

Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar Dan Agregat Halus Berdasarkan Grafik Fuller pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan

Lukito Prasetyo ¹, Faris Rizal Andardi ²

^{1,2} Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Malang

²Email: farisrzl@umm.ac.id

Received: 01-03-2021 Revised: 22-02-2022 Accepted: 22-02-2022

Abstract

The development of infrastructure is growing rapidly every year, but the world of construction has quite a big problem, namely the limited amount of building materials derived from nature. Research on technology related to recycled materials needs to be done. Preparation of all specimens using recycled concrete to meet the requirements of fine and coarse aggregates with gradation of the fuller aggregate compound method that was determined to be accountable for their feasibility. The compressive strength test results produced a compressive strength value of 26.05 MPa close to the compressive strength value of the plan, namely 27 MPa. Referring to these results, recycled concrete is recommended for light-scale rigid pavement components that are environmentally friendly by reducing the use of limited natural materials and are more economical without reducing the durability of concrete.

Keywords: Concrete Waste; Fuller Combined Gradation; Compressive Strength.

Abstrak

Pembangunan infrastruktur berkembang pesat setiap tahunnya, akan tetapi dunia konstruksi memiliki persoalan utama yaitu keterbatasan material bahan bangunan yang berasal dari alam. Penelitian akan teknologi yang berhubungan material daur ulang perlu dilakukan. Pembuatan benda uji sepenuhnya menggunakan beton daur ulang untuk memenuhi ketentuan agregat halus dan agregat kasar dengan metode gradasi gabungan agregat fuller yang telah ditetapkan sehingga dapat dipertanggung jawabkan kelayakannya. Hasil pengujian kuat tekan menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 26,05 MPa mendekati nilai kuat tekan rencana yaitu 27 MPa. Mengacu pada hasil tersebut beton daur ulang layak dijadikan direkomendasikan untuk komponen perkerasan kaku jalan skala ringan yang ramah lingkungan dengan menekan pemakaian bahan alam yang terbatas serta lebih ekonomis tanpa mengurangi durabilitas beton.

Kata kunci: Limbah beton; gabungan agregat fuller; kuat tekan.

PENDAHULUAN

Semakin tahun pembangunan terus bertambah sebanding dengan kebutuhan manusia akan infrastruktur. Salah satu yang terpenting dalam pembangunan adalah ketersediaan material, sehingga dibutuhkan solusi alternatif untuk mengganti beberapa material. Pembangunan yang menggunakan agregat daur ulang adalah konstruksi yang ramah lingkungan (Ismail, Ahmad Ghufro, Mustofa, 2017).

Penggunaan agregat daur ulang dapat membantu mengurangi sumber daya alam dan meminimalkan pembuangan limbah. Minimnya penggunaan agregat daur ulang disebabkan agregat ini mengandung mortar dari beton asli yang membuatnya lebih berpori dan memiliki daya serap yang tinggi

dibandingkan dengan agregat alami. Hal ini menyebabkan susut pengeringan dan rangkai beton meningkat secara signifikan dengan penggunaan agregat daur ulang (Mc Govern, 2002) dalam (Arifi, 2015).

Material daur ulang termasuk beton daur ulang dimanfaatkan misalnya pada bangunan kompleks, gedung baru, dan jalan. Pembangunan berkelanjutan merupakan proses pembangunan lahan, kota, bisnis, dan masyarakat dengan prinsip, memenuhi kebutuhan sekarang maupun yang akan datang (Sian et al., 2019).

Penggunaan agregat beton daur ulang dipercaya membuat beton memiliki nilai ekonomis dan ramah lingkungan (Ullah & Alvi, 2018). Perbaikan sifat beton daur ulang dapat dilakukan dengan beberapa cara. Salah satu cara

adalah menggunakan bahan tambah serbuk kaca dan fly ash pada campuran beton. Bahan tambah dipergunakan untuk menambah kekuatan salah satunya dengan beton daur ulang (Punusingon et al., 2019). Gradasi yang lebih halus pada agregat menjadikan beton lebih padat dan memiliki kualitas yang baik, sehingga perlu dilakukan penumbuhan berulang untuk menghasilkan gradasi yang halus pada limbah beton (Basid, Abd., W, 2014).

Penelitian ini mencoba menawarkan solusi alternatif selain menggunakan limbah dari beton sisa praktikum mahasiswa dan mendesain campuran agregat yang dipakai dengan cara menggunakan pendekatan grafik fuller. Penelitian ini memungkinkan menghasilkan inovasi beton ramah lingkungan (*green concrete*) pada struktur balok beton beragregat limbah beton, dimana diprediksi memiliki keunggulan struktur dalam hal kemampuan menahan tekan yang sama dengan beton normal.

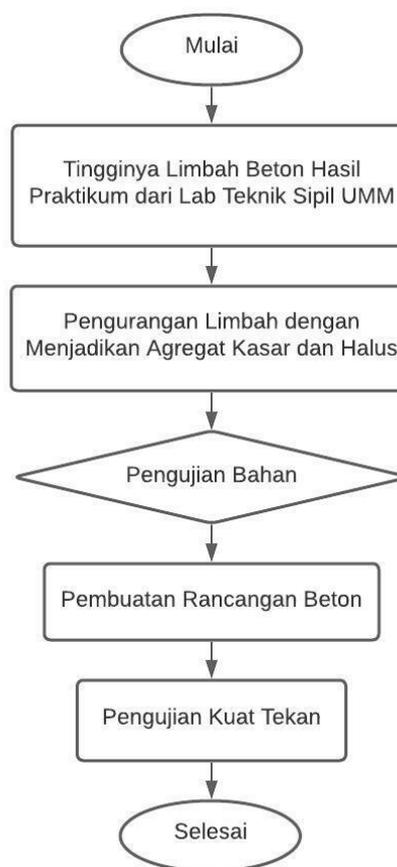
METODE PENELITIAN

Penelitian diawali dengan menyediakan bahan susunan beton yang terdiri dari semen tipe-1, pasir sungai, batu pecah dengan split 1/2, dan pecahan limbah beton yang bermutu 30 Mpa. Limbah beton dihancurkan dengan menggunakan *hammer* secara manual sampai memenuhi gradasi kurva fuller.

Pemeriksaan semen meliputi : berat jenis, kehalusan, konsistensi dan setting-time. Pemeriksaan pasir meliputi : pencucian pasir lewat saringan No. 200, analisa saringan, berat jenis dan penyerapan pasir. Pemeriksaan batu pecah meliputi : analisa saringan, keausan agregat, berat isi, berat jenis dan penyerapan batu pecah. Semua agregat baik beton normal maupun beton daur ulang menggunakan kurva fuller untuk menentukan gradasi agregat halus dan kasar.

Setelah data-data pemeriksaan bahan susun beton selesai, dilakukan perancangan campuran beton dengan target mutu beton 30 MPa setelah perawatan minimal 28 hari. Tahap berikutnya dilakukan persiapan pembuatan benda uji, antara lain : penyiapan bahan dengan jumlah hasil mix-design,

Tahap selanjutnya dilakukan pembuatan campuran beton sampai pada tahap pengujian kuat tekan, seperti penjelasan pada gambar diagram alir 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN DISKUSI

Beton daur ulang menggunakan bahan bekas limbah beton sebagai agregat kasar dan halus yang kemudian diatur gradasinya dengan menggunakan metode Gradasi Gabungan Agregat Fuller yang diterbitkan oleh Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (Pd T-07-2004-B).

Beton ini tidak menggunakan bahan material tambahan apapun dalam perencanaan maupun pelaksanaannya. Hasil tumbukan dari beton limbah dilakukan analisa ayakan (saringan) pada agregat pada tabel 1, dan Gradasi gabungan agregat fuller beton daur ulang disajikan pada gambar 2.

Beton ini tidak menggunakan bahan material tambahan apapun dalam perencanaan maupun pelaksanaannya. Hasil tumbukan dari beton limbah dilakukan analisa ayakan (saringan) pada agregat pada tabel 1, dan Gradasi gabungan agregat fuller beton daur ulang disajikan pada gambar 2.

Sehingga, didapatkan hasil sebagai berikut:

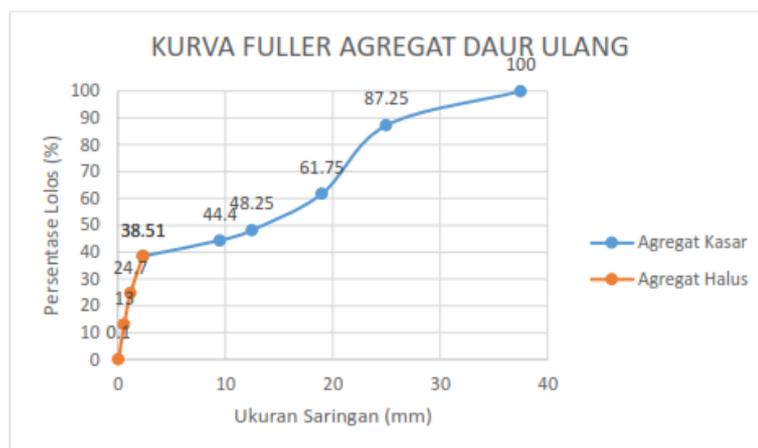
- Kebutuhan Mix Desain Untuk Agregat Halus = 36.75 Kg
- Total Berat Agregat Halus di Fuller = 44.3 Kg

- Sisa Agregat Halus = 7.54 Kg
Maka, kelebihan tersebut diambil dari ayakan No. 16 dan No. 200 masing – masing sebesar 3.77 Kg. Hasil pengujian abrasi

agregat kasar mengacu pada peraturan (SNI 2417 (Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles), 2008), maka didapatkan hasil pengujian pada tabel 2.

Tabel 1. Analisa Saringan

Ukuran Ayakan		Berat Tertahan (Kg)	Jumlah Berat Tertahan (Kg)	Persentase		Persen Seluruh Contoh Yang Lolos (%)
ASTM	(mm)			Tertahan (%)	Lolos (%)	
1 1/2"	37.5	0	0	0	100	100
1"	25	12.75	12.75	12.75	87.25	87.25
3/4"	19	25.5	38.25	25.5	61.75	61.75
1/2"	12.5	13.5	51.75	13.5	48.25	48.25
3/8"	9.5	3.85	55,6	3.85	44.4	44.4
No.8	2.36	5.89	61.49	5.89	38.51	38.51
No.16	1.18	13.81	75.3	13.81	24.7	24.7
No.30	0.6	11.7	87	11.7	13	13
No.200	0.075	12.9	99.9	12.9	0.1	0.1



Gambar 2. Kurva Gradasi Gabungan Agregat

Tabel 2. Hasil Pengujian Los Angeles

Ukuran Saringan		Pengujian agregat gradasi A	
		Percobaan 1	Percobaan 2
Lewat (mm)	Tertahan (mm)	Berat mula-mula (gr)	Berat mula-mula (gr)
76.20(3")	63.50 (2 1/2")		
63.50 (2 1/2")	50.80 (2")		
50.80 (2")	38.10 (1 1/2")		
38.10 (1 1/2")	25.40 (1")	1250	1250
25.40 (1")	19.05 (3/8")	1250	1250
19.05 (3/4")	12.07 (1/2")	1250	1250
12.70 (1/2")	9.51 (3/8")	1250	1250
9.51 (3/8")	6.35 (1/4")		
6.35 (1/4")	4.75 (no. 4)		
4.75 (no. 4)	2.36 (no. 8)		

Dari hasil pengujian tersebut didapatkan

- Jumlah berat mula – mula
 - Benda uji I = 5000 gr,
 - Benda uji II = 5000 gr
- Berat tertahan ayakan no. 12
 - Benda uji I = 3815 gr,
 - Benda uji II = 3835 gr
- Keausan agregat daur ulang
 - Benda uji I = $[(5000-3815)/5000] \times 100\%$
= 23.7 %
 - Benda uji II = $[(5000 - 3835)/5000] \times 100\%$
= 23.3 %

Sehingga rata-rata keausan agregat daur ulang adalah 23.7 % + 23.3 % = 23.5%.

Dari hasil pengujian diatas, nilai keausan agregat kasar dari limbah konstruksi beton masuk dalam persyaratan yang diizinkan yaitu 23.5% atau tidak lebih dari 40%.

Klasifikasi agregat kasar daur ulang untuk campuran beton. Setiap material campuran beton diperlukan persyaratan, salah satunya yaitu kekerasan agregat kasar. Persyaratan ini dimaksudkan untuk mengetahui agregat tersebut masuk dalam klasifikasi bahan campuran beton kelas I, kelas II, atau kelas III. Dalam pelaksanaannya kami memakai literatur yang diterbitkan oleh Tjokrodimuljo, K. (2007), dikarenakan literatur tersebut yang paling baru dan masih digunakan sebagai materi dalam perkuliahan hingga saat ini. Namun, pada dasarnya semua literatur yang membahas tentang persyaratan kekerasan agregat kasar merujuk pada SNI 03-2834-2000. Adapun pada tabel 3, menyajikan persyaratan kekuatan.

Tabel 3. Persyaratan Kekuatan Agregat Kasar Untuk Beton Normal

Kelas dan Mutu Beton	Bejana Rudeloff maksimum bagian yang hancur, menembus ayakan 2mm (%)		Mesin Los Angeles maksimum bagian yang hancur, menembus ayakan 1.7 mm (%)
	Ukuran butir 19-30 (mm)	Ukuran butir 9.5 – 19 (mm)	
Kelas I mutu B0 dan B1	30	32	50
Kelas II Mutu K-125 (fc' = 10 MPa) sampai (fc' = 20 MPa)	22	24	40
Kelas III mutu diatas K- 225 (fc' = 20 MPa)	14	16	27

Sumber: Tjokrodimuljo, K., 2007.

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerpan Air Agregat Kasar Daur Ulang

Pemeriksaan Benda Uji	Satuan	Percobaan I	Percobaan II	Rata- rata
Berat kering oven, Bk	gram	5000	5000	5000
Berat kering permukaan, Bj	gram	5044	5038	5041
Berat dalam air, Ba	gram	3040	3057	3048.5
Berat jenis curah kering, (Sd)	-	2.495	2.524	2.509
Berat jenis curah, (Ss)	-	2.517	2.543	2.530
Berat jenis semu, (Sa)	-	2.551	2.573	2.562
Penyerapan air, (Sw)	%	0.88	0.76	0.82

Dari hasil pemeriksaan diatas, maka agregat kasar dari limbah daur ulang tersebut telah memenuhi persyaratan sebagai agregat

untuk campuran beton normal yang masih berlaku. Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Daur Ulang

Pemeriksaan Benda Uji	Satuan	Percobaan I	Percobaan II	Rata- rata
Berat kondisi jenuh kering Permukaan	gram	500	500	500
Berat kering oven	gram	499	499	499
Berat piknometer yang berisi air	gram	670	663	667
Berat piknometer dengan benda	gram	971	965	968

Dari hasil pemeriksaan diatas, maka limbah daur ulang beton tersebut telah memenuhi persyaratan sebagai agregat halus untuk campuran beton normal yang masih berlaku.

Hasil uji kuat tekan untuk memudahkan menganalisa hasil pengujian kuat tekan beton silinder dibuat tabel 6.

Tabel 6. Kuat Tekan Rata-Rata Beton

No. Benda Uji	Klasifikasi	Berat (kg)	Luas Muka (mm ²)	Umur (hari)	Dial reading (kN)	Beban (N)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-Rata (Mpa)
1A	Daur Ulang	1,55	4417,865	28	124	124000	28,07	26,05
1B	Daur Ulang	1,55	4417,865	28	86,1	86100	19,49	
1C	Daur Ulang	1,5	4417,865	28	140,7	140700	31,85	
1D	Daur Ulang	1,55	4417,865	28	101,9	101900	23,07	
1E	Daur Ulang	1,55	4417,865	28	111,9	111900	25,33	
1F	Daur Ulang	1,55	4417,865	28	125,9	125800	28,48	

Pada hasil pengujian kuat tekan beton diatas, beton memiliki nilai kuat tekan rata-rata 26,05 MPa. Maka, beton uji dapat dikatakan baik dikarenakan mendekati nilai rencana yaitu 27 MPa.

Hasil akhir dalam penelitian ini adalah mengontrol dari kegunaan beton daur ulang pada tabel 7 dan tabel 8.

Tabel 7. Tebal Perkerasan Jalan Beton dengan *Sub Base* 15 cm dan Umur Rencana 20 Tahun, CBR 2% dan 4%

Klasifikasi Jalan		CBR 2%			CBR 4%		
		K250	K300	K350	K250	K300	K350
Desa/ Pemukiman	LHRN<50	150	144	-	145	139	-
Lokasi	LHRN 50	199	189	-	193	185	-
	LHRN 100	203	192	-	196	188	-
	LHRN 150	205	194	-	198	190	-
Koletor	LHRN 200	206	196	-	200	191	-
	LHRN 300	208	197	-	202	193	-
	LHRN 400	209	199	-	203	194	-
	LHRN 500	210	199	-	204	195	-
	LHRN 600	211	200	-	205	196	-
	LHRN 700	212	200	-	206	196	-
	LHRN 800	21	200	-	207	197	-
Jalan Khusus	LHRN 800	-	242	233	-	237	238

Tabel 8. Tebal Perkerasan Jalan Beton dengan *Sub Base* 15 cm dan Umur Rencana 20 Tahun, CBR 6% dan 10%

Klasifikasi Jalan		CBR 6%			CBR 10%		
		K250	K300	K350	K250	K300	K350
Desa/ Pemukiman	LHRN<50	142	137	-	140	136	-
Lokasi	LHRN 50	190	181	-	189	180	-
	LHRN 100	194	185	-	193	184	-
	LHRN 150	196	187	-	195	186	-
Koletor	LHRN 200	198	188	-	197	187	-
	LHRN 300	200	190	-	199	189	-
	LHRN 400	201	192	-	200	191	-
	LHRN 500	202	193	-	201	192	-
	LHRN 600	203	194	-	202	193	-
	LHRN 700	204	194	-	203	193	-
	LHRN 800	204	195	-	203	194	-
Jalan Khusus	LHRN 800	-	234	225	-	233	224

Pada tabel yang telah dipublikasikan oleh Pusat Litbang Jalan dan Jembatan menyatakan bahwa kekuatan beton 25 MPa masuk dalam persyaratan minimal kuat tekan beton pada perkerasan kaku. Maka, beton Daur Ulang yang direncanakan pada jalan perkerasan kaku lingkup pedesaan dengan lalu lintas ringan dapat diimplementasikan.

Pengujian statistika dengan metode uji-T didapatkan:

$$\begin{aligned} \alpha &= 5\% = 0,05 \\ n &= 6 \\ \mu_0 &= 30 \\ t_{\text{tabel}} &= t_{\alpha; n-1} \\ &= t_{0,05; 6-1} \\ &= t_{0,05; 5} \\ &= 2,015 \\ \bar{x} &= \frac{\sum x}{n} = \frac{157,29}{6} = 26,215 \\ s &= \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}} = 4,493 \\ t_{\text{hitung}} &= \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} = -2,0635 \end{aligned}$$

Tabel 9. Hasil pengujian kuat tekan beton

No. Benda Uji	Kuat Tekan (MPa)	x^2
x		
1A	29,07	845,0649
1B	19,49	379,8601
1C	31,85	1014,423
1D	23,07	532,2249
1E	25,33	641,6089
1F	28,48	811,1104
Σ	157,29	4224,292

Kemudian menentukan daerah kritis untuk keputusan uji:

$$\begin{aligned} \alpha &= 5\% = 0,05 \\ t_{\text{tabel}} &= t_{\alpha/2; n-1} \\ &= t_{0,025; 5} \\ &= 2,571 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -2,571 < t < 2,571 &\rightarrow H_0 \text{ diterima} \\ t < -2,571 \text{ atau } t > 2,571 &\rightarrow H_0 \text{ ditolak} \end{aligned}$$

Sehingga, keputusan uji berdasarkan $t_{\text{hitung}} = -2,0635$

$$-2,571 < -2,0635 < 2,571$$

Maka, H_0 diterima. Ini membuktikan bahwa serangkaian uji Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar dan Agregat Halus Berdasarkan

Grafik Fuller pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan dapat diterima.

KESIMPULAN

Dari serangkaian pengujian agregat daur ulang didapatkan hasil nilai sesuai persyaratan Standart Nasional Indonesia (SNI) yang masih berlaku, sehingga beton daur ulang dapat dipertanggungjawabkan kelayakannya sebagai beton berstandar. Beton inovasi daur ulang layak sebagai material beton perkerasan kaku jalan raya berskala ringan, serta sebagai upaya menciptakan konstruksi berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Punusingon, M. A., Handono, B. D., & Ronny, P. (2019). Uji Eksperimental Kuat Tekan Beton Daur Ulang dengan Bahan Tambah Abu Terbang (Fly Ash) dan Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik*, 7(1), 57–66.
- Arifi, E. (2015). Pemanfaatan Fly Ash Sebagai Pengganti Semen Parsial untuk Meningkatkan Performa Beton Agregat Daur Ulang. *Rekayasa Sipil*, 9(3), 229–235.
- Badan Standarisasi Nasional (2000). *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal SNI 03-2834-2000*. ICS: Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional (2008). *Cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles SNI 03-2417-2008*. ICS: Bandung.
- Basid, A., & W, Y. (2014). Pengaruh Variasi Gradasi Agregat (Slag) Terhadap Kuat Tekan, Porositas Dan Kuat Tarik Belah Beton. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 12(1), 1-9. <https://doi.org/10.22219/jmts.v12i1.2035>
- Departemen Perbukitan dan Prasarana Wilayah (2004). *Pedoman asbuton campuran panas Pd T-07-2004-B*. BSN: Jakarta Pusat.
- Ismail, A. G., Mustofa, A., Dwicahyani, A., Ridlo, M. M., & Ambowo, A. (2017). Pengaruh Beton Daur Ulang dan Bahan Tambah Fly Ash Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Struktural Ramah Lingkungan. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 1(1), 59–63.
- Mc Govern M. (2002) Recycled Aggregate for reinforced concrete. *Concrete Technology today. PCA (Portland Cement Association)*, 23(2).
- Sian, B., Tjondro, J. A., & Sidauruk, R. (2019). Studi Eksperimental Karakteristik Beton dengan Agregat Kasar Daur Ulang dengan $f_c' = 25$ MPa. *Jurnal Teknik Sipil*, 9(2), 111–129.

<https://doi.org/10.28932/jts.v9i2.1375>

Tjokrodinuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*.
Biro penerbit: Yogyakarta.

Ullah, A., & Alvi, A. R. (2018). Estimate the
Compressive and Flexural
Strength Test of Natural and Recycle
Concrete Aggregate. *Internasional Journal
of Trend in Scientific and Development
(IJTSRD)*, 2(3), 1329–1332.

