

## Analisa Kuat Tekan Bio Batu Bata Tanpa Bakar Dengan Memanfaatkan Lumpur Limbah IPA Km. 8 Kota Balikpapan

Yuninda Az'Zahrah<sup>1\*</sup>, Andi Marini Indriani<sup>2</sup>, Gunaedy Utomo<sup>3</sup>

<sup>1\*,2,3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Balikpapan

\*Email: 207011568@uniba-bpn.ac.id

### Abstract

*IPA waste sludge contains pollutants that can damage rivers. To reduce this, this research focuses on using mud to make bricks. This research also aims to make bricks without burning to minimize air pollution. Generally, bricks made without burning use cement to strengthen their strength. However, this research explores using biocemented *Bacillus huizhouensis* bacteria as a substitute for cement to strengthen bricks without burning. By adding a bacterial solution to the brick mixture, research found an increase in compressive strength of 59.78%, which was 1.47 MPa compared to normal bricks without bacterial reinforcement of 0.92 MPa. This study shows the potential for using the bacteria *Bacillus huizhouensis* to increase the strength of bricks while reducing pollution.*

*Keywords: Bricks; IPA Waste Sludge; Bacillus huizhouensis; Compressive Strength*

### Abstrak

Lumpur limbah IPA mengandung polutan yang dapat merusak sungai. Untuk mengurangi hal tersebut, penelitian ini berfokus pada pemanfaatan lumpur dalam pembuatan batu bata. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk membuat batu bata tanpa bakar untuk meminimalisir polusi udara. Pada umumnya batu bata yang dibuat tanpa bakar menggunakan campuran semen untuk memperkuat kekuatannya. Namun pada penelitian ini mengeksplorasi penggunaan bakteri *Bacillus huizhouensis* yang dibiosementasi sebagai media pengganti semen untuk memperkuat batu bata tanpa bakar. Dengan menambahkan larutan bakteri ke dalam campuran batu bata, penelitian menemukan adanya peningkatan kuat tekan sebesar 59,78% dimana sebesar 1,47 Mpa dibandingkan batu bata normal tanpa perkuatan bakteri sebesar 0,92 MPa. Studi ini menunjukkan potensi penggunaan bakteri *Bacillus huizhouensis* untuk meningkatkan kekuatan batu bata sekaligus mengurangi polusi.

*Kata kunci: Batu bata; Lumpur limbah IPA; Bacillus huizhouensis; Kuat tekan*

## 1. Pendahuluan

Industri konstruksi di Indonesia sangat mengandalkan batu bata karena ketahanannya dan kemampuannya menghadapi berbagai kondisi cuaca [1]. Batu bata, yang umumnya terbuat dari tanah lempung yang dibakar, dibentuk menjadi balok-balok kecil dan dikeraskan pada suhu tinggi. Proses pembuatan ini melibatkan pencampuran tanah lempung dengan air hingga membentuk adonan, kemudian dicetak dengan cetakan kayu atau pelat. Batu bata ini biasanya dibuat dari tanah lempung campuran atau tanpa campuran (murni), dan sering digunakan dalam pembangunan dinding, pondasi, dan berbagai struktur lainnya [2]. Dan saat ini, salah satu bahan campuran pada batu bata yang sudah ada dan mudah didapat adalah berasal dari sampah atau limbah industri [3].

Instalasi Pengolahan Air (IPA) dirancang untuk menghilangkan kontaminan biologis dan kimia dari air sehingga menjadikannya aman digunakan oleh manusia [4]. Begitu pula dengan produk sampingan berupa lumpur limbah yang dihasilkan dari proses tersebut dan dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Limbah organik seperti lumpur limbah dapat menimbulkan efek buruk bagi perairan dan Kesehatan manusia [5]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa batu bata dapat dibuat tanpa melalui proses pembakaran tradisional dengan memanfaatkan lumpur limbah IPA yang dibiosementasi [6] namun terdapat keterbatasan dalam hasil kuat tekan batu bata tanpa bakar yang tidak memenuhi standar. Untuk itu, penelitian ini hadir dengan biosementasi yang melibatkan penggunaan mikroorganisme dengan bakteri dan variasi konsentrasi yang berbeda. Biosementasi melibatkan penggunaan bakteri untuk mengikat partikel tanah dan memperkuat struktur sementasi [7].

Dalam batu bata ringan, salah satu material yang paling krusial adalah semen sebagai bahan pengikat. Semen terbuat dari batu kapur dengan bahan utama kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Tetapi, produksi semen buatan masih menimbulkan masalah lingkungan. Belakangan

ini, presipitasi kalsium karbonat atau *Microbially Induced Calcite Precipitation* (MICP) yang diinduksi oleh mikroba untuk aplikasi batu bata telah menjadi sorotan yang menarik peneliti karena kalsium karbonat dapat dihasilkan melalui proses alami. Dimana urease yang bersifat biokatalisator, memiliki peran penting dalam proses ini dengan menghidrolisis urea dan menghasilkan ion karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) serta amonia ( $\text{NH}_3$ ). Proses biologis ini meningkatkan pH dan konsentrasi  $\text{CO}_3^{2-}$ , yang memungkinkan pengikatan  $\text{Ca}^{2+}$  dan pembentukan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) [8].

Bakteri *Bacillus huizhouensis* telah terbukti mampu mengendapkan kalsit melalui proses biosementasi kalsium karbonat, yang efektif dalam menyumbat pori-pori dan memperkuat struktur tanah [8][9]. Dalam proses tersebut, bakteri sebagai fasilitator pembentukan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang dapat mengendap sebagai kalsit berbentuk kristalin. Penelitian sebelumnya dengan menggunakan bakteri *Bacillus subtilis* sebagai penghasil kalsit menyatakan bahwa penambahan limbah lumpur IPA sebesar 15%, 20%, dan 25% dengan larutan bakteri sebesar 6% dari berat tanah kering pada masa peram 14 hari dapat meningkatkan nilai kuat tekan batu bata menjadi 2,55 Mpa dibandingkan dengan batu bata normal sebesar 1,84 Mpa [10]. Amanda Syasya (2023) dengan penambahan bakteri *Bacillus subtilis* menyatakan bahwa penambahan limbah lumpur IPA sebesar 15% dengan larutan bakteri sebesar 2%, 4%, dan 6% dari berat tanah kering pada masa peram yang sama, dapat meningkatkan nilai kuat tekan berturut-turut menjadi 1,91 MPa, 2,10 MPa, dan 2,55 MPa [6].

Penggunaan bakteri penghasil kalsit sebagai katalis potensial dalam biosementasi tanah pertama kali disarankan oleh Whiffin (2004) dan Mitchell dan Santamarina (2005). Berdasarkan hal tersebut, peneliti tertarik mengambil inovasi baru dengan menggunakan bakteri *Bacillus huizhouensis* pada pembuatan batu bata tanpa bakar. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan pengujian terhadap pengaruh bakteri *Bacillus huizhouensis* pada

kekuatan batu bata dengan menggunakan lumpur limbah IPA Km. 8 Kota Balikpapan.

## 2. Metoda Penelitian

### 2.1. Bahan yang Digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini seperti tanah, lumpur limbah IPA Km. 8 Kota Balikpapan, bakteri *Bacillus huizhouensis*, larutan sementasi, dan air. Pada penelitian ini pun setiap bahan memiliki persentase komposisi masing – masing, diantaranya lumpur limbah IPA Km. 8 Kota Balikpapan yang memiliki variasi 15 %, 20 %, dan 25 %. Lalu pada bakteri *Bacillus huizhouensis* memiliki persentase sebanyak 6% dari berat tanah kering dengan umur kultur bakteri 8 jam. Hal ini dikarenakan pada fase tersebut bakteri pada fase pertumbuhan (eksponensial) dimana bakteri secara konstan bertumbuh [11]. Kemudian persentase larutan sementasi yaitu sebesar 1%. Dan pada air menyesuaikan pada kadar optimum yang didapat dengan pengurangan larutan sementasi serta bakteri *Bacillus huizhouensis*.

### 2.2. Produksi Sampel

Dalam penelitian ini terdapat satu pengujian yaitu kuat tekan, dimana menggunakan empat variasi benda uji yaitu batu bata normal, bio batu bata yang dibosementasikan bakteri dan lumpur limbah sebesar 15%, bio batu bata yang dibosementasikan bakteri dan lumpur limbah sebesar 20%, dan bio batu bata yang dibosementasikan bakteri dan lumpur limbah sebesar 25%. Setiap variasi masing – masing memiliki 3 benda uji, sehingga dalam penelitian ini memiliki jumlah 12 benda uji.

### 2.3. Pembuatan Larutan Bakteri *Bacillus huizhouensis*

Bakteri *Bacillus huizhouensis* dibudidayakan dalam media B4 yang merupakan media kultur yang sering digunakan dalam mikrobiologi untuk menumbuhkan bakteri yang memproduksi enzim. Larutan dibuat dengan konsentrasi 20 gram urea; 2,12 gram  $\text{NaHCO}_3$ ; 4,14 gram  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; dan 10

gram  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dan dilarutkan bersama larutan Natrium broth (NB) sebanyak 3 gram yang telah dipanaskan. Larutan dicampur dalam gelas beaker dengan air suling hingga mencapai volume 1000 ml. Lalu, larutan didiamkan dan disimpan di botol. Dan diberi 1 ose isolat bakteri *Bacillus huizhouensis* untuk dibudidaya sesuai umur kulturnya yaitu 8 jam.

### 2.4. Pembuatan Larutan Sementasi

Larutan sementasi ini digunakan untuk mengikat dan mengisi celah – celah atau rongga dalam struktur pada permukaan batu bata. Dengan komposisi 1 liter air; 0,25 mol urea; dan 0,25 mol kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ). Pembuatan larutan sementasi melibatkan pencampuran nutrisi dan mikroorganisme dalam media cair dengan komposisi kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ). Larutan ini berguna untuk menghasilkan kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ) dan kalsium karbonat dengan melibatkan *Microbially Induced Calcite Precipitation* (MICP).

### 2.5. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji batu bata menggunakan bahan seperti tanah lempung dan lumpur limbah IPA dikeringkan dan disaring dari kotoran seperti batu, akar, dan benda asing lainnya. Bahan yang telah disaring ditumbuk hingga mencapai tekstur yang halus. Lalu dicampurkan seluruh bahan untuk mencapai konsistensi yang diinginkan, kemudian campuran tersebut dicetak dengan cetakan pelat menjadi bentuk batu bata sesuai standar SNI 15 - 2094 – 2000. Batu bata yang telah dicetak dikeringkan di suhu ruangan atau udara terbuka hingga masa peramnya untuk mengurangi kadar air batu bata.

### 2.6. Pengujian Kuat Tekan

Menurut SNI 15 – 2094 – 2000, kuat tekan batu bata tanpa bakar memiliki kelas 50 dengan kekuatan tekan rata – rata batu bata yaitu 50  $\text{kg/cm}^3$  atau 5 MPa. Pengujian ini dilakukan dengan mesin uji kuat tekan (*Compression Machine*). Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Universitas Balikpapan. Sebelum melakukan

pengujian, batu bata diukur berat dan dimensinya untuk memperoleh nilai kuat tekan. Sampel akan ditempatkan diantara pelat mesin uji an diberi pembebanan hingga sampel retak.

**3. Hasil dan Pembahasan**

**3.1. Sifat Fisis dan Mekanis Tanah dan Lumpur**

Untuk mengetahui klasifikasi jenis tanah dan lumpur yang digunakan dalam penelitian ini, diperlukan analisis karakteristik sifat fisis dan mekanis tanah dan lumpur. Hasil rekapitulasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Tanah dan Lumpur

No.	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Tanah	Hasil Lumpur
<b>Sifat Fisis Tanah dan Lumpur</b>				
1	Kadar air	%	28,02	24,74
2	Berat jenis	gr/cm <sup>3</sup>	2,690	2,673
3	Lolos saringan No 200	%	98,33	42,93
4	Analisa hidrometer			
	a. Lanau	%	11,32	7,86
	b. Lempung	%	87,08	35,85
5	Batas cair	%	30,84	49,99

No.	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Tanah	Hasil Lumpur
<b>Sifat Fisis Tanah dan Lumpur</b>				
6	Batas plastis	%	15,21	33,90
7	Indeks plastisitas	%	15,63	16,10
8	Klasifikasi USCS	-	CLAY	SANDY CLAY

No.	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Tanah	Hasil Lumpur
<b>Sifat Mekanis Tanah dan Lumpur</b>				
1	Proctor Standard			
	a. Kadar air optimum	%	16,80	45,50
	b. Kepadatan kering maksimum	gr/cm <sup>3</sup>	1,560	1,032

**3.2. Sifat Mekanis Campuran Tanah dan Lumpur Limbah IPA**

Untuk mengetahui klasifikasi jenis campuran tanah yang digunakan dalam penelitian ini, diperlukan analisis karakteristik mekanis campuran tanah dan lumpur limbah IPA. Hasil rekapitulasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Mekanis Campuran Tanah dan Lumpur

No.	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Lumpur 15%	Hasil Lumpur 20%	Hasil Lumpur 25%
1	Proctor Standard				
	c. Kadar air optimum	%	25,89	16,40	14,20
	d. Kepadatan kering maksimum	gr/cm <sup>3</sup>	1,360	1,650	1,660

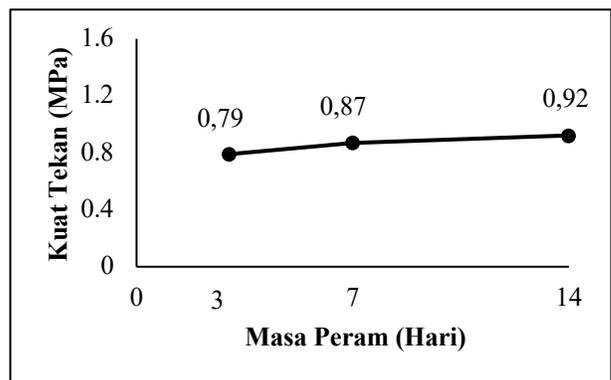
**3.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Batu Bata Normal**

Berikut adalah hasil pengujian kuat tekan batu bata normal yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Batu Bata Normal

No	Masa Peram (Hari)	Nilai Kuat Tekan (Mpa)
1	3 hari	0,79
2	7 hari	0,87
3	14 hari	0,92

Pada pengujian kuat tekan batu bata normal yang memiliki masa peram 3 hari, 7 hari, dan 14 hari, mendapatkan nilai kuat tekan yang variatif. Nilai kuat terendah pada batu bata normal dengan masa peram 3 hari sebesar 0,79 MPa. Sedangkan nilai kuat tertinggi pada masa peram 14 hari yang mana sebesar 0,92 Mpa. Dan pada masa peram 7 hari mendapatkan nilai kuat tekan sebesar 0,87 Mpa. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menjelaskan bahwa semakin lama waktu pemeraman akan meningkatkan nilai kuat tekan secara signifikan [12]. Pengujian ini menghasilkan grafik hubungan kuat tekan dan masa peram seperti terlihat pada Gambar 1.

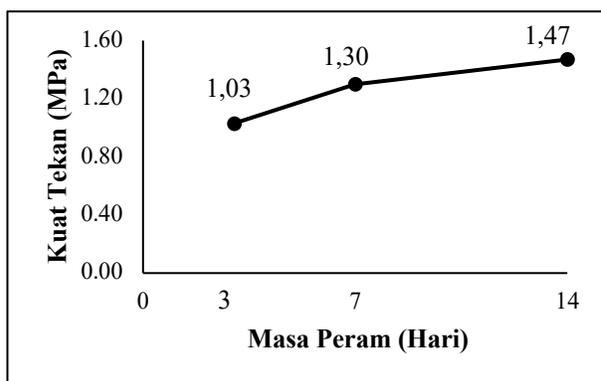


Gambar 1. Grafik Kuat Tekan Batu Bata Normal

Berdasarkan Gambar 1 dilihat bahwa batu bata normal meningkat seiring dengan meningkatnya masa peram batu bata. Dari masa peram 3 hari ke masa peram 7 hari terjadi peningkatan sebesar 10,13%. Selanjutnya pada masa peram 7 hari ke masa peram 14 hari terjadi peningkatan sebesar 5,75%. Peningkatan batu bata seiring dengan masa peramnya ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang mana menjelaskan bahwa semakin meningkatnya masa peram pada suatu benda uji maka kadar airnya semakin berkurang sehingga partikel tanah dalam batu bata menjadi lebih padat dan terkompresi [13].

### 3.4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Bio Batu Bata Variasi Lumpur 15% dan Bakteri 6%

Berikut adalah hasil pengujian kuat tekan bio batu bata dengan lumpur 15% dan bakteri 6% dari berat tanah kering dengan umur kultur 8 jam yang dapat dilihat pada Gambar 2.



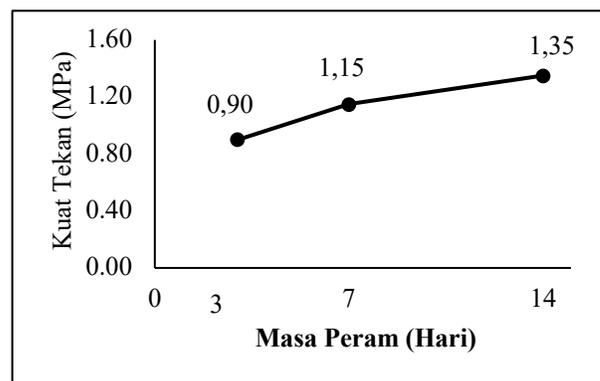
Gambar 2. Grafik Kuat Tekan Bio Batu Bata Lumpur 15% dan Bakteri 6%

Diamati pada Gambar 2, bahwa pada saat masa peram ke-3 hari, bio batu bata variasi lumpur 15% dan bakteri 6% naik sebesar 30,38% dibandingkan batu bata normal, dimana nilai kuat tekan batu bata normal sebesar 0,79 MPa dan batu bata variasi lumpur 15% dan bakteri 6% sebesar 1,03 MPa. Lalu pada masa peram ke – 7 hari, bahwa bio batu bata variasi lumpur 15% dan bakteri 6% kembali naik sebesar 49,43% dibandingkan batu bata normal, dimana nilai kuat tekan batu bata normal sebesar 0,87 MPa dan nilai kuat

tekan batu bata variasi lumpur 15% dan bakteri 6% sebesar 1,30 MPa. Begitupun pada masa peram selanjutnya yaitu hari ke - 14, bio batu bata variasi lumpur 15% dan bakteri 6% terjadi kenaikan sebesar 59,78% dibandingkan batu bata normal. Nilai kuat tekan pada batu bata normal sebesar 0,92 MPa, sedangkan batu bata variasi lumpur 15% dan bakteri 6% sebesar 1,47 MPa. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menjelaskan bahwa dalam hasil penelitiannya mengindikasikan tanah tanpa diberi perlakuan bakteri memiliki nilai kuat tekan yang rendah dibandingkan tanah yang diberi perlakuan bakteri [14]. Hal ini pun sejalan dengan penelitian lainnya yang menyatakan bahwa pemeraman dan kontrol kualitas batu bata akan meningkatkan kekuatannya karena terjadi penguapan [15].

### 3.5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Bio Batu Bata Variasi Lumpur 20% dan Bakteri 6%

Berikut adalah hasil pengujian kuat tekan bio batu bata dengan lumpur 20% dan bakteri 6% dari berat tanah kering dengan umur kultur 8 jam yang dapat dilihat pada Gambar 3.



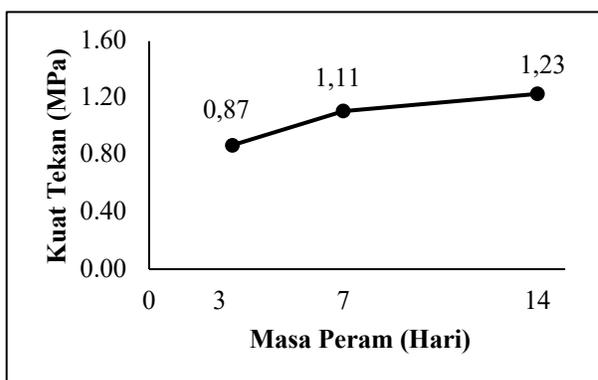
Gambar 3. Grafik Kuat Tekan Bio Batu Bata Lumpur 20% dan Bakteri 6%

Berdasarkan Gambar 3 dilihat bahwa pada saat masa peram ke – 3 hari, bio batu bata lumpur 20% dan bakteri 6% terdapat kenaikan sebesar 13,92% dibandingkan batu bata normal, Dimana nilai kuat tekan batu bata normal sebesar 0,79 MPa dan batu bata variasi lumpur 20% dan bakteri 6% sebesar 0,90 MPa. Lalu pada masa peram ke – 7 hari, bahwa bio batu

bata lumpur 20% dan bakteri 6% kembali naik hingga 32,18% dibandingkan batu bata normal. Dimana nilai kuat tekan batu bata normal sebesar 0,87 MPa dan nilai kuat tekan batu bata variasi lumpur 20% dan bakteri 6% sebesar 1,15 MPa. Begitupun pada masa peram selanjutnya yaitu hari ke - 14, bio batu bata kembali naik sebesar 46,74% dibandingkan batu bata normal. Nilai kuat tekan pada batu bata normal sebesar 0,92 MPa, sedangkan batu bata variasi lumpur 20% dan bakteri 6% sebesar 1,35 MPa. Hal ini relevan dengan penelitian lainnya bahwa bakteri yang lebih banyak persentasenya akan mengikat partikel batu bata dan menghasilkan kalsit yang lebih terikat [16]. Sehingga diperlukannya biosementasi batu bata dengan bakteri penghasil kalsit untuk meningkatkan nilai kuat tekan. Melalui pengujian tersebut, nilai kuat tekan batu bata normal lebih rendah dibandingkan dengan nilai kuat tekan batu bata variasi campuran lumpur 20% dan bakteri 6%.

### 3.6. Hasil Pengujian Kuat Tekan Bio Batu Bata Variasi Lumpur 25% dan Bakteri 6%

Berikut adalah hasil pengujian kuat tekan bio batu bata dengan lumpur 25% dan bakteri 6% dari berat tanah kering dengan umur kultur 8 jam yang dapat dilihat pada Gambar 4.



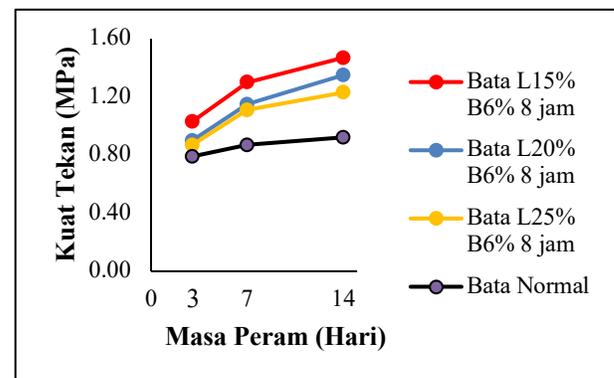
Gambar 4. Grafik Kuat Tekan Bio Batu Bata Lumpur 25% dan Bakteri 6%

Ditinjau dari Gambar 4 bahwa pada saat masa peram ke - 3 hari, bio batu bata lumpur 25% dan bakteri 6% terdapat kenaikan sebesar 10,13% dibandingkan batu bata normal,

Dimana nilai kuat tekan batu bata normal sebesar 0,79 MPa dan batu bata variasi lumpur 25% dan bakteri 6% sebesar 0,87 MPa. Lalu pada masa peram ke - 7 hari, bahwa bio batu bata lumpur 25% dan bakteri 6% kembali naik hingga 27,59% dibandingkan batu bata normal. Dimana nilai kuat tekan batu bata normal sebesar 0,87 MPa dan nilai kuat tekan batu bata variasi lumpur 25% dan bakteri 6% sebesar 1,11 MPa. Begitupun pada masa peram selanjutnya yaitu hari ke - 14, bio batu bata kembali naik sebesar 33,70% dibandingkan batu bata normal. Nilai kuat tekan pada batu bata normal sebesar 0,92 MPa, sedangkan batu bata variasi lumpur 25% dan bakteri 6% sebesar 1,23 MPa. Hal ini disebabkan oleh bakteri yang menghasilkan kalsium karbonat akan mengisi celah pada batu bata sehingga kuat tekan batu bata menjadi optimal, sebagaimana yang telah diungkap oleh penelitian terdahulu [17]. Melalui pengujian tersebut, nilai kuat tekan batu bata normal lebih rendah dibandingkan dengan nilai kuat tekan batu bata variasi campuran lumpur 25% dan bakteri 6%.

### 3.7. Perbandingan Kuat Tekan Batu Bata

Berikut adalah hasil grafik perbandingan kuat tekan batu bata variasi lumpur dan bakteri 6% yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Batu Bata

Pada grafik tersebut menunjukkan bahwa batu bata dengan variasi lumpur 15% yang biosementasi dengan bakteri *Bacillus huizhouensis* sebanyak 6% dengan umur kultur 8 jam menghasilkan kuat tekan paling tinggi

yaitu sebesar 1,47 MPa. Berdasarkan grafik tersebut diketahui variasi lumpur mempengaruhi hasil kuat tekan. Jumlah persentase lumpur yang lebih sedikit yaitu 15% meningkatkan nilai kuat tekan dikarenakan penambahan persentase lumpur akan mengurangi nilai kuat tekan batu bata [18]. Lalu umur kultur bakteri juga mempengaruhi nilai kuat tekan batu bata. Pada umur kultur 8 jam merupakan fase eksponensial bakteri yang mana pada fase ini, jumlah bakteri yang tumbuh lebih banyak dibandingkan dengan jumlah bakteri yang mati, meskipun bakteri dapat mempertahankan diri sehingga jumlah bakteri yang berkembang lebih banyak jumlahnya [19].

#### 4. Kesimpulan

Dari pengujian kuat tekan yang dilakukan pada masa peram 14 hari, penambahan variasi lumpur limbah IPA sebesar 15% dan larutan bakteri *Bacillus huizhouensis* sebanyak 6% dari berat tanah kering dengan umur kultur 8 jam menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 1,47 MPa dibandingkan batu bata normal tanpa perkuatan bakteri sebesar 0,92 MPa. Sedangkan pada bio batu bata variasi lumpur limbah IPA 20% dan lumpur limbah IPA 25% yang masing – masing diberi perkuatan bakteri *Bacillus huizhouensis* sebanyak 6% dengan umur kultur yang sama, menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 1,35 MPa dan 1,23 MPa. Oleh karena itu, penggunaan lumpur limbah IPA dan larutan bakteri *Bacillus huizhouensis* terbukti meningkatkan nilai kuat tekan pada batu bata. Namun hasilnya belum mencukup standar yang telah ditentukan yaitu SNI 15 – 2094 - 2000 karena nilai kuat tekan yang didapatkan masih berada dibawah 5 MPa.

#### 5. Saran

Diperlukan penelitian lanjutan untuk mencapai syarat standar SNI 15 – 2094 – 2000. Dan diperlukan batasan pengurangan persentase lumpur untuk mendapatkan nilai kuat tekan maksimum.

#### 6. Daftar Pustaka

- [1] F. Adhipramana, Reyhan. H. Suprahman. D.Puspitasari, "Pengaruh Campuran Agregat Serat Alami dengan Abu Sekam Padi Terhadap Daya Tahan Dinding Tanah Pada Bangunan," Seminar Karya dan Pameran Arsitektur Indonesia, 2023
- [2] Standar Nasional Indonesia. (2000). SNI 15-2094-2000. Batu Bata Pejal Untuk Pasangan Dinding. Badan Standarisasi Nasional.
- [3] Miharja, Muhammad Hidayat Jaya, "Analisis Proksimat Potensi Briket Bioarang Sebagai Energi Alternatif Di Desa Kusu, Maluku Utara", Jurnal Techno Vol. 05 No. 1. <https://doi.org/10.33387/tk.v5i1>, 2016.
- [4] Shihombing, A. Monica, "Efektivitas Adsorben Limbah Lumpur IPA PDAM Untuk Penurunan Kadar Logam Tembaga (Cu)", 2023.
- [5] Sabar, Mesrawaty, "Analisis Kandungan Bahan Organik Dan Bakteri Patogen (E.coli) Di Pelabuhan Bastiong Dan Pantai Kayu Merah Kota Ternate". Jurnal Techno Vol. 05 No. 1. <https://doi.org/10.33387/tk.v5i1>. 2016.
- [6] Billah, A.S., Indriani, A.M., Utomo, G, "Pengaruh Bakteri Bacillus Subtilis terhadap Kuat Tekan Batu Bata Menggunakan lumpur Limbah IPA". Jurnal Gradasi Teknik Sipil 7 (2), 202 – 210, 2023.
- [7] Indriani, A. M., G. Utomo, and R. S. Syahputra, "Pengaruh Siklus Basah Kering terhadap Perilaku Mekanik Tanah Lempung Stabilisasi Biosementasi dengan Bakteri *Bacillus Subtilis*". Journal Of Civil Engineering And Vocational Education, vol. 10, no. 2, pp. 2622–6774, 2023, doi: 10.24036/cived.v10i2.123404, 2023.
- [8] Zulaikha, E., Utomo, M.A.P, "*The Diversity of Ureolytic Bacteria Isolated from Limestone in East Java, Indonesia Based on Amino Acid Sequences Encoded by UreC*". Biodiversitas Journal of Biological Diversity 20 (8), 2019.
- [9] Zulaikha, E., Utomo, M.A.P, "*Novel Carbonatogenic Bacterial Strain Isolated from Limestone Quarry in East Java, Indonesia to Improve Concrete Performance*". Biodiversitas Journal of Biological Diversity 22 (9), 2021.
- [10] Saputri, E.A.A., Indriani, A.M, "*Fireless Brick Making Using Water Treatment Sewage Sludge with MICP Action*". CIVED 10 (3), 1099 – 1111, 2023.

- [11] Novanti, Rindan. (2019). Pola Pertumbuhan Bakteri Ureolitik pada Medium Calcium Carbonat Precipitation (CCP). *Jurnal Sains dan Seni ITS* 7 (2), 34-35.
- [12] Dinata, M. Thata, "Studi Pengaruh Lama Waktu Proses Pembakaran Terhadap Kuat Tekan Batu Bata Setelah Penambahan Bahan Additive ISS 2500 (Ionic Soil Stabilizer)". *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain* 1(1), 1-12, 2016.
- [13] Fernandes, F. M, "Clay Bricks. Long-Term Performance And Durability Of Masonry Structures: Degradation Mechanisms", *Health Monitoring And Service Life Design*, 3–19. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102110-1.00001-7>, 2019.
- [14] Hasriana, Samang, L., Djide, Mn., & tri Harianto, "Pengaruh Penambahan Bakteri (*Bacillus subtilis*) Pada tanah Lunak Terhadap Karakteristik Kuat Tekan". *Konferensi Nasional Teknik Sipil 11*, 101-108, 2017.
- [15] Prayuda, Hakas. "Analisis Sifat Fisik dan Mekanik Batu Bata Merah di Yogyakarta". *Jurnal Riset Rekayasa Sipil* 1 (2), 94-104, 2018.
- [16] Mujah, D., Shahin, M. A., & Cheng, L, "*State-Of-The-Art Review Of Biocementation By Microbially Induced Calcite Precipitation (Micp) For Soil Stabilization*". *Geomicrobiology Journal*, 34(6), 524–537. <https://doi.org/10.1080/01490451.2016.1225866>, 2016.
- [17] Hadi, Z. S., & Saeed, K. A, "*Effect Of Microbial-Induced Calcite Precipitation (Micp) On The Strength Of Soil Contaminated With Lead Nitrate*". *Journal Of The Mechanical Behavior Of Materials*, 31(1), 143–149. <https://doi.org/10.1515/Jmbm-2022-0016>, 2022.
- [18] Apriani, I., Sutrisno, H., & Dini, M, "Pemanfaatan Limbah Lumpur Pdam Gunung Poteng Kota Singkawang Sebagai Bahan Pengganti Tanah Liat Pada Pembuatan Batu Bata". *Jurnal Ilmu Teknik Lingkungan*, 21(1), 2023.
- [19] Sharma, M., Sood, G., & Chauhan, A, "*Bioprospecting Beneficial Endophytic Bacterial Communities Associated With Rosmarinus Officinalis For Sustaining Plant Health And Productivity*". *World Journal Of Microbiology And Biotechnology*, 37(8). <https://doi.org/10.1007/S11274-021-03101-7>, 2021.