

Kajian Teknis Performa Pengeboran Lubang Ledak di PT Nurmuda Cahaya, Desa Batujajar Timur, Kecamatan Batujajar, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat

Technical Study Of Blasting Hole Drilling Performance at PT Nurmuda Cahaya, Desa Batujajar Timur, Kecamatan Batujajar, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat

¹Owien Faiza, ²Yunus Ashari, ³Dono Guntoro.

^{1,2,3} Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,
Jl. Tamansari No.1 Bandung 40116

email : ¹owienfaiza@gmail.com, ²Yunus_ashari@yahoo.com, ³guntoro_mining@yahoo.com.

Abstract. The research method that is carried out includes mapping geology data collection (rocks hardness, crack density, percentage of quartz), laboratory test data (rock compressive strength test and thin incision petrographic analysis) that produce rock zoning, and drilling data (working time, drilling cycle time, depth of drill hole, and weight on bit). After that, processing the data that brings out the work efficiency value, the drill tools availability value, drilling speed value (ROP), drillability value, and the equation to find the value of drilling speed (ROP), and then will be known the effect of rocks characteristic to the drilling speed (ROP) and the drillability. Based on the research result obtained the drill 1 value of work efficiency for zone 1 is 78,58%, zone 2 is 78,67%, zone 3 is 79,97%, hand drill 2 zone 1 is 72,5%, zone 2 is 78,15, and zone 3 is 75,04%. The drilling cycle time average value of hand drill 1 zone 1 is 26,43 minute/hole, zone 2 is 23,12 minute/hole, and zone 3 is 33,62 minute/hole . Hand drill 2 zone 1 is 26,51 minute/hole, zone 2 is 19,97 minute/hole, and zone 3 is 31,72 minute/hole, the drilling speed average of hand drill 1 zone 1 is 0,1225 m/minute, zone 2 is 0,1462 m/minute, zone 3 is 0,0983 m/minute and hand drill 2 zone 1 is 0,1220 m/minute, zone 2 is 0,1593 m/minute, zone 3 is 0,0994 m/minute. The average drillability of hand drill 1 zone 1 is 1,78 hole/hour, zone 2 is 2,04 hole/hour, zone 3 is 1,42 hole/hour and hand drill 2 zone 1 is 1,64 hole/hour, zone 2 is 2,34 hole/hour, zone 3 is 1,41 hole/hour. Therefore, based on the data proves that rocks characteristic can affect the drilling speed and drillability, which is proved by the value of the drilling speed and drillability will have a low score to the hard, strong, having big percentage of quartz, and rare density rock type and so the otherwise.

Keyword : rock zoning, rate of penetration, drillability, rate of penetration equation.

Abstract. Metode penelitian yang dilakukan meliputi pengambilan data pemetaan geologi (kekerasan batuan, kerapatan kekar, persentase kuarsa), data uji laboratorium (uji kuat tekan batuan dan analisis petrografi sayatan tipis) yang menghasilkan zonasi batuan, dan data pengeboran (waktu kerja, *cycle time* pengeboran, kedalaman lubang bor, dan *weight on bit*). Selanjutnya dilakukan pengolahan data yang menghasilkan nilai efisiensi kerja, nilai ketersediaan alat bor, nilai kecepatan pengeboran (ROP), nilai kemampuboran, dan persamaan untuk mencari nilai kecepatan pengeboran (ROP), yang selanjutnya akan diketahui pula pengaruh karakteristik batuan terhadap kecepatan pengeboran (ROP) dan kemampuborannya. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai efisiensi kerja *hand drill* 1 yaitu zona 1 78,58%, zona 2 78,67%, dan zona 3 79,97%, *hand drill* 2 zona 1 yaitu 72,5%, zona 2 78,15%, zona 3 75,04%. Nilai rata – rata *cycle time* pengeboran untuk *hand drill* 1 zona 1 yaitu 26,43 menit/lubang, zona 2 23,12 menit/lubang, zona 3 33,62 menit/lubang, *hand drill* 2 yaitu zona 1 26,51 menit/lubang, zona 2 19,97 menit/lubang, zona 3 31,72 menit/lubang. Rata – rata kecepatan pengeboran untuk *hand drill* 1 zona 1 yaitu 0,12 m/menit, zona 2 0,14 m/menit, zona 3 0,09 m/menit dan untuk *hand drill* 2 zona 1 yaitu 0,12 m/menit, zona 2 0,15m/menit, zona 3 0,09 m/menit. Rata – rata kemampuboran untuk *hand drill* 1 zona 1 yaitu 1,78 lubang/jam, zona 2 2,04 lubang/jam, zona 3 1,42 lubang/jam, dan *hand drill* 2 zona 1 yaitu 1,64 lubang/jam, zona 2 2,34 lubang/jam, zona 3 1,48 lubang/jam. Dengan demikian, berdasarkan data yang dimiliki membuktikan bahwa karakteristik suatu batuan dapat mempengaruhi kecepatan pengeboran dan kemampuboran, yang dibuktikan dengan nilai kecepatan pengeboran dan kemampuboran akan bernilai kecil pada jenis batuan yang keras, kuat, memiliki persentase kuarsa yang besar, dan kerapatan kekar yang jarang, begitupun kebalikannya.

Kata Kunci : Zonasi Batuan, Kecepatan Pengeboran, Kemampuboran, Persamaan Kecepatan pengeboran. **Pendahuluan**

Untuk memenuhi kebutuhan pasar yang tinggi akan produk batu

andesit yakni batu belah dan juga split, banyak perusahaan yang membuka

usaha pertambangan batu andesit dengan metode penambangan yang biasa diterapkan yaitu metode tambang terbuka dengan jenis *quarry*. Pada tahapan awal penambangannya, batu andesit diberaikan dengan cara peledakan yang diawali dahulu dengan proses pengeboran lubang ledak, setelah itu dilakukan pemuatan dan pengangkutan material batu andesit yang sudah terberai untuk dilakukan pengecilan ukuran sesuai dengan kebutuhan pasar. Pada tahapan penambangan ini merupakan tahapan yang sangat penting untuk dapat memenuhi kebutuhan pasar, dan salah satu hal yang sering memperlambat proses penambangan batu andesit ini terletak pada proses penyediaan lubang ledak untuk pemberaian batu andesit yang dikarenakan oleh lama waktu proses pengeboran yang tidak menentu, disebabkan oleh pengaruh dari karakteristik batu andesit yang berbeda – beda.

Untuk mengupayakan terus terpenuhinya kebutuhan pasar akan produk dari batu andesit, maka dari itu perlu dilakukannya kajian mengenai performa pengeboran lubang ledak, meliputi kemampuboran dan juga kecepatan pengeboran yang dikaji dengan keadaan dari karakteristik massa batuan andesit meliputi kekerasan batuan, kekuatan batuan, kerapatan kekar, dan persentase kuarsa, sehingga dapat diperkirakan waktu pengeboran yang dibutuhkan untuk membuat sejumlah lubang ledak.

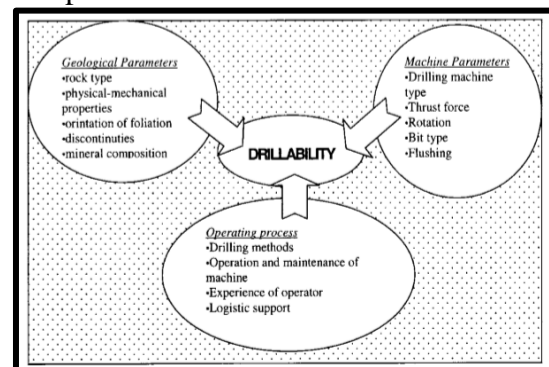
Berdasarkan atas latar belakang yang telah disampaikan, berikut merupakan tujuan dari penelitian ini:

1. Mengetahui zonasi batuan andesit berdasarkan karakteristik massa batuan, meliputi kekerasan batuan, kekuatan batuan, kerapatan kekar, dan juga persentase kuarsa.

2. Mengetahui efisiensi kerja pengeboran lubang ledak.
3. Mengetahui kecepatan pengeboran dan juga kemampuboran lubang ledak.
4. Mengetahui pengaruh karakteristik massa batuan berupa kekerasan batuan, kekuatan batuan, kerapatan kekar, dan juga persentase kuarsa terhadap kecepatan pengeboran serta kemampuboran.
5. Mengetahui hasil perumusan persamaan untuk *rate of penetration*.

A. Landasan Teori

Menurut Altindag. 2004 terdapat 3 faktor yang mempengaruhi kemampuboran, yaitu : parameter geologi, parameter operasi pengeboran, dan parameter mesin bor.



Sumber : Altindag. 2004

Gambar 1. Faktor Yang Mempengaruhi Kemampuboran

Salah satu parameter geologi yang dapat diamati ialah sifat mekanik batuan meliputi kekerasan dan kekuatan batuan, keberadaan bidang lemah, dan juga komposisi mineral. Pada kekerasan batuan dapat dinilai dengan menggunakan Skala Mohs dengan proses pengukuran dapat dilakukan dengan menggunakan alat – alat yang cukup sederhana seperti berikut ini :



Sumber : Mukherje, Swapna. 2012

Gambar 2. Nilai Kekerasan Berdasarkan Alat Uji

Pada nilai kekuatan batuan dapat diketahui dengan menggunakan klasifikasi kekuatan batuan dari hasil uji kuat tekan menurut Jukka Naapuri bersama Tamrock dalam buku *Surface Drilling and Blasting* (1988) seperti berikut ini :

Tabel 1. Klasifikasi Kekuatan Batuan

Klasifikasi Kekuatan Batuan		Kekerasan (Skala Mohs)	Kekuatan Batuan (MPa)
Keras	Sangat Keras	>7	> 200
	Keras	6 - 7	120 – 200
	Keras Sedang	4,5 - 6	60 – 120
Lunak	Cukup Lunak	3 – 4,5	30 – 60
	Lunak	2 – 3	10 – 30
	Sangat Lunak	1 - 2	<10

Sumber : Nappuri, Jukka dan Tamrock. 1988

Dalam pengolahan data pengeboran, terdapat beberapa persamaan yang dapat dipergunakan, yaitu :

1. Efisiensi kerja pengeboran
Merupakan salah satu parameter penilaian kinerja pengeboran yang dapat diketahui dengan membandingkan antara waktu efektif dan jumlah jam kerja yang tersedia yang akan dinyatakan dalam persen. Efisiensi kerja dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut ini (Prodjosumarto, Partanto. 1993) :

$$E = \frac{W_e}{W_p} \times 100\%$$

Di mana :

E : Efisiensi kerja (%)

W_e : Waktu efektif kerja, merupakan waktu yang dibebankan kepada operator suatu alat yang telah dikurangi dengan waktu hambatan. (Jam)

W_p : Merupakan jumlah jam kerja tersedia yang telah dikurangi waktu istirahat. (Jam)

2. Kecepatan Pengeboran

Kecepatan pengeboran ini dihitung dalam satuan meter per menit lapisan yang ditembus yang dapat dihitung dengan persamaan berikut ini (Ashari, Yunus.2018) :

$$V = \frac{H}{DT}$$

Di mana :

V :Kecepatan Pengeboran (meter/ menit)

H : Kedalaman lubang bor (meter)

DT : Waktu pengeboran (menit)

3. Kemampuan Pengeboran

Kemampuan pengeboran ialah suatu cara untuk mengetahui berapa jumlah lubang bor yang mampu dibuat alat bor perjamnya yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini (Jurnal Geomine, Vol. 5, No 2 (2017)) :

$$P = \frac{EK \times 60}{CT}$$

Di mana :

P : Kemampuan pengeboran (lubang/ jam)

EK : Efisiensi kerja pengeboran.

CT : Cycle time pengeboran (menit)

4. Ketersediaan Mekanik

(*Mechanical Availability, MA*)
 Ketersediaan mekanik ialah suatu cara yang dipergunakan untuk menilai kondisi mekanik dari pada alat bor yang dipergunakan, mengacu kepada porsi dari waktu kerja (WP) yang mana mesin bor di sini secara mekanis mampu melakukan suatu pekerjaan produktif yang dapat diperoleh nilai ketersediaan mekaniknya tersebut dengan persamaan di bawah ini (Ashari, Yunus, 2018) :

$$MA (\%) = \frac{WP - ST}{WP} \times 100\%$$

Di mana:

WP : Jumlah jam kerja alat, merupakan waktu yang digunakan oleh operator untuk melakukan suatu kegiatan pengeboran. (Jam)

ST : Jumlah banyaknya jam perbaikan, merupakan waktu yang dipergunakan dalam proses perbaikan dan juga merupakan waktu yang hilang akibat menunggu saat dilakukannya perbaikan dan juga termasuk kepada waktu penyediaan suku cadang serta waktu perawatan. (Jam)

5. Ketersediaan Fisik (*Physical Availability, PA*)

Merupakan suatu poin yang digunakan dalam menentukan kesiapan alat untuk melakukan operasi pada jam waktu kerja yang tersedia, yang mana pada ketersediaan fisik di sini memiliki persamaan seperti berikut ini (Ashari, Yunus, 2018):

$$PA (\%) = \frac{\text{Operating Active (hours)}}{\text{Machine Hours}} \times 100\%$$

Penilaian ketersediaan alat bor dapat dilakukan untuk mengetahui kondisi dari pada

bor di mana, ketersediaan bor dapat dikatakan sangat baik dengan persentase 90%, dapat dikatakan baik dengan persentase 80%- 90%, sedang dengan persentase 70% - 80% dan juga dapat dikatakan buruk dengan persentase alat $\leq 70\%$.

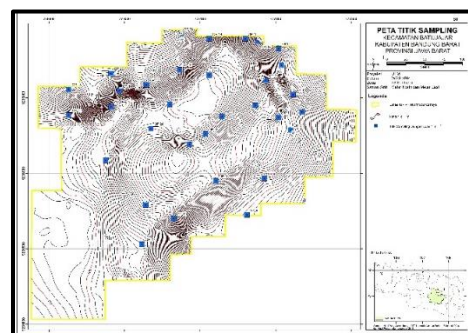
B. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pengamatan karakteristik massa batuan dilakukan pada 32 lokasi titik *sampling* seperti berikut ini :

Tabel 2. Hasil Pengamatan Kerapatan Kekar, Kekerasan Batuan, dan Persentase Kuarsa

Titik Sampling	Jumlah Kekar (kekar / m ²)	Kekerasan (Skala Mohs)	Persentase Kuarsa (%)
1	67	Gores Kuku 2,5	3
2	65	Gores Kuku 2,5	2,33
3	75	Gores Kuku 2,5	3,66
4	67	Gores Kuku 2,5	3
5	65	Gores Kuku 2,5	2,33
6	55	Gores Kaca 5,5	14,33
7	45	Gores Kaca 5,5	13,33
8	28	Gores Kuku 2,5	3,86
9	38	Gores Kuku 2,5	3,33
10	33	Gores Kuku 2,5	4
11	32	Gores Kuku 2,5	2
12	23	Gores Kaca 5,5	11,67
13	38	Gores Kaca 5,5	15,33
14	22	Gores Kaca 5,5	15,33
15	28	Gores Kaca 5,5	11,66
16	44	Gores Kaca 5,5	11,33
17	24	Gores Kaca 5,5	19,33
18	23	Gores Kaca 5,5	17,66
19	26	Gores Kaca 5,5	19,33
20	30	Gores Kaca 5,5	13,33
21	47	Gores Kaca 5,5	13,33
22	21	Gores Kaca 5,5	17,66
23	24	Gores Kaca 5,5	15,33
24	21	Gores Kaca 5,5	17,66
25	23	Gores Kaca 5,5	19
26	24	Gores Kaca 5,5	15,66
27	21	Gores Kuku 2,5	3,66
28	20	Gores Kaca 5,5	19,33
29	23	Gores Kuku 2,5	2
30	25	Gores Kaca 5,5	16
31	29	Gores Kaca 5,5	16,33
32	27	Gores Kaca 5,5	20

Berikut pada Gambar 3 merupakan peta titik *sampling* di lokasi penelitian:



Gambar 3. Peta Titik *Sampling*

Untuk pengamatan kerapatan kekar, diklasifikasikan secara lokal dengan pengklasifikasian berdasarkan statistik sehingga dapat menghasilkan klasifikasi kerapatan kekar di lokasi penelitian seperti pada tabel di bawah ini :

Tabel 3. Klasifikasi Kerapatan Kekar

Kerapatan Kekar	
Klasifikasi Kekar	Jumlah (kekar / m ²)
Jarang	20 - 39
Sedang	40 - 59
Rapat	60 - 79

Untuk persentase kuarsa, diklasifikasikan menyesuaikan dengan klasifikasi kekerasan batuan menurut Jukka Naapuri dan Tamrock (1988) yaitu 2 klasifikasi kekerasan batuan, untuk itu persentase kuarsa pada lokasi penelitian inipun dibagi menjadi 2 klasifikasi pula, yaitu persentase kuarsa tinggi dan juga rendah dengan rentang yang diperhitungkan secara statistik sehingga didapatkan klasifikasi persentase kuarsa seperti pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. Klasifikasi Persentase Kuarsa

Klasifikasi	%
Rendah	1 - 10
Tinggi	11 - 20

Untuk memperkuat data hasil uji kekerasan batuan dan juga pendeskripsian persentase kuarsa secara megascopis, maka dilakukan pengujian di laboratorium dengan uji kuat tekan batuan sebagai validasi data dari kekerasan batuan, dan uji petrografi dengan metode sayatan tipis sebagai validasi pendeskripsian persentase kuarsa secara megascopis seperti di bawah ini

Tabel 5. Hasil Uji Lab Kuat Tekan Batuan

No	Sampel	Kekerasan Baatuan (Skala Mohs)	Load (kg)	Kekuatan (MPa)	Klasifikasi Kekuatan
1	OP 2	Lunak (2,5)	2.500	10,41	Lunak
2	OP 7	Keras Sedang (5,5)	14.500	60,40	Keras Sedang
3	OP 19	Keras Sedang (5,5)	16.500	68,73	Keras Sedang

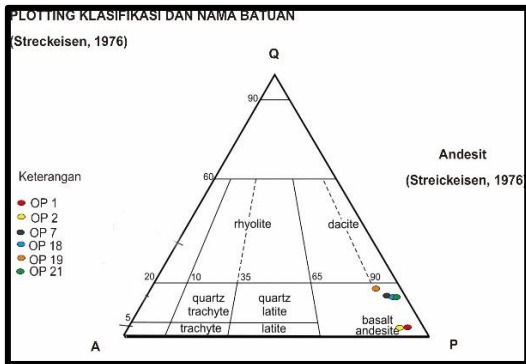
Dari ketiga batuan yang diuji kuat tekannya, didapatkan bahwa 2 batuan tergolong memiliki kekuatan keras sedang dari segi uji kekerasan batuan dan juga uji kuat tekan batuannya, dan 1 batuan tergolong memiliki jenis kekuatan batuan lunak dari segi uji kekerasan batuan dan juga uji kuat tekan batuan sesuai dengan klasifikasi kekuatan batuan menurut Jukka Naapuri dan Tamrock (1988).

Tabel 6. Persentase Mineral Hasil Analisis Petrografi Sayatan Tipis dan Megascopis

No	Sampel	Kekerasan Batuan (Skala Mohs)	Analisis Petrografi	Pengamatan Megascopis
			Kuarsa (%)	Kuarsa (%)
1	OP 1	Lunak	2,9	3
2	OP 2	Lunak	2,8	2,33
3	OP 7	Keras Sedang	13,7	13,33
4	OP 18	Keras Sedang	18,7	17,66
5	OP 19	Keras Sedang	19,5	19,33
6	OP 21	Keras Sedang	14,3	13,33

Berdasarkan pendeskripsian persentase kuarsa dengan menggunakan analisis petrografi sayatan tipis dan pendeskripsian secara megascopis, didapatkan kekeliruan pada pendeskripsian megascopis paling besar memiliki nilai 1% sehingga data pendeskripsian megascopis dapat dikatakan cukup valid untuk dipergunakan.

Berikut merupakan hasil *plotting* nama batuan berdasarkan klasifikasi nama batuan menurut Streickeisen.1976 (gambar 4.2):



Gambar 4. Klasifikasi Nama Batuan Menurut Streickeisen

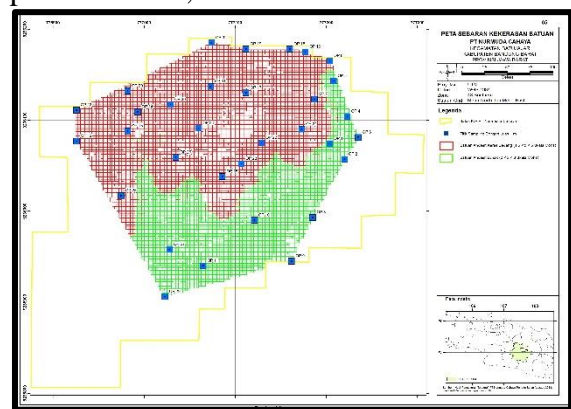
Berdasarkan hasil *plotting* nama batuan, didapatkan bahwa keseluruhan sampel batuan merupakan jenis batuan andesit basalt.

Setelah tervalidasinya data kekerasan batuan dan juga data pengamatan persentase kuarsa, dilakukan analisis sebaran kekerasan batuan, kerapatan kekar, dan juga persentase kuarsa menggunakan metode *block model* interpolasi *kriging* untuk mendapatkan peta dan sketsa *block model* sebaran kekerasan batuan, peta dan sketsa *block model* sebaran kekar, peta dan sketsa *block model* sebaran persentase kuarsa, setelah itu dilakukan pendeliniasian antara peta dan sketsa *block model* sebaran kekerasan batuan dengan sebaran kekar dan sebaran persentase kuarsa tersebut sehingga didapatkan zonasi batuan di lokasi penelitian seperti di bawah ini:

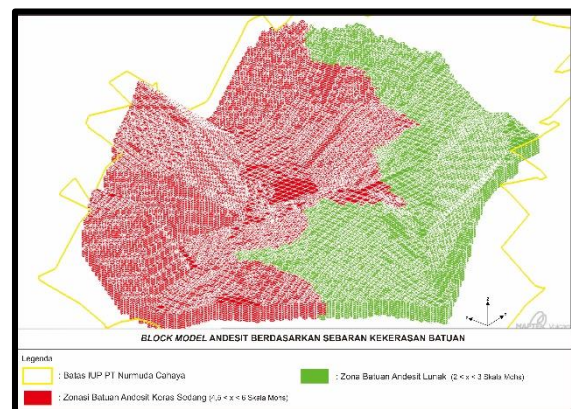
1. Batuan Andesit Keras Sedang ($4,5 < x < 6$ Skala Mohs), kekar sedang (40-59 kekar / m^2), dengan persentase kuarsa tinggi (11-20%)
2. Batuan Andesit Lunak ($2 < x < 3$ Skala Mohs), kekar rapat (60-79 kekar / m^2), dengan persentase kuarsa rendah (1-10%)
3. Batuan Andesit Keras Sedang ($4,5 < x < 6$ Skala Mohs), kekar jarang (20-39 kekar / m^2), dengan persentase kuarsa tinggi (11-20%)

4. Batuan Andesit Lunak ($2 < x < 3$ Skala Mohs), kekar jarang (20-39 kekar / m^2), dengan persentase kuarsa rendah (1-10%)
5. Batuan Andesit Keras Sedang ($4,5 < x < 6$ Skala Mohs), kekar jarang (20-39 kekar / m^2), dengan persentase kuarsa rendah (01-10%)

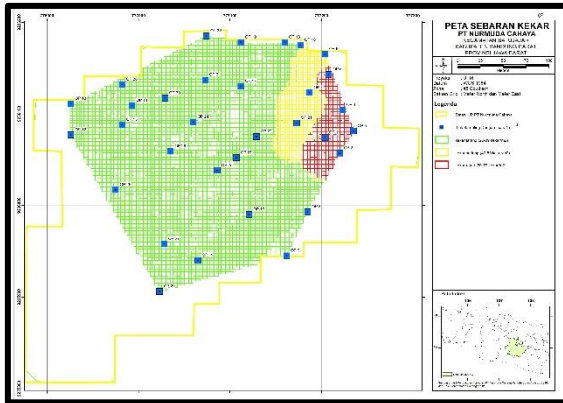
Dari 5 zonasi batuan andesit yang terdapat pada lokasi penelitian, proses pengeboran hanya dilakukan pada zonasi 1, 2 dan 3 .



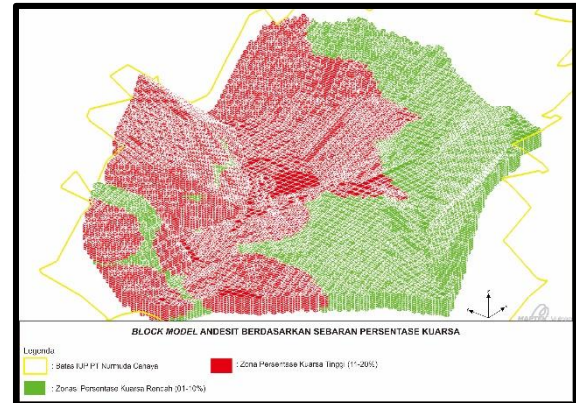
Gambar 5. Peta Sebaran Kekerasan Batuan



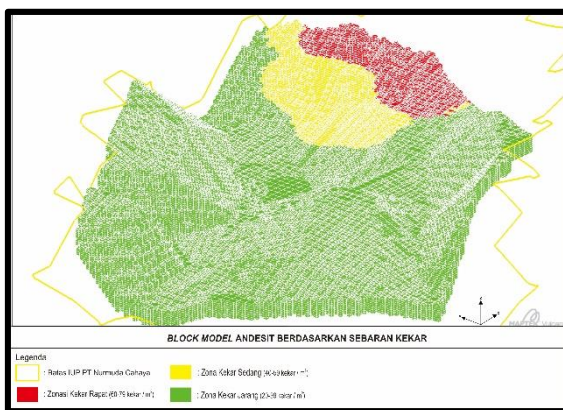
Gambar 6. Block Model Sebaran Kekerasan Batuan



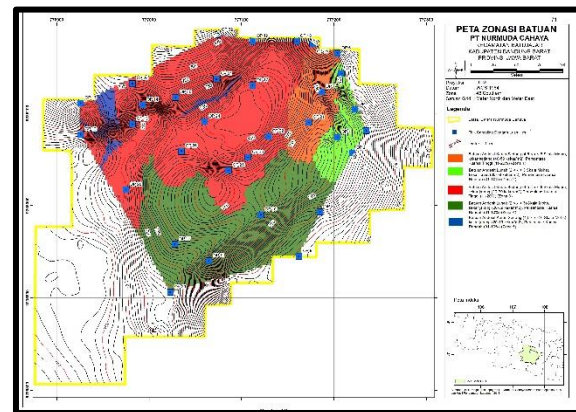
Gambar 7. Peta Sebaran Kekar



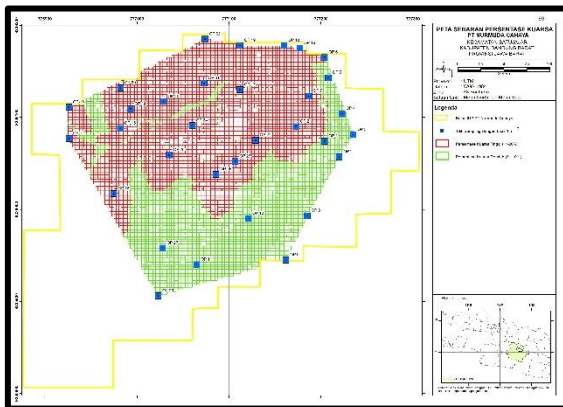
Gambar 10. Block Model Sebaran Persentase Kuarsa



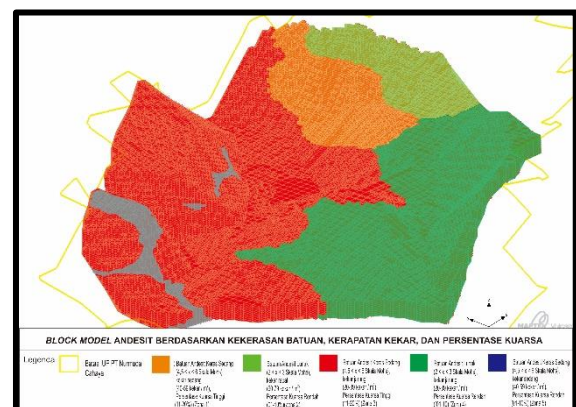
Gambar 8. Block Model Sebaran Kekar



Gambar 11. Peta Zonasi Batuan



Gambar 9. Peta Sebaran Persentase Kuarsa



Gambar 12. Block Model Zonasi Batuan

Efisiensi Kerja Pengeboran

1. Efisiensi kerja Pengeboran *HD* 1

$$\text{Zona 1} = \frac{5,5 \text{ Jam/hari}}{7 \text{ jam/hari}} \times 100\% = 78,58 \%$$

$$\text{Zona 2} = \frac{5,51 \text{ Jam/hari}}{7 \text{ jam/hari}} \times 100\% = 78,67\%$$

$$\text{Zona 3} = \frac{5,6 \text{ Jam/hari}}{7 \text{ jam/hari}} \times 100\% = 79,97\%$$

2. Efisiensi kerja Pengeboran HD 2

$$\text{Zona 1} = \frac{4,59 \text{ Jam/hari}}{6,33 \text{ jam/hari}} \times 100\% = 72,5\%$$

$$\text{Zona 2} = \frac{5,21 \text{ Jam/hari}}{6,67 \text{ jam/hari}} \times 100\% = 78,15\%$$

$$\text{Zona 3} = \frac{5,03 \text{ Jam/hari}}{6,7 \text{ jam/hari}} \times 100\% = 75,04\%$$

Dikarenakan kedua *hand drill* memiliki nilai efisiensi di atas 70%, maka kategori efisiensi kerja yang dimiliki oleh *hand drill* 1 dan 2 tergolong sedang.

Mechanical Availability, MA

1. MA HD 1

$$\text{Zona 1} \quad (\%) = \frac{7 \text{ jam/hari} - (6,75 : 3.600) \text{ jam/hari}}{7 \text{ jam/hari}}$$

$$\times 100\% = 99,97\%$$

$$\text{Zona 2} \quad (\%) = \frac{7 \text{ jam/hari} - (3.131 : 3.600) \text{ jam/hari}}{7 \text{ jam/hari}}$$

$$\times 100\% = 87,57\%$$

$$\text{Zona 3} \quad (\%) = \frac{7 \text{ jam/hari} - (61,86 : 3.600) \text{ jam/hari}}{7 \text{ jam/hari}}$$

$$\times 100\% = 99,75\%$$

2. MA HD 2

$$\text{Zona 1} \quad (\%) = \frac{6,33 \text{ jam/hari} - (40,92 : 3.600) \text{ jam/hari}}{6,33 \text{ jam/hari}} \times 100\% = 99,82\%$$

$$\text{Zona 2} \quad (\%) = \frac{6,67 \text{ jam/hari} - (2.985 : 3.600) \text{ jam/hari}}{6,67 \text{ jam/hari}} \times 100\% = 87,56\%$$

$$\text{Zona 3} \quad (\%) = \frac{6,70 \text{ jam/hari} - (43,31 : 3.600) \text{ jam/hari}}{6,70 \text{ jam/hari}} \times 100\% = 99,82\%$$

Dengan dimilikinya nilai ketersediaan mekanik dari *hand drill* 1

dan 2 di atas nilai 90%, maka dari itu nilai ketersediaan mekanik yang dimiliki oleh *hand drill* 1 dan 2 tergolong sangat baik.

Physical Availability, PA

1. PA HD 1

$$\text{Zona 1} \quad (\%) = \frac{7 \text{ jam/hari} - 0,29 \text{ jam/hari}}{7 \text{ jam/hari}} \times 100\% = 95,85\%$$

$$\text{Zona 2} \quad (\%) = \frac{7 \text{ jam/hari} - 0,27 \text{ jam/hari}}{7 \text{ jam/hari}} \times 100\% = 96,14\%$$

$$\text{Zona 3} \quad (\%) = \frac{7 \text{ jam/hari} - 0,17 \text{ jam/hari}}{7 \text{ jam/hari}} \times 100\% = 97,57\%$$

2. PA HD 2

$$\text{Zona 1} \quad (\%) = \frac{6,33 \text{ jam/hari} - 0,56 \text{ jam/hari}}{6,33 \text{ jam/hari}} \times 100\% = 91,1\%$$

$$\text{Zona 2} \quad (\%) = \frac{6,67 \text{ jam/hari} - 0,25 \text{ jam/hari}}{6,67 \text{ jam/hari}} \times 100\% = 96,2\%$$

$$\text{Zona 3} \quad (\%) = \frac{6,70 \text{ jam/hari} - 0,31 \text{ jam/hari}}{6,70 \text{ jam/hari}} \times 100\% = 95,3\%$$

Dengan dimilikinya nilai ketersediaan fisik dari *hand drill* 1 dan 2 yang di atas nilai 90%, maka dari itu nilai ketersediaan mekanik dan juga fisik yang dimiliki oleh *hand drill* 1 dan 2 tergolong sangat baik.

Kecepatan Pengeboran

1. V HD 1

$$\text{Zona 1} = \frac{2,99 \text{ m}}{23,80 \text{ menit}} = 0,1255 \text{ m/menit}$$

$$\text{Zona 2} = \frac{3,11 \text{ m}}{21,30 \text{ menit}} = 0,1462 \text{ m/menit}$$

$$\text{Zona 3} = \frac{3,10 \text{ m}}{31,48 \text{ menit}} = 0,0983 \text{ m/menit}$$

2. V HD 2

$$\text{Zona 1} = \frac{2,98 \text{ m}}{24,39 \text{ menit}} = 0,1220 \text{ m/menit}$$

$$\text{Zona 2} = \frac{2,93 \text{ m}}{18,36 \text{ menit}} = 0,1593 \text{ m/menit}$$

$$\text{Zona 3} = \frac{2,94 \text{ m}}{29,54 \text{ menit}} = 0,0994 \text{ m/menit}$$

Kemampuboran, P

1. P HD 1

$$\text{Zona 1} = \frac{0,786 \times 60}{26,43 \text{ menit}} = 1,784$$

$$\text{lubang/jam} = 1,21 \text{ jam} / 2 \text{ lubang}$$

$$\text{Zona 2} = \frac{0,787 \times 60}{23,12 \text{ menit}} = 2,041$$

$$\text{lubang/jam} = 0,97 \text{ jam} / 2 \text{ lubang}$$

$$\text{Zona 3} = \frac{0,799 \times 60}{33,62 \text{ menit}} = 1,427$$

$$\text{lubang/jam} = 1,40 \text{ jam} / 2 \text{ lubang}$$

2. P HD 2

$$\text{Zona 1} = \frac{0,726 \times 60}{26,51 \text{ menit}} = 1,644$$

$$\text{lubang/jam} = 1,21 \text{ jam} / 2 \text{ lubang}$$

$$\text{Zona 2} = \frac{0,781 \times 60}{19,97 \text{ menit}} = 2,347$$

$$\text{lubang/jam} = 0,85 \text{ jam} / 2 \text{ lubang}$$

$$\text{Zona 3} = \frac{0,750 \times 60}{31,72 \text{ menit}} = 1,418$$

$$\text{lubang/jam} = 1,41 \text{ jam} / 2 \text{ lubang}$$

Tabel 7. Pengaruh Karakteristik Batuan Terhadap Kecepatan Pengeboran dan Kemampuboran *Hand Drill 1*

Jenis	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Kekerasan Batuan dan Kerapatan Kekar	Keras Sedang, Kekar Sedang	Lunak, Kekar Rapat	Keras Sedang, Kekar Jarang
Kuat Tekan Batuan	Keras Sedang	Lunak	Keras Sedang
Rata – Rata Persentase Kuarsa (%)	14 (Tinggi)	2,85 (Rendah)	19,1 (Tinggi)
Rata – Rata ROP / Kecepatan pengeboran (m/menit)	0,1255	0,1462	0,0983

Jenis	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Kemampuboran (jam/Lubang)	1,21 / 2	0,97 / 2	1,40 / 2

Tabel 8. Pengaruh Karakteristik Batuan Terhadap Kecepatan Pengeboran dan Kemampuboran *Hand Drill 2*

Jenis	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Kekerasan Batuan dan Kerapatan Kekar	Keras Sedang, Kekar Sedang	Lunak, Kekar Rapat	Keras Sedang, Kekar Jarang
Kuat Tekan Batuan	Keras Sedang	Lunak	Keras Sedang
Rata – Rata Persentase Kuarsa (%)	14 (Tinggi)	2,85 (Rendah)	19,1 (Tinggi)
Rata – Rata ROP / Kecepatan pengeboran (m/menit)	0,1220	0,1593	0,0994
Kemampuboran (jam/Lubang)	1,21 / 2	0,85 / 2	1,41 / 2

Dapat dibuktikan dari hasil hasil rata – rata kecepatan pengeboran, kemampuboran, serta karakteristik batuan dalam hal ini kekerasan batuan, kekuatan batuan, kerapatan kekar, dan juga persentase kuarsa saling berpengaruh, yaitu apabila nilai kekerasan batuan semakin besar, kekuatan batuan semakin besar, persentase kuarsa semakin besar, dan kerapatan kekar semakin renggang (jumlah kekar semakin sedikit), maka kecepatan pengeboran dan kemampuboran akan memiliki nilai yang semakin kecil, begitu pula kebalikannya, apabila nilai kekerasan batuan semakin kecil, kekuatan batuan semakin kecil, persentase kuarsa semakin kecil, dan kerapatan kekar semakin rapat (jumlah kekar semakin banyak), maka nilai kecepatan pengeboran dan kemampuboran akan semakin besar

Persamaan ROP

Pada proses perumusan persamaan ROP, dilakukan dengan memanfaatkan 4 faktor yaitu nilai ROP atau kecepatan pengeboran itu sendiri,

nilai kekerasan batuan, nilai persentase kuarsa, dan juga nilai kerapatan kekar. Untuk nilai kekerasan batuan yang telah disebutkan di atas, didapatkan berdasarkan anggapan dari berapa kali pengujian penggoresan alat uji kepada batuan hingga batuan tersebut dapat tergores atau menggores alat uji, oleh karena itu nilai kekerasan batuan ini bukan merupakan nilai dengan angka kekerasan batuan yang sebenarnya karena nilai angka kekerasan batuan yang didapat hanya berupa *range* nilai sesuai dengan alat uji yang dipergunakan.

Untuk didapatkannya persamaan ROP, dapat dilakukan dengan cara pembuatan analisis regresi, di mana merupakan suatu metode analisis dalam statistik yang difungsikan untuk mencari pengaruh dua variabel atau lebih yang mana kedua variabel tersebut memiliki sifat fungsional yang dapat menghasilkan suatu model matematis. Dan berikut merupakan hasil dari perumusan persamaan ROP :

Tabel 9. Data Persamaan ROP

Data HD 1 Zona 1				Data HD 2 Zona 1					
No	Kekerasan Batuan (Skala Mohs)	Persentase kuarsa (%)	Jumlah Kekar (Kekar/m ²)	ROP / Kecepatan Pengeboran (m/menit)	No	Kekerasan Batuan (Skala Mohs)	Persentase kuarsa (%)	Jumlah Kekar (Kekar/m ²)	ROP / Kecepatan Pengeboran (m/menit)
1	5.5	11.33	55	0.15	1	5.7	13.33	55	0.134
2	5.9	16.33	51	0.11	2	5.6	11.67	57	0.139
3	5.8	16	51	0.12	3	5.5	11.33	59	0.144
4	5.6	11.67	53	0.14	4	5.9	18.33	52	0.125
5	5.7	13.33	52	0.13	5	5.8	17.67	53	0.129
Data HD 1 Zona 2				Data HD 2 Zona 2					
No	Kekerasan Batuan (Skala Mohs)	Persentase kuarsa (%)	Jumlah Kekar (Kekar/m ²)	ROP / Kecepatan Pengeboran (m/menit)	No	Kekerasan Batuan (Skala Mohs)	Persentase kuarsa (%)	Jumlah Kekar (Kekar/m ²)	ROP / Kecepatan Pengeboran (m/menit)
1	2.2	1.5	72	0.155	1	2.3	3.33	67	0.17
2	2.4	1.75	63	0.141	2	2.2	3	66	0.178
3	2.1	1.66	73	0.16	3	2.5	4	69	0.152
4	2.3	2.16	65	0.147	4	2.1	3.33	65	0.179
5	2.5	3.86	60	0.129	5	2.4	3.66	70	0.168
Data HD 1 Zona 3				Data HD 2 Zona 3					
No	Kekerasan Batuan (Skala Mohs)	Persentase kuarsa (%)	Jumlah Kekar (Kekar/m ²)	ROP / Kecepatan Pengeboran (m/menit)	No	Kekerasan Batuan (Skala Mohs)	Persentase kuarsa (%)	Jumlah Kekar (Kekar/m ²)	ROP / Kecepatan Pengeboran (m/menit)
1	5.6	13.33	35	0.103	1	5.9	20	21	0.095
2	5.9	20	33	0.084	2	5.8	19	22	0.097
3	5.8	19.33	32	0.086	3	5.6	14.33	26	0.104
4	5.7	15.67	31	0.092	4	5.7	16.33	25	0.101
5	5.5	12	36	0.11	5	5.5	14	37	0.113

$$ROP_{HD1Z1} = 0,492652237 - 0,075055944X_1 - 0,000162627X_2 + 0,001307844X_3$$

$$ROP_{HD1Z2} = 0,293965029 - 0,06203781X_1 - 0,002849855X_2 + 0,000020296X_3$$

$$ROP_{HD1Z3} = 0,245684028 - 0,032152778X_1 - 0,000010659X_2 + 0,001488426X_3$$

$$ROP_{HD2Z1} = 0,243255819 - 0,028893981X_1 - 0,000062596X_2 + 0,00102627X_3$$

$$ROP_{HD2Z2} = 0,16215121 - 0,082369093X_1 - 0,012037665X_2 + 0,003537035X_3$$

$$ROP_{HD2Z3} = 0,161678252 - 0,013069356X_1 - 0,000229996X_2 + 0,000708242X_3$$

Tabel 10. Kumpulan Data Hasil Regresi

Regression Statistics	HD1Z1	HD1Z2	HD1Z3	HD2Z1	HD2Z2	HD2Z3
Multiple R	0,9997571	0,999362352	0,9994895	0,999823223	0,99973217	0,999386873
R Square	0,9995142	0,99872511	0,9989792	0,999646476	0,99946442	0,998774123
Adjusted R Square	0,9980567	0,99490044	0,9959167	0,998585906	0,99785767	0,99509649
Standard Error	0,0006315	0,000868168	0,0007144	0,000289409	0,00050236	0,000489087
Observations	5	5	5	5	5	5

Nilai dari *R Square* pada setiap zona memiliki nilai yang mendekati 1 yaitu berkisar antara 0,99872 – 0,9996 sehingga nilai kecocokan pada prediksi akan semakin baik dan terdapat kecocokan yang bernilai baik pula pada variabel bebas serta variabel terikatnya terutama pada persamaan HD 2 zona 1 yang memiliki nilai *R Square* paling mendekati angka 1.

Selain itu faktor yang menentukan prediksi persamaan semakin akurat ataupun tidaknya dapat dilihat dari nilai standar error, di mana dari hasil analisis regresi memiliki nilai standar error yang tergolong kecil yaitu berkisar antara 0,000289 – 0,000714 dengan prediksi persamaan yang paling akurat berada pada persamaan HD 2 zona 1 dengan nilai standar error paling kecil sehingga dapat dipastikan tingkat kekeliruan prediksi pada HD 2 zona 1 di sini akan mempunyai nilai paling akurat dibandingkan dengan nilai prediksi

Tabel 11. Kumpulan Data *Analysis Of Variance*

Jenis Anova	HD1Z1		HD1Z2		HD1Z3		HD2Z1		HD2Z2		HD2Z3	
	SS	Significance F	SS	Significance F	SS	Significance F	SS	Significance F	SS	Significance F	SS	Significance F
Regression	0,000820399		0,000590446		0,00049949		0,000236838		0,000470948		0,000194892	
Residual	0,000000399	0,028061601	0,000000075	0,045452123	0,000000051	0,040673695	0,000000084	0,023938323	0,000000252	0,029463497	0,000000239	0,044570232
Total	0,000820798		0,0005912		0,0005		0,000236922		0,0004712		0,000195131	

Tabel 12. Kriteria Tingkat Pengaruh Model

HandDrill / Zona	Significance F	Taraf Signifikasi	Keterangan
HD1Z1	0,028061601	0,05	Nilai model < Taraf signifikasi artinya H0 diterima, jadi model berpengaruh secara signifikan
HD1Z2	0,045452123		Nilai model < Taraf signifikasi artinya H0 diterima, jadi model berpengaruh secara signifikan
HD1Z3	0,040673695		Nilai model < Taraf signifikasi artinya H0 diterima, jadi model berpengaruh secara signifikan
HD2Z1	0,023938323		Nilai model < Taraf signifikasi artinya H0 diterima, jadi model berpengaruh secara signifikan
HD2Z2	0,029463497		Nilai model < Taraf signifikasi artinya H0 diterima, jadi model berpengaruh secara signifikan
HD2Z3	0,044570232		Nilai model < Taraf signifikasi artinya H0 diterima, jadi model berpengaruh secara signifikan

yang lainnya. Sementara untuk persamaan lainnya tidak dapat memiliki nilai semaksimal pada persamaan HD 2 zona 1 dapat disebabkan oleh keterkaitan antara hubungan variabel bebas dan terikatnya yang kurang cocok.

Berdasarkan dari hasil *analysis of variance* didapatkan nilai dari ss (*sum of square*) pada analisis regresi berkisar 0,000194 – 0,0008203 yang memiliki arti bahwa terdapatnya kebervarian nilai ROP yang didapatkan disebabkan oleh variabel bebas yaitu persentase kuarsa, kekerasan batuan, dan juga kerapatan kekar dengan nilai tersebut, dan penyebab lain terjadinya kebervarian nilai ROP ini disebabkan oleh variabel lain dengan nilai yang tertera pada bagian residual.

Untuk menilai tingkat pengaruh model yang dimiliki dapat dilakukan dengan membuat hipotesis uji dengan simbol H0 dan juga H1, di mana H0

memiliki arti bahwa model berpengaruh secara signifikan (model < H0), sementara pada H1 memiliki arti bahwa model tidak berpengaruh secara signifikan (model > H1), dengan taraf signifikasi pada umumnya sebesar 0,05 dengan begitu dapat dikriteriakan tingkat pengaruh model seperti tabel 12.

Dari model yang didapatkan memiliki tingkat pengaruh secara signifikan, hal ini dapat dikarenakan oleh kecocokan data pada variabel terikat dan juga variabel bebasnya, sehingga nilai *significance F* setiap model memiliki nilai yang lebih kecil dari taraf signifikasi pada umumnya yaitu 0,05.

Pembuktian Persamaan

Untuk diketahui hasil persamaan dari analisis regresi ini valid atau tidaknya, dapat dilakukan pembuktian dengan menggunakan persamaan berikut :

Tabel 13. Persamaan Linier Hasil Analisis Regresi

Jenis Coefficients	Hand Drill 1			Hand Drill 2		
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Coefficients Intercept	0,492652237	0,293965029	0,245684028	0,243255819	0,162151210	0,161678252
Kekerasan Batuan (Coeff. Variable 1)	-0,075055944	-0,062037810	-0,032152778	-0,028893981	-0,082369093	-0,013069356
Persentase Kuarsa (Coeff. Variable 2)	-0,000162627	-0,002849855	-0,001065972	-0,000062596	-0,012037665	-0,000229996
Kerapatan Kekar (Coeff. Variable 3)	0,001307844	0,000020296	0,001488426	0,001026274	0,003537035	0,000708242

ROP = Coeff intercept + (coeff variable 1 x nilai kekerasan batuan) + (coeff variable 2 x nilai persentase kuarsa) + (coeff variable 3 x nilai jumlah kekar)

$$HD1Z1 = \frac{0,127}{0,13} \times 100\% = 98,32 \%$$

$$HD1Z2 = \frac{0,157}{0,16} \times 100\% = 98,61 \%$$

$$HD1Z3 = \frac{0,097}{0,10} \times 100\% = 97,79 \%$$

Tabel 14. Pembuktian Hasil Persamaan Hand Drill 1

Zona	Kekerasan Batuan (Skala Mohs)	Persentase kuarsa (%)	Jumlah Kekar (Kekar/m ²)	ROP/Kecepatan Pengeboran
1	5,6	12,66	44	0,13
2	2,1	2,5	60	0,16
3	5,5	13,33	29	0,10

$$\begin{aligned} \text{ROP HD1Z1} &= 0,49265 - 0,0750 \times 5,6 \\ &\quad - 0,00016 \times 12,6 + 0,00130 \times 44 \\ &= 0,127 \text{ m/menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ROP HD1Z2} &= 0,2939650 - 0,06203 \times 2 \\ &\quad - 0,002849 \times 2,5 + 0,000020 \times 60 \\ &= 0,157 \text{ m/menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ROP HD1Z3} &= (0,24568 - 0,03215 \times 5,5 - 0,00106 \times 13,33 + 0,001488 \times 29) \\ &= 0,097 \text{ m/menit} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pembuktian persamaan, maka didapatkan persentase kebenaran dari persamaan yang ada seperti di bawah ini :

Persentase kebenaran persamaan

Tabel 15. Pembuktian Hasil Persamaan Hand Drill 2

Zona	Kekerasan Batuan (Skala Mohs)	Persentase kuarsa (%)	Jumlah Kekar (Kekar/m ²)	ROP/Kecepatan Pengeboran
1	5,5	11,33	54	0,14
2	2,1	4	64	0,17
3	5,5	14,33	29	0,11

$$\begin{aligned} \text{ROP HD2Z1} &= 0,2432 - 0,0288 \times 5,5 - 0,0000626 \\ &\quad \times 11,33 + 0,001026 \times 54 \\ &= 0,139 \text{ m/menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ROP HD2Z2} &= 0,162151 - 0,082369 \times 2 \\ &\quad - 0,0120377 \times 4 + 0,0035370 \times 64 \\ &= 0,167 \text{ m/menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ROP HD2Z3} &= (0,16167 - 0,01306 \times 5,5 - 0,00023 \\ &\quad \times 14,33 + 0,00070 \times 29) \\ &= 0,108 \text{ m/menit} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pembuktian persamaan, maka didapatkan persentase kebenaran dari persamaan yang ada seperti di bawah ini :

Persentase kebenaran persamaan

$$HD2Z1 = \frac{0,139}{0,14} \times 100\% = 99,32 \%$$

$$HD2Z2 = \frac{0,167}{0,17} \times 100\% = 98,46 \%$$

$$HD2Z3 = \frac{0,108}{0,11} \times 100\% = 98,59 \%$$

Dengan pembuktian persamaan tersebut, dapat diketahui persentase kebenaran dari persamaan yang telah dihasilkan dengan menggunakan analisis regresi ini dengan cara pembuktian berdasarkan data variabel bebas dan variabel terikat yang tidak termasuk kedalam data yang dipergunakan dalam analisis regresi untuk perumusan persamaan, setelah itu hasilnya dibandingkan dengan data variabel terikat yang ada apakah sama atau tidak dan secara keseluruhan persentase kebenaran persamaan memiliki kisaran antara 97%- 99% sehingga kesalahan dari tiap persamaan memiliki nilai di bawah 5% yang memiliki arti bahwa persamaan dapat berpengaruh secara signifikan.

Selain itu persamaan pula dapat dibuktikan dari hasil analisis regresi pada *coeff. Variablenya*, di mana pada *coef. Variable* kekerasan batuan dan juga *coeff. Variable* persentase kuarsa seharusnya menghasilkan persamaan dengan nilai (-) yang dikarenakan nilai kekerasan pada batuan serta nilai persentase kuarsa di sini dapat menurunkan kecepatan pengeboran sementara untuk nilai *coeff. Variable* kerapatan kekar seharusnya memiliki nilai (+) yang dikarenakan keterdapatannya kekar di sini akan mempengaruhi karakteristik batuan sehingga menjadi lebih rapuh yang mengakibatkan bertambahnya kecepatan pengeboran. Namun dalam penggunaan persamaan ini perlu diperhatikan kembali tingkat akurasi yang disesuaikan dengan nilai *R Square*, standar error, dan tingkat pengaruh model pada masing – masing zonanya.

C. Kesimpulan

1. Zonasi massa batuan yang terdapat di lokasi penelitian berdasarkan karakteristiknya meliputi kekerasan batuan, kerapatan kekar, persentase kuarsa dan kekuatan batuan menghasilkan 5 zonasi massa batuan, di mana 3 zonasi batuan terdapat proses pengeboran dan 2 zonasi batuan tidak terdapat proses pengeboran, yaitu untuk zona 1 merupakan batuan andesit keras sedang ($4,5 < x < 6$ Skala Mohs), kekar sedang (40-59 kekar/m²), persentase kuarsa tinggi (11-20%) dan kekuatan batuan keras sedang, zona 2 merupakan batuan andesit lunak ($2 < x < 3$ Skala Mohs), kekar rapat (60-79 kekar/m²), persentase kuarsa rendah (1-10%) dan kekuatan batuan lunak, zona 3 merupakan batuan andesit keras sedang ($4,5 < x < 6$ Skala Mohs), kekar jarang (20-39 kekar/m²), persentase kuarsa tinggi (11-20%) dan kekuatan batuan keras sedang, zona 4 merupakan batuan andesit lunak ($2 < x < 3$ Skala Mohs), dengan kekar jarang (20-39 kekar/m²), persentase kuarsa rendah (1-10%), dan zona 5 merupakan batuan andesit keras ($4,5 < x < 6$ Skala Mohs), kekar jarang (20-39 kekar/m²), persentase kuarsa rendah (01-10%). Pada zonasi batuan 4 dan 5 di sini merupakan zonasi batuan yang tidak terdapat proses pengeboran.
2. Efisiensi kerja pengeboran merupakan salah satu parameter penilaian kinerja pengeboran yang dapat diketahui dengan membandingkan antara waktu efektif dan waktu kerja produktif yang dinyatakan dalam persen. Waktu efisiensi kerja

- pengeboran di lokasi penelitian ini tergolong baik dengan waktu efisiensi kerja pada pengeboran *hand drill* 1 zona 1 yaitu 78,58%, zona 2 yaitu 78,67%, zona 3 yaitu 79,97%, sementara efisiensi untuk *hand drill* 2 zona 1 yaitu 72,5%, zona 2 yaitu 78,15%, zona 3 yaitu 75,04%.
3. Kecepatan pengeboran yang terdapat di lokasi penelitian dari hasil rata – rata data kecepatan pengeboran untuk *hand drill* 1 pada zona 1 yaitu 0,1255 m/menit, zona 2 yaitu 0,1462 m/menit, dan zona 3 yaitu 0,0983 m/menit. Sementara untuk kecepatan pengeboran untuk *hand drill* 2 pada zona 1 yaitu 0,1220 m/menit, zona 2 yaitu 0,1593 m/menit, dan zona 3 yaitu 0,0994 m/menit. Sementara pada nilai kemampuboran, didapatkan bahwa kemampuboran untuk *hand drill* 1 pada zona 1 yaitu 1,21 jam/ 2 lubang, pada zona 2 yaitu 0,97 jam/ 2 lubang, dan pada zona 3 yaitu 1,40 jam/ 2 lubang. Untuk *hand drill* 2 pada zona 1 yaitu 1,21 jam/ 2 lubang, zona 2 yaitu 0,85 jam/ 2 lubang, dan zona 3 yaitu 1,41 jam/ 2 lubang.
 4. Berdasarkan data kecepatan pengeboran dan kemampuboran dapat disimpulkan bahwa karakteristik suatu massa batuan dalam hal ini kekerasan batuan, kerapatan kekar, persentase kuarsa, dan juga kekuatan batuan sangat berpengaruh kepada kecepatan pengeboran dan juga kemampuboran, di mana semakin keras, semakin kuat, semakin banyak persentase kuarsa, dan semakin jarangya keberadaan bidang lemah, maka proses kecepatan pengeboran dan kemampuboran akan semakin melambat dan begitu pula kebalikkannya.
 5. Untuk merumuskan persamaan ROP, dapat dicari dengan menggunakan data hasil analisis regresi yang dapat digunakan sebagai faktor pengkali untuk kekerasan batuan, kerapatan kekar, dan juga persentase kuarsa, yang mana untuk *hand drill* 1 zona 1 memiliki nilai *coeffisien intercept* 0,4926522, dengan *coeff.* variabel kekerasan batuan -0,0075056, *coeff.* variabel persentase kuarsa -0,000163, *coeff.* variabel kerapatan kekar 0,0013078. Untuk *hand drill* 2 zona 1 memiliki nilai *coeffisien intercept* 0,24325582, dengan *coeff.* variabel kekerasan batuan -0,0288939398, *coeff.* variabel persentase kuarsa -0,0000626, *coeff.* variabel kerapatan kekar 0,00102627. Untuk *hand drill* 1 zonasi 2 memiliki nilai *coeffisien intercept* 0,293965029, dengan *coeff.* variabel kekerasan batuan -0,06203781, *coeff.* variabel persentase kuarsa -0,002849855, *coeff.* variabel kerapatan kekar 0,000020296. Untuk *hand drill* 2 zonasi 2 memiliki nilai *coeffisien intercept* 0,16215121, dengan *coeff.* variabel kekerasan batuan -0,082369093, *coeff.* variabel persentase kuarsa -0,012037665, *coeff.* variabel kerapatan kekar 0,003537035. Untuk *hand drill* 1 zona 3 memiliki nilai *coeffisien intercept* 0,245684, dengan *coeff.* variabel kekerasan batuan -0,032153, *coeff.* variabel persentase kuarsa -0,001066, *coeff.* variabel kerapatan kekar 0,0014884. Untuk *hand drill* 2 zonasi 3 memiliki nilai *coeffisien*

intercept 0,1616783, dengan *coeff.* variabel kekerasan batuan -0,013069, *coeff.* variabel persentase kuarsa -0,00023, *coeff.* variabel kerapatan kekar 0,0007082.

D. Saran

Dalam proses pengeboran lubang ledak sebaiknya dilakukan pengecekan rutin dari kondisi alat bor agar tidak ada penurunan performa dalam proses pengeboran yang dapat mengakibatkan kecepatan pengeboran dan kemampuboran dari alat bor berkurang sehingga tidak tercapainya target pengadaan lubang ledak yang telah direncanakan.

Daftar Pustaka

- Altindag, Rasit . 2004 . “Evaluation Of Drill Cuttings In Prediction Of Penetration Rate By Using Coarseness Index And Mean Particle Size In Percussive Drilling”. *Geotechnical and Geological Engineering* 22: 417 – 425, 2004. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
- Ambrani, Eli. 2015. “Sistim Stabilitas Lubang Bukaan Pengembangan dengan Menggunakan Baut Batuan (Rock Bolt) dan Beton Tembak (Shotcrete) di Blok Cikoneng PT Cibaliung Sumberdaya, Kab. Pandeglang, Prov. Banten”. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Petambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Bandung.
- Anonim. 2013. “Drilling Engineering by University Heriot-Watt”. Edinburgh, United Kingdom : Institute of Petroleum Engineering, University Heriot-Watt.
- Anshariah, Supratman.,Bakri, Hasbi. 2017. “Produktivitas Kinerja Mesin Bor Dalam Pembuatan Lubang Ledak Di Quarry Batugamping B6 Kabupaten Pangkep Propinsi Sulawesi Selatan”. *Jurnal Geomine*, Vol. 5, No. 2, Agustus 2017.
- Arif, Irwandy. 2017. “Geoteknik Tambang”. Bandung.
- Ashari, Yunus. 2018. “Buku Ajar Pengantar Teknik Pengeboran Peledakan”, Bandung.
- Bhirawa, Theofilus. 2012. “Studi Kinerja Mesin Bor Tamrock Solo 7 Pada Kegiatan Produksi di Tambang Bawah Tanah Big Gossan PT Freeport Indonesia” Tugas Akhir. Program Studi Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Maulana, Fiqi F. 2019. “Analisis Drilling Performance Pada Pengeboran Lubang Ledak (Blasiting Hole) di PT Silva Andia Utama Desa Giriasih, Kecamatan Batujajar, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat”. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Petambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Bandung.
- Mardiansyah. 2009. “Analisis Korelasi Laju Penembusan Pengeboran Rotari Perkusi Dengan Karakteristik Batuan dan Parameter Operasi Pada Batu Gamping Andesit dan Campuran Semen”. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Petambangan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Mukherjee, Swapna. 2012. “Applied

- Mineralogy". Geology Survey of India Kolkata, India.
- Naapuri, Jukka., Tamrock. 1988. "Surface Drilling and Blasting". Tampere, Finland.
- Nugroho, Sigit. 2007. "Dasar – Dasar Metode Statistika". Bengkulu.
- Pathak, K. 2007. "Introduction to Drilling Technology for Surface Mining". Unpublished Lecture Notes, Indian Institute of Technology Kharagpur, 37pp.
- Ridwan, Panji., Aji, Purnama K., Kurnia, Arfiansyah., Amrullah, Faishal. 2017. "Kualitas Andesit Di Daerah Batujajar, Kecamatan Batujajar Timur, Kabupaten Bandung Barat Berdasarkan Analisis Petrografi Dan Nilai Kuat Tekan, Sebagai Bahan Bangunan". Proceeding Seminar Nasional Kebumihan Ke - 10. Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Setia, Doddy Graha. 1987. "Batuan dan Mineral ". Bandung.
- Susilo, Joko. 2015. "Pemilihan Pahat Bor (Drilling Bit) Pada Operasi Pengeboran Minyak dan Gas" Jurnal Forum Teknologi, Volume 05 - No.1. Diakses pada tanggal 08 April 2018.
- Subakti, Khaerul . 2013. "Studi Drilling Rate Index Terhadap Batu Andesit". Thesis. Program Studi Teknik Petambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.
- Syaeful, Bambang. H. 2013. "Metode Interpolasi Spasial Dalam Studi Geografi" Geomedia Volume 11.
- Teale, R. 1965. "The Concept of Specific Energy in Rock Drilling". Internasional Journal of Rock Mechanics and Mining Science (1965) vol 2, 711-725.
- Thuro, Kurosch. 1996. "Drillability In Hard Rock Drill And Blast Tunnelling". By Dipl.-Geol. Dr. Kurosch Thuro and o. Univ.-Professor. Dr. phil. Georg Spaun.
- Tri, Agus .B., Prawoto, Nano . 2017. "Analisis Regresi", Depok.
- Zahli, Kristian., Nugraha, Handika., Nova, Putri. 2013. "Studi Pengaruh Kadar Air Terhadap Drilabilitas Tuf Di Dusun Gunungsari, Desa Sambirejo, Kecamatan Prambanan, Daerah Istimewa Yogyakarta". Magister. Program Studi Teknik Petambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.
- Zaki, Muhamad. 2011. "Analisis Korelasi Laju Penembusan Pengeboran Rotari Perkusi Terhadap Karakteristik Batuan dan Parameter Operasional di Kuari C PT Indocement Tunggul Prakarsa Palimanan Cirebon". Tugas Akhir. Program Studi Teknik Petambangan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung, Bandung.