

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BETON SEBAGAI PENGANTI AGREGAT KASAR PADA BETON NORMAL TERHADAP KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS

Soelarso¹⁾ Baehaki²⁾ Nur Fatah Sidik³⁾

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jenderal Sudirman KM. 03 Cilegon, Banten.
nurfatahsidik@gmail.com

ABSTRAK

Sangat diperlukan suatu teknologi konstruksi yang dapat mengurangi eksploitasi alam dan dapat memanfaatkan limbah-limbah beton. Salah satu contoh upaya mengurangi dampak tersebut adalah menggunakan kembali limbah beton untuk penggunaan beton baru. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar pengaruh limbah beton sebagai pengganti agregat kasar terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas.

Penelitian ini merencanakan beton normal dengan kuat tekan yang ditargetkan adalah 25 MPa dan menggunakan slump 30-60 mm serta menggunakan *Portland Pozzolan Cement* (PPC). Penggunaan proporsi agregat limbah dalam penelitian ini adalah 25%, 50%, 75% dan 100 % dari berat total agregat alami dengan umur pengujian 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Jumlah benda uji 48 buah (3 benda uji untuk setiap umur pengujian dan proporsi). Hasil kuat tekan dan modulus elastisitas akan dibandingkan dengan nilai teoritis.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar penggunaan limbah beton, semakin besar penurunan yang terjadi pada nilai kuat tekan dan modulus elastisitas. Berdasarkan hasil pengujian, penggunaan limbah pada beton dengan proporsi 25% menunjukkan penurunan rata-rata nilai kuat tekan dan modulus elastisitas yang cukup signifikan yaitu 45,39% dan 77,35%. Berlanjut proporsi berikutnya yaitu 50% menunjukkan penurunan 56,99% dan 77,45%. Proporsi 75% menunjukkan penurunan 61,65% dan 79,26%. Proporsi 100% menunjukkan penurunan 66,62% dan 79,12%. Proporsi paling optimum dari penelitian ini adalah proporsi limbah 25%. Variabilitas kualitas limbah mengakibatkan perbedaan sifat-sifat material beton yang dihasilkan dan cenderung menurunkan kuat tekan dan modulus elastisitas.

Kata Kunci : Beton Normal, Kuat Tekan, Modulus Elastisitas, Proporsi

ABSTRACT

Technology and construction are necessary to reduce environment exploitation and utilize waste of concrete. Using the concrete waste is one of effort to reduce environment exploitation. The research is to know how much influence of waste concrete on the compressive strength and modulus of elasticity.

This research plan mid-strength normal concrete that targeted 25 MPa with slump 30-60 mm and using Portland Pozzolan Cement (PPC). The proportion of waste concrete on this research are 25%, 50%, 75% and 100 % from total weight of natural aggregates with age test 7 days, 14 days, 21 days and 28 days. Total sample is 48 pieces (3 sample of each age test and proportion). Result of compressive strength and modulus of elasticity compared with theoretical value.

The result on this research express that greater the use of waste concrete, greater the reduction that occurred of compressive strength and modulus of elasticity. Based on research result, the use of waste concrete on normal concrete with proportion 25% show significant average reduction of compressive strength and modulus of elasticity that is 45,39% and 77,35%. Then the next proportion that is 50% show reduction 56,99% and 77,45%. Proportion 75% show reduction 61,65% and 79,26%. Proportion 100% show reduction 66,62% and 79,12%. The most optimum proportion of waste concrete in this research is 25%. Variability of waste quality inflict the properties of concrete material generated and tend reduction the compressive strength and modulus of elasticity.

Key Words : Normal Concrete, Compressive Strength, Modulus of Elasticity, Proportion

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan zaman era globalisasi yang semakin maju menimbulkan perkembangan teknologi konstruksi yang semakin pesat. Perkembangan teknologi konstruksi diperlukan agar kebutuhan akan bahan yang dibutuhkan tersedia dengan mudah dan cepat. Namun, dalam perkembangan teknologi konstruksi menimbulkan beberapa sisi positif maupun negatif dalam pelaksanaannya.

Beton adalah salah satu teknologi konstruksi dalam disiplin ilmu bahan yang selalu berkembang hingga saat ini. Sering kali bahan-bahan yang diperlukan untuk pembuatan beton secara masif diberbagai daerah menimbulkan kerusakan alam. Dalam pelaksanaan konstruksi, banyak pula limbah-limbah beton hasil dari pengujian dan pembongkaran bangunan maupun jalan. Kontribusi limbah beton terhadap timbunan sampah konstruksi cukup besar. Hal ini sejalan dengan semakin meningkatnya aktifitas konstruksi bangunan. Di Indonesia, limbah konstruksi biasanya tidak dimanfaatkan dengan baik. Sebagian besar dibuang begitu saja di lahan terbuka dan beberapa digunakan sebagai bahan urugan. Ketersediaan material tersebut sangat banyak. Sehingga potensi untuk mendaur ulang sangat mungkin untuk dilakukan.

Sangat diperlukan suatu teknologi konstruksi yang dapat mengurangi eksploitasi alam dan dapat memanfaatkan limbah-limbah beton. Salah satu contoh upaya mengurangi dampak tersebut adalah menggunakan kembali limbah beton untuk penggunaan beton baru. Hal ini menjadi alternatif bahan beton yang menguntungkan, karena agregat yang digunakan adalah agregat yang telah dibuang. Pemanfaatan kembali limbah beton akan meningkatkan umur penggunaan material dari limbah itu sendiri. Agregat daur ulang memiliki beberapa kualitas, sifat fisik dan kimia. Variabilitas kualitas ini mengakibatkan perbedaan sifat-sifat material beton yang dihasilkan dan cenderung menurunkan kuat tekan beton.

Dalam penelitian, penulis ingin mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan limbah beton sebagai pengganti sebagian atau seluruhnya pada agregat kasar

terhadap kuat tekan beton dan modulus elastisitas beton normal dengan mutu sedang. Beton normal adalah beton yang memiliki berat isi 2200 – 2500 kg/m³ menggunakan agregat alam yang dipecah dan mutu sedang adalah beton yang memiliki kuat tekan 21 – 40 MPa. Kuat tekan beton normal yang ditargetkan adalah 25 MPa dengan menggunakan slump 30-60 mm. Pemilihan kuat tekan ini dimaksudkan agar hasil dari penelitian dapat digunakan pada pembuatan beton untuk rumah-rumah sederhana yang menggunakan mutu beton sedang. Penggunaan proporsi agregat daur ulang dalam penelitian ini adalah 25%, 50%, 75% dan 100 % dari berat total agregat alami dengan umur pengujian 7, 14, 21 dan 28 hari. Hasil kuat tekan dan modulus elastisitas akan dibandingkan dengan nilai teoritis.

B. Perumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh daur ulang limbah beton sebagai pengganti agregat kasar terhadap nilai kuat tekan beton normal?
2. Bagaimana pengaruh daur ulang limbah beton sebagai pengganti agregat kasar terhadap nilai modulus elastisitas beton normal?
3. Berapakah kadar agregat pengganti paling optimum untuk menghasilkan nilai kuat tekan beton normal yang maksimal diantara proporsi yang direncanakan?

C. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar pada nilai kuat tekan beton normal.
2. Mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar pada nilai modulus elastisitas beton normal.
3. Mengetahui kadar paling optimum limbah beton yang digunakan sebagai pengganti agregat kasar diantara proporsi yang direncanakan.

D. Manfaat Penelitian

1. Dapat meningkatkan nilai tambah dan nilai guna limbah pada pemanfaatan

bahan bangunan untuk bahan konstruksi.

2. Dapat mengurangi dampak eksploitasi alam berlebih.
3. Menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya dalam hal pemilihan bahan campuran beton yang dapat digunakan pada kalangan masyarakat.

E. Batasan Masalah

1. Pengujian kuat tekan beton pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari.
2. Benda uji yang digunakan adalah silinder 15x30 cm.
3. Kuat tekan rencana (f'_c) adalah 25 MPa.
4. Slump yang digunakan adalah 30-60 mm.
5. Kadar penggunaan limbah beton adalah 25%, 50%, 75% dan 100% dari berat total agregat kasar alami.
6. Bahan pembuat beton terdiri dari : Semen PPC tipe 1 merk Semen Padang, agregat kasar, agregat limbah beton, agregat halus dan air dari Laboratorium Teknik Sipil FT. UNTIRTA.
7. Tidak meneliti lebih lanjut faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan dan modulus elastisitas.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Eni Febriani (2013), dalam penelitiannya Pengaruh Pemanfaatan Pecahan Beton Sebagai Alternatif Pengganti Agregat Kasar Sebagai Campuran Beton K-250 Kg/cm². Dengan menggunakan 100% limbah beton yang dibandingkan dengan beton agregat baru didapatkan rata-rata kuat tekan pada 28 hari menggunakan sampel kubus 15 x 15 cm adalah 257,12 Kg/cm² untuk beton normal dan 191,14 Kg/cm² untuk beton limbah.

Deni Anwar (2014), dalam penelitiannya Pengaruh Penggunaan Agregat Daur Ulang Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Berkinerja Tinggi Grade 80. Dengan menggunakan agregat halus daur ulang 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% terhadap berat total agregat halus alami. Kuat tekan beton dengan murni agregat alami sebesar 85,51 MPa. Penggantian agregat halus alami dengan agregat halus daur ulang pada porsi

penggantian 20% nilai kuat tekan sebesar 67,58 MPa, porsi 40% nilai kuat tekan sebesar 62,06 MPa, porsi 60% nilai kuat tekan sebesar 60,68 MPa, porsi 80% nilai kuat tekan sebesar 57,92 MPa dan porsi 100% nilai kuat tekan sebesar 53,79 MPa.

Wahyu Dwi Cahyadi (2012), dalam penelitiannya Studi Kuat Tekan Beton Normal Mutu Rendah Yang Mengandung Abu Sekam Padi (RHA) dan Limbah Adukan Beton (CSW). Abu sekam padi (RHA) digunakan untuk substitusi perekat semen dan penggunaan limbah adukan beton (CSW) sebagai agregat halus untuk mengurangi jumlah pasir pada beton. Penelitian dengan menggunakan CSW 30%, 40%, 50%, 60% dan 70% dengan penggunaan RHA tetap yaitu 8% dari total pemakaian semen. Pada pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas nilai optimum terjadi pada campuran CSW 30%, sedangkan prosentase susut terbesar terjadi pada beton dengan campuran CSW 70%.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini yaitu dengan membandingkan penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar sebesar 25%, 50%, 75% dan 100%. Seberapa besar penurunannya dan proporsi manakah yang memiliki nilai kuat tekan optimum.

Proses penelitian ini dibagi dalam beberapa tahapan yaitu :

1. Tahap persiapan

- a. Mengumpulkan data-data teori dasar
- b. Mempersiapkan alat yang digunakan
- c. Mempersiapkan material yang diperlukan

2. Tahap pengujian pendahuluan

- a. Agregat kasar
 - 1) Kadar air
 - 2) Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) dan absorpsi
 - 3) Analisa saringan
 - 4) Pengujian keausan dengan mesin LAA
 - 5) Pengujian kadar lumpur
- b. Agregat limbah
 - 1) Kadar air
 - 2) Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) dan absorpsi

- 3) Pengujian keausan dengan mesin LAA
- 4) Pengujian kadar lumpur
- c. Agregat halus
 - 1) Kadar air
 - 2) Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) dan absorpsi
 - 3) Analisa saringan
 - 4) Pengujian kadar lumpur
- 3. Tahap pembuatan benda uji (*mix design*)
 - a. Penentuan *mix design* beton
 - b. Pembuatan benda uji beton

Jumlah benda uji yang digunakan adalah 48 buah dengan cetakan silinder diameter 15 cm tinggi 30 cm. Beton di tes uji tekan pada saat umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Setiap pengujian digunakan 12 benda uji beton yaitu benda uji dengan menggunakan limbah 25%, 50%, 75% dan 100% yang sudah direncanakan (masing-masing 3 benda uji).

Tabel 1. Jumlah Benda Uji

Limbah Beton (%)	Pengujian Pada Hari Ke -				Jumlah Benda Uji
	7	14	21	28	
25	3	3	3	3	12
50	3	3	3	3	12
75	3	3	3	3	12
100	3	3	3	3	12
Jumlah	12	12	12	12	48

4. Tahap perawatan

Benda uji yang telah dibuat dimasukkan ke dalam bak perendaman selama umur yang direncanakan.

5. Tahap pengujian benda uji

Langkah-langkah

- a. Ambil contoh benda uji silinder 15x30 cm setelah 7 hari.
- b. Masukkan kedalam alat *compression testing machine*.
- c. Putar kunci hidrolik.
- d. Tekan tuas hidrolik keatas dan kebawah untuk memompa alat kuat tekan sehingga terjadi tekanan pada benda uji.
- e. Pada saat jarum kuat tekan hampir bergerak dari angka 0, letakan dial regangan pada piston bawah

- hingga ke piston atas, lalu ukur L_0 yaitu jarak antar piston kuat tekan.
 - f. Tekan tuas hidrolik dan berhenti setiap pertambahan 10 pada jarum dial regangan dengan membaca jarum tegangan disetiap pertambahan tersebut.
 - g. Setelah benda uji terlihat retak dan jarum penunjuk gaya berhenti atau tidak mampu bergerak, baca hasil akhir jarum dial tegangan sebagai nilai gaya maksimum yang dapat diterima benda uji dan ΔL maksimum (perpendekan hingga terjadi keruntuhan) pada dial regangan.
- Lakukan hal yang sama pada beton dengan umur 14, 21 dan 28 untuk setiap proporsi benda uji.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Material

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Material

Pengujian	Agregat Kasar	Agregat Limbah	Agregat Halus
Kadar Air	5,01%	6,8%	6,46%
BJ SSD	2,4	2,35	2,18
Absorpsi	5,6%	10,34%	8,077%
Analisa Saringan	40 mm	-	Zona 3
LAA	19,87%	33%	-
Kadar Lumpur	0%	0%	5,51%

Tabel 2 Menunjukkan data hasil pengujian agregat, meliputi data kadar air, berat jenis SSD, absorpsi, analisa saringan, LAA, dan kadar lumpur.

B. Rancang Campuran Adukan Beton

Tabel 3. Rancang Campuran Adukan Beton

Jenis Material	Berat Material Berdasarkan % Limbah Beton			
	25%	50%	75%	100%
Agregat Kasar (Kg)	6,43	4,29	2,14	0
Agregat Limbah Beton (Kg)	2,14	4,29	6,43	8,57
Agregat Halus (Kg)	2,93	2,93	2,93	2,93
Semen PPC (Kg)	2,34	2,34	2,34	2,34
Air (Kg)	1,17	1,17	1,17	1,17

Tabel 3 menunjukkan kebutuhan material untuk volume 1 silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

C. Hasil Pengujian Beton Segar (*Slump Test*)

Tabel 4. Hasil Pengujian Slump

% Agregat Limbah Beton	Penurunan Beton Segar (mm)	Keterangan
25%	30	Sesuai
	45	Sesuai
	60	Sesuai
	35	Sesuai
50%	45	Sesuai
	50	Sesuai
	55	Sesuai
75%	50	Sesuai
	55	Sesuai
	40	Sesuai
	35	Sesuai
100%	50	Sesuai
	55	Sesuai
	48	Sesuai
	30	Sesuai

Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian *slump test*. Pengujian menunjukkan hasil *slump* sesuai dengan perencanaan.

D. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan

% Agregat Limbah Beton	Umur Kuat Tekan			
	7 hari (N/mm ²)	14 hari (N/mm ²)	21 hari (N/mm ²)	28 hari (N/mm ²)
25%	9,342	11,89	12,739	13,588
	11,04	11,465	12,314	12,951
	9,342	12,314	12,314	11,677
Rata-rata	9,91	11,89	12,456	12,739
50%	6,157	10,403	10,403	9,767
	4,034	8,068	10,616	13,588
	6,794	11,677	12,314	10,911
Rata-rata	5,662	10,05	11,11	11,189
75%	4,034	9,979	10,616	12,739
	3,397	8,705	10,191	10,616
	4,671	7,219	9,554	11,677
Rata-rata	4,034	8,634	10,12	11,677
100%	4,246	7,219	10,191	8,493
	4,034	6,794	8,068	11,253
	2,76	6,582	7,643	12,739
Rata-rata	3,68	6,865	8,634	10,828



Gambar 1. Grafik Hubungan % Limbah Beton Terhadap Nilai Modulus Elastisitas

Berdasarkan Tabel 5 dan Gambar 1 dapat disimpulkan bahwa kuat tekan pada umur 28 hari dengan kuat tekan rencana 25 MPa, beton daur ulang masih dapat digunakan sebagai beton struktural seperti balok, kolom, pelat maupun pondasi karena memiliki nilai kuat tekan diantara 10 MPa sampai 20 MPa (Ali Asroni, 2010).

Besar penurunan dapat dihitung dengan membandingkan selisih antara kuat

tekan aktual dan teoritis dengan besar kuat tekan teoritis.

$$\% \text{ penurunan} = \frac{\text{Teoritis-Aktual}}{\text{Teoritis}} \times 100\%$$

Tabel 6. Rata-rata Penurunan Kuat Tekan Untuk Semua Umur Pengujian

Umur Pengujian	% Penurunan Kuat Tekan Berdasarkan % Limbah Beton			
	25%	50%	75%	100%
7 Hari	39,02	65,16	75,18	7,35
14 Hari	45,96	54,32	60,76	68,8
21 Hari	47,55	53,22	57,39	63,65
28 Hari	49,04	55,24	53,29	56,69
Rata-rata	45,39	56,99	61,65	66,62



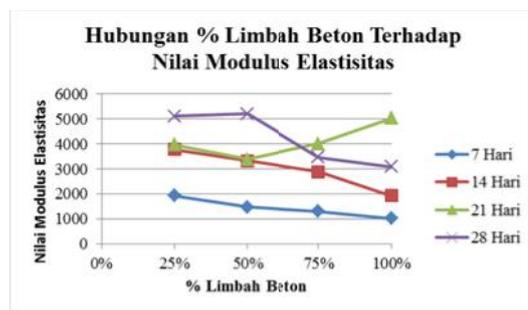
Gambar 2. Grafik Pengaruh % Limbah Beton Terhadap % Penurunan Kuat Tekan

Berdasarkan Tabel 6 dan Gambar 2 dapat disimpulkan bahwa semakin besar penggunaan limbah beton, semakin besar penurunan yang terjadi. Dari gambar grafik tersebut dapat menunjukkan pula bahwa proporsi 25% limbah beton adalah proporsi paling optimum untuk kemampuan kuat tekan dibandingkan dengan proporsi 50%, 75% dan 100%.

E. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

Tabel 7. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

% Limbah	Umur	Rata-rata Nilai Modulus Elastisitas (N/mm ²)
25%	7 Hari	1925,93
	14 Hari	3772,22
	21 Hari	3966,27
	28 Hari	5102,65
50%	7 Hari	1477
	14 Hari	3324
	21 Hari	3386,9
	28 Hari	5195,7
75%	7 Hari	1295,8
	14 Hari	2877,5
	21 Hari	4019,2
	28 Hari	3457,6
100%	7 Hari	1025,414
	14 Hari	1931,774
	21 Hari	5029,975
	28 Hari	3095,238



Gambar 3. Grafik Hubungan % Limbah Beton Terhadap Nilai Modulus Elastisitas

Selanjutnya adalah membandingkan nilai modulus elastisitas aktual dengan nilai modulus elastisitas teoritis beton normal :

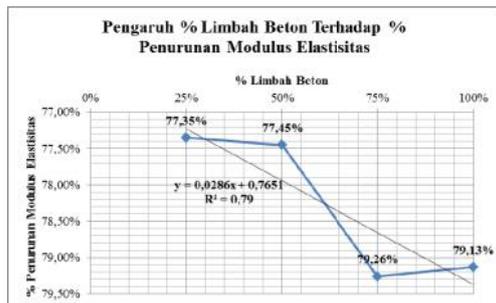
$$E_c = 4700\sqrt{f'_c}$$

Dimana f'_c adalah besar kuat tekan rata-rata yang terjadi pada beton uji. hari. Perbandingan nilai modulus elastisitas dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\% \text{ penurunan} = \frac{\text{Teoritis- Aktual}}{\text{Teoritis}} \times 100\%$$

Tabel 8. Hasil Perhitungan Perbandingan Nilai Modulus Elastisitas

% Limbah	Umur	% Penurunan	% Rata-rata
25%	7 Hari	86,98	77,35
	14 Hari	76,72	
	21 Hari	76,09	
	28 Hari	69,58	
50%	7 Hari	86,79	77,45
	14 Hari	77,69	
	21 Hari	78,38	
	28 Hari	66,95	
75%	7 Hari	86,27	79,26
	14 Hari	79,16	
	21 Hari	73,12	
	28 Hari	78,47	
100%	7 Hari	88,63	79,13
	14 Hari	84,31	
	21 Hari	63,58	
	28 Hari	79,98	



Gambar 4. Grafik Hubungan % Limbah Beton Terhadap % Penurunan Modulus Elastisitas

Gambar 3 menunjukkan bahwa beton dengan umur pengujian 21 hari memiliki nilai modulus elastisitas yang bersifat fluktuatif namun cenderung terjadi tren penurunan nilai modulus elastisitas seiring dengan bertambahnya proporsi limbah yang digunakan pada beton dari keseluruhan benda uji seperti yang terlihat pada Gambar 4. Gambar 3 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan nilai modulus elastisitas seiring dengan lama umur pengujian. Hal ini terjadi karena nilai kuat tekan beton terus bertambah seiring dengan lama umur pengujian benda uji. Nilai modulus elastisitas secara teori berbanding lurus dengan nilai kuat tekan beton.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar seperti dibawah ini :

1. Penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar berpengaruh pada kuat tekan. Kuat tekan cenderung menurun seiring dengan bertambahnya persentase agregat limbah beton dengan rata-rata penurunan terendah terjadi pada proporsi limbah beton 25% sebesar 45,39%, proporsi limbah beton 50% sebesar 56,99%, lalu proporsi limbah beton 75% sebesar 61,65% dan penurunan terbesar pada proporsi limbah beton 100% sebesar 66,62%.
2. Penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar berpengaruh pada nilai modulus elastisitas. Modulus elastisitas cenderung menurun seiring dengan bertambahnya presentase agregat limbah beton dengan rata-rata penurunan terendah terjadi pada proporsi 25% sebesar 77,35%, proporsi limbah beton 50% sebesar 77,45%, proporsi limbah beton 75% sebesar 79,26% dan penurunan pada proporsi 100% sebesar 79,12%. Dari hasil kuat tekan dan modulus elastisitas, proporsi limbah beton 25% adalah kadar paling optimum sebagai pengganti agregat kasar.

B. Saran

Untuk menindak lanjuti penelitian ini kiranya perlu dilakukan beberapa koreksi yang diperlukan agar penelitian selanjutnya dapat lebih baik. Adapun saran-saran untuk penelitian selanjutnya antara lain.

1. Melakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan limbah beton dengan mutu tertentu agar hasil yang didapatkan dapat lebih terkontrol.
2. Dapat melakukan penelitian dengan semen selain PPC.
3. Dapat melakukan penelitian dengan menggunakan zat tambah aditif untuk memaksimalkan kuat tekan beton daur ulang.

Melakukan penelitian dengan menggunakan limbah beton sebagai pengganti agregat halus dan kasar.

6. Daftar Pustaka

- Asroni, Ali. 2010. *Balok Dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Deni Anwar. 2014. Pengaruh Penggunaan Agregat Daur Ulang Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Berkinerja Tinggi Grade 80.
- Eni Febriani. 2013. Pengaruh Pemanfaatan Pecahan Beton Sebagai Alternatif Pengganti Agregat Kasar Sebagai Campuran Beton K-250 Kg/cm².
- Nawi, Edward G. 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung : Refika Aditama.
- McCormac, Jack C. 2001. *Desain Beton Bertulang Edisi Kelima*. Jakarta : Erlangga.
- PBI-1971 “Peraturan Beton Bertulang Indonesia”
- SK SNI S-04-1989-F “Spesifikasi Agregat Sebagai Bahan Bangunan”
- SNI 03-1968-1990 “Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar”
- SNI03-1969-1990 “Metode Pengujian Berat Jenis Dan penyerapan air agregat kasar”
- SNI 03-1970-1990 “Metode Pengujian BeratJenis Dan penyerapan air agregat halus”
- SNI 03-1971-1990 “Metode Pengujian Kadar Air Agregat”
- SNI 03-2417-2008 “Metode Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles”
- SNI 03-2834-2000 ”Tata Cara Pembuatan Rencana CampuranBetonNormal.”
- SNI 03-4142-1996 “Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan NO. 200 (0,075 mm)”
- Tjokrodinuljo, Kardiyono. Ir. M.E. 2004. *Buku Ajar Teknologi Beton*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Wahyu Dwi Cahyadi. 2012. Studi Kuat Tekan Beton Normal Mutu Rendah Yang Mengandung Abu Sekam Padi (RHA) dan Limbah Adukan Beton (CSW).