

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

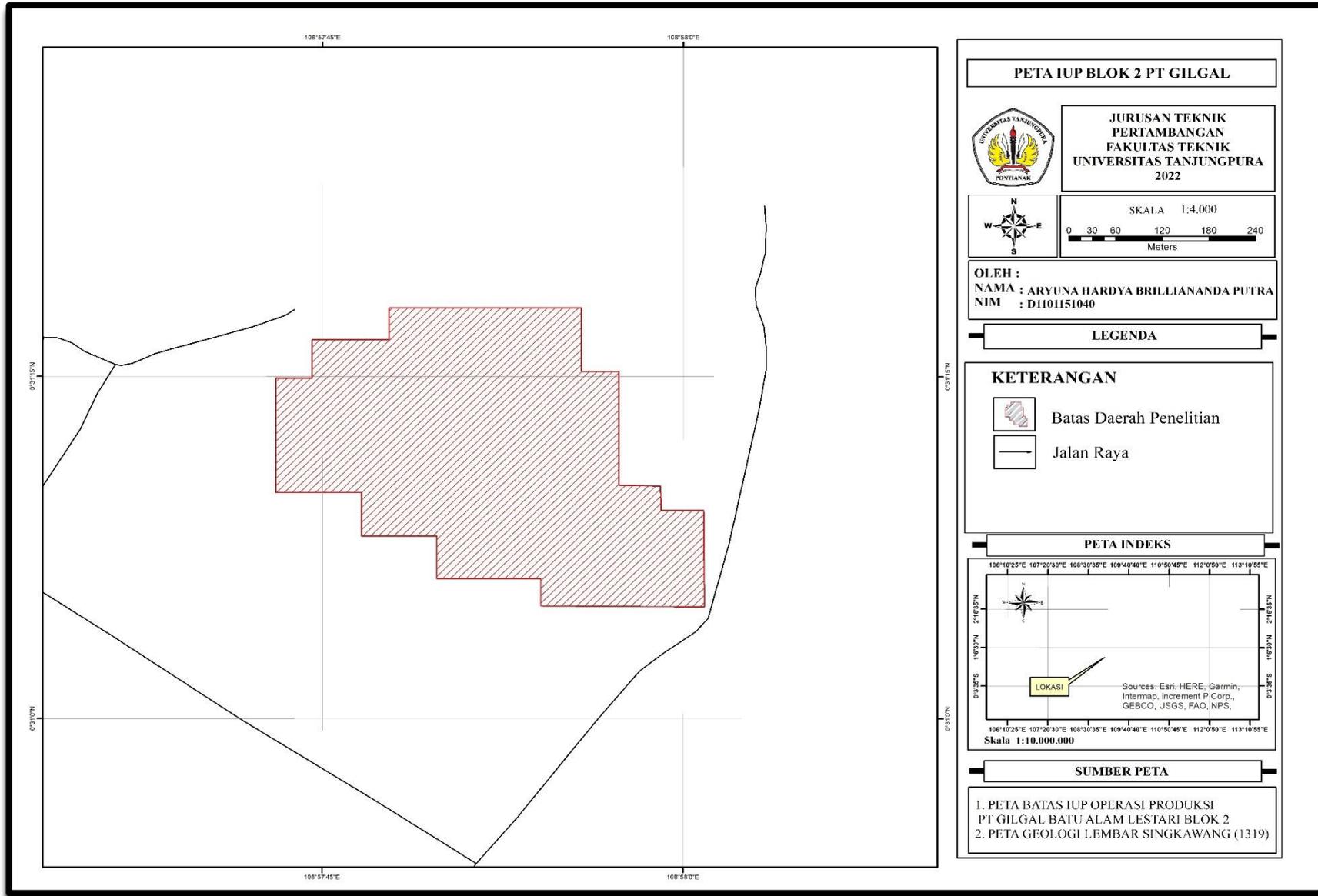
#### 2.1. Gambaran Umum Wilayah Penelitian

##### 2.1.1. Batas Wilayah Administrasi Penelitian

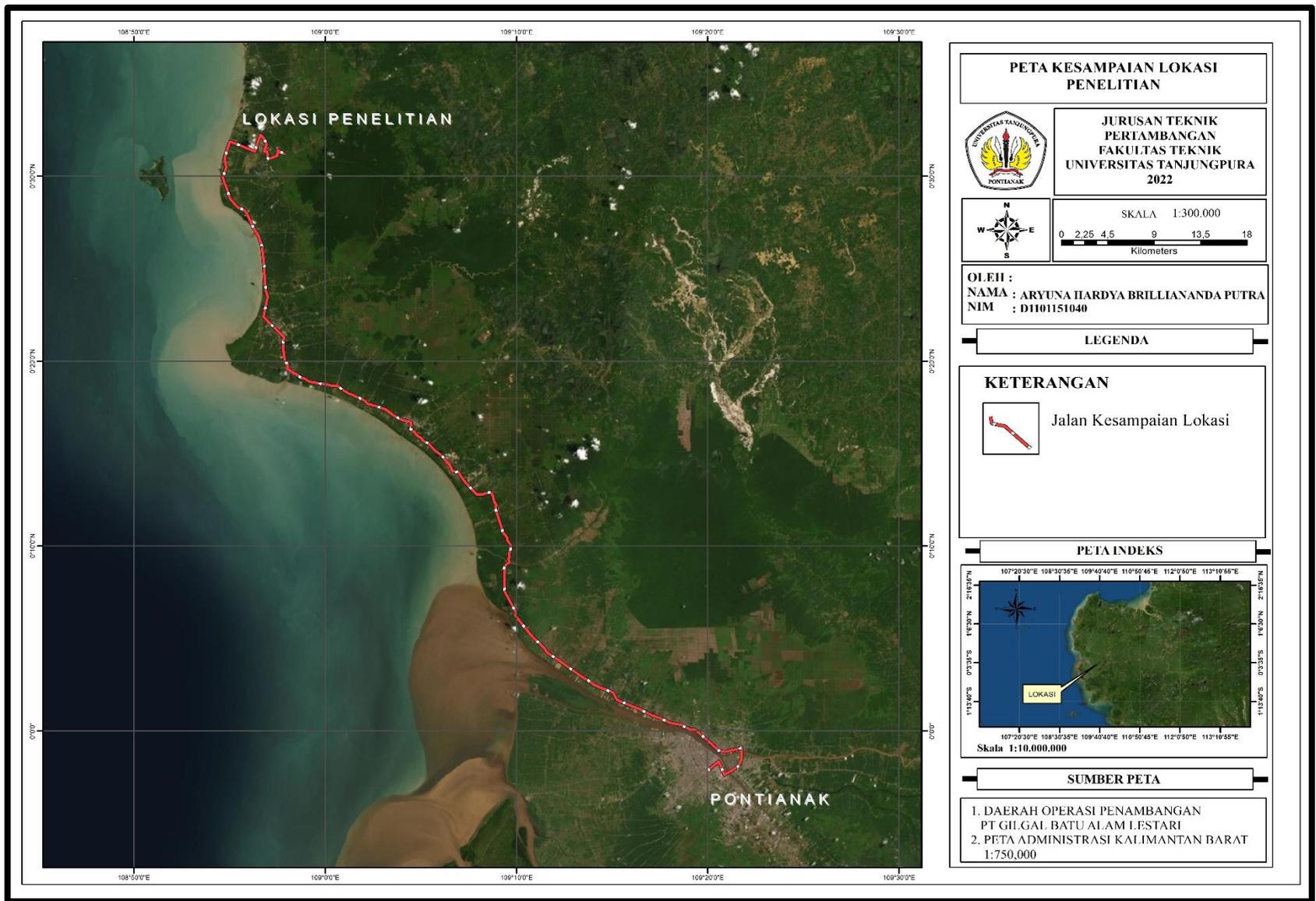
PT Gilgal Batu Alam Lestari merupakan salah satu perusahaan pertambangan batuan granit yang terletak di Desa Bukit Batu, Kecamatan Sungai Kunyit, Kabupaten Mempawah, Provinsi Kalimantan Barat. PT Gilgal Batu Alam Lestari telah beroperasi sejak tahun 2017 dan memiliki SK IUP Operasi Produksi No 503/61/MINERBA/DPMPTSP-C.1/2018. Wilayah penelitian merupakan Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) dengan nomor 540 /1874/DESDM.B-1 yang disahkan pada tahun 2018.

**Tabel 2.1** Koordinat Lokasi Penelitian

| No. | Garis Bujur (BT) |       |       | Garis Lintang |       |       |       |
|-----|------------------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|
|     | Derajat          | Menit | Detik | Derajat       | Menit | Detik | LU/LS |
| 1   | 108              | 57    | 47,8  | 0             | 31    | 18    | LU    |
| 2   | 108              | 57    | 55,8  | 0             | 31    | 18    | LU    |
| 3   | 108              | 57    | 55,8  | 0             | 31    | 15,2  | LU    |
| 4   | 108              | 57    | 57,4  | 0             | 31    | 15,2  | LU    |
| 5   | 108              | 57    | 57,4  | 0             | 31    | 10,2  | LU    |
| 6   | 108              | 57    | 59,1  | 0             | 31    | 10,2  | LU    |
| 7   | 108              | 57    | 59,1  | 0             | 31    | 9,1   | LU    |
| 8   | 108              | 58    | 0,9   | 0             | 31    | 9,1   | LU    |
| 9   | 108              | 58    | 0,9   | 0             | 31    | 4,9   | LU    |
| 10  | 108              | 57    | 54,1  | 0             | 31    | 4,9   | LU    |
| 11  | 108              | 57    | 54,1  | 0             | 31    | 6,1   | LU    |
| 12  | 108              | 57    | 49,8  | 0             | 31    | 6,1   | LU    |
| 13  | 108              | 57    | 49,8  | 0             | 31    | 8     | LU    |
| 14  | 108              | 57    | 46,7  | 0             | 31    | 8     | LU    |
| 15  | 108              | 57    | 46,7  | 0             | 31    | 9,9   | LU    |
| 16  | 108              | 57    | 43,1  | 0             | 31    | 9,9   | LU    |
| 17  | 108              | 57    | 43,1  | 0             | 31    | 14,9  | LU    |
| 18  | 108              | 57    | 44,6  | 0             | 31    | 14,9  | LU    |
| 19  | 108              | 57    | 44,6  | 0             | 31    | 16,6  | LU    |
| 20  | 108              | 57    | 47,8  | 0             | 31    | 16,6  | LU    |



Gambar 2.1 Peta iup lokasi penelitian



Gambar 2.2 Peta kesampaian lokasi

### 2.1.2. Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian

Lokasi PT Gilgal Batu Alam Lestari Desa Bukit Batu, Kecamatan Sungai Kunyit, Kabupaten Mempawah, Provinsi Kalimantan Barat secara geografis terletak di koordinat 108°57'28,2"BT dan 0°31'32,3" LU. Daerah penelitaian tercakup dalam 4 batas wilayah yaitu:

- a) Utara : Kabupaten Bengkayang
- b) Selatan : Kecamatan Mempawah Hilir
- c) Barat : Selat Karimata
- d) Timur : Kecamatan Sadaniang

PT Gilgal dapat dicapai dengan kendaraan roda empat maupun roda dua melewati jalan beraspal yang merupakan jalan Provinsi dengan alur perjalanan sebagai berikut :

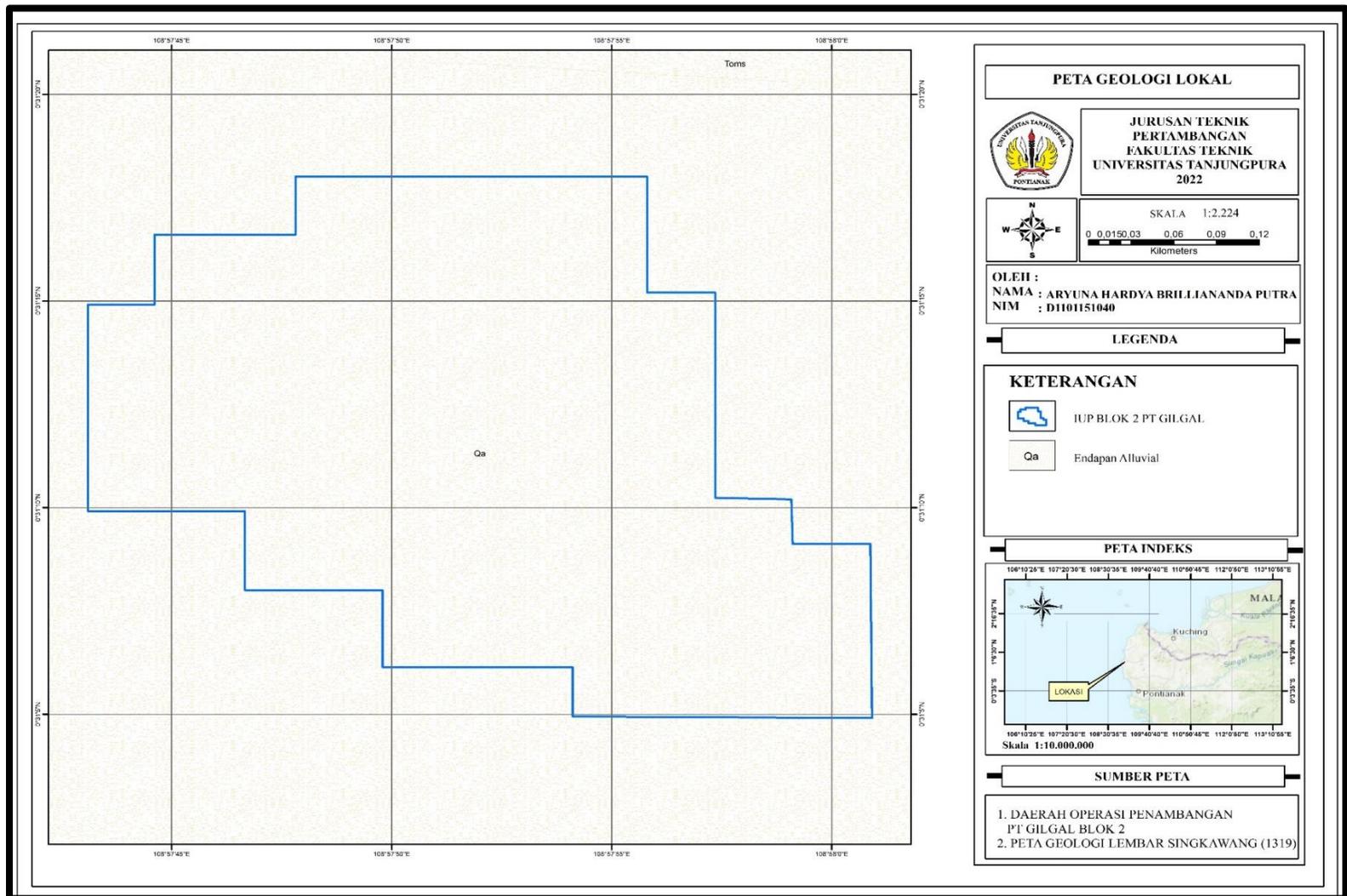
- a) Dari Kota Pontianak menuju Kota Mempawah ditempuh dalam waktu  $\pm$  1 jam 30 menit.
- b) Dari Kota Mempawah menuju simpang kelapa Empat, Kecamatan Sungai Kunyit ditempuh dalam waktu  $\pm$  20 menit.
- c) Selanjutnya dari simpang Kelapa Empat menuju lokasi tambang di Desa Bukit Batu ditempuh dalam waktu  $\pm$  10 menit.

### 2.1.3. Topografi

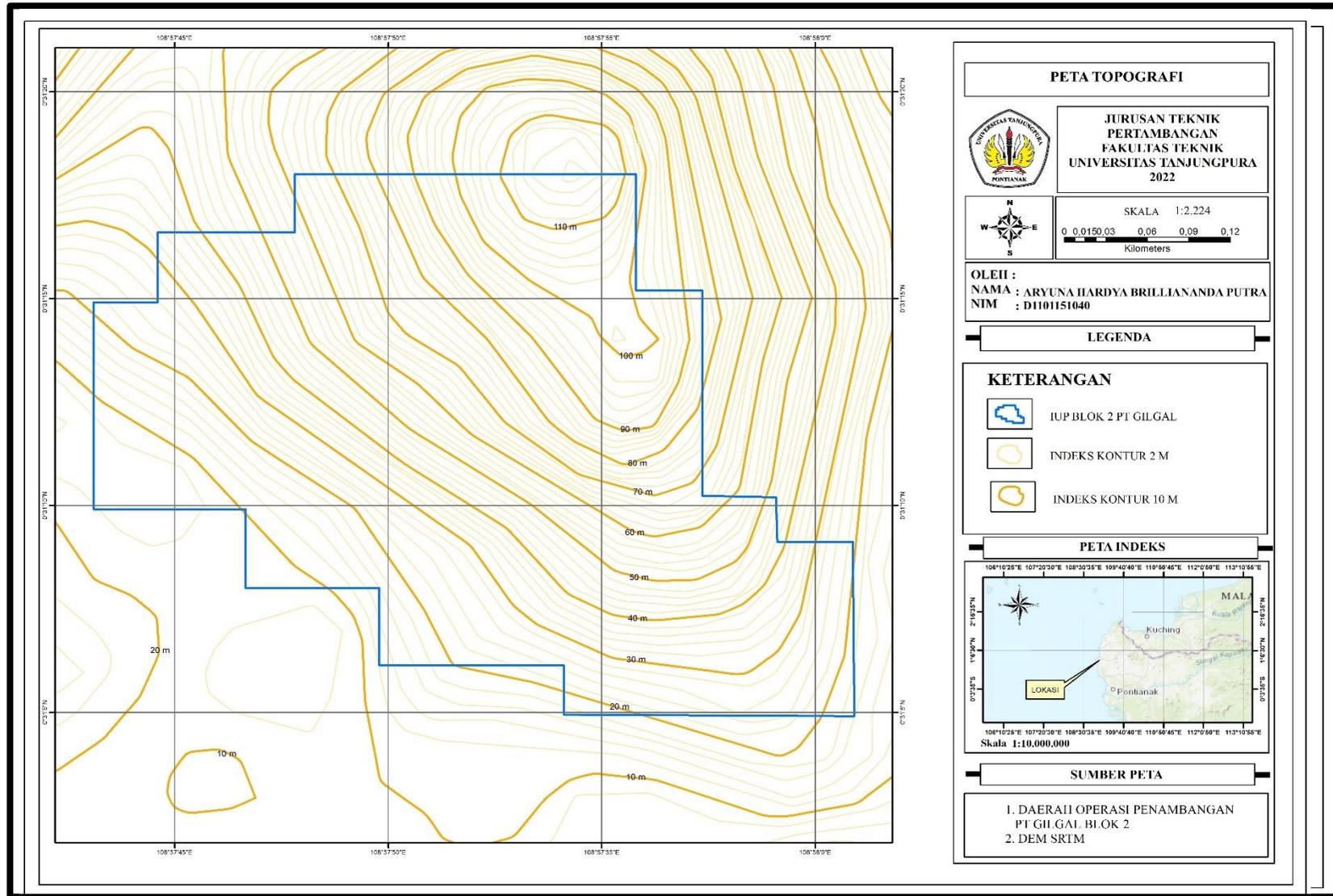
Sebagian besar wilayah Kabupaten Mempawah merupakan wilayah datar (dengan kemiringan lahan 0 - 2 %). Wilayah-wilayah dengan kemiringan lahan yang kecil ini menyebar memanjang dari utara ke selatan wilayah pesisir pantai Kabupaten Mempawah pada ketinggian 0 - 25 meter. Pada wilayah pantai ini, banyak terdapat areal dataran yang relatif rendah dari permukaan pasang air laut tertinggi sehingga sangat rawan mangalami banjir. Keadaan banjir sangat rawan terjadi pada saat air dalam keadaan pasang terutama pada bulan-bulan yang memiliki curah hujan tinggi (Oktober - Januari).

Adapun wilayah yang berkemiringan lebih dari 2 % dijumpai di bagian perbatasan timur laut kabupaten dengan kawasan pebukitan yang relatif lebih banyak jumlahnya. Pada umumnya, Kabupaten Mempawah berdataran rendah, perbukitan dan pesisir pantainya berawa – rawa. Wilayah ini didominasi oleh kemiringan lereng 0 - 8 % atau  $<$  8 % dan ketinggian antar 0 - 200 mdpl. Wilayah

dengan kemiringan lereng 0 - 8 % terdapat di Kecamatan Sungai Kunyit, Mempawah Hilir, Mempawah Timur, Sungai Pinyuh, Segedong dan Siantan.



Gambar 2.3 Peta geologi lokal

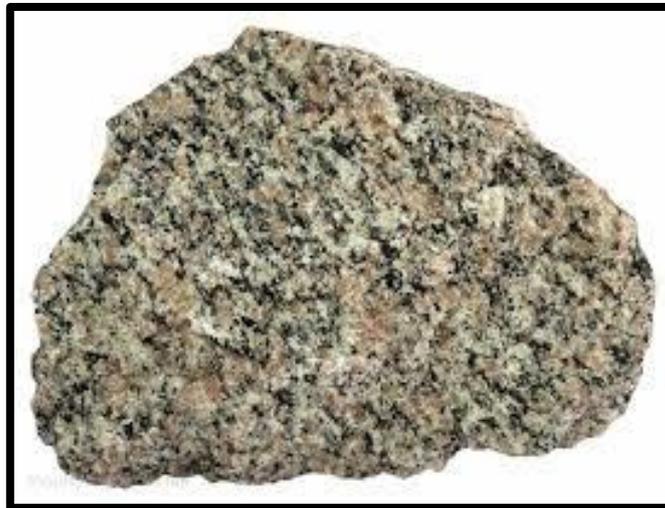


Gambar 2.4 Peta topografi

## 2.2. Tinjauan Teoritis

### 2.2.1. Batuan Granit

Batuan granit adalah salah satu jenis batuan beku yang memiliki warna cerah, butirannya kasar, tersusun dari mineral dominan berupa kuarsa dan feldspar, serta sedikit mineral mika dan amfibol. Menurut ilmu petrologi, granit didefinisikan sebagai batuan beku yang di dalamnya terkandung mineral kuarsa sebesar 10% – 50% dari kandungan total mineral felseik, serta mineral alkali sebanyak 65% – 90% dari jumlah seluruh mineral feldspar. Sedangkan dalam dunia industri, granit diartikan sebagai batuan yang butiran atau biji- bijiannya dapat dilihat dengan jelas dan mempunyai kepadatan yang lebih keras dari marmer. Definisi – definisi tersebut dijabarkan dari kata ‘granit’ yang berasal dari kata ‘granum’ yang mempunyai arti butiran padi (Citra, 2016).



*Sumber : Sidiksipil, 2015*

**Gambar 2.5** Batu granit

Seperti yang telah disebutkan pada definisi, bahwa karakteristik dari batuan granit adalah memiliki butiran kasar dan berwarna cerah. Warna batuan granit meliputi warna merah, abu- abu, putih dan merah muda, dengan butiran warna gelap seperti hijau tua, coklat tua dan hitam. Warna tersebut diperoleh dari komposisi mineral yang terkandung dalam batuan granit. Karakteristik lain dari batuan granit yaitu bersifat asam,serta ukuran butiran kristalnya relatif sama dan besar. Tekstur butiran batuan granit disebut tekstur phaneritic yang tidak memiliki retakan dan lubang - lubang bekas pelepasan gas (vasculer). Batuan ini sangat masif (padat)

dengan kepadatan rata-rata 2,75 gram per centimeter kubik dan kekuatan tekanan lebih dari 200 MPa. Untuk klasifikasi kuat tekan batuan lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.2. Kepadatan tersebut memungkinkan batuan granit untuk tahan terhadap erosi dan abrasi, mampu menahan beban yang berat serta tahan terhadap pelapukan batuan (Citra, 2016).

**Tabel 2.2** Klasifikasi Kuat Tekan Batuan (Bienaswki, 1973)

| Klasifikasi  | Kuat Tekan (MPa) |
|--------------|------------------|
| Sangat keras | 250 - 700        |
| Keras        | 100 - 250        |
| Keras sedang | 50 - 100         |
| Lunak        | 25 - 50          |
| Sangat lunak | 1 - 25           |

Pada umumnya setiap batuan memiliki sifat fisik dan mekanik batuan yang menyatakan nilai setiap batuan. Adapun yang dimaksud sifat fisik dan mekanik batuan adalah sebagai berikut :

➤ Sifat Mekanik Batuan

Sifat mekanik batuan adalah sifat yang dimiliki batuan karena adanya pengaruh gaya-gaya dari luar yang bekerja pada batuan tersebut. Tujuan utama uji kuat tekan uniaksial adalah untuk mendapatkan nilai kuat tekan dari contoh batuan. Harga tegangan pada saat contoh batuan hancur didefinisikan sebagai nilai kuat tekan uniaksial.

➤ Sifat Fisik Batuan

Penentuan sifat fisik batuan merupakan uji tanpa merusak batuan yang akan di uji (*non destructive test*). Pengujian sifat fisik dilakukan untuk mendapatkan nilai dari bobot isi.

### 2.2.2. Peledakan dan Bahan Peledak

Kegiatan peledakan yaitu suatu upaya pembezaian batuan dari batuan induk menggunakan bahan peledak. Menurut kamus pertambangan umum, bahan peledak adalah senyawa kimia yang dapat bereaksi dengan cepat apabila diberikan suatu

perlakuan, menghasilkan sejumlah gas bersuhu dan bertekanan tinggi dalam waktu yang sangat singkat (Frianto dkk, 2014). Panas dari gas yang dihasilkan reaksi peledakan tersebut sekitar 4000° C. Adapun tekanannya, menurut Langerfors dan Kihlstrom (1978), bisa mencapai lebih dari 100.000 atm setara dengan 101.500 kg/cm<sup>2</sup> atau 9.850 MPa ( $\approx$  10.000 MPa). Sedangkan energi per satuan waktu yang ditimbulkan sekitar 25.000 MW atau 5.950.000 kcal/s. Energi yang sedemikian besar itu bukan merefleksikan jumlah energi yang memang tersimpan di dalam bahan peledak begitu besar, namun kondisi ini terjadi akibat reaksi peledakan yang sangat cepat, yaitu berkisar antara 2500 - 7500 meter per second (m/s). Oleh sebab itu kekuatan energi tersebut hanya terjadi beberapa detik saja, yang mana akan berkurang seiring dengan perkembangan keruntuhan batuan.

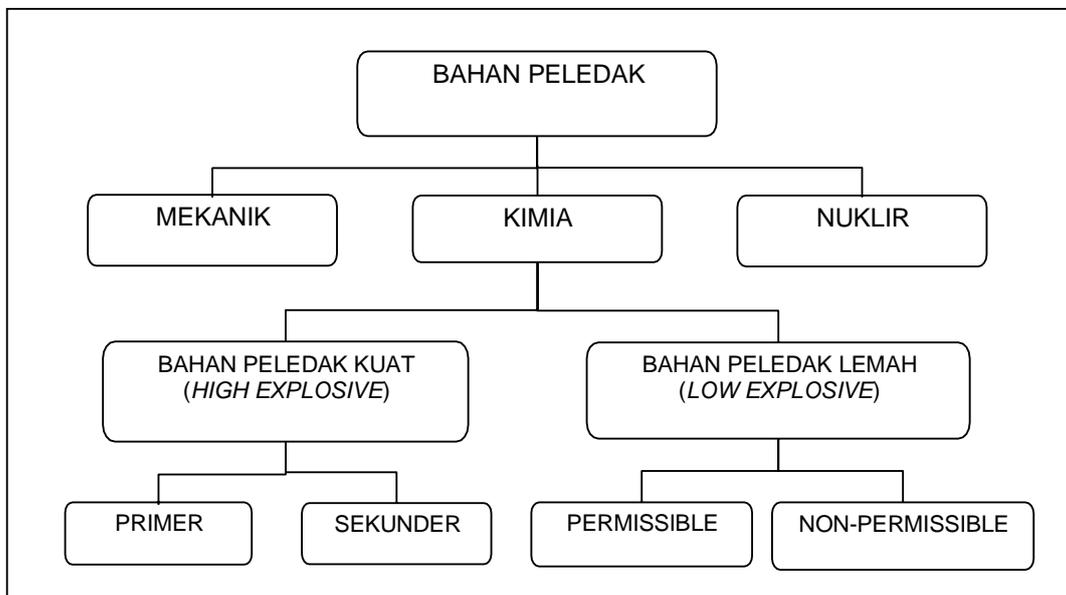
Suatu operasi peledakan dinyatakan berhasil dengan baik pada kegiatan penambangan apabila target produksi terpenuhi (dinyatakan dalam ton/hari atau ton/bulan), penggunaan bahan peledak efisien (dinyatakan dalam jumlah batuan yang berhasil dibongkar per kilogram bahan peledak disebut powder factor), diperoleh fragmentasi batuan berukuran merata dengan sedikit bongkah (kurang dari 15% dari jumlah batuan yang terbongkar perpeledakan), diperoleh dinding batuan yang stabil dan rata (tidak ada *overbreak*, *overhang*, retakan – retakan), aman, dampak terhadap lingkungan minimal (Koesnaryo, 1988).

Suatu operasi peledakan dinyatakan berhasil dengan baik pada kegiatan penambangan apabila :

1. Target produksi terpenuhi (dinyatakan dalam ton/hari atau ton/bulan).
2. Penggunaan bahan peledak efisien yang dinyatakan dalam jumlah batuan yang berhasil dibongkar per kilogram bahan peledak (disebut powder factor).
3. Diperoleh fragmentasi batuan berukuran merata dengan sedikit bongkah (kurang dari 15 % dari jumlah batuan yang terbongkar per peledakan).
4. Diperoleh dinding batuan yang stabil dan rata (tidak ada *overbreak*, *overhang*, retakan-retakan).
5. Aman.
6. Dampak terhadap lingkungan (*flyrock*, getaran, kebisingan, gas beracun, debu) minimal. Untuk memenuhi kriteria-kriteria di atas, diperlukan kontrol

dan pengawasan terhadap teknis pemboran guna mempersiapkan lubang ledak dalam suatu operasi peledakan.

Bahan peledak diklasifikasikan berdasarkan sumber energinya menjadi bahan peledak mekanik, kimia dan nuklir seperti terlihat pada Gambar 2.6 (J.J. Manon, 1978). Karena pemakaian bahan peledak dari sumber kimia lebih luas dibanding dari sumber energi lainnya, maka pengklasifikasian bahan peledak kimia lebih intensif diperkenalkan. Pertimbangan pemakaiannya antara lain, harga relatif murah, penanganan teknis lebih mudah, lebih banyak variasi waktu tunda (*delay time*) dan dibanding nuklir tingkat bahayanya lebih rendah (Pusat Pembinaan Kompetensi dan Pelatihan Konstruksi).



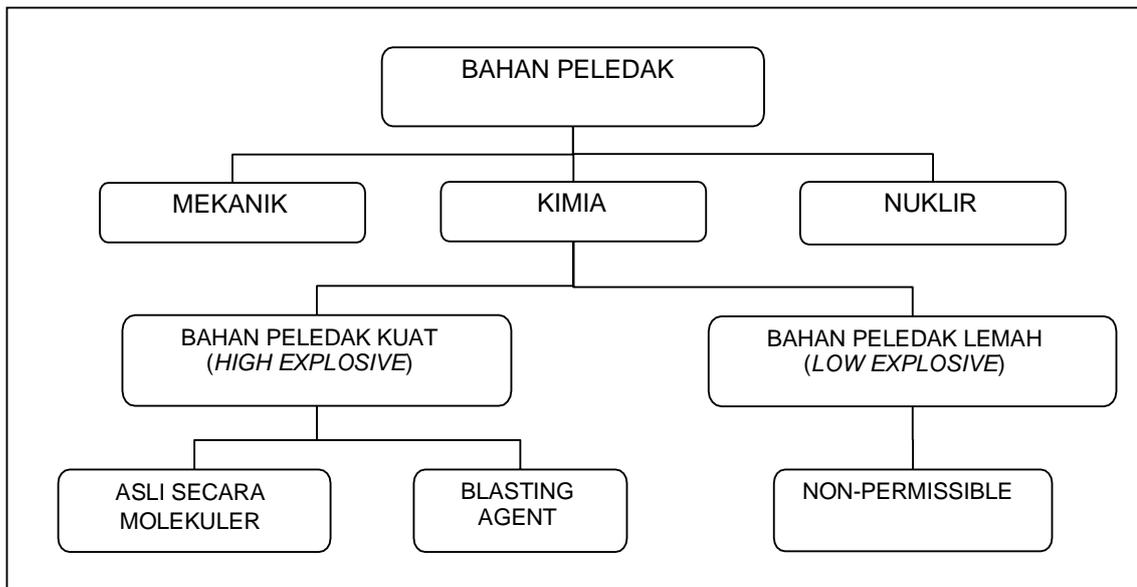
Sumber : Pusat Pembinaan Kompetensi dan Pelatihan Konstruksi

**Gambar 2.6** Klasifikasi bahan peledak

Bahan peledak permissible dalam klasifikasi di atas perlu dikoreksi karena tidak semua merupakan bahan peledak lemah. Bahan peledak permissible digunakan khusus untuk membebankan batubara ditambang batubara bawah tanah dan jenisnya adalah *blasting agent* yang tergolong bahan peledak kuat, sehingga pengklasifikasian akan menjadi seperti dalam Gambar 2.7. Sampai saat ini terdapat berbagai cara pengklasifikasian bahan peledak kimia, namun pada umumnya

kecepatan reaksi merupakan dasar pengklasifikasian tersebut. Contohnya antara lain sebagai berikut. Menurut R.L. Ash (1962), bahan peledak kimia dibagi menjadi:

- a. Bahan peledak kuat (*high explosive*) bila memiliki sifat detonasi atau meledak dengan kecepatan reaksi antara 5.000 – 24.000 fps (1.650 – 8.000 m/s).
- b. Bahan peledak lemah (*low explosive*) bila memiliki sifat deflagrasi atau terbakar kecepatan reaksi kurang dari 5.000 fps (1.650 m/s).



Sumber : Pusat Pembinaan Kompetensi dan Pelatihan Konstruksi

**Gambar 2.7** Klasifikasi bahan peledak menurut R.L. Ash

Menurut Anon (1977), bahan peledak kimia dibagi menjadi 3 jenis seperti terlihat pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Klasifikasi Bahan Peledak Menurut Anon 1977

| JENIS   | REAKSI                          | CONTOH                  |
|---|---------------------------------|-------------------------|
| Bahan Peledak Lemah<br>( <i>Low Explosive</i> ) | <i>Deflagrate</i><br>(Terbakar) | Black Powder            |
| Bahan Peledak Kuat<br>( <i>High Explosive</i> ) | <i>Detonate</i><br>(Meledak)    | NG, TNT,<br>PETN        |
| <i>Blasting Agent</i>                           | <i>Detonate</i><br>(Meledak)    | ANFO, Slurry,<br>Emulsi |

### 2.2.2.1. Jenis dan Tipe Bahan Peledak

#### 1. Amonium Nitrat (AN)

Ammonium nitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) merupakan bahan dasar yang berperan sebagai penyuplai oksida pada bahan peledak. Berwarna putih seperti garam dengan titik lebur sekitar  $169,6^\circ\text{C}$ . Ammonium nitrat adalah zat penyokong proses pembakaran yang sangat kuat, namun ia sendiri bukan zat yang mudah terbakar dan bukan pula zat yang berperan sebagai bahan bakar sehingga pada kondisi biasa tidak dapat dibakar. Sebagai penyuplai oksigen, maka apabila suatu zat yang mudah terbakar dicampur dengan AN akan memperkuat intensitas proses pembakaran dibanding dengan bila zat yang mudah terbakar tadi dibakar pada kondisi udara normal. Udara normal atau atmosfer hanya mengandung oksigen 21%, sedangkan AN mencapai 60%. Bahan lain yang serupa dengan AN dan sering dipakai oleh tambang kecil adalah potassium nitrat ( $\text{KNO}_3$ ). Ammonium nitrat tidak digolongkan ke dalam bahan peledak. Namun bila dicampur atau diselubungi oleh hanya beberapa persen saja zat-zat yang mudah terbakar, misalnya bahan bakar minyak (solar, dsb), serbuk batubara, atau serbuk gergaji, maka akan memiliki sifat-sifat bahan peledak dengan sensitifitas rendah. Walaupun banyak tipe-tipe AN yang dapat digunakan sebagai agen peledakan, misalnya pupuk urea, namun AN yang sangat baik adalah yang berbentuk butiran dengan porositas tinggi, sehingga dapat membentuk komposisi tipe ANFO (Modul Pelatihan Ahli Peledakan Pekerjaan Konstruksi).



*Sumber : Pusat Pembinaan Kompetensi dan Pelatihan Konstruksi*

**Gambar 2.8** Butiran amonium nitrat berukuran 2-3 mm

## 2. ANFO

ANFO adalah singkatan dari ammonium nitrat (AN) sebagai zat pengoksida dan fuel oil (FO) sebagai bahan bakar. Setiap bahan bakar berunsur karbon, baik berbentuk serbuk maupun cair, dapat digunakan sebagai pencampur dengan segala keuntungan dan kerugiannya. Pada tahun 1950-an di Amerika masih menggunakan serbuk batubara sebagai bahan bakar dan sekarang sudah diganti dengan bahan bakar minyak, khususnya solar (Modul Pelatihan Ahli Peledakan Pekerjaan Konstruksi).



*Sumber : Pusat Pembinaan Kompetensi dan Pelatihan Konstruksi*

**Gambar 2.9** Penampakan campuran butiran AN dan FO

### 3. Slurries (Watergels)

Istilah slurries dan watergel adalah sama artinya, yaitu campuran oksidator, bahan bakar, dan pemeka (sensitizer) di dalam media air yang dikentalkan memakai gums, semacam perekat, sehingga campuran tersebut berbentuk jeli atau slurries yang mempunyai ketahanan terhadap air sempurna. Sebagai oksidator bisa dipakai sodium nitrat atau ammonium nitrat, bahan bakarnya adalah solar atau minyak diesel, dan pemekanya bisa berupa bahan peledak atau bukan bahan peledak yang diaduk dalam 15% media air (Modul Pelatihan Ahli Peledakan Pekerjaan Konstruksi).

Agan peledakan slurry yang mengandung bahan pemeka yang bukan jenis bahan peledak, misalnya solar, sulfur, atau alumunium, tidak peka terhadap detonator (non-cap sensitive). Sedangkan slurry yang mengandung bahan pemeka dari jenis bahan peledak, seperti TNT, maka akan peka terhadap detonator (cap sensitive). Oleh sebab itu jenis slurry yang disebutkan terakhir bukanlah merupakan agan peledakan, tetapi benar-benar sebagai bahan peledak slurry (slurry explosive) dan peka terhadap detonator. Slurry pada umumnya dikenal karena bahan bakar pemekanya, seperti aluminized slurry, TNT slurry, atau smokeless powder slurry (Modul Pelatihan Ahli Peledakan Pekerjaan Konstruksi).

### 4. Bahan Peledak Berbasis Emulsi (*Emulsion Based Explosives*)

Bahan peledak emulsi terbuat dari campuran antara fase larutan oksidator berbutir sangat halus sekitar 0,001 mm (disebut droplets) dengan lapisan tipis matrik minyak hidrokarbonat. Bahan peledak emulsi banyak diproduksi dengan nama yang berbeda beda. Konsistensi sifat bahan peledak tergantung pada karakteristik ketahanan fase emulsi dan efek emulsi tersebut terhadap adanya perubahan viskositas yang merupakan fungsi daripada waktu penimbunan. Saat ini pemakaian bahan peledak emulsi cukup luas diberbagai penambangan bahan galian, baik pemakaian dalam bentuk kemasan cartridge maupun langsung menggunakan truck *Mobile Mixer Unit* (MMU) ke lubang ledak (Modul Pelatihan Ahli Peledakan Pekerjaan Konstruksi).



Sumber : Pusat Pembinaan Kompetensi dan Pelatihan Konstruksi

**Gambar 2.10** Bahan peledak emulsi berbentuk cartridge buatan dyno nobel

#### 5. Bahan Peledak *Heavy* ANFO

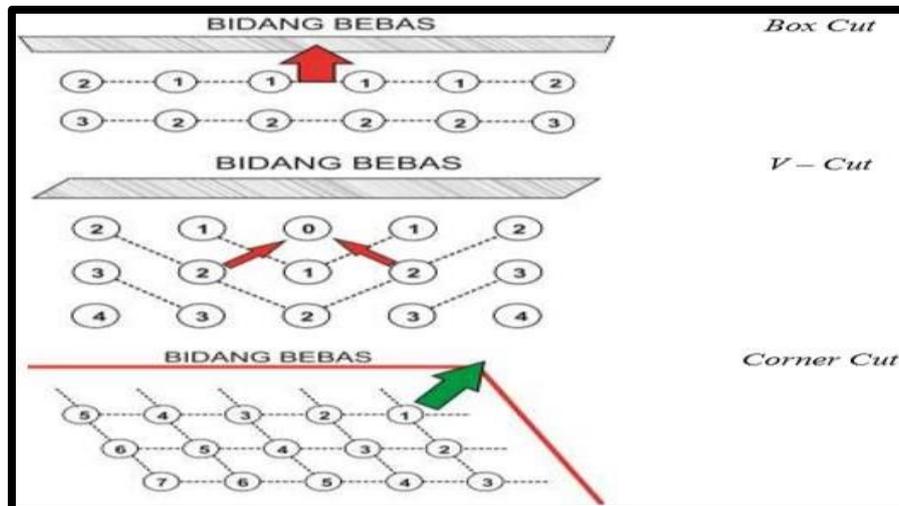
Bahan peledak *Heavy* ANFO adalah campuran daripada emulsi dengan ANFO dengan perbandingan yang bervariasi. Keuntungan dari campuran ini sangat tergantung pada perbandingannya, walaupun sifat atau karakter bawaan dari emulsi dan ANFO tetap mempengaruhinya. Keuntungan penting dari pencampuran ini adalah (Modul Pelatihan Ahli Peledakan Pekerjaan Konstruksi):

- Energi bertambah,
- Sensifitas lebih baik,
- Sangat tahan terhadap air,
- Memberikan kemungkinan variasi energi disepanjang lubang ledak.

#### 2.2.2.2. Pola Peledakan

Pola peledakan merupakan urutan waktu peledakan antara lubang – lubang bor dalam satu baris dengan lubang bor pada baris berikutnya ataupun antara lubang bor yang satu dengan lubang bor yang lainnya. Pola peledakan ini ditentukan berdasarkan urutan waktu peledakan serta arah runtuh material yang diharapkan. Berdasarkan arah runtuh batuan, pola peledakan diklasifikasikan sebagai berikut (Pratama, 2020):

- I. *Box cut*, merupakan pola peledakan dengan arah runtuhnya ke bagian depan dan membentuk kotak.
- II. *V cut*, merupakan pola peledakan dengan arah runtuh batuan ke bagian depan membentuk huruf V.
- III. *Corner cut*, merupakan pola peledakan dengan arah ledakan ke salah satu bagian sudut dari bidang bebas.



Sumber : Defriansyah, 2018

**Gambar 2.11** Pola peledakan

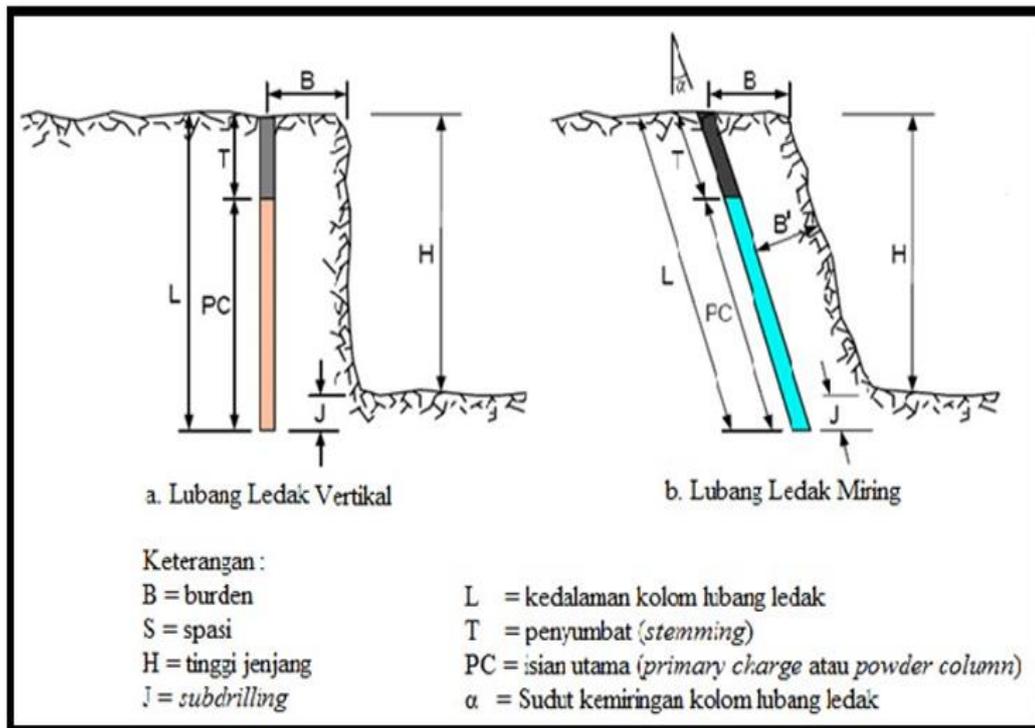
### 2.2.2.3. Geometri Peledakan

Dalam penentuan geometri peledakan terdapat beberapa faktor yang butuh dipertimbangkan, yaitu diameter lubang bor, ketinggian jenjang, *burden* dan *spacing*, struktur batuan, fragmentasi, arah lemparan, kestabilan jenjang, perlindungan terhadap lingkungan sekitar dan jenis bahan peledak yang akan digunakan. Geometri peledakan terdiri dari diameter lubang bor, ketinggian jenjang dan kedalaman lubang bor, *burden*, *spacing*, *subdrilling*, *stemming* dan *powder column* (Fikri, 2016). Contoh jenjang peledakan dapat dilihat pada gambar 2.12.

#### A. Rumusan Geometri Peledakan Menurut R.L Ash

R.L.Ash (1967) membuat suatu pedoman perhitungan geometri peledakan jenjang berdasarkan pengalaman empirik yang diperoleh di berbagai tempat dengan jenis pekerjaan dan batuan yang berbeda-beda. Sehingga R.L. Ash berhasil mengajukan rumusan-rumusan empirik yang dapat digunakan sebagai pedoman

dalam rancangan awal suatu peledakan batuan (Sunaryadi, 2011).



Sumber : Cahyono dkk, 2019

**Gambar 2.12** Geometri peledakan

Adapun faktor – faktor yang mempengaruhi geometri peledakan antara lain yaitu :

1. *Burden* (B)

*Burden* adalah jarak tegak lurus antara lubang tembak dengan bidang bebas yang panjangnya tergantung pada karakteristik batuan. Menentukan ukuran *burden* merupakan langkah awal agar fragmentasi batuan hasil peledakan, vibrasi, *airblast* dapat memuaskan (Sunaryadi, 2011).

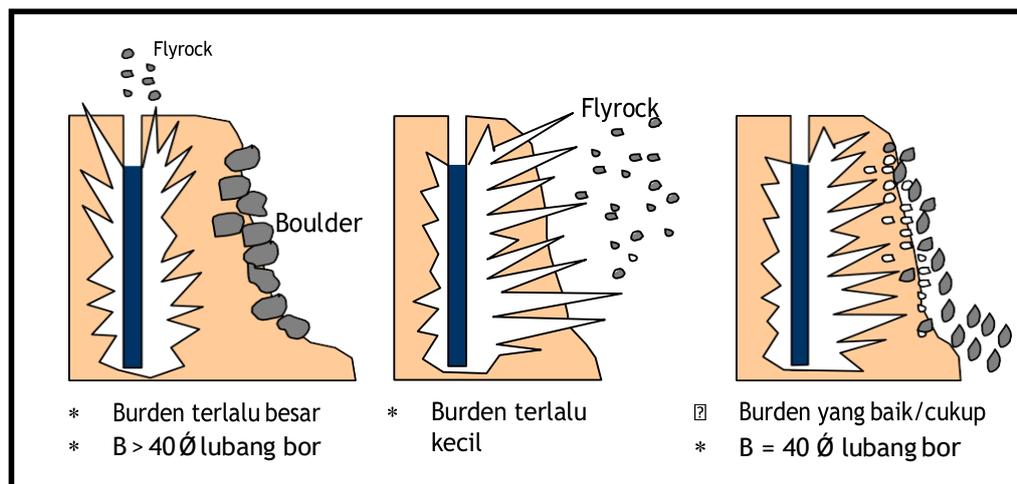
*Burden* diturunkan berdasarkan diameter lubang tembak atau diameter mata bor atau diameter dodol bahan peledak. Untuk menentukan *burden*, R.L. Ash (1967) mendasarkan pada acuan yang dibuat secara empirik, yaitu adanya batuan standar dan bahan peledak standar (Sunaryadi, 2011).

➤ Batuan standar adalah batuan yang mempunyai berat jenis atau densitas 160 lb/cuft (2,00 ton/m<sup>3</sup>), tidak lain dari densitas batuan rata-rata.

➤ Bahan peledak standar adalah bahan peledak yang mempunyai berat

jenis (SG) 1,2 dan kecepatan detonasi (Ve) 12.000 fps (4.000 m/det).

Apabila batuan yang akan diledakkan sama dengan batuan standar dan bahan peledak yang dipakai ialah bahan peledak standar, maka digunakan *burden ratio* (Kb) yaitu 30. Tetapi bila batuan yang akan diledakkan tidak sama dengan batuan standar dan bahan peledak yang digunakan bukan pula bahan peledak standar, maka harga Kb standar itu harus dikoreksi menggunakan faktor penyesuaian (*adjustment factor*) (Sunaryadi, 2011). Untuk mencari nilai *burden* dapat dilihat pada persamaan (2.1), (2.2), (2.3), (2.4).



Sumber : Wiratmoko, 2011

**Gambar 2.13** Pengaruh *burden* bagi hasil peledakan

$$B = \frac{Kb \times De}{12} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

- B = *Burden*
- Kb = *Burden ratio*
- De = Diameter lubang ledak
- 12 = Faktor pengubah ke satuan meter

Untuk menentukan *burden*, R.L. Ash (1967) mendasarkan pada acuan yang dibuat secara empirik, yaitu adanya batuan standar dan bahan peledak standar yaitu :

- Densitas batuan = 160 lb/cuft
- *Specific gravity* bahan peledak = 1,20
- Kecepatan detonasi bahan peledak = 12.000 fps

Apabila kondisi batuan yang beda dan penggunaan bahan peledak yang beda juga, maka nilai  $K_b$  juga akan berubah. Untuk mengatasi angka perubahan  $K_b$ , maka perlu dihitung terlebih dahulu harga faktor penyesuaian pada kondisi batuan dan bahan peledak yang berbeda. Berikut ini merupakan persamaan untuk menghitung  $K_b$  terkoreksi,  $AF_1$  untuk batuan dan  $AF_2$  untuk bahan peledak, yaitu :

$$AF_1 = \left( \frac{D_{std}}{D} \right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

- $D_{std}$  = Kerapatan batuan standar 160 lb/cuft
- $D$  = Kerapatan batuan yang diledakan

$$AF_2 = \left( \frac{SG \times V_e^2}{SG_{std} \times V_{std}^2} \right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

- $SG$  = *Specific Gravity* bahan peledak yang digunakan
- $V_e$  = Kecepatan detonasi bahan peledak yang digunakan
- $SG_{std}$  = *Specific Gravity* bahan peledak

Maka :

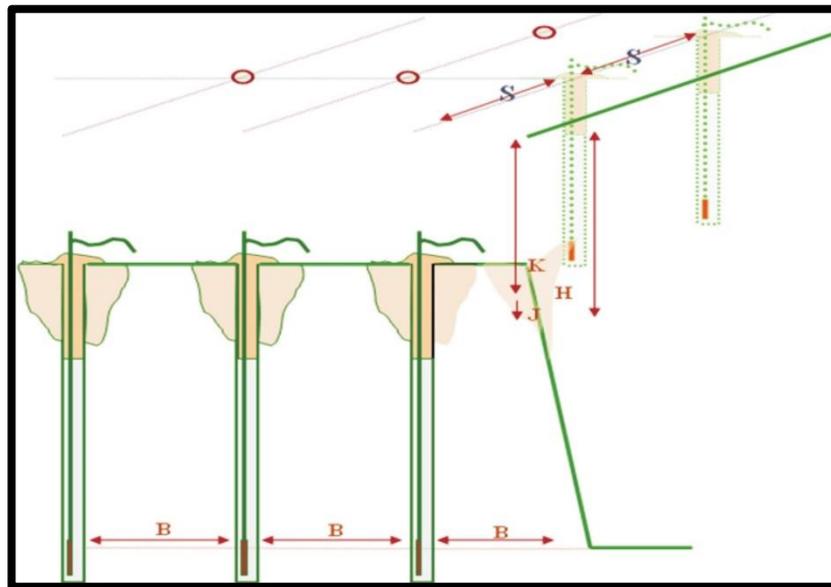
- $K_{bstandar}$  : 30
- $K_b$  yang terkoreksi adalah :

$$K_b \text{ terkoreksi} = 30 \times AF_1 \times AF_2 \dots\dots\dots (2.4)$$

Jarak *burden* yang baik adalah jarak dimana energi ledakan bisa menekan batuan secara maksimal sehingga pecahnya batuan sesuai dengan fragmentasi yang direncanakan dengan mengupayakan sekecil mungkin terjadinya *fly rock*, bongkah, dan retaknya batuan pada batas akhir jenjang (Sunaryadi, 2011).

## 2. *Spacing* (S)

*Spacing* adalah jarak antar lubang tembak dirangkai dalam satu baris dan diukur sejajar terhadap bidang bebas (Sunaryadi, 2011). Untuk mencari nilai *spacing* dapat dilihat pada persamaan (2.5).



Sumber : Hidayat, 2011

**Gambar 2.14** *Spacing* pada geometri peledakan

*Spacing* yang lebih kecil dari ketentuan akan menyebabkan ukuran batuan hasil peledakan terlalu hancur. Tetapi jika *spacing* lebih besar dari ketentuan akan menyebabkan banyak terjadi bongkah (*boulder*) dan tonjolan (*stump*) diantara dua lubang tembak setelah peledakan (Sunaryadi, 2011).

$$S = K_s \times B \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

$K_s$  = *Spacing ratio* (1,0 – 2,0)

$B$  = *Burden* (meter)

Berdasarkan cara urutan peledakannya, pedoman penentuan *spacing* adalah sebagai berikut :

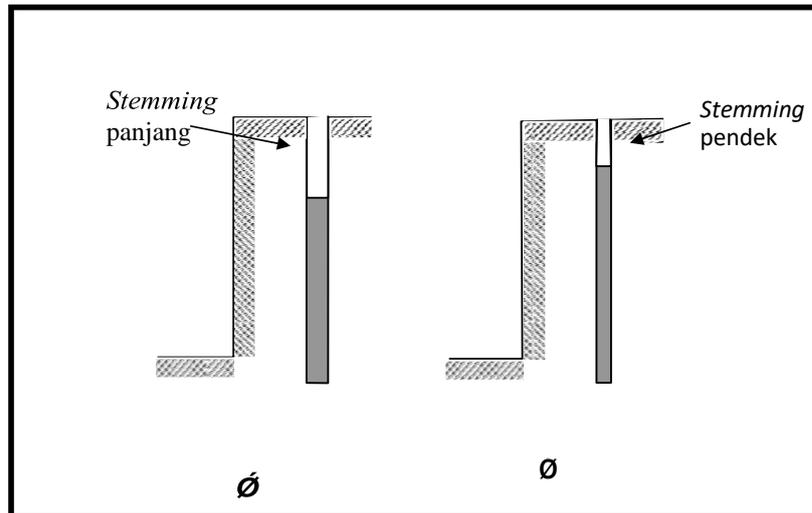
- Peledakan serentak,  $S = 2 B$ .
- Peledakan beruntun dengan delay interval lama (*second delay*),  $S = B$ .
- Peledakan dengan *millisecond delay*,  $S$  antara 1  $B$  hingga 2  $B$ .
- Jika terdapat kekar yang saling tidak tegak lurus,  $S$  antara 1,2  $B$  - 1,8  $B$ .
- Peledakan dengan pola equilateral dan beruntun tiap lubang tembak dalam baris yang sama,  $S = 1,15 B$ .

### 3. *Stemming* (T)

*Stemming* merupakan panjang isian lubang ledak yang tidak diisi bahan peledak, tetapi diisi material seperti tanah liat atau material hasil pemboran (*cutting*) (Sunaryadi, 2011).

Fungsi *stemming* adalah :

- Meningkatkan *confinning pressure* dari gas hasil peledakan.
- Menyeimbangkan tekanan di daerah *stemming*.
- Mengontrol kemungkinan terjadinya *airblast* dan *flyrock*.



Sumber : Wiratmoko, 2011

**Gambar 2.15** Pengaruh diameter lubang tembak bagi tinggi *stemming*

Untuk menghitung panjang *stemming* perlu ditentukan dulu *stemming ratio* ( $K_t$ ), yaitu perbandingan panjang *stemming* dengan *burden*. Biasanya  $K_t$  standar yang dipakai 0,70 dan ini cukup untuk mengontrol *airblast*, *flyrock* dan *stress balance*. Apabila  $K_t < 1$  maka akan terjadi (Sunaryadi, 2011). Untuk mencari nilai *stemming* dapat dilihat pada persamaan (2.6).

$$T = K_t \times B \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

$K_t$  = *Stemming ratio* (0,7 – 1,0)

$B$  = *Burden* (m)

#### 4. *Subdrilling* ( $J$ )

*Subdrilling* merupakan kelebihan panjang lubang ledak pada bagian bawah lantai jenjang (gambar 2.12). *Subdrilling* dimaksudkan agar jenjang terbungkar tepat pada batas lantai jenjang sehingga didapat lantai jenjang yang rata setelah peledakan. Panjang *subdrilling* dipengaruhi oleh struktur geologi, tinggi jenjang dan kemiringan lubang ledak. Panjang *subdrilling* diperoleh dengan menentukan harga *subdrilling ratio* ( $K_j$ ) yang besarnya tidak lebih kecil dari 0,20. Untuk batuan massive biasanya

dipakai  $K_j$  sebesar 0,3 (Sunaryadi, 2011). Hubungan  $K_j$  dengan *burden* dilihat pada persamaan (2.7).

$$J = K_j \times B \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

$K_j$  = *Subdrilling ratio* (0,2 – 0,4)

$B$  = *Burden* (m)

#### 5. Kedalaman Lubang Ledak (H)

Kedalaman lubang ledak merupakan penjumlahan dari panjang *stemming* dengan panjang kolom isian (PC) bahan peledak. Kedalaman lubang ledak biasanya disesuaikan dengan tingkat produksi (kapasitas alat muat) dan pertimbangan geoteknik. Menurut R.L. Ash, kedalaman lubang ledak berdasarkan pada *hole depth ratio* ( $K_h$ ) yang harganya berkisar antara 1,5 – 4,0. Adapun persamaan yang digunakan untuk mencari kedalaman lubang ledak dapat dilihat pada persamaan (2.8).

$$H = K_h \times B \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

$K_h$  = *Hole dept ratio* (1,5 – 4,0)

$B$  = *Burden* (m)

#### 6. Panjang Kolom Isian (PC)

Panjang kolom isian merupakan hasil pengurangan dari kedalaman lubang ledak dengan panjang *stemming* (Sunaryadi, 2011). Untuk mencari nilai dari panjang kolom isian dapat dilihat pada persamaan (2.9).

$$PC = H - T \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

$H$  = Kedalaman lubang tembak (m)

$T$  = *Stemming* (m)

## B. Rumusan Geometri Peledakan Menurut C.J. Konya

### 1. *Burden* (B)

Untuk mencari nilai *burden* menggunakan rumus berikut :

$$B = 3,15 \times De \times \sqrt[3]{\frac{SG_e}{SG_r}} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

B = *Burden* (ft)

De = Diameter lubang ledak (*inchi*)

SG<sub>e</sub> = Berat jenis bahan peledak yang dipakai

SG<sub>r</sub> = Berat jenis batuan yang akan dibongkar

### 2. *Spacing* (S)

Nilai *spacing* ditentukan dari sistem tunda dan perbandingan tinggi jenjang (L) dan *burden* (B). Jika ledakan serentak dalam satu baris lubang ledak (*instantaneous*)/ (*row by row*).

$$L/B < 4 \text{ maka, } S = \frac{(L + 2B)}{3} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$L/B > 4 \text{ maka, } S = 2B$$

Jika ledakan beruntun dalam tiap baris lubang ledak (*delay*).

$$L/B < 4 \text{ maka, } S = \frac{(L + 7B)}{8}$$

$$L/B > 4 \text{ maka, } S = 1,4 B \dots\dots\dots (2.12)$$

### 3. *Stemming* (T)

$$\text{Untuk batuan massive, } T = B \dots\dots\dots (2.13)$$

$$\text{Untuk batuan berlapis, } T = 0,7 B$$

### 4. *Subdrilling* (J)

$$J = 0,3 B \dots\dots\dots (2.14)$$

### 5. Kedalaman Lubang Ledak (H)

$$H = L + J \dots\dots\dots (2.15)$$

C. Rumusan Geometri Peledakan Menuut ICI Explosive

Tiap parameter geometri peledakan ditentukan oleh nilai diameter lubang ledak ( $d$ ), sebagai berikut :

1. *Burden* (B)

$$B = 25d - 40d \dots\dots\dots(2.16)$$

2. *Spacing* (S)

$$S = 1B - 1,5B \dots\dots\dots(2.17)$$

3. *Stemming* (T)

$$T = 20d - 30d \dots\dots\dots(2.18)$$

4. *Subdrilling* (J)

$$J = 8d - 12d \dots\dots\dots(2.19)$$

5. Tinggi Jenjang (H)

$$H = 60 d - 140d \dots\dots\dots(2.20)$$

#### 2.2.2.4. Perhitungan Jumlah Bahan Peledak

Densitas pengisian (*loading density*), yaitu jumlah bahan peledak setiap meter kedalaman kolom lubang ledak. Densitas pengisian digunakan untuk menghitung jumlah bahan peledak yang diperlukan setiap kali peledakan. Disamping itu, perhatikan pula kolom lobang ledak (L), yang terbagi menjadi “penyumbat” atau *stemming* (T) dan “isian utama” (PC). Bahan peledak hanya terdapat sepanjang kolom PC (Sundari, 2019). Untuk menghitung bahan peledak yang digunakan dapat menggunakan persamaan (2.21) dan (2.22).

$$W_{\text{handak}} = PC \times LD \dots\dots\dots(2.21)$$

$$W_{\text{total handak}} = n \times PC \times LD \dots\dots\dots(2.22)$$

Keterangan :

- n = Jumlah seluruh lubang ledak
- PC = Panjang kolom isian (m)
- LD = *Loading Density* (kg/m)

a. *Powder Factor*

*Powder factor* (PF) didefinisikan sebagai perbandingan jumlah bahan peledak yang dipakai dengan volume peledakan, jadi satuannya  $\text{kg/m}^3$ . Karena volume peledakan dapat pula dikonversi dengan berat, maka pernyataan PF bisa pula menjadi jumlah bahan peledak yang digunakan dibagi berat peledakan atau  $\text{kg/ton}$  (Sundari, 2019).

Jumlah pemakaian bahan peledak sangat mempengaruhi terhadap fragmentasi batuan hasil peledakan. *Powder factor* merupakan suatu bilangan untuk menyatakan berat bahan peledak yang dibutuhkan untuk menghancurkan batuan ( $\text{kg/m}^3$ ) (Sundari, 2019).

Dalam menentukan *powder factor* ada empat macam satuan yang dapat digunakan yaitu:

- Berat bahan peledak per volume batuan yang diledakkan ( $\text{kg/m}^3$ ).
- Berat bahan peledak per berat batuan yang diledakkan ( $\text{kg/ton}$ ).
- Volume batuan yang diledakkan per berat bahan peledak ( $\text{m}^3/\text{kg}$ ).
- Berat batuan yang diledakkan per berat bahan peledak ( $\text{ton/kg}$ ).

Secara umum, *powder factor* dapat dihubungkan dengan unit produksi pada operasi peledakan. Dengan *powder factor* dapat diketahui konsumsi bahan peledak yang digunakan. Nilai *powder factor* dipengaruhi oleh jumlah bidang bebas, geometri peledakan, pola peledakan, struktur geologi batuan dan karakteristik massa batuan itu sendiri.

Bila pengisian bahan peledak terlalu banyak maka akan mengakibatkan jarak *stemming* akan kecil sehingga mengakibatkan terjadinya batu terbang (*flyrock*) dan ledakan tekanan udara (*air blast*). Sedangkan bila pengisian terlalu sedikit maka jarak *stemming* akan besar sehingga menimbulkan bongkah dan *back breaker* di sekitar dinding jenjang (Sundari, 2019). Untuk menghitung *powder factor* digunakan persamaan (2.23).

$$PF = \left( \frac{W_{\text{handak}}}{V_s} \right) \dots \dots \dots (2.23)$$

Keterangan :

PF = *Powder Factor*

$W_{\text{handak}}$  = Berat Bahan Peledak (kg)

$V_s$  = Volume

b. Perhitungan Volume Batuan yang akan diledakan

Pada tambang terbuka atau *quarry*, yang umumnya menerapkan peledakan jenjang (*bench blasting*), volume batuan yang akan diledakkan tergantung pada dimensi *spacing*, *burden*, tinggi jenjang, dan jumlah lubang ledak yang tersedia. Dimensi atau ukuran *spacing*, *burden* dan tinggi jenjang memberikan peranan yang penting terhadap besar kecilnya volume peledakan. Artinya volume hasil peledakan akan meningkat bila ukuran ketiga parameter tersebut diperbesar, sebaliknya untuk volume yang kecil. Sedangkan pada tambang bawah tanah, baik pembuatan terowongan atau jenis bukaan lainnya, volume hasil peledakan diperoleh dari perkalian luas permukaan kerja atau *front* kerja atau face dengan kedalaman lubang ledak rata – rata. (Sundari, 2019).

Prinsip volume yang akan diledakkan adalah perkalian *burden* (B), *spacing* (S) dan tinggi jenjang (H) yang hasilnya berupa balok dan bukan volume yang telah terberai oleh proses peledakan. Volume tersebut dinamakan volume padat (solid atau insitu atau bank), sedangkan volume yang telah terberai disebut volume lepas (*loose*) (Sundari, 2019). Untuk menghitung volume batuan yang akan diledakkan dapat menggunakan persamaan (2.24) dan (2.25).

$$\text{Volume Perlubang } (V_s) = B \times S \times H \dots\dots\dots (2.24)$$

$$\text{Volme Total } (V_s \text{ total}) = B \times S \times H \times n \dots\dots\dots (2.25)$$

Keterangan :

B = *Burden* (m)

S = *Spacing* (m)

H = Kedalaman Lubang Ledak (m)

n = Jumlah Lubang Ledak

### 2.2.3. Fragmentasi

Fragmentasi adalah istilah umum untuk menunjukkan ukuran setiap bongkah batuan hasil peledakan. Ukuran fragmentasi tergantung pada proses selanjutnya. Untuk tujuan tertentu ukuran fragmentasi yang besar atau *boulder* diperlukan, misalnya disusun sebagai penghalang (*barrier*) di tepi jalan tambang. Hasil dari fragmentasi juga sangat menentukan hasil produksi suatu perusahaan dan target pada penjualan suatu perusahaan (Rinaldo, 2018).

#### 2.2.3.1. Mekanisme Pecahnya Batuan

Salah satu metode pemberaian pada batuan adalah metode pemboran dan peledakan. Metode pemboran dan peledakan bertujuan untuk menghancurkan, melepas ataupun membongkar batuan dari batuan induknya, untuk memenuhi target produksi dan memindahkan batuan yang telah hancur menjadi tumpukan material (*muckpile*) yang siap untuk dimuat ke dalam alat angkut. (Sunaryadi, 2011).

Salah satu indikator untuk menentukan keberhasilan suatu kegiatan pemboran dan peledakan adalah tingkat fragmentasi batuan yang dihasilkan dari kegiatan pemboran dan peledakan tersebut. Diharapkan ukuran fragmentasi batuan yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan pada kegiatan penambangan selanjutnya. Fragmentasi batuan yang memerlukan pemecahan ulang dinyatakan sebagai bongkah, sehingga diperlukan upaya pemecahan ulang agar batuan tersebut bisa digunakan. (Sunaryadi, 2011).

Untuk dapat mencapai tujuan di atas, diperlukan kontrol dan pengawasan terhadap faktor yang dapat mempengaruhi suatu operasi peledakan. Pada prinsipnya, pecahnya batuan akibat energi peledakan dapat dibagi dalam 3 tahap, yaitu : *dynamic loading*, *quasi-static loading*, dan *release of loading* (Sunaryadi, 2011). Proses mekanisme pecahnya batuan dapat dilihat pada gambar 2.16.

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

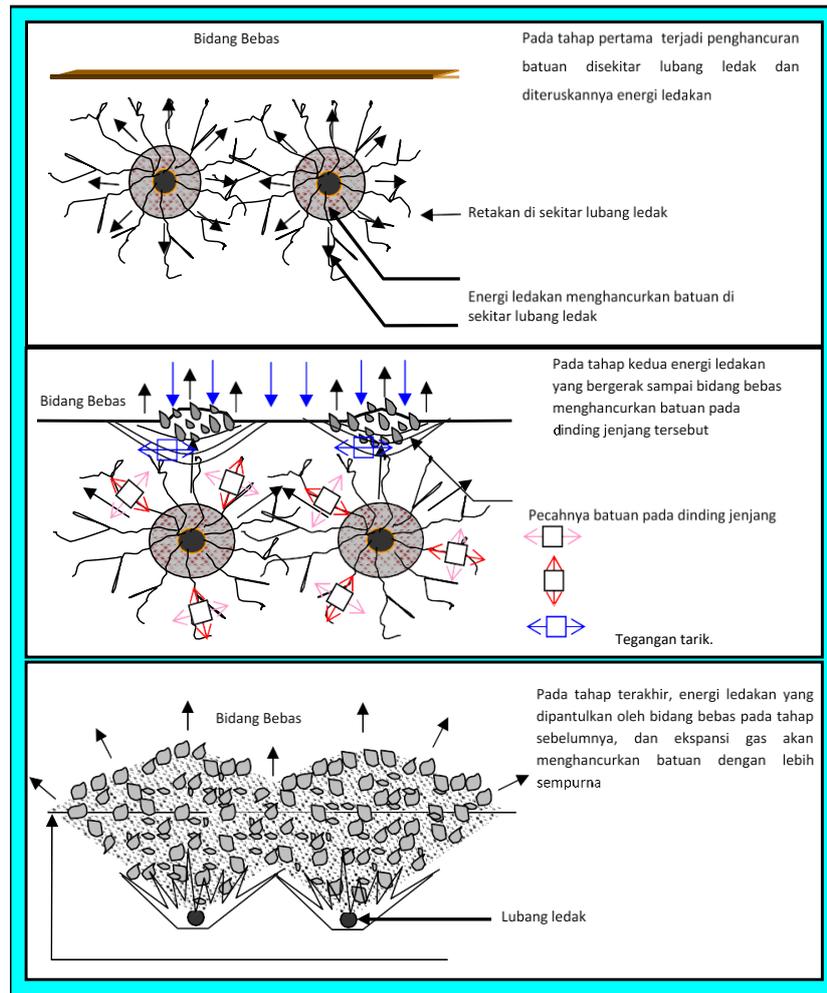
Pada saat bahan peledak diledakkan di dalam lubang ledak, maka terbentuk temperatur dan tekanan yang tinggi. Hal ini mengakibatkan hancurnya batuan di sekitar lubang ledak serta timbulnya gelombang kejut (*shock wave*) yang merambat menjauhi lubang ledak dengan kecepatan antara 3000 – 5000 m/detik, sehingga menimbulkan tegangan tangensial yang mengakibatkan adanya rekahan menjari mengarah keluar di sekitar lubang ledak. (Sunaryadi, 2011).

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

Tekanan yang meninggalkan lubang ledak pada proses pemecahan tingkat II adalah positif. Apabila *shock wave* mencapai bidang bebas (*free face*) akan dipantulkan kemudian berubah menjadi negatif sehingga menimbulkan gelombang tarik (*tensile wave*). Karena gelombang tarik ini lebih besar dari kekuatan tarik batuan, maka batuan akan pecah dan terlepas dari batuan induknya (*spalling*) yang dimulai dari tepi bidang bebasnya. (Sunaryadi, 2011).

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

Karena pengaruh tekanan dan temperatur gas yang tinggi maka retakan menjari yang terjadi pada proses awal akan meluas secara cepat yang diakibatkan oleh kekuatan gelombang tarik dan retakan menjari. Massa batuan yang ada di depan lubang ledak akan terdorong oleh terlepasnya kekuatan gelombang tekan yang tinggi dari dalam lubang ledak, sehingga pemecahan batuan yang sebenarnya akan terjadi. Umumnya batuan akan pecah secara alamiah mengikuti bidang – bidang yang lemah, seperti kekar dan bidang perlapisan. (Sunaryadi, 2011).



Sumber : Sunaryadi, 2011

**Gambar 2.16** Mekanisme pecahnya batuan

### 2.2.3.2. Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Fragmentasi

Tingkat fragmentasi batuan hasil peledakan merupakan suatu petunjuk yang sangat penting dalam menilai keberhasilan dari suatu kegiatan peledakan, dimana material yang memiliki ukuran seragam lebih diharapkan daripada material yang banyak berukuran bongkah. Tingkat fragmentasi yang kecil akan menambah produktivitas, mengurangi keausan dan kerusakan peralatan sehingga menurunkan biaya pemuatan, pengangkutan dan proses berikutnya, dalam beberapa pekerjaan juga akan mengurangi *secondary blasting* (Purnama, 2019). Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap fragmentasi hasil peledakan adalah :

a. Karakteristik Massa Batuan

Pada suatu proses peledakan densitas dan kekuatan (*strength*) dari batuan mempunyai hubungan yang cukup erat. Secara umum batuan yang mempunyai densitas yang rendah dapat lebih mudah dihancurkan dengan faktor energi yang lebih rendah, sedangkan batuan yang mempunyai densitas yang lebih tinggi memerlukan energi yang lebih tinggi untuk mendapatkan hasil fragmentasi yang memuaskan. (Purnama, 2019).

b. Struktur Geologi Batuan

Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam merencanakan suatu operasi peledakan adalah struktur geologi. Sejauh menyangkut penggalian, massa batuan dibedakan menjadi dua kelompok yaitu segar dan lapuk. Untuk batuan segar, sifat diskontinuitas berperan penting, karena melalui zona diskontinuitas ini proses pelapukan akan berlangsung secara intensif. Diskontinuitas ini dapat berupa kekar, rekahan, sesar, dan bidang-bidang perlapisan. Rekahan pada batuan bukan merupakan gejala yang kebetulan. Umumnya hal ini terjadi akibat hasil kekandasan akibat tegangan (*stress*), karena itu rekahan akan mempunyai sifat-sifat yang menuruti hukum fisika (Purnama, 2019).

Sesar atau patahan secara geologi adalah sesar sebagai bidang rekahan yang disertai oleh adanya pergeseran relatif (*displacement*) satu blok terhadap blok batuan lainnya. Bidang perlapisan hanya ditemukan pada batuan sedimen, yaitu suatu bidang yang memisahkan antara suatu jenis batuan tertentu dengan batuan lain yang diendapkan kemudian, misalnya batas antara lapisan batu pasir dengan batu gamping, atau batas lapisan batu pasir yang satu dengan batu pasir lainnya yang dapat dibedakan.

Kekar merupakan rekahan - rekahan dalam batuan yang terjadi karena tekanan atau tarikan yang disebabkan oleh gaya - gaya yang bekerja dalam kerak bumi atau pengurangan bahkan kehilangan tekanan dimana pergeseran dianggap sama sekali tidak ada. Struktur kekar ini sangat penting diketahui dan merupakan pertimbangan utama dalam operasi peledakan, dengan adanya struktur kekar ini maka energi gelombang tekan dari bahan peledak akan mengalami penurunan yang disebabkan adanya gas - gas hasil reaksi peledakan yang menerobos melalui

rekahan, sehingga mengakibatkan penurunan daya tekan terhadap batuan yang akan diledakkan. Penurunan daya tekan ini akan berdampak terhadap batuan yang diledakkan sehingga dapat mengakibatkan terjadinya bongkah pada batuan hasil peledakan bahkan batuan hanya mengalami keretakan.

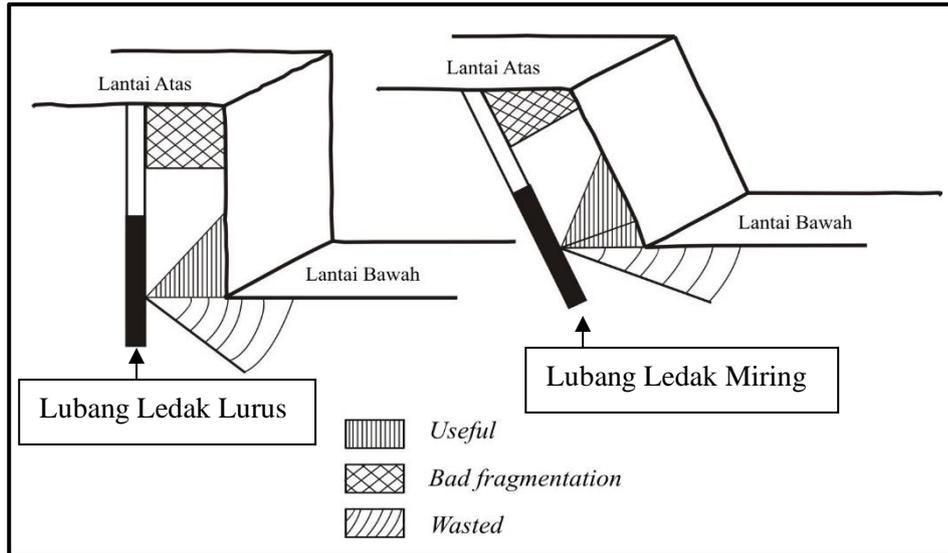
#### c. Air Tanah

Kondisi air tanah sangat mempengaruhi proses peledakan, adanya air menyebabkan bahan peledak harus mengubah air disekitarnya menjadi uap air selama proses detonasi. Jika kandungan air tanah pada suatu daerah blok peledakan sangat tinggi, bahan peledak (ANFO) kemungkinan tidak akan meledak atau rusak dan akan terjadi *misfire*. Untuk mengatasi hal ini bahan peledak perlu dibungkus dengan bahan yang tahan air sebelum dimasukkan ke lubang ledak atau jika lubang ledak sudah terisi air maka air dikeluarkan dengan udara bertekanan tinggi dari kompresor (Purnama, 2019).

Selain dengan membungkus bahan peledak ANFO dengan kantong plastik, masalah air dalam lubang ledak juga dapat diatasi dengan mengganti bahan peledak ANFO dengan HANFO (*heavy ANFO*) yaitu campuran antara ANFO dengan emulsi dengan perbandingan tertentu (Purnama, 2019).

#### d. Kemiringan Lubang Ledak

Kemiringan lubang ledak secara teoritis ada dua, yaitu lubang ledak tegak dan lubang ledak miring. Rancangan peledakan yang menerapkan lubang ledak tegak, maka gelombang tekan yang dipantulkan oleh bidang bebas lebih sempit, sehingga kehilangan gelombang tekan akan cukup besar pada lantai jenjang bagian bawah, hal ini dapat menyebabkan timbulnya tonjolan pada lantai jenjang. Sedangkan pada peledakan dengan lubang ledak miring akan membentuk bidang bebas yang lebih luas, sehingga akan mempermudah proses pecahnya batuan dan kehilangan gelombang tekan pada lantai jenjang menjadi lebih kecil. (Purnama, 2019) (Gambar 2.17).



Sumber : Riadi, 2018

**Gambar 2.17** Pemboran dengan lubang ledak tegak dan lubang ledak miring

**2.2.3.3. Metode Kuz-Ram**

Metode Kuz-Ram merupakan metode untuk menganalisis fragmentasi hasil peledakan berdasarkan geometri peledakan yang ada di lapangan. Metode Kuz-Ram merupakan pengembangan dari persamaan Kuznetov dan persamaan Rossin-Ramler. Persamaan empiris pada hubungan antara ukuran fragmentasi rata – rata dan penerapan energi peledakan tiap unit volume batuan (*powder factor*) telah dikembangkan oleh Kuznetov sebagai fungsi dari tipe batuan. Persamaan Kuznetov memberikan ukuran fragmentasi batuan rata – rata dan persamaan Rossin-Ramler menentukan presentase material yang tertampung di ayakan dengan ukuran tertentu. Data yang diperlukan dalam menggunakan metode ini adalah data geometri peledakan, karakteristik batuan dan spesifikasi bahan peledak. Langkah – langkah perhitungan fragmentasi peledakan dengan metode Kuz-Ram dapat dilihat pada persamaan (2.26), (2.27), (2.28), dan (2.29). (Purwanto, 2016).

$$X_m = A \left(\frac{V}{Q}\right)^{0,8} \times (Q)^{0,17} \times \left(\frac{E}{115}\right)^{-0,63} \dots\dots\dots (2.26)$$

Keterangan :

$X_m$  = Ukuran rata – rata fragmentasi batuan (cm)

A = Faktor batuan

- V = Volume batuan yang terbongkar (m<sup>3</sup>)  
 Q = Berat bahan peledak tiap lubang ledak (kg)  
 E = *Relative weight strength* (ANFO = 100)

Untuk mengetahui besarnya presentase bongkah pada hasil peledakan digunakan rumus Indeks Keseragaman (n) dan Karakteristik Ukuran (Xc), dengan persamaan sebagai berikut :

$$n = \left[ 2.2 - \left( 14 \frac{B}{D} \right) \right] \times \left( 1 - \frac{W}{B} \right) \times \left[ 1 + \frac{(A'-1)}{2} \right] \times \frac{PC}{H} \dots\dots\dots (2.27)$$

Keterangan :

- B = *Burden* (m)  
 D = Diameter (mm)  
 W = Standar deviasi lubang bor (m)  
 A' = Rasio spasi/*burden* (m)  
 PC = Panjang muatan handak (m)  
 H = Tinggi jenjang (m)

Karakteristik ukuran dihitung menggunakan persamaan Rossin – Ramler :

$$Xc = \frac{X}{(0,693)^{1/n}} \dots\dots\dots (2.28)$$

Keterangan :

- Xc = Karakteristik ukuran (cm)  
 X = Ukuran rata – rata fragmen batuan (cm)  
 n = Indeks keseragaman

Sedangkan untuk mengetahui presentase bongkah adalah sebagai berikut :

$$R_x = e^{-\left(\frac{x}{Xc}\right)^n} \dots\dots\dots (2.29)$$

Keterangan :

- Rx = Perbandingan material yang tertinggal pada ayakan  
 Xc = Karakteristik ukuran (cm)  
 X = Ukuran ayakan (cm)

- e = ephsilon = 2,71  
n = Indeks keseragaman

#### 2.2.3.4. Faktor Batuan

Salah satu data masukan untuk model Kuz-Ram adalah faktor batuan yang diperoleh dari indeks kemampuan ledak atau *blastability index* (BI). Nilai BI ditentukan dari penjumlahan bobot lima parameter yaitu : *Rock mass description* (RMD), *joint plane spacing* (JPS), *joint plane orientation* (JPO), *specific gravity influence* (SGI), dan *hardness* (H). Nilai indeks peledakan ini dapat digunakan untuk mencari besarnya faktor batuan (Pratama, 2020).

**Tabel 2.4** Pembobotan Massa Batuan Untuk Peledakan

| Parameter  | Pembobotan   |
|--|--|
| 1. <i>Rock Mass Description (RMD)</i><br>▪ <i>Powdery / Friable</i><br>▪ <i>Blocky</i><br>▪ <i>Totally massive</i>                                       | NILAI<br>10<br>20<br>50                              |
| 2. <i>Joint Mass Description (JPS)</i><br>▪ <i>Close (Spasi &lt; 0,1 m)</i><br>▪ <i>Intermediate (Spasi 0,1 - 1 m)</i><br>▪ <i>Wide (Spasi &gt; 1 m)</i> | 10<br>20<br>50                                       |
| 3. <i>Joint Plane Orientation (JPO)</i><br>▪ <i>Horizontal</i><br>▪ <i>Dip out of face</i><br>▪ <i>Strike normal to face</i><br>▪ <i>Dip into face</i>   | 10<br>20<br>30<br>40                                 |
| 4. <i>Spesific Gravity Influence (SGI)</i>   | $SGI = 25 \times SG - 50$                            |
| 5. <i>Hardness (H)</i>   | $H = 0,05$ (UCS),<br><i>Rating 1-10</i> (skala Mohs) |

Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung indeks peledakan yaitu :

$$BI = 0,5 \times (RMD + JPS + JPO + SGI + H) \dots \dots \dots (2.30)$$

Keterangan :

- BI = *Blastability Index*  
RMD = *Rock Mass Description*

- JPS = *Joint Plane Spacing*  
 JPO = *Joint Plane Orientation*  
 SGI = *Specific Gravity Influence*  
 H = *Hardness*

Persamaan yang digunakan untuk mencari faktor batuan (A), yaitu :

$$A = BI \times 0,12 \dots\dots\dots (2.31)$$

1) *Rock Mass Description (RMD)*

*Rock mass description* parameter yang digunakan untuk menunjukkan kualitas massa batuan dengan melakukan pengamatan struktur batuan dengan cara RQD (*Rock Quality Design*). Perhitungan dilakukan dengan cara mengukur jumlah kekar rata – rata menggunakan *scan-line* sepanjang 100 cm, pengukuran jumlah kekar dilakukan secara vertical, horizontal, dan diagonal pada dinding lereng sehingga dari pengukuran tersebut akan diperoleh presentase rata – rata RQD. Nilai RQD dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$RQD = 100(0.1\lambda + 1)e^{-0.1\lambda} \dots\dots\dots (2.32)$$

Keterangan :

$\lambda$  = Banyak kekar dalam 1 meter

**Tabel 2.5** Klasifikasi Massa Batuan (Terzhagi, 1946)

| Kondisi Batuan                                  | RQD    |
|---|--------|
| <i>Hard intact</i>                              | 99-100 |
| <i>Hard stratified, or schistose</i>            | 95-99  |
| <i>Massive, moderately jointed</i>              | 85-95  |
| <i>Moderately bloky and seamy</i>               | 75-85  |
| <i>Very bloky and seamy</i>                     | 30-75  |
| <i>Completelu crushed but chemically intact</i> | 3-30   |
| <i>Sand and grafel</i>                          | 0-3    |

## 2) *Joint Plane Spacing (JPS)*

JPS atau biasa dikenal dengan spasi bidang kekar, *joint plane spacing* merupakan jarak tegak lurus antar dua bidang lemah yang berurutan. Semakin jauh jarak antar bidang lemah maka batuan dapat dikatakan memiliki perlapisan yang sangat tebal. Sedangkan bila jarak antar bidang lemah kecil maka batuan dapat dikatakan terdiri dari laminasi tipis (sedimentasi). Untuk mencari nilai spasi bidang kekar dengan mengukur dengan meteran berapa jarak antar kekar dengan kekar lainnya. Apakah  $\Sigma$  jarak antar kekar itu dekat, sedang, ataupun lebar. Untuk mendapatkan nilai JPS perlu dilakukan perhitungan dengan mengetahui nilai dari frekuensi bidang lemah permeter menggunakan persamaan berikut :

$$JPS = \frac{\text{Panjang Scanline}}{\Sigma \text{Diskontinuitas}} \dots\dots\dots (2.33)$$

## 3) *Joint Plane Orientation (JPO)*

JPO atau lebih sering dikenal dengan orientasi bidang kekar. Parameter penyusun untuk mendapatkan nilai JPO antara lain yaitu arah kekar, arah peledakan, dan arah bidang bebas. Untuk mendapatkan nilai orientasi bidang kekar dilakukan pengamatan secara visual dilokasi penelitian apakah orientasi bidang lemah mengarah ke dalam jenjang, keluar jenjang, horizontal, atau menuju keluar.

## 4) *Specific Gravity Influence (SGI)*

SGI atau lebih dikenal dengan indeks bobot isi batuan. Untuk mencari nilai indeks bobot isi batuan dilakukan uji lab batuan, berat jenis batuan merupakan perbandingan antara nilai berat batuan asli dari lapangan dengan berat batuan asli dikurangi berat batuan dalam air.

## 5) *Hardness (H)*

*Hardness* atau lebih dikenal dengan kekerasan batuan. Sifat mekanik batuan yang dibutuhkan untuk menentukan nilai faktor batuan adalah dengan menguji kekerasan batuan dan mendapatkan nilai *Unconfined Compressor Stress (UCS)*.

### 2.2.4. Penelitian Terdahulu

Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu

| No. | Nama / Tahun                                | Judul   | Metode Penelitian  | Hasil Penelitian  |
|-----|---|---|--|---|
| 1.  | Fadlillah Rosyad, Zaenal dan Solihin / 2016 | Evaluasi Geometri Peledakan untuk Menghasilkan Fragmentasi yang diinginkan pada Kegiatan Pemberaian Batuan Andesit di PT Mandiri Sejahtera Sentra, Kabupaten Purwakarta Provinsi Jawa Barat | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Melakukan analisa geometri peledakan menggunakan perhitungan R.L. Ash dan C.J. Konya</li> <li>2. Membandingkan hasil peledakan menurut teori R.L. Ash dan C.J. Konya baik itu dari fragmentasi batuan, volume batuan hasil peledakan, dan <i>powder factor</i>.</li> </ol>   | Didapatkan hasil perhitungan geometri peledakan teoritis R.L. Ash dan C.J Konya serta didapatkan hasil boulder dari kedua rancangan tersebut $\geq 80$ cm.  |
| 2.  | Aljon A. M. Simbolon / 2013                 | Pengaruh Kuantitas Bahan Peledak Terhadap Produksi Andesit dan Getaran Di Sudamanik Kecamatan Cigudeg Kabupaten Bogor   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dalam melakukan pengukuran.</li> <li>2. Dilakukan pengukuran variabel jumlah bahan peledak dalam satuan kg pada tiap pelaksanaan peledakan.</li> <li>3. Dilakukan perhitungan variabel produksi batu andesit dalam satuan ton melalui pengukuran dimensi blok batuan andesit yang diledakkan.</li> <li>4. Dilakukan pengukuran jarak dan variabel tingkat getaran peledakan yang diwakili kecepatan partikel tanah dalam satuan mm/detik serta taraf intensitas bunyi ledakan dalam satuan dB yang dicatat oleh instrumen seismograf yang dipasang di dekat pemukiman masyarakat.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kuantitas pemakaian bahan peledak berpengaruh linier positif terhadap produksi batuan andesit hasil peledakan dengan model persamaan <math>\hat{Y}_i = 4.4X + 66.4</math>.</li> <li>2. Pengaruh kuantitas bahan peledak yang sama dan jarak secara simultan terhadap taraf intensitas bunyi ledakan adalah berbentuk logaritma dengan model persamaan <math>TI_2 = TI_1 - 20 \log(r_2/r_1)</math>, dan TI bunyi ledakan yang terjadi masih di bawah baku mutu SNI 7570: 2010.</li> <li>3. Persepsi responden terkait dampak kegiatan peledakan yang paling dikhawatirkan adalah terjadinya <i>fly rock</i> (58%), getaran tanah (19%),</li> </ol> |

|    |                       |   |  |   |
|----|-----------------------|---|--|---|
|    |                       |   | 5. Pengkajian dilakukan dari data yang terkumpul dari kuesioner sebanyak 100 orang responden yang bermukim di sekitar Gunung Suda manik.   | tertutupnya akses jalan pada saat peledakan (11%), intensitas bunyi ledakan (4%), dan menyatakan bahwa tidak ada yang dikawatirkan dari kegiatan peledakan (8%).  |
| 3. | Heri Wiratmoko / 2011 | Kajian Teknis Pengaruh Pengeboran Miring Pada Peledakan Lapisan Tanah Penutup Terhadap Produktivitas Alat Muat Shovel Liebherr 9350 Di Collar 2 -3 PT. Saptaindra Sejati Tutupan Kalimantan Selatan | <p>1. Metode yang digunakan yaitu studi literatur untuk mendapatkan referensi, serta pengumpulan data primer di lapangan dan data sekunder milik perusahaan.</p> <p>2. Dilakukan juga interview (tanya jawab kepada operator dilapangan dan Group Leader yang menangani kegiatan peledakan pada PT. SIS beserta staf dan kontraktornya).</p> | <p>1. Hasil peledakan dengan geometri lubang miring pada daerah <i>collar</i> yang diterapkan saat ini telah mampu meningkatkan produktifitas untuk alat muat yang melakukan kegiatan <i>loading</i> yaitu SH01A sebesar 23,15% dan SH02A sebesar 40,85%.</p> <p>2. Peledakan dengan menggunakan pemboran miring lantai yang lebih rata dan mengurangi terbentuknya tonjolan pada <i>toe</i> atau biasa disebut candi.</p> <p>3. Dari hasil pengamatan diperoleh penurunan <i>cycletime</i> sebesar 89,07 detik, dan dengan geometri peledakan menggunakan lubang miring didapat waktu edar rata-rata sebesar 88,2 detik. Sedangkan waktu edar rata-rata Shovel Liebherr 9350 SH02A adalah 91,89 detik pada peledakan dengan pemboran tegak dan 86,22 detik pada peledakan dengan pemboran miring sehingga akan meningkatkan produktifitas alat.</p> <p>4. Meningkatkan nilai <i>recovery</i> peledakan sebesar 13,55% dari 1,65 meter tinggi material yang tersisa menjadi hanya 0,35 meter.</p> |