

**ANALISIS *GROUND VIBRATION* AKIBAT LEDAKAN
PADA TAMBANG NIKEL DI PT.VALE INDONESIA Tbk.
KECAMATAN NUHA, KABUPATEN LUWU TIMUR
PROVINSI SULAWESI SELATAN**



SKRIPSI

HARTO ANDI IRAWAN

4519046050

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA
MAKASSAR
2023**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Judul Skripsi : *Analisis Ground Vibration* Akibat Ledakan Pada Tambang Nikel Di PT. Vale Indonesia Tbk. Kecamatan Nuha, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan.

Nama Penulis : Harto Andi Irawan

NIM : 45 19 046 050

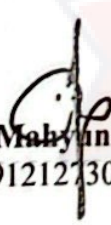
Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan pada Sidang Skripsi.

Makassar, 17 Juli 2023

Mengetahui

Pembimbing I

Pembimbing II


Enni Tri Mahyuni, ST., MT.
NIDN : 0912127306


Hedianto, ST., MT.
NIDN : 0931079202

Menyetujui,
Ketua Prodi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Bosowa




Enni Tri Mahyuni, S.T., MT.
NIDN : 0912127306

PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

Judul Skripsi : Analisis *Ground Vibration* Akibat Ledakan Pada Tambang Nikel di PT. Vale Indonesia Tbk. Kecamatan Nuha, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan.

Nama Penulis : Harto Andi Irawan

Stambuk : 45 19 046 050

Disetujui Tanggal : 17 Juli 2023

TIM PENGUJI

Ketua	:	Enni Tri Mahyuni, S.T., M.T	(.....)
Sekretaris	:	Hedianto, S.T., M.T	(.....)
Penguji 1	:	Amran, S.T., M.Ling	(.....)
Penguji 2	:	Tri Utomo Taliding, S.T., M.T	(.....)

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Bosowa



Dr. H. Nasrullah, S.T., M.T
NIDN : 0908077301

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Harto Andi Irawan
NIM : 45 19 046 050
Jurusan : Teknik Pertambangan

Menyatakan dengan sebenar – benarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar – benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 12 Juli 2023

Yang Menyatakan,



Harto Andi Irawan
4519046050

ABSTRAK

HARTO ANDI IRAWAN, Analisis *Ground Vibration* Akibat Ledakan Pada Tambang Nikel Di PT Vale Indonesia Tbk, Sorowako, Kab. Luwu Timur, Prov. Sulawesi Selatan. (dibimbing oleh (Enni Tri Mahyuni, ST., MT and Hedianto ST., MT).

PT Vale Indonesia Tbk merupakan perusahaan yang bergerak dibidang usaha penambangan dengan komoditas tambang utamanya adalah mineral logam yang berupa nikel laterit dan berada di Sorowako, Kecamatan Nuha, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. Sistem penambangan yang diterapkan adalah sistem Tambang Terbuka dengan metode *Open Cast Mining*. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah bahan peledak yang digunakan terhadap *ground vibration* yang dihasilkan dan perbandingan akurasi *ground vibration* aktual dan prediksi. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Metode ini peneliti gunakan karena pada proses penelitian ini pengumpulan datanya dilakukan dengan data primer dan sekunder. Hasil perhitungan PPV menunjukkan bahwa nilai terbesar adalah 2.254 mm/s, dengan jumlah muatan peledak 2200 kg dan PF 0.31. sedangkan nilai PPV terendah 0.57 mm/s, jumlah muatan peledak 3906 kg dan PF 0.23 dimana nilai PPV yang dihasilkan tidak melebihi standar yang ditetapkan perusahaan yaitu 5 mm/s. Jika dilihat dari hasil perhitungan menunjukkan penggunaan bahan peledak yang semakin besar maka hasil *ground vibration* yang ditimbulkan pun ikut membesar. Akurasi prediksi rata-rata *ground vibraton* prediksi dan *ground vibration* aktual didapatkan sebesar 0.30%.

Kata Kunci: Getaran Tanah, Kecepatan Partikel Puncak PPV, Tingkat Getaran Standar, Faktor Bubuk (PF)

ABSTRAC

HARTO ANDI IRAWAN, *Analysis Of Ground Vibration Due To Explosion In Nickel Mine at PT Vale Indonesia Tbk, Sorowako, Kab. Luwu Timur, Prov. South Sulawesi. (supervised by (Enni Tri Mahyuni, ST., MT and Hedianto ST., MT).*

PT Vale Indonesia Tbk is a company engaged in the mining business with its main mining commodity being metal minerals in the form of nickel laterite and is located in Sorowako, Nuha District, East Luwu Regency, South Sulawesi Province. The applied mining system is an Open Mining system with the Open Cast Mining method. The purpose of this study was to determine the effect of the amount of explosives used on the resulting ground vibrations and to compare the accuracy of actual and predicted ground vibrations. This research uses quantitative methods. This method the researchers used because in this research process the data collection was carried out using primary and secondary data. The PPV calculation results show that the largest value is 2,254 mm/s, with a total explosive charge of 2,200 kg and a PF of 0.31. while the lowest PPV value is 0.57 mm/s, the amount of explosive charge is 3906 kg and the PF is 0.23 where the PPV value produced does not exceed the standard set by the company, namely 5 mm/s. If seen from the calculation results, it shows that the use of explosives is getting bigger, the results of the ground vibration generated are also getting bigger. The average prediction accuracy of predicted ground vibraton and actual ground vibration is 0.30%.

Keywords: *Ground Vibration, Peak Particle Velocity PPV, Standart Vibration Level, Powder Factor (PF)*

PRAKATA

Puji syukur atas rahmat Allah SWT, berkat rahmat serta karunia-nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik di PT Vale Indonesia Tbk Sorowako.

Skripsi ini dibuat untuk memenuhi syarat untuk kelulusan pada program sarjana di fakultas teknik jurusan teknik pertambangan universitas bosowa makassar. Tujuan dibuatnya hasil laporan penelitian ini untuk melaporkan segala sesuatu yang ada kaitannya dengan dunia kerja di PT Vale Indonesia Tbk Sorowako. Penulis sadar bahwa skripsi ini tidak akan terwujud tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak.

Oleh sebab itu penulis memberikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya sebagai bentuk apresiasi kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan membantu dalam proses penulisan skripsi ini :

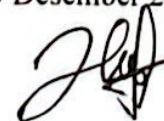
1. Ibu **Enni Tri Mahyuni, S.T., M.T.** selaku Ketua Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar dan sekaligus Dosen Pembimbing I
2. Bapak **Hedianto., S.T., M.T.** selaku Dosen Fakultas Teknik Universitas Bosowa sekaligus pembimbing II.
3. **Segenap Dosen, Staf dan Karyawan** Fakultas Teknik Prodi Pertambangan yang sudah banyak memberikan informasi
4. Ibu **Febriany Eddy** selaku direktur utama PT Vale Indonesia.
5. Bapak **Deri Nurjaya Putra.,S.T** selaku pembimbing perusahaan yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan kepada penyusun selama

melaksanakan penelitian.

6. **Karyawan dan karyawan PT Vale Indonesia Tbk** sorowako yang dengan tulus memberi pengarahan pada penulis selama penulis penelitian di perusahaan tersebut.
7. Orang tua **bapak Achmadi, ibu Hermiati Setiawan, Saudara Saudari dan teman-teman** penulis, ucapkan terima kasih banyak atas doa dan dukungannya.
8. Kepada rekan-rekan TA, **Mersi, Annisa, Erik Casandra, dan Akram** atas kebersamaan, kerjasama serta dukungan dalam pengambilan data hingga penyusunan skripsi ini dapat selesai.
9. Kepada rekan-rekan Angkatan 2019 Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar atas doa dan kebersamaan semasa proses pengerjaan skripsi.

Karena kebaikan semua pihak yang telah penulis sebutkan tadi maka penulis bisa menyelesaikan penelitian ini dengan sebaik-baiknya. Skripsi ini memang masih jauh dari kesempurnaan. Sekali lagi terima kasih. Semoga laporan ini bermanfaat bagi kita semua.

Makassar, 5 Desember 2022



Harto Andi Irawan

DAFTAR ISI

SAMPUL	
HALAMAN SAMPUL	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN DEWAN PENGUJI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
ABSTRAK	v
ABSTRAC	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Batasan Masalah	2
D. Tujuan Penelitian	3
E. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
A. GEOLOGI REGIONAL	4
1. Geomorfologi.....	4
2. Stratigrafi Regional	5
3. Struktur Geologi Regional	7
B. Geologi Lokal	11
1. Geomorfologi.....	11
C. LANDASAN TEORI.....	12
1. Pengertian Peledakan	12
2. Kegiatan peledakan	12
3. Pola peledakan	13
4. Persiapan Peledakan.....	15

5.	Perlengkapan dan Peralatan Peledakan.....	15
6.	Desain / Geometri Peledakan.....	18
7.	<i>Ground Vibration</i>	22
8.	Faktor Yang Mempengaruhi <i>Ground Vibration</i>	23
9.	Produksi Peledakan.....	25
10.	Getaran Peledakan.....	26
11.	Kontrol Getaran.....	29
12.	Jenis Gelombang Peledakan.....	31
BAB III METODE PENELITIAN.....		33
A.	Rancangan Penelitian.....	33
B.	Lokasi dan Kesampaian Daerah	33
C.	Metode Penelitian	34
D.	Teknik Pengumpulan Data	35
E.	Teknik Pengolahan Data.....	36
F.	Bagan Alir Penelitian.....	38
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		39
A.	Hasil Penelitian.....	39
1.	Data Pengamatan.....	39
2.	Hasil Perhitungan Data Geometri Peledakan Di Lapangan	40
3.	Pengolahan Data Geometri Peledakan Aktual	42
4.	Hasil Perbandingan <i>Ground Vibration</i> Aktual Dan Prediksi.....	42
5.	Analisis <i>ground vibration</i> akibat kegiatan peledakan.....	44
6.	Analisis Prediksi Nilai PPV Menurut Persamaan USBM.....	46
A.	Pembahasan.....	50
1.	Proses pengeboran lubang ledak di PT Vale Indonesia Tbk	50
2.	Proses Peledakan Di PT Vale Indonesia Tbk.....	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		57
A.	Kesimpulan	57
B.	Saran	58
DAFTAR PUSTAKA		59
LAMPIRAN.....		62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelas dan Jenis Bangunan Serta Peak Vektor Sum.....	23
Tabel 2.2 Kelas dan Frekuensi Serta Peak Particle Velocity.....	24
Tabel 4.1 Geometri Peledakan Aktual PT Vale Indonesia Tbk.....	41
Tabel 4.2 Hasil Perbandingan Ground Vibration Aktual dan Prediksi	43
Tabel 4.3 Data Ground Vibration Aktual	44
Tabel 4.4 Nilai PPV Prediksi Dan Aktual	46
Tabel 4.5 Menentukan Nilai k dari PPV menggunakan persamaan (USBM)	47
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Berat Isian.....	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Geologi umum dan TektonikSelawesi (Maulana 2013)	9
Gambar 2. 2 Geologi Daerah Sorowako.....	10
Gambar 2. 3 Struktur Geologi Danau Matano sekitarnya (Golightly1979)	11
Gambar 2. 4 Peta tunjuk lokasi penelitian (Sumber : Pt Vale Indonesia Tbk)...	12
Gambar 2. 5 Arah peledakan membentuk kotak (Box cut)	13
Gambar 2. 6 Arah peledakan kepojok (Corner cut).....	14
Gambar 2. 7 Arah peledakan V delay (“V” cut).....	14
Gambar 2. 8 InstanTel Micromate	16
Gambar 2. 9 Blaster Device.....	17
Gambar 2. 10 Remote Device.....	17
Gambar 2. 11 Remote Device.....	18
Gambar 2. 12 Grafik Baku Tingkat Getaran Peledakan	24
Gambar 3.2.1 Bagan Alir.....	38
Gambar 4. 1 Grafik Tingkat Getaran SNI 7571:2010	45
Gambar 4. 2 Grafik Hubungan Antara PPV Dan Scaled Distance Menggunakan Microsoft Excel.....	49
Gambar 4. 4 Pemerataan lahan yang akan di bor	51
Gambar 4. 5 Pemasangan police line.....	51
Gambar 4. 6 Penentuan Titik Bor	52
Gambar 4. 7 Pemboran Lubang Ledak	52
Gambar 4. 8 Persiapan lokasi	53
Gambar 4. 9 Pengisian Bahan Peledak	54
Gambar 4. 10 Proses Kegiatan Perangkaian peledakan.....	54
Gambar 4. 11 Proses Pengisian Stemming	55
Gambar 4. 12 Rangakain – Tie Up	56

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A DOKUMENTASI LAPANGAN	64
LAMPIRAN B TIE UP BLASTING PT. VALE INDONESIA Tbk	71
LAMPIRAN C BLASTING NOTE PT. VALE INDONESIA Tbk	78
LAMPIRAN D RANCANGAN GEOMETRI PELEDAKAN MENURUT TEORI R.L. Ash	80
LAMPIRAN E HASIL PERHITUNGAN GEOMETRI PELEDAKAN MENURUT TEORI R.L. Ash	84
LAMPIRAN F TABEL HASIL PERHITUNGAN 15 GEOMETRI PELEDAKAN MENURUT TEORI R.L. Ash	92
LAMPIRAN G POSEDUR PENGGUNAAN SOFTWARE THOR	93
LAMPIRAN H GRAFIK PERBANDINGAN PPV AKTUAL DAN PPV PREDIKSI.....	95
LAMPIRAN I GEOMETRI PELEDAKAN AKTUAL PT VALE INDONESIA TBK.....	96

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

PT Vale Indonesia Tbk merupakan perusahaan yang bergerak dibidang usaha penambangan dengan komoditas tambang utamanya adalah mineral logam yang berupa nikel laterit dan berada di Sorowako, Kecamatan Nuha, Kabupate Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. Sistem penambangan yang diterapkan adalah sistem Tambang Terbuka dengan metode *Open Cast Mining*, yaitu dengan cara memotong sisi bukit dari puncak menuju bagian bawah yang sesuai dengan garis konturnya dengan kedalaman penggalian dangkal (maksimum 20-30 meter). PT.Vale Indonesia Tbk Dalam pembongkaran material menggunakan teknik peledakan (Susanti dan Cahyadi,2011). Sebelum melakukan kegiatan peledakan, pengeboran merupakan langkah yang dilakukan terlebih dahulu guna bertujuan untuk menyiapkan lubang tembak untuk keperluan peledakan nantinya (Do Rosario dkk.,2015). Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui jumlah bahan peledak tiap lubang yang digunakan terhadap *ground vibration* yang dihasilkan, juga untuk mengetahui perbandingan *ground vibration* actual dan prediksi.

Kegiatan dari proses peledakan akan menimbulkan dampak berupa getaran tanah atau disebut dengan *ground vibration* (Yudiwan dkk., 2016). *Ground vibration* atau getaran tanah adalah gelombang yang bergerak di dalam tanah yang bersumber dari suatu energi atau adanya aktivitas peledakan yang dilakukan oleh

manusia (Ma'rief dkk.,2020 *Ground vibration* pada tingkat tertentu dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan sekitarnya apabila melampaui batas getaran tanah (*ground vibration*) terjadi pada daerah elastis (*elasticzone*). Tujuan peledakan umumnya untuk memberai atau memecahkan batuan. Kegiatan ini membutuhkan sejumlah energi yang cukup sehingga melebihi atau melampaui kekuatan batuan atau melampaui batas elastis batuan (Dwi Handoyo,2012).

Berdasarkan hal tersebut, maka penulis melakukan penelitian dengan judul:
“ANALISIS *GROUND VIBRATION* AKIBAT LEDAKAN PADA TAMBANG NIKEL DI PT.VALE INDONESIA Tbk. KECAMATAN NUHA, KABUPATEN LUWU TIMUR PROVINSI SULAWESI SELATAN”

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan masalah sebagaiberikut:

1. Berapa besar pengaruh jumlah bahan peledak per lubang yang digunakan terhadap *ground vibration* yang dihasilkan dalam aktivitas peledakan?
2. Berapa besar perbandingan *ground vibration* aktual dan prediksi?

C. Batasan Masalah

Pada Penelitian ini dibatasi masalah antara lain :

1. Penelitian ini hanya membahas tentang pengaruh jumlah bahan peledak terhadap *ground vibration*
2. Penelitian ini hanya membahas tentang perbandingan *gorund vibration* aktual dan prediksi

3. Penelitian *Ground Vibration* dilakukan dilokasi peledakan sorowako

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan Penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui pengaruh jumlah bahan peledak per lubang yang digunakan terhadap *ground vibration* yang dihasilkan dalam aktivitas peledakan.
2. Mengetahui nilai prediksi *ground vibration* dengan analisa nilai aktual.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Mampu memahami pengaruh jumlah bahan peledak per lubang yang digunakan terhadap *Ground Vibration* guna menjaga fasilitas dan lingkungan sekitar area tambang
2. Mampu memahami perbandingan *ground vibration* aktual dan prediksi

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. GEOLOGI REGIONAL

1. Geomorfologi

Tinjauan mengenai geomorfologi regional yang meliputi daerah penelitian dan sekitarnya dapat dibagi dibebberapa daerah pegunungan, daerah perbukitan, daerah karst serta daerah pedataran (Simandjuntak,dkk,1991).

Daerah pegunungan menempati beberapa bagian barat dan tenggara, dibagian barat terdapat dua rangkaian pegunungan yaitu pegunungan Tineba serta pegunungan Koroue (700-3.016 m) yang memanjang dari barat laut-tenggara dan dibentuk oleh batuan granit serta malihan. Sedangkan bagian tenggara ditempati pegunungan Verbeek dengan ketinggian 800-1.346 meter diatas permukaan laut dan disusun oleh batuan basa, ultrabasa serta batu gamping.

Daerah perbukitan meliputi bagian tenggara serta timur laut dengan ketinggian 300- 700m dan perbukitan agak landai yang terletak dibebberapa daerah pegunungan dan daerah pedataran. Perbukitan dibentuk oleh batuan vulkanik, ultramafik serta batu pasir dengan puncak tertinggi yaitu Bukit Bukila (645m).

Daerah karst menempati bagian timur laut dengan mencapai ketinggian 800–1700m dan dibentuk oleh batugamping. Pada daerah dicirikan oleh adanya dolina serta sungai bawah permukaan. Puncak tertinggi adalah Bukit Wasopute (1.768m).

Daerah dataran menempati daerah selatan serta dibentuk oleh endapan alluvium seperti Pantai Utara Palopo dan Pantai Malili sebelah timur. Pola aliran

sungai sebagian besar berupa pola rektangular dan pola dendritik. Sungai-sungai besar yang mengalir pada daerah ini yakni antara lain Sungai Laronadan Sungai Malili yang mengalir dari timur ke barat serta Sungai Kalaena yang mengalir dari utara keselatan. Secara umum sungai-sungai yang mengalir didaerah ini bermuara ke Teluk Bone.

2. Stratigrafi Regional

Berdasarkan batuan, struktur dan biostratigrafi, secara regional Lembar Malili sudah termasuk Mandala Geologi Sulawesi Timur dan juga Mandala Geologi Sulawesi Barat dengan batas Sesar Palu-Koro yang membujur hampir utara-selatan. Mandala Geologi Sulawesi Timur dibagi ke dalam lajur batuan malihan serta lajur ofiolit Sulawesi Timur yang terdiri dari batuan ultramafik dan batuan sedimen pelagis Mesozoikum (Simandjuntak, dkk, 1991).

Mandala geologi Sulawesi Barat dicirikan oleh lajur gunung api Paleogen dan Neogen, intrusi Neogen dan sedimen *flysch* Mesozoikum yang diendapkan di pinggiran benua (Paparansunda).

Mandala Geologi Sulawesi Timur, batuan tertua adalah batuan ofiolit yang terdiri dari ultramafik termasuk dunit, harzburgit, lherzolit, piroksenit websterit, wehrilit dan serpentinit, setempat batuan mafik termasuk gabro dan basal. Umurnya belum bisa kita dipastikan, akan tetapi dapat diperkirakan sama dengan ofiolit di Lengan Timur Sulawesi yang berumur Kapur Awal-Tersier (Simandjuntak, 1991).

Pada daerah mandala ini dijumpai kompleks batuan bancuh (Melange Wasuponda) yang terdiri atas bongkahan asing seperti batuan mafik, serpentinit,

pikrit, rijang, batu gamping ampibolit dan eklogit yang tertanam dalam massa dasar lempung merah bersisik. Batuan tektonika ini tersingkap baik di daerah Wasuponda serta di daerah Ensa, Koro Mueli, dan Patumbea, yang diduga terbentuk sebelum Tersier (Simandjuntak, 1991). Daerah Soroako dan sekitarnya adalah bagian Mandala Sulawesi Timur yang disusun oleh kompleks ofiolit, batuan metamorf, kompleks mélange serta batuan sedimen pelagis.

Batuan yang merupakan anggota lajur ofiolit Sulawesi Timur merupakan batuan ultrabasa (MTosu) yang terdapat di daerah danau Matano terdiri dari dunit, harzburgit, lherzolit, wehrlit, websterit, serpentin dan dunit berwarna hijau pekat kehitaman, bertekstur faneritik, mineral penyusunnya yaitu olivin, piroksin, plagioklas, sedikit serpentin dan magnetit, berbutir halus hingga sedang. Di beberapa tempat dunit terserpentinasi kuat yang ditunjukkan oleh struktur seperti jaring mineral olivin dan piroksin, serpentin dan talk sebagai mineral pengganti. Harzburgit memperlihatkan kenampakan fisik berwarna hijau hingga kehitaman, bertekstur kristalinitas holokristalin, mineralnya halus hingga kasar yang terdiri atas olivin dan piroksin.

Lherzolit berwarna hijau kehitaman, holokristalin, padatan pejal. Mineral penyusunnya yaitu olivin (45%), piroksin (35%). Serpentin berwarna biru tua, tekstur lepidoblastik, struktur "*schistosity*", bentuk mineral hypidioblastik. Mineral utama yang menyusun batuan ini yaitu mineral serpentin, sedikit olivin dan piroksin. Batuan serpentinite adalah hasil ubahan batuan ultramafik. dan ketebalan sulit untuk diperkirakan, berdasarkan penampang ketebalan sekitaran 1000m.

Diatas ofiolit diendapkan yang tidak selaras Formasi Matano terbagi bagian

atas berupa batugamping kalsilit, rijang, argilit dan batu lempung napalan, sedangkan bagian bawah dicirikan oleh rijang radiolaria dengan sisi pankalsilit yang semakin banyak ke bagian atas. Berdasarkan kandungan fosil formasi ini menunjukkan umur Kapur. Endapan termuda di daerah Lengan Timur Sulawesi adalah endapan danau yang terdiri atas lempung, pasir, kerikil dan sebagian berupa konglomerat yang terdapat di daerah sekitar Danau Matano, Danau Towuti dan Danau Mahalona. Sedangkan endapan-endapan alluvial dapat ditemui di sekitar daerah aliran sungai (Simandjuntak, 1981 dalam Simandjuntak, 1991).

3. Struktur Geologi Regional

Struktur geologi Lembar Malili memperlihatkan ciri kompleks tubrukan dari pinggir benua aktif. Berdasarkan struktur, himpunan batuan, biostratigrafi dan umur, daerah ini dibagi menjadi dua kelompok yang sangat berbeda, yakni Alohton yang terdiri dari ofiolit dan malihan, sedangkan Autohton terdiri dari batuan gunung api dan pluton Tersier dari pinggir *Sundaland*, serta kelompok Molasa Sulawesi (Simandjuntak, 1991).

Pada Kala *Oligosen*, Sesar Sorong yang menerus ke Sesar Matano dan Palu Koro mulai aktif dalam bentuk sesar *transcurrent*. Akibatnya mikrokontinen Banggai Sula bergerak ke arah barat dan terpisah dari benua Australia. Lipatan yang terdapat di daerah ini dapat digolongkan ke dalam lipatan lemah, lipatan tertutup dan lipatan tumpang-tindih, sedangkan kekar dapat dalam hampir semua jenis batuan dan tampaknya terjadi dalam beberapa periode.

Pada Kala Miosen Tengah, bagian timur kerak samudera di Mandala Sulawesi Timur yakni Lempeng Banggai Sula yang bergerak ke arah barat

tersorong naik (terobduksi). Dibagian barat lajur penunjaman dan busur luar tersesar sungkupkan di atas busur gunung api, mengakibatkan ketiga Mandala tersebut saling berhimpit.

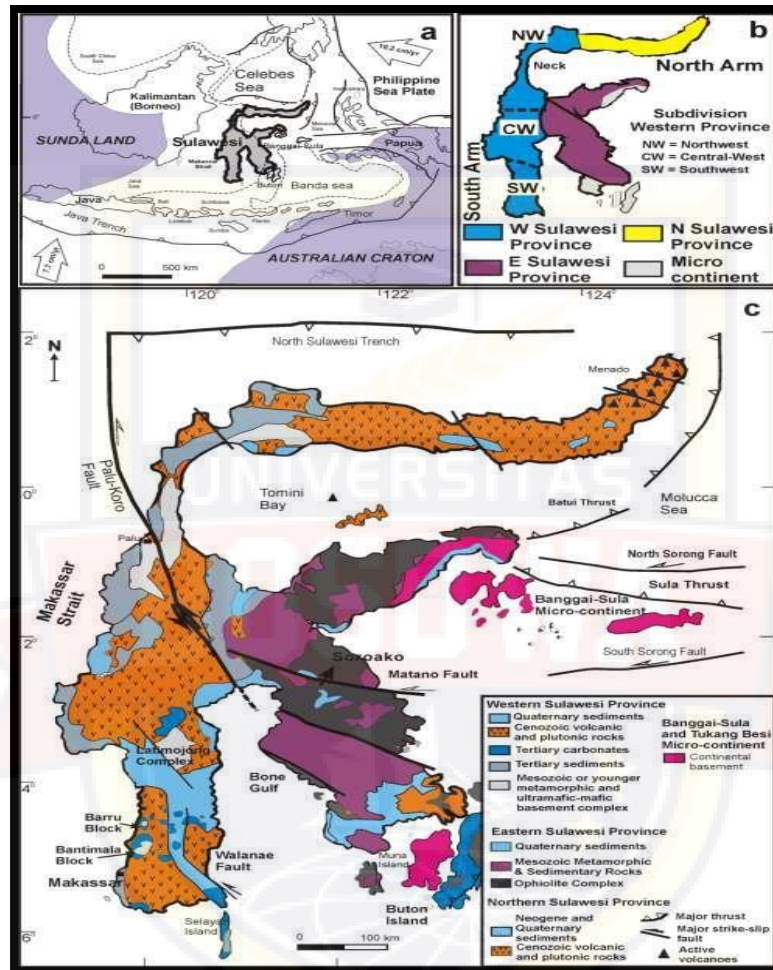
Sesar Matano sepanjang 170 km dinamakan berdasarkan nama danau yang dilaluinya yakni danau Matano. Analog dengan sesar Palu Koro sesar Matano ini merupakan sesar mendatar *sinistral*, membentang membelah timur Sulawesi dan bertemu kira-kira disebelah utara Bone, pada kelurusan Palu-Koro. Sesar-sesar sistem Riedel berkembang dan membentuk system rekahan umum. Sepanjang sesar mendatar ini terdapat juga cekungan tipe *pull apart*. Yang paling nyata adalah Danau Matano dengan batimetri sekitar 600 m dan dikontrol oleh sesar-sesar normal yang menyudut terhadap elurusan Matano. Medan gaya yang diamati dilapangan memperlihatkan bahwa tekanan umumnya horizontal dan berarah tenggara-baratlaut didampingi tarikan timurlaut-barat daya. Sesar Matano bermuara di Laut Banda pada cekungan dan teluk Losoni sebagai *pull apartbasin* dan menerus kelaut sampai ke utara anjakan bawah laut Tolo.

Golightly (1979) membagi geologi daerah Sorowako menjadi tiga bagian,yaitu:

1. Satuan batuan sedimen yang berumur kapur, terdiri dari batu gamping lautdalam dan rijang. Terdapat dibagian barat Soroako dan dibatasi oleh sesar naik dengan kemiringan kearah barat.
2. Satuan batuan ultrabasa yang berumur awa ltersier, umumnya terdiri dari jenis peridotit, sebagian mengalami serpentinisasi dengan derajat yang bervariasi dan umumnya terdapat dibagian timur. Pada satuan ini juga terdapat

intrusi-intrusi pegmatit yang bersifat gabroik dan terdapat dibagian utara.

3. Satuan alluvial dan sedimen danau (*lacustrine*) yang berumur kuartar, umumnya terdapat dibagian utara dekat desa Sorowako.

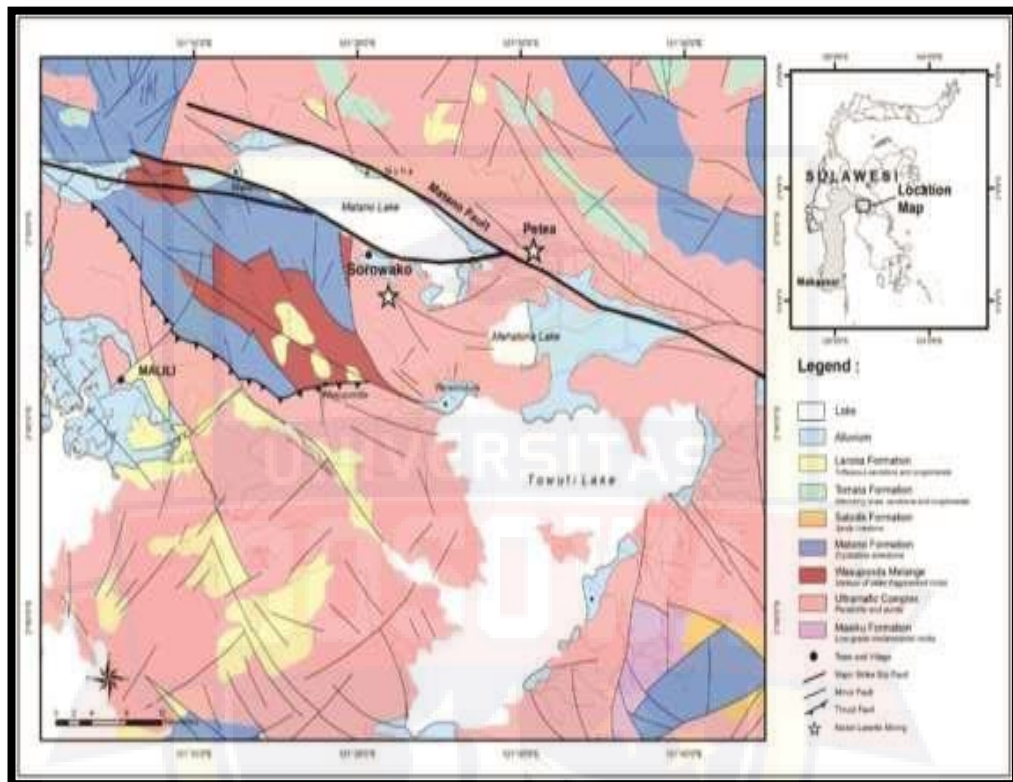


Sumber : (PT.Vale Indonesia Tbk)

Gambar 2. 1 Geologi umum dan Tektonik Sulawesi (Maulana 2013)

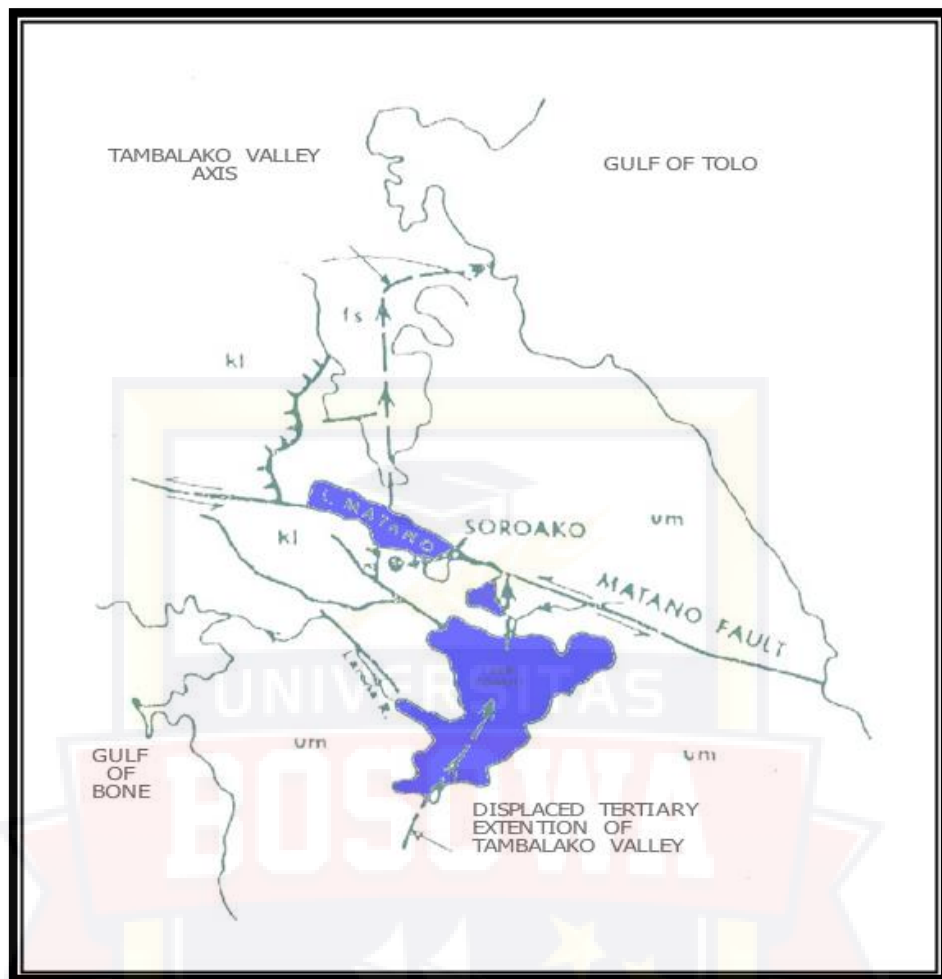
Sesar besar disekitar daerah ini bisa menyebabkan efek relief topografi sampai 600 mdpl dan sampai sekarang masih aktif tererosi. Sejarah tektonik dan geomorfik dikompleks ini berperan penting untuk pembentukan nikel laterit yang bernilai ekonomis. Matano *fault* yang membuat topografi liniament yang cukup kuat adalah sesar aktif dan menggeser Matano *limestone* serta batuan

lainnya sejauh 18 km kearah barat pada sisi Utara. Danau Matano yang mempunyai kedalaman sekitar 600 m diperkirakan adalah graben yang terbentuk akibat efek zona dilatasi dari sesar tersebut.



Gambar 2. 2 Geologi Daerah Sorowako (Sumber : PT.Vale Indonesia Tbk)

Danau Towuti pada sisi Selatan dari sesar sudah diperkirakan merupakan pergeseran dari lembah Tambalako akibat pergerakan sesar Matano. Pergerakan sesar ini memblok semua aliran air ke arah Utara sepanjang lembah dan membentuk danau Towuti dan aliran airnya beralih ke barat menuju sungai Larona. Danau-danau ini terbentuk akibat dari “*damming effect*” dari sesar ini merupakan bendungan alami yang menahan laju erosi serta membantu mempertahankan deposit nikel laterit yang terbentuk di daerah Sorowako dan sekitar kompleks danau.



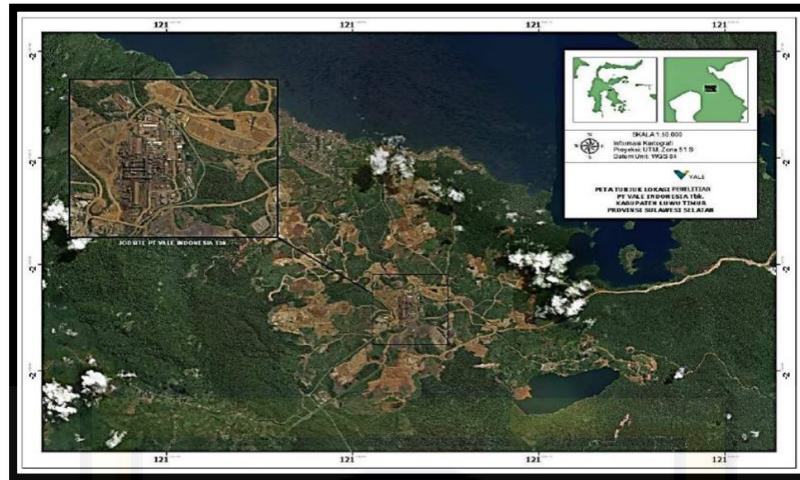
Sumber : (PT.Vale Indonesia Tbk)

Gambar 2. 3 Struktur Geologi Danau Matano sekitarnya (Golightly 1979)

B. Geologi Lokal

1. Geomorfologi

Lokasi penelitian terletak di Pt Vale Indonesia Tbk Blok Barat (*West Block*). secara umum dibagian barat terdapat batuan jenis peridotit yang tidak terserpentinisasi dengan bentuk morfologi relative lebih terjadi bandingkan blok timur (dikarenakan pengaruh struktur yang sangat kuat), banyak dijumpai bongkahan segar peridotit (*Boulder*) sisa proses pelapukan sehingga recovery menjadi sangat kecil.



Gambar 2. 4 Peta tunjuk lokasi penelitian (Sumber : PT Vale Indonesia Tbk).

C. LANDASAN TEORI

1. Pengertian Peledakan

Peledakan adalah merupakan kegiatan pemecahan suatu material (batuan) dengan menggunakan bahan peledak. Tujuan pekerjaan peledakan di dunia pertambangan itu sendiri yakni memecah atau membongkar batuan atau material berharga serta endapan bijih yang bersifat kompak dari batuan induknya menjadi material yang cocok untuk dikerjakan.

2. Kegiatan peledakan

Dalam proses produksi berikutnya dalam suatu operasi peledakan pada pertambangan di dahului oleh Pemboran yang bertujuan untuk membuat lubang tembak. Lubang tembak sendiri akan diisi oleh bahan peledak yang terlebih dahulu di isi oleh material atau pasir yang disebut *Sub-drilling* bertujuan agar hasil peledakan tidak terjadi *toes* atau tonjolan-tonjolan pada lantai tambang yang mengakibatkan alat berat sulit bergerak saat pemuatan dan pengangkutan hasil peledakan. setelah di isi oleh rangkaian bahan peledak seperti *TNT* atau *ANFO*

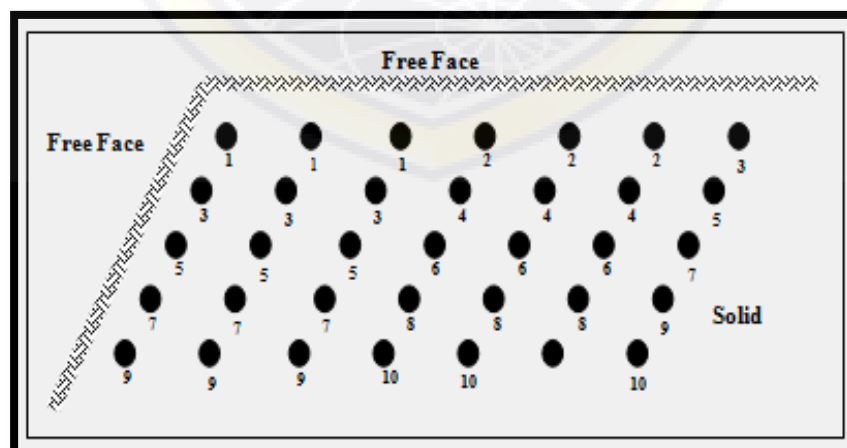
yang dilengkapi dengan *elektromagnetik*, maka selanjutnya diisi material penutup yang disebut *stemming* berfungsi menahan tekanan keatas agar energi yang dihasilkan oleh bahan peledak tersebar kesegala arah dan menghancurkan batuan disampingnya. Tujuan perencanaan pemboran dan peledakan pada batuan: menghasilkan batuan lepas, yang dinyatakan dalam derajat fragmentasi sesuai dengan tujuan yang akan dicapai.

3. Pola peledakan

Pola peledakan adalah urutan waktu peledakan diantara lubang-lubang bor dalam satu baris dengan lubang bor pada baris berikutnya ataupun antara lubang bor yang satu dengan lubang bor yang lainnya.

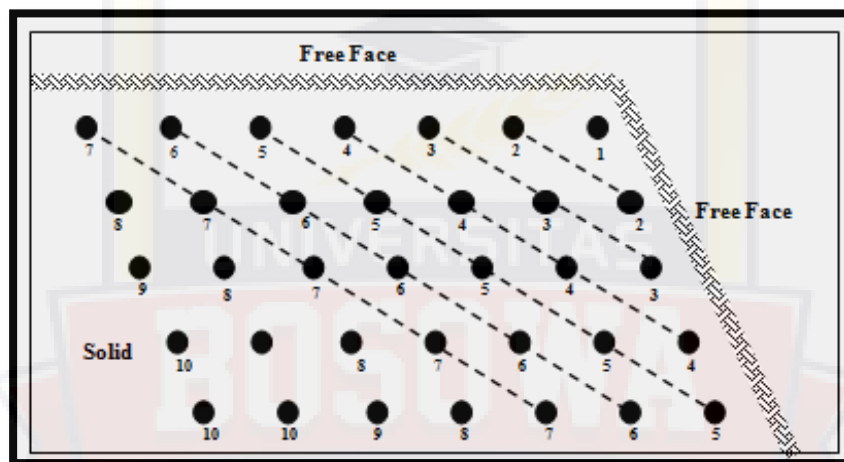
Efektivitas proses pembongkaran sangat dipengaruhi oleh pola peledakan. Pola peledakan yang baik akan menghasilkan fragmentasi dan arah lemparan yang diinginkan. Pola peledakan ini ditentukan berdasarkan urutan waktu peledakan serta arah runtuh material yang diharapkan.

Berdasarkan arah runtuh batuan, pola peledakan sebagai berikut:

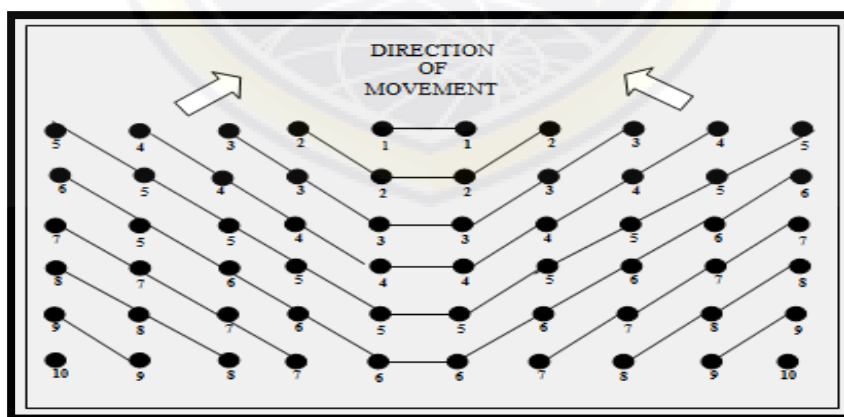


Sumber : Kartodharmo Moelhim Ir , 1990, “Teknik Peledakan”
Gambar 2. 5 Arah peledakan membentuk kotak (Box cut)

- a. *Box cut*, adalah jenis pola peledakan yang arah runtuhannya ke depan dan membentuk kotak.
- b. *Corner cut*, adalah jenis pola peledakan yang arah runtuhannya ke salah satu sudut dari bidang bebas.
- c. "*V*" *cut*, jenis pola peledakan yang arah runtuhannya kedepan dan membentuk huruf V.



Sumber : Kartodharmo Moelhim Ir , 1990, "Teknik Peledakan"
Gambar 2. 6 Arah peledakan kepojok (*Corner cut*)



Sumber : Kartodharmo Moelhim Ir , 1990, "Teknik Peledakan"
Gambar 2. 7 Arah peledakan V delay ("*V*" *cut*)

Berdasarkan urutan waktu pada peledakan, maka pola peledakan diklarifikasikan sebagai berikut dibawah ini :

- a. Pola peledakan serentak, adalah suatu pola yang menerapkan peledakan secara serentak untuk semua lubang tembak.
- b. Pola peledakan beruntun, adalah suatu pola yang menerapkan peledakan dengan waktu tunda antara baris yang satu dengan baris lainnya.

4. Persiapan Peledakan

Persiapan peledakan adalah semua kegiatan baik secara teknis maupun non teknis seperti tindakan pengamanan, yakni bertujuan untuk melaksanakan suatu proses peledakan dengan aman dan lancar tanpa hambatan.

Adapun beberapa persiapan peledakan yang harus diperhatikan yaitu :

- a. Pengamanan lapangan kerja selama proses persiapan peledakan.
- b. Persiapan alat bantu peledakan, seperti; detonator, kabel pembantu, kabel utama, *blasting machine*.
- c. Mempersiapkan primer.
- d. Pengisian lubang ledak atau lubang tembak.
- e. Penyambungan rangkaian.
- f. Pemilihan tempat atau posisi pemegang *blasting mechine* (inisiasi)

Pengamanan lapangan peledakan dan sekelilingnya sebelum peledakan dilaksanakan dengan memasang jarak radius aman.

5. Perlengkapan dan Peralatan Peledakan

Peralatan peledakan (*Blasting equipment*) yaitu alat yang dapat

digunakan berulang kali-kali, seperti *blasting machine*, *crimper* dan lain sebagainya.

Perlengkapan peledakan (*Blasting supplies/Blasting accessories*) adalah material yang diperlukan untuk membuat rangkaian peledakan sehingga isian bahan peledak bisa dinyalakan.

Perlengkapan peledakan hanya dapat kita pakai untuk satu kali penyalaan saja. Adapun jenis alat yang digunakan pada saat proses peledakan yaitu :

a. *InstanTel Micromate*

InstanTel Micromate adalah alat yang digunakan untuk memonitoring tingkat getaran (*Ground Vibration*) ataupun kebisingan (*noise*) yang diakibatkan dari aktivitas peledakan di area tambang pada saat proses peledakan berlangsung. nama alat ini sering disebut dengan geophone dan microphone, sesuai dengan SNI 7570-2010 dan SNI 7571-2010.



Gambar 2. 8 *InstanTel Micromate* Sumber : (PT.Vale Indonesia Tbk)

b. Blaster Device

- Mengirim perintah peledakan ke *detonator*
- Mengirim waktu tunda ke masing-masing *detonator*



Gambar 2. 9 *Blaster Device* Sumber : (PT.Vale Indonesia Tbk)

c. Remote Device

- Untuk mengirim perintah peledakan ke *blaster device*
- Untuk mendeteksi dan memeriksa kondisi terkini pada *detonator* sebelum diledakan



Gambar 2. 10 *Remote Device* Sumber : (PT.Vale Indonesia Tbk)



Gambar 2. 11 Remote Device Sumber : (PT.Vale Indonesia Tbk)

6. Desain / Geometri Peledakan

Geometri peledakan merupakan variabel yang terdiri dari *burden*, *spacing*, *stemming*, *subdrilling*, kedalaman lubang bor, dan tinggi jenjang dengan mengacu pada teori menurut *R.L.Ash*:

a. *Burden (B)*

Burden adalah jarak tegak lurus dari lubang peledakan ke bidang bebas yang terdekat. Penentuan *burden* tergantung pada kedalaman lubang dan diameter lubang.

Untuk menghitung *burden*, dapat digunakan persamaan berikut.

$$B = (K_b \times D_e) \div 12 \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

B = *burden* (Ft)

D_e = Diameter lubang ledak (inchi)

K_b = Nisbah *burden* yang telah dikoreksi =1

Dalam penentuan *Burden Ratio* (KB) ada pendekatan yang biasa digunakan di lapangan pada saat peledakan :

- Bahan Peledak rendah dalam batuan keras $K_b = 20$
- Bahan peledak lemah dalam batuan lemah $K_b = 25$
- Bahan peledak tinggi dalam batuan lemah $K_b = 40$
- Bahan peledak tinggi dalam batuan standar $K_b = 35$

b. *Spacing* (S)

Spacing adalah jarak antara lubang tembak yang dirangkai dalam satu baris. Pada umumnya penentuan *spacing* tergantung kepada kedalaman lubang tembak dan burdennya. Rumus untuk menghitung harga *spacing* adalah :

$$S = B \times K_s \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

S = *Spacing* (meter)

Ks = *Spacing ratio*, (1 - 1,5)

B = *Burden* (meter)

c. Kedalaman lubang ledak (H)

Kedalaman lubang tembak tidak boleh lebih kecil dari *burden*, untuk menghindari terjadinya *over break*. Rumus untuk menghitung harga kedalaman lubang tembak adalah :

$$H = B \times K_h \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana ;

H = Kedalaman lubang tembak (meter)

Kh = Kedalaman ratio (1,5 - 4) rata-rata 2,6

B = *Burden* (meter)

d. *Stemming* (T)

Stemming adalah material penutup diatas bahan peledak pada lubang peledakan untuk menahan energi, dan mencegah terjadinya gelombang tekanan udara (*Air blast*) dan batuan melayang (*fly rock*) yang disebabkan oleh gas hasil peledakan. Rumus untuk menentukan *stemming* adalah :

$$T = Kt \times B \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana ;

T = *Stemming* (meter)

Kt = *Stemming ratio*, (0,5 – 1) rata-rata 0,7

B = *Burden* (meter)

e. Tinggi jenjang (L)

Ketinggian jenjang biasanya ditentukan oleh parameter dilapangan, misalkan jangkauan oleh peralatan bor dan alat gali muat yang tersedia. Tinggi jenjang dapat disesuaikan dengan kemampuan alat bor dan diameter lubang, dimana jenjang rendah dipakai diameter lubang kecil sedangkan diameter lubang bor yang besar untuk jenjang yang tinggi.

$$L = H - J \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

L = Tinggi jenjang minimum

H = Kedalaman lubang

$J = \text{Subdrill}$

f. *Subdrilling (J)*

Subdrilling yaitu panjang lubang tembak yang dibor sampai melebihi batas lantai jenjang bagian bawah. Maksudnya adalah supaya batuan dapat meledak secara *fullface* dan untuk menghindari kemungkinan adanya tonjolan-tonjolan (*toe*) pada lantai jenjang bagian bawah. Menurut C.J Konya (1995) *sub drilling* dirumuskan sebagai berikut :

$$J = K_j \times B \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

J : *Subdrilling*

K_j : *Subdrilling Ratio* (0,2-0,3)

g. *Charge Length/panjang kolom isian (PC)*

Charge length adalah panjang isian bahan peledak, dimana persamaannya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$PC = H - T \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

PC : Panjang kolom isian bahan peledak

H : Kedalaman lubang ledak

T : *Stemming*

h. *Loading Density (De)*

Dalam menentukan jumlah bahan peledak yang digunakan dalam tiap lubang ledak maka terlebih dahulu ditentukan *loading density*.

Adapun persamaan *loading density* sebagai berikut:

$$de = 0,508 \times D^2 \times SG \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

de : *Loading Density* (kg/m)

D : Diameter lubang ledak (inchi)

SG : Berat jenis bahan peledak

i. *Powder Factor* (PF)

Powder factor merupakan suatu bilangan yang menyatakan perbandingan antara penggunaan bahan peledak terhadap jumlah material yang diledakkan atau dibongkar dalam kg/m³, berdasarkan jenis batuan yang akan diledakkan, nilai *powder factor* yang disarankan menurut Jimeno (1995) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$PF = \frac{E}{V} = \frac{de \times PC \times n}{V} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

PF : *Powder Factor* (kg/m³)

E : Jumlah bahan peledak yang digunakan (kg)

V : Volume batuan yang terbongkar (m³)

de : *Loading Density* (kg/m)

PC : *Charge length* (m)

n : Jumlah lubang ledak

7. *Ground Vibration*

Ground vibration adalah gelombang yang bergerak di dalam tanah di sebabkan oleh adanya sumber energi. Sumber energi tersebut dapat berasal dari alam, seperti gempa bumi atau adanya aktivitas peledakan. Beberapa penelitian telah di lakukan dalam usaha menentukan hubungan antara faktor-faktor tersebut

sesuai dengan tingkat getaran.

8. Faktor Yang Mempengaruhi Ground Vibration

- a. Jumlah Muatan Bahan Peledak Perwaktu Tunda (*Charge Per Delay*)
- b. Jarak Dari Lokasi Peledakan (*Length Of Delay*)
- c. Waktu Tunda (*Delay*)

Baku Tingkat Getaran Peledakan Pada Tambang Terbuka Terhadap Bangunan (Klasifikasi Nilai *Ground Vibration*).

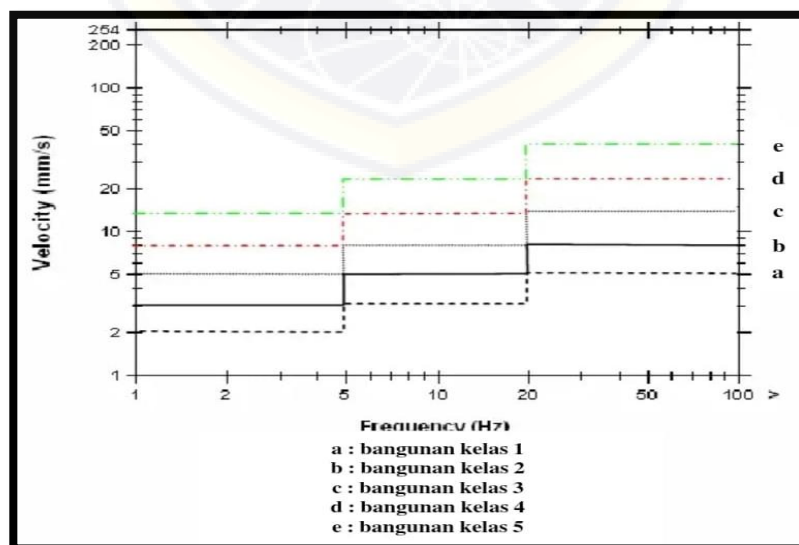
Tabel 2.1 Kelas dan Jenis Bangunan Serta *Peak Vektor Sum* (Sumber : SNI 7571:2010)

Kelas	Jenis bangunan	Peak Vector Sum (mm/detik)
1	Bangunan kuno yang dilindungi undang-undang benda cagar budaya (Undang-undang No. 6 tahun 1992).	2
2	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen saja, termasuk bangunan dengan pondasi dari kayu dan lantainya diberi adukan semen	3
3	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen diikat dengan slope beton	5
4	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen slope beton, kolom dan rangka diikat dengan ring balk	7 - 20
5	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen, slope beton, kolom dan diikat dengan rangka baja	12 - 40

Tabel 2.2 Kelas dan Frekuensi Serta *Peak Particle Velocity* (Sumber : SNI 7571:2010)

Kelas	Frekuensi	PPV (mm/s)
1	0 - 5	2
	5 - 20	3
	20 - 100	5
2	0 - 5	3
	5 - 20	5
	20 - 100	7
3	0 - 5	5
	5 - 20	7
	20 - 100	12
4	0 - 5	7
	5 - 20	12
	20 - 100	20
5	0 - 5	12
	5 - 20	24
	20 - 100	40

CATATAN : Usulan baku tingkat getaran peledakan pada tambang terbuka, disusun berdasarkan hasil pengukuran getaran peledakan di berbagai tempat di Indonesia dengan mempertimbangkan berbagai kondisi struktur bangunan disekitar lokasi peledakan dan besarnya nilai baku tingkat getaran peledakan internasional, yang kondisi struktur bangunan yang relative sama dengan struktur bangunan di Indonesia.



Gambar 2. 12 Grafik Baku Tingkat Getaran (Sumber : SNI 7571:2010)

9. Produksi Peledakan

➤ Volume hasil ledakan (m^3)

Volume hasil peledakan adalah dimensi burden dikalikan dengan jarak lubang dalam satu baris yang sama (*spacing*) dan dikalikan dengan kedalaman lubang. Satuan volume hasil ledakan dinyatakan dalam m^3 , untuk mendapatkan volume dalam satuan ton maka dikalikan dengan density batuan.

$$V = B \times S \times H \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana ;

V = Volume batuan yang terbongkar (m^3)

B = *Burden* (meter)

S = *Spacing* (meter)

H = Kedalaman lubang (meter)

2. Jumlah batuan yang terbongkar per lubang ledak (P)

$$P = V \times D \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana ;

P = Jumlah batuan terbongkar (ton/lubang)

V = Volume batuan terbongkar (m^3)

D = *Density* batuan (ton/ m^3)

3. Jumlah batuan yang terbongkar per hari(P_{sift})

$$P_{sift} = P \times N \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana ;

P_{sift} = Jumlah batuan terbongkar (ton/sift)

P = Jumlah batuan terbongkar (ton/lubang)

N = Jumlah lubang bor per sift

10. Getaran Peledakan

Penyebab kerusakan suatu bangunan adalah getaran (*vibration*) yang dihasilkan oleh suatu ledakan, dari getaran tersebut akan timbul gerakan-gerakan yang bermacam-macam baik dari segi arah gerakan ataupun besarnya. Beberapa pakar peledakan seperti *Langsfors, Kihlstrom* dan lainnya semenjak tahun 1956 telah mengemukakan pendapatnya mengenai adanya hubungan antara pengisian (*charging*), jarak di satu sisi, dan intensitas getaran (getaran bumi) dari sisi lain. Untuk memprediksi risiko kerusakan akibat peledakan perlu diketahui kecepatan dari getaran bumi dan juga percepatannya, dengan demikian getaran bumi *velocity* merupakan kriteria kerusakan.

Dalam memperkirakan nilai getaran tanah yang dihasilkan dari kegiatan peledakan, maka dari itu dilakukan dengan menghubungkan hasil pengukuran getaran tanah dengan parameter-parameter peledakan yang mempengaruhinya. Parameter-parameter peledakan tersebut merupakan jarak dari lokasi peledakan dan jumlah bahan peledak yang meledak bersamaan. Hubungan tersebut ditunjukkan oleh konsep PPV vs. *Scaled Distance* yang dinyatakan oleh *USBureau of Mines* (Husni, 2008; Basuki, 2011), dimana *scaled distance* adalah faktor yang mempengaruhi getaran tanah yang diperoleh dari jarak pengukuran dibagi akar dari muatan bahan peledak per waktu tunda. Selengkapnya dapat dilihat pada persamaan

berikut:

$$PPV = k \cdot (R/\sqrt{W})^{-\alpha} = k \cdot (SD)^{-\alpha} \quad (2.13)$$

dimana

PPV = *Peak Particle Velocity* (mm/s)

k, α = Koefisien (*site factor*)

R = Jarak dari lokasi peledakan (m)

W = Jumlah bahan peledak yang meledak bersamaan (kg)

Bentuk persamaan yang serupa menurut *K.K.S.Ho, et.al. (1998)*, *X.L. Zhao dan R.H. Grzebieta (2000)* juga berlaku untuk hubungan antara *Peak Particle Acceleration* dengan *Scaled Distance* (*S.Basuki, 2011*) yang dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$PPA = k \cdot (R/\sqrt{W})^{-\alpha} = k \cdot (SD)^{-\alpha} \quad (2.14)$$

dimana:

PPA = *Peak Particle Acceleration* (g)

Nilai k, α yang digunakan pada persamaan PPV dan PPA di atas bukan merupakan nilai yang sama karena nilainya diperoleh dengan menentukan terlebih dahulu parameter mana yang akan digunakan, PPV atau PPA .

➤ **Estimasi Intensitas Getaran Bumi**

Estimasi Intensitas Getaran Bumi pada suatu titik/lokasi dapat dinyatakan dengan nilai maksimum (*peak value*) dari simpangan (*displacement*), kecepatan (*velocity*) dan percepatan (*acceleration*).

Faktor-faktor yang mempengaruhi getaran bumi diantaranya yaitu:

- a) Tipe bahan peledak
- b) Jumlah bahan peledak
- c) Jarak dari peledakan

Getaran dapat diperkirakan melalui rumus dari U.S.B.M dimana intensitas adalah fungsi dari jarak, berat bahan peledak maksimum per *delay*, dan kondisi lokal. Model matematik empiris ini dikembangkan oleh Nichols, Johnson dan Duvall (1971) yang kemudian disebut konsep “*Scale Distance*”.

Rumus empiris tersebut di formulasikan sebagai berikut;

$$PPV = K \left(\frac{D}{W^{(1/2)}} \right) b \dots \dots \dots (2.15)$$

Dimana:

PPV = *peak particle velocity*, cm/dt, mm/det.

$D/W^{1/2}$ = *scaled distance* (SD), yaitu jarak dalam meter dibagi dengan akar dua berat charge per delay dalam kg.

K dan b = kostanta yang harganya tergantung kepada kondisi lokal dan kondisi peledakan.

➤ Parameter Getaran

Sifat-sifat dari gerakan bumi adalah cerminan dari besaran parameter getaran, dimana ada tiga besaran/parameter getaran, yaitu:

- a) Perpindahan/ simpangan (*displacement*)

Perpindahan adalah jarak yang dapat ditempuh oleh partikel batuan dari tempat semula kesuatu titik tertentu, biasanya dalam satuan inci atau mm.

b) Kecepatan (*velocity*)

Kecepatan adalah besarnya gerakan partikel ketika meninggalkan tempa asal (pada posisi diam), biasanya di ukur dalam inci/sec atau mm/det.

c) Percepatan (*acceleration*)

Percepatan adalah perubahan kecepatan gerak partikel. Besar percepatan sebanding dengan gaya yang dikeluarkan oleh partikel yang bergetar. besarnya adalah 32,ft/sec² atau 9,82 m/det².

11. Kontrol Getaran

Kecepatan partikel merupakan kecepatan partikel bumi bergetar sekitar posisi semula (*restposition*). kecepatan partikel merupakan fungsi dari energy (*inputenergy*). energi yang besar dapat menghasilkan kecepatan partikel yang tinggi. Peledakan *delay* mengurangi tingkat getaran karena setiap *delay* menghasilkan masing-masing gelombang seismik yang kecil terpisah. gelombang hasil *delay* pertama telah merambat pada jarak tertentu selanjutnya *delay* meledak. kecepatan perambatan tergantung pada jenis batuan.

1. *Peak Particel Velocity* (PPV)

Kecepatan puncak dari gerakan partikel akibat adanya gelombang seismic berjalan/merambat melalui batuan. Berikut adalah perhitungannya.

$$PPV = K \left(\frac{D}{\sqrt{W}} \right)^{-1.6} \dots \dots \dots (2.16)$$

Keterangan:

PPV=*Peak Particle Velocity* (mm/s)

K = Konstanta

D = *Distance* (jarak pengukuran)

W = Total berat bahan peledak/*delay*

2. *Scaled Distance*

Scale Distance merupakan parameter untuk dimensi jarak. *Scale distance* dinyatakan sebagai perbandingan antara jarak dan isian bahan peledak yang mempengaruhi getaran. Jika isian lubang (ratio perbandingan panjang dan diameter lebih dari 6), gelombang akan dirambatkan di depan lubang bor. *Scale distance*, $d/W^{1/2}$. W total berat bahan peledak yang meledak per *delay* sedangkan d merupakan jarak dari alat perekam terhadap lokasi peledakan. Rumus dapat dituliskan sebagai berikut :

$$SD = \frac{D}{\sqrt{W}} \dots \dots \dots (2.17)$$

Keterangan :

SD = *Scaled Distance* (m/kg)

D = *Distance* (Jarak Pengukuran)

W = Total Berat Bahan Peledak/*Delay*

3. Konstanta

Konstanta K dan m disebut sebagai faktor tempat (*site factor*). K adalah garis batas hubungan pada saat SD = 1 pada grafik *log*. Nilai tersebut menyatakan energi yang ditransferkan dari bahan peledak ke batuan sekitarnya. Berkurangnya nilai *Peak Particle Velocity* dipengaruhi geometri penyebaran dan pengaruh dari karakteristik batuan disebut

sebagai *slope factor*, Persamaan untuk konstanta sebagai berikut:

$$K = \frac{PPV}{(SD)^{-1.6}} \dots \dots \dots (2.18)$$

Keterangan:

K = konstanta

PPV = *Peak Particle Velocity* (mm/s)

SD = *Scaled Distance* (m/kg)

12. Jenis Gelombang Peledakan

➤ Gelombang *Transversal*

Gelombang *Transversal* adalah gelombang yang arah getaran (bukit) dan rambatannya (lembah) tegak lurus.

➤ Gelombang *Longitudinal*

Gelombang *Longitudinal* adalah gelombang yang getaran dan rambatannya searah. Perbedaan gelombang transversal dan gelombang longitudinal terletak di arah getaran dan rambatannya.

➤ Gelombang *Vertikal*

Gelombang *Vertikal* adalah tegak lurus dari atas kebawah atau kebalikannya garis ini membentuk garis bersudut 90° tegak lurus dengan garis horizontal, permukaan bumi atau bidang datar.

Koefesien korelasi merupakan pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variabel. Besarnya koefesien korelasi berkisar antara +1 s/d -1. Koefesien korelasi menunjukkan kekuatan (*strength*) hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak.

Apabila koefesien korelasi positif, maka kedua variabel

mempunyai hubungan yang searah. artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan tinggi pula. Sebaliknya, jika koefisien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik. Yang artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan menjadi rendah dan berlaku sebaliknya. untuk memudahkan melakukan interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel penulis memberikan kriteria sebagai berikut (Sarwono, 2006)

- a. 0 : Tidak ada korelasi antara dua variabel
- b. $>0 - 0,25$: Korelasi sangat lemah
- c. $>0,25 - 0,5$: Korelasi cukup
- d. $>0,5 - 0,75$: Korelasi kuat
- e. $>0,75 - 0,99$: Korelasi sangat kuat
- f. 1: Korelasi sempurna

BAB III

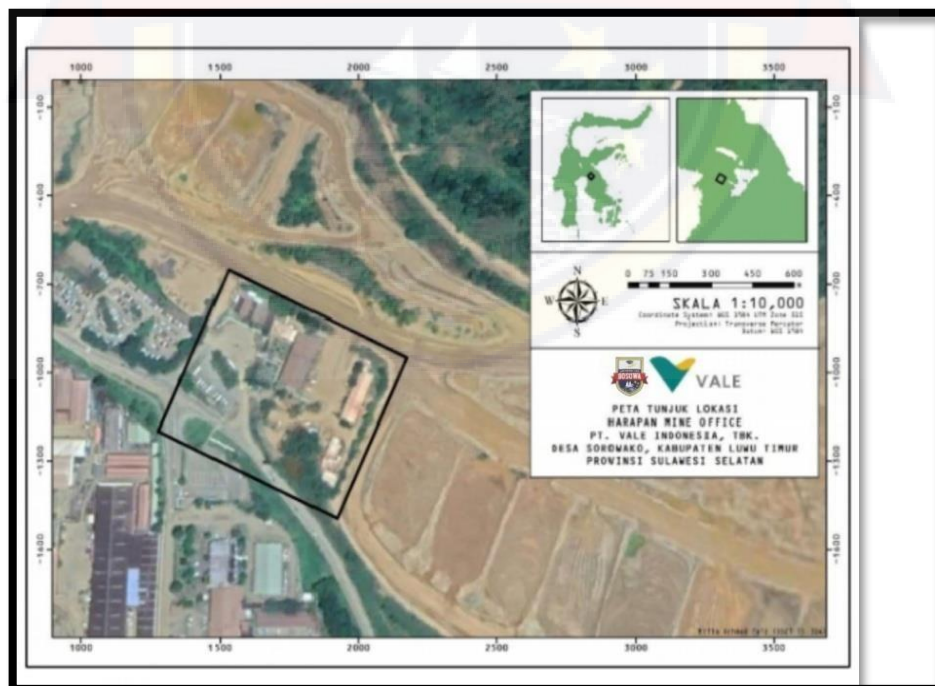
METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dirumuskan dengan tujuan arah yang jelas dengan target yang ingin dicapai dalam melaksanakan penelitian, jika tujuan penelitian jelas dan terlaksana dengan baik maka penelitian dan pemecahan masalah akan berjalan dengan baik.

Rancangan dalam penelitian ini dilakukan dengan metode pendekatan kuantitatif, pendekatan kuantitatif penelitian yang menggunakan format terstruktur seperti perhitungan statistik.

B. Lokasi dan Kesampaian Daerah



Gambar 3.1 Lokasi dan Kesampaian Daerah

Sumber: (PT. Vale Indonesia Tbk)

Penelitian ini dilakukan di, PT. Vale Indonesia Tbk yang berada di daerah *Sorowako Block* yang merupakan lokasi tambang terbuka dengan metode *open cast* nikel laterit terbesar di Indonesia, serta penghasil utama dari *nickel ore/matte* untuk ekspor ke Jepang. Secara administratif Desa Sorowako berada di Kecamatan Nuha, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. Daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1

C. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Metode ini peneliti gunakan karena pada proses penelitian ini pengumpulan datanya dilakukan dengan data primer dan sekunder, data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung di lapangan. Sedangkan data sekunder merupakan data mentah dari perusahaan serta data penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Selain itu, data sekunder juga merupakan data keadaan umum daerah penelitian dan peta-peta yang menggambarkan daerah penelitian.

Data primer berasal dari perhitungan serta pengamatan di lapangan seperti data hasil pengukuran geometri seperti *spacing* (S), *burden* (B) dan kedalaman lubang ledak (H), lalu dihitung dengan menggunakan rumus R.L. Ash sehingga mendapatkan nilai *powder factor* (PF), jumlah penggunaan bahan peledak dan berisi isian bahan peledak. Sedangkan untuk data Nilai PPV dapat dihitung menggunakan persamaan USBM Oriard' *Formula* dimana data yang digunakan merupakan data hasil pengukuran jarak lokasi peledakan kemudian menghitung nilai konstanta (K) dan *scaled distance* (SD) sehingga mendapatkan nilai berat isian dan nilai PPV prediksi. Data sekunder berasal

dari perusahaan yaitu data spesifikasi bahan peledak, batuan, peta dan lokasi penambangan, topografi dan morfologi.

Data penelitian lalu diolah menggunakan perhitungan *statistic* menggunakan persamaan R.L. Ash dan perhitungan menggunakan USBM Oriard'Formula.

Tujuan penelitian yang disusun dalam bentuk bagan alir penelitian secara sistematis. Tujuan dibuatkan bagan alir, agar memudahkan para pembaca agar dapat memahami proses penelitian.

D. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini berupa studi literatur pengamatan lapangan, pengambilan data berupa data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data Primer yang di butuhkan merupakan data hasil pengukuran geometri seperti *spacing* (S), *burden* (B) dan kedalaman lubang ledak (H), kemudian dihitung dengan menggunakan rumus R.L. Ash sehingga memperoleh nilai *powder factor* (PF), jumlah penggunaan bahan peledak dan berai isian bahan peledak. sedangkan untuk data Nilai PPV dapat dihitung menggunakan persamaan USBM Oriard'Formula dimana data yang digunakan adalah data hasil pengukuran jarak lokasi peledakan kemudian menghitung nilai konstanta (K) dan *scaled distance* (SD) sehingga mendapatkan nilai berat isian dan nilai PPV prediksi.

2. Data Sekunder

Data Sekunder untuk mendukung data primer spesifikasi bahan

peledak, batuan, peta dan lokasi penambangan, topografi dan morfologi

E. Teknik Pengolahan Data

Pada pengolahan data dilakukan dengan cara melakukan suatu proses analisa data yang telah diperoleh selama penelitian dengan hasil perhitungan berdasarkan persamaan yang ada. Setelah data terkumpul maka akan dilakukan analisis data dengan tiga tahapan yaitu : Tahap Pustaka, Pengambilan Data Lapangan dan Analisis Data dan Hasil.

1. Tahap Pustaka

Tahap Pustaka dibagi menjadi dua kegiatan yaitu studi literature dan perumusan masalah, studi literatur yang dilakukan dengan cara membaca buku dan jurnal-jurnal yang berkaitan dengan permasalahan yang di bahas. Data yang di kumpul yaitu data-data yang bersumber dari data sekunder.

2. Pengambilan Data Lapangan

Tahap Pengambilan Data Lapangan merupakan tahap untuk mengumpulkan data-data guna tahap selanjutnya atau tahap analisis, data-data yang sudah diambil sebelumnya diolah. Data penelitian kemudian diolah menggunakan perhitungan *statistic* menggunakan persamaan R.L.Ash dan perhitungan menggunakan USBM Oriard' *Formula*. data yang diambil pada tahap ini terbagi menjadi dua data yaitu:

a. Data Primer

Data Primer yang di butuhkan merupakan data hasil pengukuran geometri seperti *spacing* (S), *burden* (B) dan kedalaman lubang ledak (H),

kemudian dihitung dengan menggunakan rumus R.L. Ash sehingga memperoleh nilai *powder factor* (PF).

Jumlah penggunaan bahan peledak dan berisi isian bahan peledak. Sedangkan untuk data Nilai PPV dapat dihitung menggunakan persamaan USBM Oriard' *Formula* dimana data yang digunakan adalah data hasil pengukuran jarak lokasi peledakan kemudian menghitung nilai konstanta (K) dan *scaled distance* (SD) sehingga mendapatkan nilai berat isian dan nilai PPV prediksi.

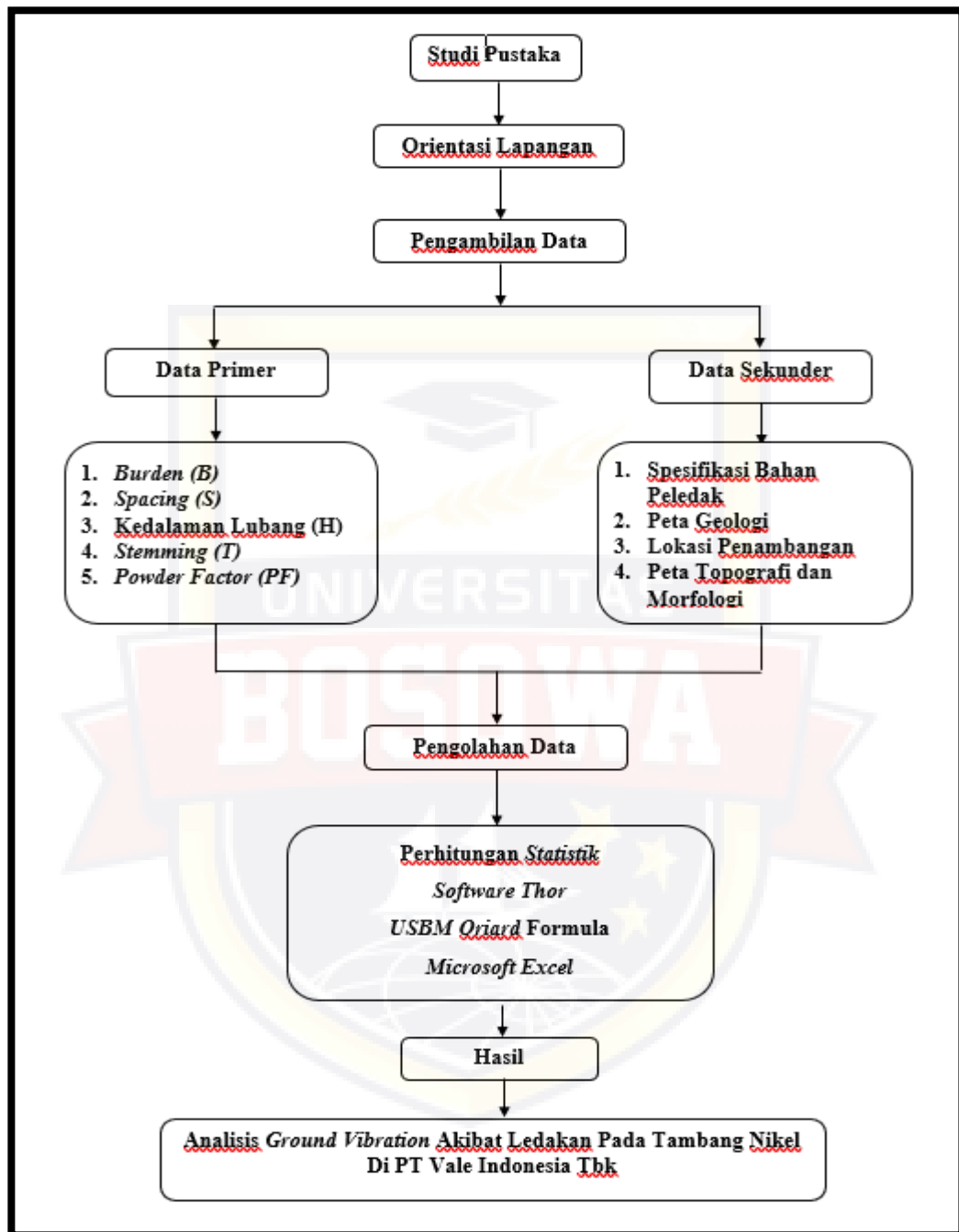
b. Data Sekunder

Data Sekunder untuk mendukung data primer spesifikasi bahan peledak, batuan, peta dan lokasi penambangan, topografi dan morfologi

3. Analisis Data dan Hasil

Tahap Analisis Data adalah tahap analisis data yang diperoleh dari tahap sebelumnya dengan menggunakan aplikasi *Software THOR* dan *Microsoft Excel*, dengan melakukan analisa yang didapatkan dilapangan ataupun dari sumber lain. Analisis data pengolahan dilakukan dengan pertimbangan beberapa factor seperti karakteristik batuan dan hasil *ground vibration* akibat peledakan yang dilakukan

F. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.2.1 Bagan Alir

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Data Pengamatan

Kegiatan pengambilan data dilakukan melalui pengamatan langsung serta berbagai literatur yang berkaitan dengan kegiatan ini. Pengambilan data dilakukan mulai pada tanggal 23 september 2022. Pengamatan berfokus pada *Ground Vibration*. Tahapan persiapan merupakan tahap yang menentukan keakurasian data yang dihasilkan. Persiapan ini perlu dilakukan setiap ingin melakukan pengambilan data. Berikut ini beberapa tahap persiapan yang perlu dilakukan sebelum melakukan pengambilan data di lapangan:

- a. *Briefing* di kantor PT. Hanwha *Mining Services*, *Briefing* dilakukan setiap pagi setiap sebelum melakukan pekerjaan, dan *review* pekerjaan yang dilakukan di hari sebelumnya.
- b. Menyiapkan alat dan posisi pengamat dilapangan agar tidak terhalang objek lain dan mengganggu pandangan ke alat yang diamati di lapangan.

Setelah semua persiapan dilakukan, maka pengamatan siap dilakukan untuk mengambil Hasil Perhitungan Data Geometri Peledakan dilapangan dan Data Hasil *Ground Vibration* Aktual dan Prediksi.

1. Proses Pengambilan data

Proses pengambilan data dilakukan mulai tanggal 23 september 2022 sampai dengan 14 november 2022. Cara pengambilan data yaitu dengan melakukan pengamatan langsung dari lapangan, yaitu dengan menggunakan alat *InstanTel Micromate* yang berfungsi untuk mengukur getaran dan suara serta tabel pengamatan.

2. Hasil Perhitungan Data Geometri Peledakan Di Lapangan

Pengukuran data Geometri di lapangan dilakukan di berbagai lokasi di PT Vale Indonesia Tbk. Geometri dalam peledakan adalah salah satu dasar penentu untuk memperoleh hasil peledakan, selain berpengaruh terhadap *ground vibration* hasil dari peledakan, geometri peledakan juga akan mempengaruhi biaya yang dikeluarkan dalam kegiatan peledakan.

Sebelum melakukan pengolahan data perhitungan geometri ideal peledakan maka diperlukan pengumpulan data-data geometri aktual, data yang diambil pada pit penambangan PT Vale Indonesia Tbk berupa data-data kegiatan dari peledakan berupa data primer dan data sekunder yang bersumber dari pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan, adapun data - data tersebut berupa:

a. Data Primer

Jenis data ini merupakan data yang diperoleh langsung di lapangan :

1. Data Geometri Aktual

Berikut adalah data peledakan geometri aktual yang diperoleh saat melakukan kegiatan peledakan di berbagai lokasi di PT Vale Indonesia

Tbk. Geometri peledakan aktual dalam 15 kali di lakukan peledakan dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini

Tabel 4.1 Geometri Peledakan Aktual PT Vale Indonesia Tbk.

No	Date	Location	Burden (B)	Spacing (S)	Stemming (T)	Tinggi jenjang (L)	Sub Drilling (V)	Kebalaman Lubang (H)	Loading Density (De)	Kolom Isian (PC)	MIC (kg)	Powder Factor (PF)
1	23-Sep-22	Harapan East	5	5	5,59	11,77	0,5	12,27	10,76	6,7	70	0,22
2	27-Sep-22	Konde Central	5	5	3,74	7,14	0,5	7,64	10,76	3,9	75	0,23
3	28-Sep-22	Arnoa North	5	5	5,92	11,54	0,5	12,04	10,76	6,1	78	0,22
4	29-Sep-22	Arnoa North	5	5	5,40	10,80	0,5	11,30	10,76	5,9	79	0,23
5	3-Oct-22	Konde Central	5	5	4,38	7,66	0,5	8,16	10,76	3,8	81	0,23
6	4-Oct-22	Solia	5	5	5,68	11,73	0,5	12,23	10,76	6,6	81	0,24
7	6-Oct-22	Lembo	5	5	4,51	7,55	0,5	8,05	10,76	3,5	81	0,24
8	11-Oct-22	Solia	5	5	4,78	8,54	0,5	9,04	10,76	4,3	81	0,23
9	12-Oct-22	Lembo	5	5	6,14	11,70	0,5	12,20	10,76	6,1	82	0,17
10	17-Oct-22	Lembo	5	5	5,23	11,41	0,5	11,91	10,76	6,7	86	0,24
11	18-Oct-22	Solia	5	5	4,81	9,91	0,5	10,41	10,76	5,6	81	0,23
12	21-Oct-22	Konde	5	5	4,77	8,06	0,5	8,56	10,76	3,8	43	0,31
13	7-Nov-22	Konde	5	5	4,19	7,83	0,5	8,33	10,76	4,1	48	0,24
14	9-Nov-22	Lembo	5	5	5,11	10,83	0,5	11,33	10,76	6,2	81	0,23
15	14-Nov-22	Lembo	5	5	4,91	10,19	0,5	10,69	10,76	5,8	81	0,23
		TOTAL	75	75	75,16	146,66	7,5	154,16	16140	79,0	1128	3,49
		RATA-RATA	5	5	5,01	9,77	0,5	10,28	10,76	5,3	75,2	0,23

3. Pengolahan Data Geometri Peledakan Aktual

Ada beberapa persamaan yang biasa digunakan dalam menentukan geometri peledakan, antara lain dengan rancangan R.L. Ash

1. Perhitungan Geometri Peledakan Aktual

Analisis geometri peledakan aktual dalam 15 kali peledakan diolah rata-rata nya dengan *burden* 5 m, *spacing* 5 m, *Stemming* 5.01 m, Tinggi Jenjang 9.78 m, *subdrilling* 0,5 m, kedalaman lubang ledak 10.28 m, *Powder coloum* 5.3 m,

2. Perhitungan Geometri Peledakan Menurut Teori R.L Ash

Dari hasil pengolahan data dengan menggunakan persamaan R.L Ash maka di dapatkan hasil geometri peledakan yang ideal

Didapatkan perhitungan geometri peledakan yang ideal secara teoritis dengan *burden* (B) 4,17 m, *spacing* (S) 4,17 m, *stemming* (T) 3,33 m, Tinggi jenjang (L) 7,47 m, *subdrilling* (J) 1,25 m, Kedalaman lubang ledak (H) 8,3 m, Panjang kolom isian (PC) 5.0 m, *loading density* (*de*) 5,48 kg/m, Volume 122,59 m, *Powder factor* (PF) 0,22 kg/m³ dari hasil pengolahan data menggunakan metode persamaan R.L Ash.

4. Hasil Perbandingan *Ground Vibration* Aktual Dan Prediksi

Hasil perhitungan PPV menunjukkan bahwa nilai terbesar adalah 2.254 mm/s, dengan jumlah muatan peledak 2200 kg dan PF 0.31. sedangkan nilai PPV terendah 0.57 mm/s, jumlah muatan peledak 3906 kg dan PF 0.23 dimana nilai PPV yang dihasilkan tidak melebihi standar yang

ditetapkan perusahaan yaitu 5 mm/s. menurut *sihombing (2013)* bahwa terjadinya *ground vibration* disebabkan 3 faktor adalah jarak pengukuran dari titik peledakan, dan jumlah penggunaan bahan peledak serta kondisi alat.

Jika diamati dari hasil perhitungan **Tabel 4.2** di bawah menunjukkan penggunaan bahan peledak yang semakin besar maka hasil *ground vibration* yang ditimbulkan ikut membesar. Akurasi prediksi rata-rata *ground vibraton* aktual dan prediksi didapatkan sebesar 0.30%.

Tabel 4.2 Hasil Perbandingan *Ground Vibration* Aktual dan Prediksi

Lokasi	Hole	Penggunaan Bahan Peledak (Kg)	Berat Isian (kg)	Jarak (m)	PPV Prediksi (mm/s)	PPV Aktual (mm/s)	Akurasi Prediksi (%)	Powder Factor (kg/m ³)
Harapan East	44	3144	70	500	1,1	0,7	0,4	0,22
Konde Central	72	3018	75	500	1,2	0,7	0,5	0,23
Anoa North	70	4061	78	500	1,2	0,79	0,41	0,22
Anoa North	20	1270	79	500	1,2	0,88	0,32	0,23
Konde Central	60	2437	81	500	1,2	0,7	0,5	0,23
Solia	70	4933	81	500	1,2	0,9	0,3	0,24
Lembo	50	1905	81	500	1,2	0,9	0,3	0,24
Solia	58	2663	81	500	1,2	0,8	0,4	0,23
Lembo	58	4558	82	500	1,2	0,7	0,5	0,17
Lembo	64	4600	86	500	1,3	0,6	0,7	0,24
Solia	76	4578	81	500	1,2	0,6	0,6	0,23
Konde	54	2200	43	400	1,1	2,254	-1,154	0,31
Konde	66	2937	48	500	0,8	1,2	-0,4	0,24
Lembo	66	4422	81	500	1,2	0,6	0,6	0,23
Lembo	58	3906	81	500	1,2	0,57	0,63	0,23
<i>Average</i>					1,16	0,85	0,30	0,23

5. Analisis *ground vibration* akibat kegiatan peledakan

Berdasarkan informasi dari lapangan bangunan warga termasuk bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen diikat dengan *slope* beton, tergolong bangunan dengan pondasi dari kayu dan lantainya diberi adukan semen serta keramik, yang tergolong kelas 3 berdasarkan standar baku tingkat getaran menurut **SN1 7571:2010**.

Hasil pengukuran *ground vibration* dimana dominan data frekuensi getaran peledakan berada pada kisaran 1.0 Hz sampai 5.0 Hz, maka nilai ambang batas (NAB) adalah 5 mm/s.

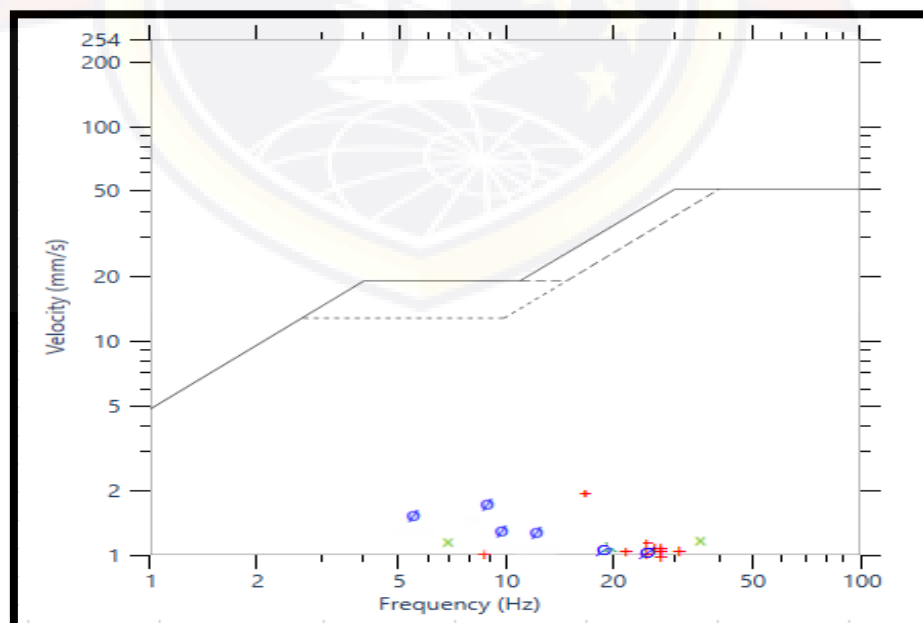
Tabel 4.3 Data *Ground Vibration* Aktual

No	Tanggal Penelitian	Jarak	PPV Aktual (mm/s)
1	23-Sep-22	500	0,7
2	27-Sep-22	500	0,7
3	28-Sep-22	500	0,79
4	29-Sep-22	500	0,88
5	3-Oct-22	500	0,7
6	4-Oct-22	500	0,9
7	6-Oct-22	500	0,9
8	11-Oct-22	500	0,8
9	12-Oct-22	500	0,7
10	17-Oct-22	500	0,6
11	18-Oct-22	500	0,6
12	21-Oct-22	400	2,254
13	7-Nov-22	500	1,2
14	9-Nov-22	500	0,6
15	14-Nov-22	500	0,57

Berdasarkan nilai PPV pada tabel diatas, bahwa nilai yang berada dibawah nilai ambang batas sebesar 5 mm/s menurut (**SNI 7571:2010**) dan pada jarak 400m dinyatakan aman terhadap terhadap bangunan, maka

dengan nilai PPV 1.2 mm/s – 2.254 mm/s dengan jarak 400 m – 500 m dinyatakan aman terhadap bangunan. Semakin dekat jarak lokasi peledakan, maka akan menghasilkan *peak particle velocity* (PPV) yang tinggi begitu juga sebaliknya, semakin jauh jarak dengan lokasi peledakan maka akan menghasilkan *peak particle velocity* (PPV) yang rendah.

Data rekaman hasil pengukuran *ground vibration* yang dilakukan pada tanggal 23 september 2022 - 14 november 2022 di PT Vale Indonesia Tbk. dengan menggunakan alat *InstanTel micromate* menunjukkan bahwa dari 15 data tidak ada yang melebihi standar dari perusahaan yaitu 5 mm/s. struktur bangunan yang terdapat disekitar lokasi peledakan tergolong kelas 3 yaitu bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen diikat dengan *slope*. secara analisis dan data pengukuran besaran *ground vibration* masih tergolong aman bagi lingkungan.



Gambar 4. 1 Grafik Tingkat Getaran SNI 7571:2010
Sumber : (*Software Thor*)

6. Analisis Prediksi Nilai PPV Menurut Persamaan USBM

Tabel 4.4 Nilai PPV Prediksi Dan Aktual

No	Prediksi PPV Menurut Persamaan USBM (mm/s)	PPV Aktual (mm/s)	Difference	Percen Error (%)
1	1,1	0,7	0,4	57,1%
2	1,2	0,7	0,5	71,4%
3	1,2	0,79	0,41	51,8%
4	1,2	0,88	0,32	36,3%
5	1,2	0,7	0,5	71,4%
6	1,2	0,9	0,3	33,3%
7	1,2	0,9	0,3	33,3%
8	1,2	0,8	0,4	5,0%
9	1,2	0,7	0,5	71,4%
10	1,3	0,6	0,7	16,6%
11	1,2	0,6	0,6	36,0%
12	1,1	2,254	-1,154	51,1%
13	0,8	1,2	-0,4	33,3%
14	1,2	0,6	0,6	36,0%
15	1,2	0,57	0,63	10,5%
<i>Average</i>			0,30	41,0%

Berdasarkan tabel diatas persamaan USBM nilai PPV hampir mendekati nilai PPV aktual. untuk mencari selisih dari prediksi USBM dan PPV aktual yaitu $1.1-0.7$ sehingga mendapatkan nilai 0.4, sedangkan untuk memperoleh nilai persen eror dari analisis disamping maka nilai selisih dibagi dengan nilai PPV aktual sehingga memperoleh 57.1%. untuk nilai rata-rata selisih diperoleh 0.30 dan untuk nilai rata-rata persen eror diperoleh 41.0 %

Tabel 4.5 Menentukan Nilai k dari PPV menggunakan persamaan (USBM)

No	Bahan Peledak/Delay (W) (kg)	k	e	Jarak (R) (m)	PPV (Prediksi) mm/s	PPV (Aktual) mm/s
1	70	449	-1,47	500	1,1	0,7
2	75	449	-1,47	500	1,2	0,7
3	78	449	-1,47	500	1,2	0,79
4	79	449	-1,47	500	1,2	0,88
5	81	449	-1,47	500	1,2	0,7
6	81	449	-1,47	500	1,2	0,9
7	81	449	-1,47	500	1,2	0,9
8	81	449	-1,47	500	1,2	0,8
9	82	449	-1,47	500	1,2	0,7
10	86	449	-1,47	500	1,3	0,6
11	81	449	-1,47	500	1,2	0,6
12	43	449	-1,47	400	1,1	2,254
13	48	449	-1,47	500	0,8	1,2
14	81	449	-1,47	500	1,2	0,6
15	81	449	-1,47	500	1,2	0,57

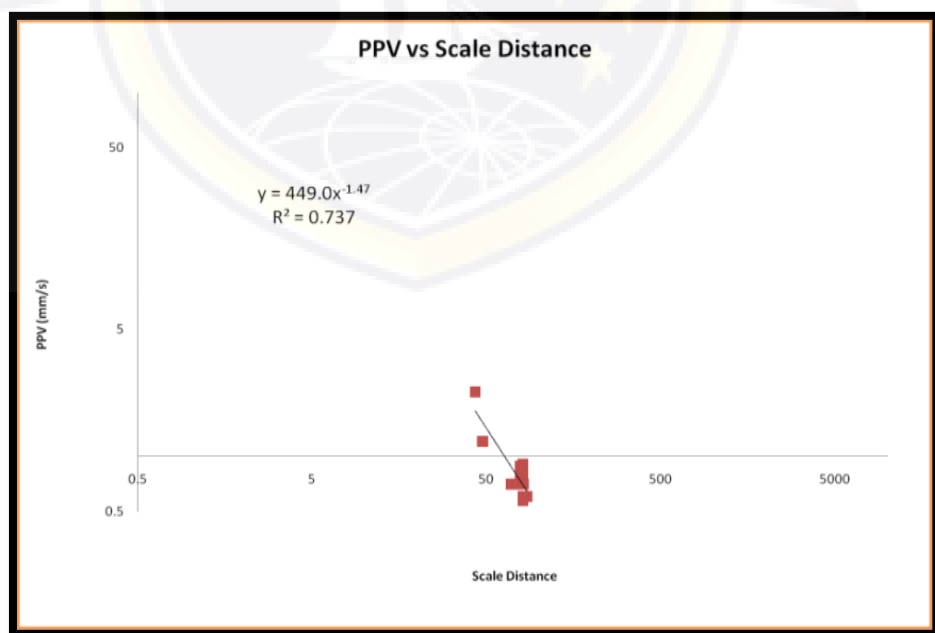
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Berat Isian

SD	Ground Vibration Aktual (mm/s)	Jarak (D) (m)	Berat Isian (kg)	Konstanta (k)
59,76	0,51	500	70	449
57,73	2,10	500	75	449
56,61	0,56	500	78	449
56,25	0,80	500	79	449
55,55	2,56	500	81	449
55,55	0,93	500	81	449
55,55	1,23	500	81	449
55,55	0,69	500	81	449
55,21	0,54	500	82	449
53,91	0,55	500	86	449
55,55	1,84	500	81	449
60,99	1,63	400	43	449
72,16	0,63	500	48	449
55,55	0,33	500	81	449
55,55	0,52	500	81	449

Nilai *Scale Distance* (SD) berkaitan dengan *charge weight* berbanding lurus dengan *ground vibration* dan berbanding terbalik pada SD pada jarak yang sama. Semakin besar *charge weight* maka begitupun *ground vibration* namun SD akan yang dihasilkan mengecil (**Tabel 4.6**). Sedangkan untuk hubungan jarak dengan *ground vibration* yang dihasilkan akan mengecil jika jarak pengukuran dengan lokasi peledakan semakin jauh

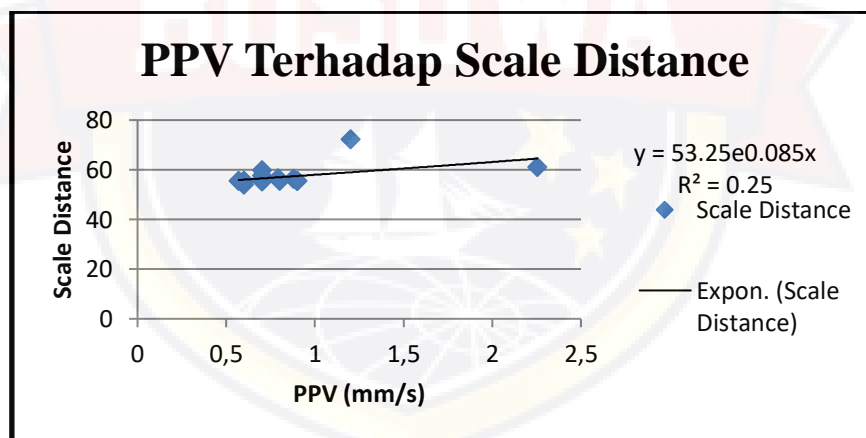
a. Analisis Persamaan Rumus Hubungan Antara *Peak Particle Velocity* Dan *Scale Distance*

Untuk mendapatkan persamaan rumus hubungan antara PPV dan SD, maka dilakukan analisis dari hasil pengukuran *ground vibration*. Analisis yang digunakan adalah meregresikan data PPV dan SD dari hasil pengukuran tersebut dengan regresi power di program *Microsoft Excel*.



Gambar 4. 2 Hasil Analisis *Regresi Power*

Dari hasil analisis regresi diatas didapatkan persamaan rumus hubungan antara PPV dan SD yaitu $Y = 449.0x^{-1.47}$ atau $PPV = 449.0 (SD)^{-1.47}$ dengan koefisien determinasi atau $R^2 = 0.737$ dan $R = -0.858$ yang merupakan akar dari R^2 . Nilai R^2 Yaitu R dinyatakan dalam bentuk negatif, dikarenakan bentuk *trendline* mengarah dari kiri atas ke kanan bawah. Nilai koefisien korelasi $R = -0.858$, dinyatakan korelasi negatif dan kuat. Korelasi negatif dinyatakan, bahwa setiap kenaikan nilai X atau SD maka akan diikuti penurunan atau PPV, dengan kata lain nilai SD berbanding terbalik dengan nilai PPV. Nilai koefisien atau $R^2 = 0.737$, hal ini menyatakan bahwa dalam persamaan yang di dapatkan nilai Y atau PPV dapat ditentukan sebesar 73.7 % oleh nilai X atau SD.

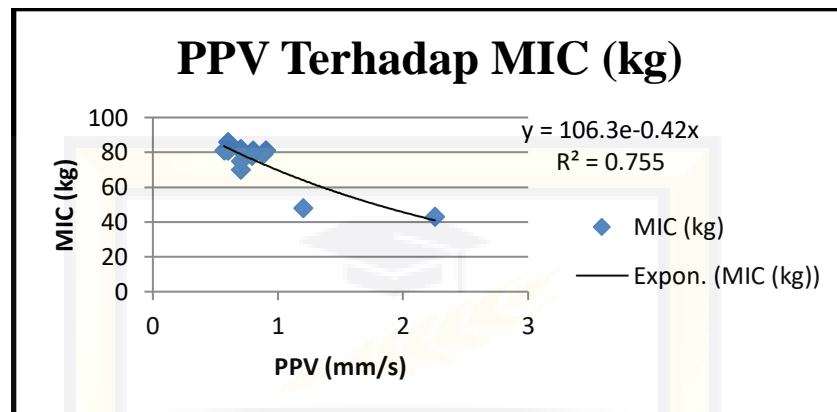


Gambar 4. 3 Hubungan Antara PPV Dan *Scaled Distance* Menggunakan *Microsoft Excel* Sumber : (Hasil Penelitian)

Analisis ini dilakukan terhadap *log Peak Particle Velocity* dengan *log square root scalling scalled distance* yaitu dengan penggambaran grafik regresi linier serta menganalisis hubungan PPV dan *scaled distance* dengan menggunakan regresi power dalam skala log. Hal ini dilakukan untuk mengetahui penyebaran data dan kecenderungan arah data.

Penggambaran kurva peluruhan getaran menggunakan *Microsoft Excel* dan *Thor*.

b. Analisis Persamaan Hubungan *Peak Particle Velocity* dan *MIC*



Gambar 4.3 Hubungan Antara PPV Dan MIC Sumber : (Hasil Penelitian)

A. Pembahasan

1. Proses pengeboran lubang ledak di PT Vale Indonesia Tbk

a. Perencanaan lokasi

Perencanaan lokasi adalah tahap awal dari kegiatan pengeboran lubang ledak, untuk mengetahui lokasi yang akan di bor untuk di *blasting* selanjutnya.



Gambar 4. 4 Penentuan Lokasi yang akan di bor
Sumber : (PT.Vale Indonesia Tbk)

b. Persiapan lokasi yang akan di bor

Pembersihan lahan di lakukan untuk meratakan area Lokasi yang akan di bordan mempermudah alat bor beroperasi.



Gambar 4. 5 Pemerataan lahan yang akan di bor

Sumber : (PT.Vale Indonesia Tbk)

c. Membatasi area pengeboran

Area pengeboran dibatasi dengan pemasangan *police line* tujuannya untuk keamanan unit dan manusia.



Gambar 4. 6 Pemasangan *police line*

Sumber : (PT.Vale Indonesia Tbk)

d. Pemasangan Titik Bor sesuai geometri / *Burden*

Menentukan titik Bor di sesuaikan dengan kondisi di Lapangan yang akan di bor. Pengukuran jarak antar titik menggunakan meteran

agar memberikan hasil yang lebih baik



Gambar 4. 7 Penentuan Titik Bor Sumber : (PT.Vale Indonesia Tbk)

e. Proses pengeboran

Apabila persiapan area peledakan telah dilakukan, maka dilakukanlah pengobaran. Pengobaran dilakukan berdasarkan titik lokasi bor yang sudah di pasang sebelumnya. Kegiatan pengeboran menggunakan alat bor *epiroc powerroc t50*. Mata bor yang digunakan di Pt Vale indonesia Tbk berjenis *button bit* dengan diameter bor 127 inci. Kedalam lubang ledak 5 meter – 13 meter. Panjang subdrill 0,5 .Pola pengobaran zig-zag (*Staggered squared drill patternt*).



Gambar 4. 8 Pemboran Lubang Ledak
Sumber : (PT.Vale Indonesia Tbk)

2. Proses Peledakan Di PT Vale Indonesia Tbk

Metode peledakan yang digunakan di Pt vale Indonesia Tbk adalah metode elektronik detonator. Adapun persiapan peledakandi Pt Vale Indonesia Tbk yaitu:

1. Persiapan lokasi

Adapun Kegiatan persiapan lokasi antara lain:

pemasangan tanda radius *blasting* dan *road bloker* (500 m) tujuannya untuk keamanan unit dan manusia dalam cakupan radius aman.



Gambar 4. 9 Persiapan lokasi Sumber : (PT.Vale Indonesia Tbk)

2. pengecekan *device* (*blaster, remote, logger planner*) dalam kondisi siap pakai (daya baterai minimal 80%)
3. Dilakukan pengecekan ID (*elektronik detonator*) sebelum didistribusikan ke setiap lubang.
4. Pengisian Bahan peledak

Bahan peledak adalah merupakan sarana yang efektif sebagai alat membongkar batuan dalam industri pertambangan



Gambar 4. 10 Pengisian Bahan Peledak
Sumber : (PT.Vale Indonesia Tbk)

5. *priming*, melakukan kegiatan perangkaian dengan metode *scanning logging*, melakukan *test line (resistance, current dan leakage)*, melakukan tes komunikasi dengan *planner* dan *logger*, kemudian transfer data ke *blaster*, lanjut melakukan penyambung rangkaian peledakan dengan *blaster*, meletakkan *blaster* pada posisi aman ± 300 m dan membelakangi IP serta harus *line of sight (LOS)* dengan *remote*, memulai peledakan pada *remote, pos*.



Gambar 4. 11 Proses Kegiatan Perangkaian peledakan
Sumber : (PT.Vale Indonesia Tbk)

6. Pengisian *stemming*

Stemming adalah material penutup lubang ledak. Tujuan dari *stemming* adalah untuk mengontrol energi dari bahan peledak agar dapat memberai batuan di sekitar lubang ledak dan agar energi peledakannya tidak keluar lubang (*ejection*).



Gambar 4. 12 Proses Pengisian *Stemming*
Sumber : (PT.Vale Indonesia Tbk)

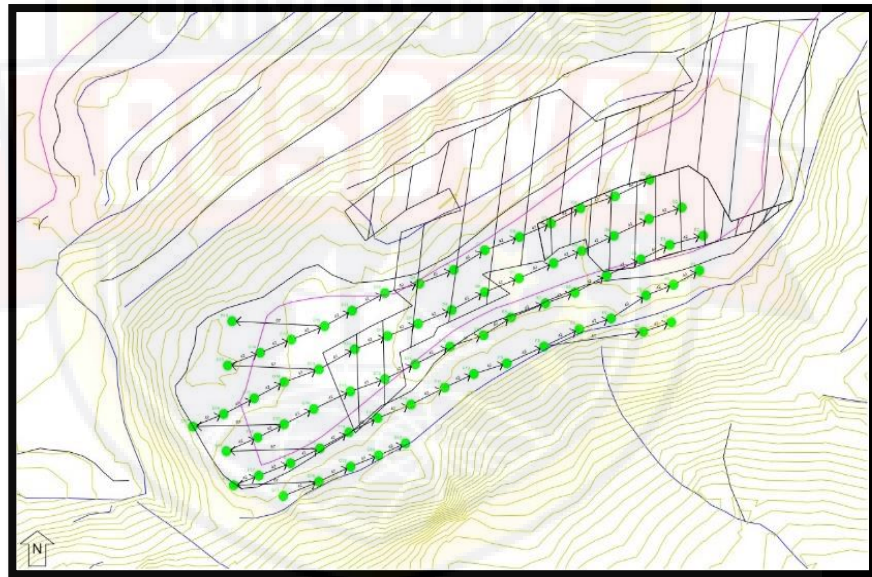
7. *Tie up*

Tie up adalah perangkaian *surface delay* dengan mengacu pola penyalaan yang telah direncanakan. Pada *tie up* ditentukan lubang mana yang pertama kali ditembak (inisiasi), selain itu *tie up* juga berfungsi untuk menentukan arah peledakan/arah lemparan broken material.

Proses *Tie up*/ perangkaian: *planner* dihubungkan ke *logger*, *harnes wire* dihubungkan ke *logger*, pengecekan ketahanan *harnes wire*, *harnes wire* dikoneksikan ke dip detonator, sementara *planner* menyimpulkan data detonator. Mengkoneksikan semua detonator ke *harnes wire*, pengecekan akhir menggunakan *planner* yang terkoneksi

ke *logger*. Membentang *harnes wire* ke jarak aman 300 meter ke posisi *blaster device*.

Blaster mengirim data detonator dari *planner* ke *blaster device*. *Harnes wire* diconnectkan ke *blaster device*. Setelah itu *blaster* menuju ke *firing point* sejauh 500 meter. *Blaster* memastikan semua personel *road bloker* sudah pada posisi masing-masing dan seluruh alat dan manusia sudah berada di radius 500 meter. Menginformasikan bahwa kepada kordinator peledakan bahwa peledakan siap dilaksanakan.



Gambar 4. 13 Rangkaian – *Tie Up* Sumber : (PT.Vale Indonesia Tbk)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Berdasarkan perhitungan PPV terhadap *MIC* bahwa nilai koefisien determinasi didapatkan 0.755 atau 75.5% hubungan naik turunnya *MIC* terhadap *ground vibration*, untuk koefisien korelasi (r) 0.868990 yaitu hubungan keduanya sangat kuat, Sedangkan nilai 24.5% disebabkan oleh faktor lain. Dengan nilai total muatan *MIC* yang di peroleh sebesar 1128kg dan rata-rata sebesar 75,2 yang artinya semakin besar jumlah bahan peledak yang digunakan maka akan semakin besar pula *ground vibration* yang dihasilkan.
2. Berdasarkan data *ground vibration* hasil penelitian di dapatkan nilai *ground vibration* aktual sebesar 0,85mm/s dan nilai prediksi sebesar 1,16mm/s dengan frekuensi getaran peledakan berada pada kisaran 0.52 Hz sampai 2.89 Hz, dan nilai ambang batas (NAB) sebesar 5 mm/s. dengan nilai PPV 0.57 – 2.254 mm/s dengan jarak 400 m – 500 m dinyatakan aman terhadap bangunan.

B. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang seberapa besar tingkat kekerapan aktifitas peledakan berpengaruh terhadap nilai *ground vibration*.
2. Agar meminimalisir terjadinya getaran tanah yang dapat menimbulkan efek *negative* sebaiknya lebih memperhatikan faktor- faktor berupa jumlah isian handak, jarak peledakan, serta *delay* yang digunakan agar terhindar dari lubang yang meledak bersamaan.
3. Perlu dilakukan wawancara pada masyarakat setempat tentang getaran peledakan apakah aman bagi pemukiman warga atau tidak dengan melakukan pengukuran radius aman dari jarak pemukiman terdekat dengan batas penambangan PT. Vale Indonesia Tbk.

DAFTAR PUSTAKA

- Ash, RL. (1990). *Design of Blasting Round, Surface Mining*. B.A Kennedy, Editor, Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc
- Anonim. (2010). “ Baku Tingkat Getaran Peledakan “. BSN (Badan Standar Nasional Indonesia)
- Anonim. (1996). “ Tentang Baku Tingkat Getaran “. KEPMEN LH (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup
- Ainalis, D., Ducarne, L., Kaufmann, O., Tshibangu, J. P., Verlinden, O., & Kouroussis, G. (2018). Improved analysis of ground vibrations produced by man-made sources. *Science of the Total Environment*, 616, 517-530
- Cahyadi, M.I. dan Kapa, R. 2018. *Peledakan Berdasarkan Evaluasi Rancangan Geometri Peledakan Berdasarkan Hasil Fragmentasi Batuan dan Getaran Tanah pada PT. Koto Alam Sejahtera, Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatra Barat*. *Jurnal Bima Tambang*. 4(1).
- Cahyadi, Roby & Toha, Taufik & Komar, Syamsul. 2017. Analisis Korelasi Scaled Distance Terhadap Getaran Tanah Pada Operasi Peledakan Batu Kaput PT. Semen Baturaja (Persero). Vol. 08, No. 02. *Jurnal Teknik Patra Akademik*.
- Domili, Harris Mohammad. (2014). Analisis Getaran Tanah Akibat Peledakan Untuk Mencapai Kondisi Aman Pada Kawasan Pemukiman Pada PT Cipta Kridatama Site MHU. Tenggarong. Universitas Kutai Kartanegara.
- Do Rosario, Da Costa, B., Sari, A.S., Adjie, D.P.W. dan Nahdliyin, A.F. 2015. *Kajian Teknis Pemboran untuk Meningkatkan Target Produksi*. Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan. ISBN 978-602-98569-1-0.
- Dowding C. H, “Structure Response and Damage Produced by Ground Vibration from Surface Mine Blasting”, RI 8507, Report of Investigations, England, 1980.
- Hikmah, Nur. (2015). Analisis Ground Vibration Menggunakan Pendekatan Peak Particle Velocity Pada Kegiatan Peledakan Serta Dampak Terhadap Bangunan PT. Kideco Jaya Agung Kabupaten Paser Provinsi Kalimantan

Timur. Makasar. Universitas Veteran Republik Indonesia.

InstanTEL. 2015. "Blassmate III Operator Manual" Canada: InstanTEL Inc

Jimeno, C. L., Jimeno E. J., & Carsedo F. J. A., 1995, *Drilling and Blasting of Rocks*, Netherland : A. A. Balkema

Konya,CJ.And Walter EJ.1990,"Surface Blast Design",Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey

Ma'rief, A.A., Qadri, A., Okviyani, N. dan Mahyuni,E.T.2020. *Analisis Pengaruh Jumlah Bahan Peledak Terhadap Ground Vibration Akibat Ledakan Pada Area Pit SM-A Tambang Batubara PT Sims Jaya, Kalimantan Timur*.Jurnal Geomine.7(2),92-100.

Octava,Adree.2016. *Geologi Pertambangan*. Medan : Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan,

Permana, Ahmad Ridha &Heriyadi, Bambang.2019. *Kajian Pengurangan Getaran Tanah (Gound Vibration) Pada Peledakan Overburden Tambang Batubara DiPT. Artamulia Tata Pramata*. Vol. 4,No.1. Jurnal Bina Tambang.

Richards, A.B., & Moore, A.J., 2005, *Blast Vibration Course Measurement - Assessment -Control*

Rosenthal, M.F., & Morlock, G.L., 1987, *Blasting Guidance Manual*, United States Department Of The Interio

Rusmawati, dkk. 2017. *Evaluasi Isian Bahan Peledak Berdasarkan Groundvibration Hasil Peledakan Overburden Pada PT Bina Sarana Sukses Kecamatan Sungai Raya Kabupaten Hulu Sungai Selatan Provinsi Kalimantan Selatan*. Vol: 14.

Sahdian, Nur Hikmah Eko, dkk. 2015. *Analisis Ground Vibration Menggunakan Pendekatan Peak Particle Velocity Pada Kegiatan Peledakan Serta Dampak Terhadap Bangunan PT. Kedeco Jaya Agung Kabupaten Paser Provinsi Kalimantan Timur*. Jurnal Penelitian Teknik Pertambangan Makassar

SNI 7571:2010 *Baku Tingkat Getaran Peledakan pada Kegiatan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan*.

- Susanti,R.danCahyadi,T.A.2011.*Kajian Teknis Operasi Peledakan untuk Meningkatkan Nilai Perolehan Hasil Peledakan di Tambang Batubara Kab.Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur*.Seminar Nasional Kebumian,UPN Veteran,Yogyakarta.
- Simandjuntak, Dkk. 1991. Geologi Lembar Malili, Sulawesi. Departemen Pertambangan dan Energi, Direktorat Jenderal Geologi Dan Sumber Daya Mineral. Pusat Penelitian Dan Pengembangan.
- Simandjuntak, T.O., 1986. Sedimentology and Tectonics of The Collision Complex in The East Arm of Sulawesi, Unuversity of London, UK.
- Sihombing,J.R.2011.*Kajian Teknis Rancangan Peledakan Berdasarkan Pengukuran tanah*. Fakultas Teknologi Mineral,Insitut Teknologi Medan.
- Sundoyo. 2015. *Kajian Ground Vibration dari Kegiatan Blasting Dekat dengan Kawasan Pemukiman Untuk Mencapai Kondisi Aman diPenambangan Batubara*.Jurnal Geologi Pertambangan.1(17), 1-8.
- Saptomo, Singgih, 2006 “Teknik Peledakan. Jurusan TeknikPertambangan , Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta.



LAMPIRAN

LAMPIRAN A
DOKUMENTASI LAPANGAN

Berikut ini merupakan gambar dokumentasi lapangan pengukuran *Burden*, *Spacing*, *Stemming*

1. Pengukuran *Burden*



Gambar 1. Pengukuran *Burden* dilapangan menggunakan alat ukur meter

2. Pengukuran *Spacing*



Gambar 2. Pengukuran *Spacing* dilapangan menggunakan alat ukur meter

3. Pengukuran *Stemming*



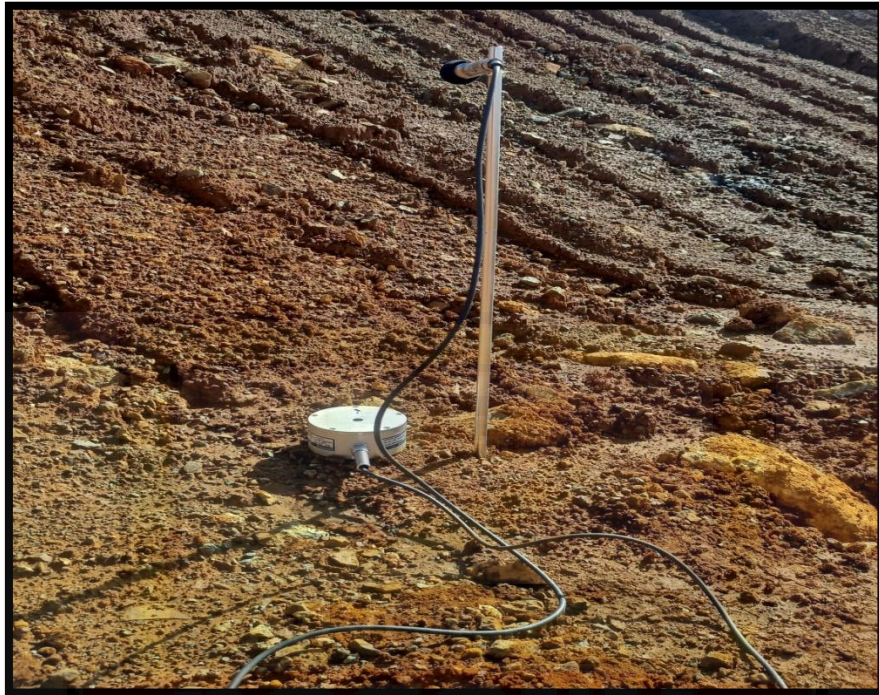
Gambar 3. Pengukuran *Stemming* dilapangan menggunakan alat ukur.

4. *Display* Pengukuran Getaran



Gambar 4. Pengukuran Getaran dilapangan menggunakan *InstanTel Micromate*

5. *Microphone dan Geophone*

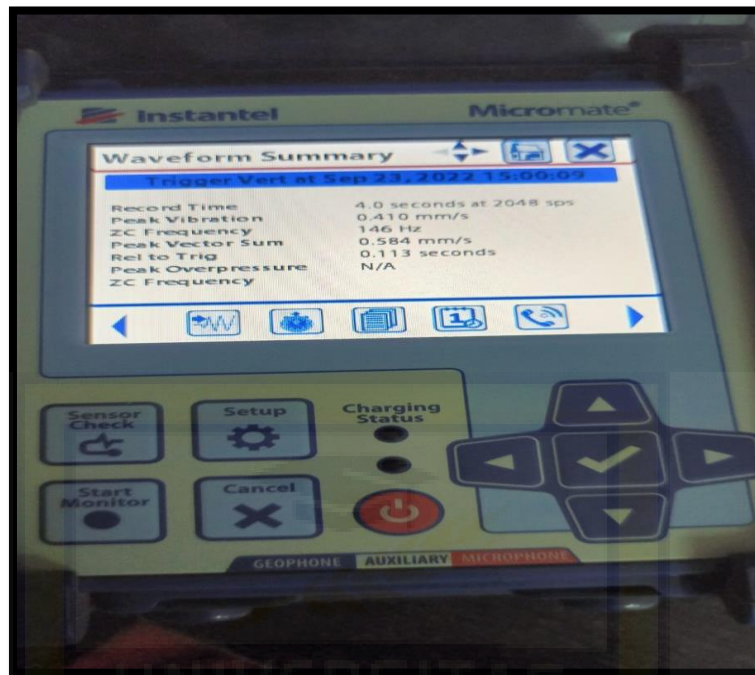


Gambar 5. Pengukuran Kebisingan dan Getaran

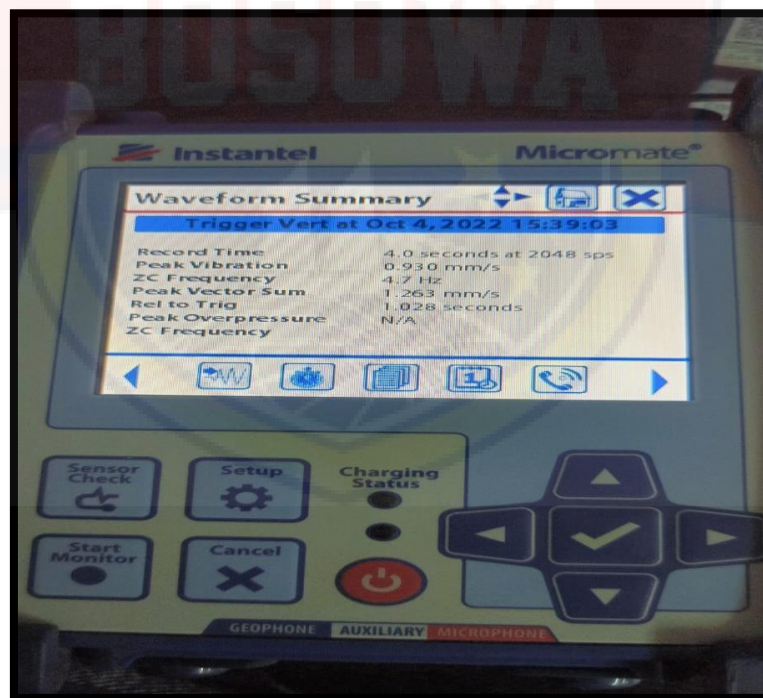
6. *Road Blocker*



Gambar 6. Peringatan Radius Aman 500 m



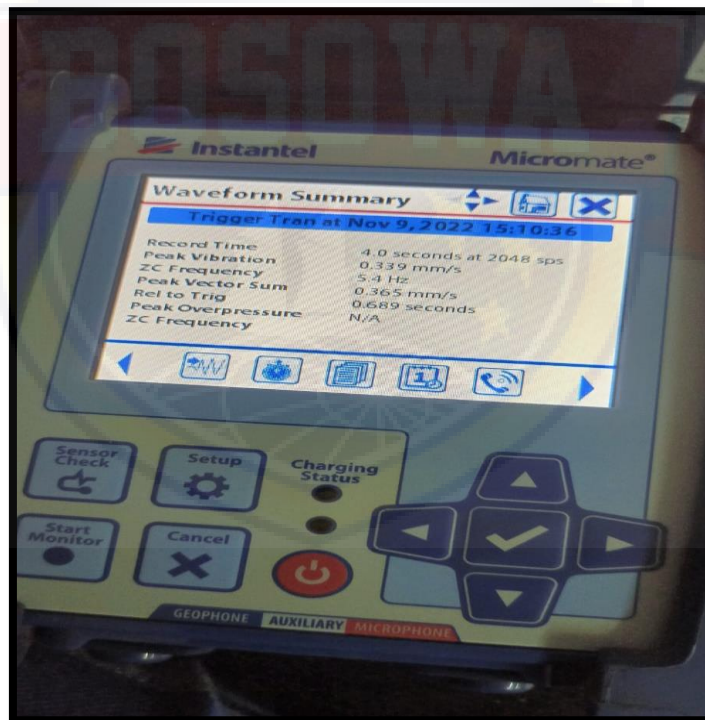
Gambar 7. Hasil pengukuran *Ground Vibration* tanggal 22 sep 2022



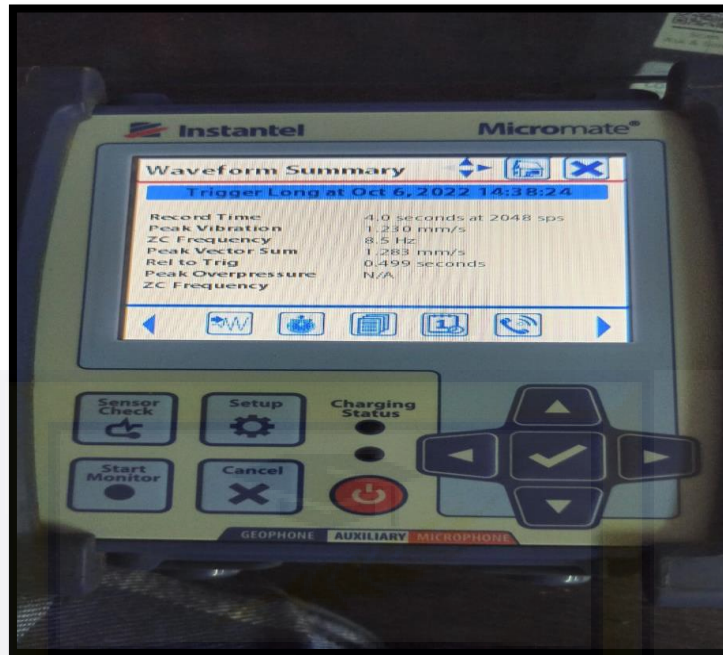
Gambar 8. Hasil pengukuran *Ground Vibration* tanggal 4 oct 2022



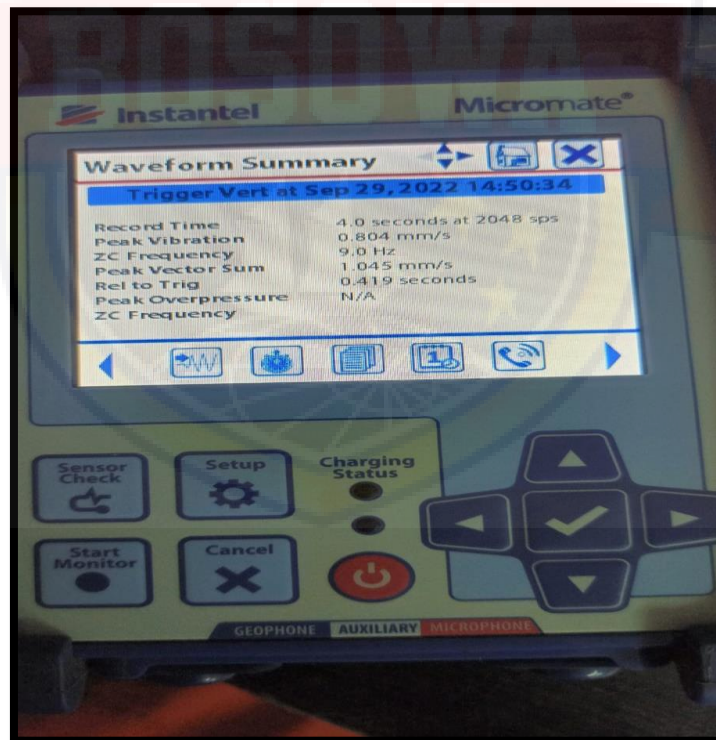
Gambar 9. Hasil pengukuran *Ground Vibration* tanggal 13 oct 2022



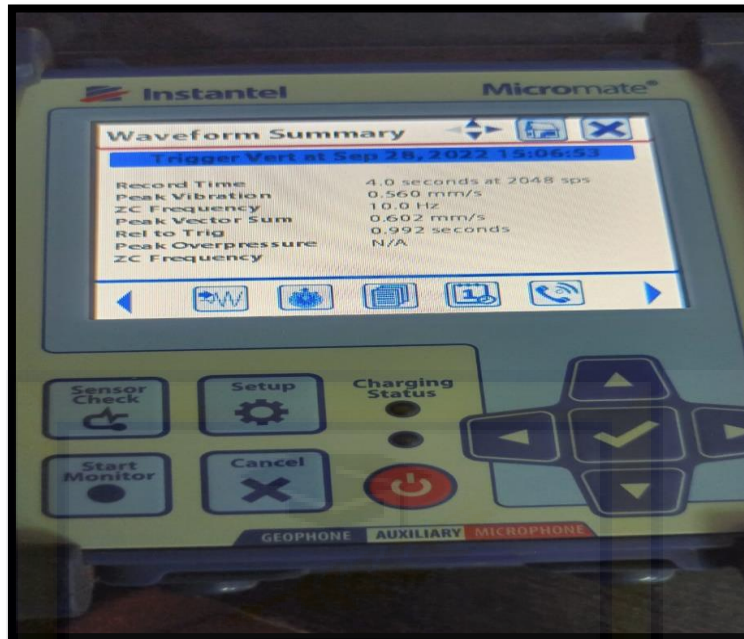
Gambar 10. Hasil pengukuran *Ground Vibration* tanggal 9 nov 2022



Gambar 11. Hasil pengukuran *Ground Vibration* tanggal 6 oct 2022



Gambar 12. Hasil pengukuran *Ground Vibration* tanggal 29 sep 2022



Gambar 13. Hasil pengukuran *Ground Vibration* tanggal 28 sep 2022

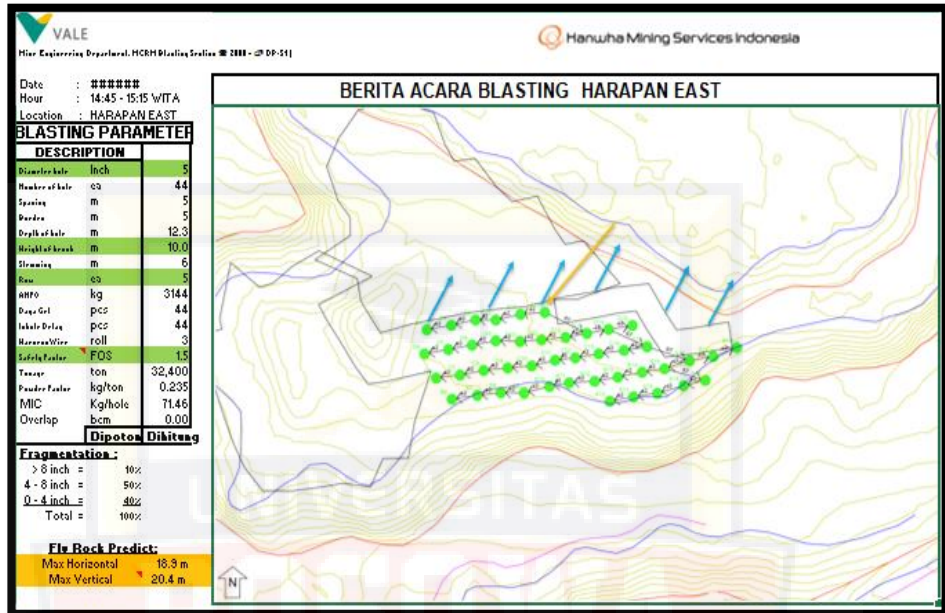


Gambar 14. Hasil pengukuran *Ground Vibration* tanggal 27 sep 2022

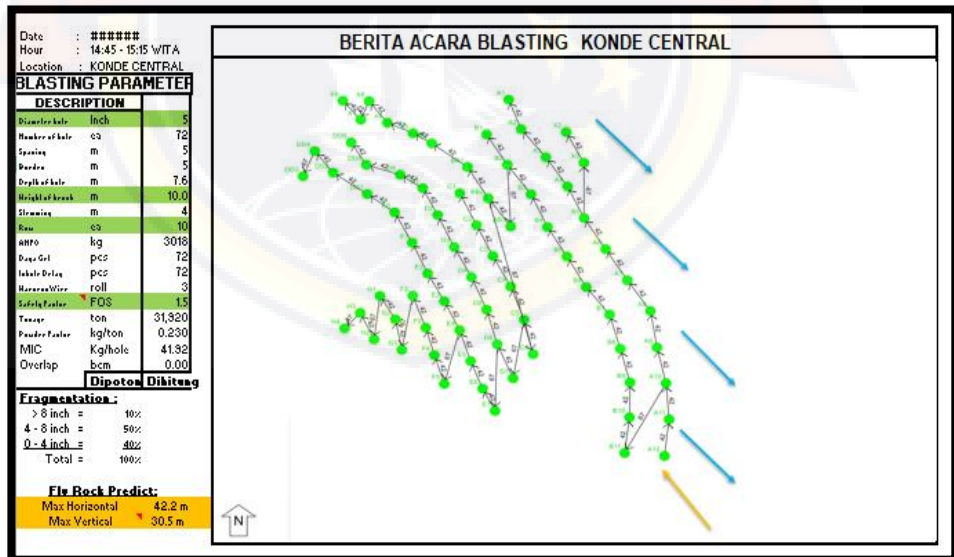
LAMPIRAN B

TIE UP BLASTING PT. VALE INDONESIA Tbk

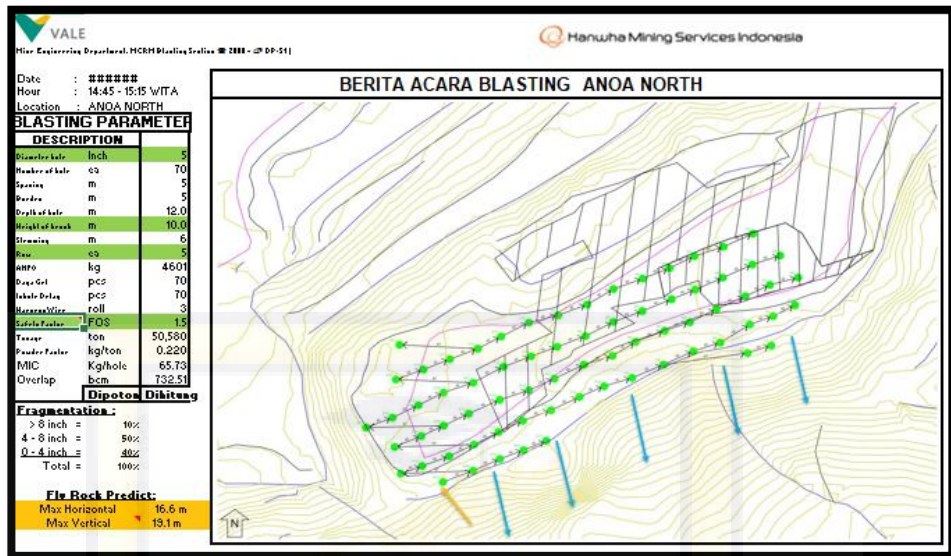
1. Data Geometri peledakan pada tanggal 23 september 2022



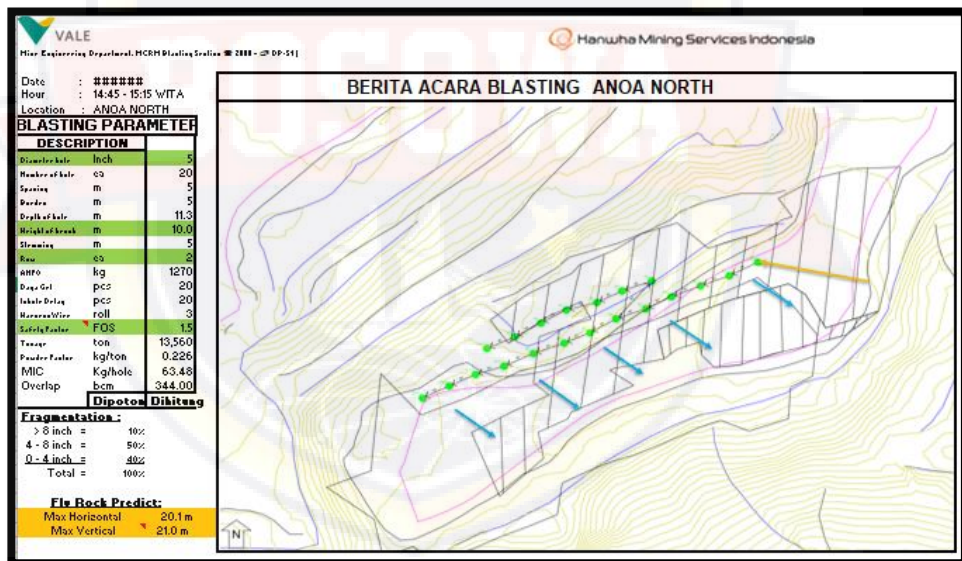
2. Data Geometri peledakan pada tanggal 27 september 2022



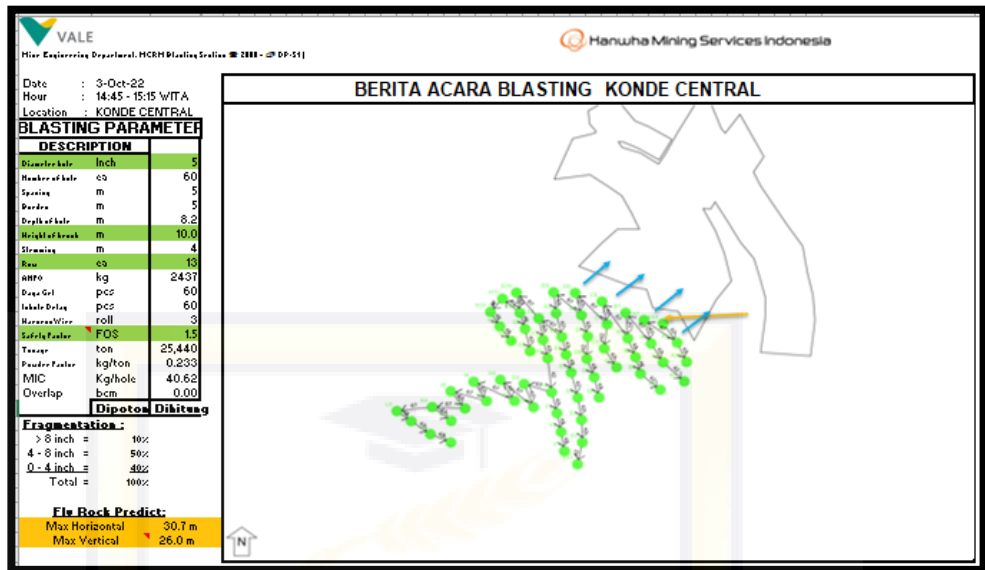
3. Data Geometri peledakan pada tanggal 28 september 2022



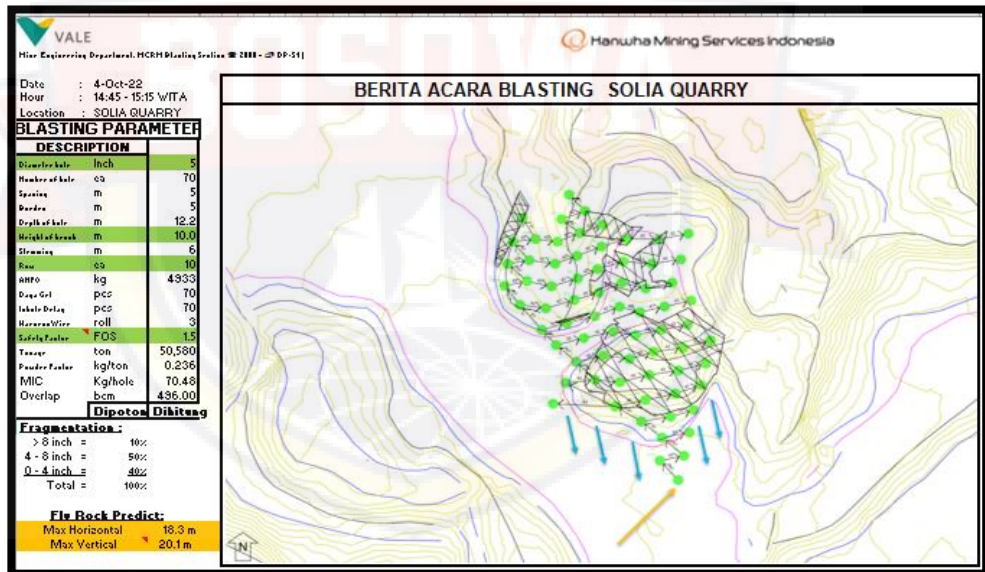
4. Data Geometri peledakan pada tanggal 29 september 2022



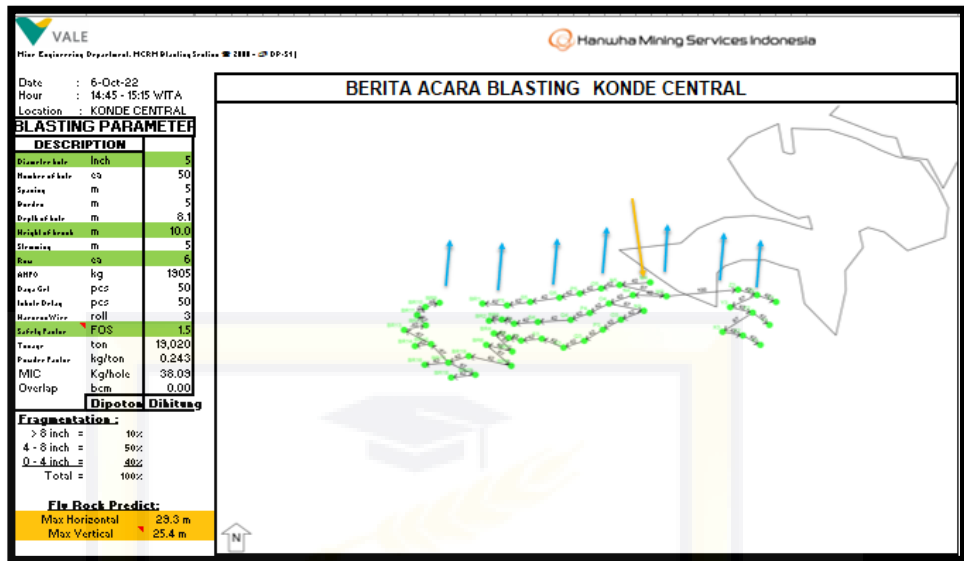
5. Data Geometri peledakan pada tanggal 3 Oct 2022



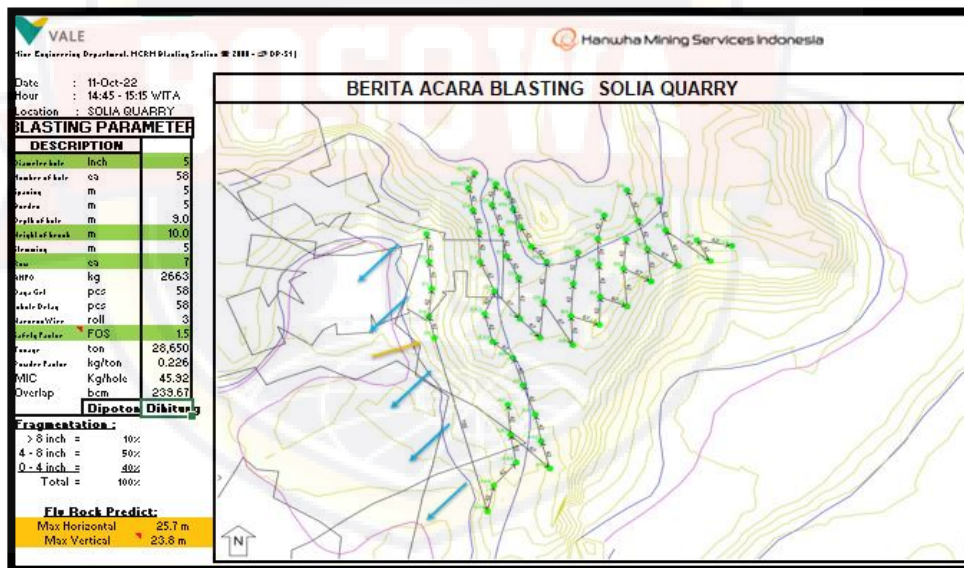
6. Data Geometri peledakan pada tanggal 4 Oct 2022



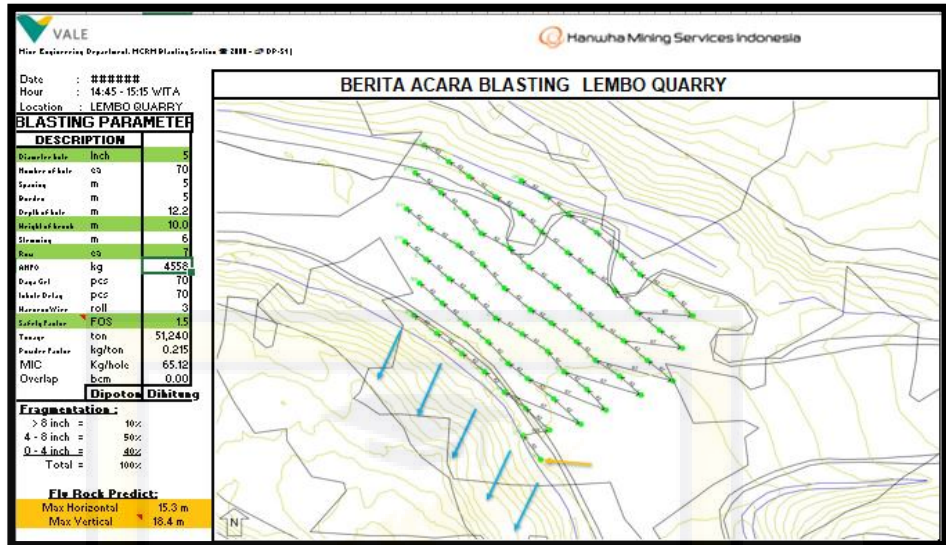
7. Data Geometri peledakan pada tanggal 6 Oct 2022



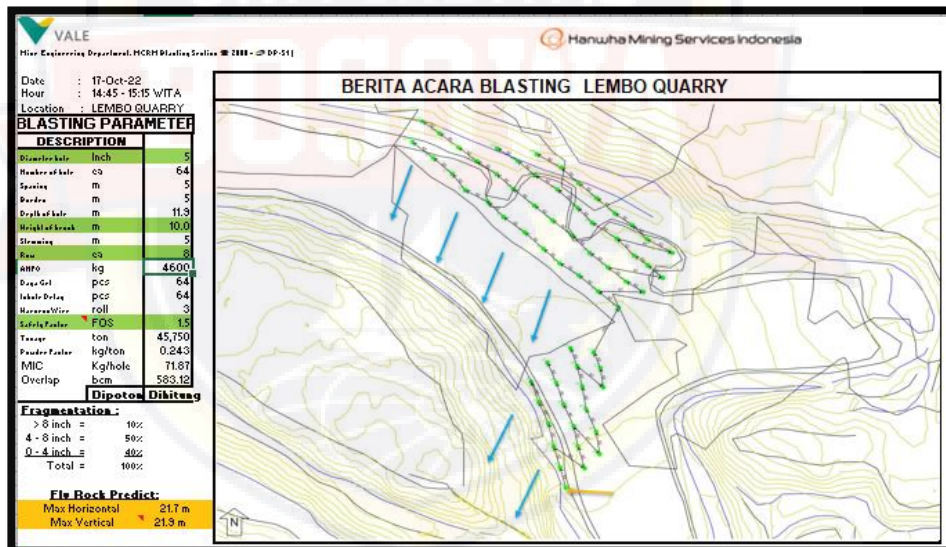
8. Data Geometri peledakan pada tanggal 11 Oct 2022



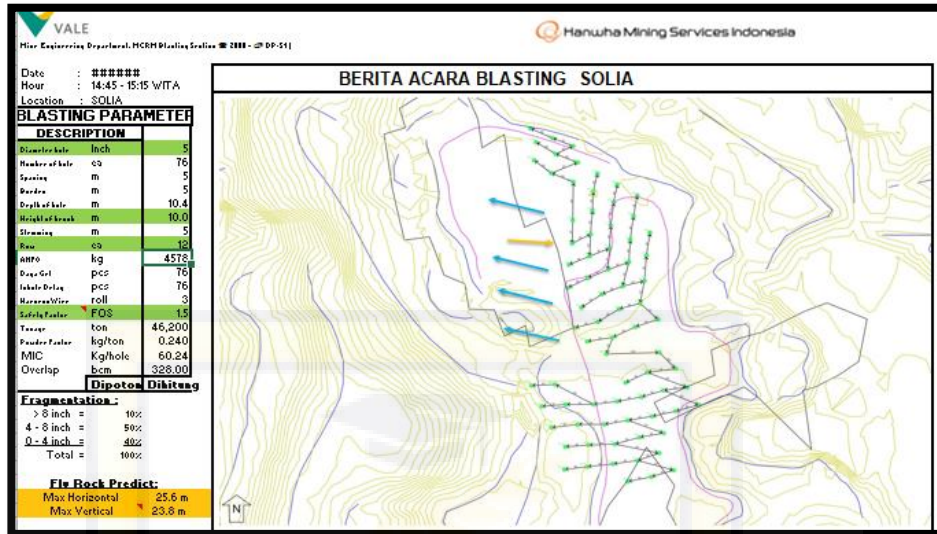
9. Data Geometri peledakan pada tanggal 12 Oct 2022



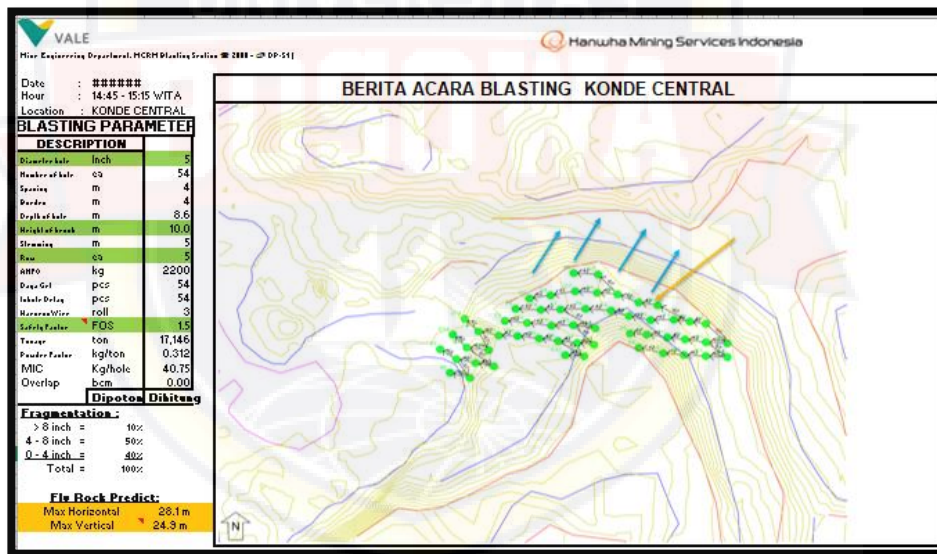
10. Data Geometri peledakan pada tanggal 17 Oct 2022



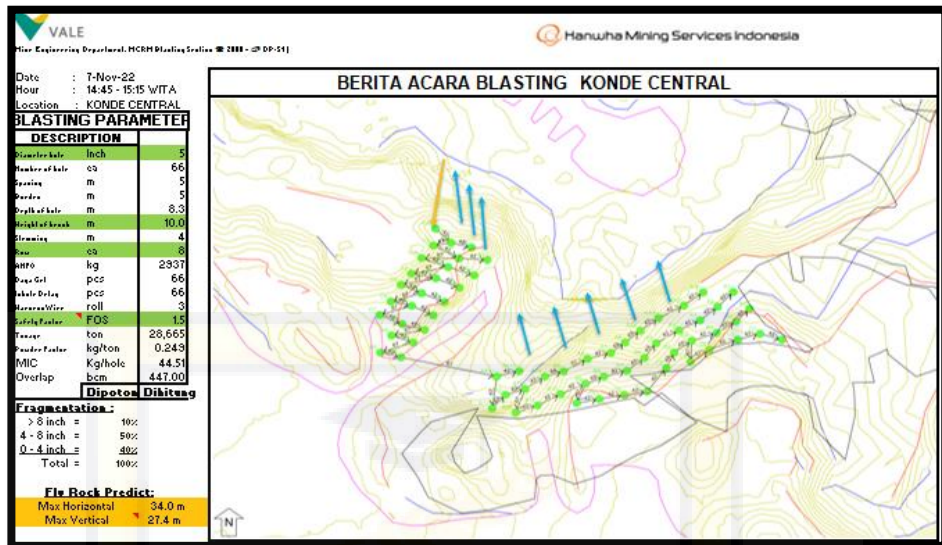
11. Data Geometri peledakan pada tanggal 18 Oct 2022



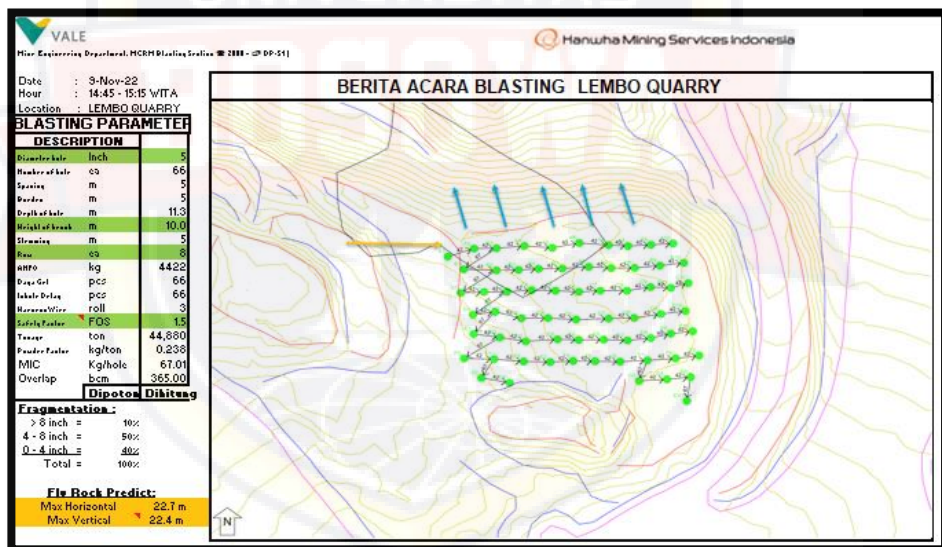
12. Data Geometri peledakan pada tanggal 21 Oct 2022



13. Data Geometri peledakan pada tanggal 7 Nov 2022



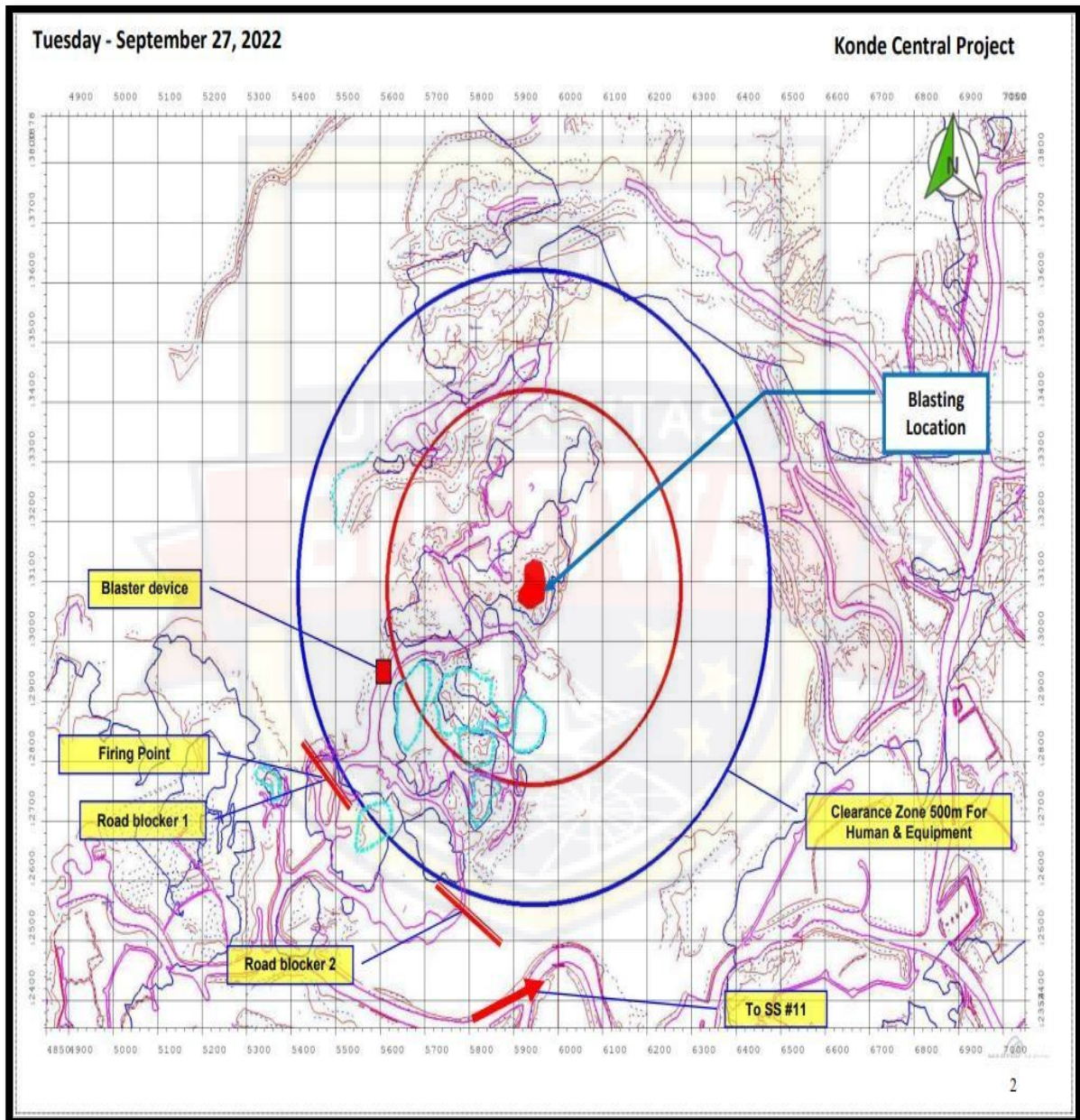
14. Data Geometri peledakan pada tanggal 9 Nov 2022



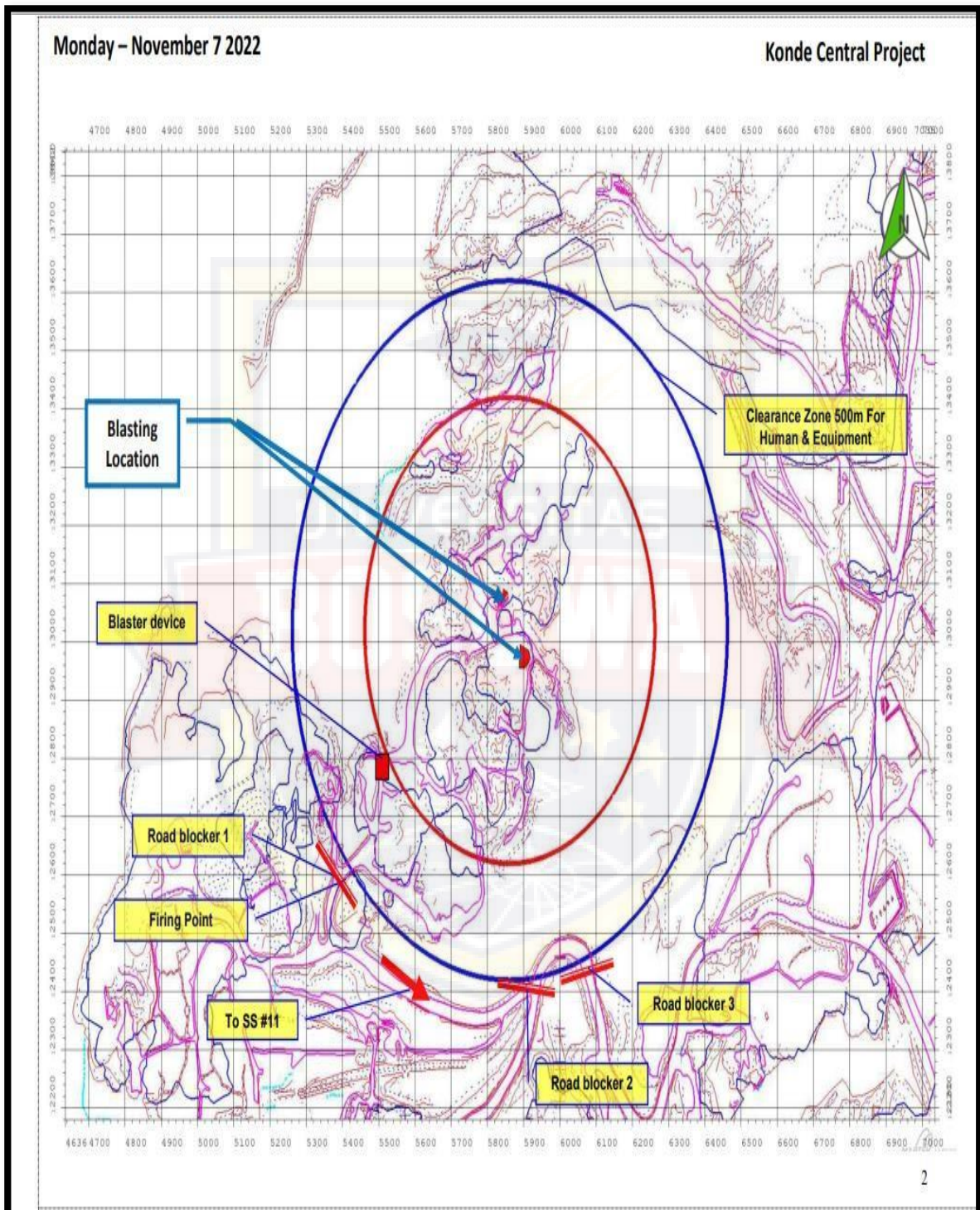
LAMPIRAN C

BLASTING NOTE PT. VALE INDONESIA Tbk

1. *Blasting Note* peledakan jarak 500 m pada tanggal 27 September 2022



2. *Blasting Note* peledakan jarak 500 m pada tanggal 7 november 2022



LAMPIRAN D

RANCANGAN GEOMETRI PELEDAKAN MENURUT TEORI R.L. Ash

1. *Burden (B)*

$$B = (K_b \times D_e) \div 12$$

Keterangan:

B = *burden* (Ft)

K_b = *Burden ratio* yang dikoreksi (10-40)

D_e = Diameter lubang ledak (inchi)

$$\begin{aligned} B &= (10-40) \times D_e \div 12 \\ &= 10 \times 5 / 12 \\ &= 4,17 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari hasil pengolahan *Burden*, maka di dapatkan hasil *Burdennya* yaitu 4,17 m.

2. *Spacing (S)*

$$S = (K_s \times B)$$

Keterangan :

S = *Spacing* (m)

K_s = *Spacing ratio*, yang mempunyai nilai (1-2)

B = *Burden*

$$\begin{aligned} S &= (K_s \times B) \\ &= 1 \times 4,17 \text{ m} \\ &= 4,17 \text{ m} \end{aligned}$$

3. *Stemming (T)*

$$T = (K_t \times B)$$

Keterangan :

T = *stemming* (m)

K_t = *stemming ratio*, yang bernilai (0,7-1)

B = *Burden*

$$\begin{aligned} T &= (K_t \times B) \\ &= 0,8 \times 4,17 \\ &= 3,33 \text{ m} \end{aligned}$$

4. *Subdrilling (J)*

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

Keterangan :

J = *subdrilling* (m)

K_j = *subdrilling ratio*, dengan nilai (0,2-0,4)

B = *Burden*

$$\begin{aligned} J &= (K_j \times B) \\ &= 0,3 \times 4,17 \\ &= 1,25 \text{ m} \end{aligned}$$

5. *Panjang Kolom Isian (PC)*

$$PC = (H - T)$$

Keterangan :

PC = panjang kolom isian (meter)

H = Kedalaman lubang tembak (meter)

T = *Stemming* (meter)

$$\begin{aligned} PC &= (H - T) \\ &= 8,3 - 3,33 \\ &= 5,0 \text{ m} \end{aligned}$$

6. *Tinggi Jenjang (L)*

$$L = (H - J)$$

Keterangan :

L = Tinggi jenjang minimum

H = Kedalaman lubang

J = *Subdrill*

$$L = (H - J)$$

$$= 8,3 - 1,25$$

$$= 7,47 \text{ m}$$

7. Kedalaman Lubang Ledak (H)

$$H = (K_h \times B)$$

Keterangan :

H = Kedalaman lubang ledak (m)

K_h = *hole depth ratio*, yang bernilai (1,5-4)

B = *Burden*

$$H = (K_h \times B)$$

$$= 2 \times 4,17$$

$$= 8,3\text{m}$$

8. *Loading Density (de)*

$$De = 0,508 \times D^2 \times SG$$

Keterangan :

De : *Loading density (kg/m)*

D : Diameter lubang

SG : Berat jenis bahan peledak

Jadi :

$$De = 0,508 \times D^2 \times SG$$

$$De = 0,508 \times 12,7 \times 0,85$$

$$= 5,48 \text{ kg/m}$$

9. Volume

$$V = B \times S \times L$$

$$= 4,17 \times 4,17 \times 7,05$$

$$= 122,59 \text{ m}$$

10. Powder Factor (PF)

$$PF = \frac{E}{F} = \frac{de \times pc \times n}{v}$$

Keterangan :

PF : *Powder Factor* (kg/m³)

E : Jumlah bahan peledak yang digunakan (kg)

V : Volume batuan terbongkar (kg)

De : *Loading density* (kg/m)

PC : *Charge length* (m)

n : Jumlah lubang ledak

$$PF = \frac{De \times Pc}{v}$$

$$= \frac{5,48 \times 5,0}{122,59}$$

$$= 0,22 \text{ kg/m}^3$$

LAMPIRAN E

HASIL PERHITUNGAN GEOMETRI PELEDAKAN MENURUT TEORI

R.L. Ash

1. *Burden (B)*

$$B = (K_b \times D_e) \div 12$$

Keterangan:

B = *burden* (Ft)

K_b = *Burden ratio* yang dikoreksi (10-40)

D_e = Diameter lubang ledak (inchi)

$$\begin{aligned} B &= (10-40) \times D_e \div 12 \\ &= 11 \times 5 / 12 \\ &= 4,58 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari hasil pengolahan *Burden*, maka di dapatkan hasil *Burdennya* yaitu 4,58 m.

2. *Spacing (S)*

$$S = (K_s \times B)$$

Keterangan :

S = *Spacing* (m)

K_s = *Spacing ratio*, yang mempunyai nilai (1-2)

B = *Burden*

$$\begin{aligned} S &= (K_s \times B) \\ &= 1 \times 4,58 \text{ m} \\ &= 4,58 \text{ m} \end{aligned}$$

3. *Stemming (T)*

$$T = (K_t \times B)$$

Keterangan :

$T = \text{stemming (m)}$

$K_t = \text{stemming ratio, yang bernilai (0,7-1)}$

$B = \text{Burden}$

$$\begin{aligned} T &= (K_t \times B) \\ &= 0,7 \times 4,58 \\ &= 3,20 \text{ m} \end{aligned}$$

4. *Subdrilling (J)*

$J = (K_j \times B)$

Keterangan :

$J = \text{subdrilling (m)}$

$K_j = \text{subdrilling ratio, dengan nilai (0,2-0,4)}$

$B = \text{Burden}$

$$\begin{aligned} J &= (K_j \times B) \\ &= 0,2 \times 4,58 \\ &= 0,91 \text{ m} \end{aligned}$$

5. *Panjang Kolom Isian (PC)*

$PC = (H - T)$

Keterangan :

$PC = \text{panjang kolom isian (meter)}$

$H = \text{Kedalaman lubang tembak (meter)}$

$T = \text{Stemming (meter)}$

$$\begin{aligned} PC &= (H - T) \\ &= 6,25 - 3,20 \\ &= 3,05 \text{ m} \end{aligned}$$

6. *Tinggi Jenjang (L)*

$$L = (H - J)$$

Keterangan :

L = Tinggi jenjang minimum

H = Kedalaman lubang

J = *Subdrill*

$$L = (H - J)$$

$$= 6,25 - 0,91$$

$$= 5,62 \text{ m}$$

7. Kedalaman Lubang Ledak (H)

$$H = (Kh \times B)$$

Keterangan :

H = Kedalaman lubang ledak (m)

Kh = *hole depth ratio*, yang bernilai (1,5-4)

B = *Burden*

$$H = (Kh \times B)$$

$$= 1,5 \times 4,58$$

$$= 6,87\text{m}$$

8. *Loading Density (de)*

$$De = 0,508 \times D^2 \times SG$$

Keterangan :

De : *Loading density (kg/m)*

D : Diameter lubang

SG : Berat jenis bahan peledak

Jadi :

$$De = 0,508 \times D^2 \times SG$$

$$\begin{aligned} De &= 0,508 \times 12,7 \times 0,85 \\ &= 5,48 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

9. Volume

$$\begin{aligned} V &= B \times S \times L \\ &= 4,58 \times 4,58 \times 5,96 \\ &= 125,01 \text{ m} \end{aligned}$$

10. Powder Factor (PF)

$$PF = \frac{E}{F} = \frac{de \times pc \times n}{v}$$

Keterangan :

PF : *Powder Factor* (kg/m³)

E : Jumlah bahan peledak yang digunakan (kg)

V : Volume batuan terbongkar (kg)

De : *Loading density* (kg/m)

PC : *Charge length* (m)

n : Jumlah lubang ledak

$$\begin{aligned} PF &= \frac{De \times Pc}{v} \\ &= \frac{5,48 \times 3,67}{125,01} \\ &= 0,16 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

1. *Burden (B)*

$$B = (K_b \times D_e) \div 12$$

Keterangan:

B = *burden* (Ft)

K_b = *Burden ratio* yang dikoreksi (10-40)

D_e = Diameter lubang ledak (inchi)

$$\begin{aligned} B &= (10-40) \times D_e \div 12 \\ &= 12 \times 5 / 12 \\ &= 5 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari hasil pengolahan *Burden*, maka di dapatkan hasil *Burdennya* yaitu 5 m.

2. *Spacing (S)*

$$S = (K_s \times B)$$

Keterangan :

S = *Spacing* (m)

K_s = *Spacing ratio*, yang mempunyai nilai (1-2)

B = *Burden*

$$\begin{aligned} S &= (K_s \times B) \\ &= 1 \times 5 \text{ m} \\ &= 5 \text{ m} \end{aligned}$$

3. *Stemming (T)*

$$T = (K_t \times B)$$

Keterangan :

T = *stemming* (m)

K_t = *stemming ratio*, yang bernilai (0,7-1)

B = *Burden*

$$T = (K_t \times B)$$

$$= 1 \times 5$$

$$= 4 \text{ m}$$

4. *Subdrilling (J)*

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

Keterangan :

J = *subdrilling* (m)

K_j = *subdrilling ratio*, dengan nilai (0,2-0,4)

B = *Burden*

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

$$= 0,3 \times 5$$

$$= 1,5 \text{ m}$$

5. *Panjang Kolom Isian (PC)*

$$PC = (H - T)$$

Keterangan :

PC = panjang kolom isian (meter)

H = Kedalaman lubang tembak (meter)

T = *Stemming* (meter)

$$PC = (H - T)$$

$$= 8 - 4$$

$$= 4 \text{ m}$$

6. *Tinggi Jenjang (L)*

$$L = (H - J)$$

Keterangan :

L = Tinggi jenjang minimum

H = Kedalaman lubang

J = *Subdrill*

$$L = (H - J)$$

$$= 8 - 1,5$$

$$= 6,5 \text{ m}$$

7. Kedalaman Lubang Ledak (H)

$$H = (Kh \times B)$$

Keterangan :

H = Kedalaman lubang ledak (m)

Kh = *hole depth ratio*, yang bernilai (1,5-4)

B = *Burden*

$$H = (Kh \times B)$$

$$= 1,6 \times 5$$

$$= 8\text{m}$$

8. *Loading Density (de)*

$$De = 0,508 \times D^2 \times SG$$

Keterangan :

De : *Loading density (kg/m)*

D : Diameter lubang

SG : Berat jenis bahan peledak

Jadi :

$$De = 0,508 \times D^2 \times SG$$

$$De = 0,508 \times 12,7 \times 0,85$$

$$= 5,48 \text{ kg/m}$$

9. Volume

$$\begin{aligned} V &= B \times S \times L \\ &= 5 \times 5 \times 6,5 \\ &= 162,5 \text{ m} \end{aligned}$$

10. Powder Factor (PF)

$$PF = \frac{E}{F} = \frac{de \times pc \times n}{v}$$

Keterangan :

PF : *Powder Factor* (kg/m³)

E : Jumlah bahan peledak yang digunakan (kg)

V : Volume batuan terbongkar (kg)

De : *Loading density* (kg/m)

PC : *Charge length* (m)

n : Jumlah lubang ledak

$$\begin{aligned} PF &= \frac{De \times Pc}{v} \\ &= \frac{5,48 \times 4}{162,5} \\ &= 0,13 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

LAMPIRAN F
TABEL HASIL PERHITUNGAN 15 GEOMETRI PELEDAKAN
MENURUT TEORI R.L. Ash

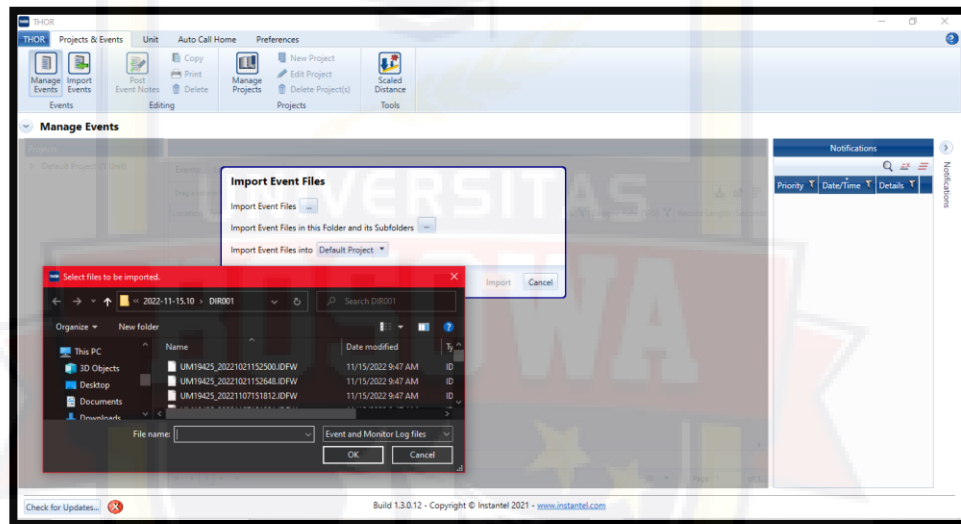


LAMPIRAN G

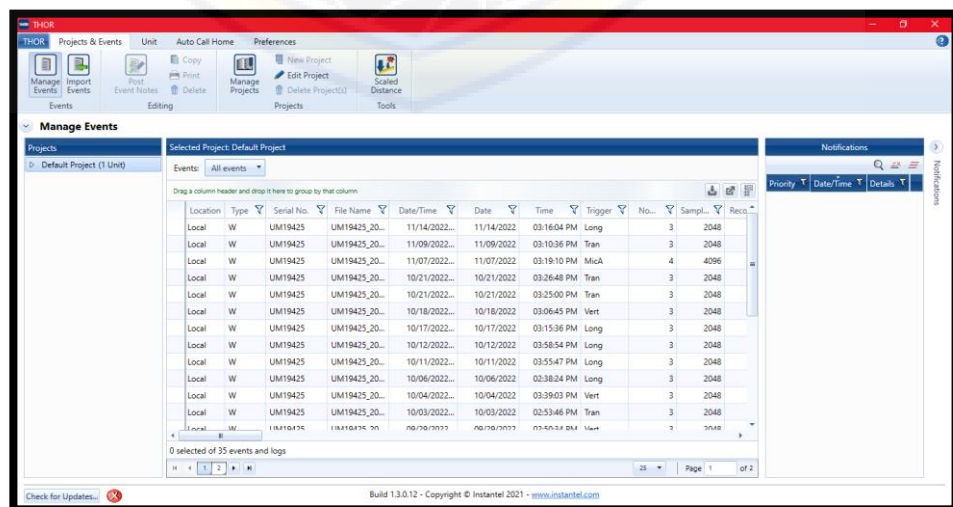
POSEDUR PENGGUNAAN *SOFTWARE THOR*

Teknik pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini untuk menganalisis nilai getaran dari hasil peledakan dengan menggunakan *Software Thor* dapat dilihat tahap penggunaannya sebagai berikut:

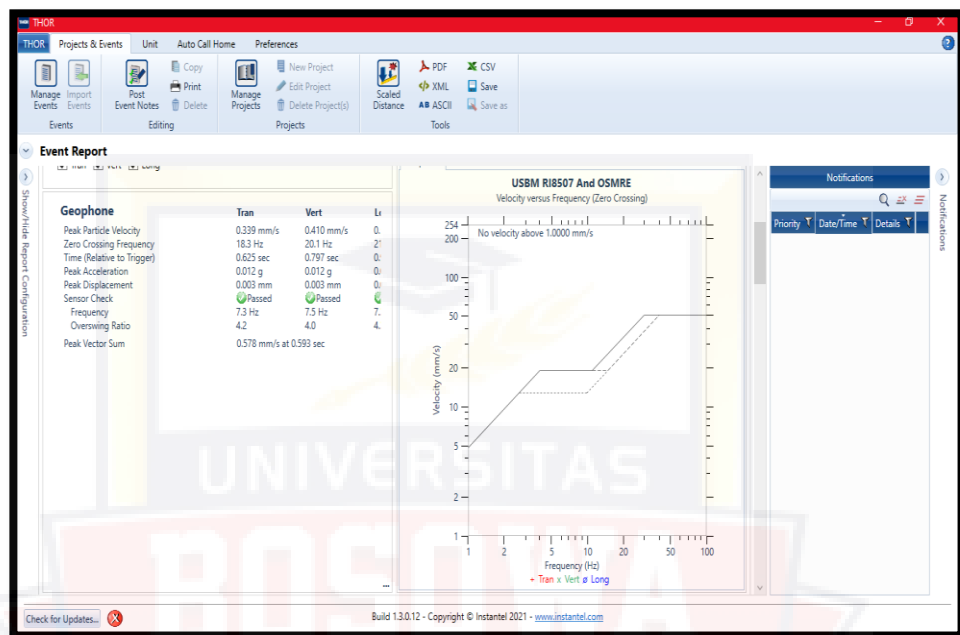
1. Buka *Software THOR* lalu masukkan file dengan cara klik *Import Events* setelah itu klik *Import Event Files* setelah itu klik file *Ground vibration* contoh UM19425 tersebut lalu klik *Import* dan done.



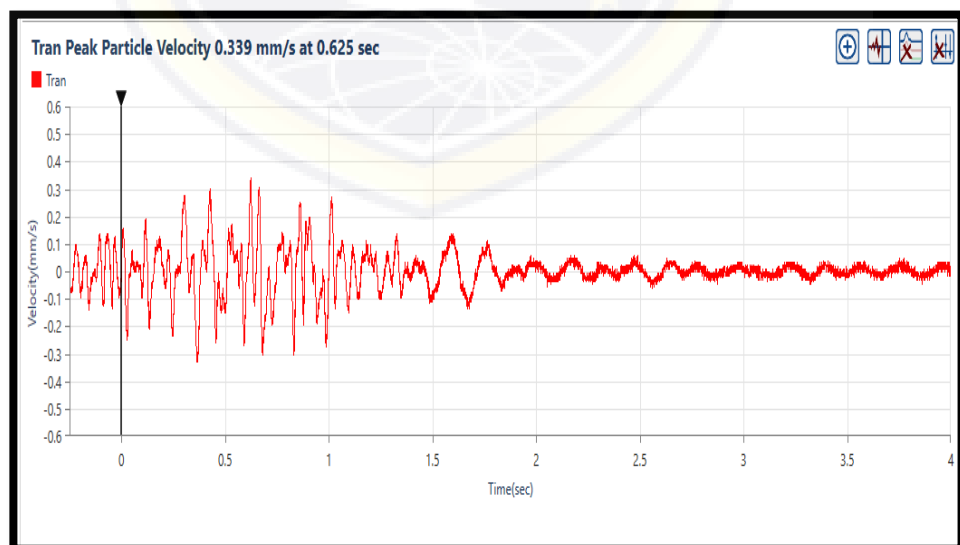
2. Kemudian klik *Manage Event* lalu klik *All Events* setelah itu klik data *Ground Vibration* contoh UM19425



3. Jika tampilannya sudah seperti diatas klik file tersebut lalu tunggu beberapa detik hingga muncullah tampilan data hasil *Ground Vibration* dibawah ini :

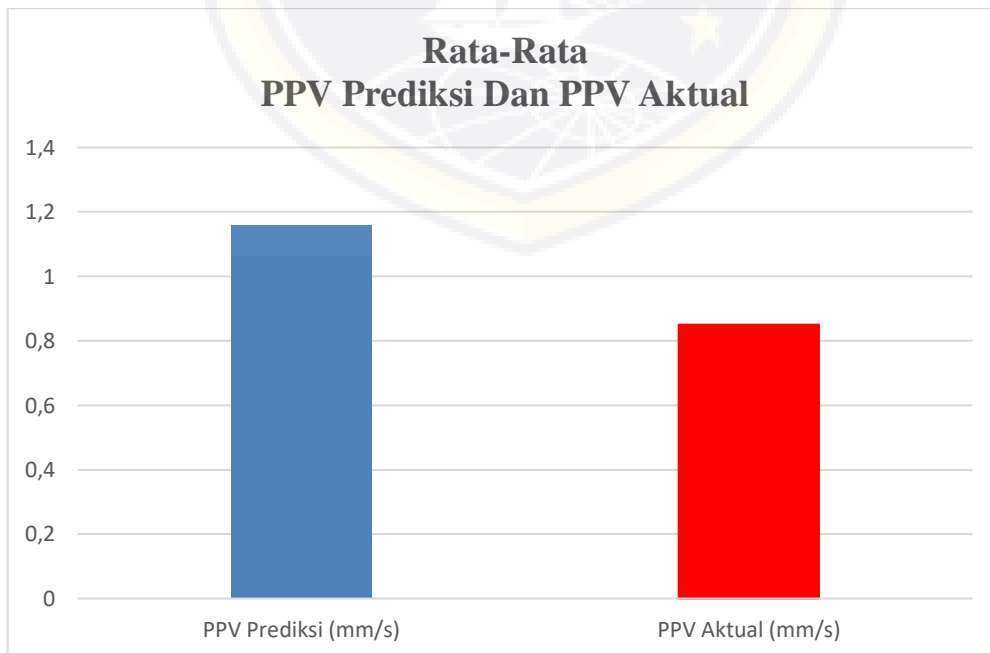
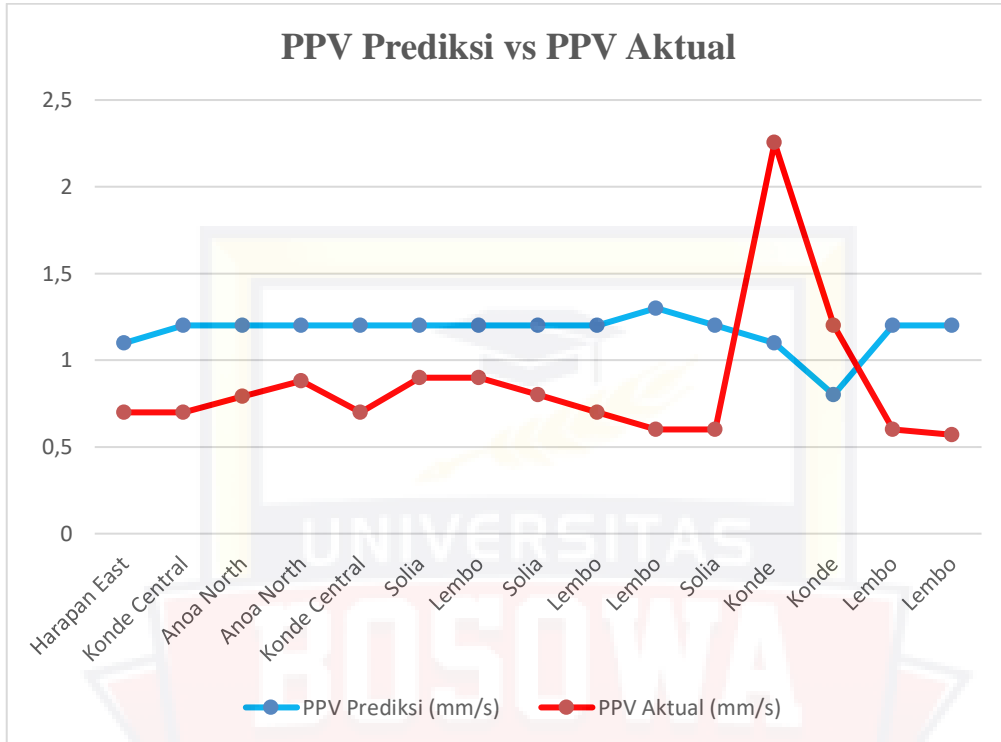


4. Setelah diklik muncullah data gelombang hasil getaran *Ground Vibration* seperti pada gambar dibawah ini, dan jika memiliki gelombang seperti ini berarti hasil pengukuran tersebut dikatakan berhasil.



LAMPIRAN H

GRAFIK PERBANDINGAN PPV AKTUAL DAN PPV PREDIKSI



LAMPIRAN I
GEOMETRI PELEDAKAN AKTUAL PT VALE INDONESIA TBK

