

Hasil Uji Block Punch Index (BPI) untuk Memprediksi Nilai Uniaxial Compressive Strength (UCS) pada Campuran Semen dan Pasir

Alfisahri Kurniawan, Raimon Kopa¹

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

alfisahrikurniawan@gmail.com

raimonkopa@ft.unp.ac.id

Abstract. The world of mining is closely related to rock because most of the minerals are stuck to or in the rock itself. Therefore we need a method and technique on how to separate the mineral from rocks that are not economical. Because rocks have different properties in each type, in this case rock mechanics is needed. One of the tests for the mechanical properties of rock is the uniaxial compressive strength test. UCS is one of the most important and most widely used rock mechanics parameters in rock engineering. To test rocks, samples from the field are needed in the form of solid rock or coring rock. Sometimes there are rocks with a thin layer, causing the coring to crack or break, causing difficulty in sample preparation. One method that arises for the above problem is the Block Punch Index (BPI) test. The Block Punch Index (BPI) test is useful for testing in the field because the tool is easy to carry and the level of accuracy is better than the Point Load Index (PLI) test. The BPI test and the PLI test are both index tests, the difference is that the PLI uses point loading and the BPI uses block-shaped loading. It can be used to determine rock strength values and even to analyze slope stability based on index values and rock strength. Researchers designed a BPI tool for research that is useful for obtaining a graph of the relationship between UCS and BPI. As a result of the research, the following conclusions were made. First, the design of the BPI tool is made based on several components, including an iron pipe with a thickness of 0.5 cm with a diameter of 6 cm and a height of 9 cm. Solid iron in the shape of the letter T with a block punch size of 18 mm. Solid iron with a diameter of 6 cm, a width of 20 mm for the sample break and a depth of 15 mm. Second, the thickness of the sample according to the tool is a sample with a thickness of 10 mm because there are more valid fractures than samples with a thickness of 7.5 mm and 12.5 mm. Third, from the graph of the relationship between BPI and UCS, to predict the value of UCS, you can use the formula $y = -0.5164x^2 + 4.7167x + 4,8406$

Keywords : Rock, BPI, Graphics, UCS, and Mechanical Properties

1 Pendahuluan

Batuan adalah campuran dari satu atau lebih mineral yang berbeda, tidak mempunyai komposisi yang tetap. Tetapi batuan tidak sama dengan tanah. Tanah dikenal sebagai material yang mobile, rapuh dan letaknya dekat dengan permukaan bumi. Istilah batuan hanya untuk formasi yang keras dan padat dari kulit bumi yang merupakan suatu bahan yang keras dan koheren atau yang telah terkonsolidasi dan tidak dapat digali dengan cara biasa seperti menggunakan cangkul dan belincong.

Dunia pertambangan sangat berhubungan dengan batuan karena bahan galian sebagian besar menempel ataupun berada di dalam batuan itu sendiri. Oleh karena itu diperlukan suatu cara dan teknik bagaimana memisahkan bahan galian tersebut dari batuan-batuan yang tidak ekonomis.

Karena batuan memiliki sifat-sifat yang berbeda pada tiap jenisnya, maka dalam hal ini dibutuhkan ilmu mekanika batuan. Dimana fungsi daripada mekanika

batuan tersebut adalah mempelajari bagaimana sifat, cara dan teknik agar proses kegiatan penambangan tidak terganggu.

Ada dua macam pengujian sifat batuan yaitu sifat fisik dan sifat mekanik. Sifat fisik batuan didapatkan dari pengujian non-destructive (tidak merusak) seperti bobot isi, berat jenis, porositas, absorpsi, dan void ratio yang di lakukan di laboratorium. Sedangkan sifat mekanik didapatkan dari pengujian yang dilakukan di laboratorium seperti kuat tekan uniaxial, triaxial, kuat geser, dan kuat tarik. Ada juga uji in-situ untuk menentukan sifat mekanik batuan yang lebih menguntungkan dibandingkan dengan uji laboratorium karena menyangkut volume batuan yang besar sehingga hasilnya lebih representative dan lebih menggambarkan keadaan massa batuan yang sebenarnya.

Salah satu pengujian sifat mekanik batuan adalah uji kuat tekan uniaxial (Uniaxial Compressive Strength). UCS adalah salah satu parameter mekanika batuan yang paling penting dan paling banyak digunakan dalam

rekayasa batuan. Kriteria uji sampel UCS yaitu memiliki diameter 54,7 mm dengan panjang sampel masing-masing dengan rasio 1 : 2.5 dan jika kondisi batuan tipis atau banyak terdapat retakan maka rasio yang digunakan adalah 1:2.

Untuk menguji batuan diperlukan sampel dari lapangan berupa batuan utuh atau batuan hasil coring. Terkadang terdapat batuan yang lapisannya tipis sehingga menyebabkan hasil coring ada yang retak atau pecah sehingga menyebabkan kita kesulitan dalam preparasi sampel.

Pengujian sampel batuan menggunakan uji UCS juga memerlukan biaya yang mahal dan memakan waktu yang sangat lama. Karena standar tersebut sulit didapat, maka banyak dilakukan penelitian untuk mencari alternatif untuk memprediksi nilai UCS batuan.^[1]

Salah satu metode yang muncul untuk masalah di atas adalah uji Block Punch Index (BPI). Uji BPI merupakan salah satu alternatif uji indeks yang relatif baru untuk memperkirakan nilai kuat tekan lapisan batuan. Uji ini sangat berguna apabila batuan memiliki bidang perlapisan yang tipis sehingga sulit untuk mendapatkan contoh yang memenuhi syarat untuk uji UCS.^[2]

Pengujian Block Punch Index (BPI) berguna untuk pengujian di lapangan karena alatnya mudah untuk dibawa dan tingkat akurasinya yang lebih baik daripada uji Point Load Index (PLI). Uji BPI dan uji PLI sama-sama merupakan uji indeks, perbedaannya pada PLI menggunakan pembebanan titik dan BPI menggunakan pembebanan berbentuk blok. Kegunaannya bisa untuk menentukan nilai kekuatan batuan bahkan bisa untuk menganalisa kestabilan lereng berdasarkan nilai indeks dan kekuatan batuan.

BPI adalah uji indeks dan bukan untuk mengukur kuat geser batuan karena kemungkinan dipengaruhi oleh tegangan bending. Selain itu dia juga berpendapat bahwa uji BPI ekuivalen dengan uji indeks lainnya untuk menduga UCS.^[3]

Oleh karena itu penulis tertarik untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang “Hasil Uji Block Punch Index (BPI) Untuk Memprediksi Nilai Uniaxial Compressive Strength (UCS) Pada Campuran Semen dan Pasir”.

Dalam penelitian ini akan membahas beberapa aspek masalah antara Bagaimana bentuk desain yang tepat untuk alat uji kuat tekan BPI, Berapakah ketebalan sampel yang sesuai untuk pengujian BPI berdasarkan data ketebalan 7,5 mm, 10 mm, dan 12,5 mm, Bagaimana bentuk persamaan dari hubungan UCS dengan BPI. Dengan melakukan penelitian di aspek tersebut maka bisa didapatkan beberapa tujuan.

2 Kajian Teori

2.1 Definisi Batuan

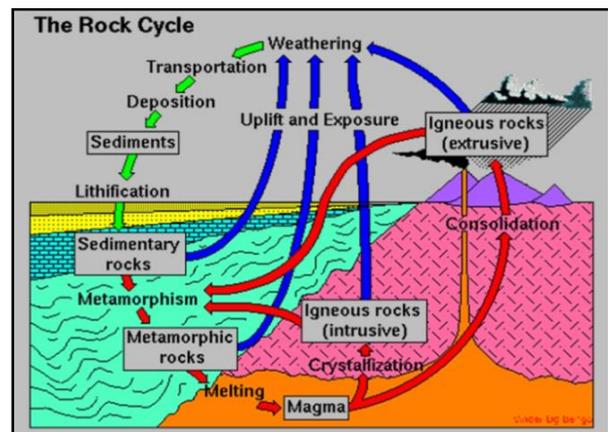
Secara umum definisi Batuan adalah campuran dari satu atau lebih mineral yang berbeda, tidak mempunyai susunan kimia tetap. Tetapi batuan tidak sama dengan

tanah. Tanah dikenal dengan material yang mobile, rapuh dan letaknya dekat dengan permukaan bumi.^[4,5]

Menurut para ahli geoteknik, Istilah batuan hanya untuk formasi yang keras dan padat dari kulit bumi yang merupakan suatu bahan yang keras dan koheren atau yang lebih terkonsolidasi dan tidak dapat digali dengan cara biasa, misalnya dengan cangkuk dan belincong.^[6]

2.2 Klasifikasi Batuan

Siklus pembentukan batuan dimulai dari magma yang keluar dari dalam bumi kemudian membeku dan terbentuk batuan beku. Setelah batuan beku terpapar dipermukaan atau dekat permukaan, maka akan terjadi proses pelapukan dan hasilnya yang berupa material lapuk akan ter-transformasi dan terendapkan atau mengalami sedimentasi sehingga hasil akhirnya disebut sedimen (Gambar 1.).^[2]



Gambar 1. Siklus Pembentukan Batuan.

Jika material sedimen tersebut mengalami konsolidasi dan tegangan, maka material tersebut akan menjadi batuan sedimen. Dalam fungsi waktu dan jika batuan sedimen mengalami pembebanan dan temperatur di dalam bumi maka batuan tersebut akan mengalami metamorfose sehingga membentuk batuan metamorf. Secara singkat dapat dikatakan bahwa batuan beku atau batu sedimen atau batu metamorf yang mengalami pelapukan dapat menjadi batuan sedimen baru. Demikian juga halnya dengan terbentuknya batu metamorf baru, bahwa apakah batuan beku atau batuan sedimen atau batu metamorf jika mengalami metamorfose akan dapat menjadi batuan metamorf baru.

2.3 Penentuan Sifat Mekanik Batuan di Laboratorium

2.3.1 Uji Kuat Tekan Uniaksial (UCS)

Untuk menghitung nilai kuat tekan uniaksial (UCS) batuan, dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.^[2]

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Keterangan:

- σ_c = kuat tekan uniaksial (MPa)
- P = beban maksimum contoh pecah (N)
- A = luas permukaan sampel batuan (mm²)

Contoh yang memiliki (L/D) > 2,5 akan mempunyai nilai UCS lebih kecil dan lebih cepat mengalami keruntuhan. Contoh yang memiliki (L/D) < 2 akan mempunyai nilai UCS lebih besar dan lebih kuat. Untuk kondisi contoh dengan (L/D) = 1, kondisi tegangan akan saling bertemu sehingga akan memperbesar nilai kuat tekan.

2.3.2 Block Punch Index (BPI)

Uji block punch merupakan salah satu alternatif uji indeks yang relatif baru untuk memperkirakan nilai kuat tekan dari batuan. Uji ini sangat berguna apabila batuan memiliki bidang perlapisan yang tipis sehingga sulit untuk mendapatkan contoh yang memenuhi syarat untuk uji UCS.

Perhitungan BPI berdasarkan spesifikasi alat yang terdapat di Laboratorium Geomekanika dan Peralatan Tambang ITB adalah dengan membagi beban maksimum (F) terhadap luas contoh batuan yang bergeser (A) yang dinyatakan dalam persamaan [2]

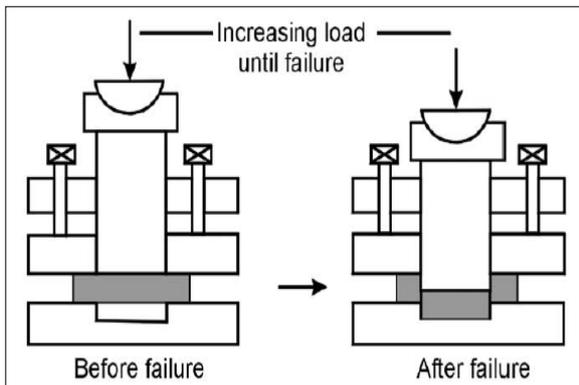
$$BPI = \frac{F}{4t \left[r^2 - \left(\frac{K}{2} \right)^2 \right]^{0.5}} \quad (2)$$

Keterangan:

- BPI = block punch index (MPa)
- F = beban runtuh (N)
- A = luas bagian runtuh (mm²)
- r = jari-jari contoh (mm)
- K = lebar BPI
- t = tebal contoh (mm)

2.4 Rancangan Alat Block Punch Index (BPI)

Penngujian punch dikembangkan menjadi alat block punch index (BPI) di Belanda yang dilakukan oleh Taselaar (1982) yang mana alat ini digunakan untuk menentukan kuat geser batuan. Bentuk asli dari alat block punch index (BPI) (Gambar 2) pertama kali dikembangkan di Laboratorium Teknik Geologi di Universitas Teknologi Delft.[7]



Gambar 2. Alat Uji Block Punch Index (BPI) yang digunakan oleh Schrier

2.5 Prediksi Nilai UCS Menggunakan Nilai Block Punch Index (BPI)

D.A Mishra dan A. Basu telah melakukan pengujian terhadap 3 jenis batuan yang berbeda (yaitu granit, sekis dan batupasir) menggunakan alat uji BPI dan point load untuk memprediksi nilai UCS dan mereka merekomendasikan persamaan sebagai berikut:[8]

$$UCS = 4.93BPIc \quad (3)$$

Keterangan:

- UCS = nilai kuat tekan uniaksial (MPa)
- BPIc = nilai kuat tekan block punch yang dikoreksi (MPa)

Adapun hasil penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh peneliti lainnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rumus Empiris untuk Memprediksi UCS dari Nilai BPI

Referensi	Tipe Batuan	Persamaan dan Nilai R
Schrier (1988)	Breccia, calcarenite, calcilutite, dunite, gneiss, limestone, marble, mudstone and sandstone	UCS = 6.1 BPI - 3.3 R = 0.86
Utusay & Gogceoglu (1997)	23 tipe batuan yang terdiri atas batuan beku, batuan sedimen dan metamorf	UCS = 5.5 BPIs; R = 0.94 UCS = 5.29 BPIs ^{1.01} ; R = 0.91 UCS = 9.82e ^{-0.108BPIs} ; R = 0.83 UCS = 40.48 ln(BPIs) - 13.4; R=0.82
Gogceoglu & Aksoy (2000)	Marl, mudstone, sandstone, schist	UCS = 5.25 BPIc; R = 0.95
Sonmez & Tunusluoglu (2008)	Limestone, travertine, andesite, sanstone, marl and schist	UCS = 0.8 x 2.266 (m _i) ^{0.3824} x BPIc R ² = 0.86
Karakul dkk (2010)	Limestone, sandstone, mica schist, shale and travertine	BPIc ₉₀ = 1.47 ^{-0.00456α} BPIcα UCS ₉₀ = 5.1x1.47 ^{-0.00456α} BPIcα
D. A Mishra & A. Basu (2012)	Granite, schist and sandstone	UCS = 4.93 BPIc; R = 0.87 UCS = 14.63 Is(50); R = 0.88

Note: BPIc=BPIs=Corrected BPI; m_i= Hoek & Brown constant; α= angle between the core axis and foliations.[8]

3 Metode Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimen (percobaan). Penelitian eksperimental merupakan bentuk penelitian percobaan yang berusaha untuk mengisolasi dan melakukan kontrol setiap kondisi-kondisi yang relevan dengan situasi yang diteliti kemudian melakukan pengamatan terhadap efek atau pengaruh ketika kondisi-kondisi tersebut dimanipulasi. Dengan kata lain, perubahan atau manipulasi dilakukan terhadap variabel bebas dan pengaruhnya diamati pada variabel terikat.[9]

4 Pembahasan

4.1 Pembuat Alat dan Sampel

4.1.1. Rancangan Alat BPI

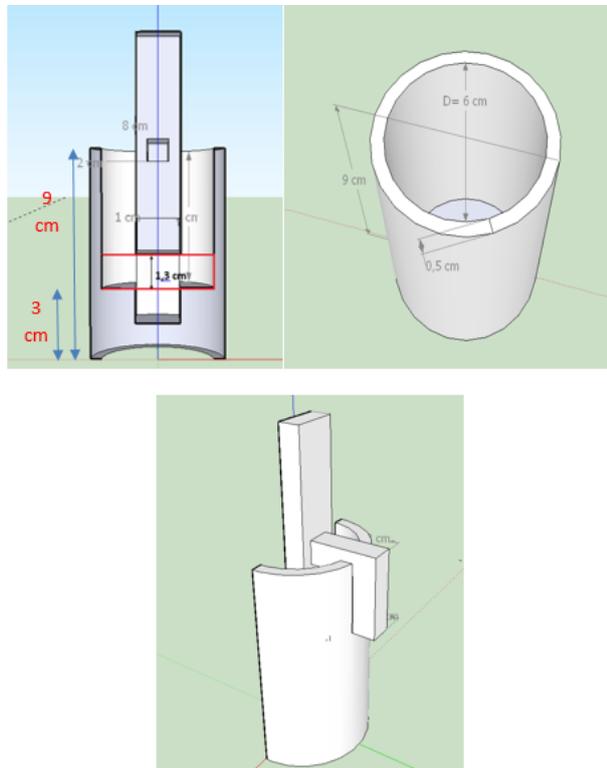
Rancangan alat BPI dibuat berdasarkan rancangan S. Sulukcu, 2001. Akan tetapi pada penelitian ini, alat BPI

dibuat tanpa menggunakan pompa hidrolik, dan hanya mengambil konsep dasar dari pembuatan alat sebelumnya.

Pada penelitian sebelumnya, S.Sulukcu, 2001 menggunakan sampel dengan ketebalan 10 mm. Hal ini yang menjadikan dasar dalam pembuatan rancangan alat BPI dalam menentukan ukuran pada alat yang akan dibuat. Dalam pengerjaannya tentu membutuhkan alat dan bahan serta cara pembuatannya.

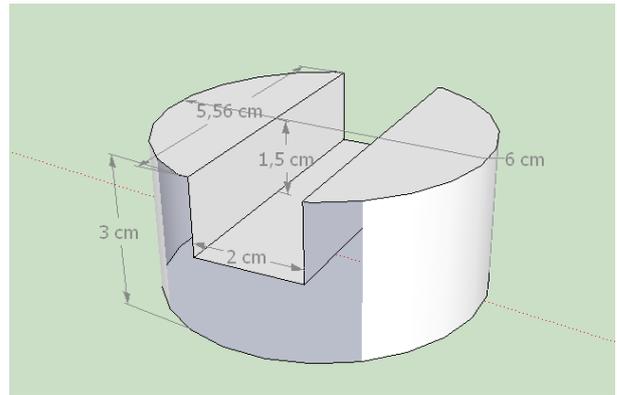
Komponen dan bahan yang digunakan dalam pembuatan alat block punch index (BPI) adalah sebagai berikut :

- 1) Pipa besi dengan tebal 0,5 cm. Pipa besi yang digunakan berguna untuk mengunci block punch agar kedudukannya tidak bergeser. Ukuran diameter dalamnya disesuaikan dengan ukuran coring rata-rata 5,4 cm, maka dari itu dibuat menggunakan pipa besi ukuran diameter 6 cm untuk memberikan rongga pada saat meletakkan sampel. Tinggi pipa besi dibuat 9 cm menyesuaikan dengan tinggi sampel dan alat penekan yang akan dibuat. Dapat dilihat pada Gambar 3.



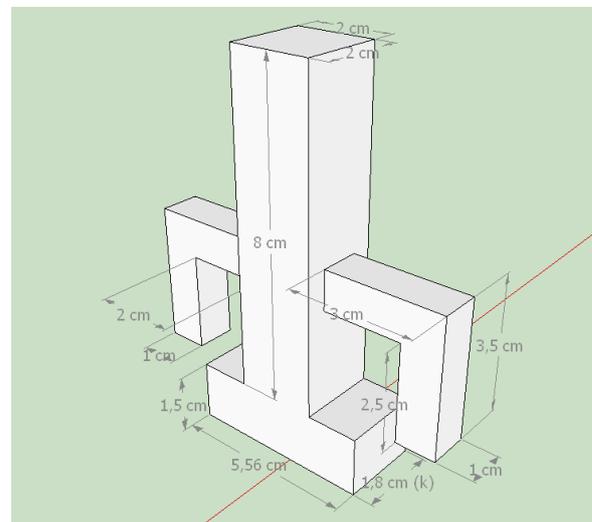
Gambar 3. Pipa Besi dan Ukuran

- 2) Besi padat dengan ukuran diameter 6 cm dan lubang landasan tempat patahan sampel yang berukuran 2 cm berdasarkan nilai k yang disesuaikan dengan rumus BPI. Karena ketebalan sampel hanya 1 cm, kedalaman lubang patahan dibuat sedalam 1,5 cm untuk memberikan space pada sampel yang patah. Dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Landasan Tempat Patahan Sampel

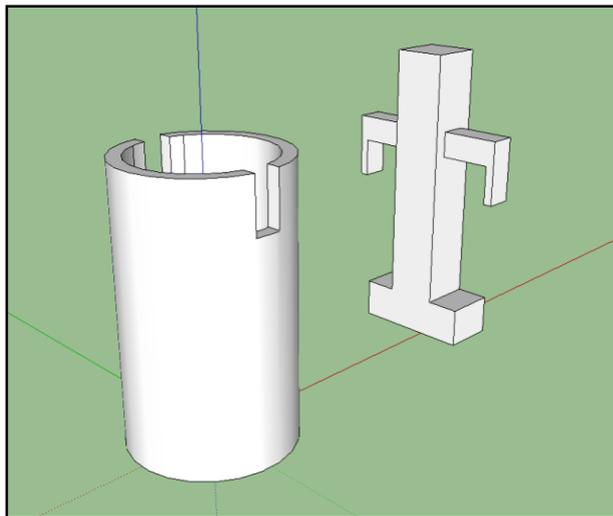
- 3) Besi padat berbentuk kotak yang dibentuk menyerupai huruf T sebagai block punch yang berguna untuk menekan sampel dengan lebar 18mm menyesuaikan dengan rumus BPI yaitu nilai k. Besi pada bagian samping berguna untuk mengunci block punch agar posisinya pas tertekan dengan lubang landasan tempat patahan sampel yang berukuran 20 mm serta tidak bergeser pada posisi lubang landasan bagian bawah. Dapat dilihat pada Gambar 5.



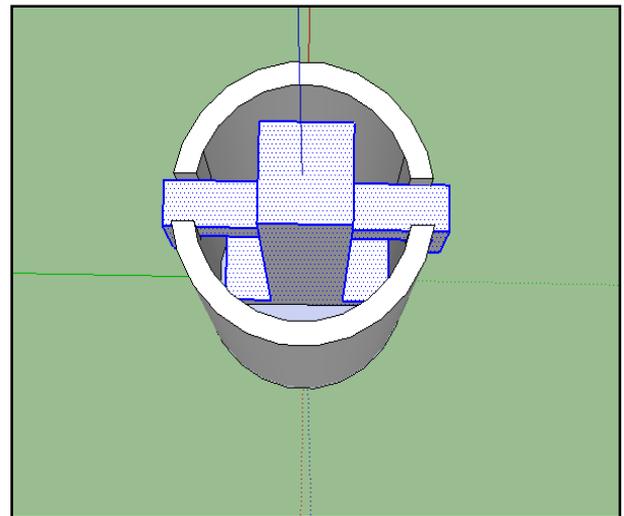
Gambar 5. Block Punch Berbentuk Huruf T

Besi padat ini digunakan sebagai penekan karena mampu menahan tegangan hingga 240 Mpa.^[10] Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa block punch ini dapat digunakan pada batuan dengan kekuatan dibawah 240MPa.

Setelah komponen dan bahan yang diperlukan untuk pembuatan alat block punch index (BPI) telah disiapkan. Maka proses selanjutnya yaitu merangkai komponen tersebut hingga menjadi alat BPI. Alat ini didesain tidak menggunakan pompa hidrolik dan hanya menggunakan alat hidrolik yang ada pada alat UCS karena adanya keterbatasan dalam pembuatannya. Design alat block punch index (BPI) dapat dilihat pada Gambar 6.

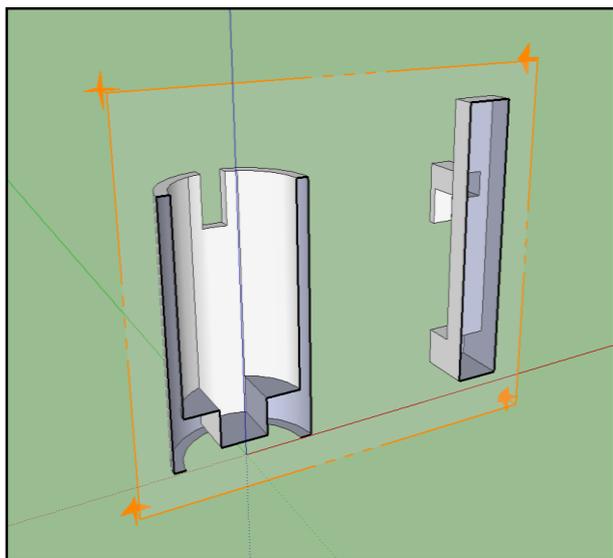


(a) Tampak Samping

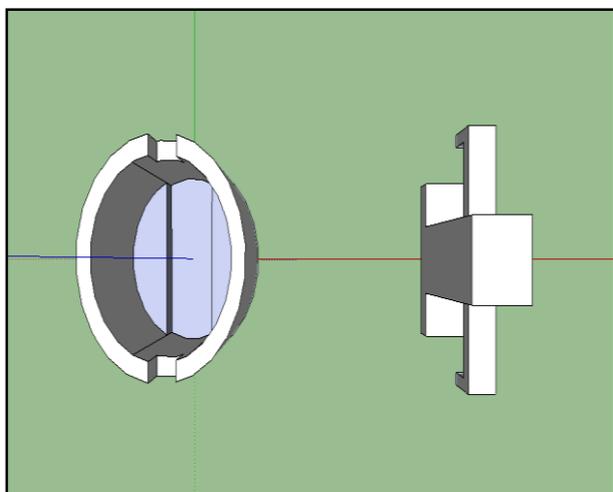


(d) Disatukan

Gambar 6. Bentuk Desain Alat Block Punch Index (BPI)



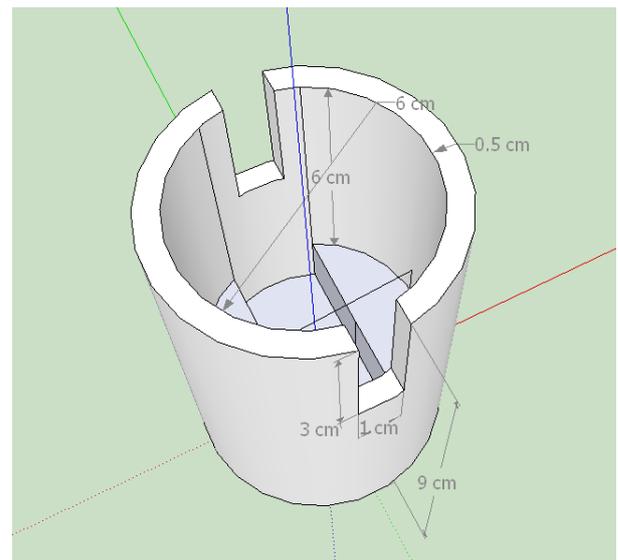
(b) Potongan



(c) Tampak Atas

4.1.2. Pembuatan Alat Block Punch Index (BPI)

Adapun langkah pembuatan alat BPI, yaitu pipa besi yang telah dibuat berdasarkan desain dipotong berbentuk persegi pada bagian samping atas sedalam 3 cm untuk pengunci block punch agar tidak bergeser kedudukannya saat ditekan. Ukurannya disesuaikan dengan block penekan. Lalu pipa besi ini di satukan dengan besi tempat landasan patahan sampel dengan cara di las. Dapat dilihat pada Gambar 7. Tampilan alat BPI hasil rancangan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7. Tempat Sampel



(a) Tampak Atas



(d) Digabungkan

Gambar 8. Alat BPI Hasil Rancangan

(b) Tampak Samping



(c) Block Punch Penekan

4.2 Pembuatan Sampel

Setelah alat dibuat, proses selanjutnya yaitu pembuatan sampel dari campuran semen dan pasir dengan perbandingan 1:1. Hal ini dilakukan karena untuk memvalidasi alat dibutuhkan sampel yang homogen. Sampel yang akan dibuat yaitu sebanyak 35 buah sampel. Ukuran sampel yang akan dibuat yaitu 17 cm dengan rincian dalam satu sampel bisa dipakai untuk satu UCS dan dua BPI. Sampel ini akan dilakukan preparasi pada bagian ujung-ujung sampel hasil cetakan.

4.2.1. Sampel untuk Pengujian Data Ketebalan

Pengujian untuk mendapatkan ketebalan sampel dibutuhkan minimal masing-masing ukuran yang akan di uji sebanyak 5 buah sampel, yaitu dengan ketebalan 7,5mm, 10 mm, dan 12,5 mm. Jadi, total sampel yang dibutuhkan sebanyak 15 buah. Ukuran ini dipakai berdasarkan tinggi sampel yang bisa digunakan pada alat yaitu 13 mm. Karena sampel yang dibuat juga akan digunakan untuk pengujian BPI dan UCS, maka 5 buah sampel utuh ukuran 17 cm digunakan untuk pengujian data ketebalan karena sudah mencukupi untuk membuat perbandingan antara data yang valid dan yang tidak valid

4.2.2. Sampel untuk Pengujian BPI dan UCS

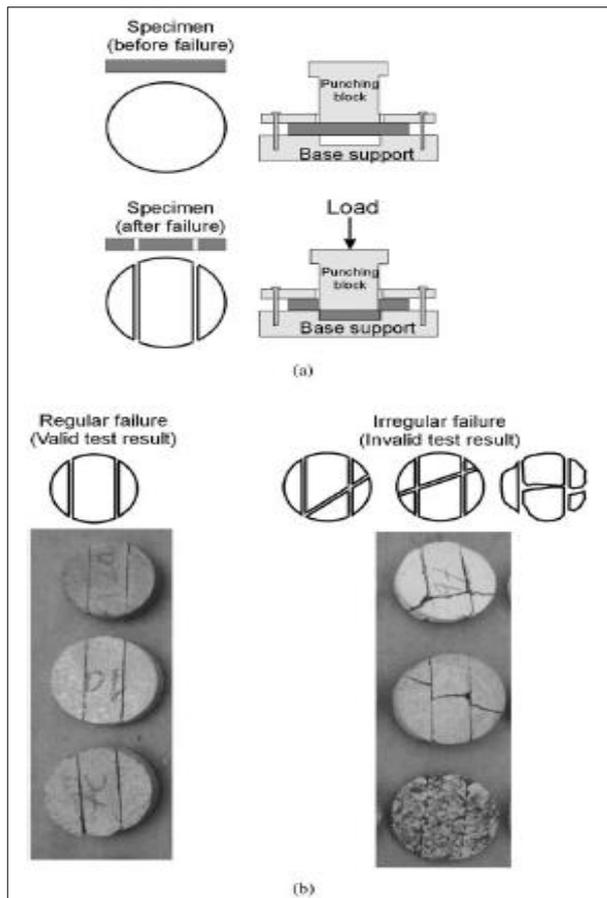
Sampel yang digunakan untuk pengujian UCS memiliki ukuran tinggi 11,2 cm dan lebar 5,6 cm. Sedangkan untuk ketebalan sampel BPI menyesuaikan dengan hasil yang didapatkan dari pengujian untuk mendapatkan ketebalan yang cocok dengan alat BPI yang sudah dirancang. Karena 5 buah sampel sudah digunakan untuk pengujian menentukan ketebalan, maka 30 sampel akan diujikan pada pengujian BPI dan UCS

4.3 Hasil Pengujian untuk Mendapatkan Ketebalan Sampel BPI

4.3.1. Preparasi Sampel

Setelah sampel selesai dikeringkan, langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah mempersiapkan sampel. Alat yang digunakan adalah mesin pemotong batuan. Hal yang pertama kali dilakukan adalah memotong ujung-ujung sampel untuk mendapatkan permukaan yang datar. Kemudian potong sampel untuk pengujian BPI dan UCS dengan ketebalan yang telah ditentukan.

4.3.2. Pengujian Sampel untuk Mendapatkan Ketebalan Sampel



Gambar 9. Bentuk Pengujian Block Punch yang Valid dan Invalid berdasarkan Test

Penulis melakukan pengujian dengan ketebalan yang bervariasi yaitu ketebalan 7,5 mm, 10 mm, dan 12,5 mm masing-masing sebanyak 5 buah sampel. Variasi ketebalan ini berdasarkan dengan kapasitas alat yang dibuat. Pada pengujian ini tidak dilakukan pengambilan nilai gaya yang diberikan, karena untuk pengujian data ketebalan hanya dilihat pada bentuk failure yang dihasilkan.



Gambar 10. Ketebalan Sampel 7,5 mm



Gambar 11. Ketebalan Sampel 10 mm



Gambar 12. Ketebalan Sampel 12,5 mm



Gambar 13. Diameter Sampel

4.3.3. Hasil Pengujian untuk Mendapatkan Ketebalan Sampel

Berdasarkan pengujian menentukan ketebalan sampel, didapatkan hasil seperti Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian untuk Mendapatkan Ketebalan Sampel

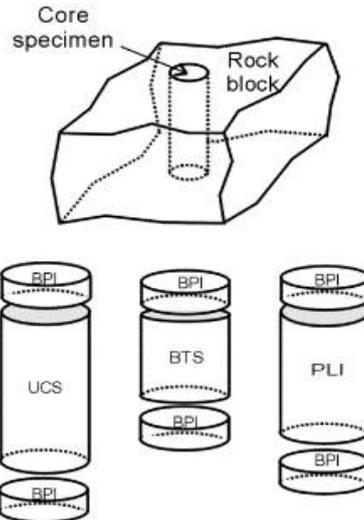
No	Ketebalan	Valid	Invalid	Kesimpulan
1	7,5 mm	1	4	Invalid
2	10 mm	4	1	Valid
3	12,5 mm	1	4	Invalid

4.3.4. Analisis Data Ketebalan Sampel

Hasil pengujian menentukan ketebalan sampel berdasarkan failurenya, sampel dengan ketebalan 7,5mm dan 12,5 mm mendapatkan hasil invalid lebih banyak yaitu masing-masing 4 buah invalid. Sedangkan sampel dengan ketebalan 10 mm mendapatkan hasil valid yang lebih banyak yaitu 4 buah valid. Maka untuk pengujian BPI selanjutnya penulis menggunakan sampel dengan ketebalan 10 mm karena sampel ini yang lebih cocok digunakan pada alat BPI yang dibuat.

4.4 Pengujian BPI dan UCS

4.4.1 Preparasi Sampel



- UCS : Uniaxial compressive strength test specimen
- BTS : Brazilian tensile strength test specimen
- BPI : Block punch index test disc specimen
- PLI : Point load index test specimen

Gambar 14. Ilustrasi Preparasi Sampel

Preparasi sampel juga dipengaruhi oleh ketebalan mata gerinda pemotong sampel yang ukurannya cukup besar, akibatnya sampel yang dapat diambil untuk BPI hanya 1 buah dan UCS 1 buah dari sampel ukuran 17 cm.

4.4.2 Pengujian BPI dan UCS

Pengujian BPI dilakukan dengan ketebalan 10 mm dengan menggunakan sampel sebanyak 30 buah dengan diameter dan tebal serta nilai load cell. Pengujian UCS dilakukan dengan menggunakan alat UCS sebanyak 30 sampel dengan tinggi sampel 2 kali diameternya. Sampel yang digunakan adalah sampel yang satu bagian dengan BPI.

4.4.3 Analisis Nilai BPI dan UCS

Setelah didapatkan nilai gaya maka dilanjutkan dengan mencari nilai BPI dengan menggunakan persamaan (2). Untuk hasil nilai BPI terdapat Tabel 3. Berikut

Tabel 3. Hasil Analisis Pengujian BPI

No	Diameter (Cm)	Tebal (Cm)	Load Cell	F (kN)	BPI (MPa)
1	5,6	1,08	88	2,6	2,270
2	5,6	1,08	85	2,6	2,270
3	5,6	1,18	73	2,03	1,622
4	5,6	1,18	142	4,04	3,228
5	5,6	1,1	85	2,6	2,228
6	5,6	1,04	80	2,31	2,094
7	5,6	1,08	74	2,03	1,772
8	5,6	1	40	1,06	0,999
9	5,6	1,08	66	2,03	1,772
10	5,6	1,16	90	2,6	2,113

No	Diameter (Cm)	Tebal (Cm)	Load Cell	F (kN)	BPI (MPa)
11	5,6	1,06	42	1,06	0,943
12	5,6	1,118	38	1,06	0,894
13	5,6	1,16	62	1,64	1,333
14	5,6	1	120	3,47	3,272
15	5,6	1	55	1,64	1,546
16	5,6	1	120	3,47	3,272
17	5,6	1	42	1,06	0,999
18	5,6	1,07	39	1,06	0,934
19	5,6	1	64	1,64	1,546
20	5,6	0,9	46	1,35	1,414
21	5,6	1,02	80	2,31	2,135
22	5,6	1,12	68	2,03	1,709
23	5,6	0,95	35	1,06	1,052
24	5,6	0,98	62	1,64	1,578
25	5,6	1,1	104	2,89	2,477
26	5,6	1,08	67	2,03	1,772
27	5,6	1,08	66	2,03	1,772
28	5,6	1,08	150	4,33	3,780
29	5,6	0,962	142	4,04	3,960
30	5,6	1,1	75	2,31	1,980

Untuk mendapatkan nilai σ_c yaitu tekanan dibagi luas permukaan dengan menggunakan persamaan (1). Untuk hasil nilai UCS terdapat Tabel 4. Berikut

Tabel 4. Hasil Analisis Pengujian UCS

No	Diameter (Cm)	Tebal (Cm)	Load Cell	F (kN)	BPI(MPa)
1	5,6	1,08	88	2,6	2,270
2	5,6	1,08	85	2,6	2,270
3	5,6	1,18	73	2,03	1,622
4	5,6	1,18	142	4,04	3,228
5	5,6	1,1	85	2,6	2,228
6	5,6	1,04	80	2,31	2,094
7	5,6	1,08	74	2,03	1,772
8	5,6	1	40	1,06	0,999
9	5,6	1,08	66	2,03	1,772
10	5,6	1,16	90	2,6	2,113
11	5,6	1,06	42	1,06	0,943
12	5,6	1,118	38	1,06	0,894
13	5,6	1,16	62	1,64	1,333
14	5,6	1	120	3,47	3,272
15	5,6	1	55	1,64	1,546
16	5,6	1	120	3,47	3,272
17	5,6	1	42	1,06	0,999
18	5,6	1,07	39	1,06	0,934
19	5,6	1	64	1,64	1,546

No	Diameter (Cm)	Tebal (Cm)	Load Cell	F (kN)	BPI(MPa)
20	5,6	0,9	46	1,35	1,414
21	5,6	1,02	80	2,31	2,135
22	5,6	1,12	68	2,03	1,709
23	5,6	0,95	35	1,06	1,052
24	5,6	0,98	62	1,64	1,578
25	5,6	1,1	104	2,89	2,477
26	5,6	1,08	67	2,03	1,772
27	5,6	1,08	66	2,03	1,772
28	5,6	1,08	150	4,33	3,780
29	5,6	0,962	142	4,04	3,960
30	5,6	1,1	75	2,31	1,980

4.5 Grafik Hubungan Nilai BPI dan UCS

Tabel 5. Grafik Hubungan Nilai BPI dan UCS

No.	Persamaan	Rumus	R ²
1.	<i>Exponential</i>	$y = 7,5713e^{0,2118x}$	R ² = 0,8387
2.	<i>Linear</i>	$y = 2,4322x + 6,9291$	R ² = 0,8726
3.	<i>Logarithmic</i>	$y = 4,2566\ln(x) + 9,2978$	R ² = 0,8726
4.	<i>Polynomial</i>	$y = -0,5164x^2 + 4,7167x + 4,8406$	R ² = 0,9156
5.	<i>Power</i>	$y = 9,2421x^{0,3836}$	R ² = 0,8981

Berdasarkan hasil grafik hubungan BPI dan UCS, nilai regresi yang mendekati 1 adalah persamaan polynomial. Maka persamaan hubungan antara BPI dan UCS dapat menggunakan rumus:

$$y = -0,5164x^2 + 4,7167x + 4,8406$$

$$R^2 = 0,9156$$

dimana,
y = UCS
x = BPI

Persamaan ini dapat digunakan untuk mengetahui nilai UCS menggunakan nilai BPI pada campuran semen dan pasir.

5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Desain alat BPI dibuat berdasarkan beberapa komponen, diantaranya pipa besi ketebalan 0,5 cm dengan diameter 6 cm dan tinggi 9 cm. Besi padat berbentuk huruf T dengan ukuran block punch 18 mm. Besi padat dengan diameter 6 cm, lebar tempat patahan sampel 20 mm serta kedalaman 15 mm.
2. Ketebalan sampel yang sesuai dengan alat yaitu sampel dengan ketebalan 10 mm karena

mendapatkan hasil patahan yang valid lebih banyak daripada sampel dengan ketebalan 7,5 mm dan 12,5 mm.

3. Dari grafik hubungan BPI dan UCS, untuk memprediksi nilai UCS dapat menggunakan rumus $y = -0,5164x^2 + 4,7167x + 4,8406$

5.2 Saran

1. Penulis menyarankan agar desain alat disesuaikan untuk beberapa ukuran sampel, dan adanya rongga pada saat memasukkan sampel bisa diatasi menggunakan karet sil agar sampel yang masuk tepat di posisi tengah.
2. Penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya jumlah sampel pengujiannya ditambah lagi untuk melihat hasil patahan yang valid dan invalid saat melakukan pengujian dan menggunakan ukuran sampel yang berbeda agar dapat diketahui pengaruh ukuran dan diameter sampel pada saat pengujian.
3. Penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya tidak hanya dilakukan perbandingan dengan BPI saja, akan tetapi juga dibandingkan dengan pengujian yang lainnya agar hasil yang didapatkan lebih akurat dan untuk mengetahui berapa tingkat error pada pengujian yang lain tersebut..

Daftar Pustaka

- [1] Aksoy, C. O., Ozacar, V., Demirel, N. U. R. A. Y., Ozer, S. C., & Safak, S. (2011). Determination of instantaneous breaking rate by geological strength index, block punch index and power of impact hammer for various rock mass conditions. *Tunnelling and underground space technology*, 26(4), 534-540.
- [2] Rai, M. A., Kramadibrata, S., & Wattimena, R. K. (2014). *Mekanika batuan*. Bandung: Penerbit ITB, 19-20.
- [3] Van der Schrier, J. S. (1988). The block punch index test. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology-Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur*, 38(1), 121-126.
- [4] Samarinda, S. M. A. D., & Province, E. K. (2016). ANALISIS KEMAMPUGARUAN MASSA BATUAN BERDASARKAN METODE GRADING PADA TAMBANG BATUPASIR KECAMATAN SAMARINDA SEBERANG SAMARINDA KALIMANTAN TIMUR. *Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL*, 4(1), 15-22.
- [5] Province, E. K. (2016). ANALISIS KEMAMPUGARUAN MASSA BATUAN BERDASARKAN METODE ROCK MASS RATING PIT S22GSB1 PT KITADIN EMBALUT SITE TENGGARONG SEBERANG KUTAI KARTANEGARA KALIMANTAN TIMUR. *Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL*, 4(1), 31-38.
- [6] Province, E. K. (2016). ANALISIS KEMAMPUGARUAN MASSA BATUAN BERDASARKAN METODE ROCK MASS RATING PIT S22GSB1 PT KITADIN EMBALUT SITE TENGGARONG SEBERANG KUTAI KARTANEGARA KALIMANTAN TIMUR. *Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL*, 4(1), 31-38.
- [7] Sulukcu, S., & Ulusay, R. (2001). Evaluation of the block punch index test with particular reference to the size effect, failure mechanism and its effectiveness in predicting rock strength. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 38(8), 1091-1111.
- [8] Mishra, D. A., & Basu, A. (2012). Use of the block punch test to predict the compressive and tensile strengths of rocks. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 51, 119-127.
- [9] Payadnya, I. P. A. A., & Jayantika, I. G. A. N. T. (2018). *Panduan Penelitian Eksperimen Beserta Analisis Statistik Dengan SPSS*. Deepublish.
- [10] Chandra, J., & Budiman, W. A. (2007). *Kinerja bangunan tahan gempa yang didesain menurut SNI 03-2847-1992 dan SNI 03-2847-2002 di wilayah 6 peta gempa Indonesia* (Doctoral dissertation, Petra Christian University).