

## Infrastruktur Ramah Lingkungan dengan Beton Limbah Batu Bata Penggaron dan Zat Adiktif Sikament-NN

Rahma Nindya Ayu Hapsari<sup>1\*</sup>, Nurul Yuhanafia<sup>2</sup>, Nurti Kusuma Anggraini<sup>1</sup>, Yunita Miftahul Muna<sup>1</sup>,  
Monica Ayu Istianti<sup>1</sup>, Rizal Ahmad Zulfiqor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Negeri Semarang

<sup>2</sup>Pendidikan Teknik Bangunan, Universitas Negeri Semarang

Email\*: [rahmanindyayuhapsari@gmail.com](mailto:rahmanindyayuhapsari@gmail.com)

Diterima Mei 2024; Disetujui Mei 2024; Dipublikasi Juni 2024

**Abstract.** Waste management is essential because waste can have significant negative impacts on the environment, human health, and sustainability. Some waste can be recycled or reprocessed to produce reusable raw materials. By properly managing waste, we can reduce the need for new natural raw materials and support resource conservation. Understanding the characteristics and compressive strength values of concrete by replacing part of its aggregates with recycled aggregates sourced from Penggaron brick waste is the objective of this research. The urgency of this research is to provide solutions for recycling Penggaron brick waste from construction demolition and brick production residues as aggregate replacement optional to replace natural coarse aggregates in concrete mixtures, which is also expected to support the green concrete program. The research findings indicate that the optimal proportion for using Penggaron brick as a substitute for coarse aggregate is 60% of the total coarse aggregate requirement in the design.

**Keywords:** Penggaron brick, concrete compressive strength, waste

**Abstrak.** Penanganan limbah adalah suatu keharusan karena limbah dapat memiliki dampak negatif yang signifikan terhadap lingkungan, kesehatan manusia, dan keberlanjutan. Beberapa limbah dapat didaur ulang atau diproses kembali untuk menghasilkan bahan baku yang dapat digunakan kembali. Dengan menangani limbah dengan benar, kita dapat mengurangi kebutuhan akan bahan baku alam baru dan mendukung konservasi sumber daya. Mengetahui karakteristik dan nilai kuat tekan beton dengan penggantian sebagian agregatnya dengan agregat daur ulang yang berasal dari limbah batu bata penggaron adalah tujuan dari penelitian ini. Urgensi dari penelitian ini adalah menghadirkan solusi untuk mendaur ulang limbah batu bata penggaron hasil pembongkaran konstruksi dan sisa produksi batu bata sebagai pilihan pengganti agregat kasar alam dalam campuran beton yang juga diharapkan mampu menjadi salah satu penerapan yang dapat mendukung adanya *program green concrete*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proporsi optimal untuk penggunaan bata Penggaron sebagai pengganti agregat kasar adalah sebesar 60% dari total kebutuhan agregat kasar dalam desain.

**Kata Kunci :** batu bata penggaron, kuat tekan beton, limbah



## 1. Pendahuluan

Penanganan limbah adalah suatu keharusan karena limbah dapat memiliki dampak negatif yang signifikan terhadap lingkungan, kesehatan manusia, dan keberlanjutan. Beberapa limbah dapat didaur ulang atau diproses kembali untuk menghasilkan bahan baku yang dapat digunakan kembali. Dengan menangani limbah dengan benar, kita dapat mengurangi kebutuhan akan bahan baku alam baru dan mendukung konservasi sumber daya.

Limbah batu bata adalah limbah bahan konstruksi yang saat ini belum terlalu banyak dimanfaatkan. Limbah batu bata berasal dari proses pembangunan, renovasi, atau pembongkaran bangunan-bangunan yang menggunakan batu bata sebagai bahan konstruksi. Ketika sebuah bangunan dirobohkan atau direnovasi, batu bata dari struktur tersebut dapat menjadi limbah konstruksi. Limbah batu bata dapat juga dihasilkan dari pemotongan atau penyesuaian ukuran batu bata yang dihasilkan selama proyek konstruksi bangunan baru. Pada pabrik atau lokasi produksi batu bata, material sisa produksi atau batu bata cacat yang tidak memenuhi standar kualitas dapat menjadi limbah.

Daur ulang limbah batu bata membantu mengurangi kebutuhan akan bahan baku alam seperti tanah liat atau batu kapur. Dengan mengurangi penggunaan sumber daya alam, kita dapat berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem alam dan mengurangi eksploitasi yang berlebihan terhadap tanah dan batuan. Proses produksi batu bata baru melibatkan konsumsi energi yang signifikan. Dengan melakukan daur ulang batu bata, kita dapat mengurangi konsumsi energi yang digunakan dalam tahap produksi. Bahan bangunan yang didaur ulang dapat menjadi alternatif yang lebih ekonomis dibandingkan dengan bahan baru. Hal ini dapat membantu mengurangi biaya konstruksi dan membuat proyek lebih terjangkau.

Dengan menerapkan praktik daur ulang limbah batu bata, kita dapat membantu meminimalkan dampak negatif konstruksi terhadap lingkungan sambil memanfaatkan sumber daya yang sudah ada dengan lebih efisien.

Penelitian ini memanfaatkan limbah batu bata dari Penggaron, Semarang, Jawa Tengah. Umumnya, batu bata merah berbahan dasar tanah liat, yang diproses dengan suhu yang tinggi untuk mencapai stabilitas yang kuat saat terkena air. Namun, batu bata Penggaron memiliki perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan jenis batu bata biasa. Batu bata ini menggunakan campuran serbuk sekam padi dengan ukuran tertentu sebagai bahan bakunya [2].

Permasalahan yang ada dalam lingkungan sekitar saat ini adalah banyak dihasilkan limbah batu bata akibat pembongkaran bangunan lama, akibat cacat produksi, maupun hasil dari sisa pemotongan di lokasi konstruksi, yang menjadi limbah lingkungan karena tidak dapat terdegradasi.



Akumulasi sisa bahan bekas yang berubah menjadi limbah padat memiliki potensi mencemari lingkungan. Meskipun demikian, dengan pengolahan yang tepat, limbah sisa konstruksi dapat diubah menjadi beton ramah lingkungan. Harapannya, penggunaan limbah batu bata ini dapat menjadi salah satu langkah implementatif yang mendukung program beton ramah lingkungan (*green concrete*), hal tersebut yang mendasari penelitian ini.

Penentuan *State of Art* pada penelitian ini didasarkan pada 3 (tiga) hal yaitu kontribusi, orisinalitas dan keterbaruan. Kontribusi pada penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi lingkungan melalui termanfaatkannya limbah batu bata Penggaron, dan jika nantinya penelitian ini dapat dipraktekkan secara meluas maka dapat mengurangi penambangan material alam. Kemudian dengan digunakannya agregat limbah batu bata, dapat memberikan nilai ekonomis dalam pembuatan campuran beton karena mengurangi biaya pembelian material baru [5].

Penelitian tentang Infrastruktur Ramah Lingkungan dengan Beton Limbah Batu Bata Penggaron pada proses tase penggantian agregat kasar alam sebesar 60% yang ditambahkan dengan Zat Adiktif Sikament-NN ini sebelumnya belum pernah dilakukan, sehingga penelitian ini masih orisinal. Penelitian penggunaan limbah batu bata pada campuran beton umumnya lebih cenderung kepada analisis penggunaan limbah batu bata terhadap substitusi agregat yang bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik dari limbah batu bata terhadap campuran beton saja tanpa menggunakan zat aditif untuk meningkatkan nilai kuat tekan beton [6-7].

## **2. Tinjauan Pustaka**

### **2.1. Batu Bata Penggaron**

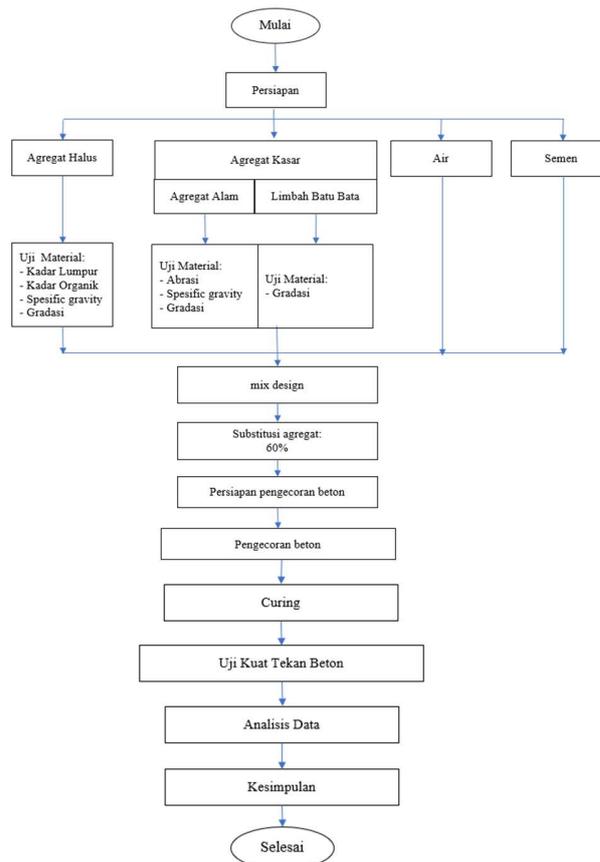
Batu bata secara umum mengandung senyawa kimia berupa silika oksida ( $\text{SiO}_2$ ), yang berperan sebagai bahan tahan api dan dapat berfungsi sebagai pelindung termal pada suhu tinggi. Selain itu, batu bata juga dapat digunakan sebagai bahan tahan api yang membantu mengurangi pelepasan kapur dengan membentuk zat perekat saat direaksikan dengan semen dan air. Batu bata juga mengandung Alumina Oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) yang berfungsi sebagai perekat dalam proses tersebut [3]. Dengan keunggulan tersebut diharapkan beton dengan limbah batu bata ini diharapkan akan menjadi beton mutu tinggi dengan bahan yang ekonomis. Beton ini juga akan menggunakan zat aditif sikament NN untuk semakin dapat menghasilkan beton mutu tinggi yang ramah lingkungan. Penambahan zat aditif sikament NN berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan beton [4].

## 2.2. Sikament-NN

Penambahan zat aditif sikament NN berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan beton [4]. Beton yang menggunakan substitusi agregat daur ulang diharapkan dapat mengatasi keterbatasan material pada daerah tertentu, menghemat biaya, dan juga mengatasi masalah lingkungan.

## 3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini bermetode eksperimental, yang dilaksanakan pada Laboratorium Bahan dan Struktur Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang. Objek penelitian ini adalah penggantian sebagian agregat kasar alami dengan Limbah batu bata Penggaron. Untuk meningkatkan nilai kuat tekan beton, digunakan zat aditif Sikament NN. Komposisi penggantian agregat kasar alami dengan agregat limbah batu bata adalah 60%. Beton akan diuji kuat tekannya pada umur 28 hari setelah pembuatan campuran beton. Urutan dan tahapan yang dilakukan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1. Alur Penelitian



### **3.1. Teknik Pengumpulan Data**

Berikut adalah parafrase dari langkah-langkah pelaksanaan penelitian:

a. Tahap Pertama: Persiapan

Pada tahap awal, siapkan semua peralatan dan material dasar yang diperlukan untuk, termasuk persiapan batu bata penggaron, sikament-NN, dan bekisting [8].

b. Tahap Kedua: Uji Material

Setelah semua bahan dipersiapkan, selanjutnya perlu dilakukan pengujian terhadap semua material dasar yang akan digunakan untuk memastikan material tersebut memenuhi standar. Pengujian dilakukan terhadap agregat halus (uji kadar lumpur, kadar organik, gradasi, dan spesifik gravity) dan agregat kasar (uji abrasi, spesifik gravity, dan gradasi) [9-15].

c. Tahap Ketiga: Pembuatan *Mix Design*

Pada tahap ini, dibuat mix design dengan target kekuatan tekan 40 MPa. Komposisi campuran yang dihasilkan dari perhitungan *mix design* ini digunakan untuk membuat benda uji silinder beton. [16].

d. Tahap Keempat: Pembuatan Benda Uji

Tahap ini melibatkan pembuatan adukan beton, pengujian *slump test* (17), pengecoran ke dalam bekisting, dan pelepasan benda uji dari cetakan.

e. Tahap Kelima: Pengujian Sampel Beton

Pengujian sampel beton yang dilakukan adalah berupa pengambilan data kuat tekan yang dilakukan pada saat umur beton 28 hari [19-22].

f. Tahap Keenam: Analisis Data

Analisis data kemudian dilakukan untuk memahami, menginterpretasi, dan mengevaluasi data dengan tujuan mengungkap pola, tren, hubungan, dan informasi yang terkandung dari penelitian ini.

g. Tahap Ketujuh: Pengambilan Kesimpulan

Data yang telah dianalisis selanjutnya digunakan untuk merumuskan kesimpulan yang berkaitan dengan tujuan penelitian yang diharapkan.

### **3.2. Teknik Analisis Data**

Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji UTM pada beton berumur 28 hari dengan memberikan tekanan secara vertikal hingga benda uji runtuh. Kuat tekan beton dihitung dengan



membagi beban yang diterapkan (P) dengan luas permukaan yang menerima tekanan (A). Kuat tekan dihitung dengan rumus:

$$f'c = P/A$$

dimana:

$f'c$  = kuat tekan beton benda uji silinder (N/mm<sup>2</sup>)

P = beban tekan max (N)

A = luas permukaan benda uji silinder (mm) (20)

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan tujuan utama untuk mengidentifikasi nilai kuat tekan beton yang menggunakan agregat kasar dari limbah batu bata. Berikut adalah hasil dari setiap tahap penelitian:

##### 4.1. Pengujian material

Pada tahap ini, dilakukan pengujian material yang akan digunakan sebagai bahan penyusun beton. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan apakah material tersebut masuk ke dalam aturan standar material penyusun beton.

###### a. Agregat Halus (Pasir)

Uji material agregat halus meliputi uji kadar lumpur, kandungan zat organik, *specific gravity*, gradasi agregat, dan berat jenis. Data pengujian ini disajikan dalam tabel-tabel di bawah ini.

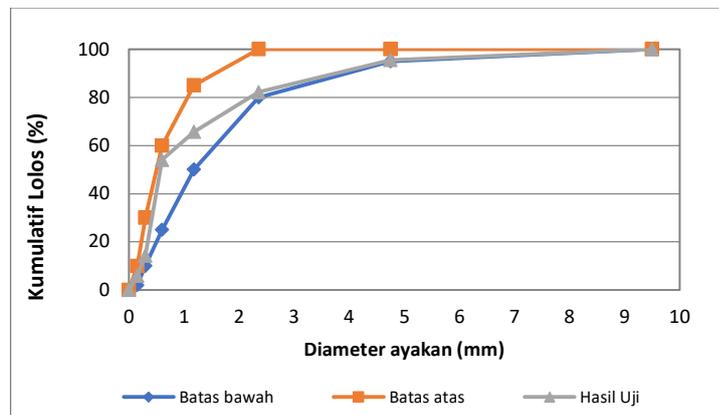
Tabel 1. Hasil pengujian pasir

Jenis pengujian	Hasil pengujian	Standar	Kesimpulan
Kandungan zat organik	Kuning muda	Kuning	Memenuhi
Kandungan lumpur	5 %	Maks 5 %	Memenuhi
Berat jenis	2,45 gr/cm <sup>3</sup>	-	-
Penyerapan	1 %	-	-
Modulus kehalusan butir	2,7	2,3 – 3,1	Memenuhi



Tabel 2. Hasil pengujian gradasi pasir

Diameter Ayakan (mm)	Tertahan			Berat Lolos Kumulatif (%)	Syarat
	Berat (gr)	Presentase (%)	Kumulati f (%)		
9,5	0	0	0	100	100
4,75	135	4,50	4,50	95,50	95 - 100
2,36	400	13,33	17,83	82,17	80 - 100
1,18	494	16,46	34,29	65,71	50 - 85
0,85	350	11,66	46,00	54,00	25 - 60
0,3	1195	39,83	85,83	14,17	10 - 30
0,15	250	8,33	94,16	5,84	2 - 10
0	176	5,86	100	0	0
Jumlah	3000	100	382,59	-	-



Gambar 2. Gradasi Agregat Halus

b. Agregat Kasar

Uji material agregat kasar (batu pecah) yang dilakukan mencakup pengujian berat jenis (specific gravity), keausan (abrasi), dan gradasi. Data pengujian ini disajikan dalam Tabel 3, sementara Tabel 4 menampilkan hasil analisis ayakan terhadap sampel agregat kasar untuk mengetahui gradasinya.

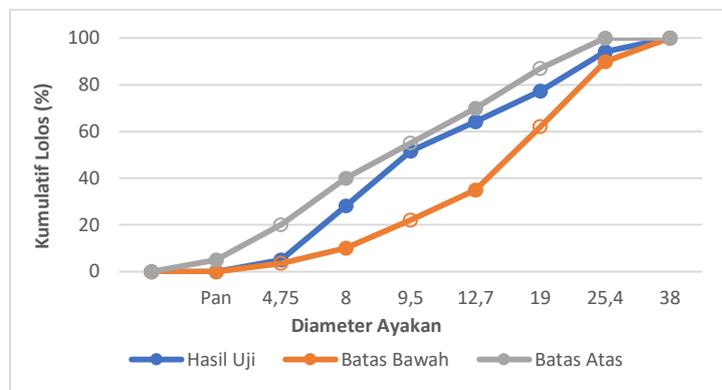
Tabel 3. Hasil pengujian agregat kasar

Jenis pengujian	Hasil pengujian	Standar	Kesimpulan
Berat jenis	2,56 gr/cm <sup>3</sup>	-	-
Penyerapan	2,22 %	-	-
Abrasi	24,2 %	Maksimum 50 %	Memenuhi
Modulus kehalusan butir	5,1805	5 - 8	Memenuhi



Tabel 4. Hasil pengujian agregat kasar

Diameter Ayakan (mm)	Tertahan			Berat Lolos Kumulatif (%)	Syarat
	Berat (gr)	Presentase (%)	Kumulatif (%)		
1 1/2 in	0	0	0	100	90-100
1 in	155	5.85	5.85	94.15	
3/4 in	1047	39.51	45.36	45.36	35-70
1/2 in	699	26.38	71.74	28.26	
3/8 in	616	23.24	94.98	5.02	10-40
8 mm	133	5.02	100	0	
4,75 mm	0	0	100	0	0-5
Pan	0	0	100	0	0
Jumlah	2650	100	100	0	-



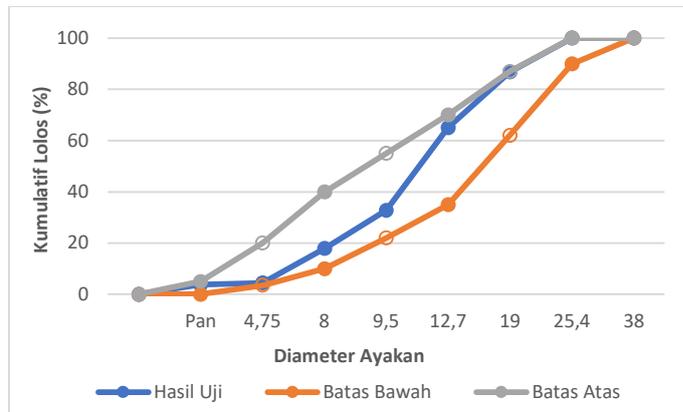
Gambar 3. Gradasi Agregat Kasar Alam

c. Agregat Kasar Limbah Batu Bata

Uji material yang dilakukan terhadap agregat kasar dari limbah batu bata adalah uji gradasi. Hasil pengujian ini disajikan dalam Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Hasil pengujian agregat kasar limbah batu bata

Diameter Ayakan (mm)	Tertahan			Berat Lolos Kumulatif (%)	Syarat
	Berat (gr)	Presentase (%)	Kum (%)		
1 1/2 in	0	0	0	100	90-100
1 in	345	13.01	13.01	86.99	
3/4 in	581.44	21.94	34.95	65.05	35-70
1/2 in	845.7	31.91	66.86	33.86	
3/8 in	355.56	13.42	80.28	19.72	10-40
8 mm	405.6	15.31	95.59	4.41	
4,75 mm	18.7	0.71	96.3	3.7	0-5
Pan	98	3.7	100	0	0
Jumlah	2650	100	100	0	-



Gambar 4. Gradasi Agregat Kasar Limbah Batu Bata

#### 4.2. Perencanaan mix design

Job mix design beton adalah proses perancangan campuran beton yang bertujuan untuk menentukan proporsi bahan-bahan pembentuk beton (semen, air, agregat kasar, agregat halus, dan bahan tambah) sehingga menghasilkan beton dengan sifat-sifat yang diinginkan. Pada proses mix design ini lah ditentukan proporsi dari pasir, kerikil, semen, air, dan limbah batu bata yang akan digunakan dalam campuran beton.

Tabel 6. Perencanaan mix design beton normal

No	Uraian	Mutu
		K.400 = $f_c$ 33.2 MPa
1	Kekuatan tekan yang diharapkan pada usia 28 hari	$f_c = 33.2$ MPa
2	Standar deviasi (s)	4,2 MPa
3	Nilai tambah / margin (m) = $1.64 \times (2)$	6,89 MPa
4	Kekuatan tekan yang diinginkan (1) + (3)	48,388 MPa
5	Jenis Semen	Semen Tiga Roda (40 kg)
6	Jenis Agregat kasar	Batu Pecah (lokal)
	Jenis agregat halus	Pasir (ex. Muntilan)
7	fas (gb 1.1)	0,42
8	fas (Tabel 1.4)	0,55
9	Dipakai fas	0,42
10	Nilai slump (Tabel . 1.5)	60mm - 180 mm
11	Ukuran maksimum butiran kerikil	20 mm
12	Air (Tabel .1.6)	175 liter



13	Semen (12) : (9)	360,00	kg
14	Kebutuhan Semen minimum (Tabel. 1.7)	325	
15	Dipakai semen	360,00	kg
16	Penyesuaian fas	Tetap 195 liter dan 0.42	
17	Pasir	Gol I (agak kasar)	
18	Persentase pasir (*)	40	%
19	Berat jenis campuran ( ** )	2,55	
20	Berat beton (Gb.1.2)	2350	kg/m <sup>3</sup>
21	Kebutuhan agregat gabungan (20 - 12 - 13)	1815,00	kg
22	Kebutuhan pasir (18) x (21)	726,00	kg
23	Kebutuhan kerikil (21) - (22)	1089,00	kg
<b>Kebutuhan Bahan Total Untuk 1 m<sup>3</sup></b>			
24	Berat total	2350	kg/m <sup>3</sup>
25	Air	175	liter
26	Semen	360,00	kg
27	Pasir	726,00	kg
28	Kerikil	1089,00	kg
<b>Proporsi Untuk Satu Kali Adukan Beton (40 Kg Semen)</b>			
29	Berat total	261,11	kg
30	Air	19,44	liter
31	Semen	40	kg
32	Pasir	80,67	kg
33	Kerikil	121,00	kg
34	Perbandingan berat semen:pasir : kerikil	<b>1:2.3:3.5</b>	

Tabel 7. Perencanaan mix design beton limbah batu bata Penggaron

No	Uraian	Mutu
		K.400 = $f_c$ 33.2 MPa
1	Kekuatan tekan yang diharapkan pada usia 28 hari	$f_c = 33.2$ MPa
2	Standar deviasi (s)	4,2 MPa
3	Nilai tambah / margin (m) = $1.64 \times (2)$	6,89 MPa
4	Kekuatan tekan yang diinginkan (1) + (3)	40,088 MPa
5	Jenis Semen	Semen Tiga Roda (40 kg)



---

6	Jenis Agregat kasar	Batu Pecah (lokal)	
	Jenis agregat halus	Pasir (ex. Muntilan)	
7	fas (gb 1.1)	0,45	
8	fas maksimum (Tabel 1.4)	0,6	
9	Dipakai fas	0,57	
10	Nilai slump (Tabel . 1.5)	10mm - 14 mm	
11	Ukuran maksimum butiran kerikil	20	mm
12	Air (Tabel .1.6)	205	liter
13	Semen (12) : (9)	359,65	kg
14	Kebutuhan Semen minimum (Tabel. 1.7)	325	
15	Dipakai semen	359,65	kg
16	Penyesuaian jumlah air (fas)	Tetap 205 liter dan 0.57	
17	Pasir	Gol I (agak kasar)	
18	Persentase pasir (*)	40	%
19	Berat jenis campuran ( ** )	2,55	
20	Berat beton (Gb.1.2)	2350	kg/m <sup>3</sup>
21	Kebutuhan agregat gabungan (20 - 12 - 13)	1785,35	kg
22	Kebutuhan pasir (18) x (21)	714,14	kg
23	Kebutuhan kerikil (21) - (22)	1071,21	kg
<b>Kebutuhan Bahan Total Untuk 1m<sup>3</sup></b>			
24	Berat total	2350	kg/m <sup>3</sup>
25	Air	205	liter
26	Semen	359,65	kg
27	Pasir	714,14	kg
28	Kerikil	1071,21	kg
<b>Porposi Untuk Satu Silinder Normal</b>			
29	Berat total	12,47	kg
30	Air	1,09	liter
31	Semen	1,91	kg
32	Pasir	3,78	kg
33	Kerikil 100%	5,68	kg
34	Addmixture	0,02	kg

---

**Porposi Untuk Satu Silinder Inovasi Bata Pengaron 60% Dari Ak**



35	Berat total	11,01	kg
36	Air	1,09	liter
37	Semen	1,91	kg
38	Pasir	3,78	kg
39	Bata Penggaron 60%	1,94	kg
40	Kerikil 40%	2,27	kg
41	Addmixture	0,02	kg

### 4.3. Perhitungan RAB

Rancangan Anggaran Biaya (RAB) diperhitungkan untuk menelaah biaya yang diperlukan dalam pembuatan beton/m<sup>3</sup>. RAB yang dihitung sebanyak dua buah yaitu RAB beton normal dan RAB beton dengan campuran batu bata penggaron. Perhitungan dua RAB tersebut dimaksud sebagai pembandingan harga dan dapat menentukan efisiensi biaya bahan pembuatan beton. Hal ini karena tujuan utama pembuatan betong menggunakan bata penggaron adalah untuk menghemat pengeluaran biaya. Berikut adalah RAB yang telah diperhitungkan, yaitu :

#### 1. RAB Beton Normal

Tabel 8. Perhitungan RAB Beton normal

No.	Uraian	Koefisien	Harga satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
<b>A. Bahan</b>					
	Pasir beton	kg	714,14	235,00	167.822,90
	Semen OPC	kg	359,65	1059,87	381.184,04
	Kerikil	kg	1.071,21	275,00	294.582,00
	Air	liter	205	25,00	5.125,00
	Sika	liter	359,649	30.000,00	107.894,70
	<b>Jumlah Harga Bahan</b>				956.609,39
<b>B. Peralatan</b>					
		-	-	-	-
	<b>Jumlah Harga Alat</b>				-
<b>C. Jumlah (A+B)</b>					
					956.609,39
<b>D. Overhead &amp; profit</b>					
		10%	x D		95.660,94
<b>E. Harga Satuan Pekerjaan (D+E)</b>					
					1.052.270,00



## 2. RAB Beton Campuran Batu Bata Penggaron

Tabel 9. Perhitungan RAB Beton limbah batu bata Penggaron

No.	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga satuan (Rp)	Jumlah harga (Rp)
<b>A. Bahan</b>					
	Pasir beton	kg	714,14	235,00	167.822,90
	Semen OPC	kg	359,65	1059,87	381.184,04
	Kerikil beton	kg	428,48	275,00	117.832,00
	Batu Bata Penggaron	kg	642,73	100,00	64.273,00
	Air	liter	205	25,00	5.125,00
	Sika	liter	3,59649	30.000,00	844.131,64
<b>Jumlah Harga Bahan</b>					
<b>B. Peralatan</b>					
<b>Jumlah Harga Alat</b>					-
<b>C. Jumlah (A+B)</b>					844.131,64
<b>D. Overhead &amp; profit</b>					84.413,16
<b>E. Harga Satuan Pekerjaan (D+E)</b>					928.544,80

Berdasarkan perbandingan dua RAB diatas didapatkan efisiensi biaya bahan sebesar 11,578%. Nilai tersebut cukup tinggi untuk menekan anggaran pengeluaran agar mendapatkan hasil beton yang memiliki mutu tinggi.

### 4.4. Pengujian Kuat Tekan Beton

Setelah tahapan mix desain, langkah selanjutnya adalah proses pengecoran beton. Untuk setiap 1 kali pengecoran maksimal bisa menghasilkan 6 benda uji 28 hari. Selesai pengecoran, beton akan dimasukkan dalam kolam untuk curing hingga mencapai umur 27 hari. Beton kemudian diangin-anginkan selama 1 hari agar kering untuk kemudian diumur beton 28 hari dilakukan pengujian kuat tekan beton.

Tabel 7. Hasil pengujian kuat tekan beton

Kode Benda Uji	Kuat Tekan (MPa)			Kuat Tekan rata-rata (MPa)	Jumlah Benda uji
	1	2	3		
KT60	35.25	34.75	35.10	35.03	3 buah
<b>Total</b>					<b>3 buah</b>



## **5. Kesimpulan dan Saran**

### **5.1. Kesimpulan**

Beton merupakan salah satu material yang penting dalam pembangunan infrastruktur, namun persediaannya cenderung berkurang seiring berjalannya waktu. Melalui dukungan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, bahan-bahan pembentuk beton dapat diinovasikan menjadi lebih ramah lingkungan, kuat, dan efisien. Berbagai alternatif bahan telah diusulkan untuk menggantikan komponen-komponen beton, termasuk agregat kasar, agregat halus, dan bahkan semen.

Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan limbah bata Penggaron sebagai pengganti agregat kasar dalam beton telah menunjukkan kuat tekan yang sangat tinggi, dengan biaya produksi yang lebih rendah daripada beton konvensional, ditambah dengan penambahan zat aditif sikament NN untuk meningkatkan mutu. Tekstur kasar dan kekuatan bata Penggaron menjadi faktor penting dalam mencapai kuat tekan optimum pada beton dengan limbah bata Penggaron.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proporsi optimal untuk penggunaan bata Penggaron sebagai pengganti agregat kasar adalah sebesar 60% dari total kebutuhan agregat kasar dalam desain. Meskipun demikian, beton tetap memerlukan kerikil dalam pembuatannya agar proses pelekatan antar agregat dapat berjalan dengan lancar. Inovasi ini juga memengaruhi perkiraan biaya (RAB) proyek, di mana beton librosinn menawarkan solusi yang lebih ekonomis dan efisien dibandingkan dengan beton konvensional.

### **5.2. Saran**

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan pengujian beton dengan campuran limbah batu bata Penggaron yang dikombinasikan dengan limbah lain untuk menghasilkan beton bermutu tinggi yang lebih ekonomis.

## **Daftar Pustaka**

- [1] Direktorat Jendral Pekerjaan Umum, Penelitian Daur Ulang Agregat Campuran Beton. Kementerian Pekerjaan Umum. Juni 2022
- [2] Putra, DBA., Potensi Limbah Batu Bata Penggaron Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Agregat Ringan Pada Pembuatan Beton Ringan Mutu Tinggi, Universitas 17 Agustus 1945 Semarang. 2019
- [3] Elianora, S, A. 2010, Variasi Tanah Lempung Tanah Lanau dan Pasir Sebagai Bahan Campur Batu Bata. Jurnal Teknobiologi.
- [4] Mohamad, R.M., Rachman, A., Mointi, R., Kuat Tekan Beton Untuk Mutu Tinggi 45



- MPa Dengan Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen. RADIAL Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa, dan Teknolodi, Sekolah Tinggi Teknik (STITEK) Bina Taruna Gorontalo, Vol. 8, No. 1. Juni 2020.
- [5] Marthasari, D. Y., Romadhon, E. S., Analisis Kekuatan Tekan Beton Dengan Aggregate Kasar Dari Beton Daur Ulang. Jurnal Teknik Sipil – Arsitektur, Vol. 20, No.1, Mei 2021.
- [6] Hamid, D.A., As'ad, S., Safitri, E., Penggunaan Agregat Daur Ulang Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Berkinerja Tinggi Grade 80. e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL, Vol. 2, No. 2, Hal 43-49, Juli 2014.
- [7] Rahman, F.I., Tambunan, A.K., Djakfar, L., Kajian Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Material Cement Treated Base (CTB). Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- [8] Badan Standardisasi Nasional. SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Badan Standardisasi Nasional. Indonesia
- [9] Badan Standardisasi Nasional. SNI 03-2816-2014 Metode Uji Bahan Organik dalam Agregat Halus untuk Beton. Badan Standardisasi Nasional. Indonesia
- [10] Badan Standardisasi Nasional. SNI 03-1968-1990 Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. Badan Standardisasi Nasional. Indonesia
- [11] Badan Standardisasi Nasional. SNI 03-1970-2016 Metode Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. Badan Standardisasi Nasional. Indonesia
- [12] Badan Standardisasi Nasional. SNI 03-6827-2002 Metode Pengujian Waktu Ikut Awal Semen. Badan Standardisasi Nasional. Indonesia
- [13] Badan Standardisasi Nasional. SNI 03-2417-2008 Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles. Badan Standardisasi Nasional. Indonesia
- [14] Badan Standardisasi Nasional. SNI 03-4804-1998 Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Agregat. Badan Standardisasi Nasional. Indonesia
- [15] Badan Standardisasi Nasional. SNI 03-1971-1990 Metode Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar. Badan Standardisasi Nasional. Indonesia
- [16] Badan Standardisasi Nasional. SNI 03-2834-2000 Perencanaan Campuran Beton (Mix Design). Badan Standardisasi Nasional. Indonesia
- [17] Badan Standardisasi Nasional. SNI 03-1972-1990 Metode Pengujian Slump Beton Segar. Badan Standardisasi Nasional. Indonesia
- [18] Badan Standardisasi Nasional. SNI 03-2458-2008 Metode Pengambilan Contoh Untuk Campuran Beton Segar. Badan Standardisasi Nasional. Indonesia



- [19] Badan Standardisasi Nasional. SNI 03-7656-2012 Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat, dan Berat Massa. Badan Standardisasi Nasional. Indonesia
- [20] Badan Standardisasi Nasional. SNI 03-4810-2013 Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Lapangan. Badan Standardisasi Nasional. Indonesia
- [21] Badan Standardisasi Nasional. SNI 03-1974-1990 Metode Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder yang Dicitak. Badan Standardisasi Nasional. Indonesia
- [22] Standar Nasional Indonesia, SNI 03-1974-2011, Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder, 2011.