

Kualitas Beton SCC dengan Bahan Tambah Superplasticizer dan Limbah Serat Kenaf (*Hibiscus Cannabinus L.*)

Iwan Rustendi¹, Zulvanida Hallin Seputri², F. Eddy Poerwodihardjo³

Program Studi S1 Teknik Sipil, Universitas Wijayakusuma Purwokerto

Fakultas Teknik, Universitas Wijayakusuma Purwokerto

Informasi Makalah

Dikirim, 29 Juli 2024

Direvisi, 07 September 2024

Diterima, 10 September 2024

Kata Kunci:

Self Compacting Concrete

Limbah serat kenaf

Kuat tekan

Kuat tarik belah

Kuat lentur

INTISARI

Self Compacting Concrete (SCC) adalah inovasi beton berupa beton cair memadat mandiri tanpa adanya bantuan alat penggetar berupa vibrator. Karakteristiknya yang cair memudahkan pada proses pengadukan. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton SCC. Bahan yang ditambahkan ke dalam adukan adalah limbah serat kenaf dengan persentase 0%, 0,25%, 0,5%, 0,75%, dan 1% serta *superplasticizer* *consol N11 LN* dengan persentase 1,25%. Masing-masing pengujian dibuat 4 sampel benda uji dengan pengujian pada umur 28 hari. Dari hasil pengujian kuat tekan beton SCC mengalami penurunan kuat tekan seiring dengan ditambahkannya variasi limbah serat kenaf. Pada pengujian kuat tarik belah dan kuat lentur beton SCC mengalami kenaikan seiring ditambahkannya variasi limbah serat kenaf. Pada penambahan LSK 1 tidak memenuhi syarat sebagai beton SCC dikarenakan diperoleh nilai *slump flow* 52,71 cm. Limbah serat kenaf pada kuat tekan beton SCC maksimum yaitu pada LSK 0,25 mencapai 27,61 MPa akan tetapi beton tanpa serat tetap yang mencapai kuat tekan tertinggi sebesar 28,69 MPa, sedangkan penggunaan limbah serat kenaf pada kuat tarik belah beton SCC maksimum yaitu pada LSK 0,75 mencapai 2,77 MPa, sedangkan penggunaan limbah serat kenaf pada kuat lentur beton SCC maksimum yaitu pada LSK 0,75 mencapai 4,29 MPa.

ABSTRACT

Keyword:

Self Compacting Concrete

Kenaf fiber waste

Compressive strength

Split tensile strength

Flexural strength

Self Compacting Concrete (SCC) is a concrete innovation in the form of liquid concrete that compacts independently without the help of a vibrator. Its liquid characteristics make the mixing process easier. In this research, compressive strength, split tensile strength and flexural strength of SCC concrete were tested. The ingredients added to the mixture are kenaf fiber waste with percentages of 0%, 0.25%, 0.5%, 0.75% and 1% as well as *consol N11 LN superplasticizer* with a percentage of 1.25%. For each test, 4 samples of test objects were made with testing at the age of 28 days. From the test results, the compressive strength of SCC concrete experienced a decrease in compressive strength along with the addition of variations in kenaf fiber waste. In testing the split tensile strength and flexural strength of SCC concrete increased as variations in kenaf fiber waste were added. The addition of LSK 1 does not meet the requirements as SCC concrete because the slump flow value is 52.71 cm. Waste kenaf fiber has the maximum compressive strength of SCC concrete, namely at LSK 0.25, reaching 27.61 MPa, but concrete without fixed fiber reaches the highest compressive strength of 28.69 MPa, while the use of waste kenaf fiber for maximum split tensile strength of SCC concrete is at LSK 0.75 it reaches 2.77 MPa, while the use of kenaf fiber waste on the maximum flexural strength of SCC concrete is at LSK 0.75 it reaches 4.29 Mpa.

Korespondensi Penulis:

Zulvanida Hallin Seputri
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Wijayakusuma Purwokerto
JL. Raya Beji Karangsalam Purwokerto, 53152
Email: hallinsepultrizulvanida@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu bahan utama dalam dunia konstruksi yang sangat penting dimana penggunaannya sebagai bahan pada pembangunan konstruksi infrastruktur bidang Teknik Sipil. Beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) [1]. Beton mempunyai beberapa kelebihan yaitu cenderung mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi, mampu memikul beban yang berat, tahan terhadap temperatur yang tinggi dan biaya perawatan yang murah [2]. Kekurangan beton adalah beton yang sudah dibentuk sulit untuk diubah, pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi, dan beton dianggap tidak mampu untuk menahan gaya tarik. Pada penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, umumnya beton diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerjasama dan mampu membantu kelemahannya terutama pada bagian yang menahan gaya tarik [3].

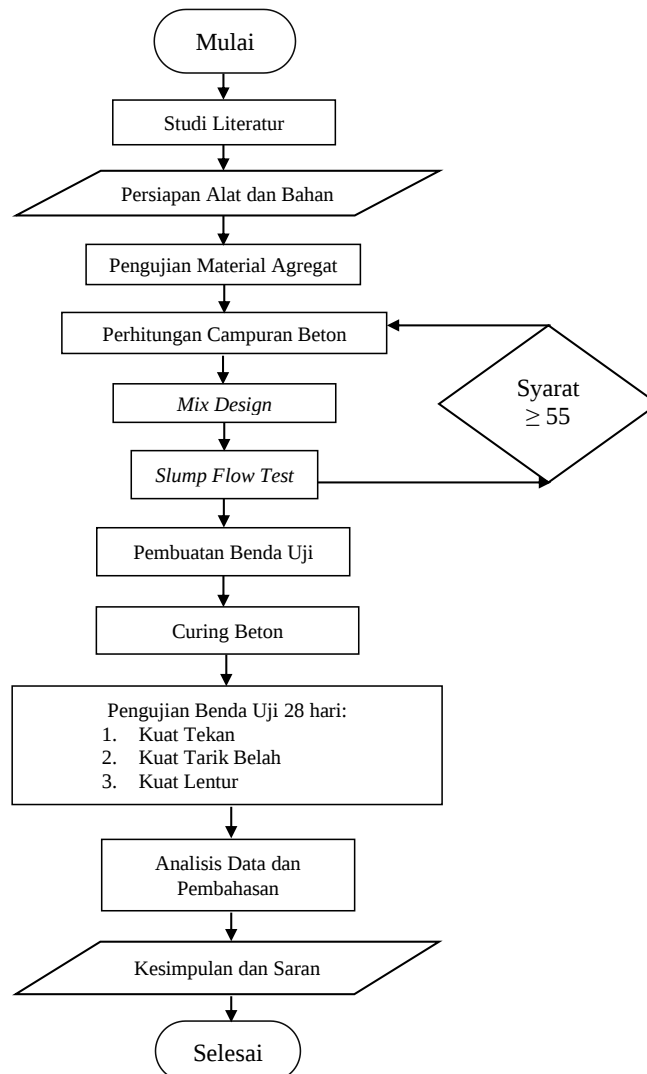
Salah satu upaya untuk meningkatkan kuat tarik pada beton adalah dengan penambahan serat. Serat yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat kenaf lebih spesifik lagi menggunakan limbah serat kenaf. Serat kenaf merupakan serat alami dari kulit batang tanaman kenaf dimana tanaman ini sudah banyak dibudidayakan beberapa daerah di Indonesia seperti Lampung, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Kalimantan Selatan, Kalimantan Barat, dan Aceh karena karakteristiknya seperti pohon kelapa dimana seluruh bagian pohonnya bisa dimanfaatkan. Tanaman kenaf ini perbulan ditanam minimal 2 hektar. Setelah masuk proses panen, bagian dari tanaman akan dibedakan tergantung bagian-bagiannya. Biji akan diolah menjadi bahan baku minyak, daunnya akan digunakan untuk pakan ternak, batang sebagai woodpelet sedangkan kulit batangnya digunakan untuk serat. Serat kenaf ini akan diambil oleh *offtaker* untuk kemudian masuk ke industri serat. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa serat kenaf meningkatkan kekuatan lentur, meningkatkan keuletan, mengurangi penambahan retak. Pengurangan yang signifikan dalam retak susut *autogenous* dan pengeringan dapat dicatat dengan penggabungan serat kenaf 0,25-0,5% [4]. Pada penelitian sebelumnya dengan penambahan serat kenaf 1,2% dan 2,4% menghasilkan penurunan kuat tekan seiring dengan bertambahnya persentase serat terhadap berat semen. Sedangkan pada hasil uji kuat Tarik belah terjadi peningkatan seiring dengan bertambahnya persentase serat terhadap berat semen [5].

Salah satu inovasi terbaru dalam teknologi beton adalah *Self Compacting Concrete* (SCC). *Self Compacting Concrete* (SCC) merupakan beton yang dapat mengalir dengan sendirinya tanpa adanya bantuan alat peggetar berupa *vibrator* [6]. Salah satu bahan utama yang digunakan dalam pembuatan beton *Self Compacting Concrete* (SCC) adalah *superplasticizer*. Pengeras beton *superplasticizer* merupakan bahan yang digunakan untuk mengurangi air pada campuran beton dengan *workabilitas* tetap normal. Pengeras beton *superplasticizer* ini termasuk *admixture* tipe F. Dalam penelitian ini menggunakan bahan tambah *superplasticizer* jenis Consol N11 LN, yaitu bahan tambah *superplasticizer* yang sangat cocok untuk beton yang digunakan diberbagai macam aplikasi dimana kekuatan awal yang baik pengembangan diperlukan, beton performa tinggi, memadat sendiri beton, mencegah terjadinya segregasi beton, dan kualitas beton yang sangat baik [7]. Pada penelitian sebelumnya dengan penambahan *superplasticizer* jenis Consol N11 LN berpengaruh terhadap kenaikan kuat tekan, beton normal 30,32 MPa dan beton campuran Consol N11 LN 32,81 MPa [8].

Campuran beton menggunakan limbah serat kenaf dan *superplasticizer* pada beton *Self Compacting Concrete* (SCC) sangat dibutuhkan untuk mengatasi permasalahan beton yang kurang terhadap gaya tariknya dan inovasi beton terbaru yang sangat dibutuhkan seiring dengan perkembangan IPTEK pada pembangunan di Indonesia. Dilakukannya penelitian ini yaitu untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik beton SCC setelah ditambah *superplasticizer* dan limbah serat kenaf, untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah serat kenaf terhadap nilai *slump flow*, dan untuk mengetahui nilai maksimum kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton SCC yang mampu dicapai dengan bahan tambah *superplasticizer* dan limbah serat kenaf.

2. METODE

2.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2. Lokasi Penelitian

Rangkaian kegiatan penelitian ini dilakukan dengan membuat benda uji di Laboratorium Rekayasa Struktur Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Wijayakusuma Purwokerto.

2.3. Perencanaan Campuran Beton dan Pembuatan Benda Uji

Perencanaan campuran beton mengacu pada penyesuaian SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan beton normal [9] dengan metode EFNARC 2005 [10] dan Ouchi, 2003 [11], dengan rencana kuat tekan beton dengan mutu $f_c'20$ MPa. Agregat kasar ukuran 20 mm dan agregat halus masuk zona II pasir agak kasar berasal dari pasir Gunung Merapi. Pengujian material agregat meliputi pengujian gradasi agregat halus dan kasar berdasarkan SNI 03-1968-1990 tentang metode pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar [12], pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus berdasarkan SNI 03-1970-1990 tentang metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus, pengujian kadar lumpur agregat halus [13]. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar berdasarkan SNI 03-1969-1990 tentang metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar [14], pengujian keausan agregat kasar berdasarkan SNI 2417:2018 tentang cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi *Los Angeles* [15]. Sampel silinder yang digunakan pada penelitian ini memiliki diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Sedangkan sampel balok yang digunakan pada penelitian ini memiliki panjang 60 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 15 cm. Bahan tambah menggunakan *superplasticizer* Consol N11 LN dengan dosis 1,25% dan bahan tambah limbah serat kenaf *Kualitas Beton SCC dengan Bahan Tambah Superplasticizer dan Limbah Serat Kenaf (Hibiscus Cannabinus L.) (Iwan Rustendi)*

dengan variasi beton tanpa serat, 0,25%, 0,5%, 0,75%, dan 1% dengan ukuran panjang 2 cm. Persentase Consol N11 LN dan limbah serat kenaf dihitung dari berat semen. FAS yang digunakan pada penelitian ini yakni 0,44. Kebutuhan campuran beton yang akan digunakan untuk membuat sampel benda uji silinder dengan volume sebesar 0,00529 m³ dan sampel benda uji balok dengan volume sebesar 0,0135 m³.

Tabel 1. Variasi Benda Uji

Pengujian	Variasi (%)				
	0	0,25	0,5	0,75	1
Kuat Tekan	4	4	4	4	4
Kuat Tarik Belah	4	4	4	4	4
Kuat Lentur	4	4	4	4	4
Total sampel	60				

2.4. Pengujian Slump Flow

Slump flow digunakan untuk mengukur nilai *slump* beton, yaitu kemampuan alir beton pada permukaan bebas. Pengujian *slump flow* memberikan informasi kemampuan dalam mengisi (mengalir) dan kemampuan melalui (untuk campuran stabil, tingginya kemampuan mengalir berbanding lurus dengan kemampuan melalui) [16]. Nilai *slump flow* (Tabel 2) yang diterima berdasarkan *European Federation Of National Trade Associations Representing Produce* (2005). Berdasarkan spesifikasi SKh-1.7.23 Beton Memadat Sendiri, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendral Bina Marga tahun 2017 [17].

Tabel 2. Kelas Pengujian *Slump Flow*

Kelas	Slump Flow	Peruntukan
SF1	550-650	Beton tanpa penulangan maupun beton dengan penulangan yang sedikit (dengan jarak antar tulangan lebih besar 200 mm). Pengecoran dilakukan dengan sistem pompa.
SF2	660-750	Untuk aplikasi umum seperti dinding dan kolom (jarak antar tulangan 60 – 200 mm)
SF3	760-850	Biasanya diproduksi dengan ukuran maksimal agregat yang kecil dan digunakan dengan penulangan rapat (jarak antar tulangan 35 – 60 mm).

2.5. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya desak persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton dihitung dengan membagi kuat tekan maksimum yang diterima benda uji selama pengujian dengan luas penampang melintang. Kuat tekan beton dapat dihitung dengan persamaan:

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

dengan :

f_c' = Kuat tekan beton (MPa)
P = Besar beban tekan (N)
A = Luas penampang beton tertekan (mm²)

2.6. Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah ialah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekanan uji desak. Rumus perhitungan kuat tarik beton adalah:

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \dots \dots \dots (2)$$

dengan :

- f_{ct} = Kuat tarik belah beton (MPa)
 P = Beban maksimum yang diberikan (N)
 D = Diameter silinder (mm)
 L = Tinggi silinder (mm)

2.7. Kuat Lentur Beton

Kuat lentur balok adalah nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang benda uji. Rumus perhitungan kuat lentur balok beton yang digunakan untuk mencari nilai tegangan hancur adalah sebagai berikut [18]:

1. Pembebanan 1 titik

- a. Patah di tengah benda uji

$$f_{lt} = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times h^2} \dots \dots \dots (3)$$

- b. Tidak patah di tengah dan jarak antara titik patah beban <10%

$$f_{lt} = \frac{3 \times P \times L}{b \times h^2} \dots \dots \dots (4)$$

2. Pembebanan 2 titik

- a. Patah di pusat (1/3 jarak titik perletakan)

$$f_{lt} = \frac{P \times L}{b \times h^2} \dots \dots \dots (5)$$

- b. Patah di luar pusat (di luar 1/3 jarak titik perletakan) dan jarak antara titik patah dan pusat beban <5% dari jarak perletakan

$$f_{lt} = \frac{3 \times P \times C}{b \times h^2} \dots \dots \dots (6)$$

- c. Apabila jarak poin b > 5% dari jarak titik perletakan maka hasil uji tidak digunakan

dengan :

- f_{lt} = Kuat lentur beton (MPa)
 P = Beban maksimal yang diberikan ke benda uji (N)
 L = Panjang antar tumpuan benda uji (mm)
 b = Lebar tampang lintang patah (mm)
 h = Tinggi tampang lintang patah (mm)
 c = Jarak rata-rata antara tumpuan terdekat dan lintang patah (mm)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Beton

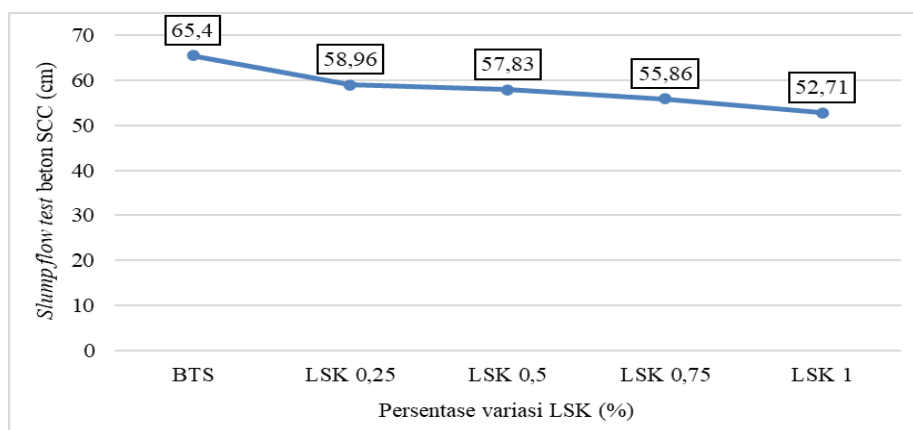
1. Slump Flow Test

Rata-rata nilai *slump flow test* beton SCC dalam pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton SCC BTS, beton SCC LSK 0,25, beton SCC LSK 0,5, beton SCC LSK 0,75, dan beton SCC LSK 1 dengan umur 28 hari selengkapnya disajikan dalam Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Rata-rata nilai *slump flow test* beton SCC

No	Kode benda uji	Rata-rata nilai <i>slump flow</i> kuat tekan (cm)	Rata-rata nilai <i>slump flow</i> kuat tarik belah (cm)	Rata-rata nilai <i>slump flow</i> kuat lentur (cm)	Rata-rata nilai <i>slump flow</i> beton SCC (cm)
1	BTS	65,5	64,5	66,19	65,40
2	LSK 0,25	60	59	57,88	58,96
3	LSK 0,5	58,5	58	57	57,83
4	LSK 0,75	55,5	56,5	55,57	55,86
5	LSK 1	52	53,5	52,63	52,71

Berdasarkan hasil uji rata-rata *slump flow* beton SCC untuk pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton BTS, LSK 0,25, LSK 0,5, LSK 0,75, dan LSK 1 diatas kemudian dibuat grafik hasil uji *slump flow* pada Gambar.

Gambar 2. Rata-rata nilai *slump flow* beton SCC

Gambar 2 menunjukkan penurunan nilai *slump flow*. Penurunan ini disebabkan seiring dengan penambahan limbah serat kenaf, semakin banyak persentase limbah serat yang dimasukkan adukan beton semakin kental sehingga nilai *slump flow* semakin turun. Dengan demikian penambahan limbah serat kenaf pada campuran beton akan menurunkan sifat *workability* dari beton tersebut. Akan tetapi yang terjadi di lapangan saat proses adukan beton dengan *concrete mixer* limbah serat kenaf ini tercampur merata dan tidak menggumpal serta homogen dengan campuran beton lainnya dikarenakan adanya perlakuan pada limbah serat kenaf yang sebelumnya dipotong sama panjang sepanjang 2 cm sehingga meminimalisir terjadinya penggumpalan pada adukan beton SCC.

2. Berat Jenis Beton

Rata-rata berat jenis beton SCC dalam pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton SCC BTS, beton SCC LSK 0,25, beton SCC LSK 0,5, beton SCC LSK 0,75, dan beton SCC LSK 1 dengan umur 28 hari selengkapnya disajikan dalam Tabel 4 berikut.

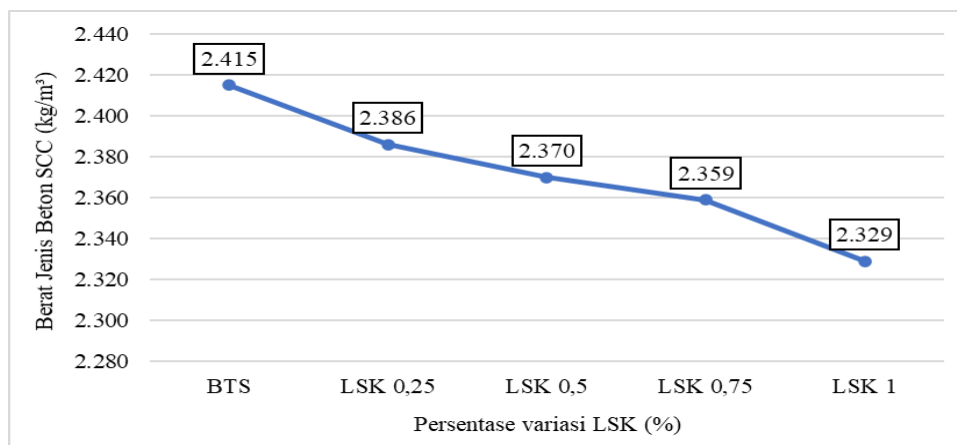
Tabel 4. Rata-rata keseluruhan berat jenis beton SCC

No	Kode benda uji	Rata-rata berat jenis beton kuat tekan (kg/m ³)	Rata-rata berat jenis beton kuat tarik belah (kg/m ³)	Rata-rata berat jenis beton kuat lentur (kg/m ³)	Rata-rata berat jenis beton SCC keseluruhan (kg/m ³)
1	BTS	2.400	2.400	2.445	2.415
2	LSK 0,25	2.376	2.376	2.406	2.386
3	LSK 0,5	2.365	2.357	2.390	2.370
4	LSK 0,75	2.355	2.348	2.374	2.359
5	LSK 1	2.336	2.324	2.308	2.329

Berdasarkan hasil uji berat jenis beton SCC BTS, LSK 0,25, LSK 0,5, LSK 0,75, dan LSK 1 diatas kemudian dibuat grafik rata-rata hasil uji berat jenis beton SCC pada Gambar 3.

3.2. Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan pada penelitian ini menggunakan benda uji silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm pada umur 28 hari. Langkah-langkah pengujian kuat tekan beton berdasarkan SNI 03-1974-1990 adalah setelah beton terjadi pengerasan selama perawatan, beton siap untuk diuji kuat tekannya, bila unsur umur beton kurang dari 28 hari, maka diperlukan faktor dari hasil pemeriksaan yang diperoleh. Letakan benda uji pada meja penekan, periksa mesin *digital* yang akan digunakan, pastikan menunjukkan posisi angka nol. Hidupkan mesin penggerak dengan menekan tombol *start* dan *handle* disetel pada posisi penekan (*up*). Amati pergerakan mesin *digital* tadi, apabila sudah menunjukkan maksimum maka dihentikan dengan menekan tombol stop dan catat nilai beban maksimum yang dapat ditahan oleh benda uji, setelah dibagi dengan luas penampangnya akan didapat nilai kuat tekan beton tersebut. Keluarkan beton tersebut dengan menekan tombol *start* dan arahkan *handle* pada posisi *down*, matikan mesin dan ambil sampel yang sudah dites [19]. Hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton SCC dapat dilihat pada Tabel 5.



Gambar 3. Rata-rata berat jenis beton SCC

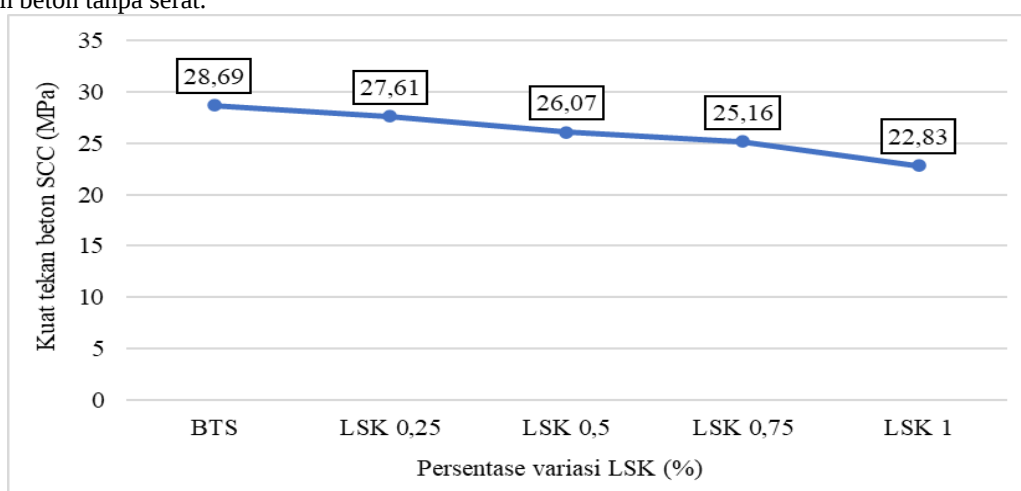
Gambar 3 menunjukkan penambahan limbah serat kenaf berpengaruh pada berat jenis beton yaitu semakin banyak persentase penambahan limbah serat kenaf maka berat jenis beton akan turun hal ini disebabkan karena persentase agregat berkurang dikarenakan volume cetakan sudah terisi limbah serat kenaf sebagai bahan tambah.

Tabel 5. Rata-rata keseluruhan kuat tekan beton SCC umur 28 hari

No	Kode benda uji	Kuat tekan rata-rata (MPa)
1	BTS	28,69
2	LSK 0,25	27,61
3	LSK 0,5	26,07
4	LSK 0,75	25,16
5	LSK 1	22,83

Berdasarkan hasil uji kuat tekan beton SCC BTS, LSK 0,25, LSK 0,5, LSK 0,75, dan LSK 1 di atas kemudian dibuat grafik rata-rata hasil uji kuat tekan beton SCC pada Gambar 4.

Gambar 4 menunjukkan penggunaan variasi limbah serat kenaf pada kuat tekan beton SCC maksimum yaitu pada LSK 0,25 dimana nilai kuat tekannya mencapai 27,61 MPa pada umur 28 hari akan tetapi beton tanpa serat tetap yang mencapai kuat tekan tertinggi yaitu sebesar 28,69 MPa. Jadi variasi BTS, LSK 0,25, LSK 0,5, LSK 0,75, dan LSK 1 sebagai bahan tambah berpengaruh terhadap penurunan pada nilai kuat tekan beton SCC meskipun sudah ditambahkan *superplasticizer* jenis Consol N11 LN. Kuat tekan dengan seiring penambahan limbah serat kenaf menghasilkan kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan beton tanpa serat.



Gambar 4. Rata-rata kuat tekan beton SCC

3.3. Kuat Tarik Belah Beton

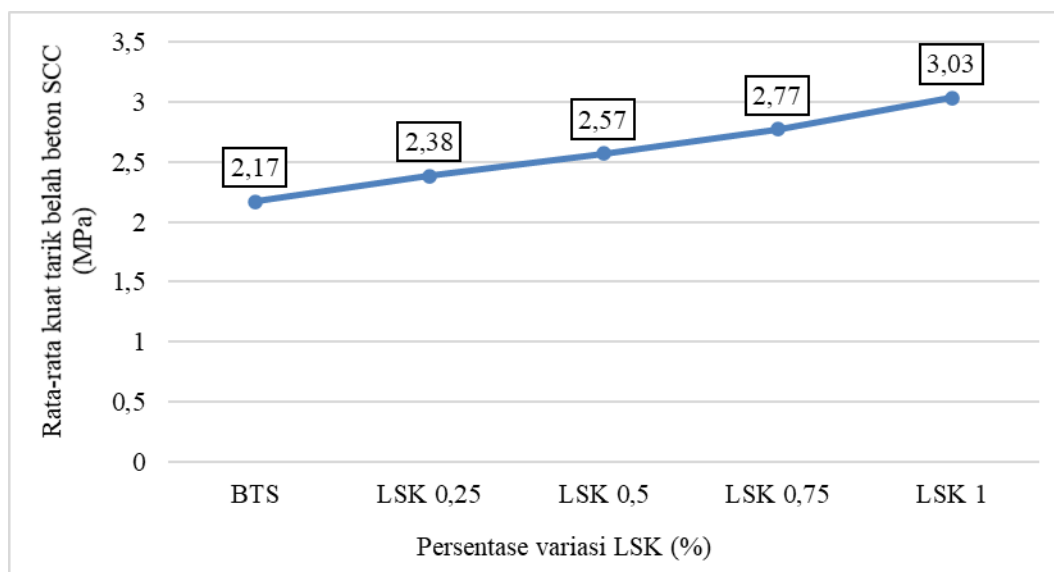
Pengujian kuat tarik belah pada penelitian ini menggunakan benda uji silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm pada umur 28 hari. Langkah-langkah pengujian kuat tarik belah beton berdasarkan SNI 03-2491-2002 adalah sebelum dilakukan pengujian dibuat catatan benda uji, baik nomor benda uji, nilai *slump flow*, tanggal pembuatan benda uji, dan tanggal pengujian. Pengujian kuat tarik belah dilakukan dengan meletakkan benda uji pada sisinya di atas mesin dan beban tekan P dikerjakan secara merata dalam arah diameter di sepanjang benda uji. Lapisilah permukaan benda uji dengan pelat baja agar permukaan yang ditekan rata, dan usahakan benda uji berada dalam keadaan sentris. Jalankan mesin desak dengan kecepatan penambahan beban yang konstan, kemudian dicatat besarnya beban maksimum yang dapat diterima pada masing-masing benda uji [20]. Hasil uji kuat tarik belah rata-rata beton SCC dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Rata-rata keseluruhan kuat tarik belah beton SCC umur 28 hari

No	Kode benda uji	Kuat tarik belah rata-rata (MPa)
1	BTS	2,17
2	LSK 0,25	2,38
3	LSK 0,5	2,57
4	LSK 0,75	2,77
5	LSK 1	3,03

Berdasarkan hasil uji kuat tarik belah beton SCC BTS, LSK 0,25, LSK 0,5, LSK 0,75, dan LSK 1 di atas kemudian dibuat grafik rata-rata hasil uji kuat tarik belah beton SCC pada Gambar 5.

Gambar 5 menunjukkan penggunaan variasi limbah serat kenaf pada kuat tarik belah beton SCC maksimum yaitu pada LSK 0,75 dimana nilai kuat tarik belah mencapai 2,77 MPa pada umur 28 hari. Jadi variasi BTS, LSK 0,25, LSK 0,5, LSK 0,75, dan LSK 1 sebagai bahan tambah berpengaruh terhadap kenaikan pada nilai kuat tarik belah beton SCC karena seiring ditambahkannya limbah serat kenaf menghasilkan kuat tarik belah yang semakin tinggi pula.



Gambar 5. Rata-rata kuat tarik belah beton SCC

3.4. Kuat Lentur Beton

Pengujian kuat lentur pada penelitian ini menggunakan benda uji balok dengan panjang 600 mm, lebar 150 mm, dan tinggi 150 mm dengan dua titik pembebanan pada umur 28 hari. Sebelum dilakukan pengujian terdapat persiapan pengujian yang memenuhi ketentuan berikut. Mesin uji dan blok-blok tumpuan disiapkan sehingga jarak sesuai adalah 450 mm dengan toleransi 9 mm. Balok uji diletakkan simetris atas kedua blok tumpuan dengan kedua sisi samping bidang bekas cetakan sebagai bidang atas dan bidang bawah. Blok beban diletakkan tepat di tengah-tengah antara kedua blok tumpuan pada posisi sejajar. Garis-garis melintang dibuat untuk tanda dari letak titik perletakan dan titik pembebanan dengan menggaris sejauh 5%

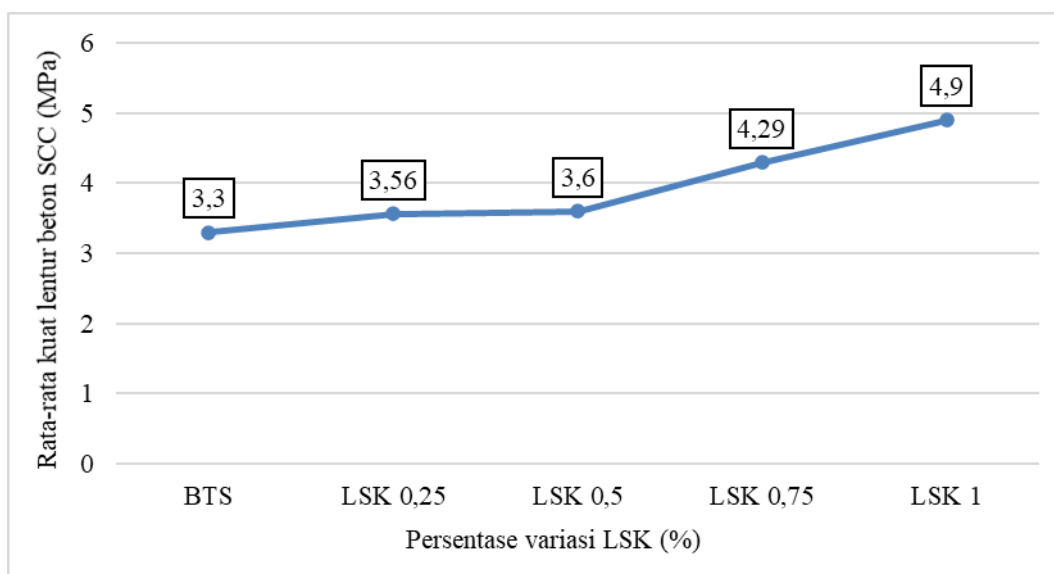
dari bentang, di luar titik perletakan beban, untuk system pembebanan 2 titik beban. Langkah-langkah pengujian kuat lentur beton berdasarkan SNI 03-4154-1996 adalah nyalakan mesin dengan sudah mengatur titik benda uji dari mesin pada tengah blok beban. Berikan pembebanan dengan kecepatan pembebanan harus berkelanjutan tanpa menimbulkan efek kejutan dan memenuhi ketentuan sebagai berikut, yang pertama pada pembebanan sudah mencapai $\pm 50\%$ dari beban maksimum yang diperkirakan, kecepatan pembebanan boleh lebih cepat dari 6 kN sesudah itu, sampai terjadi keruntuhan balok uji, kecepatan pembebanan harus diatur antara 4,3 kN sampai 6 kN per menit. Jika benda uji sudah patah, hentikan pembebanan kemudian catat besarnya beban maksimum yang mengakibatkan keruntuhan [21]. Hasil uji kuat lentur rata-rata beton SCC dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Rata-rata keseluruhan kuat lentur beton SCC umur 28 hari

No	Kode benda uji	Kuat lentur rata-rata (MPa)
1	BTS	3,30
2	LSK 0,25	3,56
3	LSK 0,5	3,60
4	LSK 0,75	4,29
5	LSK 1	4,90

Berdasarkan hasil uji kuat lentur beton SCC BTS, LSK 0,25, LSK 0,5, LSK 0,75, dan LSK 1 di atas kemudian dibuat grafik rata-rata hasil uji kuat lentur beton SCC pada Gambar 6 di bawah ini:

Gambar 6 menunjukkan penggunaan variasi limbah serat kenaf pada kuat lentur beton SCC maksimum yaitu pada LSK 0,75 dimana nilai kuat lentur mencapai 4,29 MPa pada umur 28 hari. Jadi variasi BTS, LSK 0,25, LSK 0,5, LSK 0,75, dan LSK 1 sebagai bahan tambah berpengaruh terhadap kenaikan pada nilai kuat lentur beton SCC karena seiring ditambahkannya limbah serat kenaf menghasilkan kuat lentur yang semakin tinggi.



Gambar 6. Rata-rata kuat lentur beton SCC

4. KESIMPULAN

Dengan ditambahkannya limbah serat kenaf dan *superplasticizer* ke dalam campuran beton diharapkan dapat melakukan inovasi beton yang terbaru seiring perkembangan IPTEK pada pembangunan di Indonesia serta dapat meningkatkan kuat tarik yang kurang pada beton, mengetahui sifat fisik dan mekanik beton SCC setelah ditambah *superplasticizer* dan limbah serat kenaf, untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah serat kenaf terhadap nilai *slump flow*, dan untuk mengetahui nilai maksimum kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton SCC yang mampu dicapai dengan bahan tambah *superplasticizer* dan limbah serat kenaf. Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa: Sifat fisik dan mekanik beton SCC dari hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi BTS, LSK 0,25, LSK 0,5, LSK 0,75, dan LSK 1 sebagai bahan tambah berpengaruh terhadap penurunan pada sifat fisik dan mekanik beton SCC yaitu nilai kuat tekan meskipun sudah ditambahkan *superplasticizer* jenis Consol N11 LN. Kuat tekan dengan seiring penambahan limbah serat kenaf menghasilkan kuat tekan

yang lebih rendah dibandingkan dengan beton tanpa serat meskipun menunjukkan penurunan kuat tekan beton seiring bertambahnya limbah serat kenaf pada variasi BTS, LSK 0,25, LSK 0,5, LSK 0,75, dan LSK 1 masih mencapai mutu beton yang direncanakan sebesar 20 MPa. Sedangkan pada sifat fisik dan mekanik beton SCC yaitu nilai kuat tarik belah beton SCC variasi BTS, LSK 0,25, LSK 0,5, LSK 0,75, dan LSK 1 sebagai bahan tambah berpengaruh terhadap kenaikan mutu karena seiring ditambahkannya limbah serat kenaf menghasilkan kuat tarik belah yang semakin tinggi pula. Sifat fisik dan mekanik beton SCC yaitu kuat lentur menunjukkan bahwa variasi BTS, LSK 0,25, LSK 0,5, LSK 0,75, dan LSK 1 sebagai bahan tambah berpengaruh terhadap kenaikan pada nilai kuat lentur beton SCC karena seiring ditambahkannya limbah serat kenaf menghasilkan kuat lentur yang semakin tinggi. Berdasarkan hasil uji rata-rata nilai *slump flow test* beton SCC pada BTS diperoleh nilai *slump flow* 65,40 cm, pada LSK 0,25 diperoleh nilai *slump flow* 58,96 cm, pada LSK 0,5 diperoleh nilai *slump flow* 57,83 cm, pada LSK 0,75 diperoleh nilai *slump flow* 55,86 cm, dan pada LSK 1 adalah diperoleh nilai *slump flow* 52,71 cm. Dapat disimpulkan syarat nilai *slump flow* beton SCC minimal adalah 55 cm, pada LSK 1 diperoleh nilai *slump flow* 52,71 cm sehingga beton dengan penambahan LSK 1 tidak memenuhi syarat sebagai beton SCC. Nilai maksimum yang dicapai pada pengujian kuat tekan beton SCC yaitu pada variasi LSK 0,25 dimana nilai kuat tekannya mencapai 27,61 MPa pada umur 28 hari akan tetapi beton tanpa serat tetap yang mencapai kuat tekan tertinggi yaitu sebesar 28,69 MPa, sedangkan nilai maksimum yang dicapai pada pengujian kuat tarik belah beton SCC yaitu pada variasi LSK 0,75 dimana nilai kuat tarik belah mencapai 2,77 MPa pada umur 28 hari, sedangkan nilai maksimum yang dicapai pada pengujian kuat lentur beton SCC yaitu pada variasi LSK 0,75 dimana nilai kuat lentur mencapai 4,29 MPa pada umur 28 hari.

Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan variasi panjang serat dari limbah serat kenaf untuk mengetahui berapa ukuran yang paling optimum untuk menghasilkan kuat tarik belah dan lentur yang maksimal, penelitian selanjutnya dapat dilakukan penambahan Consol N11 LN dengan persentase yang berbeda, penelitian selanjutnya dapat dilakukan *treatment* berupa pengawetan pada limbah serat kenaf untuk mengatasi pembusukan pada beton dalam jangka panjang, serta penggunaan beton dengan variasi limbah serat kenaf variasi LSK 0,75 dapat diimplementasikan untuk penggunaan jalan *rigid* beton dengan lalu lintas yang tergolong ringan seperti jalan desa, plat lantai, pondasi *pile cap*, balok, struktur lengkung/*listplank*, struktur kubah, dll.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] SNI 2847-2013, *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2013.
- [2] Mulyono, A. T., "Telaah Teknis terhadap Kinerja Mutu Perkerasan Jalan Nasional dan Propinsi," *Media Komunikasi Teknik Sipil*, vol. 13(1), pp. 108-118, 2005.
- [3] Dipohusodo, I, "Struktur Beton Bertulang," 1996.
- [4] Mohsin, S. S, dkk, "Pengaruh Serat Kenaf Pada Pelat Beton Bertulang," 2018.
- [5] Elsaid, dkk, "Sifat Mekanik Beton Bertulang Serat Kenaf," 2011.
- [6] Tjokrodinuljo, K, "Teknologi Beton : Dari Teori Ke Praktek," 2007, pp. 1-26.
- [7] Anonim, "Consol N11 LN," PT Kimia Konstruksi Indonesia, 2019.
- [8] Nugraha, M. A, "Pengaruh Campuran Consol N11 LN Terhadap Kuat Tekan Beton FC' 20 MPa," 2022.
- [9] SNI 03-2834-2000, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2000.
- [10] EFNARC, "The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specification," Production and Use. UK: Achieving the Highest Standards, 2005.
- [11] Ouchi, M, "Self-compacting concrete," Development, present use and future, 2003.
- [12] SNI 03-1968-1990, *Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 1990.
- [13] SNI 03-1970-1990, *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 1990.
- [14] SNI 03-1969-1990, *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 1990.
- [15] SNI 2417:2008, *Cara Uji Keausan Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2008.
- [16] ASTM C1611, "Standard Test Method for Slump Flow of Self-Consolidating Concrete," 2009.
- [17] Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Bina Marga, "Spesifikasi Khusus Interim Beton Memadat Sendiri (*Self Compacting Concrete, SCC*). Skh-1.7.23," 2017.
- [18] Nawy, E. G., Surjaman, T., & Suryatmono, B., "Beton Bertulang : Suatu Pendekatan Dasar," PT. Eresco, Bandung, 1990.
- [19] SNI 03-1974-1990, *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 1990.
- [20] SNI 03-2491-2002, *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional, 2001.
- [21] SNI 03-4154-1996, *Metode Pengujian Kuat Lentur Beton*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 1996.