

Kuat Tekan Beton Daur Ulang sebagai Bahan Struktur pada Bangunan Sederhana

Dahri Kuddu⁽¹⁾, M. Syavir Latif⁽²⁾

⁽¹⁾ Lab. Struktur dan Konstruksi Bangunan, Prodi Arsitektur, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

⁽²⁾ Lab. Perancangan dan LCD Komputer, Prodi Arsitektur, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Abstrak

Pesatnya industri konstruksi pada saat ini, mendatangkan konsekuensi menipisnya deposit agregat alam di bumi ini. Padahal beton bongkaran bangunan lama dan sisa beton tiang pancang dapat digunakan sebagai bahan agregat alternatif untuk beton yang disebut beton daur ulang (*recycled concrete*). Penelitian ini agregat beton yang menggunakan pecahan beton bangunan tua sebagai agregat kasar dan halus; limbah tiang pancang hanya digunakan sebagai agregat kasar. Pemeriksaan dilakukan dengan menganalisis sifat-sifat material limbah beton, mekanisme keruntuhan dari benda uji (silinder 150x300mm) yang dikenakan dengan beban tekan. Benda uji terbuat dari limbah reruntuhan bangunan tua sebagai agregat kasar dan agregat halus dan limbah pancang (K600) sebagai agregat kasar. Tiga metode perawatan yang digunakan, yaitu *water curing*, *indoor air curing*, dan *outdoor air curing*. Sebagai referensi dalam penelitian ini, digunakan nilai kuat tekan K225 pada umur 28 hari. Hasil nilai kuat tekan beton daur ulang masih memberikan kontribusi yang baik untuk bahan struktur dengan nilai kuat tekan sekitar K175 untuk rumah sederhana dan bangunan-bangunan rendah.

Kata-kunci : kuat tekan, beton, daur ulang, bangunan

Pengantar

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang mudah di bentuk dan mudah dikerjakan sehingga sangat banyak digunakan untuk pembangunan infrastruktur seperti jalan, jembatan, gedung, dermaga, tiang pancang, tiang listrik dan lain sebagainya.

Sejalan dengan meningkatnya ekonomi rakyat berdampak terhadap pesatnya pembangunan, sehingga kebutuhan beton sebagai bahan konstruksi semakin meningkat, demikianpun halnya dengan material pembentuk beton. Dilain pihak, alam merupakan penghasil terbesar agregat, semakin lama persediaan semakin berkurang, bahkan ada wilayah di Indonesia, alamnya tidak memiliki bebatuan untuk bahan baku beton seperti agregat kasar (kerikil) dan agregat halus (pasir), sehingga perlu dipikirkan pemecahannya agar kebutuhan agregat dapat dipenuhi. Salah

satu alternatif pemecahannya adalah pemakaian beton daur ulang.

Metode

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan studi literatur dan studi eksperimen, serangkaian percobaan di laboratorium untuk mendapatkan sifat-sifat material dan kuat tekan beton daur ulang, yang digunakan dalam campuran beton agregat kasar (limbag beton) dan agregat halus (limbah beton, pasir alam dan pasir olahan), diharapkan dalam pembuatan dan pengujian beton daur ulang nilai kuat tekan memenuhi standar ASTM dan ACI.

Pengukuran Slum

Dari hasil pengukuran slump untuk agregat yang berasal dari beton daur ulang lebih tinggi dari pada nilai slump yang direncanakan, karena disebabkan agregat beton daur ulang mampu-

nyai permukaan lebih licin jika dibandingkan dengan agregat alam, dan beton daur ulang pada waktu pencetakan mengalami proses pengerasan yang lebih cepat.

Dari hasil percobaan uji tekan beton silinder dengan ukuran dia. 150 mm tinggi 300 mm didapat pola keruntuhan yang terjadi yaitu :

1. Columnur
2. Geser

Sebagai contoh perhitungan, nilai kuat tekan akan diuraikan langkah-langkah perhitungan mulai dari umur beton 3, 7, 14, 21, 28 hari.

Tabel 1. Perbandingan kuat tekan beton pada berbagai umur untuk benda uji silinder yang dirawat di Laboratorium

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28
Semen Portland Type I	0.45	0.46	0.88	0.95	1.00

Histogram

Pengertian Histogram adalah grafik dalam bentuk batang vertikal yang menyatakan distribusi hasil uji kuat tekan beton.

Beton mempunyai sifat kekuatan yang khas, yaitu apabila diperiksa dengan sejumlah benda uji (disarankan 15 – 20) nilainya akan menyebar sekitar nilai rerata, penyebaran ini akan kecil atau besar tergantung dari tingkat kesempurnaan pelaksanaan pada waktu dilaksanakan (tolok ukurnya disebut deviasi standar).

1. Tujuan Histogram

- a. Mengetahui tingkat kesempurnaan pelaksanaan beton
- b. Mengetahui :
 - Mean (rerata) kekuatan tekan benda uji beton
 - Populasi (% yang sejenis / kelompok dari total)

- Tingkat penyebaran (sempit atau lebar)
- Kegagalan pelaksanaan
- Benar tidaknya data kelompok hasil uji.

2. Cara Membuat Histogram

Cara membuat histogram yaitu :

- a. Pastikan data-data hasil uji kuat tekan benda uji beton :
 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n \longrightarrow n > 20$
- b. Tentukan data hasil uji yang maksimum (X maks.) dan yang minimum (X min.)
- c. Tentukan jumlah klas (k) dengan patokan sebagai berikut :

- $n < 50 \longrightarrow k = 7 - 8$
- $n = 50 - 100 \longrightarrow k = 8 - 10$
- $n = 101 - 500 \longrightarrow k = 11 - 14$
- $n = 501 - 1000 \longrightarrow k = 14 - 17$
- $n > 1000 \longrightarrow k = 17 - 20$

d. Hitung :

$$inc = I = \text{dibulatkan}$$

$$\frac{\bar{x}_{maks} - \bar{x}_{min.}}{}$$

- e. Buat tabel perhitungan frekuensi dan populasi masing – masing kelas.
- f. Gambarkan Histogram (hubungan rerata klas dengan populasi dalam batang vertikal).

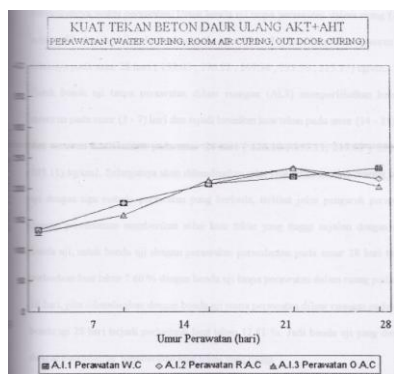
Jika histogram hasil pengujian benda uji beton dengan data menyebar normal (mengikuti bentuk lengkung dari gauss, bentuk lonceng), maka tingkat penyebaran (sempit atau lebar) dari histogram dapat diukur dengan tolok ukur "Deviasi Standard (S)".

Tabel 2. Tingkat Kesempurnaan Pelaksanaan Diukur dengan Deviasi Standard

Volume beton	Deviasi Standard :S (kg/cm ²)		
	Memuaskan	Baik	Dapat diterima
Kecil < 1000 m ³	45 < s < 55	55 < s < 65	65 < s < 85
Sedang 1000 – 3000 m ³	35 < s < 45	45 < s < 55	55 < s < 65
Besar > 3000 m ³	25 < s < 35	35 < s < 45	45 < s < 55

Tabel 3. Kuat Tekan Beton Daur Ulang AKT + AHT dan Jenis Perawatan

BENDA UJI	KUAT TEKAN		
	AKT + AHT	AKT + AHT	AKT + AHT
CAMPURAN	A.I.1 (W.C)	A.I.2 (R.A.C)	A.I.3 (O.A.C)
UMUR 3 HARI	133.05	133.05	128.10
UMUR 7 HARI	176.22	176.22	157.11
UMUR 14 HARI	207.36	207.36	213.02
UMUR 21 HARI	219.39	233.55	232.84
UMUR 28 HARI	232.84	215.15	203.11

**Gambar 1.** Grafik Penggabungan 3 Jenis Perawatan Beton Daur Ulang AKT + AHT

1. Pembahasan Grafik Agregat Kasar Limbah Banguna Tua (AKT) + Agregat Halus Limbah Bangunan Tua (AHT) **Kode Silinder A I.1, A I.2, AI.3**

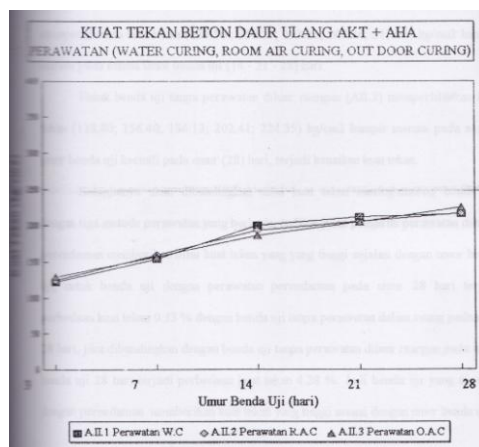
Tampak perbedaan nilai kuat tekan beton untuk benda uji dari 3 jenis perawatan, metode perawatan dengan perendaman (A I.1) menghasilkan nilai kuat tekan rata-rata berdasarkan umur beton (3, 7, 14, 21, 28) hari memperlihatkan kuat tekan yang berbeda berdasarkan umur perawatan (133.05 ; 176.22 ; 207.36 ; 219.39 ; 232.84) kg/cm², atau dengan kata lain nilai kuat tekan bertambah seiring dengan bertambahnya waktu perawatan. Untuk benda uji tanpa perawatan dalam ruang (A I.2) memperlihatkan kenaikan kuat tekan pada umur (14 – 21) hari kemudian menurun kuat tekannya pada umur 28 hari (133.05 ; 176.22 ; 207.36 ; 233.55 ; 215.15) kg/cm². Untuk benda uji tanpa perawatan diluar ruangan (A I.3) memperlihatkan kekuatan menurun pada umur (3 - 7)

hari dan terjadi kenaikan kuat tekan pada umur (14 - 21) hari dan menurun kuat tekannya pada umur 28 hari (128.20 ; 157.11 ; 213.02 ; 232.84 ; 203.11) kg/cm².

Selanjutnya akan dibandingkan nilai kuat tekan masing-masing benda uji dengan tiga metode perawatan yang berbeda, terlihat jelas pengaruh perawatan dengan perendaman member nilai kuat tekan yang tinggi sejalan dengan umur benda uji, untuk benda uji dengan perawatan perendaman pada umur 28 hari terjadi perbedaan kuat tekan 7.60 % dengan benda uji tanpa perawatan dalam ruang pada umur 28 hari, jika dibandingkan dengan benda uji tanpa perawatan diluar ruangan pada umur benda uji 28 hari terjadi perbedaan kuat tekan 12.81 %. Jadi benda uji yang dirawat dengan perendaman memberikan kuat tekan yang tinggi.

Tabel 4. Kuat Tekan Beton Daur Ulang AKT + AHA dan Jenis Perawatan

BENDA UJI	KUAT TEKAN		
	AKT + AHA	AKT + AHA	AKT + AHA
CAMPURAN	A.II.1 (W.C)	A.II.2 (R.A.C)	A.II.3 (O.A.C)
UMUR 3 HARI	121.73	124.56	128.80
UMUR 7 HARI	153.57	159.24	156.40
UMUR 14 HARI	199.58	193.21	186.13
UMUR 21 HARI	211.61	205.24	202.41
UMUR 28 HARI	215.15	215.85	224.35

**Gambar 2.** Grafik Penggabungan 3 Jenis Perawatan Beton Daur Ulang AKT + AHA

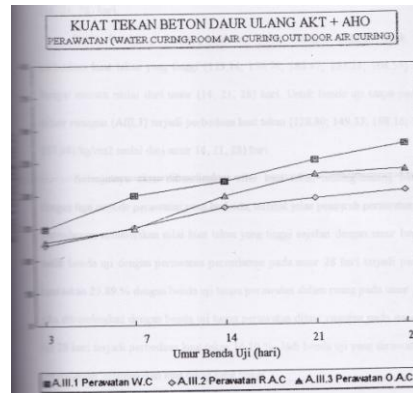
2. II. Pembahasan Grafik Agregat Kasar Limbah Banguna Tua (AKT) + Agregat Halus Alam (AHA) Kode Silinder A II.1, A II.2, A II.3

Pada grafik ini tidak terlihat perbedaan kuat tekan yang tinggi, terlihat merata dari ketiga jenis perawatan benda uji. Untuk benda uji tanpa perawatan perendaman (A II.1) memperlihatkan nilai kuat tekan yang berbeda (121.73 ; 153.57 ; 199.58 ; 211.61 ; 215.15) kg/cm² sejalan dengan bertambahnya waktu perawatan perendaman (3, 7, 14, 21, 28) hari. Untuk benda uji tanpa perawatan dalam ruang (A II.2) memperlihatkan kuat tekan (124.56 ; 159.24 ; 193.21 ; 205.24 ; 215.85) kg/cm² hampir merata pada semua umur benda uji (14 – 21 – 28) hari. Untuk benda uji tanpa perawatan diluar ruangan (A II.3) memperlihatkan kuat tekan (128.80 ; 156.40 ; 186.13 ; 202.41 ; 224.35) kg/cm² hampir merata pada semua umur benda uji kecuali pada umur 28 hari, terjadi kenaikan kuat tekan.

Selanjutnya, akan dibandingkan nilai kuat tekan masing-masing benda uji dengan tiga metode perawatan yang berbeda, terlihat jelas pengaruh perawatan dengan perendaman memberikan nilai kuat tekan yang tinggi sejalan dengan unur benda uji, untuk benda uji dengan perawatan perendaman pada umur 28 hari terjadi perbedaan kuat tekan 0.33 % dengan benda uji tanpa perawatan dalam ruang pada umur 28 hari, jika dibandingkan dengan benda uji tanpa perawatan diluar ruangan pada umur benda uji 28 hari terjadi perbedaan kuat tekan 4.28 %. Jadi benda uji yang dirawat dengan perendaman memberikan kuat tekan yang tinggi sesuai dengan umur benda uji.

Tabel 5. Kuat Tekan Beton Daur Ulang AKT + AHO dan Jenis Perawatan

BENDA UJI	KUAT TEKAN		
	AKT + AHO	AKT + AHO	AKT + AHO
PERAWATAN	A.III.1 (W.C)	A.III.2 (R.A.C)	A.III.3 (O.A.C)
UMUR 3 HARI	148.62	123.14	128.80
UMUR 7 HARI	199.58	150.74	149.33
UMUR 14 HARI	220.10	180.47	198.13
UMUR 21 HARI	251.95	193.21	231.02
UMUR 28 HARI	276.01	204.53	237.08



Gambar 3. Grafik Penggabungan 3 Jenis Perawatan Beton Daur Ulang AKT + AHO

3. III.Pembahasan Grafik Agregat Kasar Limbah Banguna Tua (AKT) + Agregat Halus Olahan (debu batu) (AHO) Kode Silinder A III.1, A III.2, A III.3

Pada grafik ini terlihat perbedaan kuat tekan yang berada dari ketiga jenis perawatan benda uji (A III.1, A III.2, A III.3). Untuk benda uji tanpa perawatan perendaman (A III.1) terjadi perbedaan kuat tekan yang tinggi (148.62 ; 199.58 ; 220.10 ; 251.95 ; 276.01) kg/cm², mulai merata dari umur (14, 21, 28) hari.

Untuk benda uji tanpa perawatan dalam ruangan (A III.2) tidak terlihat perbedaan kuat tekan yang tinggi (123.14 ; 150.74 ; 180.47 ; 193.21 ; 204.53) kg/cm² hampir merata mulai dari umur (14, 21, 28) hari. Untuk benda uji tanpa perawatan diluar ruangan (A III.3) terjadi perbedaan kuat tekan (128.80 ; 149.33 ; 198.13 ; 231.02 ; 237.08) kg/cm² mulai dari umur (14, 21, 28) hari.

Selanjutnya akan dibandingkan nilai kuat tekan masing-masing benda uji dengan tiga metode perawatan yang berbeda, terlihat jelas pengaruh perawatan dengan perendaman memberikan nilai kuat tekan yang tinggi sejalan dengan umur benda uji, untuk benda uji dengan perawatan perendaman pada umur 28 hari terjadi perbedaan kuat tekan 25.89 % dengan benda uji tanpa perawatan dalam ruang pada umur 28 hari, jika dibandingkan dengan benda uji tanpa perawatan diluar ruangan pada umur benda uji 28 hari terjadi perbedaan kuat tekan 14.10 %.

Jika benda uji yang dirawat dengan perendaman memberikan kuat tekan yang tinggi.

(161.36 ; 191.08 ; 226.47 ; 256.90 ; 271.76)) kg/cm² mulai dari umur (3, 7, 14, 21, 28) hari.

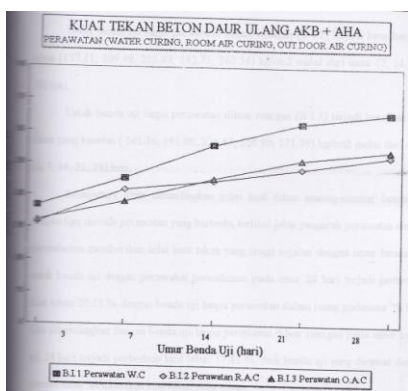
Tabel 6. Kuat Tekan Beton Daur Ulang AKB + AHA dan Jenis Perawatan

BENDA UJI	KUAT TEKAN		
	AKB + AHA	AKB + AHA	AKB + AHA
PERAWATAN	B.I.1 (W.C)	B.I.2 (R.A.C)	B.I.3 (O.A.C)
UMUR 3 HARI	183.30	157.11	161.36
UMUR 7 HARI	227.18	209.48	191.08
UMUR 14 HARI	278.84	222.93	226.47
UMUR 21 HARI	313.52	242.75	256.90
UMUR 28 HARI	329.09	262.56	271.76

Selanjutnya akan dibandingkan nilai kuat tekan masing-masing benda uji dengan tiga metode perawatan yang berbeda, terlihat jelas pengaruh perawatan dengan perendaman memberikan nilai kuat tekan yang tinggi sejalan dengan umur benda uji, untuk benda uji dengan perawatan perendaman pada umur 28 hari terjadi perbedaan kuat tekan 20.21 % dengan benda uji tanpa perawatan dalam ruang pada umur 28 hari, jika dibandingkan dengan benda uji tanpa perawatan diluar ruangan pada umur benda uji 28 hari terjadi perbedaan kuat tekan 17.42 %. Jadi benda uji yang dirawat dengan perendaman memberikan kuat tekan yang tinggi.

Tabel 7. Kuat Tekan Beton Daur Ulang AKB + AHO dan Jenis Perawatan

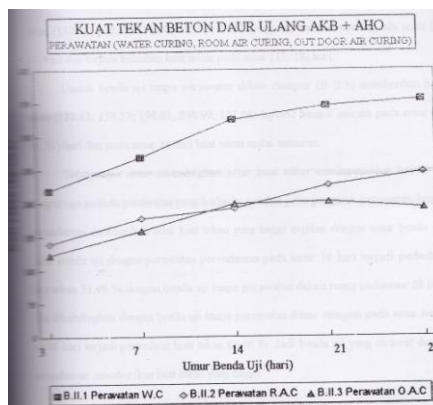
BENDA UJI	KUAT TEKAN		
	AKB + AHA	AKB + AHA	AKB + AHA
PERAWATAN	B.II.1 (W.C)	B.III.2 (R.A.C)	B.II.3 (O.A.C)
UMUR 3 HARI	218.68	139.42	122.43
UMUR 7 HARI	268.22	176.93	158.53
UMUR 14 HARI	324.13	191.08	198.01
UMUR 21 HARI	344.66	225.76	200.99
UMUR 28 HARI	353.86	244.16	191.08



Gambar 4. Grafik Penggabungan 3 Jenis Perawatan Beton Daur Ulang AKB + AHA

4. Pembahasan Grafik Agregat Kasar Limbah Pot. Tiang Pancang (AKB) + Agregat Halus Alam (AHA) **Kode Silinder B I.1, B I.2, B I.3**

Pada grafik ini terlihat perbedaan kuat tekan yang tinggi dari ketiga jenis perawatan (B I.1, B I.2, B I.3). Untuk benda uji dengan perawatan perendaman (B I.1) terjadi kenaikan kuat tekan yang konstan (183.30 ; 227.18 ; 278.84 ; 313.52 ; 329.09) kg/cm² dan tertinggi pada umur 28 hari.



Gambar 5. Grafik Penggabungan 3 Jenis Perawatan Beton Daur Ulang AKB + AHO

Untuk benda uji tanpa perawatan dalam ruangan (B I.2) terjadi kenaikan kuat tekan (157.11 ; 209.48 ; 222.93 ; 242.75 ; 262.56) kg/cm² mulai dari umur (7, 14, 21, 28) hari.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian pengujian kuat tekan beton daur ulang, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan:

Untuk benda uji tanpa perawatan diluar ruangan (B I.3) terjadi kenaikan kuat tekan yang konstan

1. Material agregat halus limbah beton bangunan tua dapat dipisahkan dengan agregat kasarnya.
 2. Material agregat halus limbah beton mutu tinggi (K600) sulit dipisahkan dengan agregat kasarnya
 3. Beton daur ulang yang berasal dari limbah bangunan tua masih memenuhi syarat untuk konstruksi utama karena K225 yang direncanakan masih memenuhi syarat setelah 28 hari.
 4. Pengujian tes Abrasi Los Angeles untuk agregat kasar (limbah beton) bangunan tua (AKT)(rata-rata 45,44%) lebih baik dari agregat kasar (limbah beton) potongan tiang pancang (AKB) rata-rata 56,44%), dan struktur krikil limbah hampir tidak terjadi perubahan bentuk dan kekuatan.
 5. Kuat tekan beton daur ulang sangat tergantung pada perawatannya.
 6. Metode perawatan akan menghasilkan kuat tekan yang baik mulai dari umur 3 hari sampai umur 28 hari dan di atas 28 hari masih memperlihatkan kuat tekan yang tinggi.
 7. Perawatan benda uji dengan perendaman menghasilkan beton dengan nilai kualitas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan tanpa perawatan.
 8. Penggunaan agregat halus pasir olahan (debu batu) pada pembuatan beton daur ulang menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dari pasir alam
 9. Agregat kasar limbah beton bangunan tua maupun limbah beton potongan tiang pancang (K600), berdasarkan uji tes material dan tes silinder beton masih memenuhi syarat kuat tekan yang dipersyaratkan dalam penggunaan beton konstruksi bangunan.
 10. Penggunaan agregat halus pasir alam (pasir sungai) pada pembuatan beton daur ulang menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dari limbah bangunan tua.
2. Kerikil dapat diperoleh dari limbah beton bangunan tua maupun limbah beton mutu tinggi. Dengan melihat dari segi biaya dan konstruksi masih relatif murah dan memenuhi syarat konstruksi. Penelitian ini sifatnya aplikatif dapat dimanfaatkan langsung oleh masyarakat dan industri beton.
 3. Kepada instansi pemerintah maupun swasta untuk mensosialisasikan kepada masyarakat perlunya menjaga kelestarian lingkungan terhadap penambangan kerikil yang berlebihan, dan penggunaan beton daur ulang.

Daftar Pustaka

- ACI-Amerika *Concrete Institute Committee 318, Building Code Requirements for Reinforced Concrete* (ACI) 318 M-89)
- Amerika Society for Materials (1989). *Test Method for Rebound Number for Hardened Concrete*, ASTM C.805-85
- Creswell, J.W. (2008). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. California: Sage Publications, Inc.
- F.D.Lydon,(1982). Second Edition, *Concrete Mix Design*, New York.
- ML. Gambhir, (1986). *Concrete Technology*, New York
- Toreh Richard, (2001), *Penuntun Praktikum Struktur dan Bahan*, Fakultas Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.

Saran

1. Melihat makin berkembangnya pembangunan perkotaan, rehabilitasi dan membangun bangunan baru membutuhkan material dasar pembuatan beton antara lain kerikil