STUDI KORELASI NILAI *UNCONFINED COMPRESSION STRENGTH* DENGAN NILAI *SCHMIDT HAMMER* PADA BETON

Isma Nurrahim[1*], Uyu Saismana[2], Romla Noor Hakim[2], Eko Santoso[2]
[1] Mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
[2] Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
e-mail: * isma.nurrahim@gmail.com

ABSTRAK

Hasil sampel *Schmidt hammer test* dapat digunakan kembali untuk tes kekuatan lain sehingga prosedur ini membantu mengurangi efek dari variasi data sampel uji. Hal itu dikarenakan nilai indeks yang diperoleh adalah *rebound number* (R_L) yang merupakan indikator kekerasan permukaan sampel. Secara empiris, antara nilai UCS dengan nilai pantul atau *rebound number* (R_L) pada *Schmidt hammer* dapat dinyatakan dalam bentuk linier, eksponensial dan fungsi kekuatan. Hasil dari penentuan nilai persamaan regresi linier pada korelasi antara nilai UCS dan *rebound number* (R_L) ini dapat untuk memprediksi nilai besar tegangan atau kuat tekan sampel yang lebih mendekati dengan kondisi sampel yang ada serta untuk menyelidi keakuratan korelasinya yang dibandingkan dengan hasil korelasi pada referensi penelitian sebelumnya.

Sampel inti beton untuk uji UCS dan *Schmidt hammer* masing-masing sebanyak 10 sampel. Pengujian UCS dilakukan pada sampel khusus uji UCS dan bekas sampel dari uji *Schmidt hammer*. Sampel beton diolah menggunakan 2 type semen berbeda. Kekuatan rencana sampel diolah berdasarkan klasifikasi kuat tekan dan skala Mohs menurut Tamrock yaitu sebesar 22 MPa. Ukuran pembuatan sampel diolah berdasarkan ISRM (1981) dengan ukuran L/D = 12/5.7 cm menggunakan pipa silinder sebagai wadah cetak. Metode analisis regresi sederhana menentukan prediksi nilai, relasi hubungan dan pengaruh variasi nilai *Rebound* (R_L) terhadap nilai UCS. Metode analisis korelasi linier sederhana menentukan koefisien determinasi dan koefisien korelasi sebagai penentu kekuatan hubungan yang terjadi antara *Rebound Number* (R_L) dan UCS.

Hasil penelitian antara nilai UCS dengan *Rebound Number* (R_L) pada sampel beton uji secara empiris dalam bentuk linier. Berdasarkan metode analisis regresi linier sederhana hasil nilai persamaan yang didapatkan yaitu $\sigma_{c(G)} = 0.92R_L - 8.61$, $\sigma_{c(C)} = 0.43R_L - 1.92$, $\sigma_{c(GC)} = 1.04R_L - 11.06$ menunjukkan nilai relasi yang positif dan pola atau estimasi sebaran data sangat rapat. Hasil nilai regresi (R^2) yang didapatkan yaitu $R^2_{(G)} = 0.99$, $R^2_{(C)} = 0.98$, $R^2_{(GC)} = 0.99$. Berdasarkan metode analisis korelasi linier sederhana hasil nilai korelasi (R) yang didapatkan yaitu $R_{(G)} = 1.00$, $R_{(C)} = 0.99$, $R_{(GC)} = 1.00$ menunjukkan kekuatan hubungan korelasi yang besar dan erat-kuat sempurna. Hubungan grafik antara *density* terhadap *rebound number* dan nilai kuat tekan telah menunjukkan adanya pengaruh yang positif (berbanding lurus).

Kata-kata kunci: Beton, korelasi, r*ebound number*, *schmidt hammer*, UCS.

PENDAHULUAN

Dalam ilmu mekanika batuan dan penyelidikan geoteknik untuk mendapatkan keberhasilan pada disiplin ilmu tersebut yang dilakukan penentuan di laboratorium dengan cara melakukan rangkaian pengujian berupa uji sifat mekanik dan sifat fisik pada sampel pengujian. (Rai dkk, 2011 : 63).

UCS adalah uji sifat mekanik untuk mendapatkan nilai kuat tekan yang bersifat *destructive test* terhadap sampel uji. Selain itu, uji UCS memerlukan waktu dan tempat yang khusus (laboratorium), prosedur penggunaan yang tidak mudah, mahal, serta sampel harus dilakukan dalam bentuk sampel inti sesuai ukuran tempat sampel pada alat uji UCS yaitu CTM. Sedangkan *Schmidt hammer test* adalah uji sifat mekanik untuk menentukan kekuatan permukaan sampel batuan atau beton, dalam bentuk indeks sederhana yaitu nilai pantul atau *Rebound Number* (R_L), yang bersifat *non-destructive test* terhadap sampel uji, sehingga dapat diulang pada sampel yang sama dan dapat digunakan kembali untuk uji kekuatan lain dan prosedur ini membantu mengurangi efek dari variasi sampel pada data uji. Selain itu, uji *Schmidt hammer* ini prosedur penggunaan mudah, cepat, murah, praktis bisa dibawa kemanapun sehingga pengujian bisa dilakukan secara *in-situ* maupun dalam bentuk inti sampel di laboratorium. (Nazir et al, 2013 : 1767-1769).

Berdasarkan referensi pada penelitian sebelumnya, dalam rangka untuk memiliki data pembanding dan akurat, pengujian standar oleh ISRM (1978) dan ASTM (2001) maka Miller's (1965) menyajikan tinjauan korelasi yang paling terkenal antara *Schmidt hammer* dan UCS. Adapun contoh hasil UCS antara perolehan yang dilakukan di laboratorium dengan diprediksi UCS menurut korelasi Miller's untuk menyelidiki keakuratan korelasi. Keakuratan korelasi Miller's nilai R^2 adalah sekitar 0,93, dimana menunjukkan keakuratan yang tinggi untuk persamaan Miller's untuk prediksi UCS. (Nazir dkk, 2013).

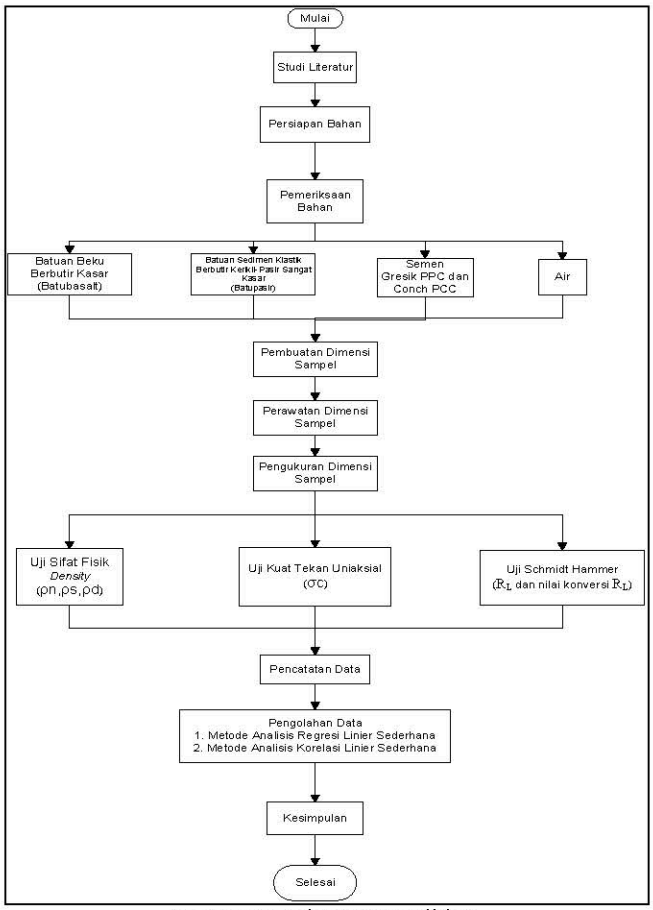
Namun, layak untuk dicatat bahwa keakuratan korelasipun dapat berkurang secara signifikan jika sampel batuan dikategorikan antara batu sedang atau sangat lapuk. Hal ini terutama disebabkan oleh fakta bahwa *Schmidt* palu mengukur kekuatan di permukaan batu. Korelasi Miller's ini didasarkan pada kedua nomor *Rebound* (R_L) dan satuan berat dari sampel batu. (Nazir dkk, 2013).

Sedangkan menurut Nazir dkk. (2013) dalam hasil penelitian mereka yang dikembangkan dari hasil yang diperoleh pada uji laboratorium untuk memprediksi UCS dengan *Rebound* dan *Dry Density* dengan total 60 sampel batugamping (*limestone*) untuk masing-masing pengujian bahwasanya korelasi yang diusulkan berdasarkan jumlah *Rebound*. Dimana keakuratan korelasi baru sangat dekat dengan korelasi Miller's. Namun, dalam korelasi baru ini, tidak menentukan satuan berat. R^2 korelasi yang baru hampir 0,91.

Pada penelitian ini, akan membahas korelasi antara nilai UCS dengan nilai *Rebound* pada Schmidt hammer dan melihat pengaruh antara hubungan densitas terhadap nilai UCS dan nilai *Rebound* pada *Schmidt hammer*.

METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di dua tempat. Pertama, di Laboratorium Struktur dan Bahan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat meliputi pengolahan sampel uji, hasil pengukuran dimensi fisik, hasil uji *Schmidt Hammer* dan hasil uji UCS (*Unconfined Compression Strength*). Kedua, di Laboratorium Teknologi Pertambangan meliputi hasil uji sifat fisik, hasil uji *Schmidt Hammer*, dan hasil uji UCS (*Unconfined Compression Strength*).



Gambar-1. Diagram penelitian

A. Eksperimentasi

Eksperimentasi pada penelitian ini adalah melakukan pengujian laboratorium yang dilandaskan dalam pendekatan empiris untuk menyelidiki suatu bidang, memecahkan masalah praktis, dan membuktikan suatu asumsi teoritis berupa kegunaan dan hasil nilai dari alat pengujian UCS dan Schmidt hammer. Dimana antara kedua uji eksperimental ini dapat dikatakan memiliki relasi yang logis yang termasuk dalam relasi akibat penyebab yang sama (common cause factor).

Dan eksperimentasi juga merupakan kegiatan percobaan untuk mengecek atau menyalahkan hipotesis atau mengenali hubungan sebab akibat antara gejala dari faktor-faktor hubungan. Dalam penelitian ini, Sebab dari suatu gejala akan diuji untuk mengetahui apakah sebab (variabel bebas) tersebut mempengaruhi akibat (variabel terikat), dimana nilai UCS sebagai variabel terikat dan nilai pantul atau *Rebound Number* (R_L) sebagai variabel bebas.

Sampel inti beton untuk uji UCS dan Schmidt hammer masing-masing sebanyak 10 sampel. Pengujian UCS dilakukan pada sampel khusus uji UCS dan bekas sampel dari uji Schmidt hammer. Sampel beton diolah menggunakan 2 tipe semen berbeda. Sampel beton terkategori beton normal berdasarkan isi komposisi bahan yang termuat dalam SNI 03-2847-2002. Kekuatan rencana sampel diolah berdasarkan klasifikasi kuat tekan dan skala Mohs menurut Tamrock yaitu sebesar 22 MPa. Ukuran pembuatan sampel diolah berdasarkan ISRM (1981) dengan ukuran L/D = 12/5.7 cm menggunakan pipa silinder sebagai wadah cetak. Pada pengujian sifat fisik (*Density*), sampel yang digunakan adalah sampel bekas dari setelah uji UCS dan *Rebound Schmidt hammer*.

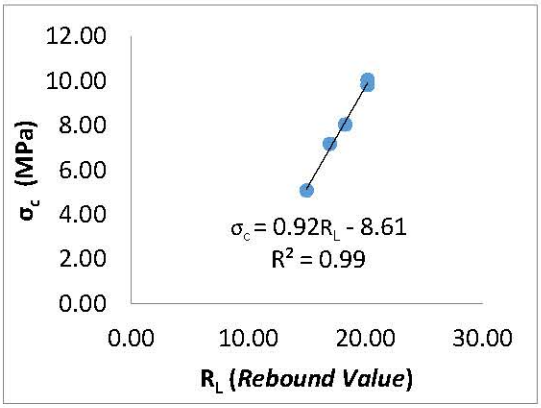
B. Analisis Data

Hasil dari pengolahan data, digunakan untuk mencari berapakah nilai dan bagaimana pola relasi atau fungsi hubungan yang terdapat di antara nilai UCS dan nilai *rebound* dalam bentuk persamaan dengan metode analisis regresi linier sederhana dan mencari berapakah nilai dan bagaimana kekuatan hubungan dalam koefisien determinasi dan koefisien korelasi antara nilai UCS dan nilai *rebound* dengan metode analisis korelasi linier sederhana serta mencari nilai uji sifat fisik bobot isi (ρ) bagaimanakah pengaruhnya terhadap nilai UCS dan nilai *rebound* dalam bentuk hubungan grafik.

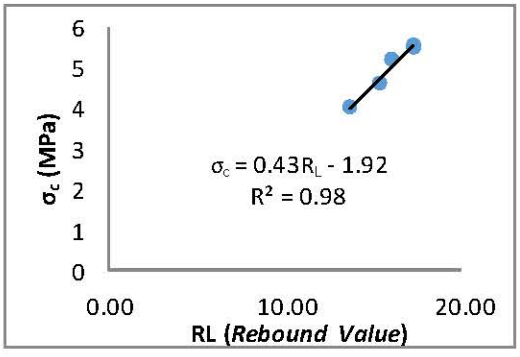
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan antara Nilai UCS terhadap *Rebound Value*

Berikut merupakan pembahasan dalam bentuk grafik dengan cara nilai kedua pengujian diplotkan ke grafik untuk mendapatkan hasil nilai regresi (koefisien determinasi) antara nilai *rebound value* (R_L) terhadap gabungan nilai kuat tekan uniaksial (σ_{c-1}) dan (σ_{c-2}) serta untuk melihat hubungan antara nilai dari keduanya. Dimana dapat dilihat terlihat pada Gambar-2 s.d. 3 dan untuk sampel beton gabungan merek semen pada Gambar-4.



Gambar-2. Hubungan antara σ_c dan R_L pada Sampel Beton G



Gambar-3. Hubungan antara σ_c dan R_L pada Sampel Beton C

Tabel-1. Hasil data analisis regresi dan korelasi linier sederhana antara σ_c dan R_L pada Sampel Beton

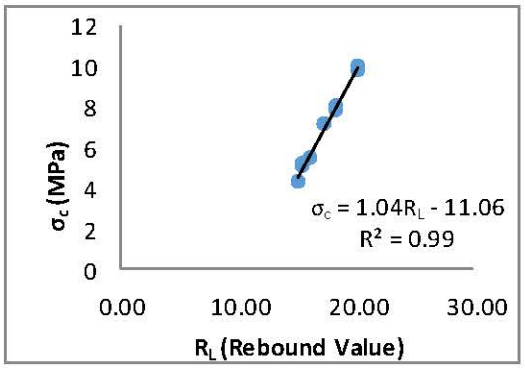
Sampel Uji σ_c dan R_L	**Jumlah Sampel Uji**		**Nilai Persamaan Regresi (R_L dengan σ_c)**	***Standard Error Estimation* ($S\sigma_c$ R_L)**	**Nilai Koefisien**		**Hubungan relasi R_L & σ_c**
	UCS (σ_{c1-2})	*Schmidt Hammer* (R_L)			Determinasi (r^2)	Korelasi (r)	
G	5	5	$\sigma_c = 0.92R_L - 8.61$	0.18	0.99	1.00	(Kurva Korelasi Positif) Sangat Rapat, Erat, dan Kuat Sempurna
C	5	5	$\sigma_c = 0.43R_L - 1.92$	0.12	0.98	0.99	(Kurva Korelasi Positif) Sangat Rapat, Erat, dan Kuat Sempurna
G-C	10	10	$\sigma_c = 1.04R_L - 11.06$	0.19	0.99	1.00	(Kurva Korelasi Positif) Sangat Rapat, Erat, dan Kuat Sempurna
Rata-rata				**0.16**	**0.99**	**1.00**	(Kurva Korelasi Positif) Sangat Rapat, Erat, dan Kuat Sempurna
Hasil Keputusan Analisis							1. Korelasi Positif 2. Derajat Variasi 3. Sebaran Data Sangat Rapat 4. Relasi Erat 5. Kekuatan Kuat Sempurnn

Tabel-2. Hasil nilai korelasi kuat tekan (σ_c) dengan nilai *rebound schmidt hammer* pada sampel beton dalam nilai persamaan Regresi

No	**Nilai Rebound (R_L)**	**Nilai Persamaan Regresi R_L dengan σ_c**			**Hasil Nilai Persamaan Regresi R_L menjadi σ_c**		
		G	**C**	**G-C**	**G**	**C**	**G-C**
1	18.31	$\sigma_c = 0.92R_L - 8.61$	$\sigma_c = 0.43R_L - 1.92$	$\sigma_c = 1.04R_L - 11.06$	8.24	5.95	7.98
2	17.00				7.03	5.39	6.62
3	15.00				5.19	4.53	4.54
4	21.30				10.99	7.24	11.09
5	20.20				9.97	6.77	9.95
6	13.63				3.93	3.94	3.12
7	17.30				7.31	5.52	6.93
8	15.40				5.56	4.70	4.96
9	16.10				6.20	5.00	5.68
10	17.30				7.31	5.52	6.93

Tabel-3. Hasil nilai rata-rata korelasi kuat tekan (σ_c) dengan nilai *rebound schmidt hammer* pada sampel beton dalam nilai persamaan regresi

No	Nilai Rebound (R_L)	Nilai Persamaan Regresi R_L dengan σ_c			Hasil Nilai Persamaan Regresi R_L dengan σ_c		
		G	C	G-C	G	C	G-C
1	18.36	$\sigma_c = 0.92R_L - 8.61$	-	-	8.28	-	-
2	15.95	-	$\sigma_c = 0.43R_L - 1.92$	-	-	4.94	-
3	17.16	-	-	$\sigma_c = 1.04R_L - 11.06$	-	-	6.79



Gambar-4. Hubungan antara σ_c dan R_L pada Sampel Beton G-C

Pada Gambar-2 s.d. 4 yaitu hubungan antara *rebound value* terhadap kuat tekan (UCS) telah menunjukkan perbandingan yang lurus yaitu semakin besar nilai *rebound value* maka semakin besar kekerasan sampel uji betonnya. Dan semakin besar nilai kekerasan batuan maka semakin besar nilai kuat tekan (UCS) sampel ujinya. Hasil dari pengujian kuat tekan dan *hammer test* yang akan dicari hubungannya selanjutnya diuji apakah jumlah dari masing-masing sampel hingga jumlah gabungan sampel dari kedua hasil uji tersebut memiliki nilai regresi dan nilai korelasi yang semakin mengalami peningkatan atau mengalami penurunan.

Semakin nilai simpangan (*standard error estimation*) bernilai mendekati angka nol atau bernilai angka nol maka nilai simpangan semakin rendah yang menunjukan bahwa sedikit sekali terjadi simpangan pada nilai data bahkan tidak terjadi simpangan pada nilai data pada persamaan regresi. Tetapi, jika nilai simpangan tersebut semakin lebih besar dari angka nol maka akan menunjukkan besarnya simpangan pada data nilai. Pada *trendline* di diagram pencar, jika semakin terlihat titik-titik data nilai itu terpencar lebih sedikit atau rapat mendekati *trendline* maka menunjukkan terjadi simpangan nilai yang kecil yang berarti data tersebut baik dan akurat. Namun, jika data nilai tersebut terpencar lebih banyak atau renggang menjauhi *trendline* maka menunjukkan terjadi simpangan nilai yang besar yang berarti data buruk dan tidak akurat.

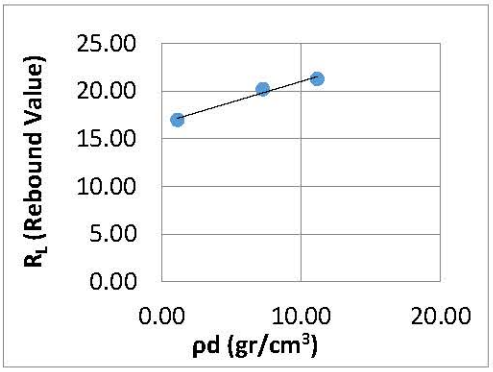
Semakin nilai variabel b pada persamaan regresi bernilai lebih besar dari angka nol maka semakin besar kemungkinan bahwa korelasi tersebut membentuk kurva *trendline* yang positif. Tetapi jika nilai b pada persamaan regresi bernilai lebih kecil dari angka nol maka akansemakin besar kemungkinan bahwa korelasi tersebut membentuk kurva *trendline* yang negatif. Dan nilai b disini adalah R_L (*rebound number*).

Semakin nilai r^2 (koefisien determinasi) dan r (koefisien korelasi) mendekati angka satu maka akan menunjukkan relasi yang sangat erat (sempurna) Jika nilai data tersebut mendekati lebih dari setengah angka satu maka akan menunjukkan relasi yang erat-kuat. Jika data nilai berada di antara setengah angka satu maka akan menunjukkan relasi yang moderat. Dan jika nilai data tersebut mendekati kurang dari setengah angka satu maka akan menunjukkan nilai yang kecil atau lemah serta sangat kecil atau lemah. Bahkan jika nilai data tersebut sangat mendekati angka nol bahkan kurang dari angka nol maka akan menunjukkan hubungan relasi yang sangat kecil atau tidak adanya korelasi.

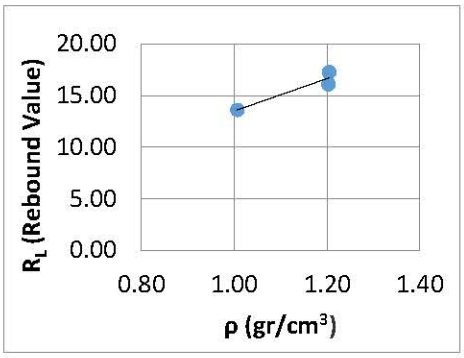
Tabel-1 menunjukkan adanya hubungan korelasi dan relasi yaitu nilai *standard error estimation* yang kecil dengan rata-rata mendekati angka nol, dimana nilainya 0.16. Nilai koefisien determinasi (r^2) dan korelasi (r) yang besar dengan rata-rata yang hampir mendekati angka satu, dimana nilai koefisien determinasinya (r^2) yaitu **0.99** dan dan nilai koefisien korelasinya (r) yaitu **1.00**. Sehingga dari nilai rata-rata tersebut dapat dikatakan bahwa hasil uji antara *rebound value* (R_L) terhadap UCS (σ_c) pada sampel uji beton ini memiliki hubungan korelasi positif dengan relasinya yang erat kuat sempurna dan dapat dikatakan akurat jika dibandingkan keakuratannya dengan peneliti sebelumnya, nilai koefisien determinasinya (r^2) lebih besar dari peneliti sebelumnya. Dimana Miller's (1965) nilai keakuratannya (r^2) yaitu 0.93 dan Nazir dkk (2013) nilai keakuratannya (r^2) yaitu 0.91.

Hubungan antara Nilai *Density* terhadap *Rebound Value*

Berikut merupakan pembahasan dalam bentuk grafik. Untuk melihat hubungan antara nilai densitas (ρd) terhadap nilai UCS (σ_c) dan *rebound value* (R_L). Dimana dapat dilihat pada Gambar-5 s.d. 6.



Gambar-5. Hubungan ρd dan R_L pada Sampel Beton G



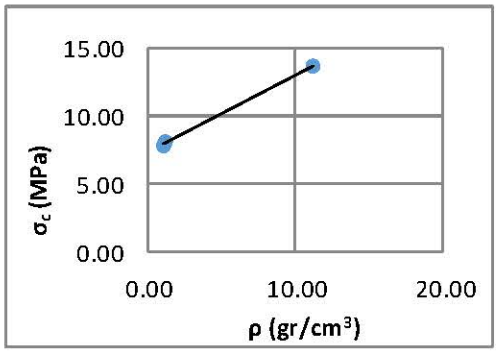
Gambar-6. Hubungan ρd dan R_L pada Sampel Beton C

Hubungan antara Nilai *Density* terhadap Nilai UCS

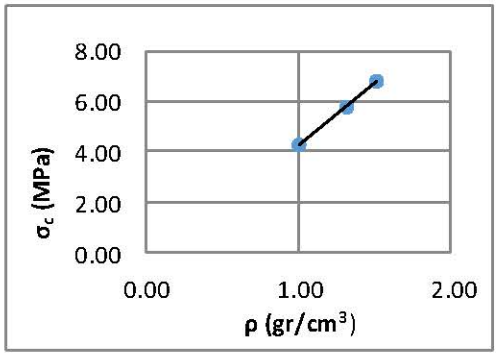
Berikut merupakan pembahasan dalam bentuk grafik. Hubungan antara nilai densitas (ρd) terhadap nilai UCS (σ_c) dan *rebound value* (R_L) dapat dilihat pada Gambar-7 s.d. 8. Bobot isi merupakan bagian dari hasil uji sifat fisik. Bobot isi menunjukkan kerapatan suatu benda, sehingga semakin besar nilai bobot isinya maka semakin padat benda tersebut. Semakin padat suatu batuan maka semakin besar pula nilai kuat tekannya. Kekerasan batuan sangat ditentukan dari mineral pembentuk batuan tersebut. Semakin keras mineral pembentuknya maka, semakin keras pula batuan tersebut, dan akan menghasilkan nilai

kuat tekan (σ_c) yang semakin besar juga. Skala kekerasan pada mineral dikenal dengan skala kekerasan Mohs. Skala Mohs ini dimulai dari angka 1 yang merupakan mineral terlembut, dan berakhir di angka 10 yang merupakan mineral terkeras (Rai dkk, 2011 : 91-92).

Densitas (*density*) atau bobot isi menunjukkan kerapatan padat suatu massa. Densitas kering adalah kondisi batuan dalam keadaan telah kering atau dikeringkan (butiran padat) tanpa pori (*void*) lagi, dimana sebelumnya telah mengalami penjenuhan di dalam air yang dipengaruhi pula oleh adanya udara saat kondisi penjenuhan pada batuan tersebut. Pada gambar 4 s.d. 9 yaitu gambar grafik hubungan antara densitas kering terhadap kuat tekan dan *rebound value* telah menunjukkan perbandingan yang lurus yaitu semakin besar nilai densitas kering maka semakin padat (benda) sampel ujinya. Dan semakin padat sampel ujinya maka nilai kuat tekan dan *rebound value* nya semakin besar.



Gambar-7. Hubungan ρd dan σ_c pada Sampel Beton G



Gambar-8. Hubungan ρd dan σ_c pada Sampel Beton C

KESIMPULAN

Ada beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian, yaitu :

1. Berdasarkan hasil pengolahan data analisis regresi sederhana untuk menentukan hubungan statistik berupa pola relasi dan fungsi hubungan dengan mengetahui nilai persamaan regresi dan *standard error estimation*, yaitu sebagai berikut.
   a. Sampel beton dengan campuran semen Gresik
      Nilai persamaan regresinya $\sigma_c = 0.92R_L\text{-}8.61$ dan *standard error estimation* ($S\sigma_c,R_L$) = 0.18
   b. Sampel beton campuran semen Conch
      Nilai persamaan regresinya $\sigma_c = 0.43R_L\text{–}1.92$dan *standard error estimation* ($S\sigma_c,R_L$) = 0.12.
   c. Sampel nilai dari gabungan antara nilai kuat tekan dan nilai *rebound* pada sampel beton campuran semen Gresik dan Conch.
      Nilai persamaan regresinya $\sigma_c = 1.04R_L\text{–}11.06$ dan *standard error estimation* ($S\sigma_c,R_L$) = 0.19.

Maka hubungan statistiknya memiliki pola relasinya yang erat dengan estimasi sebaran data yang sangarapat, kurva positif dan fungsi hubungannya ialah akibat-penyebab yang sama (*cause common factor)* karena nilai *rebound* memberikan pengaruh terhadap variasi pada nilai UCS.

2. Berdasarkan hasil pengolahan data analisis korelasi sederhana dengan mengetahui nilai koefisen determinasi (r^2) dan korelasi (r), yaitu :
   a. Sampel beton dengan campuran semen Gresik
      Koefisien determinasi (r^2) pada σ_c = 0.99 dan koefisien korelasi (r) pada $\sigma_{c\text{-}1}$ = 1.00.
   b. Sampel beton campuran semen Conch
      Koefisien determinasi (r^2) pada σ_c = 0.98 dan koefisien korelasi (r) pada $\sigma_{c\text{-}1}$ = 0.99.
   c. Sampel nilai gabungan antara nilai kuat tekan dan nilai *rebound* pada sampel beton campuran semen Gresik dan Conch
      Koefisien determinasi (r^2) pada σ_c = 0.99 dan koefisien korelasi (r) pada σ_c = 1.00.

Maka hubungan statistiknya memiliki korelasi yang positif dan nilai kekuatan hubungan yang kuat sempurna dan besar.

3. Hubungan statistik antara nilai kuat tekan dengan nilai *rebound* pada rata-rata dari total atau keseluruhan nilai hasil analisis regresi dan korelasi sederhana pada campuran sampel beton memiliki nilai relasi dan kekuatan hubungan yang positif, erat, besar, pola atau estimasi sebaran datanya sangat rapat, dan kuat sempurna.
4. Beberapa faktor yang mempengaruhi ketidakberhasilan nilai hasil pengujian antara UCS dan *rebound number* yaitu pada bobot isi didapatkan dari pengujian yang kurang dari nilai kekuatan rencana pembuatan sampel betonnya yaitu sebesar 22 MPa. Hal itu disebabkan sampel ada yang tidak rata pada luas permukaan dan sampel betonnya karena hasil nilai UCS yang volume sampel serta pengukuran sampel yang hanya menggunakan penggaris. Selain itu, terjadinya penyusutan volume sampel beton dengan ukuran selisih penyusutan 1-4 cm dari ukuran cetakan sampel beton.
5. Faktor yang mempengaruhi keberhasilan nilai hasil pengujian yaitu antara hasil nilai UCS dan *rebound number* yang didapatkan bisa saling berkorelasi dan nilai bobot isi yang positif yang tetap menunjukkan grafik berbanding lurus.

Saran untuk penelitian lebih lanjut yaitu lakukan pengujian *Rebound Schmidt hammer* dengan UCS menggunakan sampel batuan atau beton dalam bentuk massa dan *inti core* yang diambil di lapangan dan mencari densitas atau bobot isi kering pada masing-masing sampel sebagai pengaruh terhadap nilai UCS dan *Rebound Number* nya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Riswan, M.T., selaku Kepala Laboratorium Teknologi Pertambangan dan Bapak Wiku A.Kresna, M.Eng., Selaku Kepala Laboratorium Struktur dan Bahan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, serta

seluruh Tim Teknisi Laboratorium Teknologi Pertambangan dan Laboratorium Struktur dan Bahan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat yang telah membantu saat penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Januarti J. E. 2006. *Non Destructive Test dan Assesment.* Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya

[2] Harinaldi. 2005. *Prinsip-Prinsip Statistik untuk Teknik dan Sains.* Erlangga. Jakarta. hal : 206-208, 211, 218-221.

[3] Nazir, R., Ehsan, M., Danial, J.A., and Mohd, F.M.A. 2013. *Prediction of Unconfined Compressive Strength of Limestone Rock Samples Using L-Type Schmidt Hammer Vol. 18 Bund. I pp. 1768-1775,* (online), (http://www.ejge.com/2013/Ppr2013.155alr.pdf, diakses pada tanggal 15 Oktober 2015 pukul 04.05 WITA).

[4] Rai, M.A., Kramadibrata, S., dan Wattimena, R.K. 2011. *TA 311 Mekanika Batuan.* Program Studi Teknik Pertambangan Institut Teknologi Bandung. Bandung.