

STUDI PENELITIAN KUAT TEKAN BETON MENGGUNAKAN SERABUT KELAPA SAWIT DAN KAWAT IKAT

Al Hafiz¹⁾, Teuku Farizal^{*2)}

^{1,2)}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar, Aceh Barat, Aceh

*Corresponding Author: teukufarizal@utu.ac.id

e-mail : alhafiz0119@gmail.com¹⁾, teukufarizal@utu.ac.id^{*2)}

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh beton dengan tambahan serat (serabut kelapa sawit dan kawat ikat) terhadap kuat tekan beton normal (0%), menggunakan metode eksperimen. Dengan bahan-bahan penyusun beton diantara-Nya yaitu kerikil, pasir kasar, pasir halus, air, semen andalas (semen portland komposit tipe III), kawat ikat dan serabut kelapa sawit (yang berasal dari PT. Socfindo Kebun Seunagan). Benda uji dibuat berbentuk kubus ($15 \times 15 \times 15$) cm dengan FAS 0,45. Variasi penambahan serat sebanyak 2% (serabut kelapa sawit) + 4% (kawat ikat) dan 6% (serabut kelapa sawit) + 4% (kawat ikat) dari berat semen. Pengujian kuat tekan dilaksanakan di Laboratorium PT. Espe Makmur Beton untuk benda uji umur 7 hari (berjumlah 9 sampel benda uji) dan umur 28 hari (berjumlah 9 sampel benda uji) menggunakan mesin uji tekan beton (merek Indotest). Berdasarkan pengujian didapatkan hasil kuat tekan rata-rata untuk beton normal (0%) sebesar 16,67 Mpa. Serta untuk beton dengan tambahan serat variasi 2% (serabut kelapa sawit) + 4% (kawat ikat) didapatkan hasil kuat tekannya sebesar 9,70 Mpa terjadi penurunan sebesar 41,81% terhadap kuat tekan beton normal (0%) dan 6% (serabut kelapa sawit) + 4% (kawat ikat) didapatkan hasil kuat tekannya sebesar 4,96 Mpa terjadi penurunan sebesar 70,25% terhadap kuat tekan beton normal (0%). Maka dengan penambahan serabut kelapa sawit dan kawat ikat berdampak negatif terhadap kuat tekan beton.

Kata Kunci: Serabut Kelapa Sawit, Kawat Ikat, Kuat Tekan.

Abstract

This study aims to determine the effect of concrete with additional fibers (palm fibers and tie wire) on the compressive strength of normal concrete (0%), using experimental methods. With concrete constituent materials among Him, namely gravel, coarse sand, fine sand, water, and andalas cement (portland composite cement type III), tie wire and palm fibers (which come from PT. Socfindo Kebun Seunagan). The specimen is made cuboid ($15 \times 15 \times 15$) cm with FAS 0.45. The variation of fiber addition is 2% (palm fibers) + 4% (tie wire) and 6% (oil palm fibers) + 4% (tie wire) of cement weight. Compressive strength testing is carried out in the Laboratory of PT. Espe Makmur Beton for test specimens aged 7 days (totaling 9 samples of test specimens) and aged 28 days (totaling 9 samples of test specimens) using a concrete compressive testing machine (Indotest brand). Based on the test, the average compressive strength result for normal concrete (0%) was 16.67 Mpa. And for concrete with additional fiber variations of 2% (palm fiber) + 4% (tie wire) obtained compressive strength results of 9.70 Mpa, there was a decrease of 41.81% against the compressive strength of normal concrete (0%) and 6% (palm fibers) + 4% (tie wire) obtained compressive strength results of 4.96 Mpa, a decrease of 70.25% against the compressive strength of normal concrete (0%). So the addition of palm fibers and connective wire negatively affects the compressive strength of concrete.

Keywords: Palm fiber, Wire tie, compressive strength.

PENDAHULUAN

Dewasa ini hampir setiap bangunan yang ada di Indonesia terbuat dari beton sebagai bahan utama pada konstruksi pembangunannya. Hal ini terlihat baik pada bangunan gedung, jalan, jembatan dan lain sebagainya. Beton memiliki kelebihan dan nilai tambah tersendiri bagi masyarakat sehingga membuat beton lebih

diminati dari pada bahan-bahan lainnya. Baik dari segi kemudahan dalam pembuatannya yang mudah dibuat sesuai bentuk yang diinginkan, bahan bakunya yang mudah didapatkan serta untuk harganya pun masih relatif murah.

Secara sederhana beton dibentuk akibat pengerasan dari berbagai campuran material diantara-Nya yaitu agregat kasar (kerikil),

agregat halus (pasir), semen dan air. Namun seiring perkembangannya beton juga dapat ditambahkan dengan material tambahan (*admixture*) lainnya untuk memperoleh beton dengan kualitas yang lebih baik.

Beton merupakan hasil pengerasan dari berbagai material-material diantara-Nya agregat kasar (kerikil), agregat halus, air dan semen tanpa material tambahan atau dengan tambahan material (*admixture*) lainnya, yang dicampurkan menjadi satu dengan perbandingan tertentu [1].

Beberapa keunggulan atau kelebihan dalam menggunakan beton sebagai bahan utama pada pembangunan konstruksi diantara-Nya adalah beton baik dalam menahan gaya tekan, mudah dibentuk, tahan pada suhu panas, serta harganya lebih murah jika dibandingkan dengan baja [2].

Terlepas dari berbagai macam kelebihannya beton juga memiliki kekurangan. Kekurangan yang ada pada beton diantara-Nya yaitu sifatnya getas dan kurang baik dalam menahan gaya tarik. Untuk mengatasi kekurangannya para peneliti telah banyak melakukan berbagai penelitian untuk memperbaiki kualitas beton. Misalnya dengan cara menambahkan bahan tambah (*admixture*) ke dalam campuran beton salah satunya dengan inovasi beton serat [3].

Beton serat adalah beton normal dengan material tambahan (*admixture*) jenis serat (baik serat mineral, serat alam, serat polymeric ataupun serat metal) yang disebarkan secara acak ke dalam campuran beton normal [4].

Serat yang disebarkan secara acak dan merata pada beton berperan sebagai alternatif bahan pengikat dan juga sebagai pengisi di antara ruang-ruang kosong butiran-butiran semen. Sehingga serat akan menambah kedapatan dan perkerasan terhadap beton [5].

Serat yang ditambahkan pada campuran beton dapat menyebar secara acak. Hal ini diakibatkan karena kontribusi serat terhadap volume adukan beton, dimana serat seolah-olah berfungsi

sebagai tulangan yang mampu merekat kuat pada beton [6].

Kontribusi serat terhadap campuran beton juga berguna untuk mengatasi retakan-retakan dini pada beton. Dimana beton dengan campuran serat lebih lama mengalami retakan-retakan dan lebih sedikit retak yang dihasilkan dibanding beton tanpa campuran serat (beton non-serat). Hal ini memungkinkan beton lebih awet dan tahan lama, Serta mengurangi biaya dan masa perbaikannya [7].

Sangat perlu diperhatikan pada saat mencampurkan serat ke dalam campuran beton agar serat dapat tercampur secara merata. Bila terjadi kesalahan pada saat pencampuran maka akan berakibat terjadinya *balling effect* yaitu serat akan menggumpal dan saling bertabrakan dengan material-material lainnya, sehingga mengakibatkan serat tidak dapat tersebar secara merata pada beton. Hal ini sangat berpengaruh terhadap sifat benda uji beton yang akan dibuat serta daya ikat agregat [8].

Untuk penelitian ini penulis menggunakan material serabut kelapa sawit dan kawat ikat sebagai campuran bahan tambah (*admixture*) serat untuk membuat sampel benda uji beton. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan nilai variasi benda uji yang dicampurkan dengan bahan tambah (*admixture*) serabut kelapa sawit dan kawat ikat terhadap kuat tekan beton normal.

METODE PENELITIAN

1. Persiapan Alat

Alat-alat yang digunakan diantara-Nya yaitu satu set ayakan saringan (dengan diameter ukuran saringan berturut-turut sebesar 31,5 mm, 19,1 mm, 12,5 mm, 9,52 mm, 4,76 mm, 2,38 mm, 1,19 mm, 0,6 mm, 0,3 mm dan 0,15 mm), oven, timbangan, cetakan beton berbentuk kubus (15 × 15 × 15) cm, mesin pengaduk (molen), mesin uji kuat tekan beton (merek indotest) dan lain-lain.

2. Persiapan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan untuk penelitian ini diantara-Nya agregat kasar (kerikil), pasir kasar, pasir halus, semen Andalus (semen portland komposit *tipe* III), air, serabut kelapa sawit dan kawat ikat (berdiameter ± 1 mm yang dipotong-potong sepanjang 15 mm).

a. Serabut Kelapa Sawit

Serabut kelapa sawit diambil dari stasiun *fiber cyclone* milik PT. Socfindo Kebun Seunagan. Serabut kelapa sawit diambil untuk diuji kadar airnya dengan metode gravimetri yang dilakukan di Laboratorium PT. Socfindo Kebun Seunagan.

Mula-mula serabut kelapa sawit yang telah diambil ditimbang beratnya sebanyak 1000 gram, kemudian dipanaskan pada suhu $\pm 100^{\circ}\text{C}$ dengan menggunakan oven selama 24 jam. Setelah material serabut kelapa sawit di oven selama 24 jam, selanjutnya material serabut kelapa sawit ditimbang kembali sehingga didapatkan selisih pengurangan berat sebelum dan setelah di oven. Hasil berat serabut kelapa sawit sebelum dan sesudah di oven lalu dihitung dengan rumus penentuan kadar air seperti pada persamaan (1) serta hasil kadar airnya dapat dilihat pada tabel 3.

Untuk spesifikasi persentase banyaknya serabut kelapa sawit yang akan digunakan untuk dicampurkan pada beton yaitu sebanyak 2% dan 6% dari berat semen.



Gambar 1. Serabut (*fiber*) Kelapa Sawit

b. Kawat Ikat

Kawat ikat yang digunakan sebagai campuran bahan tambah (*admixture*) beton merupakan kawat lokal yang penggunaannya sering dijumpai dan biasanya digunakan untuk dililitkan pada tulangan besi untuk membuat suatu rangkaian tertentu.

Kawat ikat yang digunakan berdiameter ± 1 mm yang dipotong-potong dengan panjang 15 mm. Dengan spesifikasi persentase banyaknya kawat ikat yang akan digunakan untuk dicampurkan pada beton yaitu sebanyak 4% dari berat semen.

Kawat ikat yang dipotong-potong dengan ukuran dan panjang tertentu berperan layaknya tulangan-tulangan halus (*micro*) yang menyebar secara acak (*random*) pada campuran beton. Sehingga kawat ikat berguna untuk mengatasi retakan-retakan yang terjadi pada beton akibat tekanan ataupun suhu panas yang tinggi [9].



Gambar 2. Kawat Ikat (15 mm)

3. Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat berbentuk kubus ($15 \times 15 \times 15$) cm. Sebelum semua material dimasukkan ke dalam mesin pengaduk (molen), terlebih dahulu masing-masing material penyusun beton (diantara-Nya agregat kasar (kerikil), pasir kasar, pasir halus, semen, air, serabut kelapa sawit dan kawat ikat) ditimbang menggunakan timbangan sesuai berat yang direncanakan pada *mix design* yang dapat dilihat pada tabel 2.

Kemudian agregat kasar (kerikil), pasir kasar, pasir halus, semen, air, serabut kelapa sawit dan

kawat ikat satu persatu dimasukkan ke dalam mesin pengaduk (molen) untuk diaduk hingga diperoleh beton segar. Beton segar yang dihasilkan dimasukkan ke dalam cetakan beton berbentuk kubus ($15 \times 15 \times 15$) cm yang sudah diolesi menggunakan oli guna memudahkan benda uji untuk dikeluarkan dari dalam cetakannya.

Beton segar dimasukkan ke dalam cetakan kubus secara bertahap sebanyak $\frac{2}{4}$, $\frac{1}{2}$ dan dalam kondisi penuh. Setiap tahapan beton segar yang dimasukkan ke dalam cetakannya ditusuk-tusuk sebanyak 20-30 kali tusukkan, hal ini berguna agar campuran benda uji dapat tersebar secara merata ke seluruh bagian cetakan dan terjangkau

hingga kesisi-sisi cetakannya. Benda uji baru dapat dikeluarkan dari dalam cetakannya setelah benda uji didiamkan pada suhu ruangan selama ± 24 jam atau hingga benda uji telah mengeras.



Gambar 3. Pembuatan Benda Uji

Tabel 1 Jumlah dan kode sampel benda uji

No.	Persentase Variasi Campuran Beton	Kode Benda Uji	Umur Beton (hari)	Jumlah Benda Uji
1	0%	BN1, BN2 & BN3	7	3
		BN11, BN22 & BN33	28	3
2	2% (x) + 4% (y)	BA1, BA2 & BA3	7	3
		BA11, BA22 & BA33	28	3
3	6% (x) + 4% (y)	BAA1, BAA2 & BAA3	7	3
		BAA11, BAA22 & BAA33	28	3
Total				18

Keterangan

x = Serabut Kelapa Sawit

y = Kawat Ikat

BN = Beton Normal

BA = Beton Campuran 2% Serabut Kelapa Sawit + 4 % Kawat Ikat

BAA = Beton Campuran 6% Serabut Kelapa Sawit + 4 % Kawat Ikat

4. Perhitungan Rencana Campuran Beton (*mix design*)

Tujuan merencanakan campuran beton (*mix design*) adalah untuk menentukan proporsi campuran bahan baku dan bahan tambah benda uji yang memenuhi kriteria workabilitas (*workability*), kekuatan (*strength*), durabilitas (*durability*), serta penyelesaian akhir (*Final Settlement*) yang sesuai dengan spesifikasi melalui berat dari masing-masing material yang

digunakan dalam satu kali pengecoran. Perhitungan rencana campuran beton (*mix design*) penelitian ini mengacu pada metode perbandingan volume (ACI 1991) [10].

Dari nilai modulus kehalusan dan berat volume serta penggunaan FAS 0,45 didapatkan hasil perhitungan proporsi komposisi masing-masing material untuk 1 m^3 campuran beton dalam satu kali pengecoran seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Komposisi material untuk 1 m³ campuran beton

Persentase Variasi Serat (%)	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat Kasar (kg)	Pasir Kasar (kg)	Pasir Halus (kg)	Serabut (<i>Fiber</i>) Kelapa Sawit (kg)	Kawat Ikat (kg)	Total (Kg)
0%	415,02	186,76	1128,09	495,76	169,97	0	0	2395,60
2% (x) + 4% (y)	415,02	186,76	1128,09	495,76	169,97	8,30	16,60	2420,50
6% (x) + 4% (y)	415,02	186,76	1128,09	495,76	169,97	24,90	16,60	2437,10

Keterangan

x = Serabut Kelapa Sawit

y = Kawat Ikat.

5. Perawatan Benda Uji

Perawatan dilakukan dengan cara merendam semua benda uji ke dalam air jenuh atau pada ruang yang dipenuhi air jenuh. Pada temperatur $\pm 23^{\circ}\text{C}$ sampai saat pengujian ataupun pada waktu perawatan yang telah direncanakan. Serta perawatan benda uji sebaiknya tidak dilakukan pada air yang mengalir ataupun pada air yang menetes [11].

Namun pada sebuah penelitian dibuktikan dengan merawat benda uji di dalam air payau hal ini dapat memengaruhi kekuatan pada beton. Pada penelitiannya benda uji dilakukan pengecoran serta perawatan di dalam air payau serta membandingkannya terhadap benda uji yang pengecoran dan perawatannya tidak pada air payau berdasarkan metode tremie. Sehingga tidak tertutup kemungkinan nantinya benda uji juga dapat dilakukan perawatan pada air yang mengalir dengan menggunakan metode yang baik dan sesuai [12].

Pada penelitian ini semua benda uji direndam ke dalam kolam perawatan milik PT. Espe Makmur beton hingga waktu pengujian atau selama 7 dan 28 hari.



Gambar 4. Perawatan benda uji

6. Pengujian Kuat Tekan Benda Uji

Pengujian kuat tekan dilaksanakan di laboratorium PT. Espe Makmur Beton, untuk benda uji umur 7 dan 28 hari. Sebelum benda uji diletakkan pada mesin uji tekan beton, terlebih dahulu semua benda uji ditimbang beratnya menggunakan timbangan untuk didapatkan berat jenisnya dari setiap variasi sampel benda uji. Selanjutnya pengujian dilakukan dengan cara meletakkan benda uji pada mesin uji tekan beton (merek indotest) untuk diberikan pembebanan secara berkala sehingga benda uji hancur dan tidak mampu lagi menerima beban yang diberikan. Seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 5. Pengujian kuat tekan beton

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Uji Material

Material yang diuji diantara-Nya yaitu agregat kasar (kerikil), pasir kasar, pasir halus dan serabut kelapa sawit.

Untuk pengujian material agregat kasar (kerikil), pasir kasar dan pasir halus, masing-masing material diayak dengan satu set ayakan saringan, yang dilakukan laboratorium PT. Espe Makmur Beton, lalu berat material yang lolos saringan masing-masing dihitung menggunakan *Microsoft Excel* untuk mendapatkan nilai

modulus kehalusan dan berat volume dari masing-masing agregat.

Sedangkan material serabut kelapa sawit diuji untuk mengetahui nilai kadar air nya, pengujian dilakukan di laboratorium PT. Socfindo Kebun Seunagan dengan metode gravimetri. Material serabut kelapa sawit mula-mula ditimbang beratnya sebanyak 1000 gram, lalu di oven selama 24 jam pada suhu $\pm 100^{\circ}\text{C}$. Kemudian material serabut kelapa sawit yang sudah di oven ditimbang kembali sehingga didapatkan hasil selisih pengurangan berat serabut kelapa sawit sebelum dan sesudah di oven. Untuk memperoleh nilai kadar airnya dapat dihitung dengan rumus penentuan kadar air:

$$\text{Kadar air} = \frac{B-C}{B-A} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan

A = Berat wadah kosong

B = Berat wadah + berat serabut kelapa sawit sebelum di oven

C = Berat wadah + berat serabut kelapa sawit sesudah di oven

Tabel 3. Hasil uji material

No.	Material	Pengujian		
		Modulus Kehalusan (%)	Berat Volume (kg/l)	Kadar Air (%)
1	Kerikil	6,63	1,68	-
2	Pasir Kasar	3,27	1,66	-
3	Pasir Halus	2,20	1,62	-
4	Serabut Kelapa Sawit	-	-	13,03

2. Hasil Uji Kuat Tekan

Tabel 4. Hasil pengujian kuat tekan beton

Variasi Campuran	Kode	Umur (hari)	Hasil Pengujian		
			Berat Jenis (kg)	Kuat Tekan (KN)	Kuat Tekan (Mpa)
0%	BN1	7	8,49	240	10,67
	BN2	7	8,04	300	13,33
	BN3	7	8,25	310	13,78
Rata-Rata					12,59

2% (x) + 4% (y)	BA1	7	7,27	160	7,11
	BA2	7	7,46	180	8,00
	BA3	7	7,33	150	6,67
Rata-Rata					7,26
6% (x) + 4% (y)	BAA1	7	6,44	60	2,67
	BAA2	7	6,45	75	3,33
	BAA3	7	6,01	50	2,22
Rata-Rata					2,74
0%	BN11	28	8,26	325	14,44
	BN22	28	8,20	405	18,00
	BN33	28	8,33	395	17,56
Rata-Rata					16,67
2% (x) + 4% (y)	BA11	28	7,58	205	9,11
	BA22	28	7,51	200	8,89
	BA33	28	7,63	250	11,11
Rata-Rata					9,70
6% (x) + 4% (y)	BAA11	28	6,84	100	4,44
	BAA22	28	6,81	100	4,44
	BAA33	28	6,78	135	6,00
Rata-rata					4,96

Keterangan:

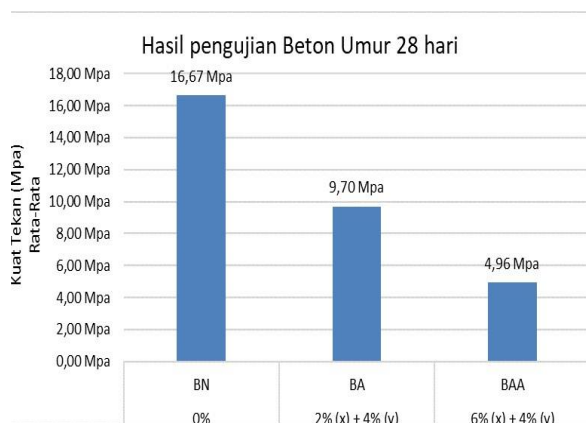
x = Serabut Kelapa Sawit

y = Kawat Ikat

BN = Beton Normal

BA = Beton Campuran 2% Serabut Kelapa Sawit + 4 % Kawat Ikat

BAA = Beton Campuran 6% Serabut Kelapa Sawit + 4 % Kawat ikat



Gambar 6. Grafik hasil pengujian kuat tekan rata-rata benda uji umur 28 hari

Dari tabel dan grafik diatas diperoleh nilai kuat tekan rata-rata untuk setiap variasi benda uji umur 28 hari berturut-turut sebesar 16,67 Mpa, 9,70 Mpa dan 4,96 Mpa.

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh maka didapatkan nilai persentase perbandingan peningkatan ataupun penurunan kuat tekan terhadap masing-masing variasi beton serat (serabut kelapa sawit dan kawat ikat) terhadap kuat tekan beton normal seperti pada tabel berikut ini.

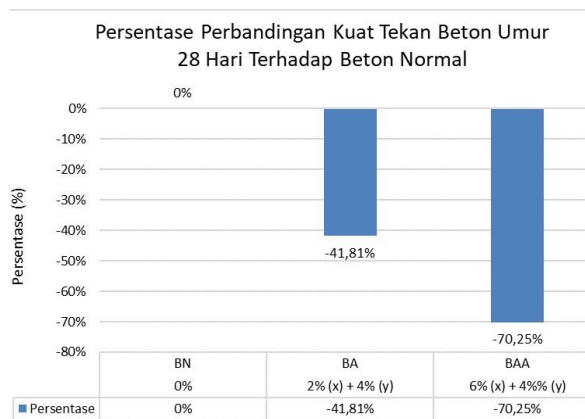
Tabel 5. Perbandingan kuat tekan beton umur 28 hari (N/mm²)

No.	Variasi Beton	Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	Nilai Perbandingan Terhadap Beton Normal (%)
1	0%	16,67 Mpa	-
2	2% (x) + 4% (y)	9,70 Mpa	Terjadi penurunan sebesar 41,81%
3	6% (x) + 4% (y)	4,96 Mpa	Terjadi penurunan sebesar 70,25%

Keterangan:

x = Serabut Kelapa Sawit

y = Kawat Ikat



Gambar 7. Grafik persentase perbandingan kuat tekan beton umur 28 hari

Dari hasil yang didapatkan menunjukkan belum ada peningkatan kuat tekan dari benda uji dengan tambahan serat (serabut kelapa sawit dan kawat ikat) baik umur 7 maupun 28 hari terhadap kuat tekan beton normal. Bahkan benda uji yang dicampurkan dengan bahan tambah serabut kelapa sawit dan kawat ikat mengalami penurunan kuat tekan yang sangat signifikan pada benda uji variasi 6% (serabut kelapa sawit) + 4% (kawat ikat) sebesar 4,96 Mpa atau beton mengalami persentase penurunan sebesar 70,25% jika dibandingkan terhadap kuat tekan beton normal.

KESIMPULAN

1. Dari hasil uji kuat tekan rata-rata benda uji umur 28 hari dengan variasi 0%, 2% (serabut kelapa sawit) + 4% (kawat ikat) dan 6% (serabut kelapa sawit) + 4% (kawat ikat) didapatkan hasil kuatnya berturut-turut

adalah sebesar 16,67 Mpa, 9,70 Mpa dan 4,96 Mpa.

2. Terjadi penurunan kuat tekan pada beton serat variasi 2% (serabut kelapa sawit) + 4% (kawat ikat) sebesar 41,81% terhadap kuat tekan beton normal. Serta Terjadi penurunan kuat tekan pada beton serat variasi 6% (serabut kelapa sawit) + 4% (kawat ikat) sebesar 70,25% terhadap kuat tekan beton normal.
3. Berdasarkan analisis dan penelitian yang telah dilakukan terhadap benda uji dengan campuran bahan tambah (*admixture*) serat (serabut kelapa sawit dan kawat ikat) maka hal ini berdampak negatif terhadap kuat tekan beton.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. K. Sni, "Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung," 2002.
- [2] M. S. Al Huseiny and R. Nursani, "Pengaruh Bahan Tambah Serat Fiber Terhadap Kuat Tekan dan Lemtur Beton," *J. Ilm. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 63–69, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.unsil.ac.id/index.php/akselerasi/article/view/1505/1023>
- [3] S. Prayitno, Supardi, and D. A. Y. Asmara, "Pengaruh Penambahan Serat Kawat Ikat (Bendrat) Pada Kuat Tekan Dan Lentur Beton Bertulang Dengan Abu Sekam Padi Dan Accelerator," *e-Jurnal MATRIKS Tek. SIPIL*, no. September, pp. 899–908, 2016.

- [4] L. A. Pratama, A. H. Rifqi, and M. Riyadi, "Kinerja Serat Kawat Bendrat Sebagai Bahan Tambah Beton Fas 0.4," *Constr. Mater. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 33–40, 2021, doi: 10.32722/cmj.v3i1.3744.
- [5] Y. Trianah, "Pengaruh Penambahan Serabut (Fiber) Kelapa Sawit Terhadap Porositas Beton," *J. Tek. Sipil Cendekia*, vol. 3, no. 2, pp. 28–37, 2022, doi: 10.51988/jtsc.v3i2.49.
- [6] T. Gas, T. Kuat, K. T. Belah, M. Elastisitas, and F. Ash, "359-1382-1-Pb," pp. 611–619, 2015.
- [7] Y. A. Fitri *et al.*, "Distribusi geser dalam pada balok beton bertulang mutu tinggi dengan penambahan serat kawat bendrat 1)," vol. 1, pp. 877–884, 2018.
- [8] A. Junaidi, "Analisa Pengaruh Penggunaan Bahan Campuran Kawat Beton," pp. 233–244.
- [9] F. Julianto, E. Samsurizal, and C. Djaja Mungok, "Pengaruh Campuran Kawat Bendrat Terhadap Kekuatan Balok Beton Dengan Mutu 20 Mpa," *J. Mhs. Tek. Sipil Univ. Tanjungpura*, vol. 2, pp. 1–10, 2016, [Online]. Available: <https://www.neliti.com/citations/192360/bib>
- [10] A. C. I. C. 211, *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*, vol. 91, no. Reapproved. 1991.
- [11] SNI 2493-2011, "Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium," *Badan Standar Nas. Indones.*, p. 23, 2011, [Online]. Available: www.bsn.go.id
- [12] et al Farizal, Teuku, "Pengecoran Beton Dalam Air Payau Menggunakan Admixture terhadap Kuat Tarik Belah," vol. 7, no. 2, pp. 124–135, 2021.