. Dari perencanaan tersebut dapat dihitung waktu pelaksanaan galian dengan peledakan dengan membagi volume rencana batu yang akan diambil dibagi dengan produktifitas dari geometri peledakan yang direncanakan. Berikut adalah perhitungan waktu yang diperlukan untuk mencapai target produksi sesuai perencanaan peledakan :

1. Metode Awal

- a. Produktifitas per hari : 3685.50 m³
b. Waktu yang diperlukan memenuhi target produksi

$$\frac{V \text{ total rencana}}{V \text{ produktivitas harian}} = \frac{1.800.000 \text{ m}^3}{3.685,5 \text{ m}^3} = 635 \text{ hari}$$

2. Metode Kombinasi (CJ Konya dan ICI-Explosive)

- a. Produktifitas per hari : 3685.50 m³ (CJ Konya)
: 4212 m³ (ICI-Explosive)
b. Waktu yang diperlukan memenuhi target produksi

$$\frac{V \text{ total rencana lokasi dekat pemukiman}}{V \text{ produktivitas harian}} = \frac{500.000 \text{ m}^3}{3.685,5 \text{ m}^3} = 176 \text{ hari}$$

Waktu yang diperlukan memenuhi target produksi

$$\frac{V \text{ total rencana lokasi jauh pemukiman}}{V \text{ produktivitas harian}} = \frac{1.300.000 \text{ m}^3}{4.212 \text{ m}^3} = 401 \text{ hari}$$

Jadi waktu yang diperlukan untuk metode kombinasi adalah 176 + 401 = 578 hari

5.4.3. Biaya Pekerjaan

5.4.3.1. Biaya Langsung

Biaya langsung adalah biaya yang berasal dari produksi pekerjaan yang berkaitan dengan sumber daya manusia, material dan alat. Pada pekerjaan galian batu dengan peledakan di Proyek Pembangunan Bendungan Tugu Trenggalek (MYC) Tahap 2 seperti dihitung pada sub bab 5.4.2 sesuai dengan perencanaan blasting pada sub bab 5.2 didapatkan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut. Maka dari waktu yang diperoleh bisa diketahui biaya langsung pekerjaan peledakan masing-masing skema peledakan dengan acuan analisa harga satuan yang sudah dihitung pada sub bab 5.4.1. Berikut adalah analisis biaya langsung pada masing-masing geometri peledakan :

1. Metode Awal

$$\begin{aligned} \text{Biaya Langsung} &: \text{Jumlah hari} \times \text{harga analisa satuan pekerjaan} \times \text{volume} \\ &= 176 \times 33.775,32 \times 1.800.000 \\ &= \text{Rp } 60.795.575.174 \end{aligned}$$

2. Metode Kombinasi (CJ Konya dan ICI-Explosive)

Biaya Langsung : Jumlah hari x harga analisa satuan pekerjaan x volume

$$\begin{aligned} &= (176 \times 27.410.96 \times 500.000) + (401 \times 29.715,37 \times 1.300.000) \\ &= \text{Rp } 52.335.462.744 \end{aligned}$$

5.4.3.2. Biaya Tidak Langsung

Biaya tidak langsung adalah biaya yang berasal diluar produksi pekerjaan . Untuk biaya tidak langsung berasal dari biaya seperti tempat tinggal pekerja, uang makan pekerja, dan juga biaya transportasi. Selain itu biaya langsung juga bisa timbul karena adanya masalah dan juga penundaan pekerjaan. Biaya tidak langsung yang timbul akibat efek peledakan seperti *fly rock*, *ground vibration* dan *misfire* adalah kompensasi ke warga akibat efek pekerjaan blasting dan juga pekerjaan terhenti akibat adalah masalah baik itu sosial, alat dan juga sumberdaya. Pada pekerjaan galian batu dengan peledakan di Proyek Pembangunan Bendungan Tugu Trenggalek (MYC) Tahap 2 seperti dihitung pada sub bab 5.4.2 sesuai dengan perencanaan blasting pada sub bab 5.2 didapatkan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut. Maka dari waktu yang diporeleh bisa diketahui biaya langsung pekerjaan peledakan masing-masing skema peledakan dengan acuan analisa harga satuan yang sudah dihitung pada sub bab 5.4.1. Berikut adalah analisis biaya langsung pada masing-masing geometri peledakan :

1. Metode Awal

Biaya Tidak Langsung : Jumlah hari x biaya tidak langsung harian

$$\begin{aligned} &= 176 \times 2.750.000,00 \\ &= \text{Rp } 1.746.031.746 \end{aligned}$$

2. Metode Kombinasi (CJ Konya dan ICI-Explosive)

Biaya Tidak Langsung : Jumlah hari x biaya tidak langsung harian

$$\begin{aligned} &= (176 \times 1.664.687,50) + (401 \times 1.718.500) \\ &= \text{Rp } 983.117.284 \end{aligned}$$

5.5. Analisis Manajemen Risiko

Penelitian ini menggunakan prosedur PT. Wijaya Karya dengan nomor WIKA-SMR-PM-01.01 mengenai Manajemen Risiko. Register risiko yang mungkin terjadi dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut:

Risk Register untuk pekerjaan galian tanah dengan peledakan menggunakan Metode Awal, dan Kombinasi (Metode CJ Konya dan ICI-*Explosive (Trial & Error)*) ditampilkan di Tabel 5.11 hingga 5.12 pada halaman berikutnya. Risk Register yang ada menganalisis: 1) Risiko pada pelaksanaan peledakan Awal; 2) Risiko pada pelaksanaan peledakan menggunakan Metode Kombinasi Metode CJ Konya dan ICI-*Explosive (Trial & Error)*.

Pekerjaan galian dengan metode peledakan masuk dalam kataegori *high risk*, sehingga perlu dilakukan metode pekerjaan yang aman dan juga produktif, mengingat pekerjaan timbunan zona 5 dan zona 6 akan segera dilaksanakan. Sebelum melaksanakan pekerjaan tim proyek menghitung biaya risiko yang ditimbulkan akibat galian dengan metode peledakan. Diharapkan dengan adanya perhitungan yang baik, akan meminimalisir biaya yang timbul akibat pekerjaan galian batu dengan peledakan. Biaya yang dihitung mulai dari biaya analisis risiko, biaya rencana tindak lanjut reaktif dan rencana tindak lanjut pro aktif. Komponen biaya meliputi biaya akibat kecelakaan kerja, biaya akibat *misfire*, biaya akibat *ground vibration*, biaya akibat *flyrock*. Semua biaya dihitung dalam tabel dan dibuat analisa manajemen risiko.

5.5.1. Identifikasi Risiko Pekerjaan Galian dengan Peledakan

Identifikasi risiko pekerjaan galian dengan peledakan pada proyek Pembangunan Bendungan Tugu Trenggalek (MYC) Tahap 2 dilakukan sebelum melakukan pekerjaan. Lokasi Quarry berjarak kurang dari 150 meter dari pemukiman, hal ini terntunya sangat membahayakan untuk keselamatan warga desa Sukokidul. Untuk itu tim proyek mengedintifikasi risiko untuk metode kerja galian batu dengan peledakan dengan beberapa skema geometri peledakan. Risiko dari masing-masing geometri peledakan pada Proyek Pembangunan Bendungan Tugu Trenggalek (MYC) Tahap 2 adalah sebagai berikut :

1. Risiko menggunakan geometri awal
 - a. Kecelakaan kerja
 - b. *Fly Rock*
 - c. *Ground Vibration*
 - d. *Misfire*
2. Risiko menggunakan kombinasi geometri peledakan (CJ Konya dan *ICI-Exlposive*)
 - a. Kecelakaan kerja
 - b. *Ground Vibration*
 - c. *Misfire*

5.5.2. Analisis Risiko Pekerjaan Galian dengan Peledakan

Analisis risiko dilakukan untuk mengetahui biaya yang timbul akibat risiko, probabilitas risiko, tingkat prioritas risiko. Biaya risiko dihitung mulai dari biaya risiko apabila risiko tersebut terjadi, biaya rencana tindak lanjut aktif (biaya preventif agar risiko tersebut tidak terjadi) dan biaya tindak lanjut reaktif (biaya yang dikeluarkan langsung ketika terjadi *accident*). Dari analisis tersebut nantinya akan direncanakan rencana tindak lanjut aktif dan rencana tindak lanjut reaktif. Berikut adalah perhitungan biaya risiko pada masing-masing geometri peledakan pada Proyek Pembangunan Bendungan Tugu Trenggalek (MYC) Tahap 2 :

Tabel 5.9 Biaya Risiko pada Pelaksanaan Peledakan Awal

Manajemen Risiko Geometri Peledakan Aktual di Quarry Gunung Lojih					
No	Resiko	Kuantitas	Satuan	Haiga Satuan	Total Haiga
A Kecelakaan Kerja					
1	Analisis Resiko				
	Santunan Kematian	1	orang	Rp 240,000,000.00	Rp 240,000,000.00
	Biaya Pemakaman	1	orang	Rp 4,000,000.00	Rp 4,000,000.00
	Stop Work Action	1	hari	Rp 673,188,213.77	Rp 673,188,213.77
	Nilai Resiko Sebelum RTL				Rp 917,188,213.77
	Persentase Risiko Sebelum Mitigasi				1.34%
2	Rencana Tindak Lanjut Proaktif				
	Melakukan safety morning talk	1	kali	Rp	
	Penilaian K3 :				
	Sepatu Safety	7	bush	Rp 450,000.00	Rp 3,150,000.00
	Helim Proyek	7	bush	Rp 25,000.00	Rp 175,000.00
	Rompel Safety	7	bush	Rp 45,000.00	Rp 315,000.00
	Sapu Tangan	7	bush	Rp 35,000.00	Rp 245,000.00
	Kacamata	7	bush	Rp 20,000.00	Rp 140,000.00
	Body Harness	7	bush	Rp 500,000.00	Rp 3,500,000.00
	Ausensi	7	orang	Rp 41,760.00	Rp 292,320.00
	Total Biaya RTL Proaktif				Rp 7,817,320.00
	Sisa Resiko				Rp 91,370,893.77
	Persentase setelah Mitigasi				0.033%
3	Rencana Tindak Lanjut Reaktif				
	Asumsi : 1 pekerja kecelakaan kerja				
	Mo bilisasi korban ke RS	1	orang	Rp 1,000,000.00	Rp 1,000,000.00
	Pengobatan rawat jalan	1	hari	Rp 1,000,000.00	Rp 1,000,000.00
	Total Biaya RTL Reaktif				Rp 2,000,000.00
B Flyrock					
1	Analisis Resiko				
	Santunan Kematian	1	orang	Rp 240,000,000.00	Rp 240,000,000.00
	Renovasi Rumah	8	bush	Rp 30,000,000.00	Rp 240,000,000.00
	Stop Work Action	1	hari	Rp 673,188,213.77	Rp 673,188,213.77
	Perubahan Metode Pelaksanaan Blasting	1	kali	Rp 217,630,921.20	Rp 217,630,921.20
	Nilai Resiko Sebelum RTL				Rp 1,370,819,134.97
	Persentase Risiko Sebelum Mitigasi				2.11%
2	Rencana Tindak Lanjut Proaktif				
	Melakukan sosialisasi ke warga	1	kali	Rp 2,000,000.00	Rp 2,000,000.00
	Membuat Papan Pengumuman	3	bush	Rp 500,000.00	Rp 1,500,000.00
	Memasang Spline dan genset	3	bush	Rp 2,000,000.00	Rp 6,000,000.00
	Membuat Pos Evakuasi	3	bush	Rp 10,000,000.00	Rp 30,000,000.00
	Total Biaya RTL Proaktif				Rp 36,000,000.00
	Sisa Resiko				Rp 1,334,819,134.97
	Persentase setelah Mitigasi				0.091%
3	Rencana Tindak Lanjut Reaktif				
	Asumsi : 1 warga terkena ledakan batu				
	Mo bilisasi ke RS	1	orang	Rp 1,000,000.00	Rp 1,000,000.00
	Rawat Jalan	1	hari	Rp 3,000,000.00	Rp 3,000,000.00
	Total Biaya RTL Reaktif				Rp 4,000,000.00
C Ground Vibration					
1	Analisis Resiko				
	Renovasi Rumah (termasuk sumur air)	8	bush	Rp 75,000,000.00	Rp 600,000,000.00
	Perubahan Metode Pelaksanaan Blasting	1	kali	Rp 217,630,921.20	Rp 217,630,921.20
	Nilai Resiko Sebelum RTL				Rp 817,630,921.20
	Persentase Risiko Sebelum Mitigasi				1.18%
2	Rencana Tindak Lanjut Proaktif				
	Membeli Blazmote (alat pengukur getaran)	1	bush	Rp 70,000,000.00	Rp 70,000,000.00
	Camera Untuk Dokumentasi	1	bush	Rp 2,000,000.00	Rp 2,000,000.00
	Total Biaya RTL Proaktif				Rp 72,000,000.00
	Sisa Resiko				Rp 745,630,921.20
	Persentase setelah Mitigasi				0.059%
3	Rencana Tindak Lanjut Reaktif				
	Stop Pelaksanaan Blasting	1	kali	Rp 72,543,640.40	Rp 72,543,640.40
	Total Biaya RTL Reaktif				Rp 72,543,640.40
D Misfire					
1	Analisis Resiko				
	Evakuasi Lubang Peledakan	60	bush	Rp 241,812.13	Rp 14,508,728.08
	Pengamanan Lokasi	1	kali	Rp 1,500,000.00	Rp 1,500,000.00
	Peledakan Ulang dengan sleep blasting	60	bush	Rp 1,209,060.67	Rp 72,543,640.40
	Pelengkapan Tertunda	1	kali	Rp 200,000,000.00	Rp 200,000,000.00
	Nilai Resiko Sebelum RTL				Rp 288,552,368.48
	Perubahan Metode Pelaksanaan Blasting				0.29%
2	Rencana Tindak Lanjut Proaktif				
	Melakukan pelatihan Juru Ledak	1	orang	Rp 19,000,000.00	Rp 19,000,000.00
	Ohmmeter	1	bush	Rp 350,000.00	Rp 350,000.00
	Total Biaya RTL Proaktif				Rp 19,350,000.00
	Sisa Resiko				Rp 288,552,368.48
	Persentase setelah Mitigasi				0.119%
3	Rencana Tindak Lanjut Reaktif				
	Pengamanan Lokasi	1	kali	Rp 1,500,000.00	Rp 1,500,000.00
	Evakuasi Lubang Peledakan	60	bush	Rp 241,812.13	Rp 14,508,728.08
	Total Biaya RTL Reaktif				Rp 16,008,728.08

Tabel 5.10 Risiko pada pelaksanaan peledakan Kombinasi

Manajemen Risiko Geometri Peledakan Kombinasi di Quarry Gunung Lojah					
No	Resiko	Kuantitas	Satuan	Harga Satuan	Total Harga
A Kecelakaan Kerja					
1	Analisis Resiko				
	Santunan Kematian	1	orang	Rp 240,000,000.00	Rp 240,000,000.00
	Biaya Pemakaman	1	orang	Rp 4,000,000.00	Rp 4,000,000.00
	Stop Work Action	1	hari	Rp 673,188,213.77	Rp 673,188,213.77
	Nilai Resiko Sebelum RTL				Rp 917,188,213.77
	Persentase Risiko Sebelum Mitigasi				1.3426%
2	Rencana Tindak Lanjut Proaktif				
	Melakukan safety morning talk	1	kali	Rp -	
	Peralatan K3 :				
	-Sepatu Safety	7	buah	Rp 450,000.00	Rp 3,150,000.00
	-Helm Proyek	7	buah	Rp 25,000.00	Rp 175,000.00
	-Rompi Safety	7	buah	Rp 45,000.00	Rp 315,000.00
	-Sapu Tangan	7	buah	Rp 35,000.00	Rp 245,000.00
	-Kacamata	7	buah	Rp 20,000.00	Rp 140,000.00
	-Body Harness	7	buah	Rp 500,000.00	Rp 3,500,000.00
	-Asuransi	7	orang	Rp 41,760.00	Rp 292,320.00
	Total Biaya RTL Proaktif				Rp 7,817,320.00
	Sisa Resiko				Rp 91,718,821.38
	Persentase setelah Mitigasi				-0.033%
3	Rencana Tindak Lanjut Reaktif				
	Asumsi : 1 pekerja kecelakaan kerja				
	Mobilisasi korban ke RS	1	orang	Rp 1,000,000.00	Rp 1,000,000.00
	Rawat Jalan & Administrasi Asuransi	1	hari	Rp 1,000,000.00	Rp 1,000,000.00
	Total Biaya RTL Reaktif				Rp 2,000,000.00
B Ground Vibration					
1	Analisis Resiko				
	Renovasi Rumah (termasuk sumur air)	3	buah	Rp 75,000,000.00	Rp 225,000,000.00
	Perubahan Metode Pelaksanaan Blasting	1	kali	Rp 54,576,281.38	Rp 54,576,281.38
	Nilai Resiko Sebelum RTL				Rp 279,576,281.38
	Persentase Risiko Sebelum Mitigasi				0.2702%
2	Rencana Tindak Lanjut Proaktif				
	Membeli Blasmate (alat pengukur getaran)	1	buah	Rp 70,000,000.00	Rp 70,000,000.00
	Camera Untuk Dokumentasi	1	buah	Rp 2,000,000.00	Rp 2,000,000.00
	Total Biaya RTL Proaktif				Rp 72,000,000.00
	Sisa Resiko				Rp 27,957,628.14
	Persentase setelah Mitigasi				-0.032%
3	Rencana Tindak Lanjut Reaktif				
	Memperbaiki Rumah Warga	1	kali	Rp 10,000,000.00	Rp 10,000,000.00
	Total Biaya RTL Reaktif				Rp 10,000,000.00
C Misfire					
1	Analisis Resiko				
	Evakuasi Lubang Peledakan	60	buah	Rp 181,920.94	Rp 10,915,256.28
	Pengamanan Lokasi	1	kali	Rp 1,500,000.00	Rp 1,500,000.00
	Peledakan Ulang dengan <i>sleep blasting</i>	60	buah	Rp 909,604.69	Rp 54,576,281.38
	Pekerjaan Tertunda	1	kali	Rp 200,000,000.00	Rp 200,000,000.00
	Nilai Resiko Sebelum RTL				Rp 266,991,537.65
	Renovasi Rumah (termasuk sumur air)				0.2491%
2	Rencana Tindak Lanjut Proaktif				
	Melakukan pelatihan Juru Ledak	1	orang	Rp 19,000,000.00	Rp 19,000,000.00
	Ohmmeter	1	buah	Rp 350,000.00	Rp 350,000.00
	Total Biaya RTL Proaktif				Rp 19,350,000.00
	Sisa Resiko				Rp 26,699,153.77
	Persentase setelah Mitigasi				-0.123%
3	Rencana Tindak Lanjut Reaktif				
	Pengamanan Lokasi	1	kali	Rp 1,500,000.00	Rp 1,500,000.00
	Evakuasi Lubang Peledakan	60	buah	Rp 181,920.94	Rp 10,915,256.28
	Total Biaya RTL Reaktif				Rp 12,415,256.28

Dari tabel 5.8 dan tabel 5.9 diketahui beberapa biaya risiko yang terjadi akibat pekerjaan galian dengan peledakan dengan menggunakan metode awal dan metode kombinasi. Ada beberapa usaha yang dilakukan untuk menurunkan risiko pekerjaan galian dengan peledakan diantara lain adalah:

1. Menyusun skema peledakan
2. Melakukan mitigasi
3. Melakukan trial peledakan
4. *Safety Plan*

5.5.2.1. Rencana Tindak Lanjut Proaktif

Ada beberapa strategi tim proyek dalam mengurangi biaya risiko yaitu dengan melakukan rencana tindak lanjut proaktif. Berikut adalah rencana tindak lanjut pro aktif yang dilakukan :

5.5.2.1.1. Sosialisasi Safety and Health Environment (SHE)

Kegiatan Sosialisasi SHE bertujuan untuk memberikan pemahaman tentang pentingnya SHE di proyek. Kegiatan sosialisasi SHE di proyek biasanya dilakukan pada waktu *safety morning talk* dan *tool box meeting*. Kegiatan *safety morning talk* dilakukan agar target quality dan safety di proyek bisa tersosialisasikan keseluruh tim proyek. *Safety morning talk* dilakukan seminggu sekali, dan ditindaklanjuti dengan kegiatan *tool box meeting* sebelum memulai pekerjaan. Pada *safety meeting talk dan toolbox meeting* ditekankan pada identifikasi risiko pekerjaan dan tindak lanjut, sehingga dengan adanya kegiatan tersebut diharapkan dapat mengurangi probabilitas terjadinya risiko.

5.5.2.1.2. Pelatihan Peledakan

Salah satu cara mengendalikan risiko adalah dengan cara mengikutkan personil untuk sertifikasi juru ledak dan pengelola bahan peledak. Hal ini bertujuan untuk mengetahui regulasi mengenai peledakan non tambang, pengetahuan mengenai pengelolaan badan dan gudang bahan peledak, ilmu mengenai geometri peledakan dan safety plan peledakan. Dengan adanya personil yang tersertifikasi maka akan mengurangi risiko yang timbul akibat pekerjaan galian dengan peledakan.

5.5.2.1.3. *Safety Plan* Peledakan

Dalam hal ini yang dimaksud adalah Pengamanan terhadap personil dan penduduk yang beraktivitas disekitar peledakan atau penduduk yang beraktivitas disekitar front peledakan. Usaha preventif yang dapat dilakukan antara lain dengan:

1. Petugas

Kegiatan peledakan harus dilakukan oleh *Blasting Master*

2. Jarak Aman

Lokasi peledakan harus aman dari pekerja maupun warga sipil. Jarak aman minimal 300m

3. Cuaca

Saat cuaca mendung, sebaiknya tidak dilakukan peledakan untuk menghindari sambaran petir di lokasi peledakan

4. Waktu

Pelaksanaan peledakan diusahakan pada waktu istirahat agar tidak mengganggu aktifitas yang lain, yaitu pada waktu istirahat antara jam 12.00-13.00 WIB dan jam 17.00-18.00 WIB.

1. Pekerjaan Peledakan

a. Persiapan Sebelum Peledakan

1) Cara Pengambilan Handak Dari Gudang

- a) Power Gel dan Amonium Nitrat bisa dibawa ke lokasi bersama dengan detonator namun dipisahkan tempatnya
- b) Kriteria kendaraan yang digunakan untuk mengangkut bahan peledak ke lokasi ledak:
 - Menggunakan mobil bak terbuka
 - Kendaraan pengangkut dalam kondisi baik (semua jaringan kabel listrik dilindungi dan diikat untuk mencegah konslet)
 - Kendaraan pengangkut handak harus dilakukan pengecekan setiap hari
 - Tabung APAR harus disediakan dikendaraan

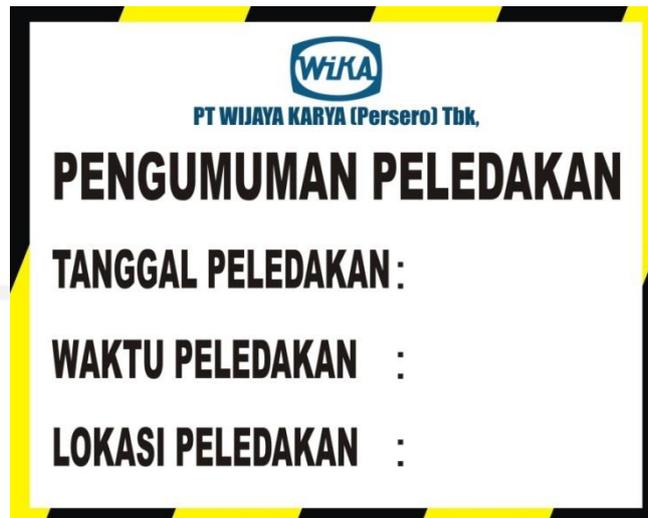
- Bak yang digunakan untuk mengangkut bahan peledak harus dilapisi kayu atau bahan isolator lainnya untuk mencegah kontak langsung antara bahan peledak dengan besi mobil
 - Jangan mengangkat bahan peledak melebihi muatan yang telah ditentukan
 - Kendaraan angkutan bahan peledak diparkir ditempat yang aman
 - Knalpot kendaraan tidak boleh mengarah ke bak pengangkutan dimana hendak diletakkan
 - Pada bagian belakang mobil pengangkut diberi tulisan “berbahaya”
- c) Kriteria driver yang digunakan untuk pengiriman bahan peledak
- Driver kendaraan harus berumur 21 tahun keatas, sehat jasmani & rohani, hati-hati, mampu dan dapat dipercaya.
 - Driver harus memiliki ijin mengemudi (SIM)
 - Dilarang merokok saat mengangkut bahan peledak
- d) Kotak kayu atau kotak plastik bukan logam harus disediakan untuk pengangkutan handak dan pemuatannya harus diawasi oleh polisi
- 2) **Papan Rambu**
- Papan rambu berisi peringatan tentang keselamatan kerja, anjuran memakai APD dan petunjuk jalan agar kecelakaan dapat dihindari



Gambar 5.15 Papan Rambu

3) **Papan Pengumuman**

Untuk membantu memberikan informasi mengenai jadwal pekerjaan peledakan (request sehari sebelum peledakan)



Gambar 5.16 Papan Pengumuman

4) Pengamanan Disekitar Peledakan

a) Simulasi

Pekerja yang berhubungan atau bekerja dekat area peledakan akan menerima training mengenai evakuasi & pengamanan peledakan

b) Alat Pelindung Diri

Pekerja harus memakai APD yang diperlukan untuk itu termasuk : helm, sarung tangan, pelindung telinga, kacamata safety, sepatu safety, masker debu.

5) Persiapan Dilokasi Peledakan

a) Pengamanan dilokasi sebelum peledakan

- Tim blasting melakukan survey dan memastikan tidak ada pekerja, kendaraan proyek dan alat berat di daerah blasting ketika blasting dilaksanakan
- Ketika pengisian lubang ledak, ada petugas safety yang mengawasinya
- Pemasangan safetyline di lokasi peledakan

b) Pemindahan bahan peledak

- Bawalah bahan peledak dengan hati-hati, jangan melempar, menggelindingkannya, menjatuhkannya

- Bawalah bahan peledak di dalam wadah yang terpisah saat mengangkut secara manual
 - Ketika bahan peledak tidak didalam wadah aslinya tempatkan bahan peledak didalam wadah yang bukan logam
 - Pemindahan bahan peledak dari wadah aslinya hanya ketika diperlukan saja
 - Gunakan alat yang tidak menimbulkan percikan api ketika membuka wadah bahan peledak
 - Bakar wadah yang kosong bekas bahan peledak di tempat yang telah disetujui
 - Pengisian Bahan Peledak
 - Proses pengisian bahan peledak dilakukan dengan hati-hati
 - Blasting master tetap berada di lokasi pengisian sampai peledakan selesai
 - Pengisian bahan peledak tidak boleh melebihi kapasitas lubang
 - Jangan meninggalkan lubang yang sudah dimuat bahan peledak dalam keadaan tidak terjaga
 - Jika ada keadaan darurat sampai menunda peledakan, tutup daerah itu dan tugaskan seseorang untuk mengawasinya agar tidak ada orang lain masuk ke area yang akan diledakkan
 - Gunakan alat bantu stemming berbahan dasar bukan logam atau bahan yang tidak menimbulkan detonasi
- c) Mobile Radio Transmitter dan Handphone
- Jangan mengaktifkan radio transmitter dan handphone yang berjarak minimal 20 meter
- d) Peralatan yang diperlukan didalam kegiatan peledakan sekaligus pengecekan
- Radio komunikasi / HT
 - Blasting machine
 - Megaphone / Sirine
 - Pluit

- Papan rambu peringatan
- Bendera Hijau dan Merah
- Safety line
- Alarm

e) Tanda sirine peledakan akan diatur sebagai berikut :

- Sirine I : Persiapan, evakuasi, penyisiran = 1 kali bunyi panjang
- Sirine II : Persiapan untuk diledakkan = 1 kali bunyi panjang
- Sirine III: Bersamaan dengan dilakukan 5 hitungan mundur = 1 kali bunyi panjang

f) Kegagalan dalam peledakan

- Untuk kegagalan peledakan akibat sambungan kabel maka blasting master akan memperbaikinya, menghubungkan kembali jaringan kabel-kabelnya.
- Kegagalan peledakan yang diakibatkan oleh kabel detonator, blasting master harus memeriksa kabel-kabel dari dalam lubang dan setelah aman maka dia akan merangkaikan kembali dan meledakkannya.
- Melarang setiap orang untuk memasuki daerah bahaya tersebut

6) Tim Pengamanan Blasting

NO	ITEM	TIM	
		JUMLAH	LOKASI
1	Tim Pengamanan Akses	Menyesuaikan dengan lokasi (jumlah akses)	- Akses 1 - Akses 2 - Akses 3 - Akses 4 - Akses n
2	Tim Patroli	1 Tim	Berkeliling di area peledakan
3	Tim Meeting Point	1 Tim	Di lokasi yang sudah ditentukan

b. Saat Melaksanakan Peledakan

1) Waktu pelaksanaan peledakan

Peledakan dilaksanakan pada jam istirahat para pekerja dan penduduk yakni pada pukul 12.00 – 13.00 WIB dan 17.00 – 18.00 WIB atau menyesuaikan zona waktu (WIB, WITA, WIT)

2) Tanda sirine memulai peledakan

a) Sirine I dengan bunyi panjang menandakan persiapan peledakan. Seluruh tim pengaman menyebar ke lokasi yang sudah ditentukan terutama jalan akses sekaligus evakuasi pekerja dan penduduk sejauh minimal 300 meter dan ada petugas safety atau tim patroli dan tim blasting berada di lokasi peledakan guna memastikan keamanan lokasi

b) Penggambaran radius lokasi aman dengan titik pusat yaitu titik blasting, untuk radius 1-3

c) Sirine II dengan bunyi panjang menunjukkan persiapan untuk peledakan kemudian petugas safety atau tim patroli dan tim blasting menjauh dari lokasi ledakan

d) Sirine III disertai hitungan 5 mundur menunjukkan area ledakan akan diledakkan

3) Pengecekan area ledak setelah peledakan

a) Blasting master melakukan pengecekan area yang sudah diledakkan untuk memastikan lubang ledak seluruhnya meledak atau gagal ledak (missfire)

b) Seluruh tim pengaman melaporkan keadaan sekitar dan tidak boleh meninggalkan lokasi masing – masing apabila belum dinyatakan aman oleh blasting master & pelaksana blasting

c) Apabila terdapat gagal ledak maka dilakukan sirine tahap III sekaligus dilakukan hitungan 5 mundur. Apabila dinyatakan aman maka pelaksana blasting menginformasikan kepada tim pengaman dan peledakan selesai.

2. Pekerjaan Persiapan

- a. PT Wijaya Karya meminta pemasok bahan peledak:
 - 1) Surat Ijin dari Markas Besar Kepolisian RI
 - 2) Prosedur Keselamatan
 - 3) Cara Bongkar Muat bahan peledak
 - 4) MSDS + Label
- b. Sosialisasi Kepada Masyarakat
 - 1) Sosialisasikan kepada masyarakat mengenai keberadaan gudang bahan peledak dan pekerjaan peledakan
 - 2) Memasang poster dan rambu-rambu peringatan mengenai peledakan:
 - 3) Rambu-rambu mengenai peledakan
 - 4) Harus dipasang ditempat-tempat yang mudah dilihat oleh masyarakat dan lalu lintas
 - 5) Dengan ukuran yang cukup dan kualitasnya bagus
- c. Gudang Bahan Peledak
 - 1) Keamanan Gudang Bahan Peledak
 - a) Untuk keamanan pastikan selalu setiap saat gudang handak terkunci dengan aman
 - b) Gudang harus dijaga setiap waktu dengan ketentuan:
 - Dijaga oleh Satuan Pengamanan dan Petugas Polri setempat selama 24 jam
 - Kunci gudang ada 3, masing-masing dipegang oleh kepolisian setempat, satpam dan kepala gudang
 - Kartu stok harus diisi disetiap pengambilan dan diparaf oleh ketiga petugas diatas
 - Petugas keamanan menulis perkembangan di dalam buku mutasi disetiap pergantian shift
 - c) Mengadakan patroli keliling dan adakan cek fisik gudang secara berkala baik oleh satpam perusahaan ataupun bersama dengan petugas polri setempat.

- d) Jumlah bangunan gudang handak disesuaikan dengan jumlah handak yang dipakai
 - e) Gudang dikelilingi oleh pagar kawat berduri setinggi 2 meter yang pintunya tidak boleh berhadapan langsung dengan gudang handak & dipasang gembok yang kuncinya dipegang oleh satpam.
 - f) Gudang dikelilingi oleh tanggul yang terbuat dari urugan tanah setinggi 2 meter.
 - g) Di dalam bangunan gudang handak tidak boleh terdapat aliran listrik baik untuk lampu penerangan ataupun yang lainnya.
 - h) Konstruksi gudang handak harus permanen dan tidak mudah terbakar yakni menggunakan tembok beton, pintu besi 2 rangkap
 - i) Lokasi gudang handak harus jauh dari pemukiman dan jalan umum.
- 2) Lokasi Gudang Bahan Peledak:
 - Lokasi sudah mendapat ijin dari dari kapolres setempat
 - Lokasi penyimpanan bahan peledak harus mengacu pada perundang-undangan yang berlaku
 - 3) Penyimpanan Dalam Gudang Bahan Peledak:
 - MSDS (Material Safety data sheet) mengenai bahan peledak harus tersedia
 - Bahan peledak disusun rapi, diberi label, diletakkan ditempat yang aman
 - Detonator, Amonium Nitrat dan Power gel penyimpanannya harus berada di dalam bangunan gudang yang berbeda
 - 4) Perawatan Gudang Bahan Peledak:
 - Lakukan inspeksi gudang handak setiap hari
 - Segera bersihkan semak – semak dan bahan yang mudah terbakar dari area gudang handak
 - Cek fisik secara berkala oleh Ka. Gudang, Petugas polri setempat, Petugas Safety

5) Aksesoris Gudang Bahan Peledak:

- Penangkal petir diatas atap setiap bangunan gudang handak
- Thermometer ruang
- Rak kayu untuk setiap handak
- Kawat kasa 10 x 10mm dipasang sebagai plafon
- Dipasang ventilasi udara
- Pagar kawat berduri dipasang disekeliling gudang
- Tanggul tanah disekeliling gudang
- Penerangan hanya boleh dipasang diluar gudang
- Kabel listrik tidak boleh dipasang didalam gudang
- APAR

6) Pemasangan rambu

Area gudang handak diberi rambu – rambu peringatan terkait:

- Rambu APD yang digunakan ketika masuk gudang handak
- Rambu larangan masuk selain petugas atau yang memiliki wewenang
- Rambu bahaya lainnya yang berada di luar pagar gudang handak

d. Survey Bangunan (*Pre Blasting*)

Sebelum dilakukan pekerjaan peledakan utnuk menghindari *claim* dari masyarakat sekitar perlu dilakukan Joint Inspection bersama dengan masyarakat. Hal yang perlu di cek antara lain :

- Mendokumentasikan wilayah pemukiman didekat Quarry
- Mendokumentasikan kondisi dinding dan atap bangunan didekat Quarry
- Mendata warga yang masih bayi dan usia lanjut
- Mendata warga yang memilki riwayat penyakit jantung

e. Kualifikasi Pengawas

1) Pengawas pekerjaan blasting yang ditunjuk harus melakukan supervisi secara langsung terhadap seluruh proses blasting menyangkut:

- Penyimpanan Handak
- Pengangkutan Handak

- Persiapan Lubang Ledak
 - Pengisian Lubang Ledak
 - Merangkai Rangkaian Peledak
 - Melakukan Peledakan
 - Memeriksa Hasil Ledakan
 - Menangani Gagal Ledak
- 2) Pengawas harus memiliki sertifikat juru ledak dan KIM yang dikeluarkan oleh lembaga yang berhak dan menyertakan pengalaman pekerjaan yang sudah dilaksanakan sebagai bukti kompetensinya dipekerjaan peledakan
- f. Simulasi peledakan
- Sebelum awal dimulainya peledakan, setiap tim yang ditunjuk sebagai tim pengamanan, tim patroli harus mendapatkan informasi sekaligus simulasi terkait pengamanan peledakan dan urutan sirine peledakan.

3. Saat setelah peledakan

- a. Beberapa hal yang harus dilakukan setelah peledakan
- 1) Mengkonfirmasi jadwal peledakan selanjutnya kepada pelaksana blasting
 - 2) Mengecek kelengkapan alat bantu peledakan dan memastikan semua dalam keadaan baik
 - 3) Memasang pengumuman peledakan selanjutnya yang berisi
 - Tanggal peledakan
 - Waktu Peledakan
 - Lokasi Peledakan
- b. Apabila terjadi hal yang tidak diinginkan setelah peledakan
- 1) Jika ada warga atau pekerja yang terkena flyrock maka segera dibawa ke klinik atau pelayanan kesehatan terdekat
 - 2) Jika ada rumah penduduk yang terkena dampak dari peledakan segera arahkan ke kantor untuk bertemu dengan pihak terkait klaim.

5.5.3. Prioritas Risiko

Prioritas Risiko dihitung dengan cara menghitung biaya risiko dan probabilitas risiko yang ditimbulkan dari risiko yang sudah diidentifikasi. Pada penelitian ini menganalisis risiko yang timbul akibat geometri peledakan awal dan kombinasi geometri peledakan untuk pekerjaan galian batu dengan peledakan pada Proyek Pembangunan Tugu Kabupaten Trenggalek (MYC) Tahap 2. Hasilnya diperoleh sebagai berikut :

Tabel 5.11 Prioritas Risiko Peledakan Awal

Resiko Peledakan Metode Awal																
No.	Area	Kategori	Subkategori	Resiko	Penyebab	Akibat	Nilai Resiko	Analisa						Evaluasi		
								Probabilitas	Akibat	Score	Prioritas	Prioritas	Prioritas			
1	Pengelolaan Manajemen	Manajemen K3L	Pelaksanaan Manajemen K3L	Terjadi Kecelakaan Kerja	Medan yang curam	Pekerja terjatuh dari ketinggian	Rp 917,188,214	3	Besar	2	Berat	6	T	2		2
2	Engineering	Pelaksanaan Kontrak Konstruksi	Pelaksanaan Galian Batu Keras Dengan Peledakan	Terjadi <i>Fly Rock</i>	Geometri Peledakan Salah	<i>Fly Rock</i> merusak rumah warga dan mengenai warga	Rp 1,370,819,135	4	Sangat Besar	3	Sangat Berat	12	E	1		1
3	Engineering	Pelaksanaan Kontrak Konstruksi	Pelaksanaan Galian Batu Keras Dengan Peledakan	Terjadi <i>misfire</i>	Tenaga yang kurang berpengalaman/sertifikasi	Terjadi Gagal Ledak	Rp 288,552,368	2	Kecil	1	Ringan	2	R	4		4
4	Engineering	Pelaksanaan Kontrak Konstruksi	Pelaksanaan Galian Batu Keras Dengan Peledakan	<i>Ground Vibration</i>	Geometri Peledakan Salah	<i>Ground Vibration</i> merusak rumah warga dan sumur	Rp 817,630,921	3	Besar	2	Berat	6	T	3		3
Total							Rp 3,394,190,638									

Resiko Peledakan Metode Aktual (lanjutan)													
No.	Kontrol Eksiting	Tingkat Efektifitas	Rencana Tindak Lanjut Proaktif			Rencana Tidak Lanjut Reaktif				Sumber Daya	Batas Waktu	Penanggung Jawab RTL	
			RTL	Biaya	Sisa Resiko	Kontrol Eksiting	Tingkat Efektifitas	RTL	Biaya			Responsible Person	Accountable Person
1	Prosedur SHE Plan	Good	Menggunakan peralatan safety dan asuransi	Rp 7,817,320	Rp 91,718,821	Prosedur SHE Plan	Good	Membayai biaya pengobatan pekerja	Rp 2,000,000	man, contract, method	Sampai pekerjaan selesai	Engineering, Konstruksi, SHE	Manajer Proyek
2	Prosedur Pelaksanaan dan Prosedur SHE Plan	Good	Melakukan sosialisasi ke warga, memasang papan pengumuman, memasang sirine	Rp 36,000,000	Rp 137,081,913	Prosedur Pelaksanaan dan SHE Plan	Good	Membayai biaya pengobatan warga dan memperbaiki	Rp 4,000,000	man, contract, method	Sampai pekerjaan selesai	Engineering, Konstruksi, SHE	Manajer Proyek
4	Prosedur Pelaksanaan	Good	Melakukan Pelatihan Juru Ledak ke pekerja <i>blasting</i>	Rp 19,350,000	Rp 28,855,237	Prosedur Pelaksanaan dan SHE Plan	Good	Pengamanan Lokasi, Evakuasi lubang peledakan	Rp 16,008,728	man, contract, method	Sampai pekerjaan selesai	Engineering, Konstruksi, SHE	Manajer Proyek
4	Prosedur Pelaksanaan	Good	Membeli <i>Blasmate</i>	Rp 72,000,000	Rp 81,763,092	Prosedur Pelaksanaan	Good	Stop Pelaksanaan Blasting	Rp 72,543,640	method, man	Sampai pekerjaan selesai	Engineering, Konstruksi, SHE	Manajer Proyek
Total				Rp 135,167,320	Rp 339,419,064					Rp 94,552,368			

Tabel 5.12 Prioritas Risiko Geometri Kombinasi

Resiko Peledakan Kombinasi															
No.	Area	Kategori	Subkategori	Resiko	Penyebab	Akibat	Nilai Resiko	Analisa				Evaluasi			
								Probabilitas	Akibat	Score	Prioritas	Prioritas	Prioritas		
1	Pengelolaan Manajemen	Manajemen K3L	Pelaksanaan Manajemen K3L	Terjadi Kecelakaan Kerja	Medan yang curam	Pekerja terjatuh dari ketinggian	Rp 917,188,214	3	Besar	2	Berat	6	T	1	1
2	Engineering	Pelaksanaan Kontrak Konstruksi	Pelaksanaan Galian Batu Keras Dengan Peledakan	Terjadi <i>missfire</i>	Tenaga yang kurang berpengalaman/sertifikasi	Terjadi Gagal Ledak	Rp 266,991,538	2	Kecil	1	Ringan	2	R	3	3
3	Engineering	Pelaksanaan Kontrak Konstruksi	Pelaksanaan Galian Batu Keras Dengan Peledakan	<i>Ground Vibration</i>	Geometri Peledakan Salah	<i>Ground Vibration</i> merusak rumah warga dan sumur	Rp 279,576,281	2	Kecil	1	Ringan	2	R	2	2
Total							Rp 1,463,756,033								

Resiko Peledakan Kombinasi (lanjutan)													
No.	Rencana Tindak Lanjut Proaktif				Rencana Tindak Lanjut Reaktif				Sumber Daya	Batas Waktu	Penanggung Jawab Responsible Person	Jawab Accountable Person	
	Kontrol Efektif	Tingkat Efektifitas	RTL	Biaya	Sisa Resiko	Kontrol Efektif	Tingkat Efektifitas	RTL					Biaya
1	Prosedur SHE Plan	Good	Menggunakan peralatan safety dan asuransi	Rp 7,817,320	Rp 91,718,821	Prosedur SHE Plan	Good	Membiayai biaya pengobatan pekerja	Rp 2,000,000	man, contract, method	Sampai pekerjaan selesai	Engineering, Konstruksi, SHE	Manajer Proyek
4	Prosedur Pelaksanaan	Good	Melakukan Pelatihan Juru Ledak ke pekerja <i>blasting</i>	Rp 19,350,000	Rp 26,699,154	Prosedur Pelaksanaan dan SHE Plan	Good	Pengamanan Lokasi, Evakuasi lubang peledakan	Rp 12,415,256	man, contract, method	Sampai pekerjaan selesai	Engineering, Konstruksi, SHE	Manajer Proyek
4	Prosedur Pelaksanaan	Good	Membeli <i>Blasmate</i>	Rp 72,000,000	Rp 27,957,628	Prosedur Pelaksanaan	Good	Memperbaiki rumah	Rp 10,000,000	method, man	Sampai pekerjaan selesai	Engineering, Konstruksi, SHE	Manajer Proyek
Total				Rp 99,167,320	Rp 146,375,603					Rp 24,415,256			

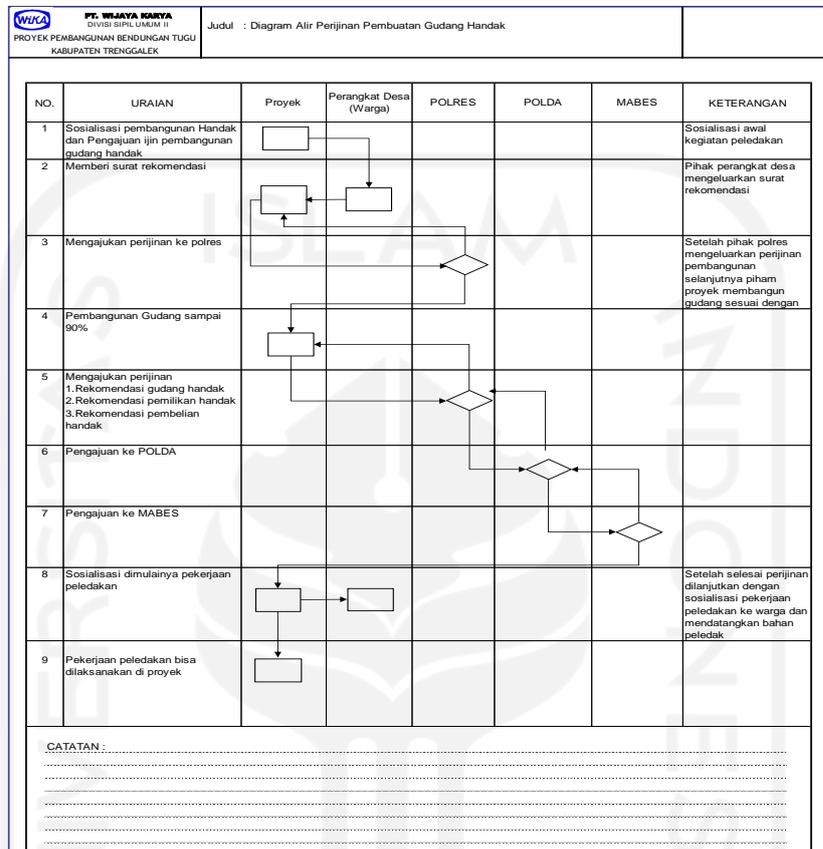
Tabel 5.13 Rekapitulasi Nilai Risiko

No	Uraian	Harga	
		Awal	Kombinasi
A	Risiko Sebelum RTL	Rp 3.394.190.638	Rp 1.463.756.033
B	Biaya Risiko		
1	Mitigasi Pro-Aktif	Rp 135.167.320	Rp 99.167.320
2	Sisa Risiko	Rp 339.419.064	Rp 146.375.603
3	Biaya Cadangan Risiko (B1+B2)	Rp 474.586.384	Rp 245.542.923

Berdasarkan hasil analisis manajemen risiko yang ada, diketahui bahwa risiko pada metode peledakan batu dengan metode awal lebih tinggi dari pada peledakan batu dengan Metode Kombinasi Metode CJ Konya dan ICI-Explosive (*Trial & Error*). Hal ini dapat dilihat dimana risiko pekerjaan galian batu dengan peledakan memiliki risiko yang besar antara lain *fly rock*, *ground vibration* dan *missfire*. Untuk meminimalisir risiko-risiko tersebut perlu adanya *safety plan* dan juga prosedur kerja yang baik,

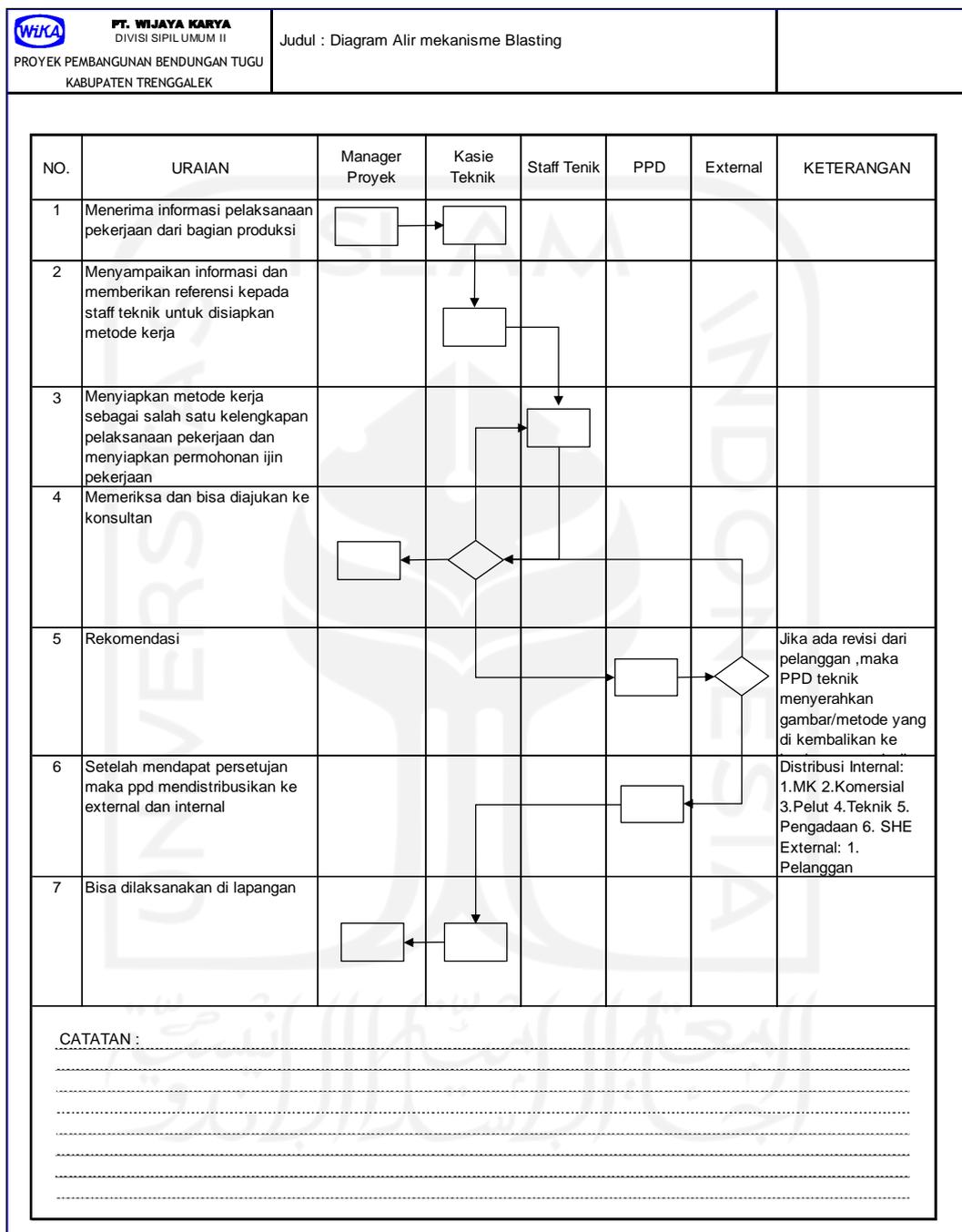
5.5.4. prosedur pekerjaan galian dengan peledakan

5.5.4.1 Diagram alir mekanisme blasting



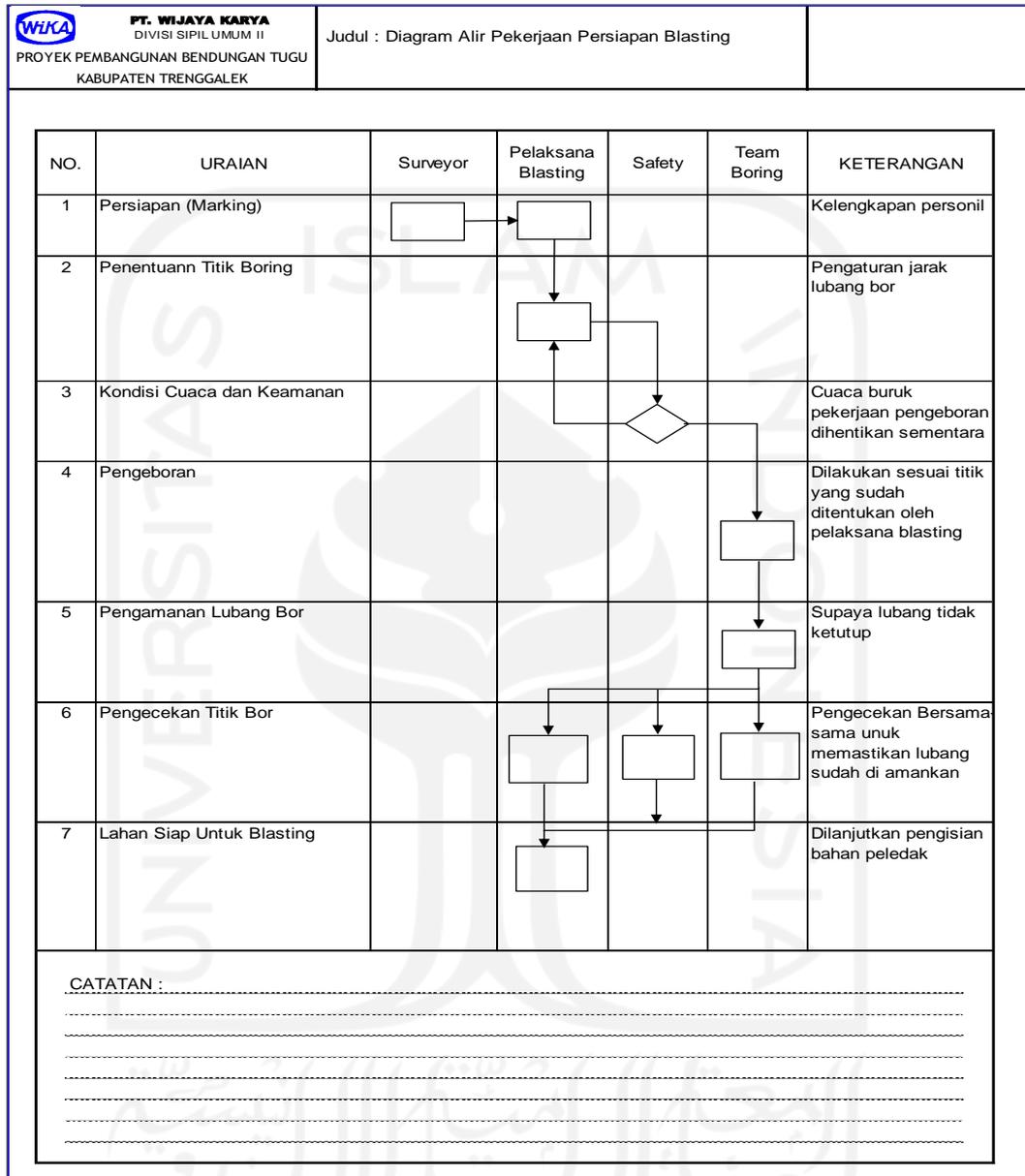
Gambar 5.17 Diagram Alir Mekanisme Blasting

5.5.4.2 Diagram alir mekanisme galian batu dengan peledakan



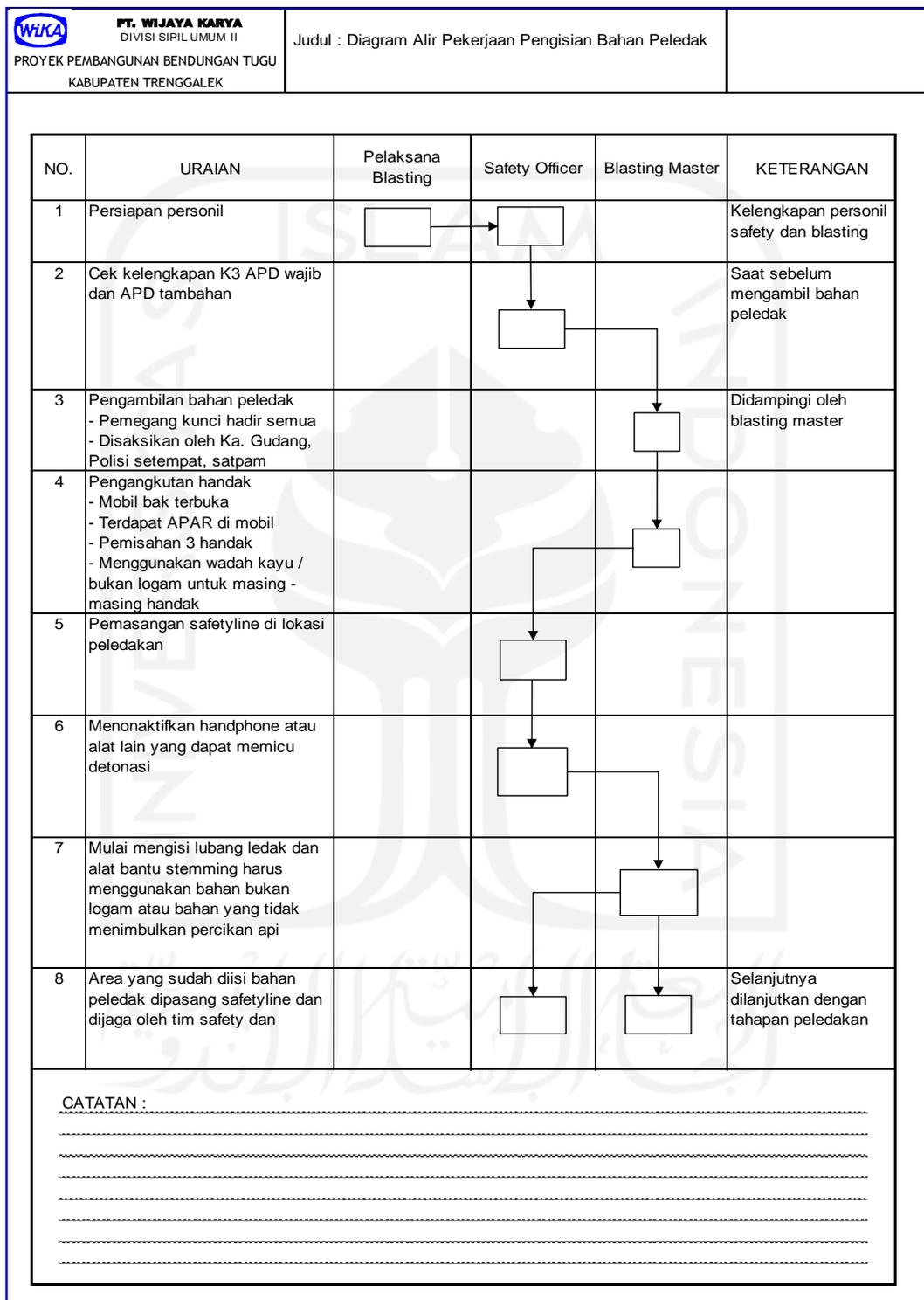
Gambar 5.18 Diagram Alir Mekanisme Galian Batu Dengan Peledakan

5.5.4.3 Diagram Alir Pekerjaan Persiapan Blasting



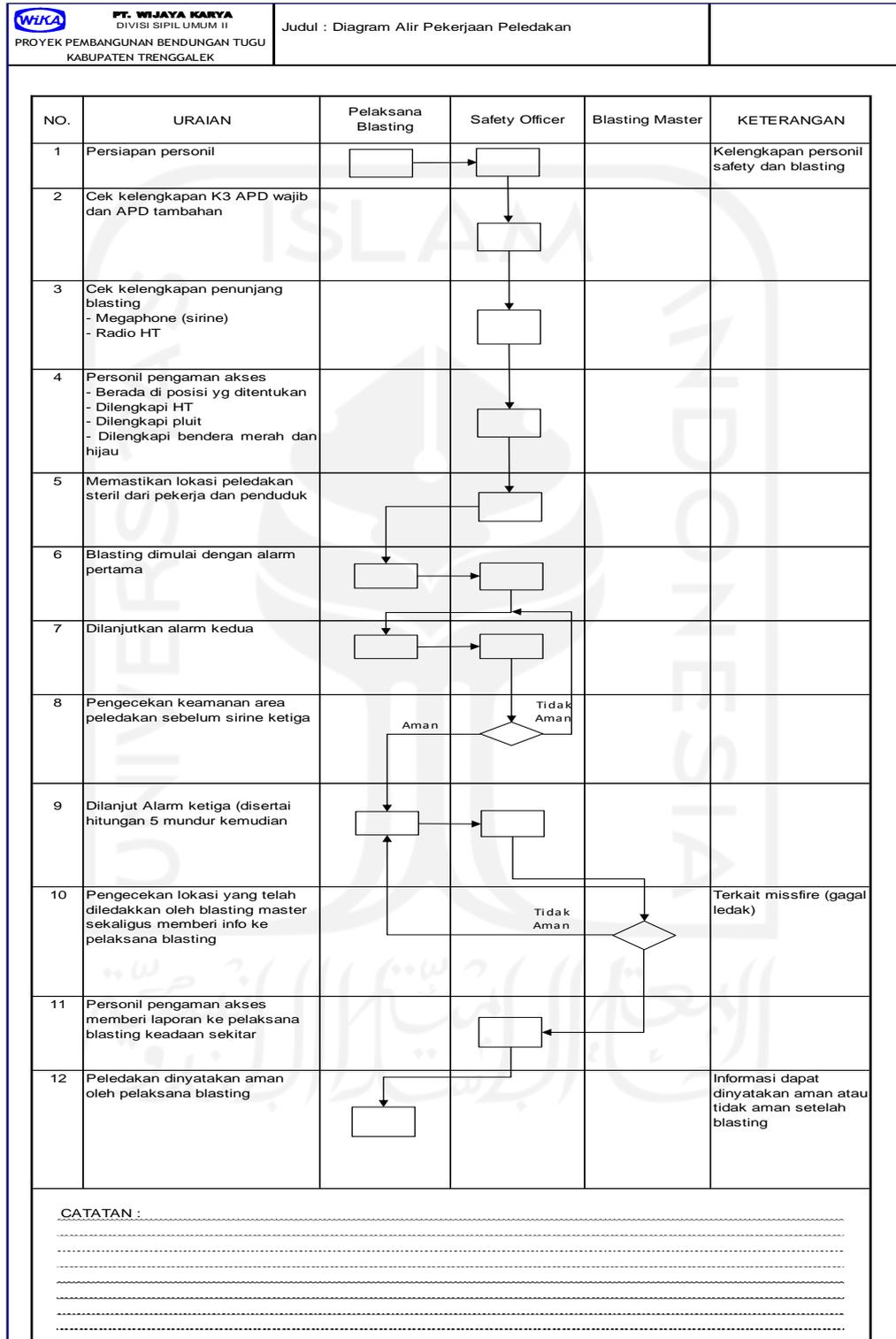
Gambar 5.19 Diagram Alir Pekerjaan Persiapan Blasting

5.5.4.4 Diagram Alir Pekerjaan Pengisian Bahan Peledak



Gambar 5.20 Diagram Alir Pekerjaan Pengisian Bahan Peledak

5.5.4.5 Diagram Alir Pekerjaan Peledakan



Gambar 5.21 Diagram Alir Pekerjaan Peledakan

5.6. Rekapitulasi Analisis Biaya, waktu dan Risiko

Tabel 5.15 menunjukkan analisis biaya, waktu dan risiko secara umum berdasarkan hasil pembahasan subbab 5.2 hingga subbab 5.5 tentang Studi Kasus Modifikasi Geometri Peledakan Untuk Meningkatkan Efektivitas Peledakan di Quarry pada Proyek Bendungan Tugu Trenggalek (MYC) Tahap 2

Tabel 5.14 Analisis Perbandingan biaya, waktu dan Risiko

No	Uraian	Harga	
		Aktual	Kombinasi
1	Biaya Langsung	Rp 60.795.575.174	Rp 52.335.462.744
2	Biaya Tidak Langsung	Rp 1.746.031.746	Rp 983.117.284
3	Biaya Cadangan Risiko	Rp 474.586.384	Rp 245.542.923
4	Total Biaya	Rp 63.016.193.304	Rp 53.564.122.951
Waktu			
1	Total Waktu	635 Hari	578 Hari
Mutu dan SHE			
1	Fragmentasi	Baik (sesuai Spesifikasi)	Baik (sesuai Spesifikasi)
2	Ledakan Udara	Keras	Sedang
3	<i>Fly Rock</i>	Banyak	Sedikit
4	<i>Ground Vibration</i>	8,45 mm/s	5,34 mm/s

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, berikut ini adalah simpulan yang dapat diambil dari pekerjaan galian batu dengan peledakan pada Proyek Pembangunan Bendungan Tugu Trenggalek (MYC) Tahap 2.

1. Pelaksanaan galian batu dengan peledakan di Quarry Gunung Lojeh dibagi menjadi dua skema yaitu peledakan dekat pemukiman (kurang dari 150 m) dan jauh dari pemukiman (lebih dari 300 m). Untuk wilayah dekat pemukiman digunakan metode geometri peledakan CJ Konya, dikarenakan pelaksanaan peledakan di dekat pemukiman harus mengutamakan *safety*. Kemudian setelah area peledakan quarry sudah menjauhi daerah pemukiman kita bisa menggunakan peledakan dengan menggunakan metode ICI-*Explosive (Trial & Error)*, karena metode ini efektif untuk peledakan jauh dari pemukiman.
2. Berdasarkan analisis biaya antara penerapan geometri peledakan awal dan modifikasi geometri diperoleh hasil penggunaan modifikasi geometri lebih efisien secara biaya karena waktu yang diperlukan untuk pelaksanaan pekerjaan lebih cepat dari geometri awal dan secara analisa harga penggunaan modifikasi geometri lebih murah. Biaya pelaksanaan untuk melaksanakan galian batu dengan peledakan menggunakan modifikasi geometri sebesar Rp 62.541.606.920. Waktu pelaksanaan yang diperlukan untuk melaksanakan Pelaksanaan pekerjaan galian batu dengan kombinasi metode CJ Konya dengan metode ICI-*Explosive (Trial & Error)* adalah 578 hari .
3. Pekerjaan galian batu dengan peledakan di Quarry dekat pemukiman termasuk kegiatan yang berisiko tinggi. Risiko yang ditimbulkan antara lain *flyrock*, *ground vibration* dan *misfire*. Dari hasil analisis risiko, modifikasi geometri peledakan memiliki risiko yang lebih sedikit daripada menggunakan metode geometri awal. Hal ini dikarenakan, pekerjaan galian batu dengan peledakan menggunakan kombinasi metode CJ Konya didekat pemukiman relatif aman.

Dengan metode ini kita bisa meminimalisir *fly rock* dan *ground vibration*, sehingga tidak perlu ada biaya tambahan untuk pengamanan, kompensasi dan resiko pekerjaan berhenti karena membahayakan lingkungan. Mitigasi/rencana tindak lanjut proaktif perlu dilakukan untuk menurunkan risiko pekerjaan. Biaya cadangan risiko untuk pelaksanaan pekerjaan menggunakan modifikasi geometri sebesar Rp 474.586.384.

4. Berdasarkan hasil analisis penggunaan kombinasi geometri peledakan metode CJ Konya dan ICI-*Explosive (Trial & Error)* terjadi percepatan pelaksanaan pekerjaan 9% dan juga efisiensi biaya 1,13 % dari nilai kontrak. Dari segi mutu dan SHE juga meningkat, karena angka *ground vibration* menurun. Selain itu produk hasil galian batu dengan peledakan juga menghasilkan fragmentasi yang baik sesuai sasaran mutu produk Pembangunan Bendungan Tugu di Kab Trenggalek (MYC) Tahap II.

6.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan oleh penulis adalah sebagai berikut.

1. Perlu adanya penelitian mengenai geometri peledakan yang lain.
2. Perlu adanya penelitian dengan menggunakan bahan peledak dan aksesoris yang lainnya sehingga lebih banyak pilihan dalam melaksanakan galian dengan peledakan.
3. Perlu adanya sosialisasi peraturan pengelolaan bahan peledak komersial non tambang disemua proyek yang terdapat pekerjaan peledakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asri Nurdiana, Bambang Setiabudi. 2018. *Aplikasi manajemen risiko pada proyek jalan tol Semarang-Solo Ruas Bawen-Solo*. Semarang
- Darmawi, H., 2008. *Manajemen Risiko*, Bumi Aksara, Jakarta.
- Dian Abimanyu, Tommy Trides, Sakhdillah. 2018. *Evaluasi geometri peledakan terhadap fragmentasi batuan dan biaya peledakan PT. Teguh Sinarabadi, Kabupaten Kutai Barat Provinsi Kalimantan Timur*. UPN Veteran Jogjakarta
- Ditta Listine, Nurhakim, Marelinus Untung Dwiatmoko, Excelsior T.P3 (2015). *Studi teknis penentuan geometri peledakan dan powder factor (pf) pada pembongkaran bijih besi di PT Putera Bara Mitra, Desa Mentawakan Mulya Kec. Mantewe, Kab. Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan*. UPN Veteran Jogjakarta
- Djuki Sudarmono. 2013. *Kajian Pengurangan Tingkat Getaran Tanah*. Skripsi. Universitas Sriwijaya
- Hartono, Rudi. 2018. *Studi Metode Peledakan*. Tesis. UPN Veteran Jogjakarta
- Koesnaryo, S. Rancangan Peledakan Batuan, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta; 2001
- Konya J. Calvin dan Edwaed J. Walter. 1990. *Surface Blast Design*, Prentce Hall, Inc New Jersey; 1990
- Nurgaheni, Santika Dewi dan Christiono Utomo., 2011. *Analisa Frekuensi Kejadian Risiko pada Pelaksanaan Pemasangan Samungan Pipa Air PDAM Surabaya*, ITS, Surabaya.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2016. *Peraturan Menteri Pertahanan Republik Indonesia No 5 Tahun 2016 tentang Pembinaan dan Pengembangan Industri Bahan Peledak*. Jakarta : Kementerian Pertahanan Republik Indonesia
- Pemerintah Republik Indonesia. 2017. *Peraturan Kepala Kepolisian Republik Indonesia No 17 Tahun 2018 Tentang Perizinan, Pengamanan, Pengawasan dan Pengendalian Bahan Peledak Komersial*. Jakarta : Kepolisian Republik Indonesia.
- Ramli, 2011. *Manajemen Risiko dalam Perspektif K3 OHS Risk Management*, 2nd edition, Dian Rakyat, Jakarta.

- Rizki Maryura, M.Taufik Toha, Djuki Sudarmono. 2013. *Kajian pengurangan tingkat getaran tanah (ground vibration level) pada operasi peledakan interburden B2-C tambang batubara Air Laya PT. Bukit Asam (Persero), Tbk Tanjung Enim. PT. Bukit Asam (Persero), Tbk .* UPN Veteran Jogjakarta
- Rudi Hartono, Risanto Panjaitan, Aris Herdiansyah. 2018. *Studi metode peledakan pada PT Pro Intertech Indonesia Kotamadya Sorong Provinsi Papua Barat.* UPN Veteran Jogjakarta
- Sakhdillah. 2018. *Evaluasi Geometri Peledakan terhadap Fragmentasi Batuan dan Biaya Peledakan. Skripsi.* Kalimantan
- Sonhaji, 2011. *Manajemen Risiko dalam Proyek Jalan Tol, Diskusi Panel Manajemen Risiko Jalan Tol di Teknik Sipil Undip 2 Mei 2011*
- Syafrudin. 2015. *Aplikasi Manajemen Risiko Pada Pembangunan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM). Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil.* Universitas Diponegoro
- Wijaya Karya. 2019. *Prosedur Sistem Manajemen Risiko. No. Dok : WIKA-SMR-PM-01.01.* Jakarta : Biro Sistem Informasi WIKA