



PEMANFAATAN LIMBAH BATU BATA KLINKER SEBAGAI BAHAN PENGGANTI AGREGAT HALUS DAN KASAR PADA CAMPURAN BETON

Meisyah Irawana¹, Dwi Talitha Salsabila², Sukarman³, Dafrimon⁴, Fido Yurnalis^{5*}

^{1,2} Perancangan Jalan dan Jembatan, Politeknik Negeri Sriwijaya

^{3,4,5*} Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya

*Corresponding Author : fido.yurnalis@polsri.ac.id

ABSTRACT

Concrete constitutes a blend of various constituents, including Portland cement, coarse aggregate (crushed stone), fine aggregate (sand), and water. As the availability of natural resources diminishes, the escalating demand for infrastructure construction could lead to environmental repercussions if these resources are incessantly exploited. The region of South Sumatra, particularly in the Lubuklinggau vicinity, houses numerous red brick factories. Byproducts of these factories comprise Clinker/Scorched Brick Waste, characterized by its lightweight, impermeable, durable, and non-biodegradable nature. This study aims to effectively employ this waste to produce concrete that is not only of superior quality but also economically viable. The research findings reveal that using clinker brick waste to replace fine and coarse aggregates in a 28-day concrete mix: at 25% BBK, the concrete possesses an average compressive strength of 26.556 MPa; at 50% BBK, it reaches 34.882 MPa; at 75% BBK, it registers 26.104 MPa; and at 100% BBK, it amounts to 17.55 MPa. Evidently, a remarkable surge in compressive strength occurs at the 50% BBK variation, with a substantial 36.291% increase (34.882 MPa) compared to the average compressive strength of conventional concrete (25.594 MPa).

Keywords : Concrete, Natural Resources, Clinker, Concrete Compressive Strength.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan infrastruktur terus berkembang, sejauh ini material yang digunakan untuk membangun infrastruktur umumnya menggunakan beton. Beton merupakan hasil perpaduan beberapa komponen, melibatkan bahan pokok seperti semen Portland yang dicampur dengan air, batu pecah, pasir, dan bahan ekstra sesuai kebutuhan sehingga setelah mengeras akan membentuk masa padat (Tampubolon, 2022). Penggunaan agregat kasar dan agregat halus jika digunakan secara terus menerus dengan jumlah yang banyak tentunya akan berdampak terhadap lingkungan yang dapat menyebabkan berkurangnya ketersediaan agregat di alam hingga mengalami kerusakan lingkungan.

Berbagai inovasi konstruksi bangunan telah banyak dilakukan seiring dengan perkembangan zaman yang ada, jika ditelaah dari segi penggunaan

material bahan bangunan, telah banyak ide-ide baru yang dapat dituangkan kedalam inovasi bahan pembentuk beton, contohnya seperti pemanfaatan limbah. Limbah merupakan hasil dari pembuangan baik dalam rangkaian produksi industri maupun dalam sisa-sisa rumah tangga. Limbah digunakan untuk bahan konstruksi bangunan harus memenuhi syarat dan mengandung unsur – unsur senyawa yang tidak berbahaya bagi kesehatan, serta tidak bertolak belakang dengan sifat semen sebagai bahan perekat.

Pada setiap proses produksi suatu produk, ada kemungkinan akan terdapat beberapa produk gagal yang tidak bisa digunakan dan nantinya akan menjadi limbah, contohnya seperti pada proses produksi batu bata merah. Produk gagal dari produksi batu bata merah ini disebut dengan limbah batu bata gosong/batu bata klinker. Limbah batu bata klinker ini bersifat keras, berwarna merah kehitam-hitaman, memiliki bentuk fisik yang gosong dengan ukuran yang tidak beraturan, sehingga menyebabkan limbah tersebut tidak dapat digunakan untuk suatu pekerjaan konstruksi (Yurnalis, 2016).

Menurut Alkhaly (2015), limbah batu bata klinker terjadi karena mengalami suhu yang berlebih pada saat batu bata merah dibakar akibat posisi batu bata merah yang terpapar langsung dengan api. Batu bata klinker merupakan jenis limbah yang tidak dapat mengalami degradasi alami di lingkungan, dimana limbah tersebut jika tidak dimanfaatkan maka dapat menumpuk dan dapat menurunkan kualitas kesuburan pada tanah hingga berpotensi merusak lingkungan.

Di Sumatera Selatan khususnya daerah Lubuklinggau, terdapat banyak pabrik pembuatan batu bata merah, dalam hal ini tentunya akan menghasilkan limbah yang banyak juga. Jika limbah tersebut dibiarkan saja, maka limbah tersebut akan menumpuk pada suatu tempat sehingga air sulit untuk meresap kedalam tanah, hal ini dikarenakan oleh sifat fisis yang dimiliki limbah batu bata klinker yang keras, ringan dan kedap air. Sehingga, jika limbah tersebut tercampur pada tanah tentunya dapat mengurangi kesuburan tanah dan tanaman hijau sulit untuk tumbuh di area tumpukan limbah, bahkan ketika musim hujan dapat menimbulkan genangan air yang dapat merugikan warga sekitar bahkan berpotensi banjir.

Pemanfaatan penggunaan limbah pada pembuatan beton dapat menjadi salah satu alternatif sebagai bahan pengganti agregat agar dapat meminimalisir pengambilan agregat di alam secara terus menerus dengan jumlah yang banyak. Novan, salah satu pemilik pabrik batu bata merah yang ada di Lubuklinggau, Provinsi Sumatera Selatan, mengatakan bahwa dalam satu kali proses pembakaran batu bata merah sebanyak 80.000 buah batu bata pada satu tungku, akan mengalami kegagalan sebanyak 5000 - 7000 menjadi batu bata klinker. Di daerah lain, menurut Sudirman, salah satu pemilik pabrik batu bata merah yang ada di Lam Ateuk, Aceh Besar, mengatakan bahwa dalam sekali pembakaran batu bata merah sebanyak 3500 buah batu bata di dalam satu tungku, ini akan mengalami kegagalan (batu bata menjadi gosong dan bentuknya tidak beraturan) sebanyak 100 hingga 200 buah batu bata atau tingkat kegagalan mencapai 5,8 % (Yurnalis, 2016).

Dengan demikian pada penelitian ini kami bertujuan untuk memanfaatkan limbah yang ada di lingkungan sekitar secara optimal yakni pada limbah batu bata klinker sebagai pengganti agregat dalam komposisi beton. Pemanfaatan limbah ini diharapkan agar dapat mengurangi dampak terhadap lingkungan dan mampu menghasilkan kualitas beton yang memenuhi standar dengan biaya yang ekonomis dan bahan yang mudah didapatkan, sehingga dapat meminimalisir penggunaan material yang berasal dari alam untuk pembuatan beton dengan demikian pembangunan dapat terus berlanjut tentunya dengan tetap menjaga kelestarian alam.

1.2. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengidentifikasi dampaknya, menilai kekuatan tekan beton, menentukan nilai yang paling optimal dalam pemanfaatan limbah batu bata klinker pada campuran beton, serta memanfaatkan limbah batu bata klinker tersebut secara optimal dan meminimalisir pengambilan agregat di alam agar lingkungan tetap terjaga dengan hasil beton yang lebih kuat, ekonomis dan bahan yang mudah didapatkan.

Manfaat dari penelitian ini adalah mengurangi dampak lingkungan yang diakibatkan oleh limbah batu bata klinker dan dampak dari pengambilan agregat di alam secara terus-menerus dengan jumlah yang banyak, dan menjadi opsi untuk pengembangan pembangunan dimasa mendatang.

1.3. Batasan Masalah

Batasan-batasan yang terdapat pada penelitian ini mencakup:

- Batu bata klinker yang digunakan berasal dari Lubuklinggau, Sumatera Selatan.
- Variasi limbah batu bata klinker yang digunakan sebagai pengganti agregat halus dan kasar adalah variasi (25, 50, 75 dan 100) %.
- Beton yang berbentuk silinder dimensi ukuran cetakan 15cm x 30cm.
- Jumlah sampel uji terdiri dari 5 sampel beton biasa dan 5 sampel untuk setiap variasi beton dengan campuran limbah batu bata klinker. Sehingga total keseluruhan benda uji sebanyak 25.
- Pengujian kekuatan tekan beton dilaksanakan ketika beton mencapai umur 28 hari.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Lab Jurusan Teknik Sipil POLSRI Palembang.

2.2. Bahan

Penelitian menggunakan bahan berupa semen Baturaja, pasir Tanjung raja, *split* cilegon, dan bahan pengganti agregat berupa batu bata klinker.

2.3. Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini akan informasi utama akan diperoleh dari hasil pengujian. Dengan melaksanakan pengujian berikut ini:

- ❖ Pengujian sifat fisis agregat halus dan kasar dalam komposisi beton, meliputi:
 - i. Pengujian analisa gradasi agregat halus dan kasar mengacu pada SNI 03:1968:1990.
 - ii. Pengujian f_{ck} dan penyerapan agregat halus yang berpedoman pada SNI:1970:2008, sementara itu agregat kasar berpedoman pada SNI:1969:2008.

- iii. Pengujian bobot isi (ag halus dan kasar) mengacu pada SNI 03:4804:1998.
- iv. Pengujian (kadar air) ag halus dan kasar yang berpedoman SNI 03:1971:1990.
- v. Pengujian kadar lumpur ag halus dan kasar berpedoman SNI 03:4142:1996.
- ❖ Pengujian Sifat Fisis Semen *Portland*
 - i. Pengujian bj semen berpedoman pada SNI 15:2049:2004.
 - ii. Uji konsistensi semen yang berpedoman pada ASTM C 187.
 - iii. Uji waktu ikat *cement portland* yang berpedoman SNI 15:2049:2004.
- ❖ Pembuatan Benda Uji yang berpedoman pada SNI:2493:2011.
- ❖ Pengujian *Slump* Beton yang berpedoman pada SNI:1972:2008.
- ❖ Perawatan Benda Uji yang berpedoman pada SNI:2493:2011.
- ❖ Pengujian Kuat Tekan Beton yang berpedoman pada SNI 1974-201

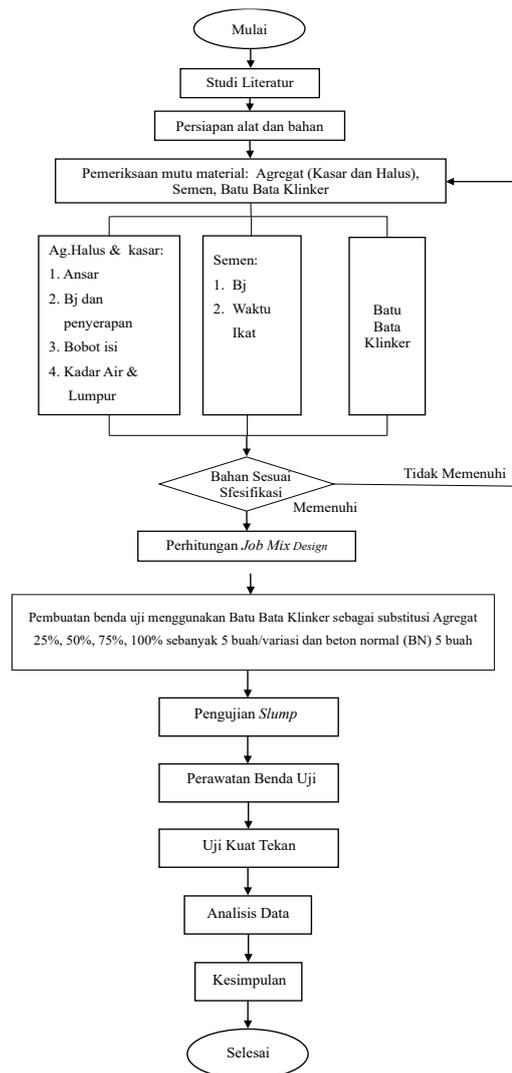
2.4 Perencanaan Benda Uji

Pembuatan sampel uji dicetak dengan menggunakan cetakan silinder dengan dimensi ukuran cetakan 15cm x 30cm. Adapaun total benda uji yang direncanakan sebanyak 25 buah yang terdiri dari 5 buah beton normal dan masing-masing 5 buah beton bervariasi (25%, 50%, 75% dan 100%) dengan bahan pengganti agregat halus dan kasar menggunakan batu bata klinker. Kuat tekan yang direncanakan adalah sebesar 25Mpa terhadap beton Normal. Masing- masing benda uji dilakukan uji kuat tekan ketika beton mencapai umur 28 hari. Rencana benda uji tercantum dalam Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Variasi dan Jumlah sampel yang direncanakan

Variasi Sampel	Total Sampel	Umur Beton
BN	5	28
BV 25%	5	28
BV 50%	5	28
BV 75%	5	28
BV 100%	5	28

2.5. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Komposisi Campuran Beton

Komposisi campuran beton dihitung berdasarkan formula job mix yang telah dihitung dan direncanakan. Komposisi campuran beton ini dilakukan untuk mengetahui jumlah dari penggunaan setiap komponen penyusun beton, termasuk jumlah semen, ag.halus, ag.kasar, dan air. Adapun komposisi dari bahan penyusun beton biasa dan beton bervariasi yang telah direncanakan tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2 Komposisi Campuran Beton Normal

Kode	Semen (Kg)	Ag. Halus	Ag. Kasar	Air
		Pasir (Kg)	Split (Kg)	
BN	12,0	17,0	31,5	6,0

Dari komposisi campuran beton normal, maka dapat dihitung proporsi campuran beton variasi dengan mengalikan setiap komposisi bahan penyusun beton normal dengan variasi 25%, 50%, 75% dan 100%. Adapun proporsi yang didapat tertera dalam tabel 3 di bawah ini :

Tabel 3. Komposisi Beton Variasi

K O D E	Se- men (Kg)	Ag. Halus Pasir (Kg)	Ag. Halus BBK (Kg)	Ag. Kasar Split (Kg)	Ag. Kasar BBK (Kg)
BV 25%	12	12,75	4,25	23,60	7,90
BV 50%	12	8,50	8,50	15,80	15,80
BV 75%	12	4,25	12,75	7,90	23,60
BV 100%	12	-	17,00	-	31,50

3.2. Hasil Pengujian Agregat

Pada penelitian ini meliputi beberapa pengujian untuk sifat fisis agregat, yakni ag halus (Pasir dan Batu bata klinker) dan ag kasar (*Split* dan Batu bata klinker). Hasil pengujian karakteristik fisis ag.halus dan kasar tertera pada Tabel 4 dan Tabel 5 berikut:

Tabel 4. Rekapitulasi Pengujian Ag.Halus (Pasir dan Batu bata klinker).

Pengujian	Agregat Halus		Spek
	Pasir	BBK	
Analisa Saringan	3,83	4,83	-
Berat Jenis kering	2,382	2,397	Min 2,4
BJ kering permukaan	2,451	2,461	Min 2,4
BJ Semu	2,558	2,560	Min 2,4
BJ Efektif	2,470	2,479	Min 2,4
Penyerapan	2,881	2,669	Maks 3
Bobot Isi Gembur	1,182	1,188	Min 1,1
Bobot Isi Padat	1,226	1,278	Min 1,1
Kadar Air	9,673	0,130	-
Kadar Lumpur	3,849	1,402	5 %

Berdasarkan hasil data pengujian di atas terhadap karakteristik fisis ag.halus, dapat disimpulkan jika agregat halus yang digunakan telah memenuhi spesifikasi.

Tabel 5. Rekapitulasi Pengujian Ag.Kasar (*Split* dan Batu bata klinker)

Jenis Pengujian	Hasil		Spek
	Agregat Halus Pasir	BBK	
Analisa Saringan	3,83	2,90	-
Berat Jenis kering	2,573	2,467	Min 2,4
BJ kering permukaan	2,665	2,461	Min 2,4
BJ Semu	2,831	2,651	Min 2,4
BJ Efektif	2,748	2,580	Min 2,4
Penyerapan	3,659	1,194	Maks 3
Bobot Isi Gembur	1,387	0,887	Min 1,1
Bobot Isi Padat	1,508	0,945	Min 1,1
Kadar Air	3,902	0,045	-
Kadar Lumpur	7,148	0,085	1 %
Kekerasan Ag	1,80	2,67	Maks 40%

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisis agregat kasar, oleh karena itu dapat ditarik kesimpulan bahwa ag.kasar yang dipakai telah memenuhi standar spesifikasi, akan tetapi untuk kadar lumpur melebihi kadar maksimal sehingga sebelum dilakukan pencampuran beton maka dilakukan pembersihan agregat kasar terlebih dahulu dengan cara mencuci agregat tersebut.

3.3. Hasil Pengujian Semen

Pada pengujian sifat fisis semen terdapat beberapa pengujian adalah seperti di bawah ini :

a. Pengujian bj semen

Tabel 6. Pengujian bj semen

Pengujian	Satuan	Pengujian	
		1	2
Massa Botol + Kerosin	Gr	318,30	318,00
Massa Botol + Semen + Kerosin	Gr	382,80	383,00
Massa Semen	Gr	64,50	65,00
Bacaan Awal	Cc	0,80	0,60
Bacaan Akhir	Cc	21,40	21,40
Densitas	gr/cm ³	3,13	3,13
Rata-rata	gr/cm ³	3,13	

Berdasarkan data pengujian bj semen pada tabel 6 di atas maka didapat hasil berat jenis semen sebesar 3,13. Nilai tersebut telah memenuhi SNI 15:2049:2004 dengan kisaran 3,00 hingga 3,20 gr/cm³.

b. Pengujian waktu ikat semen

Tabel 7. Pengujian waktu ikat semen

No	Waktu (menit)	Penurunan (mm)
1	0,0	41,5
2	15,0	41,0
3	30,0	40,5
4	45,0	40,0
5	60,0	17,0
6	75,0	6,5
7	90,0	5,0
8	105,0	0,5
9	120,0	0,0

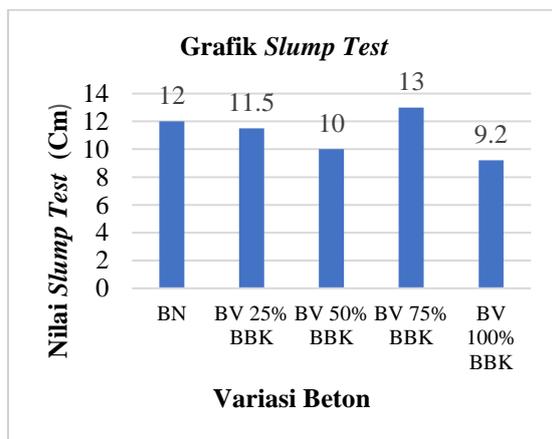
Berdasarkan data di atas maka ddidapat waktu ikat semen pada penurunan 0 terjadi dalam waktu 120 menit.

3.4. Hasil Pengujian Beton

Hasil pengujian beton meliputi beberapa pengujian yakni *slump test* beton, bobot isi dan uji kuat tekan beton.

a. Pengujian *Slump* Beton

Pengujian *slump test* beton dilakukan untuk mengetahui kemudahan suatu pengerjaan pada beton segar. Adapun hasil pengujian tercantum pada Gambar 2 sebagai berikut :



Gambar 2 Grafik *slump* beton

Berdasarkan grafik di atas, menunjukkan bahwa nilai *slump* pada beton mengalami kenaikan dan penurunan disetiap variasi beton. Nilai *slump* beton normal adalah sebesar 12, beton variasi 25%

BBK adalah sebesar 11,5, beton variasi 50% BBK adalah sebesar 10, beton variasi 75% BBK adalah sebesar 13 dan beton variasi 100% BBK adalah sebesar 9,2. Semakin tinggi nilai *Slump*, semakin mudah pengerjaan beton (*workability*), tetapi jika nilai *Slump* terlalu tinggi, kekuatan tekan beton yang dihasilkan menjadi lebih rendah, dan kualitas beton mengalami penurunan.

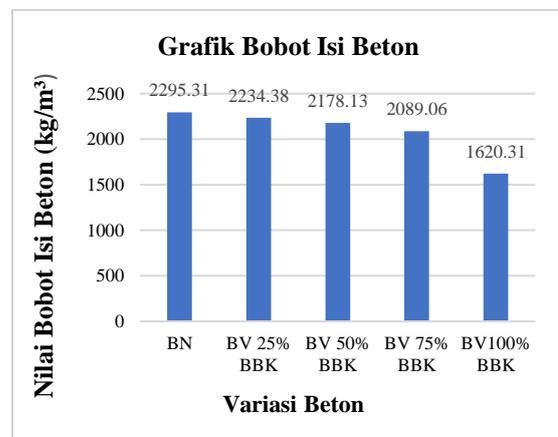
b. Pengujian Bobot Isi Beton

Nilai bobot isi beton didapat pada saat proses pembuatan benda uji berlangsung, adapun nilai yang bobot isi beton dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut,

Tabel 8 Bobot isi beton

Pengujian	BN	BV 25%	BV 50%	BV 75%	BV 100%
Berat Bejana Kosong	6090	6090	6090	6090	6090
Berat Bejana + Air	12490	12490	12490	12490	12490
Volume Bejana	0,0064	0,0064	0,0064	0,0064	0,0064
Berat Bejana + Beton	20780	20390	20030	19460	16430
Berat Beton	14690	14300	13940	13370	10340
Bobot Isi Beton	2295,3	2234,38	2178,13	2089,06	1615,6
Vol Beton					

Dari data pengujian bobot isi, maka dapat dilihat perbandingan bobot isi pada masing-masing variasi beton pada gambar 3 berikut ini:



Gambar 3 Grafik bobot isi beton

Berdasarkan pada gambar 3 grafik bobot isi beton didapat bobot isi beton normal sebesar 2295,31 kg ; beton variasi 25% sebesar 2234,38

kg; beton variasi 50% sebesar 2178,13 kg; beton variasi 75 % sebesar 2089,06kg; beton variasi 100% sebesar 1620,31kg. Maka dapat disimpulkan bahwa bobot isi campuran beton yang menggunakan variasi batu bata klinker memiliki kepadatan yang lebih rendah dibandingkan dengan beton normal.

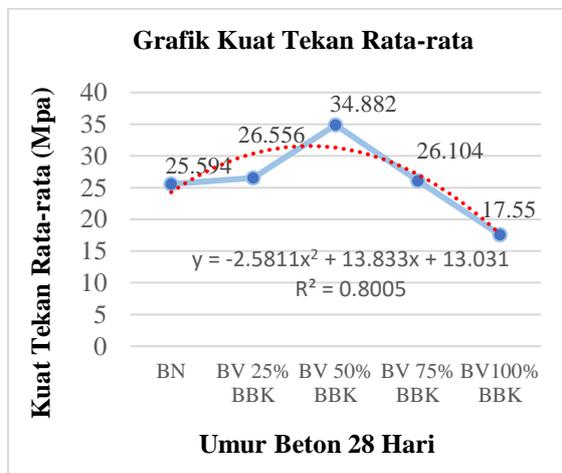
c. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pada uji kuat tekan beton tercantum pada **Tabel 9** dan **Gambar 4** sebagai berikut:

Tabel 9. Nilai kuat tekan rata-rata beton normal dan beton variasi

Kode Sampel	Kuat Tekan (Mpa)	Umur (Hari)
BN	25,594	
BV 25%	26,556	
BV50%	34,882	28
BV75%	26,104	
BV100%	17,550	

Dari nilai rata-rata kekuatan tekan pada beton normal dan berbagai variasi beton yang telah tercantum di atas, dihasilkan grafik perbandingan kekuatan tekan sebagaimana tergambar pada Gambar 4 di bawah ini:



Gambar 4.. Grafik nilai kuat tekan rata-rata beton normal dan beton variasi

Berdasarkan hasil keseluruhan pengujian kuat tekan beton ketika beton mencapai umur 28 hari terjadi kenaikan dan penurunan kuat tekan. Seperti pada Gambar 4.11 bahwa grafik menunjukkan perbandingan nilai kekuatan tekan beton normal dengan nilai 25,594Mpa, beton variasi 25% BBK dengan nilai 26,556Mpa, beton variasi 50% BBK sebesar 34,882Mpa, beton variasi 75% BBK sebesar 26,104 Mpa dan beton variasi 100% BBK sebesar 17,550 Mpa.

Kuat tekan optimum pada penelitian ini dengan pemanfaatan limbah batu bata klinker sebagai substitusi agregat terdapat pada beton variasi 50% BBK dengan nilai kuat tekan sebesar 34,882 Mpa. Hal ini menunjukkan bahwa beton variasi 50% BBK mengalami peningkatan kuat tekan yang sangat signifikan terhadap beton normal. Sedangkan untuk beton variasi 25% dan beton variasi 75%, angka kekuatan tekan yang berhasil dicapai oleh masing-masing adalah 26,556 Mpa dan 26,104 Mpa, tentunya pada beton variasi tersebut juga mengalami kenaikan kuat tekan dibandingkan dengan kekuatan tekan beton normal yakni sebesar 25,594. Pada beton variasi 100%, nilai kuat tekan beton adalah sebesar 17,55 Mpa, maka nilai kuat tekan beton variasi 100%, lebih kecil dibandingkan dengan kekuatan tekan beton normal dan juga tidak mencapai kekuatan tekan yang ditargetkan yakni 25Mpa.

Kenaikan dan penurunan kekuatan tekan tersebut tentunya dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah faktor nilai *Slump*., dimana pada proses pembuatan benda uji untuk nilai *slump* beton seperti yang tertera pada Tabel 4.27 bahwa nilai *slump* setiap variasi berbeda-beda, seperti yang diketahui bahwa semakin besar angka *slump* maka semakin lancar proses pengerjaan akan tetapi dengan nilai *slump* yang tinggi hal tersebut dapat mengurangi mutu dari beton yang dibuat.

Penurunan kuat tekan pada variasi 75% dan variasi 100% juga dipengaruhi oleh agregat halus yang digunakan dengan butir agregat halus batu bata klinker yang lebih kasar dibandingkan dengan butir agregat halus yang digunakan pada variasi 25% dan 50%. Selain itu, penurunan kekuatan tekan juga dipengaruhi oleh faktor pengerjaan beton saat proses pencampuran beton sebelum dicor ke dalam cetakan, sedangkan adukan beton dibiarkan terlalu lama sehingga beton lebih sulit untuk dicetak dan mengakibatkan mutu beton tersebut menurun.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, berikut adalah kesimpulan yang dapat diambil:

- ❖ Dari hasil penelitian yang telah dilakukan di Lab Teknik Sipil POLSRI, dengan substitusi agregat halus dan kasar menggunakan BBK, ditemukan bahwa terdapat peningkatan yang sangat signifikan dalam kekuatan tekan beton pada beberapa variasi dengan penggunaan limbah BBK, sementara pada variasi lainnya, beton mengalami penurunan kekuatan tekan dibandingkan dengan beton normal yakni:
 - i. Pada saat beton mencapai umur 28 hari dengan substitusi agregat halus dan kasar menggunakan BBK terhadap beton normal yaitu pada variasi 25% BBK terjadi

kenaikan kuat tekan beton 3,759% sebesar 26,556 Mpa, pada variasi 50% BBK beton mengalami kenaikan kuat tekan beton yang sangat signifikan dengan kenaikan 36,291% sebesar 34,882 Mpa, pada variasi 75% BBK beton mengalami kenaikan kuat tekan terhadap beton normal dengan kenaikan 1,993% sebesar 26,104 Mpa, sedangkan pada variasi 100% BBK terjadi penurunan kuat tekan beton 31,429% sebesar 17,550 Mpa.

ii. Beton dengan kisaran umur 28 hari yang mengalami kuat tekan optimal terjadi dalam variasi 50% BBK dengan kenaikan kekuatan tekan beton yang signifikan yakni 34,882Mpa terhadap kekuatan tekan beton normal sebesar 25,594 Mpa.

- ❖ Pemanfaatan Limbah Batu bata klinker ini dapat meningkatkan kuat tekan yang signifikan dengan substitusi agregat halus dan agregat kasar hingga 50%.
- ❖ Penggunaan batu bata klinker ini pada pembuatan beton dapat menjadi salah satu alternatif pengganti agregat, untuk melesarkan agregat yang bersumber dari alam seperti *Split* dan Pasir dari sungai ataupun *Split* dari pegunungan

4.1. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, berikut adalah beberapa saran untuk penelitian selanjutnya:

- ❖ Penelitian selanjutnya dapat melakukan pengujian unsur senyawa yang terkandung pada agregat halus dari batu bata klinker.
- ❖ Disarankan untuk menggunakan agregat halus batu bata klinker pada zona II.
- ❖ Pada saat memasukkan adukan beton kedalam cetakan agar tidak membiarkan adukan beton terlalu lama, karna dapat menyebabkan adukan beton mengeras dan sulit dimasukkan kedalam cetakan hingga menyebabkan penurunan pada mutu beton.

Daftar Pustaka

- [1] Alkhaly, Yulius Rief., Rozi, Fakhru, (2015) : Pengaruh Substitusi Agrgat Kasar dengan Pecahan Batu Bata Klinker Terhadap Kuat Tekan Beton Normal.
- [2] Badan Standarisasi Nasional, (1990) :Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. SNI 03:1968:1990, BSN, Jakarta.
- [3] Badan Standarisasi Nasional, (1990) : Metode Pengujian Kadar Air Agregat. SNI 03:1971:1990, BSN, Jakarta.
- [4] Badan Standarisasi Nasional, (1996) :Metode Pengujian Kadar Lumpur Agregat. SNI 03:4142:1969, BSN, Bandung.
- [5] Badan Standarisasi Nasional, (1998) : Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara Dalam Agregat. SNI 03:4804:1998, BSN, Jakarta.
- [6] Badan Standarisasi Nasional, (2000) : Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. SNI 03-2834-2000, BSN, Jakarta.
- [7] Badan Standarisasi Nasional, (2002) : Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Normal. SNI 03-2834-2000, BSN, Bandung.
- [8] Badan Standarisasi Nasional, (2002) : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version). SNI 03-2847-2002, BSN, Bandung.
- [9] Badan Standardisasi Nasional, (2004) : Semen *Portland*. SNI 15-2049-2004, BSN, Jakarta.
- [10] Badan Standarisasi Nasional, (2008) : Cara Uji Slump Beton. SNI 1972-2008, BSN, Jakarta.
- [11] Badan Standarisasi Nasional, (2008) : Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. SNI 1970-2008, BSN, Bandung.
- [12] Badan Standarisasi Nasional, (2008) : Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. SNI 1969-2008, BSN, Bandung.
- [13] Badan Standarisasi Nasional, (2011) :Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium. SNI 2493-2011, BSN, Jakarta.
- [14] Badan Standarisasi Nasional, (2011) :Tata Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder. SNI 1974-2011, BSN, Jakarta.
- [15] *Standard Test Method For Amount, (2011): Water Required For Consistency Of Hydraulic Cement Paste ASTM C187, 2011 Edition, English.*
- [16] Tampubolon, Sudarno P. (2022). Struktur Beton 1. Jakarta: Universitas Kristen Indonesia: Jakarta.
- [17] Yurnalis, Fido et.al. 2016. Beton Ringan dengan Limbah Bata Merah sebagai Alternatif Pengganti Agregat. Aceh: Universitas Syiah Kuala