

SIFAT MEKANIK BETON DENGAN PEMANFAATAN SERBUK CANGKANG KERANG DAN SERBUK KACA

Debby Sinta Devi^{1*}, Marguan Fauzi¹, dan Tiara Salsabiela¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Indo Global Mandiri, Jl. Jend. Sudirman Km.4, Palembang, Indonesia
*debbysintadevi@uigm.ac.id

Masuk: 10-07-2024, revisi: 21-08-2024, diterima untuk diterbitkan: 14-10-2024

ABSTRACT

Economic and infrastructure development continues to increase as a result of global urbanization. Infrastructure development is currently using a lot of concrete material. The production of concrete is problematic as it produces carbon dioxide (CO₂) gas by weight from the production of cement. This research aims to evaluate innovative, environmentally friendly alternatives that allow a reduction in the amount of natural resources consumed in the manufacture of concrete. The method used was the experimental method. The concrete mixtures used were cement, 10%, 15% and 20% cockle shell powder, fine aggregate in the form of sand and glass powder with a substitution percentage of 20%, 25% and coarse aggregate in the form of gravel and water. Fresh concrete testing in the form of slump and setting time tests as well as testing the specific gravity and compressive strength of concrete for all variations of waste utilization. The results show that the use of glass powder waste and cockle shell powder with the optimum variation is 10% cockle shell powder and 20% glass powder. The slump test result is 11,5 cm, the final binding time is 205 minutes, the specific gravity is 2496,82 kg/m³ and the compressive strength test value is 31,63 MPa. The use of cockle shell powder and glass powder in concrete mixtures has the potential as a concrete constituent material as a sustainable recycled material.

Keywords: Concrete; cockle shell powder; glass powder; compressive strength

ABSTRAK

Perkembangan ekonomi dan infrastruktur terus meningkat sebagai akibat dari urbanisasi global. Pembangunan infrastruktur saat ini banyak menggunakan material beton. Produksi beton menjadi permasalahan karena menghasilkan gas karbon dioksida (CO₂) sebesar berat yang dihasilkan dari produksi semen. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi alternatif inovatif, dan ramah lingkungan yang memungkinkan pengurangan jumlah sumber daya alam yang dikonsumsi dalam pembuatan beton. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental. Campuran beton yang digunakan adalah semen, serbuk cangkang kerang 10%, 15% dan 20%, agregat halus berupa pasir dan serbuk kaca dengan persentase substitusi 20%, 25% serta agregat kasar berupa kerikil dan air. Pengujian beton segar berupa uji *slump* dan *setting time* serta pengujian berat jenis dan kuat tekan beton untuk semua variasi pemanfaatan limbah. Hasil menunjukkan bahwa penggunaan limbah serbuk kaca dan serbuk cangkang kerang dengan variasi optimum adalah 10% serbuk cangkang kerang dan 20% serbuk kaca. Hasil uji *slump* adalah sebesar 11,5 cm, waktu ikat akhir 205 menit, berat jenis 2496,82 kg/m³ dan nilai uji kuat tekan sebesar 31,63 MPa. Penggunaan serbuk cangkang kerang dan serbuk kaca dalam campuran beton memiliki potensi sebagai bahan penyusun beton sebagai material daur ulang yang berkelanjutan.

Kata kunci: Beton; serbuk cangkang kerang; serbuk kaca; kuat tekan

1. PENDAHULUAN

Dengan populasi yang terus meningkat, kebutuhan akan infrastruktur akan meningkat. Semua fasilitas struktur lainnya yang membantu kegiatan masyarakat semakin berkembang pesat, dengan mengutamakan pembangunan bangunan yang berkelanjutan (Santoso, 2022). Semen yang merupakan bahan pembentuk konstruksi, dapat mengeras dan berfungsi sebagai pengikat. Ekonomi negara berkembang sangat bergantung pada sektor semen. Produksi semen ditingkatkan oleh permintaan konstruksi. Produksi semen Portland biasa (OPC) meningkat 9% setiap tahun di seluruh dunia, dengan produksi mencapai 4 miliar ton. Produksi semen memerlukan batu kapur sebagai bahan baku, mengkonsumsi banyak energi, dan mengeluarkan CO₂ selama proses produksi, dan bertanggung jawab atas sekitar 5-8% dari emisi CO₂ di seluruh dunia (Rattanachu et al., 2020). Sekitar 7% emisi karbon dioksida (CO₂) di seluruh dunia, manufaktur semen adalah industri terbesar kedua dalam hal emisi gas rumah kaca (Mohamad et.al., 2021).

Beton banyak digunakan dalam konstruksi. Akan tetapi, produksi beton memiliki dampak lingkungan yang signifikan karena emisi karbon dioksida yang sering dilepaskan oleh pabrik ke atmosfer. Oleh karena itu, mendesain beton dengan risiko minimal sangat penting untuk mengurangi bahaya bagi lingkungan. Gerakan hijau, yang mencakup pengelolaan sumber daya dan daur ulang produk sampingan, sangat penting untuk menjaga sumber daya alam, mengurangi emisi karbon dioksida (CO₂), dan menghemat energi. Dalam pembuatan beton, menemukan alternatif untuk meningkatkan sifatnya atau mempertahankannya dengan biaya produksi yang lebih rendah akan sangat menguntungkan dan bermanfaat (Afrin et al., 2021). Sebagai contoh, produk sampingan industri seperti *fly ash*, *bottom ash*, kelapa sawit, kaca, dan cangkang kelapa sawit, cangkang kerang dara banyak digunakan dalam industri konstruksi sebagai bahan tambahan atau campuran beton untuk mengurangi biaya sekaligus mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan. Pada dasarnya, metode yang paling efektif untuk mengurangi tingkat limbah yang semakin meningkat adalah penggunaan limbah. Sebagian besar limbah biasanya dibuang ke TPA tanpa diproses kembali karena dianggap tidak berguna dan tidak memiliki nilai komersial, namun beberapa komponen komposit memiliki nilai yang lebih besar untuk digunakan sebagai bahan alternatif.

Cangkang kerang mengandung 96% CaCO₃ yang dapat diubah menjadi CaO yang dapat menyerap CO₂ saat membuat beton. Pada suhu ruangan dengan kelembaban, bahan pozzolan berukuran partikel halus dapat bereaksi dengan Ca(OH)₂. Reaksi ini menghasilkan sifat penyemenan (Andas, 2018). Kerang, juga dikenal sebagai *Anadra granosa*, adalah moluska bivalvia yang dapat dimakan dan merupakan salah satu spesies kerang yang paling banyak diproduksi (Hisham et al., 2017). Penelitian terkait penggunaan cangkang kerang dara sebagai substitusi agregat halus sebanyak 15% dapat meningkatkan kekuatan tekan beton sebesar 36,92% (Pitriyani et al., 2024). Ketahanan beton terhadap serangan kimia dapat ditingkatkan dengan mengganti sebagian semen dengan serbuk cangkang kerang sebesar 5% (Abdelouahed et al., 2019). Penelitian ini terkait substitusi semen 10%, yang terdiri dari 5% bubuk klinker kelapa sawit dan 5% serbuk cangkang kerang memiliki kinerja yang baik dalam hal aspek mekanis dan penyerapan air (Hasan et al., 2023). Cangkang kerang mengandung kalsium (CaO), alumina, dan silika, sehingga dapat meningkatkan karakteristik beton. Secara keseluruhan, kerang memiliki potensi yang bagus untuk digunakan dalam beton dan mortar. Mendaur ulang limbah kerang tidak hanya dapat mengurangi dampak limbah kerang, tetapi juga dapat mengurangi ketergantungan industri konstruksi pada bahan baku dan mendorong pembangunan berkelanjutan (Zhu et al., 2024). Bubuk Cangkang kerang yang digunakan 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% sebagai sebagian semen menghasilkan peningkatan kekuatan. Penggunaan 10% persen bubuk cangkang kerang meningkatkan kekuatan tekan mortar dengan mengurangi persentase air yang diserap (Muthusamy et al., 2021).

Tabel 1. Kandungan Mineral Semen

Referensi	Kandungan Mineral (%)					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
(Yanita, 2020)	20-25	5-7	3-4	55-65	1,5-4,0	1,6-2,2
(Arsadha dkk., 2022)	20,56	5,05	3,64	65,30	1,59	0,93
(Abdelouahed, 2019)	21,31	4,13	4,16	65,85	1,34	2,13

Tabel 2. Kandungan Mineral Cangkang Kerang

Referensi	Kandungan Mineral (%)							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O
(Olivia & Oktaviani, 2017)	0,38	0,65	0,05	51,91	-	-	-	-
(Abdelouahed, 2019)	0,74	0,29	0,15	53,63	0,22	0,05	0,18	0,02
(Rachman, 2021)	0,92	1,23	0,0017	55,103	0,94	-	-	-
(Daud, 2017)	0,30	-	0,80	92,00	-	-	0,92	3,55

Untuk membuat beton, agregat merupakan sumber daya alam yang membentuk sekitar 70% pada volume beton. Sebaliknya, industrialisasi yang pesat menyebabkan masalah pembuangan limbah yang aman. Saat ini, diperlukan untuk mengidentifikasi limbah yang memiliki karakteristik yang mirip dengan agregat konvensional dan memastikan bahwa limbah tersebut dapat digunakan sebagian dalam beton (Ponnada et al., 2016). Karena jumlah beton yang digunakan di banyak negara terus meningkat, pembuatan beton memerlukan banyak sumber daya alam. Penambangan pasir menjadi masalah besar di banyak negara karena mengikis dasar sungai dan mengganggu aliran sungai. Selain itu, penimbunan dan pembuangan lumpur batu merupakan masalah besar bagi sektor pertambangan. Sebagian besar sistem memerlukan banyak bahan baku alami, rendah energi, dan pemanfaatan limbah selama proses pembangunan dan pengolahan. Serbuk kaca merupakan salah satu jenis bahan limbah yang dapat digunakan dalam campuran beton. Peningkatan kekuatan tekan beton dengan mengganti agregat halus dengan serbuk kaca sebesar 20% (Katoch et al., 2020). Persentase ideal penggunaan limbah kaca pada beton umur 28 hari adalah 25% di berat agregat halus dengan

peningkatan yang terjadi sebesar 11,56% (Kumar & Nagar, 2017). Selain itu penggunaan 40% serbuk kaca sebagai substitusi agregat halus dapat meningkatkan kekuatan tekan beton dibandingkan tanpa serbuk kaca (Anand, 2015). Berikut merupakan beberapa referensi kandungan mineral semen dan serbuk cangkang kerang terdapat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Berdasarkan dari referensi pengujian kandungan mineral antara semen dan serbuk cangkang kerang dara, bahwa kedua jenis material tersebut memiliki dominan kandungan mineral yang sama yaitu CaO lebih dari 50%. Salah satu dari empat bahan baku utama untuk pembuatan semen adalah CaCO_3 . Tetrakalsium aluminoforit, C_2S , trikalsium silikat (C_3S), dan trikalsium aluminat (C_3A) adalah senyawa semen utama lainnya. Oleh karena itu, penelitian ini membahas bagaimana sifat mekanik beton dengan pemanfaatan cangkang kerang dara sebagai substitusi semen dan serbuk kaca sebagai substitusi agregat halus.

Sifat mekanik beton

Sifat mekanik beton adalah berupa susut dan rangkai, kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, dan modulus elastisitas. Pengujian sifat mekanik beton bertujuan untuk mengetahui kinerja beton. Pada penelitian yang dilakukan oleh Muthusamy et al. (2021) menunjukkan bahwa mortar yang dibuat dengan berbagai penggantian serbuk cangkang kerang mempengaruhi penyerapan air mortar. Campuran mortar yang dicampur dengan 10% serbuk cangkang kerang memiliki nilai serapan air yang paling rendah, tetapi setelah menggantikan 20% dan lebih, mortar menyerap lebih banyak air. Persentase air yang diserap campuran mortar meningkat seiring dengan jumlah serbuk cangkang kerang yang ditambahkan ke dalamnya. Ketika serbuk cangkang kerang digunakan sebagai pengganti sebagian semen, banyak terbentuk rongga, yang meningkatkan penyerapan air mortar. Hal ini menunjukkan bahwa abu cangkang kerang mengurangi penyerapan beton pada persentase penggantian yang rendah (5%, 10%, dan 15%), tetapi penyerapan meningkat dengan peningkatan kandungan cangkang kerang (25% dan 50%). Selain itu, porositas beton dengan persentase penggantian 25% dan lebih tinggi jelas lebih besar dari porositas beton normal. Sifat aragonit amorf serbuk cangkang kerang dapat dikaitkan dengan hasil penyerapan dan porositas. Dengan persentase penggantian yang lebih rendah, partikel serbuk saling mengunci satu sama lain dan mengisi celah di matriks beton sehingga porositas dan penyerapan beton menurun (Tayeh et al., 2019). Penggunaan material komposit atau bahan tambahan seperti jenis pozzolan adalah cara yang tepat untuk meningkatkan sifat mekanik material dan efisiensi campuran beton.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Fokus studi literatur adalah pengumpulan data dan bahan pembelajaran yang relevan. Bahan-bahan ini diperoleh dari jurnal, buku, diktat, literatur ilmiah, dan internet, dan langkah berikutnya adalah menyiapkan alat dan bahan. Pengujian material penyusun beton dilakukan untuk mengetahui karakteristik material yang akan digunakan. Pengujian agregat yang akan dilakukan sebagai uji karakteristik material adalah sebagai berikut:

1. Pengujian Analisa Saringan (ASTM C 136)
2. Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan (ASTM C 128)
3. Pengujian Kadar Lumpur (ASTM C117)
4. Pengujian Kadar Air (ASTM C 566)

Rencana mutu beton adalah $f_c'25$ MPa. Bahan yang digunakan berupa semen PCC (*Portland Composite Cement*) dan serbuk cangkang kerang dengan persentase substitusi sebesar 10%, 15 dan 20%, agregat halus berupa pasir dan serbuk kaca dengan persentase substitusi serbuk kaca sebesar 20% dan 25%, agregat kasar berupa kerikil, dan air. Cangkang kerang yang didapatkan dari limbah kemudian dicuci dan dibersihkan dari kotoran dipermukaannya. Setelah dicuci, cangkang kerang dikeringkan kemudian lalu digiling dengan penggiling hingga berbutir cukup halus. Setelah digiling, bubuk cangkang kerang disaring menggunakan saringan lolos 100. Setelah disaring maka serbuk cangkang kerang dapat digunakan dalam campuran beton sebagai substitusi semen. Setelah semen dan serbuk cangkang kerang dicampurkan, kemudian tambahkan agregat halus berupa pasir dan serbuk kaca. Serbuk kaca dipersiapkan dari limbah, kemudian dibersihkan lalu dihaluskan dengan saringan lolos 100. Setelah pencampuran semen, serbuk cangkang kerang, lalu pasir dan serbuk kaca kemudian ditambahkan air dan agregat kasar hingga membentuk campuran yang homogen. Setelah beton dicampurkan dilanjutkan dengan tahap memasukan benda uji didalam cetakan yang berukuran 10x20 cm, kemudian biarkan beton mengeras lalu dilanjutkan dengan pembukaan cetakan. Setelah beton dilepaskan dari cetakan beton direndam untuk menjaga proses hidrasi agar tidak mengalami retak. Pengujian *slump* dan *setting time* pada beton segar, pengujian berat jenis pada umur beton 28 hari, serta pengujian kekuatan tekan pada 7, 14 dan 28 hari. Berikut merupakan gambar cangkang kerang dan serbuk cangkang kerang terdapat pada Gambar 1 dan Gambar Serbuk kaca terdapat pada Gambar 2, serta rancangan campuran beton dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 1. Serbuk Cangkang Kerang Dara



Gambar 2. Serbuk Kaca

Tabel 3. Komposisi *mix design* per (m³)

Jenis Campuran	Binder		Agregat Halus		Agregat kasar (kerikil)	Air
	Semen	Cangkang Kerang	Pasir	Serbuk Kaca		
	kg	kg	kg	kg	kg	litr
BN	439,50	-	479,4	-	1180,9	190,5
BS-1	395,55	43,95	383,52	95,88	1180,9	190,5
BS-2	373,575	65,925	359,55	119,85	1180,9	190,5
BS-3	351,6	87,9	383,52	95,88	1180,9	190,5
BS-4	395,55	43,95	359,55	119,85	1180,9	190,5
BS-5	373,575	65,925	383,52	95,88	1180,9	190,5
BS-6	351,6	87,9	359,55	119,85	1180,9	190,5

Keterangan :

- BN (Beton Normal)
- BS-1 (Beton 10% serbuk cangkang kerang & 20% serbuk kaca)
- BS-2 (Beton 15% serbuk cangkang kerang & 25% serbuk kaca)
- BS-3 (Beton 20% serbuk cangkang kerang & 20% serbuk kaca)
- BS-4 (Beton 10% serbuk cangkang kerang & 25% serbuk kaca)
- BS-5 (Beton 15% serbuk cangkang kerang & 20% serbuk kaca)
- BS-6 (Beton 20% serbuk cangkang kerang & 25% serbuk kaca)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

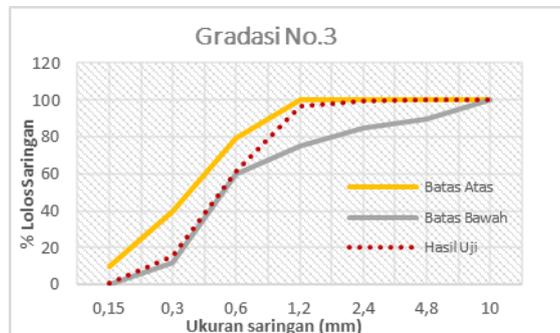
Pemeriksaan agregat halus

Beberapa pemeriksaan dilakukan terhadap agregat halus berupa pasir dan serbuk kaca yang digunakan sebagai substitusi agregat halus. Pengujian agregat halus berupa uji analisa saringan, berat jenis dan penyerapan, kadar air, dan kadar lumpur. Hasil pemeriksaan dibandingkan dengan syarat-syarat SNI. Hasil pemeriksaan pasir dan serbuk kaca dapat dilihat pada Tabel 4.

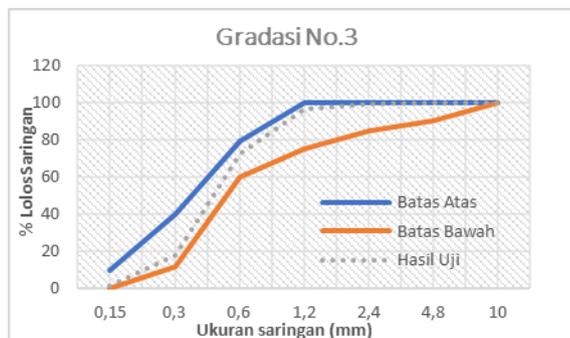
Tabel 4. Hasil pengujian agregat halus

Pengujian	Spesifikasi	Syarat	Pasir	Serbuk kaca	Keterangan
Analisa Saringan (FM)	SNI 03-1968-1990	5,50-8,50	2,47	2,20	Memenuhi
Berat jenis dan penyerapan	SNI 03-1970-1990	2,58 – 2,83 ; maks 3%	2,45 dan 1,15%	2,17 dan 1,02%	Memenuhi
Kadar lumpur	SNI 03-4428-1997	Maks 3%	1,36%	-	Memenuhi
Kadar air	SNI 03-1971-1990	Maks 4%	1,21%	1,12%	Memenuhi

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kualitas agregat halus yang akan digunakan memenuhi semua persyaratan SNI untuk semua standar material penyusun beton. Sedangkan untuk mengetahui kategori kehalusan butir agregat halus berupa pasir dapat dilihat pada Gambar 3 dan kehalusan butir agregat halus berupa serbuk kaca dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Analisa saringan pasir



Gambar 4. Analisa saringan serbuk kaca

Berdasarkan Gambar 3 dan Gambar 4, hasil uji saringan pasir sungai dan serbuk kaca masuk kedalam batas atas dan batas bawah gradasi zona 3 dengan katagori pasir berbutir yang cukup halus, sehingga memenuhi syarat sebagai agregat halus dalam campuran beton. Kuat tekan beton meningkat dengan rongga yang lebih kecil karna butiran halus mengisi dalam campuran beton (Bumulo & Rusnadin, 2018) Agregat halus adalah bahan utama yang mempengaruhi kekuatan beton. Jika agregat halus digunakan memiliki karakteristik yang kurang baik dalam proses pembuatan beton, maka hal tersebut dapat mengurangi kekuatan beton dan tidak mencapai kekuatan beton rencana. Bentuk dan tekstur partikel agregat halus yang dihancurkan mempengaruhi bagaimana partikel pasta dan agregat mengikat, sehingga dapat meningkatkan kekuatan beton.

Pemeriksaan agregat kasar

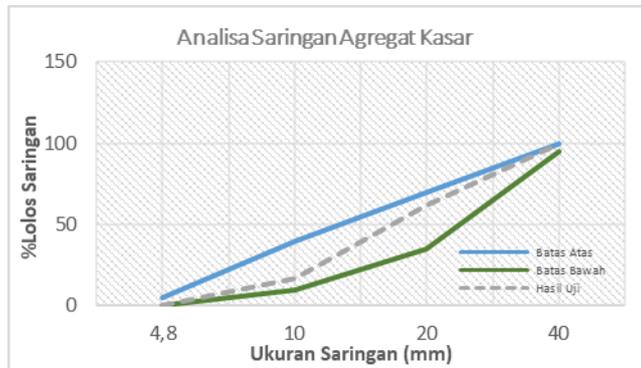
Agregat kasar diuji untuk mengetahui kualitasnya dari batu split yang akan digunakan. Uji kelayakan agregat kasar ditunjukkan pada Tabel 5, sedangkan grafik distribusi agregat kasar terdapat pada Gambar 5.

Tabel 5. Hasil pengujian agregat kasar

Pengujian	Spesifikasi	Syarat	Hasil	Keterangan
Analisa Saringan (FM)	SNI 03-1968-1990	1,5 -3,88	6,15	Memenuhi
Berat jenis dan penyerapan	SNI 03-1970-1990	1,6 – 3,3 dan maks 4%	2,6 dan 0,6 %	Memenuhi
Kadar lumpur	SNI 03-4428-1997	Maks 5%	0,5 %	Memenuhi
Kadar air	SNI 03-1971-1990	Maks 4%	1,1%	Memenuhi

Menurut SNI 03-2461-2002 fineness modulus (FM). Agregat kasar 5,50 sampai 8,50. Berdasarkan pengujian yang diperoleh *fineness modulus* untuk agregat kasar sebesar 6,15 yang artinya dapat disimpulkan bahwa nilai FM ini telah

memenuhi persyaratan yang telah ditentukan sebagai agregat kasar. Ukuran butir maksimum agregat kasar terdapat pada Gambar 5.

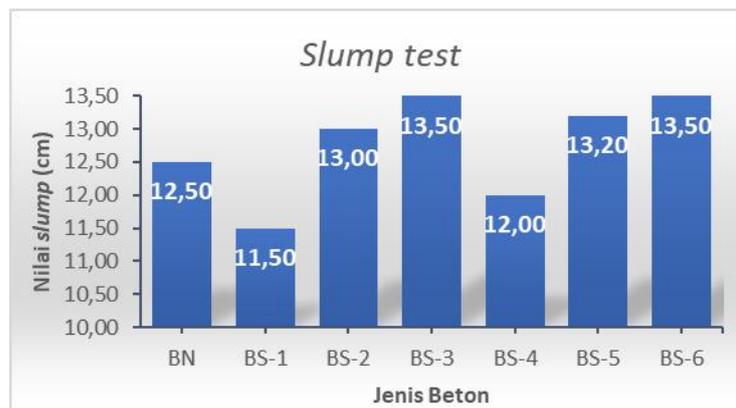


Gambar 5. Analisa saringan agregat kasar

Selain itu, berdasarkan hasil uji gradasi agregat kasar masuk kedalam ukuran butiran maksimum agregat 40 mm seperti yang terdapat pada Gambar 5. Semua standar penggunaan material beton telah dipenuhi oleh batu pecah yang akan digunakan. Tidak mengherankan bahwa kualitasnya sangat penting karena agregat membentuk sekitar tiga perempat volume beton. Selain mengurangi kekuatan beton, sifat agregat berdampak negatif pada daya tahan dan kinerja strukturalnya. Karena agregat kasar menempati volume utama beton, jenis agregat kasar yang digunakan dalam pencampuran memengaruhi kekuatan tekan beton segar dan mengeras. Sifat beton yang dibuat dengan campuran nominal yang berbeda secara keseluruhan dipengaruhi oleh jenis agregat kasar yang digunakan. Sumber agregat kasar, ukuran, bentuk, berat satuan, tekstur, dan sifat lainnya memengaruhi sifatnya. Variasi pada sifat agregat (baik mekanik maupun fisik) juga memengaruhi kekuatan, kemampuan kerja, dan durabilitas beton (Prajapati, 2019). Sehingga, batu pecah yang telah diuji dapat digunakan sebagai untuk membuat campuran beton.

Pemeriksaan *slump* beton

Berikut merupakan hasil pengujian pemeriksaan *slump* beton terdapat pada Gambar 6.



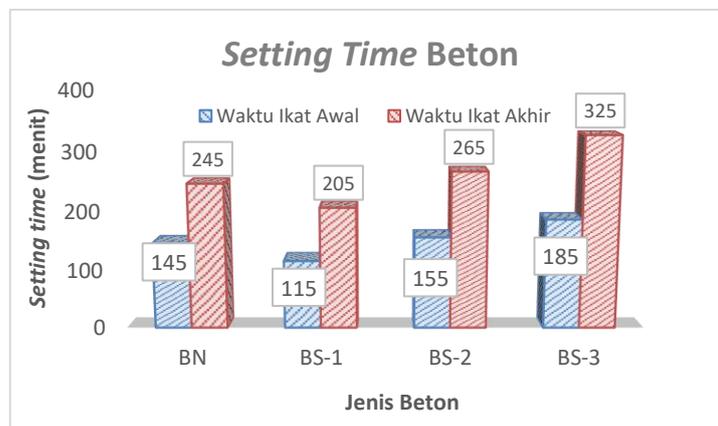
Gambar 6. Hasil uji *slump* beton

Untuk beton normal, pengujian *slump* yang dihasilkan adalah sebesar 12,5 cm sedangkan beton dengan variasi substitusi serbuk cangkang kerang dan serbuk kaca menunjukkan hasil yang bervariasi. Penggunaan serbuk cangkang kerang dan serbuk kaca yang lebih tinggi menghasilkan nilai uji slump beton yang lebih besar, hal ini menunjukkan bahwa beton tersebut lebih *flow* dibandingkan beton normal dan beton dengan penggunaan serbuk cangkang kerang dan serbuk kaca dengan persentase yang lebih sedikit. Penggunaan serbuk cangkang kerang yang lebih tinggi dapat menyebabkan proses hidrasi yang tidak sempurna sehingga membuat antar material penyusun tidak mengikat dan membuat campuran beton menjadi tidak padat. Beton normal dan beton dengan semua variasi substitusi serbuk

cangkang kerang dan serbuk kaca telah memenuhi rencana *slump* yaitu 12 ± 2 , nilai *slump* yang paling rendah berada pada varian substitusi cangkang kerang 10% dan serbuk kaca 20% yaitu 11,5 cm.

Hasil pemeriksaan *setting time* beton

Berikut merupakan hasil pengujian pemeriksaan *setting time* beton terdapat pada Gambar 7.

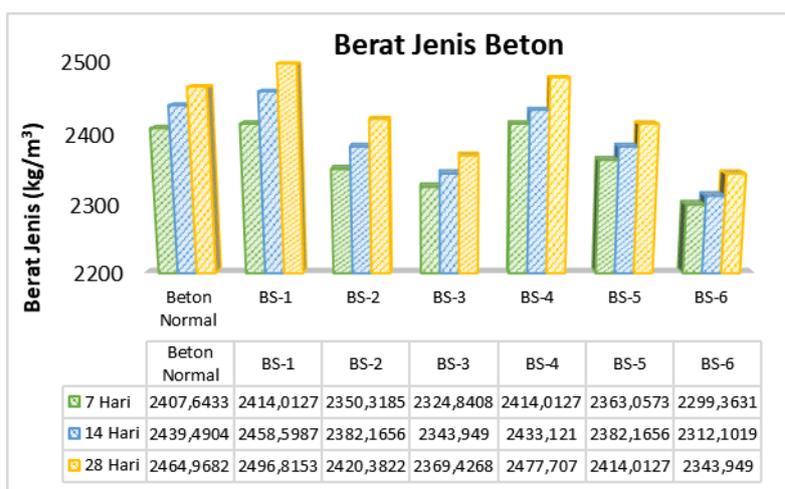


Gambar 7. Hasil uji *setting time* beton

Hasil uji *setting time* beton menunjukkan bahwa beton normal membutuhkan waktu ikat awal 145 menit dan waktu ikat akhir 245 menit. Beton dengan variasi substitusi cangkang kerang 10% dan serbuk kaca 20% menghasilkan waktu ikat awal yang lebih cepat dari semua variasi yaitu 115 menit dan waktu ikat akhir 205 menit. Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton dengan penambahan serbuk cangkang kerang dapat mempercepat waktu ikat akhir sebesar 19,5% dibandingkan beton normal. Pada penggantian serbuk cangkang kerang dalam komposisi semen, kandungan semen portland menurun sehingga luas permukaan semen portland menurun dan proses hidrasi melambat dan menyebabkan waktu *setting* menjadi lebih lama (Zhu et.al., 2024).

Hasil pemeriksaan berat jenis beton

Berikut merupakan hasil pemeriksaan berat jenis beton terdapat pada Gambar 8.



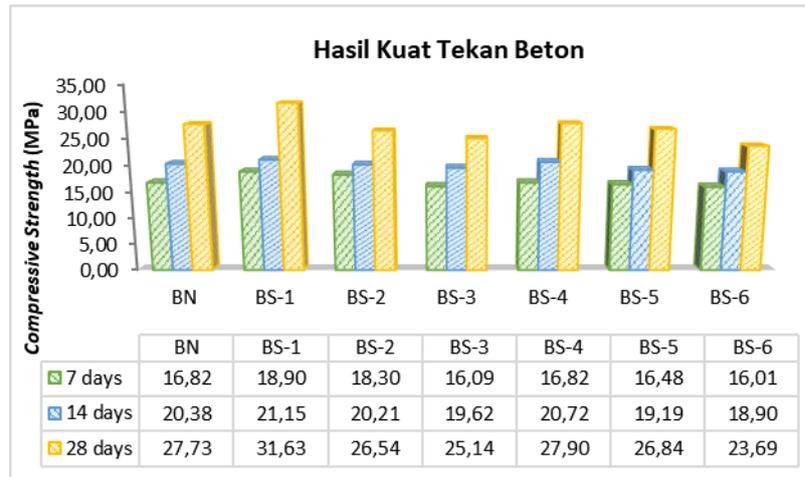
Gambar 8. Hasil uji berat jenis beton

Pengujian berat jenis beton dilakukan sebelum uji kuat tekan beton dengan cara menimbang berat beton. Pengujian dilakukan untuk semua umur beton 7, 14 dan 28 hari. Berat jenis beton normal mencapai $2464,97 \text{ kg/m}^3$. Beton dengan variasi penggunaan serbuk cangkang kerang dan serbuk kaca memiliki berat jenis yang sedikit lebih rendah. Hasil

semua uji berat jenis beton telah memenuhi standar SNI 03-2847-2002 untuk berat jenis beton normal yang berkisar antara 2200 hingga 2500 kg/m³. Kualitas mekanik beton sangat dipengaruhi kepadatannya. Beton yang lebih padat memiliki kekuatan yang lebih besar karena rongga dan porositas yang lebih sedikit dibandingkan dengan beton yang kurang padat. Dengan demikian, penyerapan air akan berkurang, dan membuat beton bertahan lebih lama. Faktor-faktor seperti pemadatan, perawatan, teknik pencampuran, dan granularitas agregat pada dasarnya memengaruhi kekuatan dan daya tahan beton.

Hasil pemeriksaan kuat tekan beton

Berikut merupakan hasil pengujian pemeriksaan kuat tekan beton terdapat pada Gambar 9. Pengujian kuat tekan dilakukan untuk beton normal dan beton semua variasi penggunaan serbuk cangkang kerang dara dan serbuk kaca.



Gambar 9. Hasil uji kuat tekan beton

Berdasarkan Gambar 9, kuat tekan beton normal mencapai 27,73 MPa. Dari semua variabel substitusi cangkang kerang dan serbuk kaca, bahwa pada umur 28 hari, penggunaan cangkang kerang dara sebesar 10% dan serbuk kaca 20% memiliki kuat tekan tertinggi sebesar 31,63 MPa. Peningkatan ini terjadi karena proses hidrasi yang sempurna oleh kandungan mineral CaO cangkang kerang dara yang menyerupai dengan semen, sehingga dapat memberikan efek pengikatan bagian lain material penyusun beton. Penggunaan serbuk cangkang kerang yang dihancurkan dapat berperan sebagai bahan pengisi yang efektif untuk meningkatkan kepadatan beton. Penurunan kuat tekan dengan penggunaan serbuk cangkang kerang yang lebih dari 10% dikarenakan pengurangan kadar semen sebagai bahan pengikat. Selain itu penggunaan serbuk kaca sebagai bahan pengisi sebesar 20% sebagai substitusi agregat halus dapat meningkatkan kekuatan tekan beton sebesar 32% (Padang, 2022). Hal ini juga dibuktikan dengan penggunaan serbuk kaca dengan penggunaan 20% dapat meningkatkan kekuatan tekan beton dibandingkan tanpa menggunakan serbuk kaca.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji *slump* dan *setting time* beton menunjukkan bahwa beton dengan penggunaan serbuk cangkang kerang dara yang lebih besar dapat mengurangi kepadatan beton, memperlama waktu ikat akhir beton segar. Berdasarkan hasil uji kuat tekan beton penggunaan 15% dan 20% penggunaan cangkang kerang dara sebagai substitusi semen menghasilkan kuat tekan yang semakin rendah. Sedangkan pada penggunaan 10% cangkang kerang sebagai substitusi semen dan 20% serbuk kaca sebagai agregat halus dapat meningkat kekuatan tekan beton sebesar 14%. Cangkang kerang dara berfungsi dengan baik sebagai binder dan filler dalam campuran beton karena sifatnya mirip dengan semen dan memiliki gradasi katagori yang halus. Dari ketiga variasi substitusi agregat halus, nilai kuat tekan tertinggi mencapai 31,63 MPa pada umur 28 hari. Saran untuk penelitian lebih lanjut dapat dilakukan perbandingan metode perawatan beton dengan beberapa metode lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Abdelouahed, A., Hebhouh, H., Kherraf, L., & Belachia, M. (2019). Effect of Cockle Shells on Mortars Performance in Extreme Conditions. *Civil and Environmental Engineering Reports*, 29(2), 60–73. <https://doi.org/10.2478/ceer-2019-0017>

- Afrin, H., Huda, N., & Abbasi, R. (2021, November). An overview of eco-friendly alternatives as the replacement of cement in concrete. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1200, No. 1, p. 012003). IOP Publishing.
- Anand, A., & Shahas, S. (2015). Effect of Recycled Glass Powder as Fine Aggregate on the Mechanical Properties of Concrete.
- Andas, J., & Anuar, N. A. M. (2018, November). Effect of palm oil fuel ash (POFA) and cockle shell on the concrete strength and durability. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2031, No. 1). AIP Publishing.
- Arsadha, J. P., Rimadhina, R., Jannah, A. M., Robiansyah, R., & Safaruddin, S. (2022). Analisa Pengaruh Mineral Klinker Terhadap Kuat Tekan Semen untuk Mendapatkan Proporsi Bahan Baku Portland Composite Cement (PCC) dengan Penurunan Faktor Klinker. *Seminar Nasional : AvoER*, 14(1).
- Bumulo, N., & Rusnadin, N. W. (2018). Analisa Agregat Halus Pasir Zona III Dengan Agregat Kasar Ukuran 20 mm Dan 40 mm Untuk Uji Kuat Tekan Mutu Beton Pada Campuran Beton Normal. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, 1(1), 11-23. <https://doi.org/10.32662/gojise.v1i1.136>
- Daud, Z., Abubakar, M.H., Kadir, A.A., Latiff, A.A.A., Awang, H., Halim, A.A., Marto, A. (2017). Adsorption Studies of Leachate on Cockle Shells. *Geomate Journal*, 12(29), 46–52.
- Pitriyani., Devi, D. S., & Febryandi, F. (2024). Effect of cockle shell powder on the compressive strength of concrete with Viscocrete 3115 N Additive. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 13(1), 22-33.
- Hasan, K., Islam, M. T., Ferdous, R., & Yahaya, F. M. (2023). Experimental study on environment-friendly concrete production incorporating palm oil clinker and cockle shell powder as cement partial replacement. *Materials Today: Proceedings*, 107(2024), 254-262. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.11.150>
- Hisham, N. N., Razali, N., Razali, N., Gajah, A., & Keroh, A. (2017). Utilization of cockle shells as partial binder replacement in concrete. *J Eng Technol*, 8(2), 1-14.
- Katoch, D., Lalotra, S., & Bhardwaj, S. (2020). Experimental Study on the Strength of Concrete By Partial Replacement of Fine Aggregates With Glass Powder. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 7(8), 2414–2418.
- Kumar, S., & Nagar, B. (2017). Effects of waste glass powder on compressive strength of concrete. *Int. J. Trend Sci. Res. Dev*, 1, 289-298. <https://doi.org/10.31142/ijtsrd136>
- Mohamad, N., Muthusamy, K., & El Gelany Ismail, M. A. K. (2021). Cockle Shell as Mixing Ingredient in Concrete: A Review. *Construction*, 1(2), 9–20. <https://doi.org/10.15282/construction.v1i2.6503>
- Muthusamy, K., Embong, R., Jose, R., Mohamad, N., & Bahrin, N. S. H. K. (2021). Compressive strength of mortar containing cockle shell waste as mixing ingredient. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1092 (1), 012001. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1092/1/012001>
- Olivia, M., & Oktaviani, R. (2017). Properties of concrete containing ground waste cockle and clam seashells. *Procedia engineering*, 171, 658-663.
- Padang, I., Matana, H., & Ganti, A. (2022). Pengaruh penambahan serbuk kaca pada beton yang direndam dengan larutan asam sulfat terhadap kuat tekan. *Journal Dynamic Saint*, 7(2), 1-7. <https://doi.org/10.47178/dynamicsaint.v7i2.1894>
- Ponnada, M. R., Prasad, S. S., & Dharmala, H. (2016). Compressive strength of concrete with partial replacement of aggregates with granite powder and cockle shell. *Malaysian Journal of Civil Engineering*, 28(2), 183–204. <https://doi.org/10.11113/mjce.v28.15970>
- Prajapati, J., Karanjit, S. (2019). Effect Of Coarse Aggregate Sources on The Compressive Strength of Various Grade of Nominal Mixed Concrete. *JScE*, 7, 52-60.
- Rachman, R. M., Soeparyanto, T. S., & Ngii, E. (2021). Utilization of Cockle Shell (*Anadara Granosa*) as Partial Replacement of Fine Aggregates in Concrete. *Al-Ard : Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(2), 96–103.
- Rattanachu, P., Toolkasikorn, P., Tangchirapat, W., Chindapasirt, P., & Jaturapitakkul, C. (2020). Performance of recycled aggregate concrete with rice husk ash as cement binder. *Cement and Concrete Composites*, 108, 103533. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103533>
- Santoso, T. H. (2022). Pengaruh penggunaan abu sekam padi (rice husk ash) pada beton normal terhadap nilai kuat tekan. *Jurnal Teknik Sipil Dan Teknologi Konstruksi*, 8(1), 13–21. <https://doi.org/10.35308/jts-utu.v8i1.4290>
- Tayeh, B. A., Hasaniyah, M. W., Zeyad, A. M., & Yusuf, M. O. (2019). Properties of concrete containing recycled seashells as cement partial replacement: A review. *Journal of Cleaner Production*, 237, 117723. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117723>
- Yanita, R. (2020). Semen PCC sebagai material green construction dan kinerja beton yang dihasilkan. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 19(1), 13–18.
- Zhu, Y., Chen, D., Yu, X., Liu, R., & Liao, Y. (2024). Properties of cementitious materials utilizing seashells as aggregate or cement: prospects and challenges. *Materials*, 17(5), 1222. <https://doi.org/10.3390/ma17051222>

