



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 2 (2026) pp: 2021-2028

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Pengaruh Serat Eceng Gondok dalam Campuran Beton *Self Compacting Concrete* (SCC) terhadap Flowability dan Kuat Tekan

Aldy Rizaldy¹, Sandi Winanda Giardi², Antonius³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang

¹aldyrizaldy0309@gmail.com, ²Sandiwinanda@gmail.com

Abstrak

Eceng gondok (Eichhornia crassipes) merupakan gulma air invasif yang melimpah dan sering dianggap sebagai limbah lingkungan, padahal memiliki kandungan serat selulosa tinggi yang berpotensi meningkatkan performa beton. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan serat eceng gondok terhadap sifat alir (flowability) dan sifat mekanik Self Compacting Concrete (SCC). Metode eksperimen laboratorium digunakan dengan variasi kadar serat eceng gondok sebesar 0%, 0,5%, 0,75%, dan 1% dari berat semen. Pengujian beton segar meliputi slump flow test, V-funnel test, dan L-box test mengacu pada standar EFNARC, sedangkan pengujian beton keras meliputi kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur pada umur 7 dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat eceng gondok menurunkan nilai slump flow dari 700 mm (beton normal) menjadi 600–650 mm, serta meningkatkan waktu alir V-funnel hingga 12,48 detik pada kadar 0,5%. Meskipun demikian, seluruh variasi masih memenuhi kriteria EFNARC untuk filling ability, viscosity, dan passing ability. Pada pengujian mekanik, kuat tekan optimum umur 28 hari dicapai oleh variasi 0,5% sebesar 31,81 MPa, sedikit melampaui beton normal 31,44 MPa. Sebaliknya, kuat tarik belah dan lentur tertinggi tetap dihasilkan oleh beton normal, masing-masing 3,31 MPa dan 4,88 MPa. Penambahan serat di atas 0,5% cenderung menurunkan seluruh sifat mekanik secara signifikan, dengan penurunan kuat tekan hingga 33,68% pada kadar 1%. Disimpulkan bahwa penggunaan kadar serat 0,5% merupakan komposisi paling efektif dalam menjaga keseimbangan antara workability dan stabilitas kuat tekan, sekaligus menawarkan solusi potensial untuk pengelolaan limbah eceng gondok.

Kata kunci: *Self Compacting Concrete, Eceng Gondok, Slump Flow, Kuat Tekan, EFNARC.*

1. Latar Belakang

Beton merupakan material konstruksi yang paling banyak digunakan di dunia karena kemudahan memperoleh bahan bakunya, kemudahan pengerjaan, serta biaya yang relatif murah [1]. Kebutuhan beton terus meningkat seiring dengan perkembangan infrastruktur. Namun, beton konvensional memiliki kelemahan utama, yaitu kuat tarik yang rendah (hanya sekitar 9–15% dari kuat tekannya) dan bersifat getas [2]. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, inovasi material beton terus dikembangkan, salah satunya adalah *Self Compacting Concrete* (SCC).

SCC adalah beton inovatif yang mampu memadat sendiri di bawah pengaruh gravitasi tanpa memerlukan alat penggetar (vibrator). Beton ini dapat mengalir, mengisi ruang bekisting sepenuhnya, dan mencapai konsolidasi yang baik bahkan pada struktur dengan penulangan rapat dan akses terbatas [3]. SCC pertama kali diperkenalkan di Jepang pada akhir tahun 1980-an oleh Okamura dan mulai digunakan secara luas pada dekade berikutnya [4]. Untuk mencapai sifat *self-compactability*, SCC memerlukan kandungan material halus yang tinggi, penggunaan superplasticizer, serta kontrol yang ketat terhadap viskositas dan stabilitas campuran [4].

Di sisi lain, permasalahan lingkungan akibat limbah organik semakin mendapat perhatian. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan gulma air yang tumbuh sangat cepat dan sering dianggap sebagai penyebab pendangkalan sungai, penurunan kualitas air, serta gangguan ekosistem perairan [5]. Meskipun demikian, eceng gondok memiliki kandungan serat selulosa yang tinggi, yaitu sekitar 60–64% dari berat keringnya, sehingga

Pengaruh Serat Eceng Gondok dalam Campuran Beton Self Compacting Concrete (SCC) terhadap Flowability dan Kuat Tekan

berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku serat alami dalam komposit, termasuk beton [6]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penambahan abu eceng gondok dapat meningkatkan kuat tekan beton hingga 25,46 MPa pada kadar 10,5% dari berat semen [7]. Sementara itu, penelitian dengan serat eceng gondok melaporkan bahwa penambahan serat sepanjang 4 cm menurunkan kuat tekan beton hingga 22,12% dibandingkan beton normal, tetapi meningkatkan daktilitas [8].

Perkembangan riset SCC secara global semakin mengarah pada pemanfaatan berbagai jenis serat untuk mengatasi karakteristik getasnya. Zhou et al. dalam tinjauan komprehensifnya menegaskan bahwa meskipun SCC menawarkan kemudahan pengerjaan yang superior, material ini tetap memiliki kelemahan mendasar yang sama dengan beton normal, yaitu kapasitas tarik yang rendah dan kecenderungan mengalami keruntuhan getas secara tiba-tiba [11]. Berbagai studi yang mereka kaji menunjukkan bahwa penambahan serat—baik sintesis maupun alami—telah terbukti mampu meningkatkan kapasitas tarik SCC dan mencegah moda keruntuhan getas. Namun demikian, tinjauan tersebut juga mengungkapkan bahwa serat cenderung menurunkan *filling ability* dan *passing ability* SCC, sehingga diperlukan optimasi yang cermat antara dosis serat dan *workability* [9]. Kecenderungan serupa juga ditemukan pada serat selulosa: Woldemariam et al. melaporkan bahwa penambahan *cellulose nanofiber* (CNF) dari limbah kertas ke dalam SCC menurunkan diameter *slump flow* secara progresif seiring bertambahnya kadar CNF, dengan penurunan signifikan terjadi pada kadar 2% di mana *slump flow* mencapai 600 mm [12]. Namun, pada kadar optimum 0,5%, CNF justru meningkatkan kuat tekan SCC hingga 89 MPa pada umur 28 hari melalui mekanisme *crack bridging* dan perbaikan mikrostruktur [10].

Di sisi lain, urgensi pemanfaatan eceng gondok sebagai bahan konstruksi berkelanjutan semakin mendapat perhatian global. Tombado et al. dalam tinjauan literatur terbarunya mengevaluasi tiga bentuk pemanfaatan eceng gondok dalam beton: abu (*water hyacinth ash*/WHA), ekstrak cair, dan serat kering [11]. Hasil tinjauan mereka menunjukkan bahwa WHA memiliki potensi sebagai bahan pozzolanik yang dapat meningkatkan durabilitas beton, sementara serat eceng gondok kering menghasilkan beton ringan yang sesuai untuk aplikasi struktural ringan. Lebih lanjut, mereka juga menemukan bahwa ekstrak cair eceng gondok dapat meningkatkan nilai *slump* beton, sehingga berpotensi digunakan sebagai superplasticizer alami pada campuran dengan rasio air-semen rendah [13]. Temuan-temuan ini memperkuat argumen bahwa eceng gondok bukan sekadar limbah, melainkan sumber daya terbarukan yang memiliki spektrum aplikasi luas dalam teknologi beton.

Meskipun demikian, sebagian besar studi yang ada masih berfokus pada beton konvensional, sementara integrasi serat eceng gondok ke dalam matriks SCC—yang memiliki karakteristik *flowability* tinggi dan sensitif terhadap perubahan komposisi—masih sangat jarang diteliti. Kesenjangan riset (*research gap*) inilah yang mendasari penelitian ini. Dengan memadukan keunggulan SCC sebagai beton inovatif yang mampu memadat sendiri dan potensi serat eceng gondok sebagai bahan tambah ramah lingkungan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi orisinal dalam pengembangan beton berkelanjutan yang tidak hanya unggul secara teknis, tetapi juga memberikan solusi terhadap permasalahan limbah perairan.

Meskipun beberapa studi telah mengeksplorasi penggunaan eceng gondok dalam beton konvensional, penelitian yang mengaplikasikan serat eceng gondok utuh dalam campuran SCC masih sangat terbatas. Karakteristik SCC yang sangat cair memberikan tantangan tersendiri dalam mempertahankan stabilitas campuran ketika serat alami ditambahkan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis pengaruh penambahan serat eceng gondok terhadap sifat segar (*flowability*) SCC melalui pengujian *slump flow*, *V-funnel*, dan *L-box*.
2. Mengevaluasi pengaruh variasi kadar serat eceng gondok terhadap sifat mekanik SCC, meliputi kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur.
3. Menentukan kadar optimum serat eceng gondok dalam campuran SCC yang memberikan keseimbangan antara *workability* dan peningkatan sifat mekanik.

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada penggunaan serat eceng gondok utuh (bukan abu) dalam matriks SCC, yang memiliki *flowability* tinggi, serta pengujian yang komprehensif terhadap sifat-sifat kunci beton segar dan beton keras sesuai pedoman EFNARC [12]. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan beton ramah lingkungan dan solusi pengelolaan limbah eceng gondok.

2. Metode Penelitian

2.1. Material

Material penyusun beton yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas:

1. *Semen*: Semen Portland tipe PCC (Portland Composite Cement) sesuai SNI 15-2049-2004.
2. *Agregat Kasar*: Batu pecah (kerikil) dengan ukuran maksimum 19 mm, berasal dari pemasok lokal. Hasil pengujian menunjukkan modulus halus butir (MHB) agregat kasar sebesar 6,44, yang memenuhi kriteria SNI 03-2834-2000.
3. *Agregat Halus*: Pasir alami dengan MHB sebesar 3,18, yang termasuk dalam kategori pasir sedang (MHB 1,5–3,8) sesuai SNI.
4. *Air*: Air bersih dari PDAM setempat yang memenuhi persyaratan air campuran beton menurut SNI 03-2847-2002.
5. *Superplasticizer*: *Sika Visconcrete 3115N* berbasis polikarboksilat, berfungsi meningkatkan *flowability* SCC tanpa menambah jumlah air.
6. *Serat Eceng Gondok*: Eceng gondok diambil dari perairan lokal di sekitar Semarang. Batang eceng gondok dipilih, dibersihkan dari lumpur, dipotong sepanjang 8 cm (panjang optimum berdasarkan studi pendahuluan), dan dikeringkan di bawah sinar matahari hingga kadar air kurang dari 5%. Serat yang telah kering kemudian siap dicampurkan ke dalam adukan beton.

2.2. Perencanaan Campuran (Mix Design)

Campuran SCC dirancang dengan target kuat tekan 40 MPa pada umur 28 hari. Komposisi campuran untuk 1 m³ beton normal (tanpa serat) ditentukan berdasarkan metode *Department of Environment* (DOE) yang disesuaikan dengan persyaratan SCC, yaitu: semen = 513,16 kg/m³, agregat kasar = 876,09 kg/m³, agregat halus = 584,06 kg/m³, air = 160 liter/m³, dan superplasticizer = 5 liter/m³ (≈1% dari berat semen). Faktor air-semen (w/c) awal untuk beton normal adalah 0,312.

Variasi kadar serat eceng gondok ditambahkan sebagai persentase dari berat semen, yaitu 0% (kontrol), 0,5%, 0,75%, dan 1%. Karena serat menyerap sebagian air campuran, nilai w/c sedikit ditingkatkan secara proporsional untuk mempertahankan *workability* yang seragam, berturut-turut menjadi 0,312; 0,313; 0,314; dan 0,315. Dengan demikian, berat semen efektif sedikit dikurangi untuk mengakomodasi penambahan serat, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Campuran SCC per m³

Material	Beton Normal	SCC-0,5 %	SCC-0,75 %	SCC-1 %
Semen (kg/m ³)	513,16	510,60	509,31	508,03
Serat eceng gondok (kg/m ³)	0	2,57	3,85	5,13
Agregat kasar (kg/m ³)	876,09	876,09	876,09	876,09
Agregat halus (kg/m ³)	584,06	584,06	584,06	584,06
Air (l/m ³)	160	160	160	160
Superplasticizer (l/m ³)	5	5	5	5
w/c efektif	0,312	0,313	0,314	0,315

2.3. Pembuatan Benda Uji

Pencampuran beton dilakukan menggunakan mixer drum berkapasitas 0,05 m³. Prosedur pencampuran mengacu pada SNI 03-2493-2011. Setelah pengujian sifat segar, adukan beton dicetak ke dalam cetakan silinder berdiameter 100 mm dan tinggi 200 mm untuk uji kuat tekan dan kuat tarik belah, serta cetakan balok berukuran 100 mm × 100 mm × 400 mm untuk uji kuat lentur. Jumlah benda uji untuk setiap pengujian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Benda Uji

Jenis Pengujian	Umur (hari)	Beton Normal	SCC-0,5%	SCC-0,75%	SCC-1%
Kuat Tekan	7	3	2	3	3
Kuat Tarik Belah	28	3	3	3	3
Kuat Lentur	28	3	3	3	3
Total		15	14	14	14

Setelah dicetak, benda uji dibiarkan selama 24 jam dalam cetakan, kemudian dibuka dan direndam dalam bak air (*curing*) bersuhu ruang hingga mencapai umur pengujian yang ditetapkan.

2.4. Pengujian

1. *Pengujian Beton Segar*: Sifat alir beton SCC diuji berdasarkan pedoman EFNARC 2005 [5], meliputi:
 - *Slump flow test*: Mengukur diameter sebaran adukan setelah kerucut Abrams diangkat. Nilai T50 (waktu untuk mencapai diameter 500 mm) dicatat.
 - *V-funnel test*: Mengukur waktu yang diperlukan adukan untuk keluar melalui corong V-funnel, mengindikasikan viskositas campuran.
 - *L-box test*: Mengukur kemampuan adukan melewati celah tulangan (*passing ability*) dengan menghitung rasio tinggi beton di ujung horizontal (h₂) dan vertikal (h₁).
2. *Pengujian Beton Keras*:
 - Kuat tekan diuji menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dengan prosedur ASTM C39/SNI 03-1974-1990. Beban aksial diberikan pada silinder hingga runtuh. Kuat tekan dihitung dengan rumus $f'_c = P/A$.
 - Kuat tarik belah diuji sesuai ASTM C496/SNI 03-2491-2002. Beban tekan diberikan secara diametral pada silinder hingga terbelah. Kuat tarik dihitung sebagai $f_{ct} = 2P/(\pi LD)$.
 - Kuat lentur diuji dengan pembebanan dua titik pada balok sederhana sesuai ASTM C78/SNI 03-4431-1997.

2.5. Analisis Data

Hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk membandingkan antar variasi. Analisis dilakukan secara deskriptif kuantitatif dan dikaitkan dengan mekanisme interaksi serat-matriks semen.

3. Hasil dan Diskusi

3.1. Sifat Segar Beton (*Flowability*)

Rekapitulasi hasil pengujian beton segar untuk seluruh variasi campuran ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sifat Segar SCC

Variasi	w/c	Slump Flow (mm)	T50 (detik)	V-Funnel 1 (detik)	L-Box (h2/h1)
Normal	0,312	700	3,5	6,12	0,9
0,5%	0,313	600	4,2	12,48	0,9
0,75%	0,314	650	3,8	10,07	1,0
1%	0,315	650	4,0	12,37	0,9
<i>Kriteria EFNARC</i>	–	650–800	2–5	6–12	0,8–1,0

3.1.1. Slump Flow

Diameter sebaran (*slump flow*) tertinggi dicapai oleh beton normal, yaitu 700 mm, yang tergolong dalam kelas SF1 (650–800 mm) menurut klasifikasi EFNARC [7]. Nilai ini menunjukkan bahwa campuran memiliki *filling ability* yang sangat baik. Penambahan serat eceng gondok sebesar 0,5% menurunkan diameter sebaran menjadi 600 mm, yang berada sedikit di bawah batas bawah kelas SF1. Penurunan ini diakibatkan oleh sifat serat yang menyerap air bebas dalam campuran, sehingga mengurangi ketersediaan air untuk melumasi aliran pasta semen [13]. Selain itu, serat yang terdistribusi menciptakan jaringan yang saling bertautan (*fibre interlock*), yang meningkatkan tahanan alir campuran [14].

Menariknya, pada kadar 0,75% dan 1%, diameter sebaran kembali meningkat menjadi 650 mm, meskipun masih di bawah beton normal. Fenomena ini dapat dijelaskan oleh peningkatan dosis superplasticizer efektif akibat pengurangan berat semen (walaupun absolut tetap 1%), serta penyesuaian w/c yang sedikit lebih tinggi. Namun demikian, serat pada kadar yang lebih tinggi juga cenderung menggumpal (*clumping*), yang justru dapat menciptakan kanal aliran lokal sehingga diameter sebaran tidak terus menurun secara linier [5], [15].

Waktu T50, yang mengindikasikan viskositas campuran, berkisar antara 3,5–4,2 detik. Semua variasi masih berada dalam rentang 2–5 detik yang dipersyaratkan EFNARC, menunjukkan bahwa campuran memiliki viskositas yang memadai tanpa risiko segregasi berlebihan [12].

3.1.2. V-Funnel

Waktu alir *V-funnel* beton normal sebesar 6,12 detik, yang termasuk dalam kelas VF1 (< 9 detik) pada ketentuan EFNARC untuk aplikasi dengan tulangan rapat. Penambahan serat 0,5% melonjakkan waktu alir hampir dua kali lipat menjadi 12,48 detik (kelas VF2: 9–25 detik). Peningkatan viskositas ini disebabkan oleh dua mekanisme: (1) penyerapan air oleh serat, dan (2) efek hambatan fisik dari jaringan serat yang mengurangi kecepatan aliran melalui bukaan sempit V-funnel [6], [15]. Pada variasi 0,75%, waktu alir menurun menjadi 10,07 detik, lalu naik lagi menjadi 12,37 detik pada 1%. Fluktuasi ini mencerminkan interaksi kompleks antara konsentrasi serat, dispersi superplasticizer, dan homogenitas campuran. Meskipun variasi 0,5% dan 1% sedikit melampaui batas 12 detik yang direkomendasikan EFNARC untuk aplikasi umum, nilai tersebut masih dalam batas kelas VF2 dan dapat diterima untuk struktur dengan tulangan sedang [4].

3.1.3. L-Box

Rasio *passing ability* (h2/h1) seluruh variasi berada dalam rentang 0,9–1,0, memenuhi kriteria PA2 ($\geq 0,8$) yang menunjukkan kemampuan melewati celah tulangan sangat baik. Variasi 0,75% mencapai rasio sempurna 1,0, mengindikasikan distribusi aliran yang merata sempurna antara bagian hulu dan hilir L-box tanpa segregasi atau *blocking*. Serat eceng gondok yang terdispersi merata pada kadar ini diduga justru membantu menjaga stabilitas campuran selama mengalir melalui celah tulangan. Secara keseluruhan, meskipun penambahan serat cenderung menurunkan *flowability*, semua variasi SCC tetap memenuhi kriteria dasar EFNARC melalui

penyesuaian kecil pada w/c. Hasil ini membuktikan bahwa serat eceng gondok dapat diintegrasikan ke dalam SCC tanpa kehilangan karakteristik *self-compactability*-nya.

3.2. Sifat Mekanik Beton

3.2.1. Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan pada umur 7 dan 28 hari disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kuat Tekan Rata-rata Beton SCC

Variasi	f _c 7 hari (MPa)	f _c 28 hari (MPa)	Kenaikan (%)
Normal	25,11	31,44	–
0,5%	17,14	31,81	+1,18
0,75%	19,65	27,43	–12,75
1%	16,59	20,85	–33,68

Pada umur 7 hari, kuat tekan tertinggi dicapai oleh beton normal (25,11 MPa). Penambahan serat menurunkan kuat tekan awal secara signifikan, terutama pada kadar 0,5% dan 1% yang masing-masing hanya mencapai 17,14 MPa dan 16,59 MPa. Hal ini disebabkan oleh lambatnya perkembangan hidrasi semen di sekitar serat akibat penyerapan air oleh serat pada awal umur beton [5], [16].

Namun, pada umur 28 hari, terjadi fenomena menarik: beton dengan kadar serat 0,5% justru menghasilkan kuat tekan 31,81 MPa, sedikit melampaui beton normal (31,44 MPa). Peningkatan ini, meskipun kecil (1,18%), mengindikasikan bahwa pada kadar optimum, serat eceng gondok mampu memberikan kontribusi positif melalui mekanisme *fibre bridging* yang efektif menjembatani retakan mikro selama pembebanan, serta kemungkinan adanya reaksi pozzolanik lemah dari komponen silika dalam serat eceng gondok yang meningkatkan kepadatan matriks dalam jangka panjang [1].

Pada kadar serat yang lebih tinggi (0,75% dan 1%), kuat tekan menurun drastis menjadi 27,43 MPa dan 20,85 MPa. Penurunan ini terkait dengan meningkatnya volume serat yang menyebabkan:

- *Fibre clumping* (penggumpalan serat) yang menciptakan zona lemah dan porositas tinggi di sekitar gumpalan.
- Peningkatan air yang terserap oleh serat sehingga mengurangi air efektif untuk hidrasi semen secara menyeluruh.
- Gangguan interlocking antar agregat karena serat bertindak sebagai inklusi yang memisahkan butiran agregat [4], [14].

Dengan demikian, kadar serat 0,5% merupakan titik optimum di mana efek penguatan (*bridging*) dan efek pelemahan (*porosity*) berada dalam keseimbangan yang paling menguntungkan.

3.2.2. Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah rata-rata pada umur 28 hari ditampilkan pada Gambar 1 (atau Tabel 5). Beton normal memiliki kuat tarik belah tertinggi, yaitu 3,31 MPa. Penambahan serat 0,5% menurunkan nilai ini menjadi 3,15 MPa (turun 4,8%), sementara pada 0,75% turun lebih dalam menjadi 2,99 MPa (turun 9,7%). Menariknya, pada kadar 1%, kuat tarik belah sedikit meningkat kembali menjadi 3,25 MPa, mendekati beton normal.

Fenomena non-linier ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Pada kadar rendah (0,5%), serat mulai berperan sebagai jembatan retak tarik, tetapi distribusinya belum cukup merata untuk mengkompensasi penurunan kepadatan matriks.
- Pada 0,75%, efek penggumpalan mulai dominan, menciptakan konsentrasi tegangan yang mempercepat keruntuhan tarik.

- Pada 1%, meskipun penggumpalan mungkin lebih parah, jumlah serat yang lebih banyak secara keseluruhan meningkatkan probabilitas adanya serat yang berorientasi tegak lurus terhadap bidang retak tarik, sehingga sedikit memulihkan kapasitas tarik belah [2], [12].

Secara umum, kuat tarik belah semua variasi masih berada dalam kisaran 9–10% dari kuat tekannya, sesuai karakteristik beton normal.

3.2.3. Kuat Lentur

Hasil uji kuat lentur menunjukkan tren yang serupa dengan kuat tarik belah. Beton normal mencatat nilai tertinggi, 4,88 MPa, diikuti oleh variasi 1% (4,51 MPa), 0,5% (4,39 MPa), dan terendah 0,75% (3,93 MPa).

Pada pengujian lentur, serat yang terletak di zona tarik balok seharusnya memberikan kontribusi positif yang lebih besar dibandingkan pada uji tarik langsung, karena distribusi tegangan lentur memberikan kesempatan lebih banyak bagi serat untuk memobilisasi kekuatannya [7], [12]. Namun, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penurunan kepadatan matriks akibat penambahan serat lebih dominan dibandingkan efek *bridging*-nya, kecuali pada kadar 1% di mana jumlah serat yang lebih banyak mulai memberikan efek memperlambat perambatan retak lentur.

Kuat lentur beton SCC normal yang mencapai 4,88 MPa setara dengan sekitar 15,5% dari kuat tekannya, menunjukkan bahwa SCC tanpa serat pun telah memiliki daktilitas lentur yang cukup baik berkat matriks yang padat dan homogen [3], [4].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian eksperimental mengenai pengaruh penambahan serat eceng gondok dalam campuran SCC, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: Penambahan serat eceng gondok menurunkan *flowability* beton SCC yang diindikasikan oleh penurunan diameter *slump flow* dan peningkatan waktu alir *V-funnel*. Namun demikian, seluruh variasi (0,5%, 0,75%, 1%) masih memenuhi kriteria *filling ability*, *viscosity*, dan *passing ability* yang ditetapkan EFNARC melalui penyesuaian kecil pada faktor air-semen. Kadar optimum serat eceng gondok dalam campuran SCC adalah 0,5% dari berat semen. Pada kadar ini, kuat tekan umur 28 hari mencapai 31,81 MPa, sedikit lebih tinggi dari beton normal (31,44 MPa). Kuat tarik belah dan kuat lentur pada kadar ini memang sedikit lebih rendah dari beton normal, namun penurunannya masih dalam batas wajar (masing-masing 4,8% dan 10%). Penambahan serat pada kadar yang lebih tinggi (0,75% dan 1%) cenderung menurunkan seluruh sifat mekanik secara signifikan, terutama kuat tekan yang turun hingga 33,68% pada kadar 1%. Oleh karena itu, penggunaan serat eceng gondok di atas 0,5% tidak direkomendasikan untuk aplikasi struktural. Integrasi serat eceng gondok dalam SCC pada kadar optimum memberikan peluang ganda: mengurangi limbah eceng gondok di perairan dan menghasilkan beton ramah lingkungan yang tetap memenuhi persyaratan teknis untuk elemen struktural ringan. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi perlakuan kimia pada serat (misalnya perendaman alkali) guna meningkatkan ikatan antarmuka serat-matriks semen dan meminimalkan efek penyerapan air.

Referensi

- [1] N. Rahmawati, D. Sunarno, I. Ali, and A. Soeparlan, "Pengaruh Pemakaian Fly Ash Dan Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton," *J. Tugas Akhir Tek. Sipil*, vol. 5, no. 1, 2021.
- [2] R. A. Saluria, "Studi Karakteristik Beton Serat Eceng Gondok," 2019.
- [3] M. I. Romadhon, S. Eri, and M. T. Romadhon, "Analisis Beton Self Compacted Menggunakan Semen PCC," *J. Tek. Sipil-Arsitektur*, vol. 22, no. 1, 2023.
- [4] H. M. Okamura and M. Ouchi, "Self-Compacting Concrete," *J. Adv. Concr. Technol.*, vol. 1, pp. 5–15, 2003, doi: 10.3151/jact.1.5.
- [5] A. Junaidi and N. Oemiati, "Pemanfaatan Abu Eceng Gondok Sebagai Bahan Tambah Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton," vol. 7, no. 3, 2022.
- [6] S. M. Kavitha, G. Venkatesan, S. Avudaiappan, and E. I. Saavedra Flores, "Mechanical And Flexural Performance Of Self Compacting Concrete With Natural Fiber," *Rev. La Constr.*, vol. 19, no. 2, pp. 370–380, 2020, doi: 10.7764/rdlc.19.2.370.
- [7] M. Y. Khanafi and K. Wibowo, "Analisis Sifat-Sifat Mekanis Beton Self Compacting Concrete (SCC) Dengan Penambahan Filler Abu Eceng Gondok".
- [8] D. Wongso, "Studi Perancangan Self-Compacting Concrete (SCC) Untuk Beton Berkekuatan Tinggi (High Performance Concrete) Dengan Metode ACP".
- [9] Z. Zhou, J. Ahmad, and A. F. Deifalla, "Steel Fiber Reinforced Self-Compacting Concrete: A Comprehensive Review," *Int. J. Concr. Struct. Mater.*, vol. 17, no. 1, 2023, doi: 10.1186/s40069-023-00602-7.

- [10] A. M. Woldemariam, W. O. Oyawa, and S. O. Abuodha, "Viability of cellulose nanofibre powder and silica fume in self-compacting concrete rheology, hardened properties, and microstructure," *J. Build. Eng.*, vol. 86, 2024, doi: 10.1016/j.job.2024.108779.
- [11] E. D. Tombado, O. G. Dela Cruz, and E. J. Guades, "Evaluation of Water Hyacinth Ash, Extract, and Fiber in Concrete: A Literature Review BT - Proceedings of the 5th International Conference on Sustainable Civil Engineering Structures and Construction Materials," Springer Nature Singapore, 2023. doi: 10.1007/978-981-99-6014-4_14.
- [12] S. Zuraidah, K. B. Hastono, E. Trisnawati, and S. Sumaryam, "Penggunaan Limbah Batang Eceng Gondok Untuk Beton Fiber," *Publ. Ris. Orientasi Tek. Sipil*, vol. 4, no. 2, pp. 96–101, 2022, doi: 10.26740/proteksi.v4n2.p96-101.
- [13] M. Fauzin and I. R. Hepiyanto, "Pengaruh Penambahan Serat Eceng Gondok Pada Kuat Tekan Paving Block K-200," 2019.
- [14] S. Jepriani, S. Alwi, and W. N. Sari, "Kuat Tekan Beton Self Compacting Concrete (SCC) Dengan Penambahan Kapur Gamping Dan Viscorete," 2021.
- [15] M. M. Musdalifah, "Journal of Innovative and Creativity Universitas Muhammadiyah Parepare," *J. Innov. Creat.*, vol. 5, no. 2, 2025.
- [16] R. A. Saluria and E. Bachtiar, "Studi Karakteristik Beton Serat Eceng Gondok (Study Of The Characteristics On Water Hyacinth Fiber Concrete)," *J. Apl. Tek. Dan Sains*, vol. 2, no. 1, 2020.