

AGREGAT BETON DAUR ULANG DARI LIMBAH BATA RINGAN SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT NATURAL PADA BETON NORMAL

Tarmizi Taher¹, Suharwanto^{2*}, Komarudin³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wiralodra, Indramayu 45213
Email: suharwanto.ft@unwir.ac.id

Abstract

Building materials in unused civil construction work produce a lot of waste, one of which is lightweight brick, the purpose of this study is to determine how much influence lightweight brick has as a substitute for coarse aggregate in a concrete mixture with a mixed variety of 0%, 25%, 50%, 75 %, and 100%. The test object used is a cylinder with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm, the planned concrete quality is K25 and K30 with compressive strength testing at the age of 3, 7, 14, 28 days while the tensile strength test is only at the age of 28 days. The design quality of 25 MPa of concrete is achieved in normal concrete with a concrete age of 28 days with a concrete quality of 25.28 MPa. The average compressive strength of concrete with variations of light brick as a substitute for coarse aggregate is not able to achieve the planned concrete quality. The planned concrete quality of 30 MPa was achieved in normal concrete with a concrete age of 28 days with a concrete quality of 30.09 MPa. The average compressive strength of concrete with variations of light brick as a substitute for coarse aggregate is not able to achieve the planned concrete quality. The average indirect tensile strength of normal concrete will decrease with the increase in the percentage of the lightweight brick mixture as a substitute for coarse aggregate in both the 25 MPa and 30 MPa concrete quality plans.

Keywords: Recycled concrete, lightweight brick waste, compressive strength, tensile strength

Abstrak

Bahan bangunan pada pekerjaan konstruksi sipil yang tidak terpakai banyak menghasilkan limbah, salah satunya limbah yaitu bata ringan, tujuan penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruh bata ringan sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran beton dengan variasi campuran 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Benda uji yang digunakan adalah silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, mutu beton yang direncanakan adalah K25 dan K30 dengan pengujian kuat tekan pada umur 3, 7, 14, 28 hari sedangkan untuk pengujian kuat tarik hanya pada umur 28 hari. Desain mutu beton 25 MPa tercapai pada beton normal dengan umur beton 28 hari dengan mutu beton sebesar 25,28 MPa. Kuat tekan rata-rata beton dengan variasi batu bata ringan sebagai substitusi agregat kasar tidak mampu mencapai mutu beton yang direncanakan. Rencana mutu beton 30 MPa tercapai pada beton normal dengan umur beton 28 hari dengan mutu beton sebesar 30,09 MPa. Kuat tekan rata-rata beton dengan variasi batu bata ringan sebagai substitusi agregat kasar tidak mampu mencapai mutu beton yang direncanakan. Rata-rata nilai kuat tarik tidak langsung beton normal akan menurun seiring bertambahnya presentase campuran batu bata ringan sebagai substitusi agregat kasar baik pada rencana mutu beton 25 MPa dan 30 MPa.

Kata kunci: Beton daur ulang, limbah bata ringan, kuat tekan, kuat tarik

I. PENDAHULUAN

Beton merupakan material yang menjadi kebutuhan masyarakat umum untuk sarana prasarana konstruksi yang semakin meningkat dari waktu ke waktu. Beton adalah bahan bangunan yang menggabungkan agregat kasar, agregat halus dan pengikat semen dan biasanya juga dicampurkan dengan air [1]. Beton yang baik apabila setiap partikel

agregat teraduk seluruhnya dan semua rongganya tersisi semua oleh pasta semen, selain mengisi pori-pori, pasta semen ini juga bersifat sebagai perekat dalam proses pengerasan, sehingga butiran butiran agregat saling terikat dengan kuat dan terbentuklah suatu massa yang padat. Kekuatan, keawetan, dan sifat beton yang lain tergantung pada perbandingan bahan-bahannya, cara

pengadukan maupun cara pengerjaan, cara pemadatan, dan cara perawatan selama proses pengerasan [2]. Dalam beberapa bahan pengganti agregat kasar dalam pembuatan beton salah satu bahan alternatif yang digunakan adalah limbah bata ringan. Perkembangan dunia konstruksi pada saat sekarang ini dipengaruhi oleh tingginya pemanasan global, hal ini cukup membuat *issue* yang cukup serius, sehingga banyak dari para ahli konstruksi berlomba lomba untuk mengusung konsep *green building*. Salah satu cara menerapkan konsep *green building* adalah dengan menggunakan kembali (*reuse*) material bekas atau sampah sebagai bahan tambah atau bahan pengganti pada bangunan [3].

Bata ringan dalam pembuatannya dengan memasukkan *foaming agent* kedalam campuran air, pasir dan semen. pori-pori yang terbentuk pada bata membuat bata tersebut menjadi ringan dikarenakan berkurangnya jumlah material yang digunakan [4]. *Foaming agent* bereaksi dengan kalsium hidrosida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) atau kapur nonaktif dengan air dan membentuk hidrogen. Gas hidrogen mengembang dan meningkatkan volume gelembung hingga diameter lebih dari 1/8 inchi pada campuran untuk bata ringan dan juga mempercepat pengembangan adonan bahan [5].

Berdasarkan hal diatas perlu dilakukan percobaan beton dengan mendaur ulang limbah bata ringan menjadi agregat kasar dan membandingkan dengan beton normal terhadap mutu kuat tekan yang agregatnya dari limbah dan agregat dari bahan alam apakah berpengaruh terhadap kuat tekan dan kuat tarik dari komponen struktur yang terbuat dari beton yang menggunakan agregat daur ulang.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode kuantitatif eksperimental yang mana penggunaan hipotesis ditentukan sejak awal dan pelaksanaannya, penerapan prinsip-prinsip terutama dalam pengontrolan yang akan mempengaruhi jalannya suatu eksperimen [6]. Metode eksperimental berarti melakukan pengujian di laboratorium. Penelitian ini dimulai dari pengujian kuat tekan bata ringan, persiapan limbah bata ringan, pemecahan bata ringan sebagai agregat kasar, pengujian

material pembentuk beton, perhitungan rencana campuran beton, pelaksanaan campuran beton, Pengujian beton segar (uji slump), pembuatan benda uji dan pengujian kualitas beton (uji kuat tekan, dan uji kuat tarik tidak langsung)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Saringan Gradasi

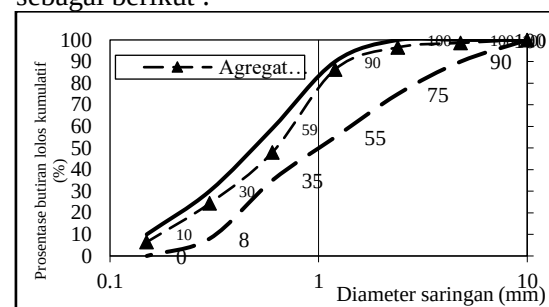
3.1.1 Uji analisa saringan agregat halus

Pada pengujian analisa saringan agregat halus menggunakan bahan berat kering 2100 gram, dan hasil uji analisa saringan agregat halus dapat dilihat dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Analisa Saringan Agregat Halus

Saringan	Berat	Jumlah Berat		Jumlah Persen	
		Tertahan	Tertahan	Tertahan	Lewat
Inc	mm				
(3/8")	10	0	0	0.00	100.00
No.4	4.8	29	29	1.38	98.62
No.8	2.4	43	72	3.43	96.57
No.16	1.2	214	286	13.62	86.38
No.30	0.6	807	1093	52.05	47.95
No.50	0.3	496	1589	75.67	24.33
No.100	0.15	376	1965	93.57	6.43
No.200	0.075	20	1985	94.52	5.48
PAN		115			

Dari hasil pengujian agregat halus yang diperoleh pada tabel 1 selanjutnya dilakukan pembuatan grafik untuk membandingkan dan mengetahui daerah yang layak untuk dijadikan sebagai material penyusunan beton yang disyaratkan. Grafik analisa saringan agregat halus dapat di lihat pada gambar 1 sebagai berikut :



Gambar 1. Kurva Gradasi Agregat halus Alam

Pada Gambar merupakan grafik pengujian hasil grafik pengujian agregat halus di atas masuk pada daerah II, yaitu masuk kategori pasir sedang dan memenuhi syarat sebagai

bahan campuran beton untuk agregat halus menurut SNI 03-1968-1990.

Selanjutnya pembuatan Modulus Halus Butir (MHB) suatu indeks dengan tujuan untuk mengukur kehalusan atau kekasaran butir agregat. Perhitungan Modulus Halus Butir (MHB) agregat halus dapat di lihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Hasil MHB Agregat Halus

Ayakan		Berat Tertinggal		
Inc	mm	Agregat Halus	Persen	Kumulatif
No. 4	4.8	29.00	1.38	1.38
No. 8	2.4	43.00	2.05	3.43
No. 16	1.2	214.00	10.19	13.62
No. 30	0.6	807.00	38.43	52.05
No. 50	0.3	496.00	23.62	75.67
No. 100	0.15	376.00	17.90	93.57
sisa		135	6.43	-
Jumlah		2100.00	100.00	239.71
Modulus Halus Butir (MHB)				2.4

Berdasarkan Tabel 2 di atas didapat Modulus Halus Butir (MHB) agregat halus sebesar 2,40 sedangkan syarat MHB agregat halus menurut SNI 0052 adalah 1,50- 3,8. Sehingga dapat di simpulkan bahwa hasil pengujian penelitian tersebut memenuhi syarat dan termasuk kedalam syarat MHB agregat halus.

3.1.2 Uji analisa saringan agregat kasar

Pada pengujian agregat kasar menggunakan bahan berat kering 1500 gram. Adapun hasil dari uji analisa saringan agregat kasar dapat di lihat dalam tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Uji Saringan Agregat Kasar

Saringan		Berat	Jumlah Berat	Jumlah Persen	
Inc	mm	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Lewat
1 1/2"	38	0.00	0.00	0.00	100
3/4"	19	13.00	13.00	0.87	99.13
3/8"	10	741	754.00	50.27	49.73
No.4	4.8	746	1500.00	100.00	0.00

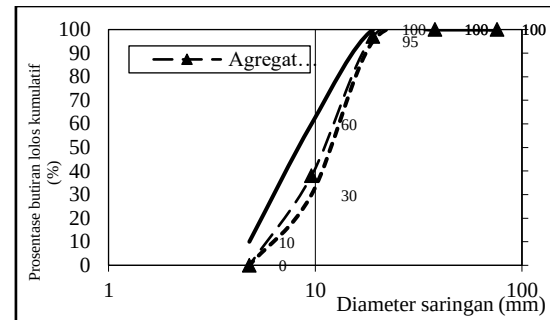
Dan pada agregat kasar menggunakan bata ringan dengan bahan berat kering 1000 gram. Adapun hasil dari uji analisa saringan agregat kasar menggunakan bata ringan dapat di lihat dalam Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Uji Saringan Agregat Kasar Bata Ringan

Saringan		Berat	Jumlah Berat	Jumlah Persen	
Inc	mm	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Lewat
1 1/2"	38	0.00	0.00	0.00	100
3/4"	19	30.00	30.00	3.00	97.00
3/8"	10	590.00	620.00	62.00	38.00
No.4	4.8	380.00	1000.00	100.00	0.00

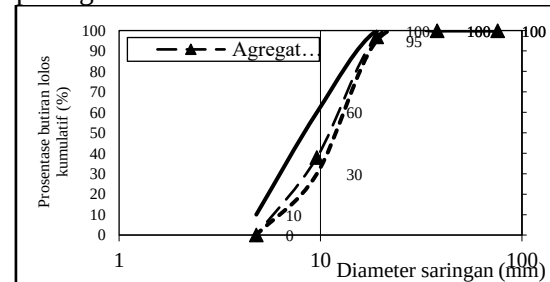
Hasil pengujian agregat kasar di atas selanjutnya di lakukan perbandingan grafik

untuk mengetahui kelayakan agregat kasar tersebut sebagai material penyusun beton yang diisyaratkan. Grafik analisa saringan agregat kasar dapat di lihat pada Gambar 2 di bawah ini :



Gambar 2. Kurva Gradasi Agregat Kasar Alam

Hasil pengujian agregat kasar menggunakan bata ringan di atas selanjutnya di lakukan perbandingan grafik untuk mengetahui kelayakan agregat kasar tersebut sebagai material penyusun beton yang diisyaratkan. Grafik analisa saringan agregat kasar menggunakan bata ringan dapat di lihat pada gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Kurva Gradasi Agregat Kasar Bata Ringan

Dari gambar grafik diatas bahwa agregat kasar tersebut memenuhi syarat sebagai bahan material beton menurut SNI 03-1968-1990 dan dibuktikan dengan grafik syarat gradasi kasar butir maksimum 20 mm. Modulus Halus Butir (MHB) adalah indeks untuk mengukur kehalusan atau kekasaran butir agregat. Dapat di lihat pada tabel 5 berikut.

Tabel 5. Hasil Uji Modulus Halus Butir (MHB)

Ayakan		Berat Tertinggal		
Inc	mm	Agregat Kasar	Persen	Kumulatif
1 1/2"	38	0.00	0.00	0.00
3/4"	19	13.00	0.87	0.87
3/8"	10	741.00	49.40	50.27
No. 4	4.8	746.00	49.73	100.00
No. 8	2.4	0.00	0.00	100.00
No. 16	1.2	0.00	0.00	100.00

No. 30	0.6	0.00	0.00	100.00
No. 50	0.3	0.00	0.00	100.00
No. 100	0.15	0.00	0.00	100.00
sisa		0.00	0.00	-
Jumlah		1500	100	651.13
Modulus Halus Butir (MHB)				6.5

Berdasarkan tabel 5 di atas didapat Modulus Halus Butir (MHB) agregat kasar sebesar 6,5 sedangkan syarat MHB agregat halus menurut SII 0052 adalah 5- 8. Sehingga dapat di simpulkan bahwa hasil penelitian tersebut masih termasuk kedalam Syarat MHB agregat kasar.

3.2 Pengujian kadar air

3.2.1 Uji kadar air agregat halus

Berikut ini hasil dari pengujian kadar air agregat halus tersebut dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Kadar Air Agregat Halus

Nomor Talam yang dipakai	1	2
1. Berat Talam + contoh basah (Gr)	1100.00	1111.00
2. Berat Talam + contoh kering (Gr)	946.00	956.00
3. Berat air = 1 - 2 (Gr)	154.00	155.00
4. Berat Talam (Gr)	100.00	111.00
5. Berat contoh kering = 2 - 4 (Gr)	846.00	845.00
6. Kadar air = 3:5 (%)	18.20	18.34
Rata-rata (%)	18.27	

Dari tabel 6 diatas diketahui bahwa hasil uji kadar air agregat halus didapatkan nilai rata-rata sebesar 18,27%.

3.2.2 Uji kadar air agregat kasar

Hasil dari pengujian kadar air agregat kasar tersebut dapat dilihat pada tabel 7 berikut.

Tabel 7. Hasil Uji Kadar Air Agregat Kasar

Nomor Talam yang dipakai	A	B
1. Berat Talam + contoh basah (Gr)	66.90	78.20
2. Berat Talam + contoh kering (Gr)	66.10	77.10
3. Berat air = 1 - 2 (Gr)	0.80	1.10
4. Berat Talam (Gr)	10.40	10.30
5. Berat contoh kering = 2 - 4 (Gr)	55.70	66.80
6. Kadar air = 3 : 5 (%)	1.44	1.65
Rata-rata (%)	1.54	

Dari tabel 7 diatas diketahui bahwa hasil uji kadar air agregat kasar didapatkan nilai rata-rata sebesar 1,54%.

3.2.3 Uji kadar air agregat kasar bata ringan

Dalam pengujian kadar air agregat kasar tiap agregat dibuat 2 (dua) sampel, berat talam dengan krikil basah pada sampel 1 sebesar 1110,00 Gram dan pada sampel II sebesar 1105,00 Gram. Berat talam dengan contoh krikil kering pada sampel 1 sebesar 948,00 Gram dan pada sampel II 956,00 Gram. Berat

air yaitu dari selisih antara berat talam dan sampel krikil kering, berat air pada sampel I yaitu di dapat sebesar 162,00 Gram dan pada sampel II yaitu sebesar 149,00 Gram. Berat talam yang digunakan dalam pengujian pada sample I yaitu 110,00 Gram dan sampel II yaitu 110,00 Gram. Berat benda uji kering agregat kasar pada sampel I yaitu sebesar 838,00 Gram dan pada sampel II yaitu sebesar 846,00 Gram. Hasil dari pengujian kadar air agregat kasar tersebut dapat dilihat pada tabel 4.8 dibawah ini.

Tabel 8. Hasil Uji Kadar Air Agregat Kasar Bata Ringan

Nama Contoh dan Kedalaman	Agregat Kasar		
Nomor Talam yang dipakai		A	B
1. Berat Talam + contoh basah	Gram	1110.00	1105.00
2. Berat Talam + contoh kering	Gram	948.00	956.00
3. Berat Air = 1 – 2	Gram	162.00	149.00
4. Berat Talam	gram	110.00	110.00
5. Berat contoh kering = 2 – 4	Gram	838.00	846.00
6. Kadar air 3 : 5	Gram	19.33	17.61
Rata-rata (%)		18.47	

3.3 Uji berat jenis dan penyerapan air

3.3.1 Uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar tersebut dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Hasil Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Uraian	Notasi	I
Berat jenis curah dalam air (sd)	$\frac{A}{(A-B)}$	2.57
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (ss)	$\frac{B}{(B-C)}$	2.67
Berat jenis semu (sa)	$\frac{A}{(A-C)}$	2.84
Penyerapan Air	$\frac{B-A}{(A)} \times 100$	3.76

Dari tabel 9 diatas diketahui bahwa berat jenis curah dalam air (Sd) sebesar 2,57 gr/cm³, berat jenis curah jenuh kering permukaan (Ss) sebesar 2,67 gr/cm³, berat jenis semu (Sa) sebesar 2,84 gr/cm³, dan penyerapan air (Sw) agregat kasar sebesar 3,76%.

3.3.2 Uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 10. Hasil Uji Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Uraian	Notasi	I	II	III
--------	--------	---	----	-----

Berat jenis curah dalam air (sd)	$\frac{A}{(B+S-C)}$	2.33	2.32	2.33
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (ss)	$\frac{S}{(B+S-C)}$	2.48	2.45	2.46
Berat jenis semu (sa)	$\frac{A}{(B+A-C)}$	2.73	2.66	2.70
Penyerapan Air	$\frac{S-A}{A} \times 100$	6.38	5.49	5.93

Dari tabel 10 diatas diketahui bahwa berat jenis curah dalam air (Sd) sebesar 2,33 gr/cm³, berat jenis curah jenuh kering permukaan (Ss) sebesar 2,46 gr/cm³, berat jenis semu (Sa) sebesar 2,70 gr/cm³, dan penyerapan air (Sw) agregat halus sebesar 5,93%.

3.3.3 Uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar bata ringan

Pada hasil uji penyerapan air agregat kasar dapat dilihat pada tabel 11 Sehingga hasil berat jenis dan penyerapan agregat kasar adalah sebesar 1,44 dan 1,51 %. Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan ini di gunakan untuk perencanaan campuran beton.

Tabel 11. Hasil Uji Berat Jenis Agregat Kasar Bata Ringan

Uraian	Notasi	I
Berat jenis curah dalam air (sd)	$\frac{A}{(B-C)}$	2.57
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (ss)	$\frac{B}{(B-C)}$	2.67
Berat jenis semu (sa)	$\frac{A}{(A-C)}$	2.84
Penyerapan Air	B-A X 100%	3.76

3.3.4 Pengujian kadar lumpur

Pengujian kadar lumpur agregat halus, agregat kasar, dan bata ringan diperoleh hasil seperti tabel dibawah ini:

Tabel 12. Hasil Pengujian Kadar Lumpur Material Penyusun Beton

No	Uraian	Perhitungan	Satuan	Agregat Halus	Agregat Kasar	Bata Ringan
1	Tinggi Pasir		ml	305	1000	400
2	Tinggi Lumpur		ml	25	50	16
3	Tinggi Lumpur + Pasir	(1+2)	ml	330	1050	416
4	Kadar Lumpur	$(\frac{2}{3}) \times 100\%$	%	7,576	4,762	3,847

Dari tabel 12 hasil pengujian kadar lumpur material penyusun beton diatas diketahui bahwa agregat halus memiliki kadar lumpur sebesar 7,576%. Agregat kasar memiliki kadar air sebesar 4,762%, sedangkan bata ringan memiliki kadar lumpur sebesar 3,847%.

3.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

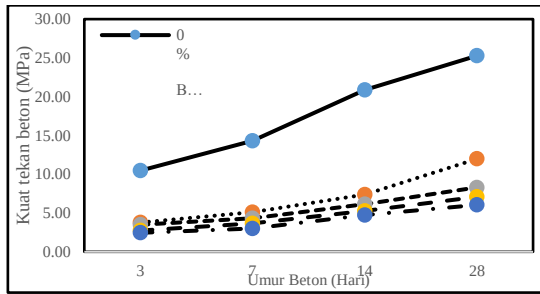
3.4.1 Hasil pengujian kuat tekan 25 MPa

Pada pengujian kuat tekan 25 MPa dengan proporsi campuran 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan umur rendaman 3 hari, 7 hari, 14, dan 28 hari. Berikut hasil pengujian kuat tekan beton

Tabel 13. Pengujian Kuat Tekan 25 Mpa

Waktu Perawatan (Hari)	Kuat Tekan Rata- Rata (MPa)				
	Variasi Beton				
	Normal	25% BR	50% BR	75% BR	100% BR
3	10,47	3,77	3,49	2,74	2,45
7	15,85	5,10	4,34	3,68	3,02
14	21,80	7,36	6,13	5,28	4,72
28	25,29	11,98	8,30	7,08	6,02

Dari tabel 13 diatas diketahui pada beton normal kuat tekan rata-rata terkecil sebesar 10,47 MPa dengan umur beton 3 hari dan kuat tekan rata-rata terbesar sebesar 25,29 MPa dengan umur beton 28 hari. Rencana mutu beton 25 MPa tercapai pada beton normal dengan umur beton 28 hari yaitu mutu beton sebesar 25,29 MPa. Pada variasi beton 25% bata ringan, kuat tekan rata-rata terkecil 3,77 MPa dengan umur beton 3 hari dan kuat tekan rata-rata terbesar sebesar 11,98 MPa dengan umur beton 28 hari. Kuat tekan rata-rata terkecil sebesar 3,49 MPa dengan umur 3 hari, sedangkan kuat tekan rata-rata terbesar sebesar 8,30 MPa dengan umur 28 hari pada variasi beton 50% bata ringan. Pada variasi beton 75% bata ringan, kuat tekan rata-rata terkecil 2,74 MPa dengan umur beton 3 hari dan kuat tekan rata-rata terbesar sebesar 7,08 MPa dengan umur beton 28 hari. Pada variasi beton 100% bata ringan, kuat tekan rata-rata terkecil 2,45 MPa dengan umur beton 3 hari dan kuat tekan rata-rata terbesar sebesar 6,04 MPa dengan umur beton 28 hari. Rencana mutu beton sebesar 25 MPa tidak tercapai pada beton dengan variasi bata ringan sebagai *substitusi* agregat kasar. Perbandingan kuat tekan beton antara beton normal dengan beton campuran bata ringan sebagai *substitusi* agregat kasar dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



Gambar 4. Kurva hubungan antara umur dan kuat tekan beton 25 MPa

Dari gambar 4 diatas diketahui bahwa rata-rata kuat tekan beton normal akan meningkat seiring bertambahnya waktu perawatan (umur beton). Sedangkan, rata-rata kuat tekan beton akan menurun seiring bertambahnya variasi bata ringan sebagai *substitusi* agregat kasar dan waktu perawatan (umur beton).

3.4.2 Hasil pengujian kuat tekan 30 MPa

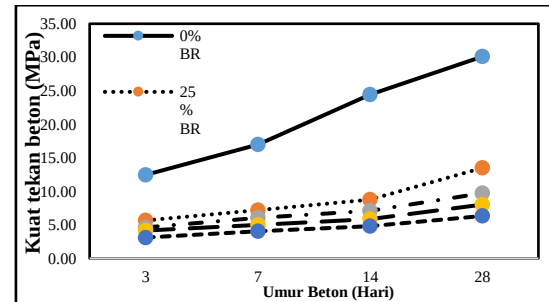
Pada pengujian kuat tekan 30 MPa dengan proporsi campuran 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan umur rendaman 3 hari, 7 hari, 14, dan 28 hari. Berikut hasil pengujian kuat tekan beton berdasarkan perhitungan pada lampiran 12 dapat dilihat dari tabel dibawah ini.

Tabel 14. Pengujian Kuat Tekan 30 MPa.

Waktu Perawatan (Hari)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)				
	Normal	25% BR	50% BR	75% BR	100% BR
3	12,46	5,66	4,62	4,15	3,11
7	16,99	7,17	6,04	5,00	4,06
14	24,44	8,78	7,08	5,85	4,81
28	30,10	13,49	9,72	8,02	6,32

Dari tabel diatas diketahui pada beton normal kuat tekan rata-rata terkecil sebesar 12,46 MPa dengan umur beton 3 hari dan kuat tekan rata-rata terbesar sebesar 30,10 MPa dengan umur beton 28 hari. Rencana mutu beton 30 MPa tercapai pada beton normal dengan umur beton 28 hari yaitu mutu beton sebesar 25,29 MPa. Pada variasi beton 25% bata ringan, kuat tekan rata-rata terkecil 5,66 MPa dengan umur beton 3 hari dan kuat tekan rata-rata terbesar sebesar 13,49 MPa dengan umur beton 28 hari. Kuat tekan rata-rata terkecil sebesar 4,62 MPa dengan umur 3 hari, sedangkan kuat tekan rata-rata terbesar sebesar 9,72 MPa dengan umur 28 hari pada variasi beton 50% bata ringan. Pada variasi beton 75% bata ringan, kuat tekan rata-rata terkecil 4,15 MPa dengan umur beton 3 hari dan kuat tekan rata-rata terbesar sebesar 8,02

MPa dengan umur beton 28 hari. Pada variasi beton 100% bata ringan, kuat tekan rata-rata terkecil 3,11 MPa dengan umur beton 3 hari dan kuat tekan rata-rata terbesar sebesar 6,32 MPa dengan umur beton 28 hari. Rencana mutu beton sebesar 30 MPa tidak tercapai pada beton dengan variasi bata ringan sebagai *substitusi* agregat kasar. Perbandingan kuat tekan beton antara beton normal dengan beton campuran bata ringan sebagai *substitusi* agregat kasar dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



Gambar 5. Kurva hubungan antara umur dan kuat tekan beton 30 MPa

Dari gambar diatas, diketahui bahwa rata-rata kuat tekan beton normal akan meningkat seiring bertambahnya waktu perawatan (umur beton). Sedangkan, rata-rata kuat tekan beton akan menurun seiring bertambahnya variasi bata ringan sebagai *substitusi* agregat kasar dan waktu perawatan (umur beton).

3.4.3 Hubungan kuat tekan 25 Mpa dan 30 Mpa

Berikut ini adalah hubungan kuat tekan beton 25 MPa dan 30 MPa dengan proporsi campuran 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dan Perawatan dengan umur 28 Hari pada tabel di bawah ini:

Tabel 15. Hubungan Kuat Tekan 25 MPa dan 30 MPa

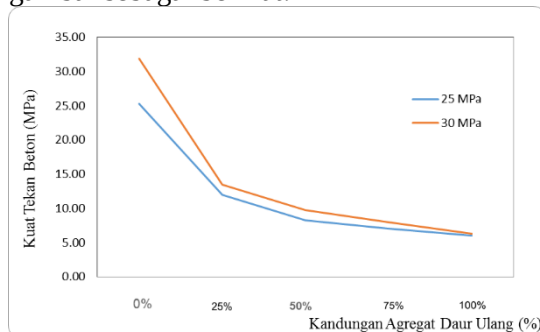
Kuat Tekan (MPa)	Umur Beton 28 Hari				
	Normal	25% BR	50% BR	75% BR	100% BR
25	25,29	11,98	8,30	7,08	6,02
30	30,10	13,49	9,72	8,02	6,32

Dari tabel di atas, diketahui bahwa nilai rata-rata kuat tekan beton 25 MPa untuk beton normal sebesar 25,29 MPa. Pada variasi 25% nilai rata-rata kuat tekan sebesar 11,98 MPa menurun sebesar 13,31% dari nilai rata-rata kuat tekan beton normal. Pada variasi 50% nilai rata-rata kuat tekan sebesar 8,30 MPa menurun sebesar 16,99% dari nilai rata-rata

kuat tekan beton normal. Pada variasi 75% nilai rata-rata kuat tekan sebesar 7,08 MPa menurun sebesar 18,21% dari nilai kuat tekan beton normal. Sedangkan, pada variasi 100% nilai rata-rata kuat tekan sebesar 6,02 MPa menurun sebesar 19,25% dari nilai rata-rata kuat tekan beton normal.

Nilai rata-rata kuat tekan beton 30 MPa untuk beton normal sebesar 30,10 MPa, pada variasi 25% nilai rata-rata kuat tekan sebesar 13,49 MPa menurun sebesar 16,61% dari nilai rata-rata kuat tekan beton normal. Pada variasi 50% nilai rata-rata kuat tekan sebesar 9,72 MPa menurun sebesar 20,38% dari nilai rata-rata kuat tekan beton normal. Pada variasi 75% nilai rata-rata kuat tekan sebesar 8,02 MPa menurun sebesar 22,08% dari nilai rata-rata kuat tekan beton normal. Sedangkan, pada variasi 100% nilai rata-rata kuat tekan sebesar 6,32 MPa menurun sebesar 23,78% dari nilai rata-rata kuat tekan beton normal.

Untuk lebih jelasnya, hubungan kuat tekan beton 25 MPa dan 30 MPa ada pada gambar sebagai berikut:



Gambar 6. Kurva hubungan antara prosentase kandungan agregat daur ulang dan kuat tekan beton

3.5 Hasil Pengujian Kuat Tarik Tidak Langsung

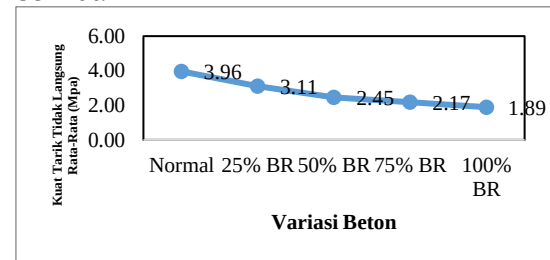
3.5.1 Hasil pengujian kuat tarik tidak langsung 25 MPa

Berikut ini adalah hasil pengujian kuat tarik (tidak langsung) beton dengan proporsi campuran 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dan Perawatan dengan umur 28 Hari sebagai berikut:

Tabel 16. Hasil Rata-Rata Kuat Tarik Tidak Langsung f'_c 25 MPa

Waktu Perawatan (Hari)	Kuat Tarik Tidak Langsung Rata- Rata (MPa)				
	Variasi Beton				
	Normal	25% BR	50% BR	75% BR	100% BR
28	3,96	3,11	2,45	2,17	1,89

Dari tabel diatas, diketahui bahwa nilai rata-rata kuat Tarik tidak langsung untuk beton normal sebesar 3,96 MPa. Pada variasi 25% bata ringan, nilai rata-rata kuat Tarik tidak langsung sebesar 3,11 MPa menurun sebesar 0,85 MPa atau 21,46% dari nilai rata-rata kuat Tarik tidak langsung beton normal. Pada variasi 50% bata ringan, nilai rata-rata kuat Tarik tidak langsung sebesar 2,45 MPa menurun sebesar 1,51 MPa atau 38,13% dari nilai rata-rata kuat Tarik tidak langsung beton normal. Pada variasi 75% bata ringan, nilai rata-rata kuat Tarik tidak langsung sebesar 2,17 MPa menurun sebesar 1,79 MPa atau 45,20% dari nilai rata-rata kuat Tarik tidak langsung beton normal. Sedangkan, pada variasi 100% bata ringan, nilai rata-rata kuat Tarik tidak langsung sebesar 1,89 MPa menurun sebesar 2,07 MPa atau 52,27% dari nilai rata-rata kuat Tarik tidak langsung beton normal. Untuk lebih jelasnya, perbandingan kuat Tarik tidak langsung antara beton normal dengan beton campuran bata ringan sebagai *substitusi* agregat kasar sebagai berikut:



Gambar 7. Kurva hubungan antara prosentase dan kuat tarik

Dari gambar diatas diketahui bahwa, semakin bertambahnya variasi bata ringan sebagai *substitusi* agregat kasar, maka nilai kuat Tarik tidak langsung rata-rata akan menurun.

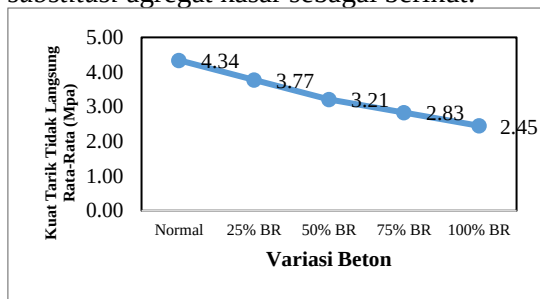
3.5.2 Hasil pengujian kuat tarik tidak langsung 30 MPa

Berikut ini adalah hasil pengujian kuat tarik (tidak langsung) beton dengan proporsi campuran 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dan Perawatan dengan umur 28 Hari sebagai berikut:

Tabel 17. Hasil Rata-Rata Kuat Tarik Tidak Langsung f'_c 30 Mpa

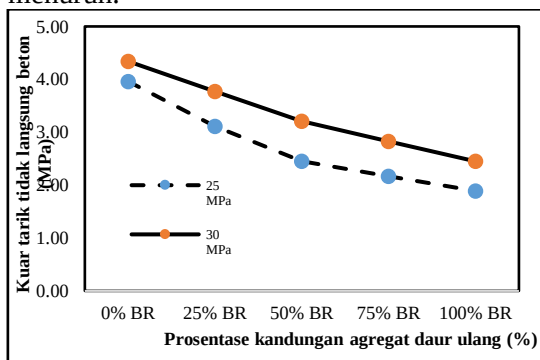
Waktu Perawatan (Hari)	Kuat Tarik Tidak Langsung Rata- Rata (MPa)				
	Variasi Beton				
	Normal	25% BR	50% BR	75% BR	100% BR
28	4,34	3,77	3,21	2,83	2,45

Dari tabel 17 diatas, diketahui bahwa nilai rata-rata kuat Tarik tidak langsung untuk beton normal sebesar 34,34 MPa. Pada variasi 25% bata ringan, nilai rata-rata kuat Tarik tidak langsung sebesar 3,77 MPa menurun sebesar 0,19 MPa atau 4,80% dari nilai rata-rata kuat Tarik tidak langsung beton normal. Pada variasi 50% bata ringan, nilai rata-rata kuat Tarik tidak langsung sebesar 3,21 MPa menurun sebesar 0,75 MPa atau 18,94% dari nilai rata-rata kuat Tarik tidak langsung beton normal. Pada variasi 75% bata ringan, nilai rata-rata kuat Tarik tidak langsung sebesar 2,83 MPa menurun sebesar 1,13 MPa atau 28,54% dari nilai rata-rata kuat Tarik tidak langsung beton normal. Sedangkan, pada variasi 100% bata ringan, nilai rata-rata kuat Tarik tidak langsung sebesar 2,45 MPa menurun sebesar 1,51 MPa atau 38,13% dari nilai rata-rata kuat Tarik tidak langsung beton normal. Untuk lebih jelasnya, perbandingan kuat Tarik tidak langsung antara beton normal dengan beton campuran bata ringan sebagai *substitusi* agregat kasar sebagai berikut:



Gambar 8. Kurva hubungan antara prosentase dan kuat tarik

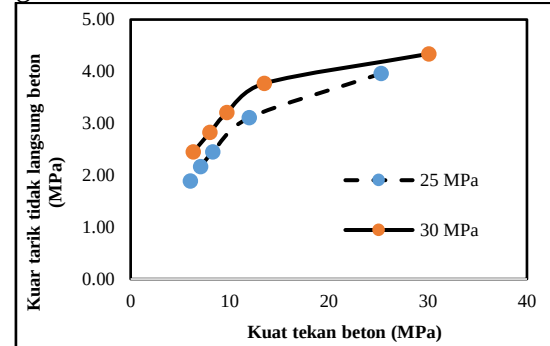
Dari gambar 8 diatas diketahui bahwa, semakin bertambahnya variasi bata ringan sebagai *substitusi* agregat kasar, maka nilai kuat Tarik tidak langsung rata-rata akan menurun.



Gambar 9. Kurva hubungan antara prosentase kandungan agregat

3.6 Hubungan kuat tekan dan kuat tarik tidak langsung

Hubungan antara nilai kuat tekan rata-rata dan kuat Tarik tidak langsung mutu beton 25 MPa dan 30 MPa, dapat diketahui pada grafik dibawah ini:



Gambar 10. Hubungan Antara Kuat Tekan Rata-Rata dengan Kuat Tarik Tidak Langsung Beton

Dari Gambar 10 diatas diketahui bahwa semakin meningkatnya kuat tekan beton, maka kuat tarik tidak langsung akan ikut meningkat. Pada mutu beton 25 MPa, kuat tarik tidak langsung terkecil sebesar 1,89 MPa terjadi pada kuat tekan 6,04MPa dan semakin meningkat dengan kuat tarik tidak langsung terbesar yaitu 3,96 MPa terjadi pada kuat tekan 25,28 MPa. Sedangkan, Pada mutu beton 30 MPa, kuat tarik tidak langsung terkecil sebesar 2,45 MPa terjadi pada kuat tekan 6,32 MPa , kuat tarik tidak langsung terbesar yaitu 4,34 MPa terjadi pada kuat tekan 30,10 MPa

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, Beton yang menggunakan campuran bata ringan tidak mencapai mutu yang direncanakan. Seiring bertambahnya persentase campuran bata ringan, terjadi penurunan terhadap kuat tekan dan kuat tarik. Dari hasil uji tarik belah, diperoleh fakta bahwa semakin besar campuran bata ringan maka semakin rendah kuat tarik belah yang dihasilkan.

Untuk kuat tekan 25 mpa beton normal mencapai yaitu sebesar 25.29 mpa sedangkan yang menggunakan bata ringan yang terbesar hanya ada pada campuran 25% umur 28 hari sebesar 11.98 mpa, untuk kuat tarik 25 mpa beton normal yaitu sebesar 5.66 mpa sedangkan yang menggunakan bata ringan dengan mutu yang terbesar yaitu 3.77 mpa. Untuk kuat tekan 30 mpa beton normal

mencapai yaitu sebesar 30.10 mpa sedangkan yang menggunakan campuran bata ringan yang terbesar hanya ada pada campuran 25% umur 28 hari sebesar 13.49 mpa, dan untuk kuat tarik 30 mpa beton normal yaitu sebesar 6.79 mpa, sedangkan dengan menggunakan bata ringan dengan mutu yang terbesar yaitu 4.25 mpa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] a. I. Candra and e. Siswanto, “rekayasa job mix beton ringan menggunakan hydroton dan master ease 5010,” j. Civilia, vol. 3, no. 2, p. 162, 2018, doi: 10.30736/cvl.v3i2.258.
- [2] e. Sutandar, “pengaruh pemeliharaan (curing) pada kuat tekan beton normal,” vokasi, vol. IX, no. 2, pp. 89–99, 2013.
- [3] y. J. Priyono and nadia, “pengaruh penggunaan styrofoam sebagai pengganti agregat kasar terhadap kuat tekan beton,” j. Konstr., vol. 5, no. 2, pp. 55–61, 2014, [online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/konstruksia/article/download/279/255>.
- [4] n. Fitriadi and m. H. Fatahillah, “kajian sifat mekanik bata ringan dari limbah potong batu marmer diperkuat serat tandan kosong kelapa sawit,” j. Teknovasi, vol. 04, no. 2, pp. 27–39, 2017, [online]. Available: <https://ejurnal.plm.ac.id/index.php/teknovasi/article/view/105>.
- [5] h. Taufik, a. Kurniawandy, and d. Arita, “tinjauan kuat tekan bata ringan menggunakan bahan tambah foaming agent,” j. Saintis, vol. 17, no. April, pp. 52–62, 2017, [online]. Available: <https://journal.uir.ac.id/index.php/saintis/article/view/1765/1097>.
- [6] a. S. B. Hamdi, metode penelitian kuantitatif aplikasi dalam pendidikan. Deepublish, 2015.