

BIDANG ILMU: PERTAMBANGAN

**LAPORAN PENELITIAN HIBAH DOKTOR**



**STUDI PEMBORAN PADA *SMALL SCALE DRILLING*  
MENGUNAKAN MEDIA BETON**

**Oleh:**

**Syamsul Hidayat, ST, MT, Ph.D (Ketua)      NIDN: 0815118402**

**Melinda Dwi Erintina, S.Si, M.Sc (Anggota)      NIDN: 0802059401**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
NOVEMBER 2024**

## HALAMAN PENGESAHAN

1. a. Judul Penelitian : Studi Pemboran Pada *Small Scale Drilling*  
Menggunakan Media Beton
  - b. Bidang Ilmu : Pertambangan
  2. Ketua Penelitian
  - a. Nama Lengkap dan Gelar : Syamsul Hidayat, ST, M.T, Ph.D
  - b. Jenis Kelamin : Pria
  - c. Golongan/Pangkat/NIP : IIIA
  - d. Jabatan Fungsional : Asisen Ahli
  - e. Prodi/Jurusan/Fakultas : D3 Teknik Pertambangan
  3. Anggota Peneliti
  - a. Nama Anggota : Melinda Dwi Erintina, S.Si, M.Sc
  - b. Jenis Kelamin : Perempuan
  - c. Golongan/Pangkat/NIP : IIIA
  - d. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
  - e. Prodi/Jurusan/Fakultas : D3 Teknik Pertambangan
  4. Lokasi Penelitian : Laboratorium Mekanika Batuan UMMAT
  5. Lama Penelitian : 3 (Tiga) bulan
  6. Biaya yang diperlukan :
    - a. LPPM UMMAT :Rp. 8.500.000,-
    - b. Sumber lain,sebutkan :Rp. 0
- Jumlah :Rp. 8.500.000,-

Mataram, 4 November 2024



Menyetujui ;  
Dekan Fakultas Teknik,

Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST., M.Sc  
NIDN. 0806027101

Ketua Peneliti,

SYAMSUL HIDAYAT, ST, M.T, Ph.D  
NIDN. 0815118402

Mengetahui  
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat  
Universitas Muhammadiyah Mataram

Dr. SRI REJEKI, M.Pd  
NIDN. 0824038702  
0810126601

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	4
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	5
1.1 Latar Belakang .....	5
1.3. Rumusan Masalah .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 <i>Drillability</i> .....	5
2.2 Penelitian terdahulu.....	11
<b>BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN</b> .....	12
3.1. Tujuan Penelitian .....	13
3.2. Manfaat Penelitian.....	13
3.2.1. Manfaat Kelimuan.....	13
3.2.2. Manfaat Praktis.....	14
<b>BAB IV. METODE PENELITIAN</b> .....	12
4.2. Studi Pustaka .....	15
4.2. Alat dan Media .....	15
4.3. Pengujian Benda Uji .....	17
4.4. Analisis Data .....	17
<b>BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	16
5.1. Hasil .....	19
5.2. Pembahasan .....	29
5.3. Luaran Penelitian.....	30
<b>BAB V. KESIMPULAN</b> .....	31
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## ABSTRAK

Pemboran untuk menyediakan lubang ledak adalah kegiatan pertama dan vital perannya dalam tahap kegiatan pembongkaran batuan pada aktifitas tambang terbuka maupun tambang bawah tanah. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui *penetration rate* pada setiap perbedaan kekerasan material dan perbedaan kecepatan RPM (revolution per minute / putaran per menit) mesin bor. Selain *penetration rate* penelitian ini juga dilakukan untuk mengetahui kemunculan dust cloud (awan debu) pada setiap perbedaan kekerasan dan kecepatan RPM mesin bor. Kegiatan pemboran dilakukan pada media beton ukuran 40 x 30 x 12 cm (panjang x lebar x tinggi) menggunakan alat bor duduk. Pemboran dilakukan pada 7 (tujuh) kondisi berbeda berdasarkan perbedaan kekerasan dan RPM mesin. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, diperoleh bahwa *penetration rate* pada material yang lebih lunak lebih cepat dibanding pada material yang lebih keras. Meningkatnya *penetration rate* terjadi secara proporsional sering dengan bertambahnya kecepatan RPM mesin pada material lunak. Pada material keras perbedaan *penetration rate* secara berarti terjadi pada pemboran dengan RPM lambat dan sedang, namun tidak ada perbedaan *penetration rate* yang signifikan antaran pemboran dengan kecepatan sedang dengan cepat. Pada material keras, ada “zona atau batas” dimana kenaikan atau penambahan RPM mesin bor tidak akan berpengaruh signifikan terhadap perubahan *penetration rate*. Kehadiran diskontinuitas yang tidak kompleks pada material tidak memberikan pengaruh yang berarti pada perbedaan *penetration rate*. Keberadaan diskontinuitas yang tidak kompleks dari sisi banyaknya jumlah dan bergamnya orientasi diskontinuitas tidak memberikan dampak pada *penetration rate*. Pemboran pada material yang lebih lunak menghasilkan semburan awan debu (dust cloud) dengan frekuensi yang lebih banyak secara signifikan.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pemboran untuk menyediakan lubang ledak adalah kegiatan pertama dan vital perannya dalam tahap kegiatan pembongkaran batuan pada aktifitas tambang terbuka maupun tambang bawah tanah. Waktu digunakan untuk aktifitas pemboran akan berpengaruh pada kegiatan penambangan berikutnya. Di satu sisi, sebagai konsekuensi logisnya lama dan tidak nya waktu pemboran akan berpengaruh secara ekonomi berupa kenaikan biaya pemboran. *Drilling rate* / laju penetrasi pemboran pada suatu batuan di lapangan akan dipengaruhi oleh dua faktor utama yaitu kekerasan massa batuan dan kehadiran diskontinuitas serta bidang diskontinuitas. Kekerasan batuan mempengaruhi daya tembus mata bor sehingga juga berdampak pada kecepatan penetrasi mata bor. Kehadiran diskontinuitas juga akan mempengaruhi *drilling rate* / kecepatan laju pemboran. Dua faktor ini pada akhirnya secara keseluruhan akan mempengaruhi *cycle time* / waktu edar pemboran di lapangan.

Para peneliti sebelumnya telah melakukan studi terkait dengan laju pemboran. Srivastava & Vemavarapu (2021), melakukan investigasi laju pemboran pada jenis batuan dengan karakter fisik dan mekamik berbeda. Pada penelitian tersebut setelah data penetrasi dikumpulkan, ditabulasi dan Analisa statistic maka peneliti merekomendasikan metode peramalan *drillability*/kemampuan boran. Yu dkk. (2021), melakukan eksperimen laboratorium pada media beton, hasil dari data yang ada digunakan untuk mengestimasi *drillability* dan *drilling specific energy* dengan melibatkan parameter-parameter seperti diameter mata bor, luas penampang lubang bor, torsi serta kecepatan putar bor. Rais dkk (2017), melakukan studi-studi eksperimental kegiatan pemboran lapangan dengan variasi putaran dan tekanan mata bor pada batuan dengan formasi geologi yang berbeda. Studi tersebut menentukan model matematika yang representatif yang dapat digunakan oleh para *engineer* lapangan untuk memprediksi *penteration rate* / laju penetrasi pemboran. Sebagaimana hasil penelitian sebelumnya yang telah disebutkan di atas, bahwa secara spesifik kehadiran bidang diskontinuitas pada batuan serta dampaknya pada kegiatan pemboran perlu investigasi lanjutan untuk kesinambungan research pada isu ini.

Penelitian pemboran tentunya dapat juga dilakukan pada pemboran untuk peledakan di lapangan di mana kecenderungan penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian observasi. *Small scale drilling* memberikan peluang pada peneliti untuk melakukan intervensi pada isu variable penelitian sehingga dapat lebih terarah isu yang akan didiskusikan. Penelitian ini merupakan kajian terhadap pemboran pada *small scale drilling* (pemboran skala kecil) menggunakan media beton.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan pada sub-bab sebelumnya maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah meliputi dua hal yaitu:

1. Bagaimana perubahan *penetration rate* pada setiap perbedaan kekerasan material?
2. Bagaimana perubahan *penetration rate* pada setiap perbedaan kecepatan putaran mesin bor?
3. Bagaimana kemunculan dust cloud (awan debu) pada setiap perbedaan kekerasan dan kecepatan mesin bor?

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Drillability

*Drillability* atau kemampuboran suatu batuan utuh dapat didefinisikan sebagai kemampuan batuan untuk ditembus oleh mata bor standar dalam jangka waktu tertentu. Kemampuboran dipengaruhi oleh perbedaan sifat fisik dan mekanik batuan, geometri alat dan parameter operasionalnya. Penilaian terhadap kemampuboran membantu dalam mengevaluasi kinerja alat pemotong. Mengukur kemampuboran menjadi penting karena dapat digunakan untuk membuat model prediksi kinerja dan keausan alat. Kemampuboran umumnya dinyatakan dalam laju penetrasi/ *penetration rate* (PR) dan terkadang dalam bentuk nilai indeks seperti indeks laju pengeboran/ *drilling rate index* (DRI), indeks penetrasi lapangan/ *field penetration index* (FPI), indeks boreabilitas/*boreability index* (BI), indeks kekerasan Cerchar/ *Cerchar hardness index* (CHI), dll. Meskipun ada beberapa metode yang dikembangkan untuk penilaian kemampuboran batuan, DRI adalah metode yang paling populer untuk memprediksi kinerja TBM dan keausan pahat di industri konstruksi sedangkan di industri pertambangan batubara, indeks kekerasan Cerchar (CHI) paling banyak digunakan untuk memprediksi tingkat penetrasi mesin bor dan kinerja roadheader. Oleh karena itu, evaluasi terperinci terhadap metode estimasi laju pengeboran dalam berbagai kekerasan dan abrasivitas batuan diperlukan untuk menyarankan metode yang paling sesuai (Srivastava & Vemavarapu 2021).

Berdasarkan hasil percobaan yang diberikan pada Tabel 1, nilai UCS sampel yang diuji tegak lurus terhadap perlapisan/diskontinuitas lebih besar daripada nilai UCS sampel yang diuji sejajar dengan perlapisan/diskontinuitas. Hasil ini juga mendukung hasil eksperimen kemampuboran. Oleh karena itu, dapat dikatakan khususnya formasi batua *dead rock* lebih cocok dilakukan pemboran dan penggalian dengan arah sejajar dengan arah perlapisan (Yetkin, 2021).

**Tabel 1**

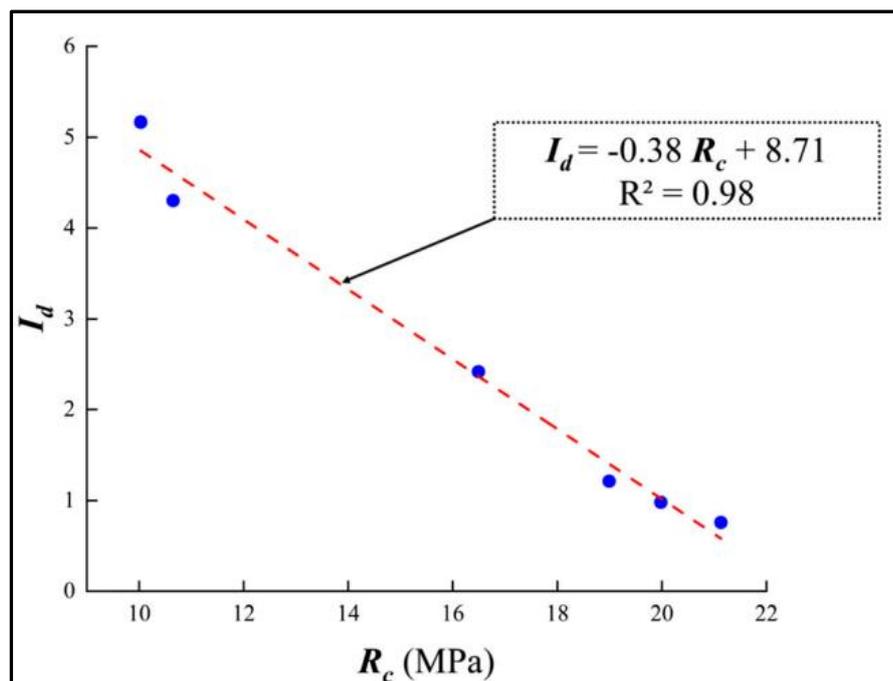
Sifat Geomekanik Ore dan Dead Rock Sesuai Arah Bidang Perlapisan (Yetkin, 2021)

Formation	Loading Conditions	BV (%)	SH	UCS (MPa)	UCS Mean (MPa)
Ore 1	Vertical to Bedding	43.93	33.51	105.08	91.35
Ore 2				77.63	
Ore 1	Parallel to Bedding			89.43	83.25
Ore 2				77.06	
Dead rock 1	Vertical to Bedding	49.26	47.11	99.81	103.05
Dead rock 2				106.18	
Dead rock 1	Parallel to Bedding			48.10	43.31
Dead rock 2				38.52	

Parameter pemboran sangat erat kaitannya dengan kondisi geologi batuan di sekitarnya, dan sistem pengukuran saat operasi pemboran/Measurement While Drilling (MWD) dapat memperoleh parameter pemboran secara akurat selama proses pemboran. Berdasarkan sistem ini, banyak ilmuwan telah mempelajari hubungan antara kekuatan batuan dan parameter pengeboran dalam beberapa dekade terakhir. Beberapa sarjana yang terutama berfokus pada analisis parameter pengeboran, seperti torsi (torque) dan gaya dorong (pushing force), dalam memprediksi kekuatan batuan (Yu dkk. 2021).

Dengan menggabungkan titik-titik data indeks kemampuboran batuan dan energi spesifik pengeboran dari seluruh lubang pengeboran di setiap spesimen, ditemukan bahwa fluktuasi keseluruhan indeks kemampuboran batuan lebih kecil dibandingkan dengan fluktuasi energi spesifik pengeboran. Selain itu, fluktuasi amplitudo indeks kemampuboran batuan kira-kira dapat mewakili derajat heterogenitas batuan ketika mengebor batuan dengan heterogenitas yang sangat besar. Meskipun parameter pengeboran berubah, indeks kemampuan pengeboran batuan tetap bernilai sama Ketika pengeboran dilakukan pada jenis batuan yang sama. Indeks kemampuboran batuan/ rock drillability index (Id) menurun seiring dengan bertambahnya kekuatan batuan secara linier. Pada proses pengeboran dengan kecepatan penetrasi yang rendah, energi yang dikonsumsi oleh gesekan/friction menyumbang sebagian besar total energi spesifik pengeboran, sehingga energi spesifik pengeboran tidak dapat mencerminkan kekuatan batuan dengan baik. Selain itu, dengan meningkatnya kecepatan putar alat bor, energi yang dikonsumsi oleh gesekan/friction akan semakin besar, yang diwujudkan dengan semakin besarnya energi spesifik pengeboran.

Setelah meningkatkan kecepatan penetrasi ke tingkat sedang-tinggi, energi spesifik pengeboran tidak akan banyak berubah selama pengeboran jenis batuan yang sama. Dengan membandingkan nilai error antara indeks kemampuboran batuan dan energi spesifik pemboran pada proses pemboran masing-masing benda uji, diketahui bahwa error energi spesifik pemboran lebih besar dibandingkan dengan error indeks kemampuboran batuan. Oleh karena itu, indeks kemampuboran batuan yang lebih unggul daripada energi spesifik pengeboran disarankan untuk penilaian kekuatan batuan secara real-time, yang juga didukung oleh hasil eksperimen dalam literatur (Yu dkk. 2021).

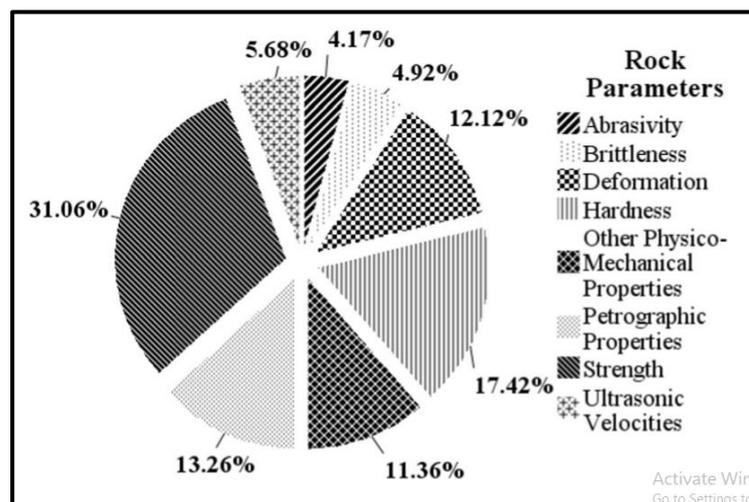


Gambar 2.  
Diagram Scatter Hubungan Indeks Kemampuboran dan UCS Batuan 10 - 20 MPa  
(Yu dkk. 2021).

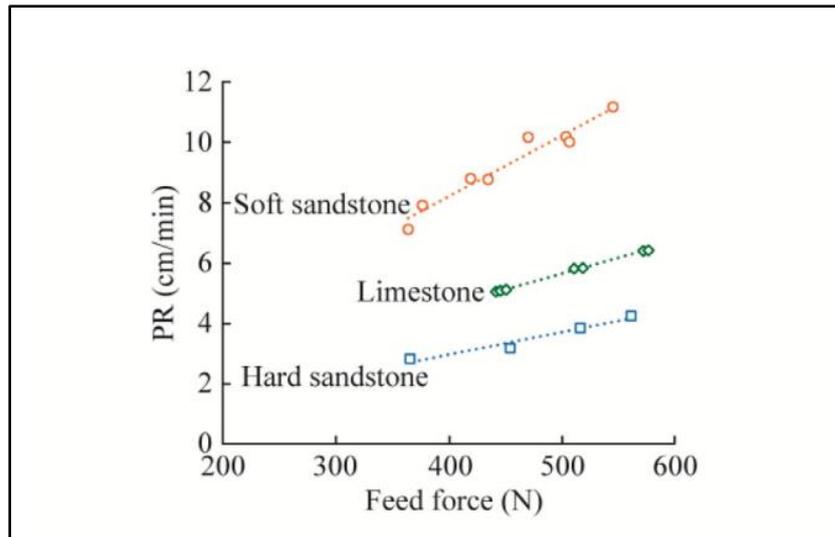
Batuan adalah kumpulan mineral, sedangkan mineral adalah senyawa kimia anorganik alami dengan struktur kristal yang sudah mapan. Kemampuboran, juga dikenal sebagai laju penetrasi bor, adalah laju masuknya alat pengeboran ke dalam batuan per satuan waktu. Metode pemboran dan peledakan adalah teknik penggalian yang menonjol dan banyak digunakan karena kemampuan adaptasinya dalam lingkungan batuan lunak – batuan sangat keras, serta kelayakan ekonomisnya. Semua perencana tambang atau proyek, penjadwalan, ahli atau insinyur pengeboran, produsen peralatan, peneliti, operator, kontraktor, lembaga pelaksana, dan otoritas keuangan tertarik untuk memprediksi kemampuboran batuan/drillability. Pengeboran dilakukan secara praktis di semua proyek penggalian penambangan, terowongan, gua bawah tanah, proyek

pembangkit listrik tenaga air, gua penyimpanan minyak, pertahanan, nuklir, dan yang terbaru juga luar angkasa seperti bulan dan Mars. Prediksi laju penetrasi pemboran sangat penting dalam berbagai tahapan proyek seperti perencanaan, pemilihan peralatan, perjanjian kontrak, estimasi anggaran, pengadaan peralatan batuan, dan pelaksanaan. Karena sebagian besar proyek penggalian mengadaptasi teknik pemboran dan peledakan di mana pengeboran merupakan komponen utama siklus penggalian, maka penting untuk memprediksi kemampuan pengeboran dengan benar. Pemilihan peralatan pengeboran yang tepat untuk kondisi *geoenvironmental* tertentu mengoptimalkan tingkat kemajuan dan kebutuhan peralatan pengeboran yang pada gilirannya membantu penjadwalan yang efisien, meningkatkan produktivitas, estimasi biaya yang tepat, dan, secara keseluruhan, kelayakan proyek itu sendiri (Prasad dkk. 2022).

Kemampuboran batuan bergantung pada parameter yang dapat dikontrol (mesin dan operasional) dan parameter yang tidak dapat dikontrol (sifat fisik-mekanis batuan utuh, fitur struktur massa batuan, rezim tegangan in situ, dan kondisi hidrologi). Dengan demikian, material batuan itu sendiri merupakan komponen penting yang harus ditangani dalam setiap proses seperti pengeboran dan peledakan, pengeboran tanjakan dan terowongan, penghancuran, dan pemotongan. (Prasad dkk. 2022)



Gambar 3  
Parameter Batuan dan Kaitannya dengan Studi Kemampuboran oleh Para Peneliti di Seluruh Dunia (Prasad dkk. 2022)



Gambar Data Mentah Laju Penetrasi diperoleh Langsung dari Mesin Bor Laboratorium (Park & Kim, 2020 paper 8)

## 2.2. Penelitian Terdahulu

Hubungan antara parameter kuantitatif dari batuan mikrofabrik dan laju pemboran telah diteliti. Laju pengeboran ditemukan meningkat dengan meningkatnya diameter ekuivalen (*equivalent diameter*) dan faktor bentuk (*shape factor*). Sebaliknya, laju pemboran menurun dengan meningkatnya kekompakan butiran (*grain compactness*), aspek rasio (*aspect ratio*), homogenitas ukuran butir (*grain size homogeneity*) dan indeks saling terkait butiran (*grain interlocking index*). Di antara parameter yang telah dipelajari, kekompakan butiran (*grain compactness*) menunjukkan hubungan yang paling signifikan ( $R^2 = 0,8$ ) dengan laju pembran (Hoseinie dkk. 2019). Indeks kemampuboran batuan (*rock drillability index*) dapat menggambarkan kekuatan batuan dengan baik, Selain itu ditemukan bahwa kesalahan estimasi penggunaan indeks kemampuboran batuan untuk menilai kekuatan batuan lebih kecil dibandingkan dengan kesalahan estimasi ketika menggunakan energi spesifik pemboran/*drilling specific energy* (Yu dkk. 2020). Estimasi *penetration rate* bisa dilakukan berdasarkan nilai densitas dan porositas, estimasi *drilling speed* bisa dibangun berdasarkan data schmidt hardness dan brazilian strength, dan estimasi *drilling speed* berdasarkan brittleness (S20), Brazilian strength, dan densitas. dari model estimasi yang dilakukan Brittleness-Brazilian-densitas adalah pendekatan yang memberikan hasil estimasi *penetration rate* terbaik (Bilim & karakaya; 2020).

Beberapa ilmuwan telah mempelajari hubungan antara kekuatan batuan dan parameter pengeboran dalam beberapa dekade terakhir, contohnya ada yang beberapa sarjana yang terutama berfokus pada analisis parameter pengeboran, seperti torsi (torque) dan gaya dorong (pushing force), dalam memprediksi kekuatan batuan (Yu dkk. 2021). Khususnya pada formasi batuan *dead rock* lebih cocok dilakukan pemboran dan penggalian dengan arah sejajar dengan arah perlapisan (Yetkin, 2021). Kemampuan batuan bergantung pada parameter yang dapat dikontrol (mesin dan operasional) dan parameter yang tidak dapat dikontrol (sifat fisik-mekanis batuan utuh, fitur struktur massa batuan, rezim tegangan in situ, dan kondisi hidrologi). Dengan demikian, material batuan itu sendiri merupakan komponen penting yang harus ditangani dalam setiap proses seperti pengeboran dan peledakan, pengeboran tanjakan dan terowongan, penghancuran, dan pemotongan (Prasad dkk. 2022). Berdasarkan Analisa menggunakan metode Multilayer perceptron syaraf tiruan mengindikasikan bahwa kandungan kuarsa dan rock strength factor (factor kekuatan batuan) secara dominan mempengaruhi *penetration rate* (Prasad dkk, 2022). Di antara berbagai sifat mekanik batuan yang ada; *fracture toughness*, indeks kekerasan *Cerchar* dan kuat tekan uniaxial UCS (kekuatan tekan uniaksial) ditemukan mempengaruhi kemampuan pengeboran batuan secara signifikan (Prasad dkk. 2022). *Penetration rate* (laju penetrasi) sangat dipengaruhi oleh kekerasan mineral, abrasi, dan susunan tekstur, terutama pada batuan sekis dan pegmatit. Adanya tekstur porfiri pada batuan sekis, dengan mineral dolomit yang lebih besar mengkristal dalam matriks kuarsa muskovit yang lebih halus, mengakibatkan mata bor macet selama pengeboran (Prasad dkk. 2023).

## BAB III

### TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

#### 3.1. Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian ini merupakan penelitian pemboran pemboran pada media beton yang menerapkan Teknik *small scale drilling*. Secara spesifik ada tiga tujuan yang ingin dicapai penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perubahan *penetration rate* pada setiap perbedaan kekerasan material
2. Mengetahui perubahan *penetration rate* pada setiap perbedaan kecepatan putaran mesin bor
3. Mengetahui bagaimana kemunculan dust cloud (awan debu) pada setiap perbedaan kekerasan material dan kecepatan mesin bor

#### 3.2. Manfaat Penelitian

Penetapan tujuan penelitian diharapkan untuk memperoleh manfaat penelitian, manfaat penelitian yang dimaksudkan dalam penelitian terdiri dari manfaat keilmuan dan manfaat praktis yang diperoleh secara bersamaan.

##### 3.2.1 Manfaat Keilmuan

Manfaat keilmuan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Metode yang diterapkan pada penelitian ini dapat diterapkan untuk penelitian yang sama secara lebih detail dengan jumlah sample yang lebih banyak
2. Metode pengamatan *penetration rate* dan debu pemboran berdasarkan perbedaan kekerasan material dan kecepatan mesin bor yang digunakan pada penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk diterapkan pada kasus real di lapangan
3. Berdasarkan temuan yang ada dalam penelitian ini, dapat dipertimbangkan untuk ke depannya bahwa menilai atau memprediksi perbedaan kekerasan material batuan yang satu dengan batuan lainnya dilakukan berdasarkan perbedaan *penetration rate*.

### 3.2.2. Manfaat Praktis

Manfaat praktis dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kesimpulan penelitian tentang perbedaan *penetration rate* berdasarkan kekerasan material dan kecepatan mesin bor dapat dijadikan acuan atau pertimbangan dalam pemilihan type kecepatan mesin bor atau estimasi waktu pemboran di lapangan
2. Kesimpulan penelitian tentang semburan debu yang cenderung lebih banyak pada kecepatan putaran mesin yang lambat dapat dijadikan acuan atau dipertimbangkan pada tindakan pengurangan resiko paparan debu pada kegiatan pemboran di lapangan

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

Pada bab ini dijabarkan metode penelitian yang dilaksanakan dari tahap awal sampai tahap akhir penelitian. Penelitian ini merupakan kegiatan penelitian pemboran skala laboratorium menggunakan media beton. Peralatan mesin bor yang digunakan merupakan mesin bor mini yang digunakan untuk membuat lubang bor pada media beton. Secara umum pada bab ini akan dijabarkan tentang tahap studi pustaka, alat dan media penelitian, pengujian benda uji, analisis data serta waktu pelaksanaan kegiatan penelitian.

#### **4.1. Studi Pustaka**

Tahap studi pustaka meliputi kegiatan yang dilakukan untuk pengumpulan informasi umum dan pengkajian literatur terkait tema penelitian untuk memperoleh gambaran secara umum terkait pemboran, pemboran skala kecil dan kemungkinan ketersediaan alat dan bahan penelitian. Kegiatan ini dilakukan di awal dan sangat menentukan dalam penetapan secara umum langkah-langkah penelitian.

#### **4.2. Alat dan Media Penelitian**

##### **a. Alat Bor Mini Drill**

Alat bor mini drill digunakan untuk melakukan pemboran pada media beton. Mesin bor duduk ini merupakan peralatan utama dalam penelitian ini. Kerja mesin bor dalam melakukan pemboran merupakan hal utama yang akan diamati sesuai dengan variable penelitian yang ada. Spesifikasi mesin bor yang digunakan adalah dengan Model ZJ4110, diameter mata bor 6 mm, dengan kecepatan RPM (revolution per minute / putaran per menit) sebesar 620 – 2620 RPM.



**Gambar Mesin Bor Mini Model ZJ4110**

b. Media Beton

Media beton yang dimaksud adalah 3 buah media beton. Material beton **pertama** dengan spesifikasi: Dimensi 40 cm x 30 cm x 12 cm, campuran material dengan perbandingan (semen:pasir) adalah 1:2. Material beton **kedua** dengan spesifikasi: Dimensi 40 cm x 30 cm x 12 cm, campuran material dengan perbandingan (semen:pasir) adalah 1:2, serta diberikan bidang diskontinuitas dengan menempatkan lapisan koran, bidang diskontinuitas yang diberikan hanya 1 bidang. Material beton **ketiga** dengan spesifikasi: dimensi 40 cm x 30 cm x 12 cm, campuran material dengan perbandingan (semen:pasir) adalah 1:6.



**Gambar 3.1 Media Beton yang Digunakan**

### 4.3 Pengujian Benda Uji

Secara umum penelitian ini adalah menerapkan experiment pemboran pada media beton dengan Teknik *small scale drilling*. Secara spesifik Langkah-langkah eksperimen pemboran adalah sebagai berikut:

- a. Pembuatan lubang bor pada media beton dilakukan dengan spasi parallel adalah 2 cm x 2 cm, mensimulasikan pola pemboran parallel dilapangan.
- b. Lubang bor yang dibuat terdiri dari 24 – 25 buah lubang
- c. Waktu pemboran dan kedalaman penetrasi mata bor adalah data yang diperlukan per lubang bor.

Kegiatan pemboran pada media beton dilakukan pada 7 kondisi berbeda dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Kondisi A adalah pemboran dengan kecepatan mesin bor sebesar 620 RPM pada media beton dengan campuran 1:2, kecepatan mesin kecil dan media beton keras.
2. Kondisi B adalah pemboran dengan kecepatan mesin bor sebesar 1280 RPM pada media beton dengan campuran 1:2, kecepatan mesin sedang dan media beton keras.
3. Kondisi C adalah pemboran dengan kecepatan mesin bor sebesar 2620 RPM pada media beton dengan campuran 1:2, kecepatan mesin cepat dan media beton keras.
4. Kondisi D adalah pemboran dengan kecepatan mesin bor sebesar 1280 RPM pada media beton dengan keberadaan diskontinuitas dengan campuran 1:2, kecepatan mesin sedang, media beton keras dengan ada bidang diskontinuitas.
5. Kondisi E adalah pemboran dengan kecepatan mesin bor sebesar 620 RPM pada media beton dengan campuran 1:6, kecepatan mesin kecil dan media beton lunak.
6. Kondisi F adalah pemboran dengan kecepatan mesin bor sebesar 1280 RPM pada media beton dengan campuran 1:6, kecepatan mesin sedang dan media beton lunak.
7. Kondisi G adalah pemboran dengan kecepatan mesin bor sebesar 2620 RPM pada media beton dengan campuran 1:6, kecepatan mesin cepat dan media beton lunak.

### 4.4 Analisa Data

Data yang dikumpulkan sesuai dengan uraian di sub bab 3.2 digunakan untuk menjawab tujuan dan rumusan masalah penelitian. Adapun analisa data yang digunakan bersifat kuantitatif. Metode statistik dasar diterapkan untuk membantu memahami fakta dan penarikan kesimpulan yang dibutuhkan. Analisa data statistik menjelaskan hubungan *penetration rate*, debu pemboran, kekerasan material, dan kecepatan RPM mesin bor.

#### 4.5. Waktu Pelaksanaan Kegiatan

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan selama sekitar 12 pekan (Tiga Bulan) mulai dari tahapan persiapan hingga proses *submission paper* ke jurnal SINTA 2 sesuai dengan yang ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2** Tahapan Pelaksanaan Kegiatan Penelitian

Tahapan	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16
Studi Pustaka																
Pembelian alat bor																
Pembuatan Beton / Media Terkekarkan																
Pengujian Laboratorium Pemboran pada media beton																
Analisa Data																
Penyiapan paper/Manuscript																
Pengiriman Paper ke Jurnal																
Pelaporan																

Keterangan: P adalah pekan

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1. Hasil

Pada penelitian ini dilakukan pemboran skala laboratorium menggunakan media beton. Pemboran dilakukan pada 7 (tujuh) kondisi berbeda yang dinyatakan sebagai kondisi A, B, C, D, E, F dan kondisi G. Hasil pengamatan *penetration rate* pada 7 (tujuh) kondisi di atas ditabulasi ke dalam Tabal masing-masing yang berisi informasi nomor lubang, waktu pemboran (detik), kedalaman pemboran (mm) serta *penetration rate* yaitu kedalaman dibagi waktu pemboran. Tabel data pemboran yang dimaksud dapat dilihat pada Table 4.1 - 4.4. Pada penelitian ini istilah keras dan lunak untuk kekerasan material beton, serta istilah lambat, sedang dan cepat untuk RPM mesin adalah istilah yang hanya merujuk pada kasus penelitian ini, untuk membedakan kekerasan material satu dengan lainnya serta untuk membedakan RPM satu dengan lainnya. Material yang satu lebih keras dari yang lainnya merujuk pada campuran semen dan pasirnya. Material beton dengan campuran 1 pasir : 2 semen dinyatakan lebih keras dari campuran 1 pasir : 6 semen. Rincian setiap 7 (tujuh) kondisi pemboran sebagaimana disebutkan di atas adalah sebagai berikut:

1. Kondisi A adalah pemboran dengan kecepatan mesin bor sebesar 620 RPM pada media beton dengan campuran 1:2, kecepatan mesin kecil dan media beton keras.
2. Kondisi B adalah pemboran dengan kecepatan mesin bor sebesar 1280 RPM pada media beton dengan campuran 1:2, kecepatan mesin sedang dan media beton keras.
3. Kondisi C adalah pemboran dengan kecepatan mesin bor sebesar 2620 RPM pada media beton dengan campuran 1:2, kecepatan mesin cepat dan media beton keras.
4. Kondisi D adalah pemboran dengan kecepatan mesin bor sebesar 1280 RPM pada media beton dengan keberadaan diskontinuitas dengan campuran 1:2, kecepatan mesin sedang, media beton keras dengan ada bidang diskontinuitas.
5. Kondisi E adalah pemboran dengan kecepatan mesin bor sebesar 620 RPM pada media beton dengan campuran 1:6, kecepatan mesin kecil dan media beton lunak.
6. Kondisi F adalah pemboran dengan kecepatan mesin bor sebesar 1280 RPM pada media beton dengan campuran 1:6, kecepatan mesin sedang dan media beton lunak.
7. Kondisi G adalah pemboran dengan kecepatan mesin bor sebesar 2620 RPM pada media beton dengan campuran 1:6, kecepatan mesin cepat dan media beton lunak.

**Tabel 4.1 Data Pemboran Kondisi A, B, C dan D**

No Lubang	Kondisi A			Kondisi B			Kondisi C			Kondisi D		
	Waktu (Detik)	Kedalaman (mm)	Penetration Rate (mm/s)	Waktu (Detik)	Kedalaman (mm)	Penetration Rate (mm/s)	Waktu (Detik)	Kedalaman (mm)	Penetration Rate (mm/s)	Waktu (Detik)	Kedalaman (mm)	Penetration Rate (mm/s)
1	44	51	1.2	21	30	1.4	39	44	1.1	41	43	1.0
2	38	50	1.3	22	32	1.5	33	47	1.4	46	43	0.9
3	35	52	1.5	27	34	1.3	35	47	1.3	43	50	1.2
4	34	50	1.5	21	35	1.7	44	49	1.1	44	47	1.1
5	34	50	1.5	27	36	1.3	55	49	0.9	40	49	1.2
6	39	52	1.3	32	42	1.3	48	50	1.0	36	46	1.3
7	36	50	1.4	39	42	1.1	41	51	1.2	36	46	1.3
8	42	50	1.2	38	43	1.1	43	50	1.2	39	46	1.2
9	30	50	1.7	40	42	1.1	36	51	1.4	45	47	1.0
10	30	50	1.7	43	44	1.0	42	50	1.2	41	46	1.1
11	30	50	1.7	39	44	1.1	37	52	1.4	39	51	1.3
12	30	52	1.7	43	45	1.0	41	51	1.2	39	52	1.3
13	35	50	1.4	49	49	1.0	40	50	1.3	35	50	1.4
14	35	50	1.4	40	48	1.2	41	49	1.2	30	50	1.7
15	25	50	2.0	40	46	1.2	31	49	1.6	36	50	1.4
16	37	49	1.3	41	45	1.1	35	43	1.2	31	51	1.6
17	33	50	1.5	31	40	1.3	38	47	1.2	36	50	1.4
18	30	47	1.6	27	45	1.7	30	47	1.6	32	52	1.6
19	28	47	1.7	31	45	1.5	40	50	1.3	42	52	1.2
20	27	50	1.9	32	46	1.4	41	50	1.2	34	50	1.5
21	40	52	1.3	37	56	1.5	41	51	1.2	30	50	1.7
22	30	52	1.7	37	52	1.4	36	51	1.4	35	51	1.5
23	33	52	1.6	31	51	1.6	42	52	1.2	34	50	1.5

<b>Kondisi A</b>				<b>Kondisi B</b>			<b>Kondisi C</b>			<b>Kondisi D</b>		
<b>No Lubang</b>	<b>Waktu (Detik)</b>	<b>Kedalaman (mm)</b>	<b>Penetration Rate (mm/s)</b>	<b>Waktu (Detik)</b>	<b>Kedalaman (mm)</b>	<b>Penetration Rate (mm/s)</b>	<b>Waktu (Detik)</b>	<b>Kedalaman (mm)</b>	<b>Penetration Rate (mm/s)</b>	<b>Waktu (Detik)</b>	<b>Kedalaman (mm)</b>	<b>Penetration Rate (mm/s)</b>
24	29	52	1.8	38	52	1.4	37	51	1.4	37	51	1.4
25	30	51	1.7	36	53	1.5	33	50	1.5			
<b>Penetration Rate (PR) Minimum (mm/s)</b>			<b>1.2</b>				<b>1.00</b>				<b>0.9</b>	<b>0.93</b>
<b>PR Rata-rata (mm/s)</b>			<b>1.5</b>				<b>1.30</b>				<b>1.3</b>	<b>1.33</b>
<b>Penetration Rate (PR) Maksimum (mm/s)</b>			<b>2.0</b>				<b>1.67</b>				<b>1.6</b>	<b>1.67</b>

**Tabel 4.2 Data Pemboran Kondisi E, F dan G**

No Lubang	Kondisi E			Kondisi F			Kondisi G		
	Waktu Detik	Kedalaman mm	Penetration Rate (mm/s)	Waktu Detik	Kedalaman (mm)	Penetration Rate (mm/s)	Waktu Detik	Kedalaman mm	Penetration Rate (mm/s)
1	52	50	1.0	33	50	1.5	26	50	1.9
2	45	50	1.1	29	50	1.7	19	51	2.7
3	36	49	1.4	27	50	1.9	21	51	2.4
4	30	46	1.5	24	48	2.0	24	51	2.1
5	31	46	1.5	19	51	2.7	27	50	1.9
6	34	51	1.5	33	51	1.5	22	51	2.3
7	31	49	1.6	23	48	2.1	17	50	2.9
8	35	50	1.4	22	51	2.3	22	51	2.3
9	26	41	1.6	26	50	1.9	16	51	3.2
10	23	40	1.7	25	50	2.0	18	51	2.8
11	26	40	1.5	18	47	2.6	19	50	2.6
12	22	37	1.7	23	50	2.2	22	49	2.2
13	21	37	1.8	28	50	1.8	21	47	2.2
14	16	36	2.3	30	51	1.7	19	49	2.6
15	29	50	1.7	22	50	2.3	24	49	2.0
16	30	51	1.7	24	50	2.1	17	45	2.6
17	22	50	2.3	27	50	1.9	19	48	2.5
18	27	46	1.7	33	51	1.5	20	48	2.4
19	26	49	1.9	31	51	1.6	18	45	2.5
20	27	49	1.8	25	51	2.0	20	47	2.4
21	26	51	2.0	25	52	2.1	19	49	2.6
22	29	50	1.7	25	52	2.1	16	49	3.1
23	31	50	1.6	27	51	1.9	17	50	2.9

Kondisi E				Kondisi B			Kondisi C			
No Lubang	Waktu Detik	Kedalaman mm	Penetration Rate (mm/s)	Waktu Detik	Kedalaman (mm)	Penetration Rate (mm/s)	Waktu Detik	Kedalaman mm	Penetration Rate (mm/s)	
24	25	48	1.9	26	51	2.0	19	50	2.6	
25	34	47	1.4	27	51	1.9	18	49	2.7	
<b>Penetration Rate (PR) (mm/s)</b>			<b>1.0</b>				<b>1.5</b>			
<b>PR Rata-rata (mm/s)</b>			<b>1.7</b>				<b>2.0</b>			
<b>Penetration Rate (mm/s)</b>			<b>2.3</b>				<b>2.7</b>			

**Tabel 4.3**  
**Rekap *Penetration rate* Setiap Kondisi**

POSISI NILAI	KONDISI						
	A	B	C	D	E	F	G
<b>Penetration Rate (PR) Minimum (mm/s)</b>	1.2	1.0	0.9	0.93	1.0	1.5	1.9
<b>PR Rata-rata (mm/s)</b>	1.5	1.30	1.3	1.33	1.7	2.0	2.5
<b>Standard Deviasi PR (mm/s)</b>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
<b>Penetration Rate (PR) Maksimum (mm/s)</b>	2.0	1.67	1.6	1.67	2.3	2.7	3.2

**Tabel 4.4**  
**Perbedaan *Penetration rate* Material Lunak dan Keras Setiap RPM**

POSISI NILAI	PERBANDINGAN KONDISI		
	A vs E (lunak vs keras RPM lambat)	B vs F (lunak vs keras RPM sedang)	C vs G (lunak vs keras RPM cepat)
<b>Penetration Rate (PR) Minimum (mm/s)</b>	0.2	0.5	1.0
<b>PR Rata-rata (mm/s)</b>	0.1	0.7	1.2
<b>Penetration Rate (PR) Maksimum (mm/s)</b>	0.3	1.0	1.6

Tabel 4.1 menyajikan hasil pengamatan kecepatan pemboran pada kondisi A, B, C dan D, sedangkan tabel 4.2 menyajikan hasil pengamatan pada kondisi E, F dan G. Setiap data aktifitas pemboran terdiri dari kolom waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pemboran 1 (satu) lubang bor (detik), kolom kedalaman yang merupakan kedalaman penetrasi mata bor pada material beton saat melakukan pemboran 1 lubang bor (mm) dan kolom *penetration rate* yang merupakan kedalaman dibagi waktu pemboran untuk 1 (satu) lubang bor (mm/detik). Kecepatan minimum, rata-rata, standar deviasi dan kecepatan maksimum, ditentukan dan disajikan pada bagian akhir Table 4.1 dan 4.2. Pada penelitian ini istilah keras dan lunak untuk kekerasan material beton, serta istilah lambat, sedang dan cepat untuk RPM mesin adalah istilah yang merujuk pada kasus penelitian ini, untuk membedakan kekerasan material satu dengan lainnya serta untuk membedakan kecepatan RPM satu dengan lainnya.

Pemboran pada kondisi A, B dan C adalah pemboran yang dilaksanakan pada media beton campuran 1:2 dengan perbedaan pada putaran RPM mesin bor pada setiap kondisi. **Kondisi A** adalah pemboran yang dilakukan dengan aplikasi kecepatan mesin bor sebesar 620 RPM (revolution per menit / putaran per menit), pada media beton dengan campuran 1:2, kecepatan mesin kecil dan media beton keras. Pada Tabel 4.1 dan 4.3 dapat dilihat bahwa nilai *penetration rate* minimum, rata-rata dan kecepatan maksimum, *penetration rate* pada kondisi A adalah 1,2, 1,5, 0,2 dan 2,0 mm/detik. **Kondisi B** adalah pemboran yang dilakukan dengan aplikasi kecepatan mesin bor sebesar 1280 RPM (revolution per menit / putaran per menit), pada media beton dengan campuran 1:2, kecepatan mesin sedang dan media beton keras. Pada Tabel 4.1 dan 4.3 dapat dilihat bahwa nilai *penetration rate* minimum, rata-rata dan kecepatan maksimum, *penetration rate* pada kondisi B adalah 1, 1,3, 0,2 dan 1,3 mm/detik. **Kondisi C** adalah pemboran yang dilakukan dengan aplikasi kecepatan mesin bor sebesar 2620 RPM (revolution per menit / putaran per menit), pada media beton dengan campuran 1:2, kecepatan mesin cepat dan media beton keras. Pada Tabel 4.1 dan 4.3 dapat dilihat bahwa nilai *penetration rate* minimum, rata-rata dan kecepatan maksimum, *penetration rate* pada kondisi C adalah 0,9, 1,3, 0,2 dan 1,6 mm/detik.

Pelaksanaan pemboran pada media beton dengan keberadaan bidang diskontinuitas juga dilakukan pada kondisi D. **Kondisi D** adalah pemboran yang dilakukan dengan aplikasi kecepatan mesin bor sebesar 1280 RPM (rotary per menit / putaran per menit), pada media beton dengan campuran 1:2, bidang diskontinuitas hadirkan dengan cara penempatan koran pada beton, kecepatan mesin sedang dan media beton keras. Pada Tabel 4.1 dan 4.3 dapat dilihat

bahwa nilai *penetration rate* minimum, rata-rata dan kecepatan maksimum, *penetration rate* pada kondisi D adalah 0.93, 1.33, 0.2 dan 1,67 mm/detik.

Pemboran pada kondisi E, F dan G adalah pemboran yang dilaksanakan pada media beton campuran 1:6 dengan perbedaan pada putaran RPM mesin bor pada setiap kondisi. Kondisi E adalah pemboran yang dilakukan dengan aplikasi kecepatan mesin bor sebesar 620 RPM (revolution per menit / putaran per menit), pada media beton dengan campuran 1:6, kecepatan mesin kecil dan media beton lunak. Pada Tabel 4.1 dan 4.3 dapat dilihat bahwa nilai *penetration rate* minimum, rata-rata dan kecepatan maksimum, *penetration rate* pada kondisi A adalah 1.0, 1.7, 0.3 dan 2,3 mm/detik. Kondisi F adalah pemboran yang dilakukan dengan aplikasi kecepatan mesin bor sebesar 1280 RPM (revolution per menit / putaran per menit), pada media beton dengan campuran 1:6, kecepatan mesin sedang dan media beton lunak. Pada Tabel 4.1 dan 4.3 dapat dilihat bahwa nilai *penetration rate* minimum, rata-rata dan kecepatan maksimum, *penetration rate* pada kondisi F adalah 1.5, 2.0, 0.3 dan 2,7 mm/detik. Kondisi G adalah pemboran yang dilakukan dengan aplikasi kecepatan mesin bor sebesar 2620 RPM (revolution per menit / putaran per menit), pada media beton dengan campuran 1:6, kecepatan mesin cepat dan media beton lunak. Pada Tabel 4.1 dan 4.3 dapat dilihat bahwa nilai *penetration rate* minimum, rata-rata dan kecepatan maksimum, *penetration rate* pada kondisi G adalah 1.9, 2.5, 0.3 dan 3.2 mm/detik.

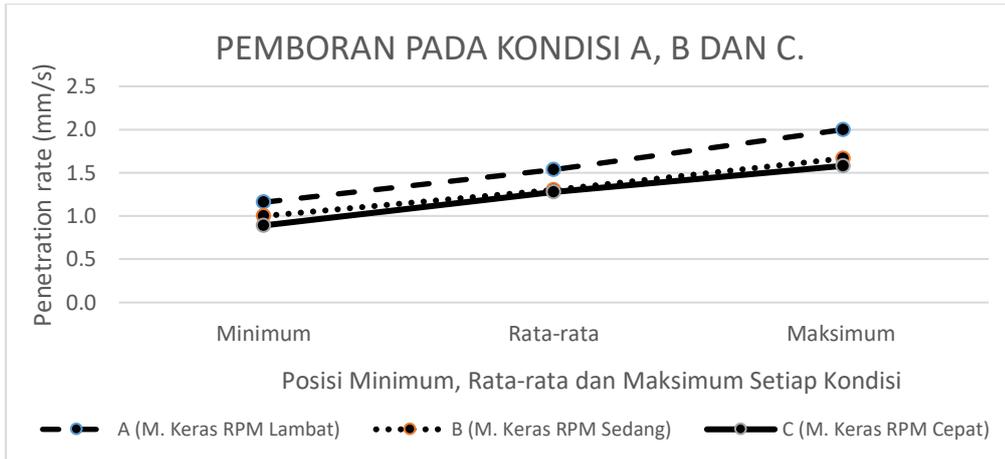
Semburan debu merupakan salah satu isu penting dalam aktivitas pemboran karena berkaitan dengan lingkungan terutama kesehatan pekerja mesin bor di lapangan. Debu pemboran merupakan material ukuran fine yang keluar dalam bentuk dust Cloud (awan debu) atau berupa semburan keluar dari lubang bor. Interaksi mata bor dan batuan atau dengan material beton dalam kasus penelitian ini menyebabkan material ukuran fine yang hancur dalam jumlah tertentu termanifestasi sebagai semburan debu keluar dari lubang bor. Berdasarkan data penelitian yang ada terkait semburan debu pemboran baik pemboran pada material lunak maupun keras tentunya sama-sama menghasilkan semburan debu, catatannya bahwa perbedaan kuantitas semburan debu berkaitan dengan perbedanaan RPM putaran mesin bor.

Pada material beton campuran 1:2 pemboran dilakukan dengan kecepatan mesin RPM berbeda yaitu 620 RPM untuk kondisi A, 1280 RPM untuk kondisi B, 2620 RPM untuk kondisi C. Berdasarkan pengamatan visual yang dilakukan pada semburan debu bahwa debu pemboran banyak terjadi pada RPM lambat kondisi A, jauh berkurang pada kondisi B dan semakin

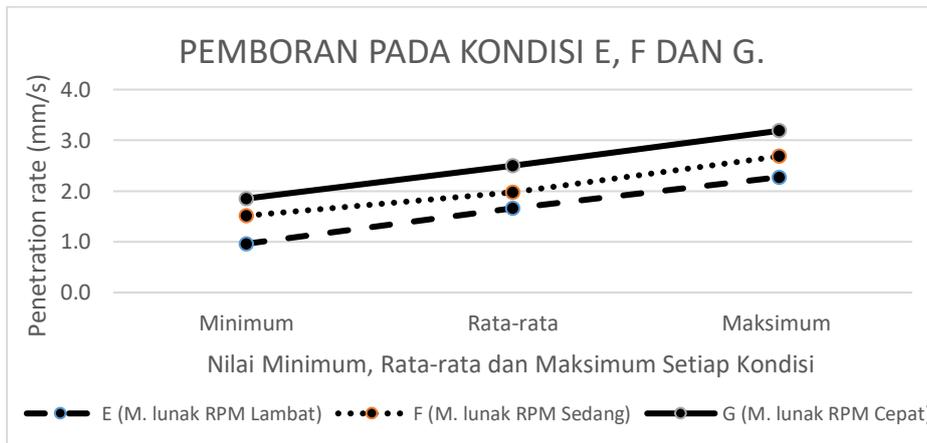
berkurang pada kondisi C. Semakin lambat RPM mesin maka semakin banyak menghasilkan debu. Pada material beton campuran 1:6 pemboran dilakukan dengan kecepatan mesin RPM berbeda yaitu 620 RPM untuk kondisi F, 1280 RPM untuk kondisi G, 2620 RPM untuk kondisi H. Berdasarkan pengamatan visual yang dilakukan pada semburan debu bahwa debu pemboran banyak terjadi pada RPM sedang kondisi G, tidak signifikan berkurang pada kondisi F dan semakin berkurang pada kondisi H, terjadi sedikit semburan debu pada RPM cepat.

Berdasarkan kegiatan pemboran pada 7 kondisi berbeda perbandingan antara kondisi membantu analisa dalam penelitian ini, berikut adalah informasi-informasi berkaitan dengan alat dan bahan penelitian yang dapat dijadikan dasar analisa dalam penelitian ini:

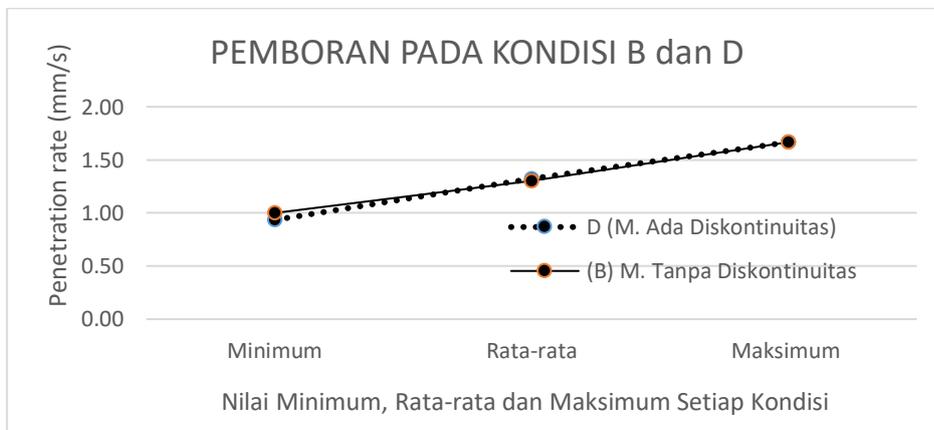
1. Pengaruh perbedaan kekerasan material terhadap *penetration rate* dengan membandingkan 2 buah material dengan kekerasan yang berbeda tetapi dilakukan pemboran dengan kecepatan RPM mesin yang sama. Informasi ini dapat diperoleh dari perbandingan antara kondisi A vs E, B vs F, ataupun C vs G, lihat gambar 4.4.
2. Pengaruh perbedaan kecepatan putaran mesin terhadap *penetration rate* dengan membandingkan 2 buah material dengan kekerasan yang sama tetapi dilakukan pemboran dengan kecepatan RPM mesin yang berbeda. Informasi ini dapat diperoleh dari perbandingan antara kondisi A vs B vs C ataupun E vs F vs G, lihat gambar 4.1 dan 4.2.
3. Pengaruh keberadaan diskontinuitas terhadap *penetration rate* dengan membandingkan 2 buah material dengan kekerasan yang sama, dilakukan pemboran dengan kecepatan RPM mesin yang sama tetapi salah satu nya ada kehadiran bidang diskontinuitas. Informasi ini dapat diperoleh dari perbandingan antara kondisi B dan D, lihat gambar 4.3.



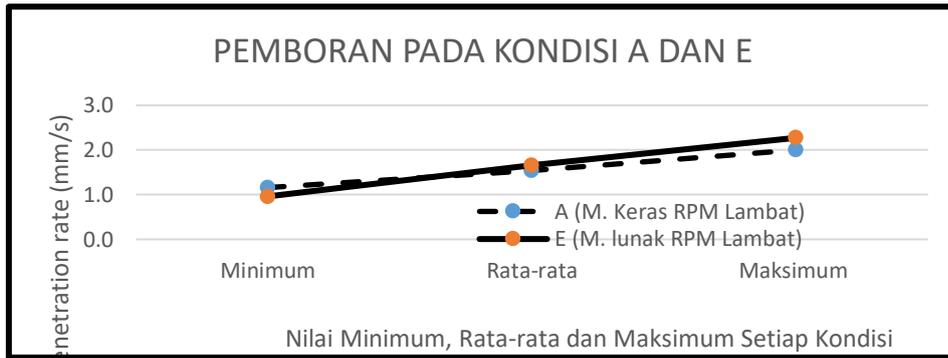
**Gambar 4.1**  
Grafik Perbandingan *Penetration rate* Pada Kondisi A, B dan C.



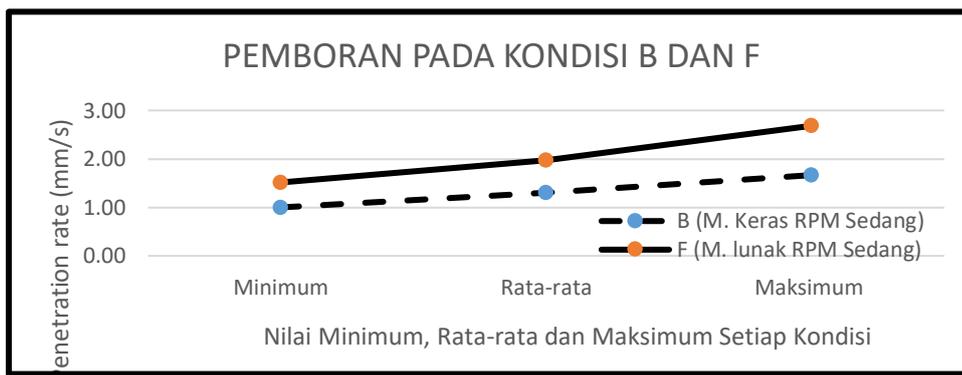
**Gambar 4.2**  
Grafik Perbandingan *Penetration rate* Pada Kondisi E, F dan G



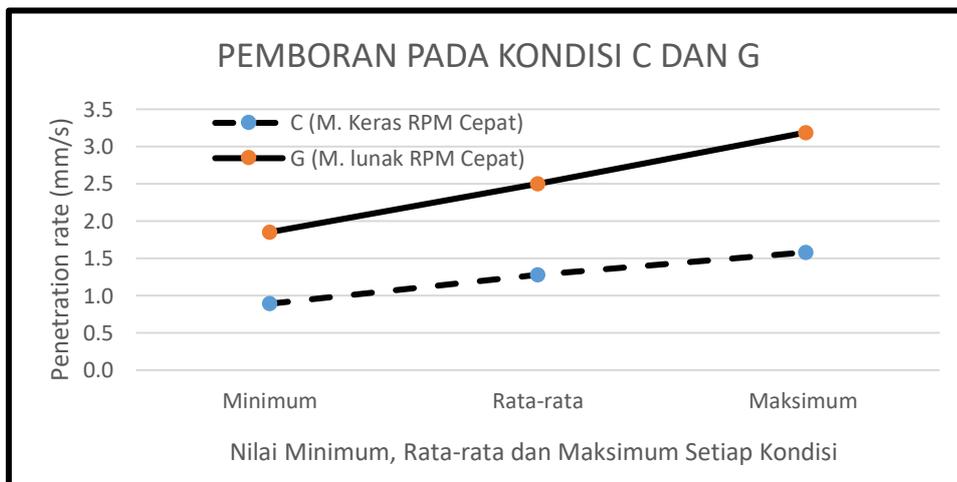
**Gambar 4.3**  
Perbandingan *Penetration rate* Pada ada dan tidak nya Diskontinuitas



a. Perbandingan *Penetration rate* Kondisi A dan E



b. Perbandingan *Penetration rate* Kondisi B dan F



c. Perbandingan *Penetration rate* Kondisi A dan E

**Gambar 4.4**  
Grafik Perbandingan *Penetration rate* Setiap Perbedaan kekerasan Material

## 5.2. Pembahasan

Berdasarkan perbandingan antara kondisi A vs E, B vs F, ataupun C vs G sebagaimana dapat dilihat pada gambar 4.4, memberikan informasi bahwa kekerasan material akan berpengaruh pada aktivitas pemboran dimana *penetration rate* pada material yang lebih lunak lebih cepat dibanding pada material yang lebih keras. Lebih jauh lagi bahwa jika dibandingkan *penetration rate* pada batuan lunak dan keras (lihat gambar 4.4 dan Table 4.4) maka perbedaan kecepatan akan semakin tinggi pada RPM lebih besar, perbedaan kecepatan yang dimaksud semakin bertambah secara proporsional berdasarkan urutan RPM lambat, RPM sedang dan RPM cepat. Perbedaan *penetration rate* pada material lunak dan keras akan semakin bertambah pada RPM yang lebih besar. Hal demikian dapat disebabkan karena daya penetrasi mata bor RPM besar pada batuan lunak lebih banyak bertambah dibanding pada batuan keras, karena pengaruh kekerasan dan kekuatan antar butir material beton. Hasil ini mengkonfirmasi penelitian sebelumnya bahwa factor kekuatan batuan (rock strength factor) secara dominan mempengaruhi *penetration rate* (Prasad dkk, 2022), Rate of Penetration berbanding terbalik dengan kuat tekan batuan (Yassien dkk, 2020 ref 39)

Berdasarkan perbandingan antara kondisi A vs B vs C, ataupun E vs F vs G sebagaimana dapat dilihat gambar 4.1 dan 4.2, memberikan informasi bahwa perbedaan kecepatan RPM akan berpengaruh pada *penetration rate*. Perbandingan E, F dan G, memberikan informasi pengaruh kecepatan putaran RPM terhadap *penetration rate* pada material lunak, sedangkan A, B, dan C, memberikan informasi pengaruh penambahan RPM terhadap *penetration rate* pada material keras. Sebagaimana dapat lihat pada gambar 4.2, pada material lunak penambahan *penetration rate* terjadi secara proporsional sering dengan bertambahnya kecepatan RPM, ini mengkonfirmasi penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa with the increase in the rotary speed in the drill bit penetration rate increase (Vardhan dkk; 2017, Ref 33a Q4). Interaksi antara mata bor dan material beton akan semakin cepat pada RPM lebih besar, ini akan mendorong lebih cepatnya penghancuran material dalam lubang bor. Kemampuan penghancuran mata bor akan mempengaruhi kecepatan penetrasi mata bor sehingga memberikan pengaruh pada peningkatan rate of penetration.

Namun sebaliknya, sebagaimana dapat dilihat pada gambar 4.1, bahwa *penetration rate* pada material keras agak sedikit berbeda dengan batuan lunak. Pada material keras ada perbedaan

*penetration rate* antara pemboran yang dilakukan dengan RPM lambat dan sedang, namun jika dibandingkan antara pemboran dengan RPM sedang dan cepat, maka tidak terjadi perbedaan yang signifikan, lihat gambar 4.1. Dapat dikatakan bahwa pada material keras, ada “zona atau batas” dimana kenaikan atau penambahan RPM mesin bor tidak akan berpengaruh signifikan terhadap perubahan *penetration rate*. Pada penelitian ini adanya zona atau batas dimana tidak terjadi penambahan *penetration rate* meskipun dilakukan penambahan RPM terjadi pada RPM 1280 (pada kondisi B) dan RPM 2620 (pada kondisi C). Zona atau batas sebagaimana yang disebutkan di atas tentunya akan berbeda setiap material bergantung pada kekerasan material dan besar RPM mesin bor yang diaplikasikan.

Berdasarkan perbandingan anatara pemboran pada material B dan D diperoleh bahwa kehadiran diskontinuitas pada material tidak memberikan pengaruh yang berarti pada perbedaan *penetration rate*. Hal ini boleh jadi disebabkan oleh diskontinuitas yang ada pada material yang digunakan tidak kompleks, diskontinuitas yang ada hanya terdiri dari 1 (satu) saja dengan orientasi  $180^0$  atau horizontal. Pengaruh diskontinuitas yang kompleks dalam hal jumlah dan orientasi terhadap *penetration rate* menjadi isu yang dapat menjadi bahan studi lanjutan.

Debu pemboran berkaitan langsung dengan paparan debu kepada operator mesin bor, jadi semakin banyak kuantitas debu akan semakin besar resiko gangguan kesehatan karena paparan debu. Terkait debu pemboran, perbedaan kuantitas debu dapat dilihat perbedaannya pada perbedaan kecepatan putaran RPM mesin bor. Pada material lunak semburan debu pemboran lebih banyak terjadi pada pemborn menggunakan RPM mesin sedang dan lambat. Pada material keras debu pemboran lebih banyak terjadi pada pemborn menggunakan RPM mesin lambat. RPM mesin lebih lambat cenderung lebih banyak menghasilkan debu pemboran dibandingkan dengan RPM mesin lebih besar. Hal seperti ini terjadi karena interaksi mata bor dan batuan serta akumulasi jumlah fine material dalam mata bor. Pada putaran mesin RPM lambat ada waktu lebih lama untuk akumulasi fine material, sehingga ketika tersembur keluar jumlahnya lebih banyak, termanifestasi dalam bentuk dust Cloud (awan debu).

### **5.3.Luaran Penelitian**

Penelitian ini akan dipublikasikan pada jurnal TEKNIK: Jurnal Ilmiah Bidang Ilmu Kerekayasaan, terakreditasi SINTA 2.

## BAB VI

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perolehan data dan analisis data yang dilakukan, kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. *Penetration rate* pada material yang lebih lunak lebih cepat dibanding pada material yang lebih keras, perbedaan *penetration rate* pada material lunak dan keras akan semakin bertambah pada RPM yang lebih besar.
2. Pada material lunak penambahan *penetration rate* terjadi secara proporsional seiring dengan bertambah nya kecepatan RPM mesin.
3. Pada material keras ada perbedaan *penetration rate* antara pemboran yang dilakukan dengan RPM lambat dan sedang, namun jika dibandingkan antara pemboran dengan RPM sedang dan cepat, maka tidak terjadi perbedaan yang signifikan.
4. Pada material keras perbedaan kecepatan secara berarti terjadi pada pemboran dengan RPM lambat dan sedang, namun tidak ada perbedaan *penetration rate* yang signifikan antara pemboran dengan kecepatan RPM sedang dengan RPM cepat. Pada material keras, ada “zona atau batas” dimana kenaikan atau penambahan RPM mesin bor tidak akan berpengaruh signifikan terhadap perubahan *penetration rate*.
5. Kehadiran diskontinuitas pada material tidak memberikan pengaruh yang berarti pada perbedaan *penetration rate*. Hal ini boleh jadi disebabkan oleh diskontinuitas yang ada pada material yang digunakan tidak kompleks, diskontinuitas yang ada hanya terdiri dari 1 (satu) saja dengan orientasi  $180^0$  atau horizontal. Keberadaan diskontinuitas yang tidak kompleks dari sisi banyaknya jumlah dan beragamnya orientasi diskontinuitas tidak memberikan dampak pada *penetration rate*
6. Ada perbedaan kuantitas debu pemboran pada saat proses pemboran yang dilakukan yang disebabkan oleh perbedaan kekerasan material, pemboran pada material yang lebih lunak menghasilkan semburan awan debu (dust cloud) dengan frekuensi yang lebih banyak secara signifikan.
7. RPM mesin lambat cenderung lebih banyak menghasilkan debu pemboran dibandingkan dengan RPM mesin besar.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Bilim, N. and Karakaya, E., 2021. Penetration rate prediction models for core drilling. *Mining, Metallurgy & Exploration*, 38(1), pp.359-366.
2. Hoseinie, S.H., Ataei, M. and Mikaeil, R., 2019. Effects of microfabric on drillability of rocks. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 78, pp.1443-1449.
3. Park, J. and Kim, K., 2020. Use of drilling performance to improve rock-breakage efficiencies: A part of mine-to-mill optimization studies in a hard-rock mine. *International Journal of Mining Science and Technology*, 30(2), pp.179-188.
4. Prasad, B.N.V.S., Murthy, V.M.S.R. and Naik, S.R., 2022. Drillability Predictions in Aravalli and Himalayan Rocks—A Petro-Physico-Mechanical Approach. *Curr. Sci*, 122, pp.907-917.
5. Rai, M. A, Kamadibrata, S dan Wattimena, R.K., Mekanika Batuan, Penerbit ITB, Bandung, 2014,
6. Siva Prasad, B.N.V., Murthy, V.M.S.R. and Naik, S.R., 2022. Influence of static and dynamic rock properties on drillability prognosis for mining and tunnelling projects. *Indian Geotechnical Journal*, 52(4), pp.765-779.
7. Siva Prasad, B.N.V., Murthy, V.M.S.R. and Naik, S.R., 2023. Compendious Index for Drillability: A rapid tool to assess drill penetration rate and bit life for rock engineering applications. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 82(3), p.79.
8. Srivastava, G.K. and Vemavarapu, M.M., 2021. Drillability prediction in some metamorphic rocks using composite penetration rate index (CPRI)—An approach. *International Journal of Mining Science and Technology*, 31(4), pp.631-641.
9. Yetkin, M.E., 2021. Examining of rock drilling properties in underground metal mine excavation. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 93, p.e20191202.
10. Yu, B., Zhang, K., Niu, G. and Xue, X., 2021. Real-time rock strength determination based on rock drillability index and drilling specific energy: an experimental study. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 80, pp.3589-3603.
11. Adebayo, B., & Bello, W. A. (2014). Discontinuities effect on drilling condition and performance of selected rocks in Nigeria. *International Journal of Mining Science and Technology*, 24(5), 603-608.
12. Tripathy, DP., Dash, TR., Badu, A. and Kanungo, R. (2015). Assessment and Modelling of Dust Concentration in An Opencast Coal Mine in India. *Global Nest Journal*, 17(4), 825-834.

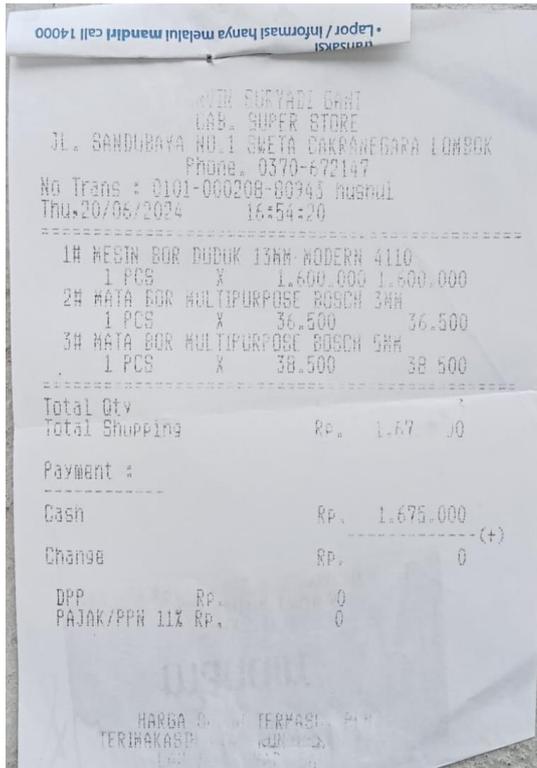
## LAMPIRAN I : BIAYA PENELITIAN

Biaya penelitian akan terbagi ke dalam 8 (delapan) jenis pengeluaran yaitu pembuatan proposal, pengadaan alat dan bahan, honorarium dan akomodasi, penyusunan laporan dan pembuatan draft jurnal serta biaya publikasi jurnal penelitian. Detail pengeluaran dana penelitian dapat dilihat pada table lampiran 1.

Tabel Lampiran 1 Rincian Rencana Pengeluaran

Kegiatan	Jumlah Unit	Satuan Rp	Total Rp	Persentase %
A. Pembuatan proposal	1 paket	250.000	250.000	3.5
B. Pengadaan alat bor	1 buah	1.600.000	1.600.000	23
C. Pengadaan beton	3 buah	300.000	900.000	13
D. Honorarium Uji Pemboran	1 paket	1.500.000	1.500.000	21
E. Akomodasi Uji Pemboran	1 paket	1.000.000	1.000.000	14
F. Penyusunan laporan	1 paket	250.000	250.000	3.5
G. Pembuatan Jurnal Publikasi	1 paket	500.000	500.000	8
H. Honorarium Penulis Jurnal	1 paket	1.500.000	1.500.000	21
I. Biaya publikasi	1 paket	1.000.000	1.000.000	14
<b>TOTAL A+B+C+D+E+F+G+H</b>			<b>8.500.000</b>	

# Kwitansi Beli Mesin Bor







## LAMPIRAN II : Bukti Submit dan Naskah Jurnal

The screenshot displays a Gmail interface with a browser window open to a confirmation email. The browser tabs include WhatsApp, Google Terjemahan, ejournal.undip.ac.id, and [TEKNIK] Confirmation of Submission. The email is from the Editor in Chief of Jurnal TEKNIK, yasserwahyuddin@lecturer.undip.ac.id, and is addressed to ST. MT. Ph.D SYAMSUL HIDAYAT. The subject of the email is "[TEKNIK] Confirmation of Submission 'Studi Pemboran Pada Small Scale Drilling Menggunakan Media Beton'".

The email content includes the following text:

Dear ST. MT. Ph.D SYAMSUL HIDAYAT,

Thank you for submitting the manuscript, "Studi Pemboran Pada Small Scale Drilling Menggunakan Media Beton" to the journal TEKNIK. The accredited journal Sinta 2 by Ristek Dikti. With our online journal management system, you can track the progress of the manuscript in the editorial process by logging into the journal web site:

Manuscript URL: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik/author/submission/67924>  
Author username: syamsulhidayatjurnal2024

Another thing you need to do is send a contact number (WA) via google form (<http://bit.ly/penulisjurnalteknik>).

For your information, starting from Vol. 41 No. 2 August 2020, after the manuscript passes the review process and is declared as ACCEPTED, the author will be charged an article processing fee of 1 million rupiah or \$100 which must be paid before the manuscript is published through the TEKNIK Journal.

Authors who have objections to the above policy are welcome to withdraw the manuscript that has been sent to the TEKNIK Journal. We will only process manuscripts from serious and pro active authors.

If you have any questions, please contact us. Thank you for considering this journal as the publication space for your best works.

Activate Windows  
Go to Settings to activate Windows.