

STUDI EKSPERIMENTAL KOMBINASI GELAS DAN TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL AGREGAT KASAR TERHADAP KUAT TEKAN BETON

EXPERIMENTAL STUDY OF GLASS SHARDS AND COCONUT SHELL AS A PARTIAL
SUBSTITUTION OF COARSE AGGREGATE OF CONCRETE

Brian Agustin Fau*¹, Agustinus Agus Setiawan²

*Email: faubrian@gmail.com

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknologi dan Desain, Universitas Pembangunan Jaya, Tangerang Selatan

²Center for Urban Studies, Universitas Pembangunan Jaya, Tangerang Selatan

Abstrak— Gelas dan tempurung kelapa merupakan limbah yang banyak dijumpai di tempat penampungan sampah. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan tempurung kelapa maupun pecahan gelas dapat digunakan sebagai pengganti parsial agregat pada beton ramah lingkungan dengan persentase yang bervariasi. Penelitian ini bertujuan untuk menguji sifat mekanik dari beton, khususnya kuat tekan, yang menggunakan campuran tempurung kelapa dan pecahan gelas sebagai pengganti agregat kasar. Pada penelitian ini, tempurung kelapa dan pecahan gelas dikombinasi sebagai substitusi parsial agregat kasar dengan kadar 0% (GTK 0), 10% (GTK 1), 20% (GTK 2), 30% (GTK 3), 40% (GTK 4), dan 50% (GTK 5) dari berat agregat kasar. Kuat tekan yang direncanakan adalah $f'c$ 25 Mpa. Dari hasil pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan campuran tempurung kelapa dan pecahan gelas, diperoleh nilai kuat tekan tertinggi umur (28 hari) pada GTK 1 sebesar 23,5 MPa. Secara garis besar ditemukan bahwa semakin besar kadar kombinasi tempurung kelapa dan pecahan gelas pada campuran beton, membuat nilai kuat tekan beton semakin menurun. Akan tetapi penggunaan 5% tempurung kelapa dan 5% pecahan gelas sebagai substitusi agregat kasar masih dapat digunakan sebagai beton struktural.

Kata kunci — Agregat kasar, pecahan gelas, tempurung kelapa, beton, kuat tekan.

Abstract— Coconut shell and glass shards are waste that can be found in the waste shelter. Previous studies have shown coconut shell or glass shards can be used as a partial replacement of aggregates on eco-friendly concrete with varying percentages. In this study, coconut shell and glass fractions were combined as a partial substitution of coarse aggregate aggregate, with 0% (GTK 0), 10% (GTK 1), 20% (GTK 2), 30% (GTK 3), 40% (GTK 4) and 50% (GTK 5) of the coarse aggregate weight. The design compressive strength of concrete is $f'c$ 25 MPa. From the result of concrete compressive strength test by mixing coconut shell and glass, the highest value of compressive strength (28 days) in GTK 1 is 23.5 MPa. In general, it found that the greater the concentration of coconut shell and glass in the concrete mix, making the compressive strength value decreasing. However, the use of 5% coconut shell and 5% glass shards as a coarse aggregate substitution can be use as structural concrete.

Keywords — Coarse aggregate, shard of glass, coconut shell, concrete, compressive strength

I. PENDAHULUAN

Pekerjaan konstruksi dewasa ini terus mengalami peningkatan dan akan terus bertambah seiring kebutuhan manusia. Salah satu material utama yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi adalah beton. Material pengisi beton berasal dari alam yang terbatas jumlahnya. Seiring semakin

besarnya kebutuhan manusia terhadap beton sebagai komponen konstruksi bangunan menyebabkan material alam penyusun beton terancam habis. Artinya akan ada masa beton tidak lagi mampu diproduksi. Jumlah produksi beton segar sendiri mengalami peningkatan setiap tahunnya, hal ini terindikasi dari makin

bertambahnya tingkat konsumsi semen yang pada 2018 mencapai 75,2 juta ton, naik 8,6% dibanding tahun sebelumnya. Sebanyak 69,51 juta ton merupakan penjualan di pasar domestik dan 5,7 juta ton dari pasar ekspor [1].

Salah satu material penyusun beton adalah agregat, baik agregat halus maupun agregat kasar, yang diperoleh dari alam. Selama ini agregat diperoleh melalui penambangan batuan dalam jumlah yang sangat besar. Sementara penambangan yang dilakukan secara terus-menerus membuat jumlah batuan di alam terancam habis. Untuk menjaga keseimbangan alam, maka harus dilakukan pengurangan penambangan bahan alam tersebut dengan cara mencari material alternatif agregat.

Memanfaatkan limbah alami dan buatan merupakan salah satu solusi yang harus diperhitungkan untuk menggantikan agregat alam. Potensi pecahan gelas dan pecahan tempurung kelapa merupakan material yang dinilai mampu menggantikan agregat alami beton.

Selama ini pecahan gelas hanya dianggap sebagai limbah dan pemanfaatannya masih sangat rendah. Sementara pemanfaatan pecahan tempurung kelapa masih belum mengalami perkembangan secara signifikan, padahal tempurung kelapa memiliki karakteristik yang berkelanjutan. Kedua material tersebut yakni pecahan gelas dan pecahan tempurung kelapa memiliki potensi yang sangat baik untuk menggantikan agregat yang digunakan selama ini. Penggunaan material pengganti ini juga mendukung konsep *sustainable eco development*.

Adaway dan Wang [2] menggunakan serbuk kaca sebagai pengganti agregat halus dalam campuran beton, dengan kadar optimum serbuk gelas yang diperoleh adalah 30%. Sementara itu penelitian oleh [3] menggunakan pecahan gelas dalam campuran beton, dan kuat tekan beton maksimum dicapai pada penggantian 15% agregat kasar. Pecahan gelas yang berasal dari botol kaca juga digunakan sebagai pengganti agregat kasar dalam beton [4,5]. Upaya pemanfaatan penggantian agregat kasar dengan pecahan tempurung kelapa juga dilakukan oleh Akbar [6] dan Suarnita [7]. Penelitian yang dilakukan ini berupaya untuk mengkombinasikan kedua material tersebut (gelas dan tempurung kelapa) menjadi pengganti agregat kasar pada campuran beton. Percobaan mengkombinasikan kedua agregat ini belum pernah dilakukan dalam penelitian-penelitian sebelumnya.

Secara garis besar penelitian ini mengkombinasikan pecahan gelas dengan pecahan

tempurung kelapa sebagai pengganti agregat kasar pada campuran beton. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan beton yang dihasilkan dari substitusi agregat kasar alam dengan kombinasi limbah pecahan gelas dan pecahan tempurung kelapa. Selain itu juga, pemanfaatan kedua jenis limbah tersebut diharapkan mampu mengurangi jumlah sampah yang selama ini terbuang secara sia-sia.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Beton merupakan campuran semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat kasar, agregat halus, air maupun dengan penambahan zat tambahan lain yang menyatu dalam wujud padat. Beton seperti yang dikenal sekarang ini, adalah suatu bahan bangunan dan konstruksi, yang sifat-sifatnya dapat ditentukan lebih dahulu dengan mengadakan perencanaan dan teliti terhadap bahan-bahan yang dipilih [8].

Agregat Halus

Agregat halus terdiri dari pasir alam, pasir hasil buatan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Syarat-syarat agregat halus mengacu pada SNI S- 04 – 1989 – F spesifikasi bahan [9].

Agregat Kasar

Agregat kasar dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, granit, terak tanur tiup atau beton semen hidraulik yang dipecah. Agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang akan dipakai untuk membuat campuran beton mengacu pada SNI S- 04 – 1989 – F spesifikasi bahan [9].

Semen

Semen berasal dari bahasa latin *cementum* yang berarti bahan perekat. Secara sederhana, Definisi semen adalah bahan perekat atau lem, yang bisa merekatkan bahan-bahan material lain seperti batu bata dan batu koral hingga bisa membentuk sebuah bangunan. Semen yang paling banyak digunakan adalah semen portland. Bahan baku utama pembentuk semen adalah kapur (CaO), silika (SiO₂), aluminium (Al₂O₂).

Air

Air merupakan faktor penyusun semen yang berfungsi sebagai pelumas antara partikel semen dengan agregat pada beton. Air sangat penting terhadap workabilitas beton. Semakin tinggi jumlah air maka membuat beton menjadi encer dan mudah dalam proses pengerjaan. Sebaliknya semakin sedikit kadar air menyebabkan beton sukar dalam proses pengerjaan. Kriteria air mengacu pada SNI –

03 – 2847 – 2002 tentang tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung [10].

Gelas

Gelas adalah sebuah bahan yang mempunyai kandungan kimia silika yang tinggi dan memiliki berat jenis 2560 kg/m³ [11]. Tabel-1 menunjukkan adalah kandungan kimia/atom-atom yang terdapat dalam gelas. Gambar-1 menunjukkan pecahan gelas yang digunakan sebagai pengganti agregat kasar dalam penelitian ini.

Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa merupakan salah satu limbah rumah tangga dan pemanfaatannya lebih sering dijadikan sebagai bahan bakar memasak. Tempurung kelapa banyak berada di sekitar kita namun pemanfaatannya masih belum mengalami banyak perkembangan. Secara karakteristik fisiknya, tempurung kelapa berwujud padat, keras dan memiliki potensi sebagai penyusun beton. Menurut Sulaiman tempurung kelapa memiliki berat jenis 380 kg/m³ [12]. Bagian tempurung kelapa merupakan bagian yang paling keras dibandingkan bagian kelapa lainnya. Tabel-2 menunjukkan kandungan kimia yang terdapat dalam tempurung kelapa.

Tabel-1. Kandungan kimia pada gelas [13]

Komposisi	Pecahan gelas (%)	Serbuk gelas (%)
Al ₂ O ₃	1,38	1,54
CaO	11,7	11,42
Fe ₂ O ₃	0,48	0,48
K ₂ O	0,38	0,43
L.O.I.	0,22	0,36
MgO	0,56	0,79
Na ₂ O	13,12	12,85
SiO ₂	72,61	72,20
SO ₃	0,09	0,09



Gambar-1. Pecahan gelas.

Tabel-2. Kandungan tempurung kelapa [14]

Komposisi kimia	(%)
Selulosa	26,6
Pentosan	27,70
Lignin	29,40
Abu	0,60
Solvent Ekstraktif	4,20
Uronat Anhidrat	3,50
Nitrogen	0,11
Air	8,00



Gambar-2. Pecahan tempurung kelapa.

Perancangan Campuran Beton

Pembuatan rancangan campuran mengacu pada SNI 03 – 2834 – 2000 tentang tata cara pembuatan beton normal. Sebelum dilakukan pengecoran, dilakukan pengecekan kembali jumlah takaran material yang sudah disiapkan [23].

Kuat Tekan Beton

Perhitungan kuat tekan beton mengacu pada SNI 1974 – 2011 tentang cara uji tekan dengan benda uji silinder [15]. Rumus yang digunakan pada perhitungan kuat tekan beton adalah:

$$f'_c = P/A \quad (1)$$

dengan:

f'_c = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

III. METODE

Penelitian ini dilakukan dengan cara pengujian di laboratorium dan mengacu pada data-data penelitian sebelumnya dan dari studi pustaka Standar Nasional Indonesia (SNI). Benda uji yang dibuat adalah beton dengan rencana rancang beton $f_c' = 25$ MPa. Persentase penggantian agregat alam yang dilakukan mulai dari 0%, 10%, 20%, 30%, 40% hingga 50%. Kode variasi agregat pengganti parsial dan agregat alam terhadap volume total agregat kasar disebut secara berturut-turut adalah GTK 0, GTK 1, GTK 2, GTK 3, GTK 4 dan GTK 5 ditampilkan pada Tabel 3 beserta komposisinya.

Tabel-3. Komposisi agregat kasar dan agregat pengganti

Kode	Komposisi agregat kasar			
	Agregat alam (%)	Agregat pengganti		Total (%)
		Pecahan gelas (%)	Pecahan tempurung kelapa (%)	
GTK 0	100	0	0	0
GTK 1	90	5	5	10
GTK 2	80	7,5	12,5	20
GTK 3	70	10	20	30
GTK 4	60	12,5	27,5	40
GTK 5	50	15	35	50

Masing-masing jenis sampel dibuat tiga buah sampel uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm × tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan beton. Pengujian dilakukan pada umur beton 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

Pengujian Agregat

1. Pengujian berat jenis dan daya serap air mengacu pada standar SNI 1969 – 2008 [16].
2. Pengujian berat isi agregat kasar mengacu berdasarkan SNI 03-9804-1998 tentang metode pengujian berat isi dan rongga udara dalam agregat [17].
3. Pengujian kadar lumpur agregat kasar mengacu kepada standar SNI 03-4142-1996 tentang metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm) [18].
4. Pengujian analisis ayakan mengacu berdasarkan SNI 03-1968-1990 metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar [19].

Pengujian Beton

1. Pengujian *slump* mengacu pada SNI 1972 – 2008 [20].
2. Pengujian kuat tekan beton mengacu pada SNI 1974 – 2011 [15].

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Agregat

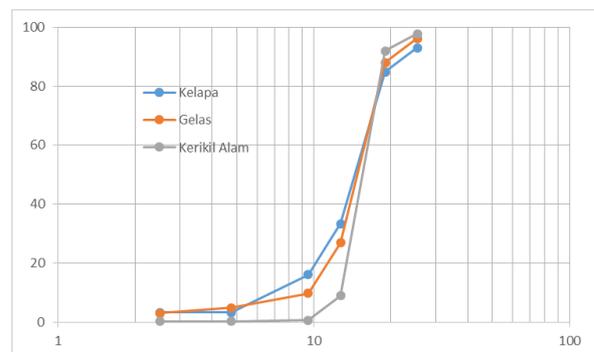
Tabel-4 menunjukkan hasil pengujian sifat fisik untuk agregat halus dan kasar alami yang digunakan dalam penelitian ini. Tabel-5 menunjukkan hasil pengujian sifat fisik untuk agregat pengganti yaitu tempurung kelapa menurut Subramani [21] dan pecahan gelas menurut Zainab [22].

Tabel-4. Sifat fisik agregat alam

Pengujian	Agregat kasar	Agregat halus
Berat jenis (gr/cm ³)	2,56	2,52
Berat isi (gr/cm ³)	1,53	1,51
Daya serap air (%)	2,75	2,47
Kadar lumpur (%)	0,68	2,75

Tabel-5. Sifat fisik agregat pengganti

Pengujian	Tempurung Kelapa	Pecahan Kaca
Modulus Kehalusan	6,48	2,36
Berat Jenis	1,56	2,19
Berat Isi (kg/m ³)	510-600	1672
Daya Serap Air (%)	23	0,39



Gambar-3. Hasil uji gradasi agregat kasar.

Hasil analisis saringan agregat kasar ditunjukkan dalam Gambar-3. Dalam gambar ditunjukkan hasil analisis saringan untuk agregat

kerikil, tempurung kelapa dan pecahan gelas. Dari grafik yang ditunjukkan sebaran ukuran agregat ketiganya menunjukkan kemiripan satu sama lain.

B. Perancangan Campuran Beton

Perancangan campuran beton dilakukan sesuai dengan standar SNI 03 – 2834 – 2000 tentang tata cara pembuatan beton normal [23]. Beton direncanakan mempunyai kuat tekan $f'_c = 25$ MPa, dengan nilai *slump* rencana 8 ± 2 cm. Nilai faktor air semen diambil sebesar 0,48. Tabel-6 menunjukkan komposisi campuran beton yang diperoleh dari perhitungan. Setelah memperoleh rancangan campuran untuk beton normal, selanjutnya dapat dihitung kebutuhan berat substitusi parsial agregat kasar yakni kombinasi gelas dan tempurung kelapa untuk campuran beton. Komposisi agregat kasar alami dan agregat pengganti ditampilkan dalam Tabel-7, untuk ke-6 jenis campuran yang digunakan.

Tabel -6. Komposisi campuran beton

Bahan	Kebutuhan
Air	225 kg/m ³
Semen	469 kg/m ³
Agregat halus	774,8 kg/m ³
Agregat Kasar	806,43 kg/m ³

Tabel-7. Komposisi Agregat Kasar

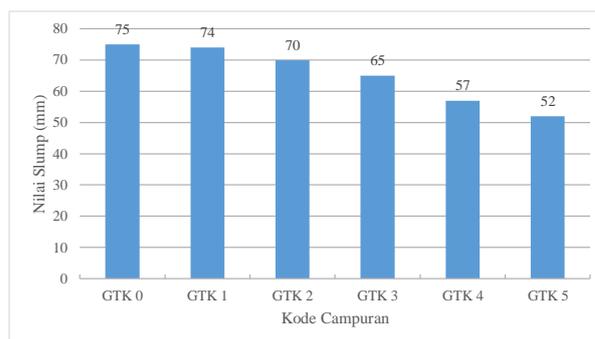
Kode	%	Kerikil Alam (kg/m ³)	Gelas (kg/m ³)	Tempurung (kg/m ³)
GTK 0	100	806,43	0	0
GTK 1	90	725,8	40,32	40,32
GTK 2	80	645,2	60,48	100,8
GTK 3	70	564,5	80,64	161,3
GTK 4	60	483,8	100,8	221,7
GTK 5	50	403,2	120,9	282,25

C. Hasil Pengujian Beton

1) *Hasil pengujian slump*. Pengujian *slump* ditujukan guna mengetahui tingkat kelecakan adukan beton yang dihasilkan. Dalam Gambar-4 dapat dilihat hasil uji nilai *slump* dari keenam jenis campuran.

Dari Gambar-4 diperoleh bahwa semakin besar komposisi substitusi agregat kasar terhadap beton membuat nilai *slump* semakin menurun. Hal ini ini memperlihatkan beton dengan kondisi tersebut memiliki workabilitas yang rendah. Fenomena penurunan nilai *slump* juga ditemukan oleh

Adaway dan Wang [2], penambahan serbuk kaca sebagai agregat halus menurunkan nilai *slump* beton hingga 45 mm pada persentase serbuk kaca sebesar 40%. Penelitian Singh [3] menunjukkan pula penurunan nilai *slump* hingga 37 mm pada 70% campuran pecahan gelas ke dalam adukan beton. Penurunan nilai *slump* pada campuran beton dengan tempurung kelapa saja ditemukan pada penelitian Akbar [6], campuran dengan 15% sabut kelapa menunjukkan nilai *slump* yang sangat kecil yaitu sebesar 13 mm.



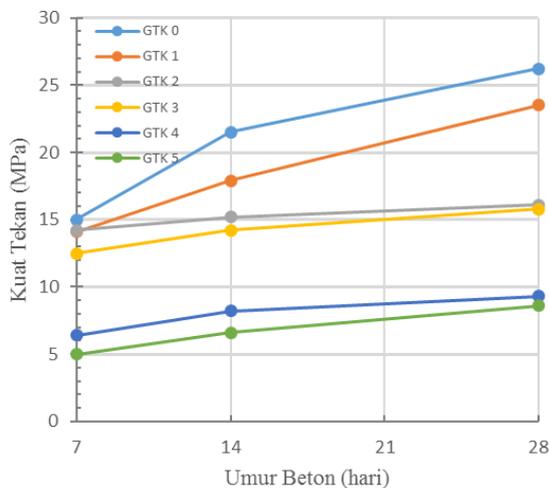
Gambar-4. Hasil uji nilai *slump*.

Penyebab penurunan nilai *slump* tersebut karena pengaruh dari pecahan tempurung kelapa. Daya serap air yang tinggi (daya serap air 23%) pada tempurung kelapa membuat kadar air pada campuran beton diserap banyak sehingga membuat workabilitas beton segar menjadi rendah dan lebih kaku. Hal ini juga dipengaruhi volume tempurung kelapa yang besar menyebabkan air diserap lebih banyak.

2) *Hasil pengujian kuat tekan*. Pengujian kuat tekan beton dilakukan terhadap benda uji yang telah berumur 7, 14, dan 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan ditunjukkan dalam Gambar-5.

Berdasarkan Gambar-5 terlihat bahwa kuat tekan beton diumur 28 hari terus mengalami penurunan kuat tekan seiring bertambahnya persentase tempurung kelapa dan gelas. Semakin besar penggunaan pecahan gelas dan tempurung kelapa semakin menurunkan kuat tekan beton itu sendiri. Pada usia 28 hari, GTK 0 mampu mencapai kuat tekan 26,2 MPa dan memenuhi kuat tekan rencana (25 MPa). Sementara GTK 1 hingga GTK 5 tidak mencapai kuat tekan rencana, dan memiliki kecenderungan mengalami penurunan kuat tekan. Dalam penelitian ini tidak bisa diamati persentase optimum yang pecahan gelas dan sabut kelapa yang dapat ditambahkan ke dalam campuran. Hal ini

sedikit berbeda dengan yang ditunjukkan oleh Adaway dan Wang [2], yang menyatakan bahwa persentase optimum serbuk gelas adalah sebesar 30% dalam campuran beton, sementara Singh [3] adalah sebesar 5%. Sedangkan Akbar [6] juga mampu menghasilkan persentase optimum sabut kelapa sebesar 5%. Namun kuat tekan beton yang dihasilkan dari pencampuran tempurung kelapa saja seperti yang dilakukan Akbar [6] hanya mampu mencapai kuat tekan sebesar 112,82 kg/cm² atau setara dengan 11,06 MPa, yang mana masih cukup jauh dibandingkan dengan hasil kuat tekan GTK 1 sebesar 23,5 MPa yang mengandung 5% tempurung kelapa dan 5% pecahan gelas.



Gambar-5. Pertumbuhan kuat tekan beton.

Beton yang menggunakan campuran tempurung kelapa dan pecahan gelas tidak mencapai kuat tekan rencana, disebabkan karena permukaan kaca yang licin tidak mampu terikat pada mortar. Hal ini terlihat ketika gelas sangat mudah terlepas dari bongkahan beton pasca pengujian seperti ditunjukkan dalam Gambar-6.



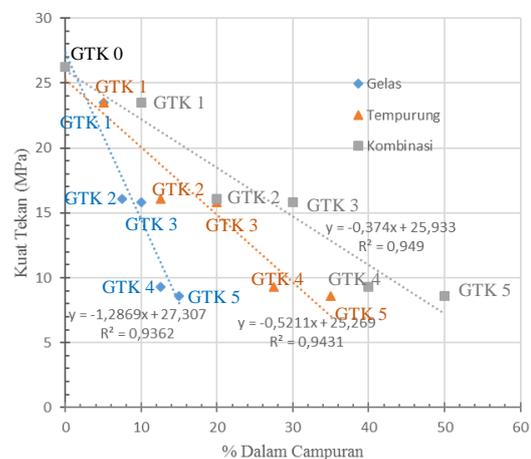
Gambar-6. Serpihan kaca yang terlepas dari benda uji.

Tempurung kelapa juga turut mempengaruhi penurunan kuat tekan beton. Tempurung kelapa mengalami penurunan kekuatan fisik selama proses perendaman dalam air. Jika melihat dari sumbernya, tempurung kelapa merupakan bagian dari tumbuhan yang cenderung lunak bila terendam lama dalam air. Hal ini terbukti serpihan tempurung kelapa lebih gampang patah dibandingkan dengan serpihan lainnya yang tidak direndam dalam air seperti dapat dilihat dalam Gambar-7.



Gambar-7. Agregat tempurung kelapa.

Selanjutnya hubungan antara persentase pecahan gelas atau pecahan tempurung kelapa atau kombinasi keduanya, dengan nilai kuat tekan yang dicapai, ditunjukkan dalam Gambar-8. Dari gambar tersebut dapat diamati bahwa penggantian agregat kasar alami dengan menggunakan pecahan gelas, atau pecahan tempurung kelapa ataupun mengkombinasi keduanya, memang belum menunjukkan efek positif terhadap kuat tekan beton. Semakin bertambah persentase agregat kaca ataupun tempurung kelapa ataupun kombinasi keduanya akan makin mengurangi nilai kuat tekan beton yang dihasilkan.



Gambar-8. Korelasi persentase agregat dengan kuat tekan.

Secara umum terjadi penurunan kuat tekan beton seiring peningkatan kadar substitusi parsial agregat kasar hingga 50%. Pengurangan kuat tekan terbanyak terdapat pada beton GTK 5 (50%) yakni 15% gelas dan 35% tempurung kelapa.

Berdasarkan Gambar-9 diperoleh kuat tekan 28 hari dari GTK 1 yang menggunakan campuran 5% tempurung kelapa dan 5% gelas memiliki kuat tekan yang memenuhi kuat tekan minimum beton struktural (sebesar 17 MPa). Jika ditinjau dari nilai kuat tekan, penambahan gelas dan tempurung kelapa dengan komposisi GTK 1 berpotensi menjadi beton struktural.



Gambar-9. Kuat tekan 28 hari dan syarat beton struktural.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Nilai optimum kuat tekan beton dengan penggunaan tempurung kelapa dan pecahan gelas sebagai pengganti parsial agregat kasar terdapat pada GTK 1 sebesar 23,5 MPa. Semakin besar kadar kombinasi tempurung kelapa dan gelas sebagai substitusi parsial agregat kasar membuat nilai *slump* beton segar semakin rendah. Dari penggunaan 5% tempurung kelapa dan 5% gelas sebagai substitusi parsial agregat kasar, diperoleh nilai kuat tekan beton sebesar 23,5 MPa di atas 17 MPa (kuat tekan minimum beton struktural). Hal ini membuat beton dengan campuran pengganti parsial agregat kasar masih dapat digunakan sebagai beton struktural.

B. Saran

Pada penelitian selanjutnya, tempurung kelapa sebaiknya dioven terlebih dahulu untuk membuat permukaan dan fisik tempurung benar-benar kering. Selain itu dalam penelitian ini gradasi tempurung kelapa dan pecahan kelapa tidak terlalu diperhatikan, sehingga gradasi pengganti parsial agregat kasar pada beton ini tidak konsisten. Untuk penelitian selanjutnya perlu membuat gradasi

kombinasi tempurung dan gelas yang baik. Perlu melakukan penelitian lanjutan terhadap perubahan sifat fisik tempurung kelapa pada beton GTK 1 yang memenuhi kuat tekan beton struktural setelah beton mengeras selama jangka waktu yang lama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fitriani E. Penjualan Semen Tumbuh 8,6% Sepanjang 2018. <https://www.beritasatu.com/ekonomi/532538/penjualan-semen-tumbuh-86-sepanjang-2018>. 2019.
- [2] Adaway M, Wang Y. *Recycled Glass as a Partial Replacement for Fine Aggregate in Structural Concrete – Effects on Compressive Strength*. Electronic Journal of Structural Engineering. 2015; 14(1):116-122.
- [3] Singh S, Srivastava V, Agarwal VC. *Glass Waste in Concrete : Effect on Workability and Compressive Strength*. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. 2015; 4(9):8142-8150.
- [4] Ganiron Jr. TU. *The Effect of Waste Glass Bottles as an Alternative Coarse Aggregate in Concrete Mixture*. International Journal of ICT-aided Architecture and Civil Engineering. 2014;1(2):1-10.
- [5] Suhartini A, Setyowati A, Gunarti S, Hasan A. *Pengaruh Penambahan Tumbukan Limbah Botol Kaca Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton*. Jurnal Bentang. 2014; 2(1):66-80.
- [6] Akbar F, Ariyanto A, Edison B. *Penggunaan Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton K-100*. Jurnal Mahasiswa Teknik. 2013; 1(1).
- [7] Suarnita W, Ruppang N. *Analisis Kuat Tekan Beton Ringan Tempurung Kelapa*. Jurnal Smartek. 2009; 7(3):143-151.
- [8] Murdock LJ, Brook KM. *Bahan dan Praktek Beton*. Penerbit Erlangga. 1999
- [9] SNI S – 04 – 1989 – F. *Spesifikasi Bahan*. Badan Standarisasi Nasional. 1989.
- [10] SNI 03-2847. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional. 2002.
- [11] ASCE/SEI 7-10. *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. American Society of Civil Engineers. 2010:404.
- [12] Sulaiman S, *Biomassa Gasifikasi (Biomassa di sekitar kita)*, <http://www.slideshare.net/ss170952/gasifikasi-pelatihan-theory>, 15 Agustus 2012.
- [13] Fikkriansyah, Tanzil G. *Pengaruh Sulfat Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Bubuk Kaca Substitusi Sebagian Semen Dengan w/c 0,60 dan 0,65*. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan. 2013; 1(1).

- [14] Suhardiyono L. *Tanaman Kelapa, Budidaya dan Pemanfaatannya*. Penerbit Kanisius. 1988:153-156.
- [15] SNI 1974 - 2011. *Cara Pengujian Kuat tekan beton Dengan Benda Uji Silinder*. Badan Standarisasi Nasional. 2011.
- [16] SNI 1969 – 2008. *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Badan Standarisasi Nasional. 2008.
- [17] SNI 03 – 9804 – 1998. *Metode pengujian berat isi dan rongga udara dalam agregat*. Badan Standarisasi Nasional. 1998.
- [18] SNI 03 – 4142 – 1996. *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm)*. Badan Standarisasi Nasional. 1996.
- [19] SNI 03 – 1968 – 1990. *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar*. Badan Standarisasi Nasional. 1990.
- [20] SNI 1972 – 2008. *Cara Uji Slump Beton*. Badan Standarisasi Nasional. 2008.
- [21] Subramani T, Anbuvel A. *Experimental Behaviour of Reinforced Concrete Beams With Coconut Shell as Coarse Aggregate*. International Journal of Application or Innovation in Engineering and Management. 2016; 5(5):67-75.
- [22] Zainab ZI, Al-Hashmi EA. *Recycling of Waste Glass as a Partial Replacement for Fine Aggregate in Concrete*. Waste Management Journal. 2009; 29(2):655-659.
- [23] SNI 03 – 2834 - 2000. *Tata Cara Pembuatan Campuran Beton*. Badan Standarisasi Nasional. 2000.