

ANALISIS LIMBAH BENDA UJI BETON UNTUK MENSUBSTITUSI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN BETON

I Gusti Made Sudika¹⁾, I Gusti Ngurah Eka Partama²⁾, I Gede Surya Dinata³⁾
E-mail : sudikagusti@yahoo.com¹⁾, epartama@gmail.com²⁾, suryadinata896@gmail.com³⁾

Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Ngurah Rai

ABSTRAK

Limbah benda uji beton setelah dilakukan pengujian selanjutnya ditumpuk dan dibuang. Untuk kapasitas yang besar akan menimbulkan masalah karena memerlukan areal penampungan yang luas dan jika langsung dibuang ke tanah akan mengurangi kesuburan tanah dan merusak ekosistem. Secara visual fisik material penyusun beton dan padatan limbah benda uji masih bagus dan diperlukan kajian agar bias dimanfaatkan kembali sebagai campuran beton.

Penelitian ini dilakukan dengan membuat sampel benda uji dengan mutu beton rencana $f_c=22$ MPa dengan variasi kandungan agregat kasar limbah benda uji beton sebanyak 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% terhadap berat agregat kasar yang dibutuhkan. Rancangan campuran (*mix design*) beton menggunakan SNI 03-2834-2000. Sampel benda uji dibuat berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm, disiapkan 3 buah sampel untuk setiap variasi campuran dan diuji pada umur 14 dan 28 hari. Semen portland yang digunakan adalah Tipe PCC Merk Tiga Roda dengan komposisi senyawa kimia mendekati Semen Tipe I. Agregat kasar dan halus dari batuan alami Gunung Agung serta air bersih dari PDAM Kota Denpasar.

Hasil penelitian menghasilkan kuat tekan tertinggi dicapai saat substitusi agregat limbah benda uji beton sebanyak 25% dari berat total agregat kasar yang diperlukan yaitu 25.76 MPa pada umur 14 hari dan 29.82 MPa pada umur 28 hari. Kuat tekan terendah ditunjukkan saat substitusi agregat limbah beton sebanyak 100%, dengan kuat tekan sebesar 22.36 dan 26.61 MPa masing-masing saat benda uji berumur 14 dan 28 hari. Hasil pengujian kuat tarik belah menunjukkan nilai tertinggi yang dicapai yaitu saat substitusi agregat limbah beton sebanyak 25% terhadap berat agregat kasar yang diperlukan, dimana saat benda uji berumur 14 dan 28 hari, kuat tarik belah mencapai 2.57 dan 2.97 MPa. Nilai kuat tarik belah terendah ditunjukkan saat substitusi agregat limbah beton sebanyak 100% terhadap berat kebutuhan agregat kasar sebesar 2.24 dan 2.67 MPa untuk masing-masing benda uji berumur 14 dan 28 hari.

Kata kunci : *Limbah beton, Agregat, Kuat tekan, Kuat tarik belah.*

ABSTRACT

The concrete test objects waste after testing are then stacked and disposed of. For large capacities it will cause problems because it requires a large holding area and if it is discharged directly to the ground it will reduce soil fertility and destroy the ecosystem. Visually the concrete constituent material and the solids of the test object waste are still good and studies are needed so that it can be reused as a concrete mixture.

This research was carried out by making samples of specimens with concrete quality plan $f_c = 22$ MPa with variations in the content of coarse aggregate waste of concrete specimens as much as 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of the weight of coarse aggregate needed. Concrete mix design using SNI 03-2828-2000. The sample specimens were made in the form of cylinders 15 cm in diameter and 30 cm high, prepared 3 samples for each variation of the mixture and tested at 14 and 28 days. The portland cement used is the Tiga Roda PCC Brand Type with a chemical compound exposition approaching Type I Cement. Coarse and fine aggregate from the Gunung Agung natural rock and clean water from PDAM Denpasar City

The results of the study resulted in the highest compressive strength achieved when the substitution of concrete specimens as much as 25% of the total weight of coarse aggregate needed was 25.76 MPa at 14 days and 29.82 MPa at 28 days. The lowest compressive strength was shown when the concrete waste aggregate substitution was 100%, with compressive strength of 22.36 and 26.61 MPa, respectively when the specimens are 14 and 28 days old. The results of the tensile strength test showed the highest value achieved was when the concrete waste aggregate substitution of 25% of the weight of coarse aggregate is needed, where when the specimens are 14 and 28 days old, the tensile strength reaches 2.57 and 2.97 MPa. The lowest split tensile strength value was shown when the concrete waste aggregate substitution was 100% to the weight of the gross aggregate requirement of 2.24 and 2.67 MPa for each specimen aged 14 and 28 days, respectively.

Key words: Concrete waste, aggregate, compressive strength, tensile strength.

Dosen¹⁾, Dosen²⁾, Mahasiswa³⁾

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton adalah material konstruksi yang terdiri dari campuran semen portland, agregat kasar agregat halus dan air dengan tanpa atau bahan tambahan. Beton paling banyak digunakan karena mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan bahan lainnya, harga yang relatif murah, mempunyai kuat tekan yang tinggi, tahan lama. Inovasi teknologi beton selalu dituntut guna menjawab tantangan akan kebutuhan beton yang mempunyai kekuatan dan daya tahan yang tinggi. Kebutuhan akan beton berdampak pada peningkatan penambangan batuan alam berupa pasir dan batu untuk memenuhi kebutuhan materialbeton tersebut.Untuk mengurangi dampak buruk akibat penambangan yang berlebihan, perlu diupayakan langkah inovasi mengantisipasi dampak buruk yang timbul di kemudian hari.Limbah konstruksi menyumbang proporsi yang cukup besar dari total limbah yang ada. Pembuangan limbah tanpa pengelolaan yang baik dapat mengurangi kesuburan tanah dan merusak ekosistem.

Untuk mengontrol kualitas beton atau untuk menguji rancangan campuran beton berdasarkan material yang diajukan dilakukan pengujian dengan contoh benda uji dalam bentuk silinder atau kubus dan selanjutnya dibuang dan tidak dimanfaatkan kembali. Pada pekerjaan pembangunan infrastruktur dengan konstruksi beton dan dengan kapasitas pekerjaan yang besar jumlah benda uji yang disiapkan banyak dan limbahnya juga banyak. Pada perusahaan betonPT. Adi Jaya Beton di Jalan By Pass Ngurah Rai Suwung, Sesetan, Kecamatan. Denpasar Selatan, Kota Denpasar-Bali dan PT.Merak Jaya Beton di Jalan TPA Suwung No.712, Sesetan, Kecamatan. Denpasar Selatan, Kota Denpasar-Bali, limbah hasil pengujian ditumpuk dan belum dimanfaatkan. Limbah tersebut akan diupayakan untuk dimanfaatkan kembali sebagai agregat kasar dan diperlukan kajian untuk mengetahui karakteristik beton yang menggunakan limbah ini. Kajian yang dilakukan terbatas untuk mengetahui kuat tekan dan tarik belah untuk beton yang agregat kasarnya disubstitusi menggunakan agregat kasar limbah benda uji.

1.2 Rumusan masalah

Permasalahan dalam penelitian ini yang akan dicari solusinya adalah berapa persentase susbstistusi maksimum agregat kasar limbah benda uji beton memberikan kuat tekan dan kuat tarik belah maksimum mutu $f'c = 22$ MPa?

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui persentase substitusi maksisum agregat limbah benda uji yang memberikan nilai kuat tekan dan kuat tarik belah yang maksimum untuk beton dengan mutu beton rencana $f'c = 22$ MPa.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton adalah sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya yaitu semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambahan (*additive atau admixture*) (Mulyono, 2004).

Mutu beton yang dihasilkan sangat tergantung pada kualitas material penyusunnya, oleh karenanya material yang digunakan harus ditentukan secara selektif sesuai dengan ketentuan standar yang berlaku. Penjelasan terkait semen hidrolis (*portland cement*), agregat, air dan bahan tambahan (*additive atau admixture*) disajikan pada uraian berikut.

2.2 Semen Portland

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan. Semen portland dibuat dengan melalui beberapa langkah, sehingga sangat halus dan memiliki sifat adhesif maupun kohesif. Semen diperoleh dengan membakar secara bersamaan, suatu campuran dari *calcareous* (yang mengandung kalsium karbonat atau batu gamping) dan *argillaceous* (yang mengandung alumina) dengan perbandingan tertentu. Secara mudahnya kandungan semen ialah : kapur, silika dan alumina. Ketiga bahan dasar tadi dicampur dan dibakar dengan suhu 1.550°C dan menjadi klinker.

Dalam SNI 15-2049-2004 disebutkan ada 5 (lima) jenis semen portland (PC) yaitu : 1) PC Tipe I (*Ordinary portland cement*) merupakan semen untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus; 2) PC Tipe II (*Moderate sulfat resistance*) merupakan semen yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau panas hidrasi sedang; 3) PC Tipe III (*High early strength*) merupakan semen yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi; 4) PC Tipe IV (*Low Heat of Hydration*) merupakan semen yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah; 5) Tipe V (*Sulfat resistance cement*) merupakan semen yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat. Selain 5 tipe semen sesuai dengan peruntukannya, pada kondisi sekarang ini dipasaran beredar semen *Portland Composite Cement* (PCC) yaitu semen hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35% dari massa semen portland komposit. *Portland Pozolan Cement* (PPC) adalah semen yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen portland dengan pozolan halus, yang diproduksi dengan menggiling klinker semen dan pozolan bersama-sama atau

mencampur secara merata bubuk semen dengan bubuk pozolan atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozolan 6% sampai dengan 40% massa semen portland pozolan.

2.3 Agregat

Komposisi agregat dalam campuran beton mencapai 60%-70% dari berat campuran beton (Mulyono, 2004). Dalam praktek pelaksanaan konstruksi beton agregat dibedakan berdasarkan ukuran butirnya (gradasinya) dan dibagi menjadi 2 jenis yaitu agregat kasar (*coarse aggregates*) dan agregat halus (*fine aggregates*). Agregat juga dapat dibagi berdasarkan beratnya menjadi 3 jenis yaitu agregat berat (*weight aggregates*), agregat normal (*normal aggregates*) dan agregat ringan (*lightweight aggregates*) (Mulyono, 2004). Batasan-batasan untuk membedakan jenis agregat tersebut dijelaskan pada uraian berikut.

Agregat kasar dan agregat halus dibedakan berdasarkan gradasinya. Agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirnya lebih besar 4,8 mm sesuai *Bristish Standard* atau 4,75 mm menurut ASTM sedangkan agregat halus adalah agregat yang butirnya lebih kecil dari 4,8 mm sesuai *Bristish Standard* atau 4,75 mm menurut ASTM. Agregat kasar dan agregat halus dapat berupa batuan alam, batuan olahan atau gabungan dari keduanya. Karakteristik utama dari agregat terhadap beton struktur meliputi berat volume, gradasi, kondisi permukaan, kekuatan dan daya serap terhadap air.

2.4 Agregat Limbah Beton.

Agregat dari limbah beton merupakan salah satu agregat buatan (*artificial aggregates*) yang dibuat dari daur ulang limbah beton.

2.5 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani gaya tekan yang dihasilkan oleh mesin tekan.

2.6 Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik beton ialah nilai yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar. Nilai kuat tarik belah berkisar 10% - 15% dari kuat tekannya.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut : 1) Pengujian sifat-sifat material penyusun beton yaitu semen; agregat halus dan agregat kasar. Sifat semen yang perlu disiapkan yaitu berat isi semen, sedangkan untuk agregat kasar dan halus dilakukan pengujian untuk menentukan modulus kehalusan, gradasi, kadar air dan penyerapan; 2) Menyusun rancangan campuran untuk beton rencana $f'c = 22$ MPa dengan variasi substitusi agregat kasar menggunakan limbah benda uji beton;

3) Mencetak benda uji dengan komposisi campuran sesuai Tabel 3.8; 4) Pengujian kuat tekan dan kuat Tarik belah untuk masing-masing umur benda uji 14 dan 28 hari.

Tabel 3.8 Benda Uji Berdasarkan Variasi Agregat Kasar Limbah Beton

Kode	Substitusi Agregat Limbah Beton (%)	Pengujian Pada Hari Ke-		Jumlah Benda Uji
		14	28	
A11	0	6	6	12
B11	25	6	6	12
C11	50	6	6	12
D11	75	6	6	12
E11	100	6	6	12
	Jumlah	30	30	60

Sumber : Analisa Data

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Agregat Halus

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Agregat Halus
1	Kadar Air	6%
2	Berat Jenis SSD	2.52
3	Penyerapan	1.35%
4	Kadar Lumpur	1.99%
5	MHB	3.30

Sumber : Analisa Data

Nilai berat jenis SSD rata-rata sebesar 2.52 termasuk klasifikasi agregat normal karena berada pada rentang nilai 2.3-2.6. Nilai 1.35% angka tersebut menunjukkan kemampuan agregat tersebut untuk menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai ke jenuh kering permukaan (SSD). Kadar lumpur agregat halus sebesar 2.06% sudah memenuhi persyaratan kadar lumpur yang tidak boleh melebihi nilai 5%. Gradasi untuk agregat halus masuk kedalam zone II sesuai SNI 03-2834-2000. Modulus Halus Butir (MHB) pasir Desa Sabudi Karangasem sebesar 3,03 berada pada rentang 1,5-3,0 sehingga sudah memenuhi ketentuan SK SNI-S -04-1989-F.

4.2. Pengujian Agregat Kasar

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Agregat Alam	Agregat Limbah Beton
1	Kadar Air	5%	7%
2	Berat Jenis SSD	2.46	2.44
3	Penyerapan	3.95%	4.61%
4	Kadar Lumpur	0.96%	1%
5	MHB	6.90	6.93
6	Keausan Agregat	31.28%	36.04%

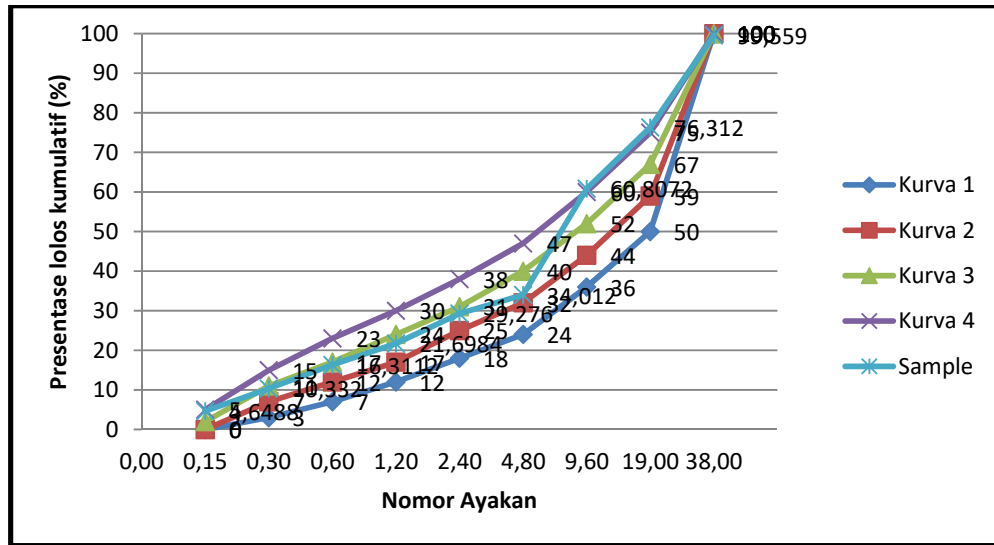
Sumber : Analisa Data

Dari Tabel 4.5 dapat dilihat berat jenis agregat limbah beton tidak beda signifikan dengan agregat alam, namun memiliki nilai penyerapan lebih tinggi dari agregat alam karena kondisi agregat limbah beton sebagian masih ditutupi oleh mortar yang bersifat porous

Agregat limbah beton dan agregat alam memiliki kadar lumpur dengan nilai dibawah persyaratan maksimum yang diperbolehkan sehingga layak sebagai agregat kasar pada campuran beton normal. Nilai Modulus Halus Butir (MHB) untuk agregat limbah beton dan agregat alam masing-masing 6,93 dan 6,9 masih masuk dalam rentang nilai 6-7,10 sehingga memenuhi syarat sesuai SK SNI-S-04-1989.

4.3 Agregat Gabungan

Gradasi yang baik sangat sulit didapatkan langsung dari tempat pemecah batu (*stone crusher*). Supaya memperoleh gradasi yang baik maka digunakan gradasi gabungan antara agregat halus dan agregat kasar. Hasil grafik gabungan bisa dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Gradasi Agregat Gabungan dan Batas Gradasi Gabungan Agregat Kasar Ukuran Zona 40 mm

Sumber : Analisa Data

4.4. Hasil Rancangan Campuran Beton (*mix design*)

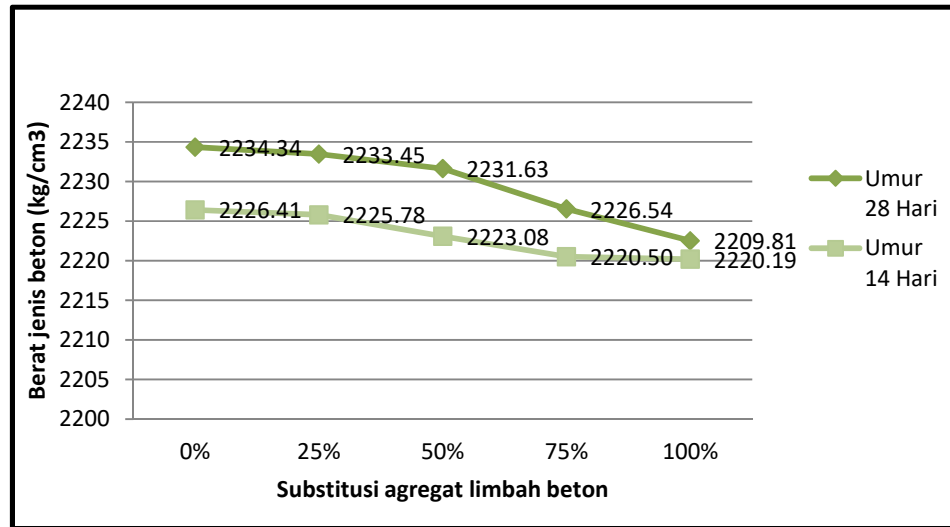
Rancangan campuran beton dalam penelitian ini menggunakan metode SNI 03-2834-2000. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh komposisi campuran per 1 m³ beton seperti pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Proporsi Campuran Untuk 1 M³ Beton

Jenis Benda Uji	Semen (Kg)	Agregat Halus (pasir) (Kg)	Agregat Kasar (kerikil) (Kg)	Agregat Limbah Beton (Kg)	Air (Kg/Ltr)
0%	370	598.69	1057.88	0	144.58
25%	370	598.69	790.68	263.56	140.94
50%	370	598.69	525.30	525.30	137.31
75%	370	598.69	261.74	785.23	133.67
100%	370	598.69	0	1043.56	130.25

Sumber : Analisa Data

4.5 Berat Jenis Beton

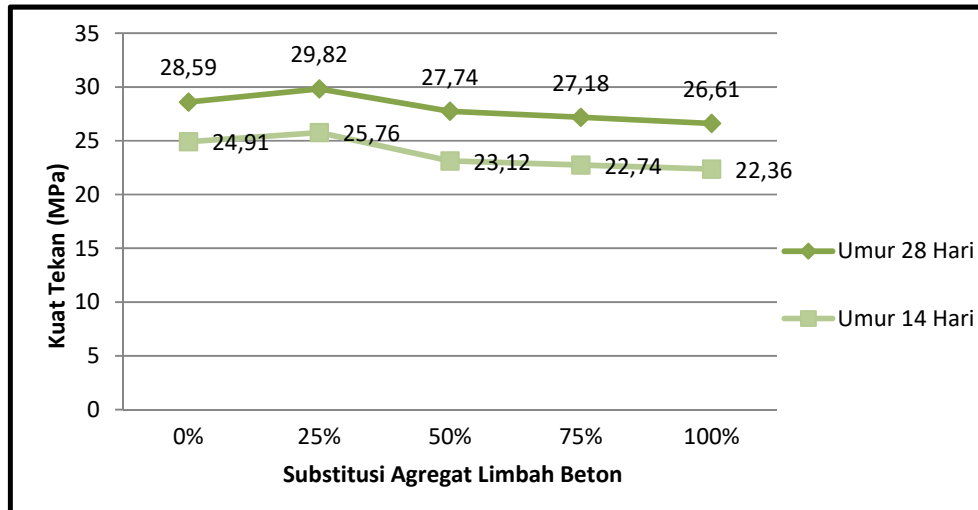


Gambar 4.2 Grafik Hubungan Berat Jenis Beton Dengan Substitusi Agregat Limbah Beton
 Sumber : Analisa Data

Dari Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa kode B11, akibat substitusi agregat limbah beton sebanyak 25%, maka terjadi penurunan berat jenis yang terjadi pada umur 14 dan 28 hari adalah 0.02 dan 0.03%. Kode C11 dimana substitusi agregat kasar limbah beton adalah 50%, terjadi penurunan berat jenis yaitu sebesar 0.14 dan 0.12%. Untuk kode D11 dimana substitusi agregat limbah beton adalah 75%, terjadi penurunan berat jenis yaitu sebesar 0.26 dan 0.35%. Sedangkan kode E11 dimana substitusi agregat limbah beton adalah 100%, terjadi penurunan berat jenis yaitu sebesar 0.28 dan 0.53%. Penggunaan agregat kasar limbah beton cenderung mengurangi berat jenis beton karena agregat kasar limbah beton mempunyai berat jenis yang lebih kecil dari agregat kasar dari batuan normal yaitu masing-masing sebesar 2,44 dan 2,46.

4.6 Kuat Tekan

Dari Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa kode B11, akibat substitusi agregat limbah beton sebanyak 25%, maka terjadi peningkatan kuat tekan beton yang terjadi pada umur 14 dan 28 hari adalah 3,30% dan 4,67%. Kode C11 dimana substitusi agregat limbah beton sebanyak 50%, terjadi penurunan kuat tekan yaitu sebesar 7,74% dan 4,70%. Untuk kode D11 dimana substitusi agregat limbah beton sebanyak 75%, terjadi penurunan kuat tekan yaitu sebesar 9,54% dan 6,99%. Sedangkan kode E11 akibat substitusi agregat limbah beton sebanyak 100% terjadi penurunan kuat tekan yaitu sebesar 11.40% dan 9.38%.

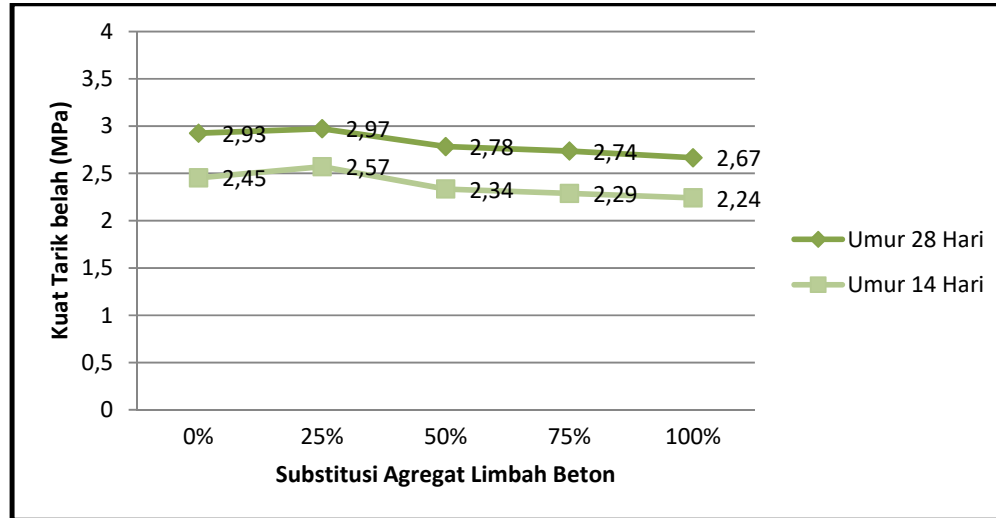


Gambar 4.3 Grafik Hubungan Nilai Kuat Tekan Dengan Substitusi Agregat Limbah Beton
Sumber : Analisa Data

Apabila dilihat dari persentase penurunan, dapat dilihat bahwa penggunaan agregat kasar limbah beton akan cenderung mengurangi kuat tekan. Hal ini terjadi karena perbedaan kualitas yang antara agregat kasar limbah beton dengan agregat kasar alam, antara lain tingkat keausan agregat limbah beton yaitu sebesar 36.04% lebih besar dengan agregat alam sebesar 31,28%. Hal inilah yang menyebabkan persentase substitusi agregat kasar limbah beton sebagai bahan campuran beton tentu akan mengurangi nilai kuat tekan dari beton yang dihasilkan sebab nilai kuat tekan dari beton sangat dipengaruhi oleh kualitas agregat kasar yang digunakan tersebut.

4.7 Kuat Tarik Belah

Dari Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa kode B11, akibat substitusi agregat limbah beton sebanyak 25%, maka terjadi peningkatan kuat tarik belah beton yang terjadi pada umur 14 dan 28 hari adalah 4.67% dan 1.35%. Kode C11 dimana substitusi agregat limbah beton sebanyak 50%, terjadi penurunan kuat tarik belah beton yaitu sebesar 4,70% dan 5,40%. Untuk kode D11 dimana substitusi agregat limbah beton sebanyak 75%, terjadi penurunan kuat tarik belah beton yaitu sebesar 6,9% dan 6,93%. Sedangkan kode E11 akibat substitusi agregat limbah beton sebanyak 100% terjadi penurunan kuat tarik belah beton yaitu sebesar 9,38% dan 9,74%.



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Nilai Kuat Tarik Belah Dengan Substitusi Agregat Limbah Beton
Sumber : Analisa data

Dengan demikian, maksimum agregat kasar limbah beton yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai kuat tarik belah beton yang disyaratkan adalah 25%. Substitusi agregat limbah beton yang hanya mencapai 25% ini tidak dapat dilepaskan dari mutu agregat limbah beton yang cenderung lebih rendah dari agregat alam, antara lain keausan agregat.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengaruh daur ulang limbah beton padat sebagai substitusi sebagian agregat kasar pada campuran beton normal dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Secara umum, substitusi limbah beton mengakibatkan penurunan kuat tekan, namun kuat tekan beton meningkat pada persentase 25% sebesar 3,30% pada umur 14 hari dan 4,67% pada umur 28 hari. Selanjutnya kuat tekan mengalami penurunan. Kuat tarik belah mengalami peningkatan pada persentase 25% sebesar 4,66% pada umur 14 hari dan 1,34% pada umur 28 hari selanjutnya kuat tarik belah mengalami penurunan.
2. Kadar substitusi limbah beton sebagai agregat kasar yang paling optimum pada beton $f^c = 22$ MPa sebesar 25% yang menghasilkan kuat tekan rata-rata pada umur pengujian 14 dan 28 hari yaitu sebesar 25,76 dan 29,82 MPa. Sedangkan kuat tarik belah rata-rata pada umur pengujian 14 dan 28 hari yaitu sebesar 2,57 dan 2,97 MPa.
3. Substitusi limbah beton berpengaruh positif terhadap berat jenis beton, dimana substitusi limbah beton sebagai agregat kasar akan menurunkan berat jenis beton.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mutu beton rencana yang lebih tinggi dan lebih rendah dari $f'c = 22$ MPa, untuk mengetahui nilai substitusi agregat kasar limbah beton untuk setiap mutu beton rencana.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk bisa mengamati perkembangan kekuatan beton pada umur 3, 7, 14, 21, 28 dan 56 hari.
3. Kajian lanjutan dapat dilakukan dengan bahan tambahan *aditif* atau *admixture* dalam upaya untuk meningkatkan kekuatan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Ghufroon Ismail, A. M. (2017). Pengaruh Beton Daur Ulang Dan Bahan Tambah Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Struktural Ramah Lingkungan. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil, Volume 1* , 59-63.
- Anonim. (2004). *Semen portland SNI-15-2049-2004*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2004). *Semen Portland Komposit SNI-15-7064-2004*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Buen Sian, J. A. (2013). Studi Eksperimental Karakteristik Beton. *Jurnal Teknik Sipil Volume 9*, 111-129.
- Hari Badarsono, B. H. (2010). Pemanfaatan Beton Daur Ulang Sebagai Substitusi Agregat Kasar Pada Beton Mutu Tinggi. *Konfransi Nasional Teknik Sipil 4 (KoNTekS 4)*, 165-172.
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. Jakarta: ANDI.
- Mulyati, A. A. (2014). Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Dan Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Jurnal Momentum Vol 16*, 1-7
- Nugraha, P. (2007). *Teknologi Beton Dari Material Pembuat ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: ANDI.
- Soelarso, B. N. (2016). Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai pengganti Agregat Kasar Pada Beton Normal Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas. *Jurnal Fondasi, Volume 5 No 2* , 22-29
- Wulandari, A. (2008). *Studi Prilaku Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Pada Beton Dengan Menggunakan Agregat Daur Ulang*. Tugas Akhir yang tidak dipublikasikan, Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 2008.