

KUAT TEKAN BETON DENGAN BAHAN TAMBAH SERBUK KACA SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN

Handy Yohanes Karwur

R. Tenda, S. E. Wallah, R. S. Windah

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UNSRAT, Manado

Email : handy.yohanes@ymail.com

ABSTRAK

Teknologi beton telah berkembang sejak ditemukannya beton prategang pada beberapa dekade lalu yang diikuti oleh berbagai penelitian untuk meningkatkan kinerja bahan bangunan. Penelitian tersebut dilakukan dengan memperhatikan pemilihan material pembentuk beton sampai pada substitusi material lainnya, dengan memperhatikan adanya limbah kaca baik yang berasal dari industri ataupun pembongkaran bangunan dan dari rumah tangga dalam jumlah besar, berkemungkinan dimanfaatkan sekaligus sebagai alternatif solusi permasalahan lingkungan yang dapat diakibatkan oleh limbah kaca. Serbuk kaca diharapkan berfungsi sebagai filler karena memiliki potensi sebagai material pozzolan. Perencanaan campuran beton menggunakan Metode ACI 211.1 – 91 yang dimodifikasi.

Penelitian ini menggunakan kaca dengan variasi penggunaannya 0%, 6%, 8%, 10%, 12%, dan 15% dengan kode secara berurutan sebagai berikut kaca – 0%, kaca – 6%, kaca – 8%, kaca – 10%, kaca – 12%, kaca – 15%. Pengujian dilakukan terhadap berat volume dengan menggunakan benda uji silinder 10/20 cm untuk umur 1 hari dan kuat tekan beton untuk umur 7, 14, dan 28 hari.

Berat volume untuk semua variasi penggunaan serbuk kaca termasuk beton normal. Beton dengan nilai kuat tekan tertinggi dicapai pada komposisi serbuk kaca 10% sedangkan nilai kuat tekan terendah di dapat pada komposisi kaca 15%.

Kata kunci : serbuk kaca, berat volume, kuat tekan, limbah kaca

PENDAHULUAN

Teknologi beton telah berkembang sejak ditemukannya “Beton Prategang” pada beberapa dekade lalu yang diikuti oleh berbagai penelitian untuk meningkatkan kinerja bahan bangunan tersebut, baik melalui pemilihan material penyusun atau pembentuk beton sampai pada substitusi material lainnya termasuk metode pembuatan atau produksinya yang sampai saat ini telah banyak dikenal, yaitu beton ringan, beton mutu tinggi, atau beton berkinerja tinggi.

Tinggi rendahnya kinerja beton tergantung pada karakteristik material penyusunnya dan material substitusi yang digunakan. Semakin baik interaksi kimiawinya maka karakteristik beton akan semakin baik.

Bentuk material substitusi bervariasi, antara lain : berbentuk serat, bubuk, serbuk, bahkan cairan dengan hasil bervariasi ditampilkan melalui uji karakteristik

mekanik, kimiawi, dan termal. Tidak semua material substitusi berhasil meningkatkan kinerja beton karena berbagai sebab seperti karakteristiknya yang tidak baik sehingga interaksinya dengan komponen-komponen lain pembentuk beton tidak efektif, demikian pula halnya dengan komposisi penyusun material substitusi yang pada tingkat tertentu justru menurunkan kinerja beton.

Beberapa material substitusi secara efektif mampu meningkatkan kinerja beton, setelah melalui pengujian diberbagai tingkatan atau kategori dan dinilai memenuhi standar yang ditetapkan termasuk pertimbangan-pertimbangan ekonomi bahkan sosial, telah diproduksi secara massal. Material tersebut berasal dari berbagai sumber diantaranya limbah industri baja dan limbah industri lainnya. Penelitian ini dengan memperhatikan adanya limbah kaca baik yang berasal dari industri ataupun pembongkaran bangunan dan dari rumah tangga dalam jumlah besar, berkemungkinan dimanfaatkan sekaligus sebagai alternatif

solusi permasalahan lingkungan yang dapat diakibatkan oleh limbah kaca. Gagasan awal berpedoman pada pemikiran bahwa unsur unsur kimia yang ada pada kaca sebagian diantaranya sama seperti yang ada pada semen, sehingga apabila kaca dihancurkan menjadi serbuk berkemungkinan berfungsi sebagai filler karena persentase kandungan silika (SiO_2), Na_2O dan CaO pada kaca yang cukup besar yaitu lebih dari 70%.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton

Beton merupakan salah satu bahan utama yang paling sering digunakan dalam pembangunan fisik dewasa ini. Beton dapat didefinisikan sebagai campuran dari agregat halus dan agregat kasar dengan semen, yang dipersatukan oleh air dalam perbandingan tertentu. Karena sifatnya yang khas, maka diperlukan pengetahuan yang cukup luas, antara lain mengenai sifat bahan dasarnya, cara pembuatannya, cara evaluasinya, dan variasi bahan tambahannya.

Tingkat mutu beton atau sifat-sifat lain yang hendak dicapai, dapat dihasilkan dengan perencanaan yang baik dalam pemilihan bahan-bahan pembentuk serta komposisinya. Beton yang dihasilkan diharapkan memenuhi ketentuan-ketentuan seperti kelecakan dan konsistensi yang memungkinkan pengerjaan beton dengan mudah tanpa menimbulkan segregasi atau pemisahan agregat dan bleeding, ketahanan terhadap kondisi khusus yang diinginkan, memenuhi kekuatan yang hendak dicapai, serta ekonomis dari segi biayanya (Pujo Aji, Rachmat Purwono, 2010).

Beton Mutu Normal

Beton mutu normal adalah beton yang mengandung agregat normal yang diperoleh dari agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah sehingga diperoleh berat jenis diudara atau berat massa volume beton antara $2100\text{--}2550\text{ kg/m}^3$ menurut ACI. Kuat tekan beton mutu normal 20 -50 Mpa pada umur 28 hari.

Beton mutu normal biasanya dipakai untuk konstruksi-konstruksi sederhana seperti perumahan dan bangunan-bangunan gedung yang relatif tidak terlalu tinggi, dimana kuat tekan yang dibutuhkan tidak

terlalu besar. Proses pelaksanaan pekerjaan konstruksi dengan menggunakan beton mutu normal tidak terlalu menuntut tingkat ketelitian dan keamanan yang tinggi, dan bahan-bahan dasar pembentuknya mudah diperoleh serta ekonomis.

Kelemahan beton mutu normal yaitu mempunyai kekuatan yang kecil serta sifat-sifat khusus yang terbatas. Sifat khusus yang dimaksud antara lain kepad air, lebih tahan terhadap agresi kimiawi, tahan terhadap pengaruh lingkungan dimana beton tersebut digunakan, dan lain sebagainya (Murdock L.J, Brook K.M, 1986).

Beton Mutu Tinggi

Beton mutu tinggi adalah beton yang mempunyai kuat tekan lebih dari 42 MPa pada umur beton 28 hari menurut ACI. Ada beberapa cara untuk menghasilkan beton mutu tinggi, antara lain pemberian tekanan yang tinggi, autolavage, penggunaan semen alumunium dan metode penambahan/substitusi. Namun metode yang paling populer digunakan akhir-akhir ini adalah metode penambahan atau substitusi. Hal ini disebabkan karena kemudahan dalam pelaksanaannya, yakni hanya dengan menambahkan bahan-bahan tambahan kedalam material-material dasar pembentuk beton. Keuntungan beton mutu tinggi selain nilai kuat tekannya yang tinggi, masih banyak aspek dan sifat-sifat lain yang tidak ditemukan pada beton mutu normal seperti kekawatan awal tinggi, beton segar yang lebih praktis, lebih encer, lebih mudah dikerjakan, lebih tahan terhadap segregasi, kurang *bleeding*, lebih tahan terhadap abrasi, lebih padat, lebih tahan panas, lebih tahan terhadap korosi, kerapatan lebih tinggi, susut dan rangkai yang kecil, keawetan lebih tinggi dan homogen. Dengan adanya beton mutu tinggi, memungkinkan terciptanya optimalisasi struktur yang berarti minimalisasi bahan konstruksi baik dari betonnya sendiri maupun baja tulangan yang digunakan. Aplikasi beton mutu tinggi antara lain untuk bangunan bertingkat banyak, jembatan, terowongan dan lain sebagainya. Kelemahan yang terdapat pada beton mutu tinggi antara lain pengerjaannya yang memerlukan pengawasan yang ketat (pengendalian mutu), dan pengadaan bahan-bahan dengan mutu yang sangat baik "*high quality*" yang sukar diperoleh dan harganya

relatif mahal. Dibandingkan dengan beton mutu normal, beton mutu tinggi lebih mudah rusak pada daerah dengan aktivitas seismik (sering terjadi gempa) karena sifatnya yang sangat getas (Mindess dan Young,1981).

METODOLOGI PENELITIAN

a. Pemeriksaan Material

Agregat halus dan kasar yang digunakan terlebih dahulu diuji karakteristiknya. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat halus adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Karakteristik Agregat Halus

Jenis	:	Pasir	
Asal	:	Amurang	
Ukuran Maksimum	:	4.750	mm
Modulus Kehalusan (FM)	:	3.306	
Bulk Specific Gravity OD	:	2.350	
Bulk Specific Gravity SSD	:	2.501	
Apparent Specific gravity	:	2.768	
Absorpsi Maksimum	:	6.429	%
Berat Volume	Cara Rodding / Pematatan	1.489	gr/cm ³
	Cara Shoveling / Gembur	1.400	gr/cm ³
Kadar Air	:	3.907	%
Kadar Lumpur	:	0.200	%
Persentase Endapan Lumpur	:	0.015	%

Sumber : hasil penelitian

Hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Karakteristik Agregat Kasar

Jenis	:	Batu Pecah	
Asal	:	Kema, Lansot	
Ukuran Maksimum	:	19.000	mm
Modulus Kehalusan (FM)	:	5.941	
Bulk Specific Gravity OD	:	2.574	
Bulk Specific Gravity SSD	:	2.619	
Apparent Specific gravity	:	2.694	
Absorpsi Maksimum	:	1.720	%
Berat Volume	Cara Rodding / Pematatan	1.418	gr/cm ³
	Cara Shoveling / Gembur	1.296	gr/cm ³
Kadar Air	:	2.981	%
Keausan (Abrasi)	:	24.638	%
Kehilangan Berat	:	6.778	%

Sumber : hasil penelitian

b. Pembuatan Serbuk Kaca

Pecahan kaca diambil dari sisa-sisa potongan kaca di toko, kemudian di hancurkan dengan menggunakan mesin Los Angeles. Pengayakan pada mesin dengan

ukuran ayakan paling kecil yaitu sampai ayakan no. 200. Serbuk kaca yang digunakan adalah yang lolos ayakan no 200.

c. Parameter Benda Uji yang Di Ukur

- Pembuatan benda uji yang berbentuk silinder 10/20 cm.
- Pemeriksaan kuat tekan pada umur 7, 14, 28 hari. Banyaknya benda uji yang digunakan sebanyak 12 buah untuk setiap umur pengujian kuat tekan.
- Pemeriksaan kuat tekan 0%, 6%, 8%, 10%, 12%, 15% substitusi serbuk kaca pada semen untuk tiap umur beton yang akan diuji. Banyaknya benda uji yang digunakan sebanyak empat buah untuk setiap pengujian.
- Pemeriksaan nilai slump dari setiap variasi campuran beton.
- Pengujian kuat tekan dengan menggunakan mesin uji tekan (compression test machine) standar pengujian SK-SNI M-14-1989-F dan ASTM C39.

Tabel 3. Komposisi campuran dengan variasi pemakaian serbuk kaca

Persentase	0%	6%	8%	10%	12%	15%
Semen [kg]	388	388	388	388	388	388
Air [kg]	203	203	203	203	203	203
Agregat Kasar [kg]	848	848	848	848	848	848
Agregat Halus [kg]	735	735	735	735	735	735
Semen [kg]	388	365	357	349	341	330
Serbuk Kaca [kg]	-	23	31	39	47	58

Sumber : hasil penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Nilai Slump dan Nilai fas

Pengujian nilai slump merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui tingkat workabilitas campuran beton. Nilai slump diukur dengan menggunakan kerucut Abram. Hasil pemeriksaan slump untuk masing-masing campuran beton dapat dilihat dalam Tabel 4. Nilai uji slump bervariasi antara 77 mm sampai 85 mm. Nilai slump yang bervariasi dikarenakan kondisi kadar air dan absorpsi agregat yang tidak seragam. Untuk mempertahankan nilai slump sesuai slump rencana, dilakukan koreksi terhadap pemakaian air saat pencampuran.

Tabel 4. Nilai slump tiap campuran beton

Kode Campuran	Nilai Slump rata-rata (mm)
Kaca 0%	77
Kaca 6%	81
Kaca 8%	85
Kaca 10%	85
Kaca 12%	80
Kaca 15%	80

Sumber : hasil penelitian

Faktor air semen (fas) dinyatakan dalam perbandingan berat air terhadap berat semen dalam campuran. Faktor air semen (fas) merupakan salah satu faktor paling penting dalam dalam menentukan mutu beton. Semakin rendah fas maka kekuatan beton semakin tinggi dan sebaliknya, namun dengan semakin rendah fas semakin sulit pengerjaannya.

Pada pengujian ini, dengan mempertahankan nilai slump antara 75 - 100 mm dapat dilihat perubahan fas pada tiap-tiap persentase campuran beton.

Berat Volume Beton

Contoh perhitungan perhitungan berat volume beton untuk jenis campuran Kaca 0% :

$$\begin{aligned} \text{Berat rata-rata benda uji} &= 3,38 \text{ kg} \\ \text{Volume benda uji} &= \frac{\pi}{4} * 0,1 * 0,1 * 0,2 \\ &= 0,00157 \text{ m}^3 \\ \text{Berat volume beton} &= \frac{3,38}{0,00157} \\ &= 2151,77 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Tabel 5. Berat volume rata-rata beton

Kode campuran	Berat benda uji (kg)	Berat volume beton (kg/m ³)
Kaca 0%	3,38	2149,117
Kaca 6%	3,35	2131,08
Kaca 8%	3,31	2104,554
Kaca 10%	3,30	2099,249
Kaca 12%	3,28	2087,577
Kaca 15%	3.23	2056,808

Sumber : hasil penelitian

Berdasarkan nilai diatas, berat volume beton pada umur 1 hari berkisar 2056,808 sampai 2149,117 kg/m³. Sesuai klasifikasi ACI , FIP dan SNI , maka semua jenis beton dalam penelitian ini termasuk beton dalam jenis beton berbobot normal.

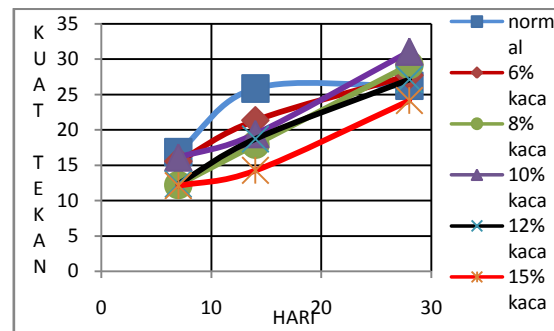
Kuat Tekan Beton

Tabel 6. Kuat tekan rata-rata beton

Kode campuran	Kuat tekan rata-rata beton, fcr [MPa] Untuk umur beton		
	7 hari	14 hari	28 hari
Kaca 0%	16,87	25,84	26,23
Kaca 6%	15,53	21,32	27,69
Kaca 8%	14,89	20,05	29,15
Kaca 10%	16,11	19,41	31,07
Kaca 12%	12,35	18,72	27,12
Kaca 15%	12,095	14,26	24,13

Sumber : hasil penelitian

Pada tabel 6. menunjukkan kuat tekan maksimum untuk umur 7 dan 14 hari dicapai oleh Kaca 0% sedangkan untuk umur beton 28 hari dicapai oleh Kaca 10%.



Gambar 1. Grafik Perkembangan Kuat Tekan Beton Dengan Persentase Campuran Serbuk Kaca Terhadap Umur Beton

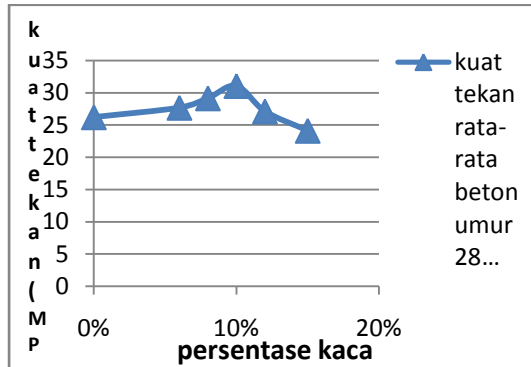
Berdasarkan Gambar 1. Dapat dilihat dengan jelas perkembangan kuat tekan dari setiap umur pengujian. Untuk umur 7 dan 14 hari titik maksimum berada pada kaca 0% dan umur 28 hari berada pada kaca 10%. Perbandingan persentase laju peningkatan kuat tekan beton terhadap kuat tekan beton umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 7

Tabel 7. Kuat tekan beton pada umur beton 28 hari

Variasi campuran	Kuat tekan rata – rata beton umur 28 hari (MPa)	Persentase kuat tekan terhadap Kaca 0%
Kaca 0%	26,23	100,00
Kaca 6%	27,69	105,58
Kaca 8%	29,15	111,17
Kaca 10%	31,07	118,45
Kaca 12%	27,12	103,4
Kaca 15%	24,13	91,99

Sumber : hasil penelitian

Dari Tabel 7 dapat dilihat kuat tekan maksimum berada pada kaca 10% yaitu sebesar 31,07 MPa, sedangkan kuat tekan minimum pada kaca 15% yaitu 24,13 MPa. Dibawah ini adalah grafik perbandingan antara kaca 0% sampai kaca 15% untuk mengetahui persentase tertinggi dan terendah kuat tekan beton umur 28 hari.



Gambar 2. Hubungan Kuat Tekan Beton Terhadap Persentase Pemakaian Serbuk Kaca Pada Umur 28 Hari

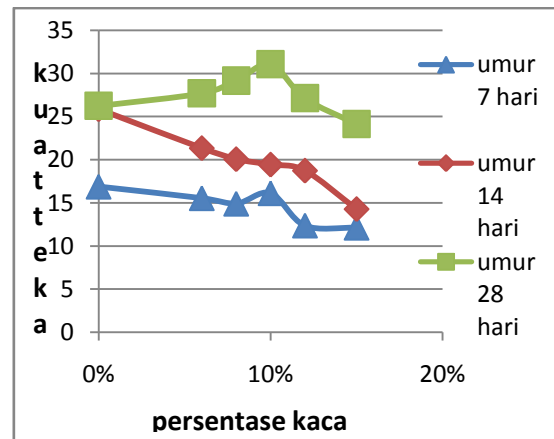
Gambar 2. merupakan grafik perkembangan kuat tekan beton umur 28 hari untuk setiap variasi presentase serbuk kaca. Berdasarkan grafik terlihat bahwa beton yang memakai serbuk kaca paling banyak memiliki hasil kuat tekan yang paling rendah dibandingkan dengan variasi lainnya. Nilai maksimum dari kuat tekan beton kita lihat pada kaca 10%.

Tabel 8. Persentase Kuat Tekan Beton Rata-Rata Terhadap Kaca 0%

Variasi campuran	Persentase Kuat Tekan terhadap 0% serbuk kaca		
	7 hari	14 hari	28 hari
Kaca 0%	100	100	100
Kaca 6%	92,075	82,51	105,58
Kaca 8%	72,45	69,33	111,17
Kaca 10%	95,47	75,12	118,45
Kaca 12%	73,21	72,41	103,4
Kaca 15%	71,69	55,17	91,99

Sumber : hasil penelitian

Dari Tabel 8 diperoleh kuat tekan beton dengan persentase pemakaian serbuk kaca terhadap kuat tekan tanpa serbuk kaca. Untuk kaca 6% berada diantara 82,51% - 105,58 % sementara untuk kaca 8% terdapat pada 69,33% - 111,17%. Untuk kaca 10% antara 75,12% - 118,45% , kaca 12% pada kisaran 72,41% - 103,4% dan untuk kaca 15% pada kisaran 55,17% - 91,99%.



Gambar 3. Grafik Perkembangan Kuat Tekan Beton Dengan Umur Beton Dari Setiap Persentase Pemakaian Serbuk Kaca

Gambar 3. diatas menggambarkan kuat tekan beton pengujian sebagai berikut : Pada umur 7 hari nilai kuat tekan rata-rata kaca 0% adalah 16,87 MPa, namun pada kaca 6%, 8%, 10%, 12% dan 15% kuat tekan mengalami penurunan. hal ini dikarenakan proses pengikatan senyawa yang melambat akibat pengurangan fungsi semen itu sendiri dimana unsur senyawa Alite (trikalsium silikat) yang berfungsi sebagai pembangun kekuatan awal beton berkurang. Pada variasi kaca 15% terlihat penurunan kuat tekan yang sangat besar. Hanya pada variasi kaca 10% yang kuat tekannya mendekati kuat tekan beton kaca 0%.

Pada umur 14 hari nilai kuat tekan rata-rata semua variasi yang memakai serbuk kaca tetap mengalami penurunan terhadap kaca 0%. Penurunan terjadi dari variasi satu ke variasi selanjutnya hal ini juga dikarenakan proses pengikatan senyawa

yang melambat sama seperti pada pengujian kuat tekan umur 7 hari, kaca 15% terlihat nilai kuat tekan paling minimum pada umur 14 hari.

Pada umur 28 hari nilai kuat tekan rata-rata kaca 0% adalah 26,23 MPa, kemudian terjadi kenaikan sampai pada variasi kaca 10% yaitu 31,067 MPa. Persentase ini yang merupakan nilai maksimum.. Untuk umur 7 dan 14 hari semua variasi pemakaian serbuk kaca mengalami penurunan namun pada umur 28 hari kuat tekan semua variasi mengalami peningkatan kecuali pada presentase 15%. Dapat dilihat bahwa untuk semua variasi terlihat jelas bahwa untuk kaca 15% terjadi penurunan di setiap umur yang diuji, didapati juga bahwa pada pengujian kuat tekan beton, pola retak yang dihasilkan oleh presentase kaca 12% dan 15% berbeda dengan presentase lainnya,

dimana pada presentase 12% dan 15% beton menjadi lebih getas.

KESIMPULAN

Berat volume beton umur 1 hari sekitar 2057–2149 kg. Berat volume beton hasil penelitian ini termasuk kategori beton berbobot normal menurut ACI dan SNI. Semakin banyak substitusi serbuk kaca pada semen akan membuat berat volume beton berkurang.

Nilai kuat tekan pada umur beton 28 hari untuk kaca 6%, kaca 8% dan kaca 10% mengalami peningkatan terhadap kaca 0% tetapi, nilai kuat tekan beton pada variasi berikutnya yaitu pada kaca 12% dan kaca 15% mengalami penurunan. Nilai kuat tekan optimum didapat pada variasi kaca 10% yaitu 31,1 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 201, 1994, *Guide to Durable Concrete (ACI Manual of Concrete Practise) Part I*, American Concrete Institute, Detroit Michigan.
- ACI Committee 211, 1993, *“Guide for Selecting Proportions for Normal Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91)*, American Concrete Institute, Detroit Michigan.
- Departemen PU, 1989, *“Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (SK SNI S-04-1989-F)”*, Yayasan LPMB, Bandung.
- Mindess.S dan Young. J. Francis, 1981 *“Concrete”* Prentice-Hall,.
- Murdock L.J, Brook K.M, 1986, *“Bahan dan Praktek Beton”*, Erlangga,.
- Puja, A dan Rachmat, P. 2010, *“Pengendalian Mutu Beton sesuai SNI, ACI dan ASTM”*, ITS Press Surabaya.