

ANALISIS PENGARUH POROSITAS PADA UJI KUAT TEKAN UNIAKSIAL TERHADAP KUALITAS BATUGAMPING KLITIK DAN BATUPASIR KARBONATAN KEREK DENGAN PENDEKATAN REGRESI NON LINIER EKSPONENSIAL DAERAH PANDEAN, KECAMATAN MANTINGAN, KABUPATEN NGAWI, PROVINSI JAWA TIMUR

Brandon Marcelo Michael Potu^{*1}, Hill. G. Hartono^{*2}, Rizqi M. Mahbub^{*3}

^{1,2,3}Jl. Babarsari, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281, Telp. (0274)487249

^{1,2,3}Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik Dan Perencanaan,
Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

e-mail: brandonmarcello27@gmail.com, hilghartono@itny.ac.id, rizqimahbub@itny.ac.id

ABSTRAK

Pemanfaatan sumberdaya bahan galian batuan sangat diperhitungkan dalam pembangunan. Potensi sumber daya bahan galian pada Desa Karanganyar, Kecamatan Karanganyar, Kabupaten Ngawi, Provinsi Jawa Timur cukup diperhitungkan. Untuk menentukan kualitasnya perlu dilakukan penelitian mengenai faktor penentu kualitas batuan yang digunakan diantaranya; porositas, permeabilitas, dan uji kuat tekan. Untuk menentukan seberapa besar pengaruh uji kuat tekan dilakukan dengan menggunakan analisis regresi non linier eksponensial. Porositas tergolong diabaikan – cukup, permeabilitas tergolong baik – baik sekali; sumber daya pada daerah penelitian tergolong sebagai sumberdaya terujuk dengan kekuatan batuan tergolong sangat lemah – moderat; mutu rendah – sedang. Hasil analisis pengaruh porositas terhadap nilai hasil uji kuat tekan menunjukkan secara signifikan hingga mencapai 81,8% dengan konklusi yang saling berimplikasi dan dinyatakan valid.

Kata Kunci: Regresi, Porositas dan Uji Kuat tekan.

ABSTRACT

The utilization of rock mining resources is very taken into account in development. The potential of mining material resources in Karanganyar Village, Karanganyar Subdistrict, Ngawi Regency, East Java Province is quite calculated. To determine the quality, research needs to be done on the determining factors of the quality of the rocks used, among others; porosity, permeability, and UCS. To determine how much influence the strong press test is performed using exponential non linear regression analysis. Porosity is classified as negligible – fair; permeability is relatively good – very good; the resources in the research area are classified as directed resources with rock strength classified as very weak - moderate; low – medium quality. The results of the analysis of porosity influence on the value of press strong test results showed significantly up to 81,8% with conclusives that implicated each other and declared valid.

Keywords: Regression, Porosity and compression test.

1. PENDAHULUAN

Pembangunan Pembangunan di wilayah Karanganyar dan sekitarnya cukup pesat dilihat dimana dalam pelaksanaannya akan membutuhkan bahan guna pembangunan dengan kualitas yang bagus karena akan berimbas pada biaya, perawatan, dan usia bangunan. Faktor yang mempengaruhi kuat tekan suatu batuan adalah jenis batuan, komposisi mineral, tekstur permukaan batuan, dan struktur batuan (Leba ,dkk., 2020). Porositas adalah suatu ukuran yang menunjukkan besar rongga dalam batuan (Koesoemadinata, 1980). Uji kuat tekan uniaksial dan uji sifat fisik merupakan parameter yang menentukan dalam hal rekayasa mekanika batuan (Ariyanto, dkk., 2020). Powers (1958) dan Schiller (1971, dalam Kinasih, 2020), mengemukakan terdapat hubungan antara kuat tekan tekan kubus mortar dengan fungsi rasio ruang dalam suatu massa, dan Schiller (1971, dalam Kinasih, 2020) juga telah memaparkan bahwa antara kekuatan material dengan porositas memiliki hubungan yang saling mempengaruhi satu sama lain dan menerapkan persamaan ini pada data eksperimen yang dilakukan dan memperoleh hasil yang menunjukkan hubungan kedua hal tersebut.

Untuk menentukan seberapa besar pengaruh besar porositas sebagai variabel bebas terhadap nilai hasil uji kuat tekan sebagai variabel terikat dapat dilakukan dengan menggunakan analisis regresi non linier eksponensial, manfaat dari hasil analisis regresi adalah untuk membuat keputusan apakah naik dan turunnya variabel terikat dapat dilakukan melalui peningkatan variabel bebas atau tidak (Saputra, dkk., 2015). Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi panduan dalam pemilihan bahan baku guna pembangunan infrastruktur oleh masyarakat pada daerah penelitian.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Porositas

Porositas adalah suatu ukuran yang menunjukkan besar rongga dalam batuan (Koesoemadinata, 1980). Porositas dalam suatu lapisan batuan dapat didefinisikan sebagai kemampuan batuan dalam menyimpan fluida. Hal itu dapat ditunjukkan sebagai perbandingan volume pori batuan dengan volume total batuan dan satuan dari porositas adalah persen (%). Porositas dibedakan menjadi beberapa tipe:

1. Berdasarkan proses terbentuknya:

- Porositas primer: porositas yang terbentuk bersamaan dengan proses pengendapan batuan tersebut.
- Porositas sekunder: porositas yang terjadi sesudah proses pengendapan batuan salah satunya akibat pengaruh struktur geologi, pelarutan atau tekanan.

2. Berdasarkan kemampuan pori untuk dilewati fluida:

- Porositas absolut adalah persen volume pori- pori total terhadap volume batuan total (*bulk volume*).
- Porositas efektif yaitu volume pori – pori yang saling berhubungan terhadap volume batuan total (*Bulk volume*).

3. Berdasarkan tipe morfologi pori, terdapat 3 jenis pori:

- Tipe Pori Caternary, dimana pori tersebut dihubungkan oleh dua atau lebih celah.
- Tipe Pori Cul-de-sac (dead-end), dimana pori tersebut hanya berhubungan dengan pori lainnya oleh satu celah.
- Tipe Pori Closed, dimana pori tersebut tidak berhubungan dengan pori lainnya.

Adapun klasifikasi porositas yaitu mengacu pada Rider (1986, dalam Field, dkk., 2017); modifikasi;

Tabel 1. Kisaran harga porositas modifikasi menurut Rider (1986, dalam Field, dkk., 2017); modifikasi.

Porositas (ϕ) dalam %	Kualitas
0 - 5	Diabaikan (<i>Negligible</i>)
5 - 10	Buruk (<i>Poor</i>)
10 - 15	Cukup (<i>Fair</i>)
15 - 20	Baik (<i>Good</i>)
> 20	Sangat Baik (<i>Very good</i>)

2.2. Permeabilitas

Permeabilitas adalah sifat fisik batuan reservoir untuk dapat mengalirkan fluida melalui pori-pori yang saling berhubungan tanpa merusak partikel pembentuk batuan tersebut (Koesoemadinata, 1980). Klasifikasi permeabilitas mengacu pada Koesoemadinata, 1980.

Tabel 2. Kelas permeabilitas modifikasi dari Koesoemadinata (1980).

No	Nilai	mD
1	Ketat (<i>Tight</i>)	<5
2	Cukup (<i>Fair</i>)	5 - 10
3	Baik (<i>Good</i>)	10 - 100
4	Baik sekali <i>Very good</i>	100 - 1000

2.3. Uji Kuat Tekan Batuan

Pengujian ini menggunakan mesin tekan (*compression machine*) untuk menekan contoh batu yang berbentuk silinder, balok atau prisma dari satu arah (*uniaxial*). Penyebaran tegangan di dalam contoh batu secara teoritis adalah searah dengan gaya yang dikenakan pada suatu sampel uji. Pengujian kekerasan batuan dapat dilakukan secara langsung dilapangan, adapun parameter yang diperhatikan adalah tingkat kekuatan batuan berdasarkan uji tumbukan palu, kekuatan batuan berdasarkan tingkat kemudahan pecahnya;

Tabel 3. Klasifikasi tingkat kekuatan batuan berdasarkan uji tumbukan palu (Matheson, 1983).

No	Pengamatan	Skala Kekuatan
1	Tumbukan keras, jelas pantulannya kuat, tidak meninggalkan bekas	Luar biasa kuat
2	Tumbukan keras, bergedebuk, terjadi pantulan, sedikit berbekas	Sangat kuat
3	Tumbukan bergedebuk, tiada pantulan, berbekas dan menimbulkan patahan	Kuat
4	Tumbukan bergedebuk, meninggalkan tapak palu, terjadi keretakan	Cukup kuat
5	Palu terbenam, terjadi keretakan	Lemah

Tabel 4. Klasifikasi kekuatan batuan berdasarkan tingkat kemudahan pecahnya dengan menggunakan benda (Pangluar dan Nugroho, 1980).

No	Uji Lapangan	Istilah
1	Mudah dipotong dengan tangan	Sangat lemah
2	Mudah pecah oleh pukulan ringan palu geologi	Lemah
3	Pecah oleh pukulan keras palu geologi	Sedang
4	Sukar pecah oleh pukulan keras palu geologi dan berbunyi nyaring	Kuat
5	Sukar pecah oleh pukulan palu geologi	Sangat kuat

Adapun berdasarkan hasil pengujian kuat tekan batuan, tingkat kekerasan suatu sampel uji dapat ditentukan dengan menggunakan klasifikasi Attewell dan Farmer, 1976; dalam Winonazada, dkk., 2020;

Tabel 5. Klasifikasi tingkat kekerasan batuan berdasarkan kekuatan tekanannya (Attewell dan Farmer, 1976; dalam Winonazada, dkk., 2020).

Klasifikasi	Kuat Tekan (MPa)	Tipikal Jenis Batuan
Sangat Lemah	10 - 20	Lapuk dan batuan sedimen terkompaksi - lemah
Lemah	20 - 40	Batuan sedimen tersementasi – lemah, skis
Moderat	40 - 80	Batuan sedimen kompeten, beberapa batuan beku dengan bobot isi rendah berbutir kasar
Kuat	80 - 100	Batuan beku kompeten, beberapa batuan metamorfosa dan batupasir berbutir halus
Sangat Kuat	160 - 320	Kuarzit; batuan beku dengan bobot isi berat-berbutir halus

Penentuan mutu dan rekomendasi penggunaan dapat ditinjau dengan berdasarkan edaran Dirjen Bina Marga No.02/SE/Db/2018 tentang klasifikasi guna menggolongkan mutu bahan bangunan dan rekomendasi penggunaan berdasarkan nilai hasil uji mekanik.

Tabel 6. Klasifikasi standar bahan bangunan berdasarkan nilai uji mekanik (Anonim, 2018).

Mutu	f_c (Mpa)	Uraian
Mutu tinggi	$f_c \geq 45$	Umumnya digunakan untuk pratekan seperti tiang pancang, gelagar beton pratekan, diafragma pratekan, dan sejenisnya.

Mutu sedang	$20 \leq f_c' \leq 45$	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma non pratekan, kereb beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan, perkerasan beton semen.
Mutu rendah	$15 \leq f_c' \leq 45$	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, dan trotoar.
	$f_c' < 15$	Digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton.

2.4. Regresi Non Linier

Regresi non linier merupakan suatu metode analisis regresi untuk mendapatkan model non linier yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel terikat dan variabel bebas (Sofita, 2015). Hastuti (2017) menyatakan bahwa berdasarkan kelinearan antar parameter pada model regresi, maka suatu model regresi dapat diklasifikasikan menjadi dua, macam yaitu model linear dan nonlinear, adapun persamaan regresi non linier eksponensial yang digunakan adalah;

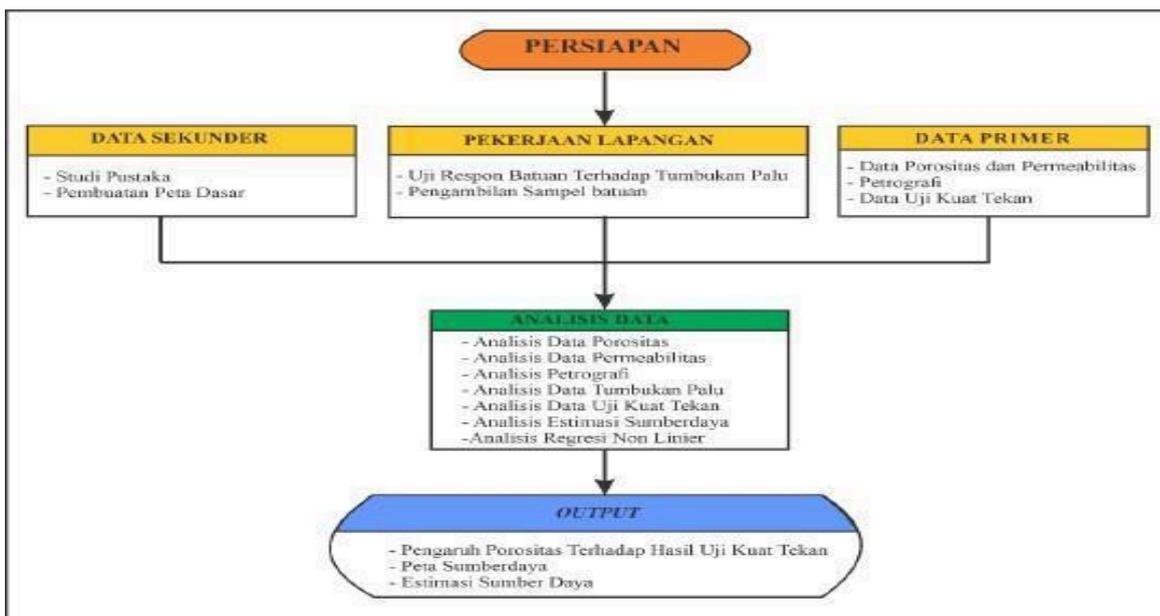
$$Ln(Y) = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon$$

2.5. Tautologi

Tautologi adalah suatu pernyataan majemuk yang bernilai benar untuk setiap premis, dan dapat dibuktikan menggunakan tabel kebenaran ataupun sifat-sifat logika dan tidak dapat ditolak tanpa inkonsistensi (D'Angelo dan West, 2020). berikut merupakan macam modus;

1. Modus Ponens: modus ponens merupakan modus yang diketahui premis dengan pernyataan majemuk implikasi dan pernyataan tunggal,
2. Modus Tollens: modus tollens merupakan modus yang diketahui premis dengan pernyataan majemuk implikasi dan penyangkalan dari pernyataan tunggal,
3. Modus Silogisme: modus silogisme merupakan modus yang diketahui premis dengan pernyataan majemuk implikasi.

3. METODE PENELITIAN



Gambar 2. Skema alur penelitian.

a. Tahapan Persiapan

Tahapan ini meliputi studi literatur, survei pendahuluan yang dimaksudkan untuk mengetahui gambaran awal dari wilayah penelitian berupa kondisi geologi regional daerah penelitian dan pemanfaatannya secara lokal.

b. Tahapan Pengumpulan Data

Tahapan ini terdiri oleh tiga bagian yaitu data sekunder, pekerjaan lapangan, dan data primer. Bagian data sekunder meliputi studi pustaka, dan pembuatan peta dasar. Pekerjaan lapangan meliputi uji respon batuan terhadap tumbukan palu yang dilakukan secara langsung, dan pengambilan sampel batuan. Data primer terdiri atas data laboratorium berupa data porositas, permeabilitas, petrografi, dan uji kuat tekan batuan.

c. Tahap Analisis Data

Tahapan ini merupakan tahap studi komprehensif dari beberapa data yang telah diperoleh sebelumnya dari data sekunder, pekerjaan lapangan, dan data primer. Pada tahapan ini dilakukan pengumpulan data yang telah didapat dari tahap sebelumnya untuk dianalisis secara berkesinambungan antara data geologi lapangan, laboratorium, maupun studio.

d. Output

Pada tahapan ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh porositas terhadap nilai hasil uji kuat tekan batuan, estimasi; luasan, volume, tonase, dan kategori sumberdaya dimana berdasarkan hal tersebut akan digunakan untuk perencanaan bahan baku suatu pembangunan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

Berdasarkan analisis data lapangan, analisis data studio, dan analisis data laboratorium yang telah dilakukan, maka dihasilkan data sebagai berikut:

4.1.1. Hasil Analisis Data Lapangan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan secara langsung dilapangan pada beberapa titik pengambilan sampel batuan, maka kemudian diperoleh data hasil uji tumbukan palu terhadap batuan, dan uji kemudahan pecah sebagai berikut:

4.1.1.1. Hasil Uji Tumbukan Palu

Berdasarkan pengujian tumbukan palu menurut Matheson (1980) yang dilakukan secara langsung dilapangan maka diperoleh data berikut (Tabel 8):

Tabel 8. Hasil uji tumbukan palu (Matheson,1980).

Sampel	Uji tumbukan palu (Matheson,1980)
G1, G2, G3, P1, P2, P3	Tingkat 2, tergolong sangat keras, tumbukan keras, bergedebuk, terjadi pantulan, sedikit berbekas.

4.1.1.2. Hasil Uji Kekerasan Batuan

Berdasarkan uji kekerasan batuan yang dilakukan di lapangan menurut tingkat kekuatan batuan berdasarkan tingkat kemudahan pecahnya dengan menggunakan benda menurut Pangluar dan Nugroho (1980) yang dilakukan secara langsung dilapangan maka diperoleh data sebagai berikut (Tabel 9):

Tabel 9. Hasil nilai permeabilitas batuan.

Sampel	Tingkat kekuatan batuan berdasarkan tingkat kemudahan pecahnya dengan menggunakan benda (Pangluar dan Nugroho, 1980).
G1, G2, G3,P1, P2, P3	Tingkat 4,tergolong kuat, sukar pecah oleh pukulan keras palu geologi dan berbunyi nyaring, tergolong kuat.

4.1.2. Hasil Analisis Data Laboratorium

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium pada 6 sampel batuan yang diambil dari daerah penelitian maka diperoleh beberapa data sebagai berikut:

4.1.2.1. Hasil Analisis Data Porositas

Berdasarkan hasil pengukuran porositas pada 6 sampel batuan Kisaran harga porositas modifikasi menurut Rider (1986); dalam Field, dkk. (2017) (Lampiran 7, halaman 224), maka diperoleh data sebagai berikut (Tabel 10):

Tabel 10. Nilai Porositas batuan.

Sampel	Density (gr/cc)	Porosity (%)	Harga Porositas
G1	1,42	1,59	Diabaikan
G2	1,39	1,86	Diabaikan
G3	1,48	1,43	Diabaikan
P1	1,51	11,98	Cukup
P2	1,46	13,76	Cukup
P3	2,68	14,81	Cukup

4.1.2.2. Hasil Analisis Data Permeabilitas

Berdasarkan hasil pengukuran permeabilitas pada 6 sampel batuan (Lampiran 7, halaman 224), maka diperoleh data sebagai berikut (Tabel 11):

Tabel 11. Hasil nilai permeabilitas batuan.

Sampel	Permeabilitas		Permeabilitas
	Darcy	mD	
G1	0,131	130,51	Baik Sekali
G2	0,061	61,35	Baik
G3	0,851	850,76	Baik Sekali
P1	0,111	110,78	Baik Sekali
P2	0,134	134,40	Baik Sekali
P3	0,459	458,95	Baik Sekali

4.1.2.3. Hasil Analisis Data Uji Kuat Tekan Batuan

Berdasarkan hasil uji kuat tekan pada 6 sampel batuan yang telah dilakukan (Lampiran 8, halaman 225), maka diperoleh data tingkat kekuatan batuan (Tabel 12), tingkat mutu dan rekomendasi (Tabel 13):

Tabel 12. Tingkat kekuatan batuan

Sampel	Luas (m ²)	F Maksimal (Kg)	Kuat Tekan		Tingkat Kekuatan Batuan (Attewell dan Farmer,1976; dalam Winonazada, dkk., 2020)
			(Kg/cm ²)	Mpa	
G1	25	14600	584	57,270	Moderat
G2	25	12860	514,4	50,445	Moderat
G3	25	13514	540,56	53,010	Moderat
P1	25	10400	260	25,49	Lemah
P2	25	6492	259,68	25,46	Lemah
P3	25	5625	225	22,065	Lemah

Tabel 13. Mutu dan rekomendasi penggunaan bahan berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga,2018.

Sampel	Luas (cm ²)	Beban Maksimal (Kg)	Kuat Tekan		Standar Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018	
			(Kg/cm ²)	Mpa	Mutu	Kegunaan
G1	25	14600	553,589	54,288	Tinggi	Tiang pancang, gelagar beton pratekan, diafragma pratekan, dan sejenisnya.
G2	25	12860	488,623	47,625		
G3	25	13514	512,417	50,250		
P1	25	10400	378,574	37,125	Sedang	Beton bertulang, pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma non pratekan, kereb beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan, perkerasan beton semen.
P2	25	6492	236,332	23,176	Rendah	Struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, dan trotoar
P3	25	5625	197,14	19,332	Rendah	Lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton.

4.1.3 Hasil Analisis Data Studio

Berdasarkan kalkulasi yang telah dilakukan pada zona; PG1-VL, PPIB-VS, dan PPIU-VN maka diperoleh data luasan, volume, dan tonase sebagai berikut: Hasil Analisis Regresi Non Linier

Berdasarkan hasil analisis regresi non linier dengan *software Statistical Package for the Social Sciences 26* (SPSS 26), maka dapat diperoleh beberapa data sebagai berikut:

Tabel 14. Model Summary

Model Summary			
R	R Square	Adjusted R	Std. Error of the Estimate

		<i>Square</i>	
.905	.818	.773	.220
<i>The independent variable is POROSITY.</i>			

Tabel 15. Analisis varian

ANOVA					
	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<i>Regression</i>	.869	1	.869	18.006	.013
<i>Residual</i>	.193	4	.048		
<i>Total</i>	1.062	5			
<i>The independent variable is POROSITY.</i>					

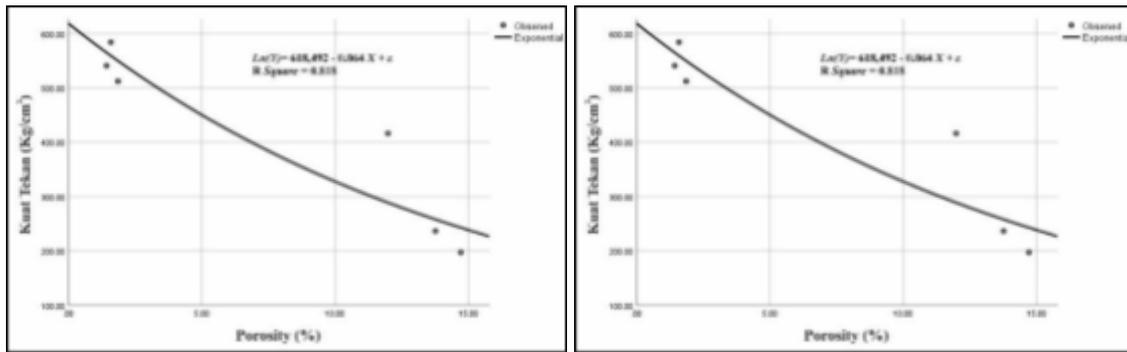
Tabel 16. Koefisien

Coefficients					
	<i>Unstandardized Coefficients</i>		<i>Standardized Coefficients</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
	<i>B</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Beta</i>		
<i>POROSITY</i>	-.064	.015	-.905	-4.243	.013
<i>(Constant)</i>	618.492	89.340		6.923	.002
<i>The dependent variable is ln(UCS).</i>					

4.2. PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa:

1. Batugamping PG1-VL pada daerah penelitian memiliki porositas dengan kategori "Diabaikan" dengan nilai prosentase antara 1,43 – 1,86 %; permeabilitas tergolong sebagai "Baik – Baik Sekali", dengan nilai 61,35-850,76 mD. Batupasir karbonatan PP1U-VN dan PP1B-VS pada daerah penelitian memiliki porositas dengan kategori "Cukup" dengan nilai prosentase antara 11,98 – 14,81%; permeabilitas tergolong sebagai "Baik Sekali", dengan nilai 110,78-458,95 mD.
2. Batugamping PG1-VL memiliki tingkat kekuatan batuan dengan kategori "Moderat", memiliki mutu tinggi dan dapat direkomendasikan sebagai tiang pancang, gelagar beton pratekan, diafragma pratekan, dan sejenisnya. Batupasir karbonatan PP1U-VN dan PP1B-VS memiliki tingkat kekuatan batuan dengan kategori "Lemah", memiliki mutu rendah - sedang dan dapat direkomendasikan sebagai lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma non pratekan, kereb beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan, perkerasan beton semen. Bahan galian pada daerah penelitian digolongkan sebagai sumber daya terunjuk berdasarkan SNI 130-5014-1998.
3. Hubungan porositas terhadap nilai hasil uji kuat tekan batuan secara implisit dapat dilihat pada gambar 3, dimana besarnya nilai hasil uji kuat tekan batuan akan berpengaruh pada menurunnya nilai hasil uji kuat tekan batuan.



Gambar 3. Hubungan antara porositas dengan nilai hasil kuat tekan (kiri), dan Pemodelan regresi non linier eksponensial (kanan).

Secara eksplisit hubungan pengaruh porositas terhadap nilai hasil uji kuat tekan dapat dimodelkan dengan regresi non linier eksponensial (Gambar 3. Kanan).

Persamaan hasil analisis regresi non linier eksponensial diketahui adalah;

$$Ln(Y) = 618,492 - 0,064 X + \epsilon$$

Dapat diketahui berdasarkan model tersebut bahwa persentase porositas memiliki korelasi negatif terhadap nilai hasil uji kuat tekan batuan, dimana setiap besaran nilai pada nilai uji kuat tersebut diiringi dengan penurunan nilai sebesar -0.064 terhadap variabel terikat yaitu nilai hasil uji kuat tekan.

Untuk mengetahui pengaruh porositas terhadap nilai hasil uji kuat tekan dilakukan dengan Uji Hipotesis dengan komparasi antara nilai nilai Sig dengan $\alpha = 0,05$. Pengajuan hipotesis pengaruh variabel X terhadap Y yaitu:

- a. Jika nilai signifikan (Sig) < dari probabilitas 0,05 artinya ada pengaruh antara porositas (X) terhadap nilai hasil uji kuat tekan batuan (Y).
- b. Jika nilai signifikan (Sig) > dari probabilitas 0,05 artinya tidak ada pengaruh antara porositas (X) terhadap nilai hasil uji kuat tekan batuan (Y).

Pengujian hipotesis komparasi yang dilakukan antara dengan mempertimbangkan nilai sig dengan $\alpha = 0,05$ ditinjau dari tabel 18, maka diketahui nilai:

$$\begin{aligned} \alpha &= 0,05 \\ \text{Sig} &= 0,002 \end{aligned}$$

Persamaan sig dengan α yaitu:

$$0,002 < 0,05$$

Nilai sig lebih kecil dibandingkan dengan nilai α , maka dapat dinyatakan bahwa terdapat pengaruh porositas (X) terhadap nilai hasil uji kuat tekan batuan (Y). Melihat besarnya seberapa jauh pengaruh antara porositas (X) terhadap nilai hasil uji kuat tekan batuan (Y), dapat dideterminasi dengan menggunakan pedoman nilai *R square* pada tabel 16:

Diketahui:

$$\begin{aligned} R \text{ square} &= 0,818 \\ \text{Jangkauan pengaruh} &= \dots? \\ \text{Rumus jangkauan pengaruh;} & \\ &= (R \text{ square}) \times 100\% \\ &= 0,818 \times 100\% \\ &= 81,8\% \end{aligned}$$

Besarnya variabel porositas secara signifikan mempengaruhi sebesar 81,8% terhadap nilai hasil uji kuat tekan dan 18.2% dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak diteliti. Melihat kevalidan kesimpulan yang dihasilkan pada analisis regresi non linier eksponensial dilakukan dengan uji tautologi silogisme Modus silogisme digunakan dalam pengujian ini, adapun silogisme yang diajukan dalam logika berikut:

A1: Bila terdapat pengaruh porositas terhadap nilai hasil uji kuat tekan batuan, maka porositas akan menurunkan tingkat kekerasan dan kualitas batuan

A2: Bila porositas akan menurunkan tingkat kekerasan dan kualitas batuan, maka batuan akan lebih rentan runtuh dan gagal saat menerima beban yang besar

Diketahui:

$$A1: P \Rightarrow Q$$

$$A2: Q \Rightarrow R$$

Notasi silogisme; dan notasi implikasi:

$$\text{Konklusi: } P \Rightarrow R$$

$$[(P \Rightarrow Q) \wedge (Q \Rightarrow R)] \Rightarrow (P \Rightarrow R)$$

Konklusi: Bila porositas mempengaruhi terhadap nilai hasil uji kuat tekan batuan, maka batuan akan lebih rentan runtuh dan gagal saat menerima beban yang besar.

Setelah diketahui konklusi kemudian dilakukan pengujian probabilitas kesalahan pada tiap kemungkinan yang dimana hasil harus menyatakan benar secara keseluruhan, pengujian ini untuk menyatakan kebenaran mengenai implikasi yang dihasilkan konklusi terhadap dampak yang akan ditimbulkan. Konklusi pada silogisme pada P, Q, dan R menyatakan konklusi bahwa $P \Rightarrow R$ yang artinya P memiliki implikasi terhadap R, dan kesimpulan dinyatakan benar, valid dan dapat dipertanggungjawabkan berdasarkan pengujian kebenaran pada notasi;

$$[(P \Rightarrow Q) \wedge (Q \Rightarrow R)] \Rightarrow (P \Rightarrow R)$$

Tabel 17. Pengujian validitas konklusi pada hasil analisis regresi.

P	Q	R	$P \Rightarrow Q$	$Q \Rightarrow R$	$P \Rightarrow R$	$(P \Rightarrow Q) \wedge (Q \Rightarrow R)$	$[(P \Rightarrow Q) \wedge (Q \Rightarrow R)] \Rightarrow (P \Rightarrow R)$
B	B	B	B	B	B	B	B
B	B	S	B	S	S	S	B
B	S	B	S	B	B	S	B
B	S	S	S	S	S	S	B
S	B	B	B	S	B	B	B
S	B	S	B	S	B	S	B
S	S	B	B	B	B	B	B
S	S	S	B	B	B	B	B

*keterangan: B= Benar; S= Salah

Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa pengujian tingkat validitas konklusi kebesaran pada P, Q, dan R menunjukkan bahwa semua kemungkinan pada notasi p menyatakan benar secara keseluruhan, sehingga membuktikan implikasi tiap kemungkinan kebenaran yang terjadi pada P, Q, dan R maka dapat dinyatakan bahwa konklusi yang memiliki implikasi terhadap dampak yang akan ditimbulkan akibat dari keputusan yang dihasilkan pada analisis regresi non linier eksponensial yang telah dilakukan, dan berdasarkan hasil pengujian kebenaran pada tabel konklusi tersebut, maka konklusi yang dihasilkan dinyatakan bernilai benar, valid.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa batugamping PG1-VL memiliki porositas d "Diabaikan", nilai prosentase antara 1,43 – 1,86 %; permeabilitas tergolong

"Baik – Baik Sekali", dengan nilai 61,35-850,76 mD. Batupasir karbonatan PP1U-VN dan PP1B-VS memiliki porositas "Cukup", nilai prosentase antara 11,98 – 14,81%; permeabilitas tergolong "Baik Sekali", dengan nilai 110,78-458,95 mD.

Batugamping PG1-VL memiliki tingkat kekuatan batuan dengan kategori "Moderat", mutu tinggi dan direkomendasikan sebagai tiang pancang, gelagar beton pratekan, diafragma pracetak, dan sejenisnya. Tingkat kekuatan batuan Batupasir karbonatan PP1U-VN dan PP1B-VS tergolong "Lemah", mutu rendah - sedang dan direkomendasikan sebagai lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma non pratekan, kereb beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan, perkerasan beton semen. Bahan galian pada daerah penelitian digolongkan sebagai sumber daya terunjuk berdasarkan SNI 130-5014-1998.

Besarnya variabel porositas secara signifikan mempengaruhi sebesar 81,8% terhadap nilai hasil uji kuat tekan dan 18,2% lainnya dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak diteliti, dan kesimpulan mengenai pengaruh porositas terhadap nilai hasil uji kuat tekan yang dipaparkan dinyatakan valid.

5. SARAN

Diharapkan jumlah sampel pada penelitian berikutnya diambil lebih banyak guna memperoleh akurasi data yang lebih tinggi, dan diharapkan pula dapat melakukan terhadap lebih dari dua atau lebih variabel bebas terhadap variabel terikat dengan menggunakan analisis regresi linier maupun non linier

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada *Al-Walidain*, Bapak Dr. Ir. Hill. G. Hartono, S.T., dan Bapak Rizqi Muhammad Mahbub, S.T., M.T. yang telah memberi dukungan dan bimbingan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1998. *Klasifikasi Sumberdaya Mineral dan Cadangan*. Standar Nasional Indonesia Amandemen 1 - SNI 13-4726-1998 ICS 73.020.
- Anonim., 2018. *Spesifikasi Umum Untuk Jalan Dan Jembatan 2018*. Kementerian Pekerjaan Umum; Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018, 524-525.
- D'Angelo, J.P., & West, D.B., 2000. *Mathematical Thinking: Problem-Solving and Proofs, 2nd ed.* Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
- Field, A., Toba, A., & Ideozu, R. U., 2017. *Reservoir Characterization and Prediction of Reservoir Performance mance Using 3-D D Static Modelling*. International Basic and Applied Research Journal Vol.3 No.8) pp. 1-17.
- Hastuti, D. P., 2017. *Pemodelan Indeks Ketahanan Pangan Beras Di Jawa Timur Menggunakan Regresi Non Linear*. Surabaya: Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (Tidak dipublikasikan).
- Matheson, G. D., 1983. *Rock Stability Assessment in Preliminary Investigations Graphical Methods. Department of the Environment, Department of Transport*. Transport and Road Research Laboratory Report LR 1039.
- Putra, D.L., 2016. *Estimasi Sumberdaya Pasir Batu Dengan Metode Cross Section Dan Metode Contour Pada Kecamatan Bantarbolang Kabupaten Pemalang Provinsi Jawa Tengah*. Yogyakarta: Skripsi, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta (Tidak dipublikasikan).
- Winonazada, R., Nugraha, L., & Koesnaryo, S., 2020. *Klasifikasi Kekerasan Batugamping Berdasarkan Nilai Kuat Tekan di Kecamatan Ponjong , Kecamatan Semanu , dan Kecamatan Tanjungsari, Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta*. Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XV (ReTII), pp 221-22