



Research Articles

Sifat Mekanis Self Consolidating Concrete dengan Penggunaan Coconut Shell Ash Sebagai Bahan Tambah pada Semen

Mechanical Properties of Self Consolidating Concrete With Coconut Shell Ash as Addition on Cement

I Nyoman Merdana*, Miko Eniarti, Sofyan Hajrin, Fathmah Mahmud

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram
Nusa Tenggara Barat – Indonesia 83125

*corresponding author, email: nmerdana@unram.ac.id

Manuscript received: 16-12-2024. Accepted: 22-02-2025

ABSTRAK

Dalam pekerjaan konstruksi sipil seringkali pengecoran beton mengalami kendala dilakukan karena ruang yang tersedia pada cetakan atau karena jarak tulangan beton yang rapat. Untuk mengatasi masalah tersebut digunakan beton memadat sendiri (Self consolidating concrete). Self consolidating concrete mensyaratkan Slump flow, Passing ability serta Segregation resistance yang memadai dengan menggunakan semen hingga 600kg/m³. Trend perkembangan pekerjaan pembeconan saat ini adalah penggunaan bahan tambah berupa Pozollan. Riset ini membahas tentang perilaku sifat mekanis beton memadat sendiri dengan bahan tambah berupa Abu tempurung kelapa disiapkan dengan cara pembakaran tempurung kelapa pada suhu yang relative konstan yang kemudian dihaluskan. Sebagai benda uji disiapkan lima kelompok silinder 15x30cm dengan berbagai umur yang diuji dengan beban tekan. Melalui serangkaian pengujian diperoleh bahwa penggunaan Abu tempurung kelapa sebagai bahan tambah sangat mempengaruhi sifat beton segar. Pemanfaatan Abu tempurung kelapa juga memberikan efek terhadap waktu ikat awal dan waktu ikat akhir semen. Lebih lanjut Kuat tekan F_c dan Modulus elastisitas E_c beton memadat sendiri dipengaruhi oleh penggunaan Abu tempurung kelapa sebagai bahan tambah untuk berbagai umur pengujian.

Kata kunci: Beton memadat sendiri; Abu tempurung kelapa; Kuat tekan beton; Elastisitas

ABSTRACT

In civil construction work, concreting is often becoming difficult because of limited space on concrete mold or because of congestion of reinforcement. To overcome this case, self-consolidating concrete is frequently used. This type of concrete requires Slump flow, Passing ability and Segregation resistance requirements by using cement up to 600kg/m³. The current trend in concrete technology is utilization of Pozzolan. This research discusses the behavior of the mechanical properties of self-consolidating concrete with coconut shell ash as additives. The Coconut shell ash is produced by burning coconut

shells at a temperature of 800°C for approximately 4 hours. Five series of 15x30cm concrete cylinder are prepared tested with compression loads. It is found that the coconut shell ash applied as an additive greatly affects the properties of fresh concrete. The use of coconut shell ash also has an effect on the initial setting time and final setting time of cement as well. Furthermore, the compressive strength and Modulus of elasticity of self-consolidating concrete are influenced by the use of coconut shell ash as an additive for various test ages.

Key words: Self consolidating concrete; Coconut shell ash; Compression strength; Modulus of elasticity

PENDAHULUAN

Dalam pekerjaan konstruksi sipil seringkali dijumpai pemadatan yang tidak sempurna karena beberapa hal misalnya akibat jarak tulangan baja yang rapat atau cetakan yang sempit. Untuk mengatasi kendala tersebut kerap kali digunakan beton yang mampu mengalir dan memadat sendiri atau dikenal dengan nama Self consolidating concrete (lebih lanjut disini disebut sebagai SCC). Berdasarkan The European Guideline for Self Compacting Concrete (EFNARC, 2005) bahwa untuk membuat SCC digunakan semen sampai 600kg untuk per-m³ beton SCC. Penggunaan semen yang demikian banyak dapat menimbulkan masalah dalam hal panas hidrasi yang tinggi dan juga secara tidak langsung membawa efek buruk terhadap lingkungan yaitu terkait dengan emisi CO₂. (Fischetti, 2023; Lehne dan Preston, 2018). Untuk mengurangi kemungkinan dampak negatif tersebut tadi maka dapat digunakan bahan tambah berupa pozzolan misalnya Silica fume atau Fly ash. Aplikasi pozzolan tersebut pada beton dari sisi ekonomi relatif mahal sebagai bahan alternatif dapat digunakan Abu tempurung kelapa (Coconuts shell ash, ATK). Beberapa studi tentang penggunaan ATK telah dilaporkan diantaranya oleh Adeala dkk. (2020), Oyedepo dkk (2015) dan juga Rego dkk. (2022).

Adeala dkk (2020) melakukan riset terkait pengaruh penggantian sebagian semen dengan ATK terhadap sifat mekanis beton. Dilaporkan bahwa unsur utama dalam ATK melalui pengujian X-Ray Fluorescence yakni Silika oksida SiO₂, Aluminium oksida Al₂O₃, Feroksida Fe₂O₃ masing masing 45%, 15% dan 12,4%. Abu tempurung kelapa tersebut adalah lolos ayakan 75-micron yang diperoleh dari pembakaran selama empat jam dengan suhu 800-1000°C dengan tungku listrik. Dari studi tersebut diungkapkan diantaranya bahwa kekuatan tekan beton umur 28 hari menurun seiring dengan bertambahnya persentase penggantian semen dengan ATK. Selanjutnya penggantian sebagian semen dengan ATK dianjurkan hanya 5%-15% dari massa semen.

Oyedepo dkk (2015) telah menguji kinerja penggantian sebagian semen dengan Abu tempurung kelapa dan Abu tempurung kelapa sawit (ATKS). Diungkapkan bahwa penggantian sebagian semen dengan 20% ATKS dan CSA dalam beton memberikan rata-rata kuat tekan optimum masing-masing 15,4 MPa dan 17,3 MPa pada umur 28 hari. Sementara itu, nilai kuat tekan optimum yang diperoleh pada umur 28 hari adalah 20,6 MPa pada penggantian 10% dengan ATK. Nilai yang diperoleh sesuai untuk beton ringan dan beton berat normal. Demikian juga penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan ATKS dan ATK sebagai pengganti sebagian semen dalam beton, pada volume penggantian yang lebih rendah, akan meningkatkan pengurangan penggunaan semen dalam beton.

Itam dkk. (2022) menguji beton dengan ATK sebagai bahan tambah pada semen. Dalam riset tersebut diuji karakteristik dari ATK, sifat beton segar dan beton setelah mengeras.

Adapun pengujian meliputi pengujian seperti Slump test, uji kuat tekan, uji konsistensi, dan uji kehalusan. Semua pengujian dilakukan dalam jangka waktu 45 hari dan dari hasil yang disimpulkan, ditemukan bahwa 5% ATK sebagai pengganti sebagian semen menghasilkan hasil terbaik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan beton akan menurun jika semakin banyak persentase ATK yang ditambahkan ke dalam campuran beton. Oleh karena itu, penggantian sebagian abu tempurung kelapa sebesar 5% dalam beton merupakan dosis yang paling tepat. Berangkat dari beberapa temuan diatas studi ini ditunjukkan untuk mengetahui bagaimana perilaku mekanis beton memadat sendiri dengan ATK sebagai bahan tambah pada semen. Disamping itu juga akan diungkap pengaruh penggunaan berbagai persentase ATK sebagai bahan tambah terhadap sifat beton segar SCC

BAHAN DAN METODE

Adapun secara global proses pelaksanaan studi ini dibagi menjadi tiga tahap, sebagaimana dijelaskan pada flowchart Gambar 1. Pada tahap awal yaitu tahap 1 adalah kegiatan persiapan bahan dan alat termasuk didalamnya pengujian pendahuluan untuk bahan yang dipakai serta perancangan campuran beton. Selanjutnya tahap 2 adalah pembuatan benda uji dan perawatannya yang disertai dengan mempersiapkan peralatan utama pengujian. Kemudian tahap 3, tahap terakhir berupa kegiatan pengujian sampel beton termasuk juga Analisa data. Adapun hasil pengujian pendahuluan serta SNI rujukan yang relevan disajikan secara ringkas pada Tabel 1.

Pengujian Pendahuluan dan Rancangan Campuran

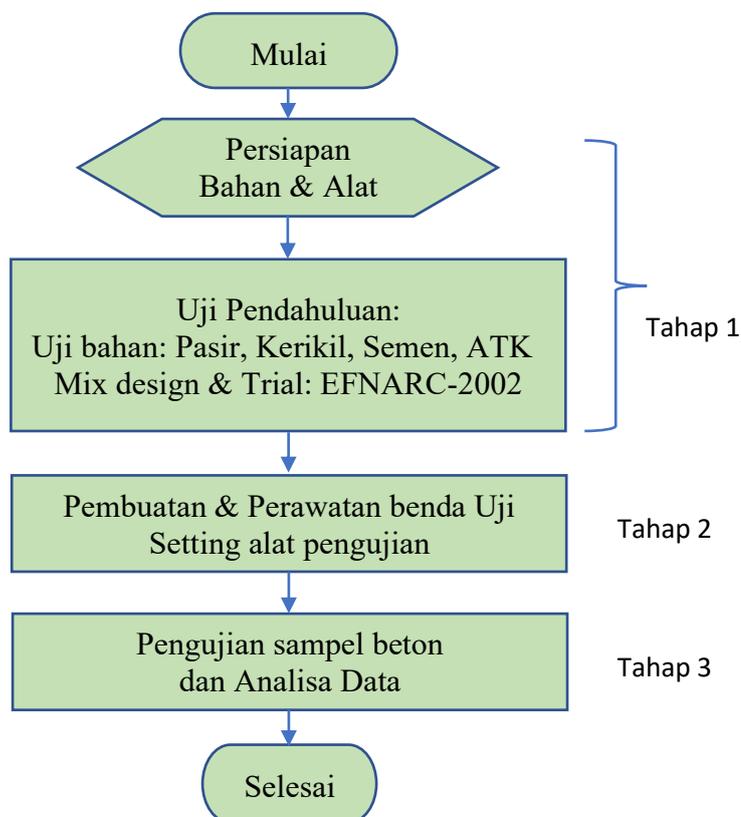
Untuk tahap awal ini dilakukan pengujian terhadap pasir, kerikil serta uji unsur kimiawi dari ATK. Pengujian terhadap agregat halus mencakup Analisa ayakan, Berat satuan, Berat jenis dan Kandungan lumpur yang masing masing berpedoman pada SNI 03-1968-1990, SNI 03-4804-1998, SNI-1970-2008 dan SNI-S-04-1989F yang mana secara ringkas hasilnya ditunjukkan pada Tabel 1.

Abu Tempurung Kelapa (ATK)

Abu tempurung kelapa (ATK) disiapkan dengan cara membakar tempurung kelapa tua yang telah kering selama ± 4 jam secara kontinyu. Selanjutnya abu hasil pembakaran tersebut dihaluskan dengan penumbukan dan diayak dengan ayakan ukuran 75-mikron (No. 200). ATK yang digunakan adalah hasil dari proses pembakaran tempurung kelapa dengan suhu dipertahankan relatif konstan sekitar $800^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$. Berdasarkan kandungan kimiawi yang ada sebagaimana SNI 2460-2014 yang setara dengan ASTM C618-19, maka ATK yang digunakan ini dapat di-kategorikan sebagai Pozolan kelas C. Selanjutnya ATK tersebut diuji kandungan senyawa yang ada untuk mengetahui unsur-unsur kimiawi yang terkandung didalamnya dengan menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF) dengan metode IKM.E1. Dari pengujian terhadap sampel ATK diperoleh kandungan kimia seperti tercantum pada Tabel 2. Pada Tabel 2 kolom (1) adalah senyawa yang terkandung pada ATK, kolom (2) merupakan hasil dari pengujian di laboratorium dan yang terakhir kolom (3) adalah hasil pengujian dari Adeala dkk (2020) sebagai bahan perbandingan.

Tabel 1. Hasil Uji Pendahuluan Pasir dan Kerikil

No.	Jenis Pengujian Bahan	Agregat		SNI Rujukan
		Pasir	Kerikil	
1	Berat per-satuan volume			SNI 03 4804 1998
	a. Berat satuan lepas (kg/m ³)	1280	1370	
	b. Berat satuan padat (kg/m ³)	1490	1560	
2	Berat Jenis Agregat			SNI 1969-2008 SNI 1970-2008
	a. Berat jenis (Jenuh kering muka)	2,62	2,65	
	b. Berat jenis kering (App. Specific Gravity)	2,59	2,61	
	c. Absorption (%)	1,16	1,52	
3	Modulus Halus Butir	3,03	6,75	SNI 03 1968 1990
4	Kandungan Lumpur (%)	0.676	NA	SNI-S 04 1989F
5	Uji abrasi Los Angelos (%)			SNI 2417 2008
	a. 100 putaran	NA	8,54	
	b. 500 putaran	NA	36,6	



Gambar 1 Proses Pelaksanaan Penelitian

Tabel 2 Hasil pemeriksaan kandungan kimia ATK dengan XRF

Senyawa kimia (1)	Hasil Studi (%) (2)	Hasil Adeala (2020) (%) (3)
SiO ₂	3,7	45,02
Al ₂ O ₃	-	15,08
Fe ₂ O ₃	52,4	12,38
CaO	7,96	0,55
K ₂ O	29,9	0,52
MnO	0,36	0,22
Na ₂ O	-	0,45
MgO	-	16,19
P ₂ O ₅	2,5	0,01
SO ₃	-	NA
CuO	1,1	NA
ZnO	0,1	NA
La ₂ O ₃	0,2	NA
WO ₃	0,6	NA
Re ₂ O ₇	0,9	NA

Melihat dari hasil pengujian tersebut pada kolom (2) dari Tabel 2 yaitu Silika-oksida, Alumina-oksida dan Ferro-oksida melebihi 50% maka berpedoman pada SNI 2460-2014 dapat diklasifikasikan sebagai Pozzolan kelas C dan memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan tambah pozzolan untuk pembuatan SCC.

Superplasticizer (SP)

Beton memadat sendiri dalam pembuatannya senantiasa membutuhkan Superplasticizer (SP) yang mana ditujukan untuk memperoleh sifat-sifat beton segar yang sesuai persyaratan EFNARC. Dalam studi ini digunakan Sika Viscocrete 3115N dengan dosis konstan hasil dari beberapakali *trial and adjustment* ketika dilakukan Trial batching yakni 1,65% dari massa semen. Bahan tambah kimiawi ini termasuk dalam kategori bahan aditif tipe F yaitu High range water reducing yang penggunaannya dapat mengurangi air hingga 30%.

Analisa Gradasi Agregat Halus dan Agregat Kasar

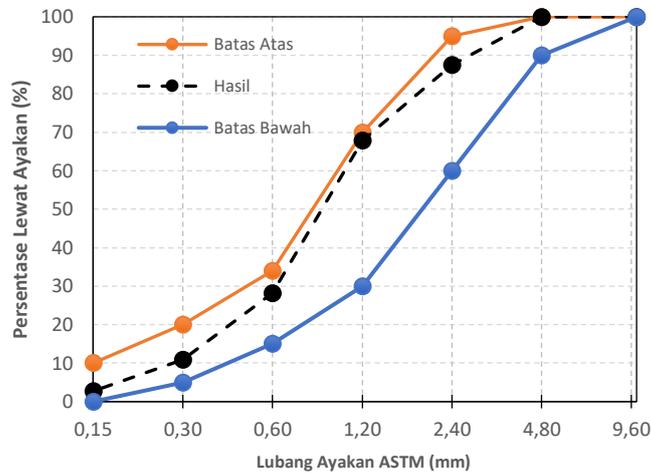
Hasil Analisa ayakan yang telah dilakukan sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2 bahwa pasir sungai yang dipakai dalam studi ini memenuhi syarat serta dapat dikategorikan sebagai pasir kasar atau pasir gradasi I berdasarkan British standard. Adapun nilai Finenes modulus dari pasir yang di uji yaitu 3,03. Pada Gambar 2 diperlihatkan grafik hasil uji ayakan untuk agregat halus.

Dilain pihak untuk hasil analisa ayakan gradasi agregat kasar dapat dilihat pada Gambar 3. Menurut SNI 2417-2008, agregat kasar yang tersedia adalah masuk kategori dalam gradasi tipe B dengan diameter butiran tidak melebihi 19mm. Selanjutnya nilai Modulus halus butir (MHB) adalah 6,61 yang mana artinya kerikil yang digunakan dalam riset ini telah memenuhi standar sebagai bahan utama penyusun beton.

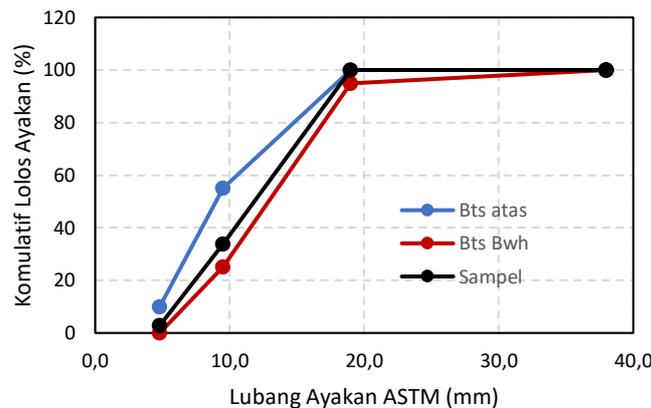
Rancangan Campuran dan Sampel Benda Uji.

Penyusunan Mix design bertujuan untuk mendapatkan proporsi bahan penyusun beton SCC yang tepat sesuai dengan yang dikehendaki dengan berpedoman pada EFNARC yaitu Filling ability, Passing ability dan Segregation resistance. Dalam studi ini digunakan standar EFNARC karena mengingat SNI terkait beton SCC belum tersedia. Dalam pelaksanaan studi ini, setelah dilakukan uji coba Batching maka digunakan kadar SP yang konstan 1,65% dari berat semen. Sedangkan untuk aplikasi ATK bervariasi dari 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%.

Berdasarkan rekomendasi EFNARC 2005 jumlah semen untuk beton SCC berkisar 380-600 kg per-m³. Adapun kebutuhan material penyusun beton SCC untuk per-m³ ditampilkan pada Tabel 3. Selanjutnya rancangan kebutuhan benda uji untuk sifat mekanis dijelaskan pada Tabel 4. Benda uji tersebut berupa silinder berukuran 15x30cm yang mana di uji dengan berbagai umur.



Gambar 2 Grafik Hasil Analisa Ayakan Agregat Halus Sesuai SNI 03-1968-1990



Gambar 3 Grafik Gradasi Agregat Kasar Sesuai SNI 03-1968-1990

Tabel 3. Kebutuhan Bahan Penyusun Beton SCC (per-m³)

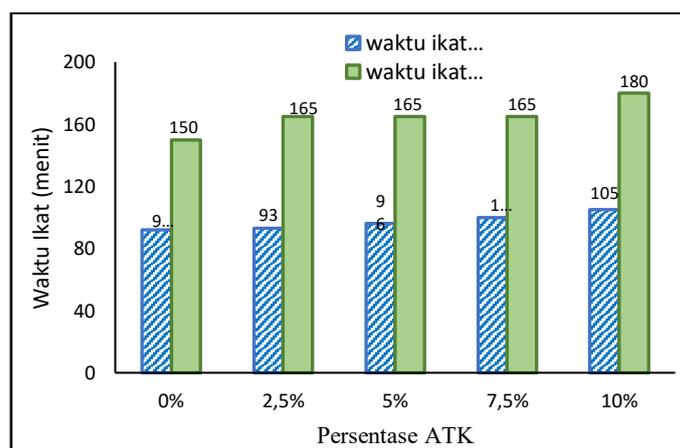
Kode Sampel beton SCC	Air (kg)	Kerikil (kg)	Pasir (kg)	Semen PCC (kg)	ATK (kg)	SP (kg)	fas
SCC00	198,0	500	900	450	0,00	7,43	0,44
SCC25	203,0	500	900	450	11,25	7,43	0,44
SCC50	208,0	500	900	450	22,50	7,43	0,44
SCC75	212,8	500	900	450	33,75	7,43	0,44
SCC100	217,8	500	900	450	45,00	7,43	0,44

Table 4 Rancangan Benda Uji Silinder Beton SCC

Kode Benda Uji	Proporsi ATK (%)	Jumlah Benda Uji (bh)				Total
		Umur Perawatan (hari)				
		7	14	28	90	
SCC00	0	3	3	3	3	12
SCC25	2,5	3	3	3	3	12
SCC50	5,0	3	3	3	3	12
SCC75	7,5	3	3	3	3	12
SCC100	10	3	3	3	3	12

Pemeriksaan Waktu Ikat Semen Portland dengan bahan tambah ATK

Pada tahap ini dilakukan pengujian Waktu ikat awal dan Waktu ikat akhir dari semen akibat adanya aplikasi berbagai persentase ATK. Pengujian ini merujuk pada SNI 6827-2002. Yang dimaksud dengan Waktu ikat awal dalam studi ini adalah waktu yang dibutuhkan oleh suatu pasta semen untuk merubah sifatnya yang dari keadaan cair menjadi kondisi padat. Selanjutnya Waktu ikat akhir yaitu suatu waktu yang mana penetrasi jarum dari alat Vicat tidak dapat terlihat secara visual. Adapun hasil pengujian waktu ikat tersebut dapat dilihat pada Gambar 4. Dari trend yang diperlihatkan pada Gambar 4 dapat dikatakan bahwa Waktu ikat semen, baik Waktu ikat awal maupun Waktu ikat akhir, meningkat bila proporsi dari ATK bertambah banyak.



Gambar 4. Grafik Hubungan Waktu Ikat Semen dan Porsi ATK Sesuai SNI 03-6827-2002

Pengujian Sifat Mekanis Beton SCC

Kuat Tekan Beton f'_c

Kuat tekan beton f'_c adalah sifat utama dari sebuah beton. Kekuatan tekan ini diperoleh dari pengujian terhadap silinder beton SCC dengan ukuran 15x30cm dengan memberikan beban tekan hingga silinder mencapai kehancuran sesuai SNI 1974-2011. Kuat tekan beton SCC dinyatakan dengan rumus 1.

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Dengan:

- f'_c = Kuat tekan beton (MPa)
- P = Beban maksimum yang dicapai saat uji tekan (N)
- A = Luas penampang silinder beton (mm²)

Modulus Elastisitas E_c

Menurut SNI 03-2847-2019 Modulus elastisitas E_c didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan normal terhadap regangan yang berkaitan di bawah batas elastis material. Modulus elastisitas E_c suatu beton hasil dari pengujian dapat dihitung dengan rumus 2:

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - 0,00005} \quad (2)$$

Untuk beton berat normal SNI 2847 memerlukan nilai pendekatan untuk E_c dengan menggunakan rumus 3 dan rumus 4.

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} \quad (3)$$

dan untuk beton berat normal dengan berat persatuan volume antara 1400 kg/m³-2560 kg/m³ maka Modulus elastisitas E_c dapat peroleh dari hubungan empiris dengan persamaan 4.

$$E_c = W_c^{1,5} 0,043 \sqrt{f'_c} \quad (4)$$

dimana:

- E_c = Nilai Modulus Elastisitas (MPa)
- S_2 = Tegangan pada nilai 40-50% dari f'_c
- S_1 = Tegangan yang bersesuaian dengan nilai regangan 0,00005
- W_c = Berat persatuan Volume beton (kg/m³)
- f'_c = Kuat tekan beton (MPa)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Beton Segar

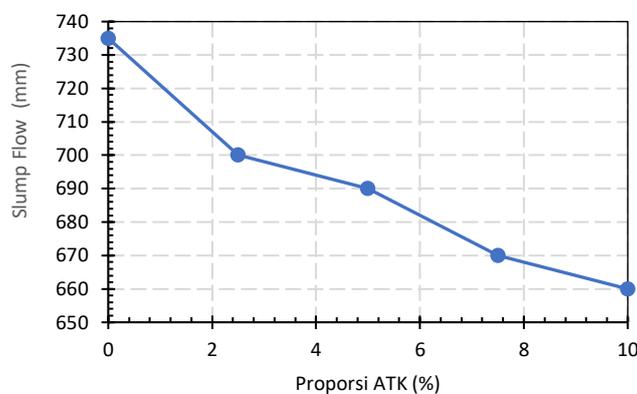
Suatu beton SCC harus memenuhi tiga syarat yaitu Filling ability, Passing ability dan Segregation resistance. Dalam riset ini tiga jenis pengujian tersebut dilakukan dengan merujuk pada EFNARC-2002 masing masing dengan cara pengujian *Slump Flow*, *L-Box test*, dan *Sieve stability test*.

Slump Flow Spread dan T-50 Slump Flow

Slump flow dan T-50 merupakan ukuran kemampuan suatu beton SCC untuk mengalir dengan memanfaatkan berat sendirinya yang ditentukan berdasarkan diameter penyebarannya. Beton SCC untuk aplikasi secara umum disarankan mempunyai penyebaran 650-800mm

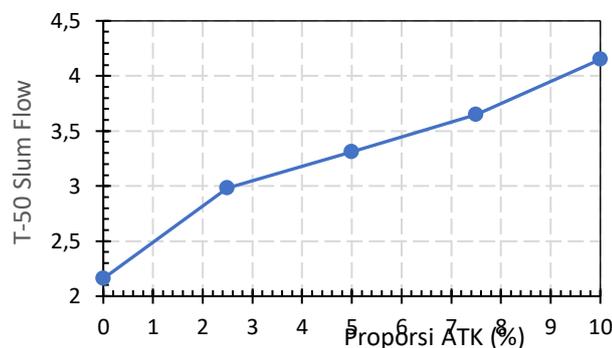
Melalui pengujian Slump flow ini dapat diketahui nilai *slump* yang dapat dipakai sebagai ukuran kelecakan (*Workability*) dalam pengerjaan beton (EFNARC, 2002). Grafik hubungan Prosentase penambahan ATK dan nilai Slump flow dapat dilihat pada Gambar 5.

Dengan memperhatikan Gambar 5, nilai *Slump Flow spread* dengan menggunakan kerucut Abrams menurun seiring dengan semakin meningkatnya porsi ATK. Sampel beton SCC00, yaitu beton SCC tanpa aplikasi ATK menghasilkan Slump flow terbesar yaitu 735mm. Sedangkan beton SCC25 hingga SCC100 yang mana aplikasi ATK sebanyak 2,5%-10% memperlihatkan penurunan nilai *Slump flow spread*. Penurunan nilai Slump flow ini disebabkan oleh dua hal yakni karena Viskositas dan *Yield value* yang tinggi. Semakin banyak persentase ATK yang diberikan pada campuran beton segar maka nilai Viskositas campuran bertambah tinggi yang sekaligus mengakibatkan campuran yang memiliki *Yield value* yang terlalu tinggi pula; yang mana pada akhirnya menyebabkan terjadinya penurunan nilai *Slump flow*. Alternatif terbaik untuk mengatasi kedua masalah tersebut adalah dengan meningkatkan volume pasta atau menambah jumlah SP.



Gambar 5 Grafik Hubungan Proporsi ATK dan *Slump Flow*

Pada prinsipnya pengujian T50 time adalah pengujian yang pada hakekatnya dimaksudkan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan oleh suatu beton segar SCC untuk mengisi ruangan atau cetakan dengan memanfaatkan beratnya sendiri. Pengujian T-50 ini menurut pedoman EFNARC-2002 diterapkan dengan mencatat berapa lama waktu yang digunakan oleh campuran beton segar SCC dalam mencapai sebaran lingkaran 500mm. Adapun secara grafis, hasil pengukuran T-50 Slump time dapat dilihat pada Gambar 6.



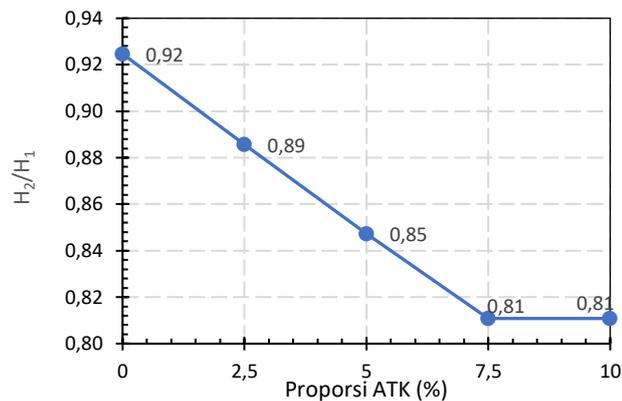
Gambar 6. Grafik Hubungan Porsi Penambahan ATK dan Nilai Slump T50 Untuk Beton Segar SCC

Dari Gambar 6 tersebut nampak bahwa waktu yang ditempuh dari campuran beton segar SCC untuk menghasilkan penyebaran 500mm semakin meningkat dengan bertambahnya porsi ATK. Dengan kata lain penambahan persentase ATK menimbulkan masalah tersendiri terhadap Viskositas campuran

beton segar SCC. Secara umum bahwa semua sampel beton hasil dari pengujian T-50 ini telah memenuhi syarat untuk beton SCC sebagaimana anjuran EFNARC-2002.

Passing Ability (L-Box Test)

Passing ability merupakan ukuran atau kemampuan sebuah beton segar SCC untuk melewati celah-celah sempit pada cetakan beton ataupun ruang-ruang diantara tulangan baja yang jaraknya rapat. Dalam studi ini dilakukan pengujian dengan menggunakan L-Box test apparatus yang mana hasilnya diperlihatkan pada Gambar 7.

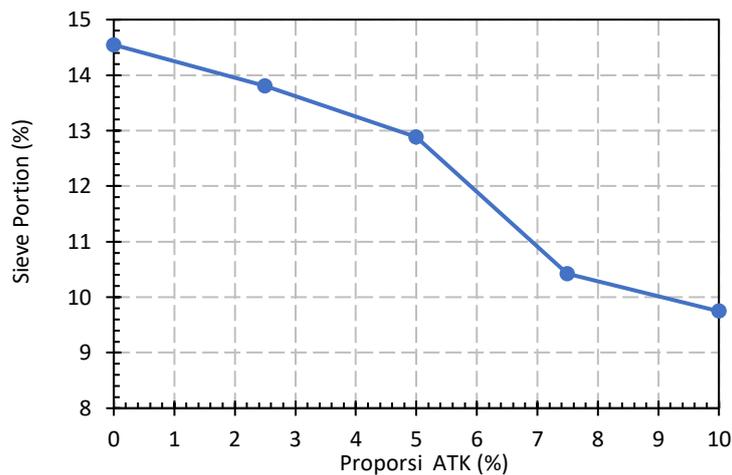


Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian L-Box Beton Segar SCC Sesuai EFNARC-2002

Berdasarkan grafik pada Gambar 7 bahwa rasio H₂/H₁ dari semua porsi penggunaan /aplikasi dari ATK berada pada rentang 0,8-1,0 sehingga memenuhi syarat untuk beton segar SCC.

Sieve Stability Test

Melalui pengujian ini diketahui apakah sebuah beton segar SCC mengalami segregasi atau tidak. Pada riset ini pengujian Sieve stability dilakukan dengan menggunakan *GTM Screen stability test*. Hasil dari pengukuran di laboratorium dapat dilihat secara grafis pada Gambar 8.

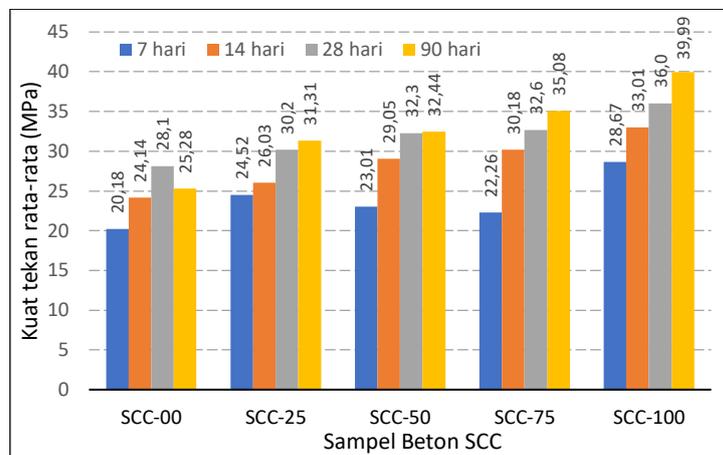


Gambar 8. Grafik Hubungan Persentase ATK dan Sieve Portion Beton Segar SCC

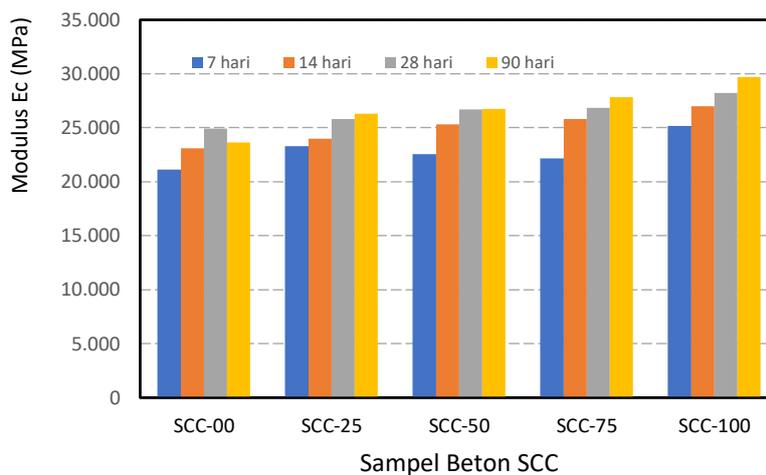
Dari hasil Analisa dan berpedoman pada EFNARC maka campuran beton SCC yang digunakan pada penelitian ini telah memenuhi syarat karena Sieve portion berada dibawah 15%.

Pengujian Kuat Tekan Beton f'_c dan Modulus Elastisitas E_c

Pengujian kuat tekan beton dan Modulus Elastisitas E_c yang telah keras (*Hardened concrete*) dilakukan dengan menguji silinder beton 15cmx30cm yang diberikan beban tekan hingga silinder tersebut hancur. Kuat tekan f'_c dihitung dengan Persamaan (1) dengan berpedoman pada SNI 1974-2011. Pengujian ini dilakukan pada umur beton 7-90 hari. Adapun hasil pengujian kuat tekan dan Modulus Elastisitas dimaksud dirangkum pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9 Grafik Hubungan Porsi ATK dan Kuat Tekan Rata Rata Beton SCC pada Berbagai Umur Pengujian



Gambar 10. Grafik Hubungan Porsi ATK dan Nilai Modulus E_c beton SCC.

Dari Gambar 9 dapat diketahui bahwa Kuat tekan f'_c dan Modulus Elastisitas E_c meningkat dengan bertambahnya porsi ATK untuk semua umur pengujian. Peningkatan kuat tekan ini diperkirakan disumbangkan oleh senyawa Silika oksida SiO_2 dan Kapur oksida CaO yang dapat bereaksi sempurna dengan sisa CaO pada semen PCC setelah mencapai umur beton 90 hari.

Temuan ini berlainan dengan temuan dari studi Rego dkk. (2022) yang secara umum melaporkan bahwa Kuat tekan beton mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya Porsi ATK. Dalam studi tersebut digunakan beton konvensional dengan silinder 15cmx30cm untuk benda uji, dengan ATK berperan sebagai bahan tambah dengan proporsi 3%-10% dari berat semen. Informasi lebih lanjut terkait proses persiapan atau pengadaan ATK serta kandungan senyawa kimia didalamnya tidak tersedia.

Temuan dari Itam dkk (2022) adalah bahwa pengujian kuat tekan pada umur 28 hari menunjukkan bahwa hanya campuran ATK sebanyak 5% sebagai pengganti sebagian merupakan persentase optimum untuk digunakan dalam campuran beton. Studi tersebut menggunakan beton

normal sebagai benda uji yang berupa silinder 15x30cm diuji pada umur 7.14 dan 28 hari. Demikian juga dalam laporan tersebut tidak diperoleh informasi lebih jelas sehubungan dengan proses mempersiapkan ATK sebagai bahan tambah dan kandungan senyawa yang tersedia pada ATK tersebut.

KESIMPULAN

Setelah melalui serangkaian pengujian dan Analisa serta pembahasan tersebut diatas kiranya dapat disimpulkan bahwa semua seri pengujian, baik SCC tanpa ATK maupun SCC dengan berbagai persentase ATK mengalami peningkatan kekuatan tekan. Kuat tekan beton SCC f'c dan Modulus elastisitas Ec meningkat dengan bertambahnya porsi ATK. Demikian juga Kuat tekan f'c beton SCC meningkat seiring dengan umur beton saat pengujian. Penggunaan ATK sebagai bahan tambah sangat mempengaruhi perilaku beton segar SCC yaitu terutama Filling ability dan T50 Slump Flow sehingga beton SCC dengan bahan tambah membutuhkan SP yang lebih banyak dari biasanya. Mengingat berbagai keterbatasan dalam studi ini maka untuk pengembangan lebih lanjut terkait SCC sangat disarankan untuk dilakukannya studi tentang optimasi pemanfaatan ATK pada beton SCC dengan menggunakan *Metode Taguchi* ataupun dengan *Respon surface method*.

Ucapan Terimakasih

Riset ini telah dikerjakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram. Atas dukungan peralatan dan tenaga Teknisi yang disediakan sehingga studi ini dapat diselesaikan dengan lancar, maka untuk itu disampaikan terimakasih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeala, A.J., Olaoye, J.O., Adenini, A.A., 2020, Potential of Coconute Sheel Ash Partial Replacement Of Ordinary Portland Cement In Concrete Production, *International Journal of Engineering Science Invention (IJESI)ISSN (Online): 2319-6734, ISSN (Print): 2319-6726www.ijesi.org Vol.9, Issue-1-Series.II Jan.2020 (PDF) Potential Of Coconut Shell Ash As Partial Replacement Of Ordinary Portland Cement In Concrete Production. Available from: https://www.researchgate.net/publication/351960702_Potential_Of_Coconut_Shell_Ash_As_Partial_Replacement_Of_Ordinary_Portland_Cement_In_Concrete_Production#fullTextFileContent [accessed Jan 26 2025].*
- EFNARC, 2002, *Specification & Guidelines for Self-Compacting Concrete, English Ed.*, Norfolk UK: European Federation For Specialist Construction Chemicals And Concrete Systems.
- Fischetti, M., Bockelman, N., Srubar, W.V., (2023), Solving Cement's Massive Carbon Problem; New techniques and novel ingredients can greatly reduce the immense carbon emissions from cement and concrete production <https://www.scientificamerican.com/article/solving-cements-massive-carbonproblem/> (diakses 16 Januari 2025)
- Itam, Z., Johar, A. D., Syamsir, A., Zainoodin, M., Fadzil, S.M.M.S.A., , Beddu, S., Utilization of coconut shell as a supplementary cementitious material in concrete, *Materials Today: Proceedings, Volume 66, Part 5, 2022, Pages 2818-2823, ISSN 2214-7853, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.06.522>. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785322045424)*
- Lehne, J., and Preston, F., (2018), Making Concrete Change; Innovation in Low-carbon Cement and Concrete, Chatham House; The Royal Institute of International Affairs; <https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/publications/2018-06-13-makingconcrete-change-cement-lehne-preston-final.pdf> (diakses 18 Januari. 2025)
- Oyedepo, O.J. & Olanitori, L.M., Akande, S. (2015). Performance of coconut shell ash and palm kernel shell ash as partial replacement for cement in concrete. *Journal of Building Materials and Structures.* 2. 18-24. 10.34118/jbms.v2i1.16. <http://dx.doi.org/10.34118/jbms.v2i1.16>

- Rego J.A.D., Marwanto., Zulaicha, L. 2022. Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton. *Equilib Vol. 03 No.1 Maret 2022* Pp. 115-123, E-ISSN: 2622-0180 P-ISSN: 2622-2663
- SNI 1974-2011, 2011, Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder, Badan Standarisasi Nasional (BSN), Jakarta.
- SNI 2417-2008 (2008), Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles, Badan Standarisasi Nasional
- SNI 03 6827-2002, Metode Pengujian Waktu Ikat Awal Semen Portland dengan Menggunakan Alat Vicat Untuk Pekerjaan Sipil, Badan Standarisasi Nasional
- SNI-1969-2008, (2008), Cara uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar, Badan Standarisasi Nasional
- SNI-1970-2008, (2008), Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat halus, Badan Standarisasi Nasional
- SNI 2460-2014, Spesifikasi Abu Terbang Batu Bara dan Pozzolan Alam Mentah Atau yang Telah di Kalsinasi untuk di Gunakan pada Beton, Badan Standarisasi Nasional
- SNI 03 1968-1990, Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar, Badan Standarisasi Nasional
- SNI 03 4804 1998, Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat, Badan Standarisasi Nasional