

Hubungan Kuat Tekan Uniaksial dan Kuat Tarik Tidak Langsung Pada Batuan Sedimen Dengan Nilai Kuat Tekan Rendah

Rizto Salia Zakri^{1,*}, Ilep Prengki¹, dan Tri Gamela Saldy¹

¹Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

*riztoszakri@ft.unp.ac.id

Abstract. Soil and rock material has less strength to tension, compared to pressure and shear. Tensile strength has an important role in the stability of mining activities such as drilling, blasting and making slopes and mine tunnels. Determination of the tensile strength value is currently done by testing the indirect tensile strength (Brazilian Test). In the field commonly, to prediction tension strength value used rule of thumb which is the result of analysis from previous tests, but for this case, the prediction results using rule of thumb are inaccurate. The sample used in this research is sedimentary rock taken from several coal mining locations in the Jambi province. This sample is then tested using a compressive machine to get the uniaxial compressive strength and tensile strength values. Descriptive statistical methods and linear regression methods are used in this study to obtain an accurate prediction of tensile strength based on compressive strength data. According to the descriptive statistical method the tensile strength value is 0.41 times the compressive strength value, while if it is linear regression, the result of the tensile strength value is equal to $0.2079 \sigma_c + 0.1917$. Both of these methods are able to predict the value of the tensile strength better than the existing rule of thumb, but more advanced research with more samples is needed to get the better equation.

Keywords: Sedimentary Rock, Brazilian Test, Tensile Strength, Compressive Strength, Prediction

1 Pendahuluan

Material tanah dan batuan memiliki kekuatan yang lebih kecil terhadap tarikan dibandingkan dengan tekanan dan geseran. Kekuatan tarik memegang peranan penting terhadap kestabilan pada kegiatan-kegiatan pertambangan seperti pengeboran, peledakan, dan pembuatan lereng serta terowongan tambang (Goodman, 1989)

Mengacu kepada rule of thumb yang selama ini diterapkan di pertambangan bahwa kuat tarik sama dengan 10% kuat tekan (Goh et al, 2001). Rule of thumb ini digunakan mengingat susahnya melakukan uji kuat tarik pada material.

Brazilian test juga dikembangkan sebagai alternatif pengujian untuk mendapatkan nilai kuat tarik dari material batuan maupun tanah. Brazilian test sendiri merupakan metode pengujian yang populer di dunia saat ini untuk mendapatkan nilai kuat tarik, karena dapat dilakukan dengan mesin uji tekan konvensional (Hobs, 1964). Pengujian ini diterima secara luas setelah di temukan oleh LLB. Carneiro pada tahun 1943. Yang

pada saat itu merupakan seorang praktisi dibidang beton yang sangat terkenal.

Menariknya pada tahun yang sama, Tsunei Akazawa, seorang scientist asal Jepang, juga mengembangkan metode pengujian uji kuat tarik yang hampir sama dengan yang di perkenalkan oleh LLB. Carneiro sebelumnya.

Tahun 1978 *International Rock Mechanics Society* (IRMS) akhirnya memutuskan bahwa metode pengujian dengan membelah sampel menggunakan mesin tekan menjadi standar pengujian untuk mengetahui kekuatan tarik secara tidak langsung.

The Brazilian Indirect Tensile Strength atau disingkat brazilian test, menjadi nama dari uji ini, nilai kuat tarik didapatkan dari persamaan :

$$\sigma_t = 2P/\pi dt \quad (1)$$

Hasil brazilian test ini tentu lebih akurat dibandingkan dengan nilai kuat tarik dari rule of thumb yang umum digunakan dilapangan.

Pada batuan-batuan sedimen yang memiliki kuat tekan yang lebih kecil, rule of thumb yang ada perlu

diverifikasi, apakah hasilnya sudah tepat atau malah menyimpang cukup jauh dari yang sebenarnya.

Penelitian ini menggunakan material alamiah beberapa jenis batuan sedimen, diantaranya lempung, pasir, lanau, dan batubara. Sebagian besar objek penelitian berasal dari beberapa tambang batubara di provinsi Jambi.

2 Metode

Penelitian ini merupakan penelitian terapan, dimana sampel-sampel batuan yang diambil dari lokasi pertambangan, diuji di laboratorium tambang, jurusan teknik pertambangan Universitas Negeri Padang.

Data hasil pengujian selanjutnya dianalisis dengan menggunakan analisis statistik deskriptif, untuk mendapatkan satu nilai tengah, nilai rata-rata, dan nilai modus.

2.1 Metode Pengujian Sampel Batuan

Pada penelitian ini dilakukan dua macam uji terhadap contoh batuan yang tersedia, pengujian tersebut antara lain, uji kuat tarik tidak langsung (*Brazilian Test*) dan uji kuat tekan uniaksial (UCS).

2.1.1 Uji Kuat Tarik Tidak Langsung (*Brazilian Test*)

Brazilian Tensile Strength (BTS) atau lebih dikenal dengan *Brazilian Test*, merupakan salah satu metoda uji kuat tarik tidak langsung yang ditetapkan oleh ISRM (1978) dan ASTM (2008b) dimana kuat tarik dilambangkan dengan σ_t , yang merupakan fungsi dari pembebanan P , terhadap diameter (d) dan ketebalan (t), sehingga persamaannya menjadi :

$$\sigma_t = 2P/\pi dt$$

atau

$$\sigma_t = 0.636 P/\pi dt \quad (2)$$

Pengujian ini biasanya dilakukan dengan menggunakan mesin tekan hidrolik, dimana sampel dibuat berbentuk disc dengan perbandingan ketebalan dan diameter (t/d) bervariasi antara 0.2-0.75 (ASTM D3967), sementara menurut ISRM 1978, nilai t/d adalah 0.75.

Pada pengujian kuat tarik tidak langsung, sampel akan diberikan tekanan searah aksialnya, sementara regangan yang timbul akibat tekanan akan dikalkulasikan sebagai kuat tariknya. Sehingga pada pengujian ini, kuat tarik merupakan tegangan maksimal sebelum sampel retak/patah.



Gambar 1. Pengujian Kuat Tarik tidak langsung

Dengan demikian, metode NPV pada dasarnya adalah memindahkan cash flow yang menyebar sepanjang masa investasi ke waktu awal investasi ($t=0$) atau kondisi present, tentu saja dengan menerapkan konsep Ekuivalensi uang.

2.1.2 Uji Kuat Tekan Uniaksial

Pengujian kuat tekan uniaksial adalah suatu cara pengujian sifat mekanik yang bertujuan untuk mengetahui, Kuat tekan uniaksial (σ_c), Batas plastis, Modulus elastisitas, dan Poissons ratio pada tegangan (v)

Nilai Kuat Tekan Uniaksial dari percontoh batuan merupakan tegangan yang terjadi pada percontoh batuan pada saat percontoh tersebut mengalami keruntuhan (*failure*) akibat pembebanan dan nilainya dapat diperoleh dari persamaan :

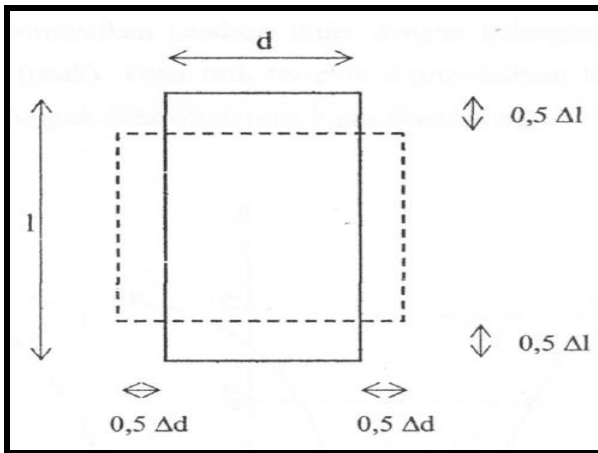
$$\sigma_c = \frac{F}{A} \quad (3)$$

dengan :

F = Besarnya gaya yang bekerja pada percontoh batuan
 A = Luas penampang contoh batuan yang diuji.

Pada saat percontoh batuan yang diuji menerima beban yang meningkat secara teratur, maka kondisi percontoh batuan cenderung mengalami perubahan bentuk. perubahan bentuk ini akan terjadi dalam arah lateral (Δd) dan aksial (Δl), sehingga pada percontoh batuan secara langsung mengalami pula perubahan bentuk secara volumetrik.

Dari keadaan tersebut dapatlah didefinisikan bahwa lihat (lihat gambar 2) perubahan bentuk arah lateral terhadap diameter disebut “regangan lateral (ϵ_l)”, dan perubahan bentuk arah aksial terhadap tinggi disebut “regangan aksial (ϵ_a)”, serta perubahan bentuk secara volumetrik disebut “regangan volumetrik (ϵ_v)”.



Gambar 2. Kondisi percontohan batuan yang menerima beban

2.1.3. Statistika Deskriptif

Statistik deskriptif adalah salah satu bagian dari ilmu statistika yang berhubungan dengan aktivitas penghimpunan, penataan, peringkasan dan penyajian data dengan harapan agar data lebih bermakna, mudah dibaca dan mudah dipahami oleh pengguna data. Statistik deskriptif hanya sebatas memberikan deskripsi atau gambaran umum tentang karakteristik objek yang diteliti tanpa maksud untuk melakukan generalisasi sampel terhadap populasi.

Kegiatan dalam statistik deskriptif meliputi pengumpulan, pengelompokan dan pengolahan data yang selanjutnya akan menghasilkan ukuran-ukuran statistik seperti frekuensi, pemusatan data, penyebaran data, kecenderungan suatu gugus data dan lain-lain. Selain itu, agar data lebih mudah dibaca dan dipahami maka data dapat diringkas dalam bentuk tabulasi atau disajikan dalam bentuk grafik atau diagram.

Penggunaan grafik dan diagram dimaksudkan agar data yang disajikan lebih menarik dan lebih komunikatif.

2.2 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah material batuan alamiah yang diperoleh dari beberapa tempat di Provinsi Jambi. Batuan ini tergolong sebagai batuan sedimen.

Batuan sedimen sendiri merupakan salah satu jenis batuan yang mana terbentuk sebagai hasil pemadatan endapan yang berupa bahan lepas.

Batuan sedimen atau sering juga disebut sebagai endapan merupakan batuan yang terbentuk dari endapan bahan-bahan yang terbawa oleh air ataupun angin.

Ada lagi pengertian mengenai batuan sedimen yakni batuan yang terbentuk karena adanya proses pembatuan atau litifikasi dari hasil proses pelapukan dan juga erosi tanah yang telah terbawa arus dan kemudian diendapkan.

Seorang ahli, yakni Hutton (1875) menyatakan bahwasannya batuan sedimen ini merupakan batuan yang terbentuk oleh konsolidasi sedimen, sebagai

material lepas, yang terangkut ke lokasi pengendapan oleh air, angin, es dan juga longsor gravitasi, gerakan tanah atau juga tanah longsor.

Selain terbentuk dari demikian, batuan sedimen ini juga terbentuk oleh penguapan larutan kalsium karbonat, silika, garam, dan juga material- material lainnya.

Batuan sedimen, jumlahnya sangat banyak dan banyak tersebar di permukaan bumi di dunia ini. Menurut Tucker (1991), bahwa 70% batuan yang terdapat di seluruh permukaan bumi ini adalah jenis dari batuan sedimen. Namun batuan itu hanya sebesar 2% dari volume seluruh kerak bumi. Hal ini menandakan bahwa batuan sedimen yang tersebar dengan sangat luas di permukaan bumi, namun ketebalannya hanya relatif tipis.

Kerak bumi memang tersusun atas berbagai macam material, tidak hanya batuan saja namun juga lapisan-lapisan tanah, pasir, dan juga yang lainnya dan batuan ini juga termasuk elemen yang menyusun komposisi kerak bumi. Batuan-batuan yang menyusun komposisi kerak bumi ini terbagi ke dalam berbagai macam jenis dan salah satunya adalah batuan sedimen ini.

2.2.1 Proses Pembentukan Batuan Sedimen

Batuan sedimen ini mengalami proses pemadatan dan juga pengompakan dari bahan lepas (endapan) hingga menjadi batuan sedimen yang utuh. Proses ini dinamakan sebagai diagenesa.

Proses diagenesa sendiri dapat terjadi pada suhu dan tekanan atmosferik sampai dengan suhu 300 derajat celcius dan juga tekanan 1 – 2 kilobar yang berlangsung mulai dari sedimen mengalami penguburan hingga terangkat dan juga tersingkap kembali di atas permukaan lapisan atmosfer bumi. Berdasarkan hal ini maka ada 3 macam diagenesa, yakni:

1. Diagenesa eogenik, yakni diagenesa awal yang terjadi pada sedimen di bawah permukaan air.
2. Diagenesa mesogenik, yakni diagenesa yang terjadi pada waktu sedimen mengalami penguburan yang semakin dalam.
3. Diagenesa telogenik, yakni diagenesa yang terjadi pada saat batuan sedimen tersingkap kembali ke permukaan bumi yang disebabkan karena pengangkatan dan juga erosi.

2.2.2 Jenis-jenis Batuan Sedimen

Terdapat beberapa macam pengelompokan batuan jenis ini menurut beberapa ahli, salah satunya adalah menurut Pettijohn (1975), O'Dunn dan Sill (1986), mereka membagi batuan sedimen ini menjadi 2 kelompok besar berdasarkan teksturnya, yaitu :

1. Batuan sedimen klastika disebut juga dengan batuan sedimen detritus, mekanik, eksogen yang merupakan batuan sedimen yang terdiri atas klastika- klastika atau hancuran bebatuan yang

mengendap secara alami atau mekanik oleh gaya beratnya sendiri. Batuan jenis ini terbentuk sebagai hasil pengerjaan kembali atau reworkin dari batuan yang sudah ada sebelumnya. Proses pengerjaan kembali yang terjadi sebagai pembentukan batuan ini meliputi pelapukan, erosi, transportasi, dan juga redeposisi atau pengendapan kembali. Untuk menunjang proses tersebut dapat terjadi, diperlukan beberapa media yakni air, angin, es, dan juga efek gravitasi atau beratnya sendiri. Khusus untuk media yang terakhir tersebut atau media gravitasi ini sebagai akibat dari longsoran batuan yang telah ada sebelumnya. Yang perlu kita ketahui dari kelompok batuan jenis ini adalah bahwa kelompok batuan ini bersifat fragmental atau terdiri dari butiran-butiran atau pecahan batuan sehingga bertekstur klastika. Contoh dari batuan sedimen klastika ini antara lain batu breksi, konglomerat, batu pasir, dan juga batu lempeng. Batu breksi merupakan endapan krikil yang bersudut tajam yang masih dekat dengan tempat asalnya. Batu konglomerat merupakan endapan kerikil yang sudutnya membulat (sudut yang jauh terbawa aliran sungai). Sedangkan batu pasir merupakan batuan endapan yang berasal dari fragmen batuan yang berukuran 1/16 hingga 2 mili meter.

2. Batuan sedimen non- klastika. Selanjutnya kita akan membahas mengenai jenis kelompok batuan non- klastika. Batuan non- klastika ini merupakan jenis batuan sedimen yang terbentuk sebagai hasil penguapan suatu larutan atau pengendapan material yang berada di tempat itu juga. Proses pembentukan batuan jenis ini bisa terjadi dengan proses kimiawi, biologi ataupun organik, ataupun kombinasi antara keduanya, yakni kombinasi antara kimiawi dan juga organik atau biologi. Proses yang merupakan kombinasi dari keduanya ini disebut dengan biokomia. Proses pembentukan batuan ini yang terjadi secara biologi atau organik merupakan proses pembentukan yang dilakukan oleh aktivitas alam tertentu yakni oleh tumbuhan maupun binatang. Sebagai contoh dari proses pembentukan batuan ini secara organik adalah pembentukan rumah binatang laut atau karang, terkumpulnya cangkang binatang (fosil), dan terkuburnya kayu-kayuan sebagai akibat penurunan daratan menjadi laut.

2.2.3 Sampel Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan beberapa jenis batuan sedimen, diantaranya, lempung, lempung pasir, lanau dan batubara.

Batu lempung

Pengertian batu lempung yaitu batuan yang memiliki struktur padat dengan susunan mineral yang lebih banyak dari batu lanau. Selain itu, batu lempung juga dapat diartikan sebagai salah satu jenis batuan sedimen yang bersifat liat atau plastis, tersusun dari hidrous aluminium silikat (mineral lempung) yang ukuran

butirannya halus. Ukuran butiran batu lempung sangatlah halus, yakni tidak lebih dari 0,002 mm.

Batu Lanau

Batulanau adalah batuan sedimen klastik. Seperti namanya, batulanau terdiri dari (lebih dari 2/3 nya) partikel-partikel berukuran lanau, yang merupakan butiran berukuran 2–62 μm atau 4 hingga 8 dalam skala Krumbein phi (ϕ) Batulanau berbeda secara signifikan dari batupasir dalam hal pori-porinya yang lebih kecil dan kecenderungan lebih tinggi untuk mengandung fraksi lanau yang signifikan. Meskipun sering tertukar dengan istilah serpih(shale), batulanau tidak memiliki fisilitas dan laminasi yang khas dari shale.

Batu Bara

Batu bara adalah salah satu bahan bakar fosil. Pengertian umumnya adalah batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik, utamanya adalah sisa-sisa tumbuhan dan terbentuk melalui proses pematubaraan. Unsur-unsur utamanya terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen.

Batu bara juga adalah batuan organik yang memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yang kompleks yang dapat ditemui dalam berbagai bentuk. Analisis unsur memberikan rumus formula empiris seperti $\text{C}_{137}\text{H}_{97}\text{O}_9\text{NS}$ untuk bituminus dan $\text{C}_{240}\text{H}_{90}\text{O}_4\text{NS}$ untuk antrasit.



Gambar 3. Sampel yang digunakan dalam penelitian

2.3 Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan 2 pengujian untuk mendapatkan parameter yang akan diteliti. Sehingga penelitian ini akan melalui beberapa tahapan, diantaranya :

2.3.1 Preparasi Sampel Batuan

Preparasi merupakan suatu kegiatan untuk menyiapkan sampel batuan yang datang dari lapangan, menjadi sampel yang siap untuk diuji di laboratorium. Preparasi sampel sangat penting dalam proses pengujian sifat fisik batuan, karena preparasi yang salah akan menghasilkan hasil pengujian yang salah pula.

Sampel batuan yang datang dari lapangan berbentuk inti bor dengan panjang masing-masing sampel berkisar antara 0-1 meter, dengan diameter bervariasi tergantung jenis bor yang digunakan.

Pada penelitian ini digunakan beberapa jenis mata bor, yang menyebabkan ada variasi diameter sampel, yang berkisar antara 4.7 cm sampai 5.5 cm.

Preparasi yang dilakukan meliputi,

1. Pemotongan sampel, sampel dipotong sebelum dilakukan pengujian dengan ketentuan, untuk uji kuat tekan uniaksial, panjang sampel sama dengan 2x diameter sampel, sementara untuk uji kuat tarik tidak langsung, tebal sampel yang di izinkan adalah 0.75 kali diameter sampel
2. Penghalusan permukaan sampel, untuk pengujian kuat tekan uniaksial, kondisi permukaan sampel harus benar-benar rata dan halus, hal ini sangat penting mengingat permukaan sampel yang tidak rata akan mengakibatkan distribusi tegangan yang tidak merata pula, jika hal ini terjadi maka hasil pengujian menjadi tidak akurat, karena nilai kuat tekan akan turun



Gambar 4. Proses preparasi sampel

2.3.1 Uji Kuat Tekan Uniaksial

Tahapan selanjutnya adalah melakukan pengujian uniaksial, Pengujian Kuat tekan Uniaksial dilakukan pada sampel masing-masing sampel batuan, ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan, modulus elastisitas, dan poisson ratio. Pengujian dilakukan di laboratorium tambang Universitas Negeri Padang.

Hasil dari pengujian ini, tidak semua digunakan pada penelitian ini, dalam penelitian ini hanya digunakan nilai kuat tekan uniaksial (UCS) yang akan digunakan.



Gambar 5. Proses Uji Tekan Uniaksial

2.3.1 Uji Kuat Tarik Tidak Langsung (Brazilian Test)

Ujia kuat tarik tidak langsung ata dikenal dengan *brazilian test* merupakan salah satu metode yang terstandar ASTM dan IRMS untuk mengetahui kuat tarik dari sebuah sampel batuan.

Pengujian ini dilakukan di laboratorium tambang Universitas Negeri Padang dengan menggunakan mesin tekan hidrolis



Gambar 6. Uji Kuat Tarik tidak Langsung

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa data, maka didapatkan hasil sebagai berikut :

3.1 Hasil

Mengacu pada pengujian yang dilakukan maka didapatkan nilai masing-masing sampel untuk pengujian kuat tekan uniaksial dan uji kuat tarik tidak langsung

3.1.1 Hasil Uji Kuat Tekan Uniaksial

Berdasarkan hasil uji kuat tekan uniaksial, maka didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Uji Kuat Tekan Uniaksial

Hasil Uji Kuat Tekan Uniaksial			
Kode Sampel	Material	Diameter	Kuat Tekan Uniaksial (MPa)
GT-03 BHS	clay	5.4	0.56
GT-02 BHJ	clay	5.4	0.32
	clay	5.4	0.48
GT-04 BMM	clay	5.4	0.64
GT-05 BMM	clay	5.4	0.48
GT-01 PDAP	clay	5.5	1.24
GT-02 PDAP	clay	4.7	1.79
GT-02 BHJ	coal	5.4	1.12
GT-05 BMM	coal	5.4	4.02
GT-01 PDAP	coal	5.5	0.69
GT-02 PDAP	coal	4.7	3.83

GT-04 BMM	Sandy clay	5.4	0.89
GT-01 PDAP	Silt	5.5	1.58

Sampel yang diuji diprerasi dengan baik dengan perbandingan L/D =2 artinya panjang sampel yang digunakan dua kali diameternya.

Berdasarkan hasil pengujian di atas terlihat bahwa nilai kuat tekan uniaksial 0.32-4.02 MPa. Untuk material lempung, nilai kuat tekan uniaksial bervariasi antara 0.23-1.79MPa.

Sementara untuk material batubara nilainya lebih bervariasi, nilai kuat tekan uniaksial untuk batubara berada di rentang 1.12 - 4.02 MPa. Material lainnya adalah lempung pasir dengan nilai kuat tekan uniaksial 0.89MPa dan lanau dengan nilai 1.58 MPa.

Hasil ini didapat dengan pengujian pada satu alat yang sama dengan kondisi sampel yang sama, semua sampel diuji dalam kondisi natural, artinya kadar air, dan mineralogi batuan tidak mengalami perubahan.

3.1.2 Hasil Uji Kuat Tarik Tidak Langsung

Sementaraberdasarkan hasil pengujian kuat tekan uniaksial dengan menggunakan alat tekan hidrolis yang sama dengan uji kuat tekan uniaksial. Sampel yang digunakan menggunakan rasio perbandingan d/t = 0.75 mengikuti standar ISRM dan ASTM, sehingga didapatkan nilai kekuatan tarik uniaksialnya sebesar :

Tabel 2. Hasil Uji Kuat Tarik Tidak Langsung

Data Uji Kuat Tarik tidak Langsung						
Kode Sampel	Material	P (kg)	D (cm)	t (cm)	Sig. T (Kg/cm ²)	Sig. T (MPa)
GT-03 BHS	clay	105.63	5.4	4.1	3.072	0.301
GT-02 BHJ	clay	85.62	5.4	4.1	2.490	0.244
	clay	68.52	5.4	4.1	1.993	0.195
GT-04 BMM	clay	62.807	5.4	4.1	1.826	0.179
GT-05 BMM	clay	28.55	5.4	4.1	0.830	0.081
GT-01 PDAP	clay	189.64	5.5	4.1	5.316	0.522
GT-02 PDAP	clay	197.4	4.7	3.5	7.578	0.743
GT-02 BHJ	coal	199.84	5.4	4.1	5.812	0.570
GT-05 BMM	coal	279.78	5.4	4.1	8.136	0.798
GT-01 PDAP	coal	189.64	5.5	4.1	5.316	0.522
GT-02 PDAP	coal	273.4	4.7	3.5	10.495	1.030
GT-04 BMM	Sandy clay	37.11	5.4	4.1	1.079	0.106
GT-01 PDAP	Silt	315.26	5.5	4.1	8.838	0.867

diameter sampel bervariasi, ini tergantung dari ukuran mata bor yang digunakan saat pengambilan sampel.

Tabel di atas memperlihatkan hasil uji kuat tarik tidak langsung dari masing-masing sampel batuan,

Sementara untuk ketebalan sampel didapatkan dari rasio diameter : ketebalan yang mengikuti standar ISRM yaitu 0.75, sehingga ketebalan sampel juga menjadi berbeda karena diameter yang bervariasi.

Berdasarkan data dari tabel 2 di atas, dapat dilihat nilai kuat tarik untuk batuan lempung berkisar antara 0.081-0.743 MPa. Sementara untuk batubara nilai kuat tarik berkisar antara 0.5 MPa sampai 1.03 MPa. Material lain yaitu lempung pasir dan lanau mempunyai nilai kuat tarik 0.106 MPa dan 0.867 MPa.

3.1.3 Hubungan Kuat Tarik dan Kuat Tekan Uniaksial

Mengacu pada rule of thumb yang biasa digunakan pada pertambangan, nilai kuat tarik besarnya sama dengan 1/10 nilai kuat tekan uniaksialnya. Sementara hasil pengujian memperlihatkan nilai seperti tabel 3, berikut :

Tabel 3. Perbandingan nilai kuat tarik dan kuat tekan uniaksial

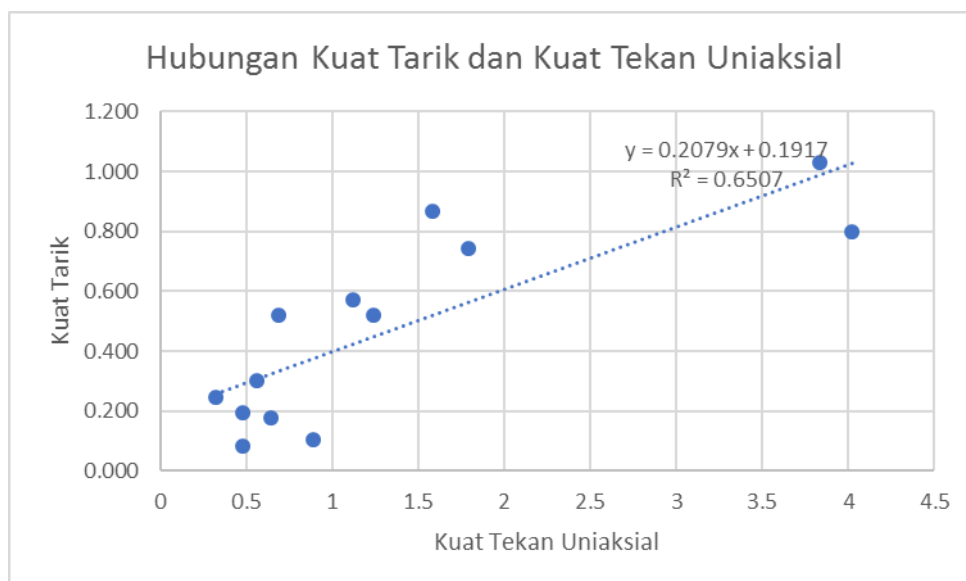
Perbandingan Kuat Tarik dan Kuat Tekan Uniaksial				
Kode Sampel	Material	Diameter	Sig. C (MPa)	Sig. T (MPa)
GT-03 BHS	clay	5.4	0.56	0.30
GT-02 BHI	clay	5.4	0.32	0.24
	clay	5.4	0.48	0.20

GT-04 BMM	clay	5.4	0.64	0.18
GT-05 BMM	clay	5.4	0.48	0.08
GT-01 PDAP	clay	5.5	1.24	0.52
GT-02 PDAP	clay	4.7	1.79	0.74
GT-02 BHI	coal	5.4	1.12	0.57
GT-05 BMM	coal	5.4	4.02	0.80
GT-01 PDAP	coal	5.5	0.69	0.52
GT-02 PDAP	coal	4.7	3.83	1.03
GT-04 BMM	Sandy clay	5.4	0.89	0.11
GT-01 PDAP	Silt	5.5	1.58	0.87

Berdasarkan hasil penelitian yang disajikan tabel di atas, rule of thumb yang ada tidak sesuai dengan hasil yang didapatkan. Oleh karena itu perlu dilakukan beberapa pendekatan untuk mendapatkan hubungan antara kuat tarik dan kuat tekan uniaksial, khususnya pada material batuan yang memiliki nilai kuat tekan uniaksial yang rendah.

1. Pendekatan Regresi Linier

Pendekatan pertama yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan melihat hubungan antara nilai kuat tarik dengan nilai kuat tekan uniaksial secara linier. Sehingga di dapatkan hasil seperti berikut :



Gambar 7. Hubungan Linier Kuat Tarik dan Kuat Tekan Uniaksial

sehingga didapatkan hasil seperti pada tabel 4 berikut :

Berdasarkan grafik pada gambar 3 di atas, dapat dilihat bahwa secara linier nilai kuat tekan sama dengan :

$$\sigma_t = 0.2079 \sigma_c + 0.1917 \quad (3)$$

Namun jika dilihat dari koefisien korelasi, persamaan linier ini tidak mampu merepresentasikan hubungan antara kuat tarik dan kuat tekan uniaksial secara baik, dengan kata lain persamaan linier yang dihasilkan akurasinya rendah.

2. Pendekatan Statistik Deskriptif

Salah satu cara untuk mendapatkan nilai hubungan antara kuat tarik dan kuat tekan uniaksial adalah dengan melakukan analisis statistik, pada penelitian ini dilakukan analisis statistik deskriptif sederhana untuk mengetahui nilai hubungan antara kuat tarik dan kuat tekan uniaksial.

Pendekatan ini hanya menampilkan nilai tengah, nilai modus, dan nilai rata-rata dari data yang ada,

Tabel 4. Perbandingan Kuat Tarik dan Kuat Tekan Uniaksial

Kode Sampel	Material	Diameter	Kuat Tekan Uniaksial (MPa)	Sig. T (MPa)	Selisih Nilai	Mean	Median	Modus
GT-03 BHS	clay	5.4	0.56	0.30	0.538117	0.414931	0.415301	#N/A
GT-02 BHJ	clay	5.4	0.32	0.24	0.763313			
	clay	5.4	0.48	0.20	0.407243			
GT-04 BMM	clay	5.4	0.64	0.18	0.279966			
GT-05 BMM	clay	5.4	0.48	0.08	0.169685			
GT-01 PDAP	clay	5.5	1.24	0.52	0.420579			
GT-02 PDAP	clay	4.7	1.79	0.74	0.415301			
GT-02 BHJ	coal	5.4	1.12	0.57	0.509028			
GT-05 BMM	coal	5.4	4.02	0.80	0.198549			
GT-01 PDAP	coal	5.5	0.69	0.52	0.755823			
GT-02 PDAP	coal	4.7	3.83	1.03	0.268825			
GT-04 BMM	Sandy clay	5.4	0.89	0.11	0.118954			
GT-01 PDAP	Silt	5.5	1.58	0.87	0.548721			

Berdasarkan tabel 4 di atas, dapat dilihat hasil perbandingan nilai kuat tarik dan kuat tekan uniaksial berkisar antara 0.16 sampai 0.76, artinya hasil ini menunjukkan perbedaan yang signifikan dari *rule of thumb* yang selama ini digunakan.

Nilai rata-rata dari data hasil pengujian adalah 0.41, artinya nilai kuat tarik batuan besarnya sama dengan 40% kuat tekan batuan. Sementara nilai tengah dari data ini adalah 0.41. Nilai tengah dan nilai rata-rata hampir saling mendekati, namun selisih dari nilai kuat tarik dan kuat tekan yang sangat bervariasi tidak didapatkan nilai modus dari data ini.

3.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian di atas, terdapat beberapa koreksi dari rule of thumb yang selama ini

digunakan, terkhusus untuk batuan-batuan yang mempunyai nilai kuat tekan < 5MPa.

Hasil prediksi dari kedua metode yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Hasil Prediksi dan Hasil Laboratorium

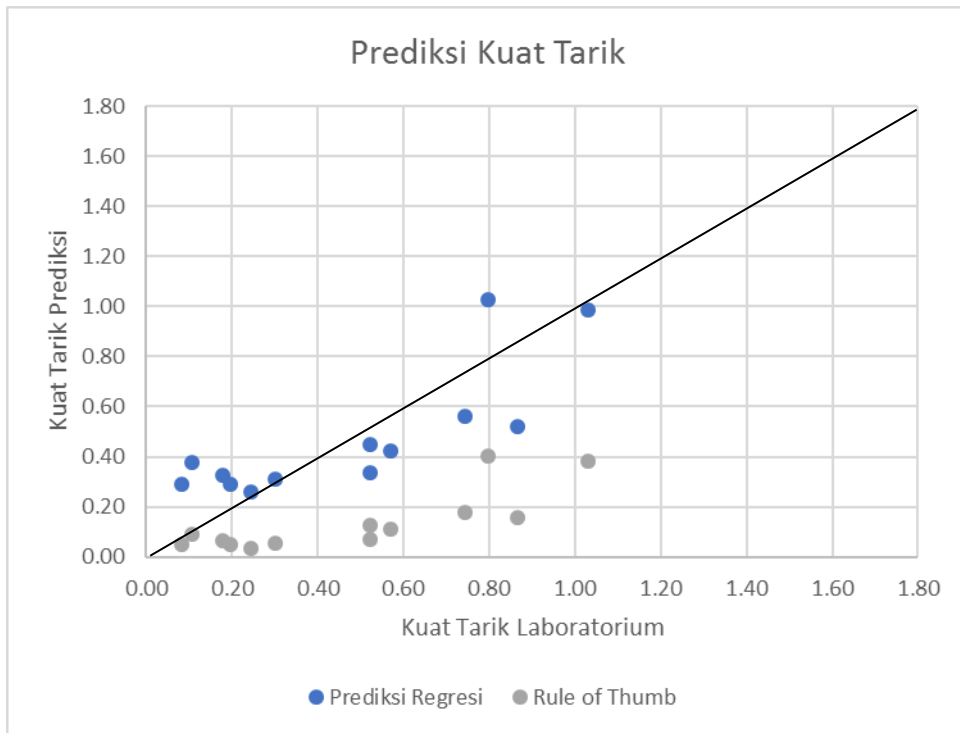
Perbandingan Hasil Uji dan Prediksi						
Kode Sampel	Material	Diameter (cm)	Nilai Uji		Nilai Prediksi	
			Kuat Tekan Uniaksial (MPa)	Sig. T (MPa)	Prediksi Regresi Sig. T (MPa)	Prediksi Statistik Sig. T (MPa)
GT-02 BHJ	clay	5.4	0.32	0.24	0.26	0.13
GT-02 BHJ	clay	5.4	0.48	0.20	0.29	0.19
GT-05 BMM	clay	5.4	0.48	0.08	0.29	0.19
GT-03 BHS	clay	5.4	0.56	0.30	0.31	0.22
GT-04 BMM	clay	5.4	0.64	0.18	0.32	0.26
GT-01 PDAP	coal	5.5	0.69	0.52	0.34	0.28
GT-04 BMM	Sandy clay	5.4	0.89	0.11	0.38	0.36
GT-02 BHJ	coal	5.4	1.12	0.57	0.42	0.45
GT-01 PDAP	clay	5.5	1.24	0.52	0.45	0.50
GT-01 PDAP	Silt	5.5	1.58	0.87	0.52	0.63
GT-02 PDAP	clay	4.7	1.79	0.74	0.56	0.72
GT-02 PDAP	coal	4.7	3.83	1.03	0.99	1.53
GT-05 BMM	coal	5.4	4.02	0.80	1.03	1.61

3.1.1. Hasil Prediksi Regresi Linier

Mengacu pada hasil yang didapatkan dengan menggunakan persamaan linier, disebutkan bahwa :

$$\sigma_t = \sigma_c 0.2079 + 0.1917 \quad (4)$$

Berdasarkan persamaan di atas maka dapat diprediksi nilai kuat tarik batuan berdasarkan nilai kuat tekannya seperti berikut :



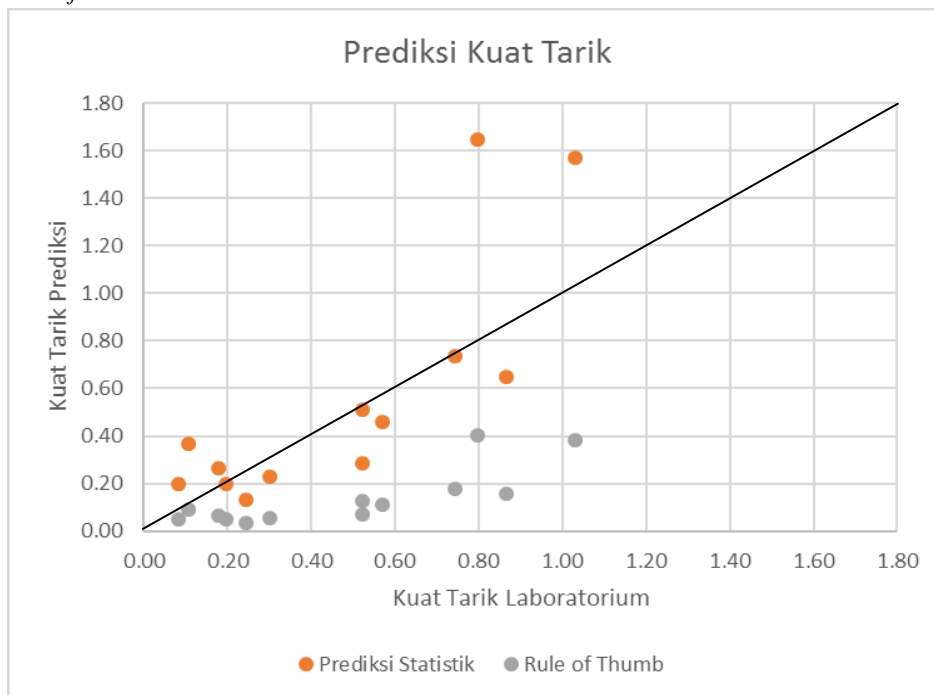
Gambar 8. Hubungan Kuat Tarik Prediksi dan Kuat Tarik Laboratorium

Berdasarkan gambar 8, terlihat bahwa hasil persamaan ini lebih baik memprediksi nilai kuat tekan dari batuan sedimen ini dibandingkan dengan nilai prediksi rule of thumb.

Hasil prediksi dari *Rule of Thumb* terlalu rendah dari nilai hasil pengujian, sementara hasil prediksi dengan menggunakan persamaan linier, terlihat hanya empat data yang hasilnya mendekati dengan kata lain persamaan yang dihasilkan lebih baik dibanding hasil prediksi dengan *rule of thumb*.

3.1.2. Hasil Prediksi Statistika Deskriptif

Berdasarkan distribusi data yang didapatkan dengan menggunakan statistika deskriptif, diketahui nilai kuat tarik sama dengan 0.41 kali nilai kuat tekan uniaksial. Mengikuti persamaan yang dihasilkan dapat dilihat akurasi hasil prediksi dari persamaan ini, seperti berikut :



Gambar 9. Hubungan Kuat Tarik Prediksi dan Kuat Tarik Laboratorium

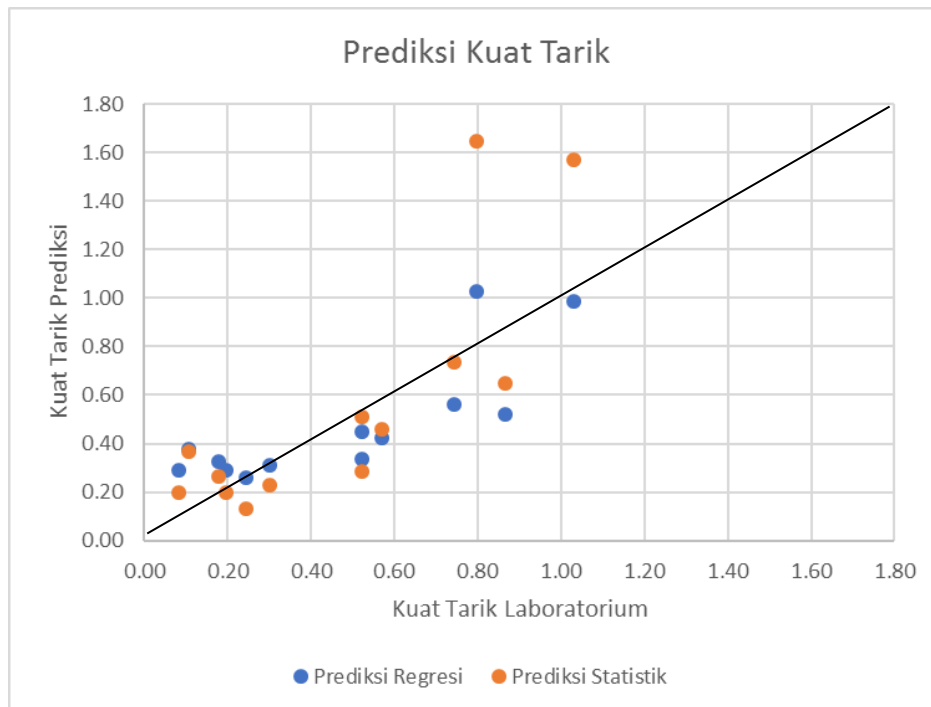
Berdasarkan gambar 9 di atas terlihat data ada lima data hasil prediksi yang mendekati nilai hasil laboratorium, ini jauh lebih baik dibandingkan dengan prediksi dari *rule of thumb*.

Namun persamaan dari metode ini, tidak mampu memprediksi secara baik, untuk sampel batuan yang memiliki nilai kuat tekan > 3 MPa. Secara keseluruhan metode ini lebih akurat dibandingkan dengan *rule of thumb* yang ada saat ini.

3.1.2. Hasil Prediksi Persamaan Linier dan Statistika Deskriptif

Kedua metode yang kita gunakan di atas lebih baik dalam memprediksi kuat tarik batuan sedimen yang mempunyai nilai kuat tekan rendah. Namun diantara kedua metode perlu ditentukan metoda mana yang terbaik untuk memperkirakan nilai kuat tekan batuan secara lebih akurat.

Untuk memenuhi tujuan di atas, perlu dilakukan perbandingan hasil prediksi dari kedua metoda, seperti berikut ini :



Gambar 10. Hubungan Kuat Tarik Prediksi dan Kuat Tarik Laboratorium

Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada gambar 10 dapat dilihat bahwa, masing-masing metoda mempunyai kelebihan yang berbeda, metode statistik mampu memprediksi dengan cukup baik batuan dengan kuat tekan < 3MPa, sementara untuk batuan yang mempunyai nilai kuat tekan > 3 MPa, selisih yang dihasilkan cukup besar.

Sementara dengan menggunakan metode regresi linier, mampu memprediksikan nilai kuat tekan dengan cukup baik di beberapa kondisi kuat tekan uniaksial.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa :

Penelitian ini menggunakan sampel alamiah berupa batuan sedimen yang memiliki nilai kuat tekan < 5MPa. Sampel ini diperoleh dari beberapa lapangan yang berada di provinsi Jambi.

Penggunaan *rule of thumb* yang selama ini lazim digunakan untuk memprediksi nilai kuat tarik, kurang efektif jika dilakukan pada sampel yang diuji di

penelitian, hasil dari *rule of thumb* cenderung lebih kecil bila dibandingkan dengan nilai hasil laboratorium.

Analisis statistik deskriptif dan regresi linier merupakan metode yang digunakan pada penelitian ini, kedua metode ini selanjutnya dibandingkan untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan masing-masing.

Berdasarkan hasil analisis statistik deskriptif diketahui bahwa nilai kuat tekan sama dengan 0.41 kali nilai kuat tekan uniaksial :

$$\sigma_t = 0.41 \sigma_c \quad (5)$$

Persamaan ini cukup baik untuk memprediksi kuat tarik batuan dengan nilai kuat tekan < 3 MPa.

Berdasarkan hasil analisis regresi linier, juga mampu memprediksi dengan lebih baik dibandingkan dengan *rule of thumb*, metoda ini mampu memprediksi nilai kuat tarik batuan menggunakan persamaan 4.

Kedua metode ini masih perlu diuji lebih lanjut dengan jumlah sampel yang lebih banyak, sehingga mampu menghasilkan hasil prediksi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Rini A., and Takashi Tsutsumi. *Evaluation of Tensile Strength of Brazilian Test under Solid and Ring Disks using Finite Element Analysis*. *Sains Malaysiana*. 47 (4). (2018).
- Chen, C.S, and S.C. Hsu, *Measurement of Indirect Tensile Strength of Anisotropic Rocks by the Ring Test*, *Rock Mech. Rock Engng*,34 (4), 293-321. (2001).
- Komorlu, Eren, and Ayhan Kesimal. *Evaluation of Indirect Tensile Strength of Rocks Using Different Types of Jaws*, *Rock Mech. Rock Engng*. (2014).
- Gorski, Bernie et al. *Formark Site Investigation Determination of the direct and indirect tensile strength on cores from borehole KFM01D*. Sweden : Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co.(2007).
- Hoek, E., Torres, C.C., Corkum, B, *Hoek-Brown Failure Criteria-2002 Edition*, Canada: Rocscience.(2012).
- Hudson, J.A., Harrison, J.P., *Engineering Rock Mechanics an Introduction to The Principles*, Great Britain: Pergamon.(1997).
- id.wikipedia.org/wiki/Statistika_deskriptif. Statistika Deskriptif. Mei 2020.
- Komorlu, Eren, and Ayhan Kesimal. *Evaluation of Indirect Tensile Strength of Rocks Using Different Types of Jaws*, *Rock Mech. Rock Engng*. (2014).
- Perras, Matthew A., and Mark S. Diederichs. *A Review of the Tensile Strength of Rock: Concepts and Testing*. *Geotech Geol Eng*. (2014).
- Rai, M.A., Wattimena, R.K., Karmadibrata,S., *Mekanika Batuan*, Bandung: ITB Press (2012)
- Wyllie, D.C., Mah, C.W., *Rock Slope Engineering Civil and Mining*, London: Spon Press (2005)
- Zakri, RS., GM Simangunsong, NP Widodo, Effect of Cement Injection on Shear Behaviour of Jointed Rock based on Mohr-Coulomb Criterion, *Proceeding The International Symposium on Earth Science and Technology*, 671-676. (2018)