

## PENGARUH PENAMBAHAN POTONGAN KAWAT BENDRAT TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON

**Sena Saepul Milah<sup>1</sup>, Yudi Pirmansyah<sup>2</sup>, dan Ignatius Sudarsono<sup>3</sup>**

<sup>1,2)</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Langlangbuana, Bandung

<sup>3)</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Langlangbuana, Bandung

e-mail: [Senasaepul97@gmail.com](mailto:Senasaepul97@gmail.com)<sup>1)</sup>, [Yudipirmansyah@gmail.com](mailto:Yudipirmansyah@gmail.com)<sup>2)</sup>, [Ignazsd2@gmail.com](mailto:Ignazsd2@gmail.com)<sup>3)</sup>

### ABSTRAK

Beton fiber merupakan material komposit yang terbuat dari campuran beton konvensional dan serat. Manfaat utama dari penambahan serat adalah keuletannya, yang membantu mengendalikan retak dan meningkatkan kekuatan lentur beton. Pada beberapa struktur, retak rambut harus dihindari, sehingga serat baja biasanya ditambahkan untuk mencegah penyebaran retakan. Untuk mengurangi biaya, potongan kawat bendrat digunakan sebagai pengganti serat baja, dengan harapan dapat meningkatkan nilai modulus elastisitas dan kekuatan tekan beton. Penelitian dilakukan melalui pengujian di laboratorium, di mana potongan kawat bendrat sepanjang 5 cm ditambahkan ke dalam campuran beton dengan variasi persentase sebesar 1%, 2%, dan 3% dari berat beton. Hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan modulus elastisitas tertinggi terjadi pada campuran dengan kawat 1%, mencapai 30.552,32 MPa, dibandingkan dengan 27.277 MPa pada beton normal. Pada campuran 2%, terjadi peningkatan sebesar 11,5%, mencapai 30.418,83 MPa, sementara campuran 3% hanya mengalami peningkatan 5,8%, dengan nilai 28.879,45 MPa. Secara keseluruhan, campuran kawat bendrat 1% memberikan hasil terbaik dalam meningkatkan modulus elastisitas, sementara persentase yang lebih tinggi menghasilkan peningkatan yang semakin kecil

Kata kunci: Beton fiber; kawat bendrat; kuat tekan; modulus elastisitas

### 1. PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Kebutuhan akan perumahan dan pertumbuhan infrastruktur telah memunculkan ide baru di bidang rekayasa struktur, terutama di bidang teknologi bahan bangunan. Tujuan dari ide baru yang dilakukan adalah untuk menyediakan material struktural dengan kualitas yang diinginkan dengan harga yang wajar dan menggunakan teknologi yang hemat biaya.

Kinerja beton telah ditingkatkan dari waktu ke waktu melalui sejumlah perkembangan, diantaranya seperti beton serat, beton pratekan, dan beton bertulang. Tjokrodinuljo (1996) menuturkan bahwa beton fiber merupakan suatu material komposit yang terbuat dari campuran beton biasa dan komponen tambahan berupa serat.

Sifat elastis beton umumnya diukur dengan menggunakan modulus elastisitas. Kemampuan suatu bahan memikul beban berkorelasi langsung dengan modulus elastisitasnya. Kuat tekan beton adalah beban tekan maksimum yang dapat ditanggung beton per satuan luas sebelum mengalami keruntuhan (Muhammad Rifky, 2011)

Untuk beberapa bangunan tertentu retak rambut pada beton harus dihindari, sehingga perlu adanya penambahan serat baja pada adukan beton yang berguna untuk menahan retakan agar tidak menyebar. Potongan kawat bendrat digunakan sebagai bahan pengganti serat baja agar pembuatan beton lebih ekonomis.

Berdasarkan permasalahan diatas, penelitian ini bermaksud melakukan pengujian terhadap beton dengan menambahkan potongan kawat bendrat pada adukan beton. Peningkatan modulus elastisitas beton dan kuat tekan beton diharapkan terjadi setelah potongan kawat bendrat ditambahkan sebesar 1%, 2% dan 3% terhadap berat campuran beton dengan panjang 5 cm.

#### Beton Serat

Beton serat dibuat dengan menggabungkan sejumlah serat, air, agregat halus dan kasar, semen hidrolik, dan serat dalam jumlah tertentu. Pada dasarnya tujuannya adalah untuk menambahkan lebih banyak campuran beton dengan bahan serat yang berorientasi acak dan tersebar secara merata.

Beton serat didefinisikan oleh *American Concrete Institute* (ACI) sebagai konstruksi yang terbuat dari semen, agregat halus dan kasar, dan sejumlah kecil serat. Menurut Komite ACI 544, material yang berbahan dasar baja atau besi apa pun yang berbentuk kecil, datar, dan panjang dapat gunkan sebagai serat dalam beton. Serat baja menurut ACI Committee 544 biasanya berukuran panjang 0,5 inci (12,77 mm) hingga 2,5 inci (63,57 mm) dan diameter 0,017 inci (0,45 mm) hingga 0,04 inci (1,0 mm). Umumnya sifat-sifat kawat sebagai bahan fiber yang dipakai untuk campuran beton di sajikan pada Tabel 1.(Hamdi, 2019)

Tabel 1. Sifat-sifat kawat sebagai bahan fiber (Hamdi, 2019)

Jensi Kawat	Kuat Tarik (Mpa)	Perpanjangan pada saat putus (%)	Specific Gravity
Kawat baja	230,0	10,5	7,77
Kawat bendrat	38,5	5,5	6,68
Kawat biasa	25,0	30,0	7,70

### Serat Fiber

Menurut ASTM dijelaskan bahwa serat setidaknya mempunyai panjang 100 kali diameternya dan minimal 5 mm. Material serat bisa menggunakan : serat alami (rami, bambu, ijuk), serat asbestos, serat plastic (*polypropylene*), atau potongan kawat baja. Bahan serat umumnya berbentuk batang-batang kecil dengan diameter antara 5 dan 500 μ m (*mikro meter*) dan dengan ukuran panjang berkisar antara 25 mm sampai 100 mm. Umumnya jenis serat yang banyak digunakan adalah serat baja 3D, 4D, dan 5D Dramix yang diproduksi oleh pabrik di pabrik manufaktur.

Bahan-bahan lokal yang dapat dimodifikasi menjadi bahan serat *fiber* adalah kawat bendrat yang mudah didapatkan dipasaran dengan harga yang relatif murah. Kawat bendrat umumnya digunakan sebagai material pengikat tulangan beton.



Gambar 1. Modifikasi kawat bendrat yang dipotong dengan panjang 5cm (Dokumentasi Penelitian)

### Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah beban tekan maksimum yang dapat ditanggung beton per satuan luas sebelum mengalami keruntuhan. Uji kuat tekan biasanya dilakukan di laboratorium untuk mengevaluasi kualitas beton sesuai dengan desain dan standar yang berlaku.

Pada pengujian ini, peralatan dan protokol yang telah ditetapkan digunakan untuk menentukan nilai kuat tekan beton. Prosesnya melibatkan penerapan beban tekan berlapis-lapis dengan laju kenaikan tertentu pada benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm sampai benda uji tersebut hancur. Menurut standar ASTM (American Society for Testing Materials) C39-86, seperti yang dikemukakan oleh Dhipohusodo (1994), Kuat tekan beton di tentukan berdasarkan tegangan tekan maksimum ( $f'_c$ ) yang dapat dicapai oleh benda uji pada umur 28 hari selama pengujian kompresi. Kuat tekan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (1).

$$f'_c = \frac{P}{A} \tag{1}$$

dengan  $f'_c$ = kuat tekan (Mpa),  $P$  = beban maksimum (N), dan  $A$  = Luas permukaan benda uji ( $\text{mm}^2$ )

### Modulus Elastisitas

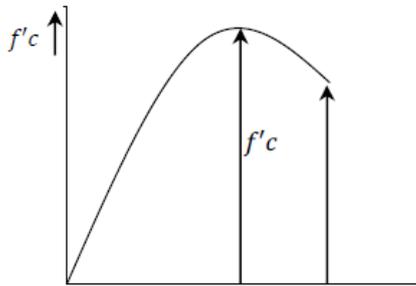
Rasio antara tegangan normal dan regangan yang terjadi pada material ketika menerima tegangan tarik atau tekan, selama tegangan tersebut berada di bawah batas proporsionalitas material disebut modulus elastisitas. Untuk beton, modulus elastisitas mengukur hubungan antara tegangan dan regangan dalam kondisi elastis. Menurut SNI 2847 (Badan Standar Nasional, 2013), terdapat rumus khusus untuk menghitung modulus elastisitas beton. Untuk beton yang memiliki berat jenis ( $W_c$ ) 1440 sampai 2560  $\text{kg/m}^3$ , digunakan Persamaan (2). Sedangkan untuk beton normal, digunakan Persamaan (3). Persamaan ini membantu menentukan modulus elastisitas beton berdasarkan karakteristik material dan kondisi pengujian.

$$E_c = 0,043 W_c^{1,50} \sqrt{f'_c} \tag{2}$$

dengan  $E_c$ = modulus elastisitas beton (Mpa),  $W_c$  = berat beton ( $\text{Kg/m}^3$ ),  $f'_c$ = kuat tekan (Mpa)

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

dengan  $E_c$ = modulus elastisitas beton (Mpa),  $f'_c$ = kuat tekan (Mpa)



Gambar 2. Kurva Tegangan-Regangan Beton Yang Diberi Tekanan (Andri Pramuja, 2018)

Pada Gambar 1. bagian kurva (sekitar 40% dari  $f'_c$ ) umumnya dapat dianggap linier untuk keperluan praktis. Namun, ketika mendekati 70% dari tegangan hancur, material mulai kehilangan kekakuannya secara signifikan, sehingga kurva menjadi tidak linier lagi..

Modulus elastisitas yang ditentukan berdasarkan rekomendasi ASTM C-469/C569M-14 yang dapat dihitung dengan persamaan (4).

$$E_c = \frac{s_2 - s_1}{\epsilon_2 - 0,00005} \quad (4)$$

dengan  $E_c$ = modulus elastisitas beton (Mpa),  $s_2$ = tegangan beton saat 40% beban batas,  $s_1$ = besar tegangan saat regangan 0,00005,  $\epsilon_2$ = regangan saat 40% beban batas

**Kuat Tarik Lentur**

SNI 03-4431(1997). Mendefinisikan kuat tarik lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua penyangga untuk menahan gaya yang bekerja tegak lurus terhadap sumbu benda uji hingga benda tersebut patah. Kuat tarik lentur dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) sebagai gaya per satuan luas. Menurut SK SNI T-15-1991-03, apabila nilai kekakuan tidak dihitung dengan cara analisis dan lebih mendetail dan teliti maka besarnya lendutan sesaat setelah pembebanan dapat dihitung dengan Persamaan (5).

$$f_r = 0,7 \sqrt{f'_c} \quad (5)$$

dengan  $f_r$ = kuat tarik lentur beton (Mpa),  $f'_c$ = kuat tekan (Mpa)

**2. METODE PENELITIAN**

Metode eksperimental digunakan dengan melakukan pengujian benda uji beton di Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Bandung. Beton normal dengan mutu  $f'_c$  25 MPa dijadikan sebagai benda uji, dan potongan kawat bendrat ditambahkan dengan variasi campuran 1%, 2%, dan 3%. Kawat bendrat yang digunakan memiliki ukuran diameter 0,8 mm dan dipotong sepanjang 5 cm. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm diuji untuk kuat tekan dan modulus elastisitas menggunakan Compression Testing Machine dan Compressometer. Pengujian dilakukan pada saat usia benda uji beton 7, 14, dan 28 hari, yang terlampir pada Tabel 2.

Tabel 2. Perincian pengujian pada setiap benda uji

Kode Benda Uji	Jenis Pengujian	Jumlah Benda Uji (Buah)
SCN	Kuat Tekan	9
SCN	Modulus Elastisitas	9
SCB 1%	Kuat Tekan	9
SCB 1%	Modulus Elastisitas	9
SCB 2%	Kuat Tekan	9
SCB 2%	Modulus Elastisitas	9
SCB 3%	Kuat Tekan	9
SCB 3%	Modulus Elastisitas	9
		72

**Perbandingan Dalam Campuran Beton (Mix Design)**

Dalam menentukan komposisi campuran beton, maka dilakukan pengujian terhadap agregat yang dituju guna menentukan nilai desain campuran beton yang disebut juga mix design. Pada Tabel 3. Dilampirkan perbandingan campuran bahan untuk kebutuhan 1 m<sup>3</sup> dan 6 buah benda uji. Pada Tabel 4 dilampirkan kebutuhan potongan kawat bendrat untuk variasi campuran 1%, 2% dan 3% terhadap berat campuran beton.

Tabel 3. Perbandingan Campuran Beton

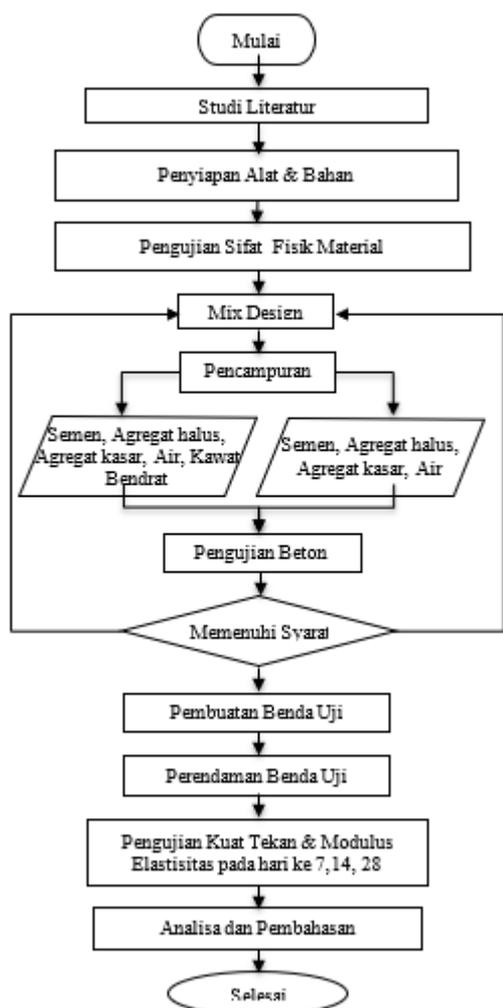
No	Jenis Bahan Campuran	Komposisi 6 Benda Uji	Perbandingan
1	Semen Portland	17,94	1,00

	(kg)		
2	Air (liter)	9,55	0,47
3	Agregat Halus (kg)	26,73	1,46
4	Agregat Kasar (kg)	39,17	2,14
Jumlah Total Bahan		93,39	

Tabel 4. Kebutuhan potongan kawat bendrat untuk setiap variasi

No	Pesentase campuran kawat bendrat	Berat kawat (kg) untuk 6 benda uji
1	Beton Normal 0%	0,000
2	Beton + Kawat Bendrat 1%	0,934
3	Beton + Kawat Bendrat 2%	1,868
4	Beton + Kawat Bendrat 3%	2,802

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir penelitian (Dokumentasi Penelitian)

### Pengujian kuat tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan ketika beton telah mencapai usia 7, 14 dan 28 hari pada masing-masing variasi, diantaranya beton normal dan beton dengan tambahan potongan kawat bendrat 1%, 2% dan 3% dengan tahapan sebagai berikut:

- Keluarkan benda uji sehari sebelum pengujian.
- Ukur diameter dan panjang benda uji silinder kemudian timbang berat benda uji.
- Letakan benda uji di atas mesin uji tekan.
- Jalankan mesin uji kuat tekan dengan memeberikan beban berkisar antara 2 – 4 kg/cm<sup>2</sup> per detik.
- Lakukan kembali pembebanan sampai beban maksimum, yaitu jarum beban mesin penekan tidak bergerak naik.
- Catatlah beban maksimum dari benda uji.
- Lakukan perhitung kuat tekan setiap benda uji.

### Uji modulus elastisitas

Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan ketika beton telah mencapai umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari pada masing-masing variasi, diantaranya beton normal, beton dengan campuran potongan kawat bendrat 1%, 2% dan 3%. Pengujian ini dilakukan menggunakan mesin *compression testing* dan alat *compressometer* dengan langkah-langkah sebagai berikut :

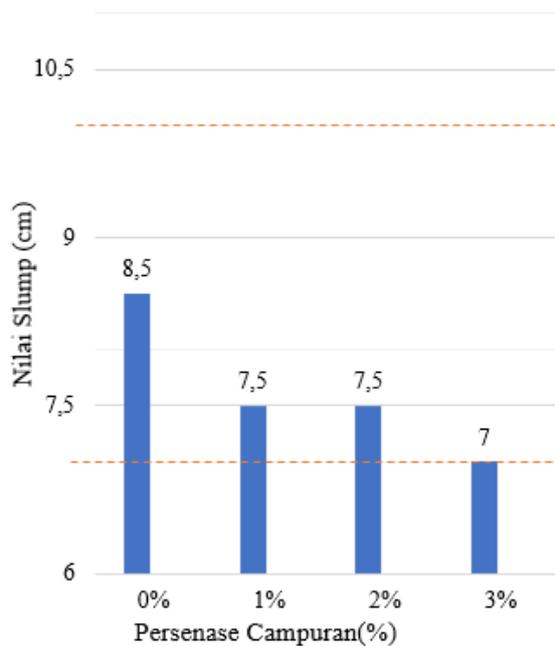
- Ukur diameter dan panjang benda uji silinder kemudian timbang berat benda uji..
- Letakan benda uji pada alat ukur modulus elastisitas / *compressometer*. Posisikan sentris dan level ke semua arah dengan bantuan waterpas. Kemudian ukur tinggi *compressometer*.(Lo)
- Letakan *compressometer* yang bersisi benda uji pada mesin kuat tekan secara sentris, posisikan jarum dial pada angka nol sepebum pembebanan.
- Hitung beban P elastis (40% dari Kuat tekan minimum kuat tekan ) kemudian tentukan interval pembebanan dan catat pada lembar kerja.

- Jalankan mesin penekan dengan interval 10 kN sampai beban elastis (40% dari kuat tekan minimum)
- Jalankan kembali mesin penekan dengan interval 10N sampai benda uji retak.
- Baca dan catat setiap defleksi pada dial untuk setiap kenaikan pembebanan sesuai dengan interval yang telah ditentukan sampai beban maksimum.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Slump test

Pengujian slump dilakukan untuk setiap sampel campuran beton normal dan beton dengan campuran kawat bendrat. Kerucut Abrams digunakan untuk uji slump, dan diisi dengan campuran beton segar dalam tiga tingkat, yang masing-masing merupakan sepertiga dari total volume kerucut (setiap bahan yang diambil harus mewakili campuran). Hasil uji slump untuk setiap sampel campuran beton dilampirkan pada Gambar 4.



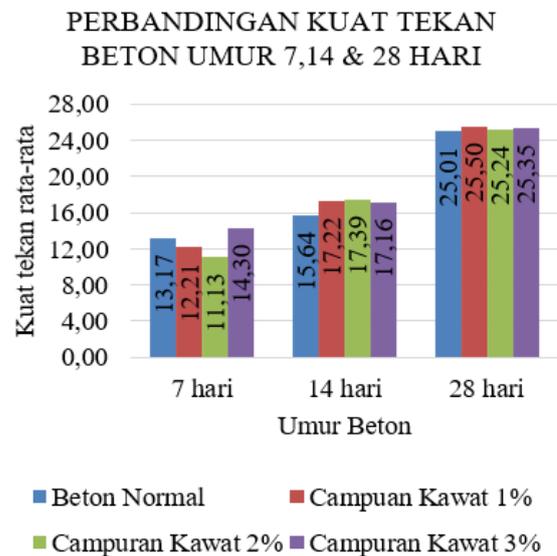
Gambar 4. Perbandingan hasil slump beton normal dan beton dengan campuran kawat bendrat

#### Uji kuat tekan

Pengujian kuat tekan beton ini dilakukan bertujuan mendapatkan nilai kuat tekan beton minimum yang digunakan sebagai acuan untuk pengujian modulus elastisitas beton. Pada Tabel 6. dapat dilihat hasil

pengujian kuat tekan beton pada umur 7, 14, dan 28 hari.

Hasil pengujian kuat tekan beton pada usia 7 hari menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton normal rata-rata sebesar 13,17 MPa, sementara untuk campuran kawat bendrat 1%, 2%, dan 3% berturut-turut adalah 12,21 MPa, 11,13 MPa, dan 14,30 MPa. Semua benda uji pada usia 7 hari tidak memenuhi target kuat tekan beton menurut SNI, yaitu 16,25 MPa. Pada usia 14 hari, nilai kuat tekan beton normal rata-rata sebesar 15,64 MPa, sedangkan beton dengan campuran kawat bendrat 1%, 2%, dan 3% berturut-turut adalah 12,22 MPa, 17,39 MPa, dan 17,16 MPa. Semua benda uji pada usia 14 hari juga tidak memenuhi target kuat tekan SNI, yaitu 22 MPa. Pada usia 28 hari, kuat tekan beton normal rata-rata mencapai 25,01 MPa, dan beton dengan campuran kawat bendrat 1%, 2%, dan 3% berturut-turut sebesar 25,5 MPa, 25,24 MPa, dan 25,35 MPa. Peningkatan kuat tekan maksimal terjadi pada variasi campuran kawat bendrat 1%.



Gambar 5. Diagram Perbandingan Kuat Tekan Beton Umur 7,14, dan 28 Hari

Dari Gambar 5. dapat disimpulkan bahwa kuat tekan beton tidak mengalami peningkatan yang berarti setelah di tambahkan campuran potongan kawat bendrat pada adukan beton. Rata-rata kuat tekan maksimal tercapai pada variasi campuran kawat bendrat 1%, yaitu sebesar 25,50 MPa, dengan peningkatan hanya sekitar 2% dibandingkan kuat tekan beton normal yang mencapai 25,01 MPa.

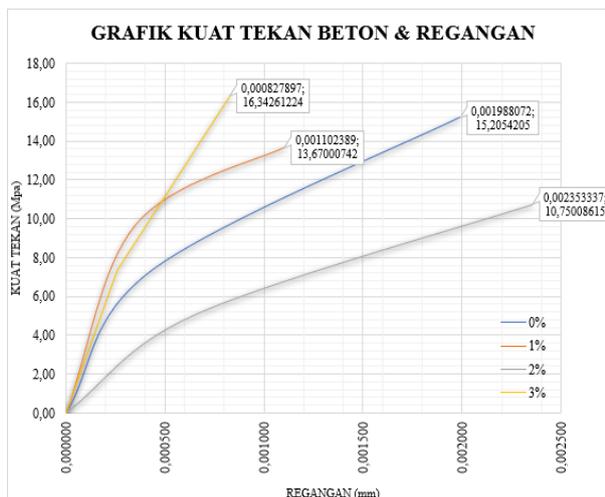
### Uji modulus elastisitas

Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan ketika beton telah mencapai umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari pada masing-masing variasi, diantaranya beton normal, beton dengan tambahan potongan kawat bendrat 1%, 2% dan 3%. Pengujian ini dilakukan menggunakan mesin *compression testing* dan alat *compressometer*. Hasil pengujian Modulus elastisitas dilampirkan pada pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji modulus elastisitas beton umur 7 hari

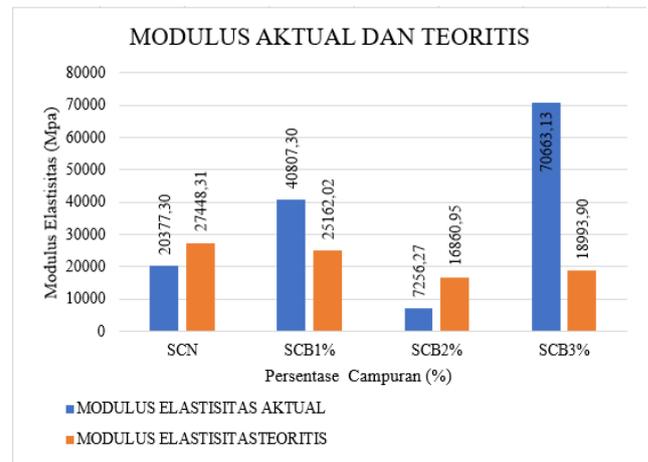
Umur	Kode	Modulus aktual	Modulus rata-rata
7 Hari	SCN-A	18.224,23	20.377,30
	SCN-B	22.530,37	
	SCB-1A	7.728,61	40.807,30
	SCB-1B	73.885,98	
	SCB-2A	6.993,61	7.256,27
	SCB-2B	7.518,92	
	SCB-3A	112.554,11	70.663,13
	SCB-3B	28.772,15	

Dari hasil tabel diatas maka didapatkan nilai rata-rata modulus elastisitas aktual pada beton normal usia 7 hari sebesar 20.377,3 Mpa, sedangkan pada beton dengan campuran kawat bendrat pada variasi campuran 1%, 2% dan 3% berturut-turut adalah 40.807,30 Mpa, 7.256,27 Mpa dan 70.663,13 Mpa. Sedangkan menurut perhitungan teoritis dengan dengan metode SNI berturut-turut adalah beton normal 27.448,31 Mpa, beton campuran kawat bendrat 1% sebesar 25.162,02 Mpa, beton campuran kawat bendrat 2% sebesar 25.162,02 Mpa, beton campuran kawat bendrat 3% sebesar 18.993,90 Mpa. Peningkatan nilai modulus elastisitas maksimum terjadi pada variasi campuran kawat bendrat 1% dan 3%.



Gambar 6. Grafik Hubungan Tegangan Regangan Sample Beton Normal dan Beton Dengan Campuran Kawat Bendrat Pada Umur 7 Hari

Dari Gambar 6. pada usia benda uji 7 hari tegangan maksimal dihasilkan pada variasi campuran kawat bendrat 3%. Akan tetapi pada variasi 1% dan 2% tegangan mengalami penurunan dari beton normalnya.



Gambar 7. Diagram perbandingan nilai modulus elastisitas antara metode ASTM C-465 dengan metode SNI 2847-2013 pada beton pada umur 7 hari

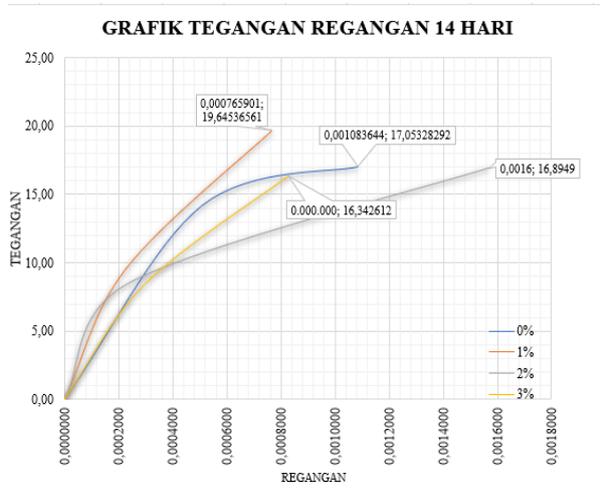
Dari Gambar 7. Diagram perbandingan nilai modulus elastisitas antara metode ASTM C-465 dan metode SNI 2847-2013 menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas aktual pada variasi campuran kawat bendrat 1% dan 3% lebih tinggi dibandingkan dengan hasil yang diperoleh menggunakan metode SNI 2847-2013.

Tabel 6. Hasil uji modulus elastisitas beton umur 14 hari

Umur	Kode	Modulus aktual	Modulus rata-rata
14 Hari	SCN-A	91.673,99	57.313,13
	SCN-B	22.952,27	
	SCB-1A	34.264,29	38.425,06
	SCB-1B	42.585,83	
	SCB-2A	30.429,58	40.680,61
	SCB-2B	65.592,63	
	SCB-2C	26.019,62	43.766,17
	SCB-3A	25.680,30	
	SCB-3B	11.414,19	
	SCB-3C	94.204,02	

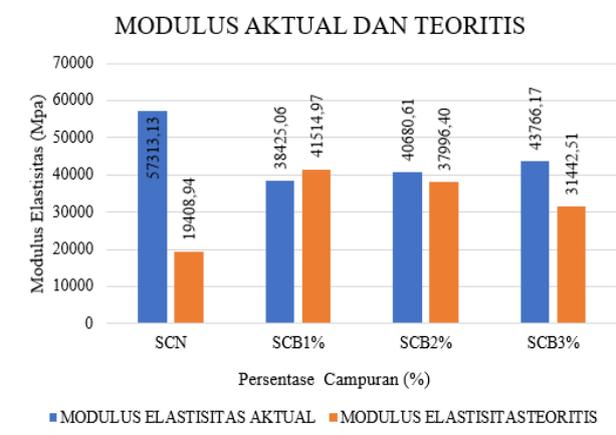
Pada Tabel 6. menunjukkan nilai modulus elastisitas aktual pada variasi campuran kawat bendrat 1%,

2% dan 3% berturut-turut adalah 38.425,08 Mpa, 40.680,61 Mpa, dan 43.766,17 Mpa. Pada semua variasi penambahan potongan kawat bendrat mengalami penurunan dari nilai modulus elastisitas beton normalnya yang mempunyai nilai modulus elastisitas 57.313,2 Mpa.



Gambar 8. Hubungan Tegangan Regangan Sample Beton Normal dan Beton Dengan Campuran Kawat Bendrat Pada Umur 14 Hari

Dari Gambar 8. menunjukkan bahwa tegangan maksimal dihasilkan pada variasi campuran kawat bendrat 3%. Akan tetapi, pada variasi 1% dan 2% hasil tegangan mengalami penurunan dari beton normalnya yaitu sebesar 16,34 Mpa dan 16,33 Mpa.



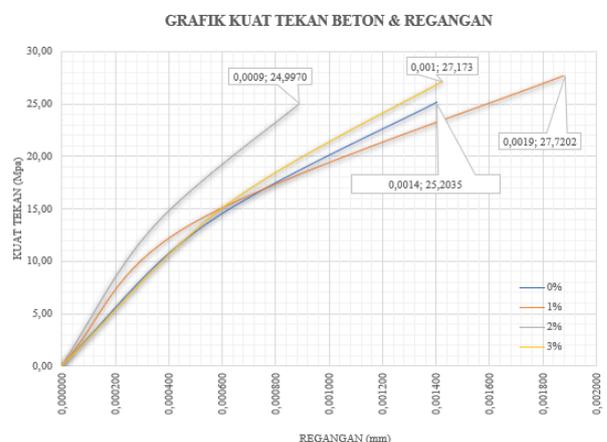
Gambar 9. Diagram perbandingan nilai modulus elastisitas antara metode ASTM C-465 dengan metode SNI 2847-2013 pada beton pada umur 14 hari

Dari Gambar 9, perbandingan nilai modulus elastisitas antara metode ASTM C-465 dan metode SNI 2847-2013 menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas aktual pada variasi campuran kawat bendrat 0%, 2%, dan 3% lebih tinggi dibandingkan dengan hasil menggunakan metode SNI 2847-2013. Namun, pada variasi campuran kawat bendrat 1%, nilai modulus elastisitas aktual lebih rendah dibandingkan dengan modulus elastisitas teoritis berdasarkan metode SNI.

Tabel 7. Hasil uji modulus elastisitas beton umur 28 hari

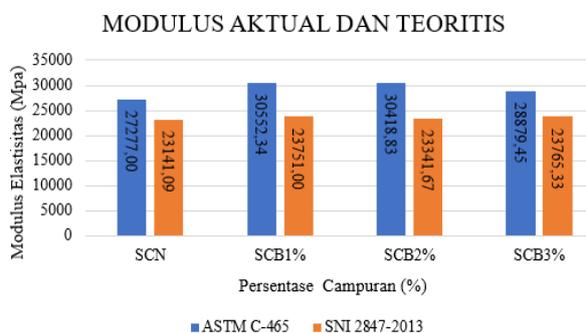
Umur	Kode	Modulus aktual	Modulus rata-rata
28 Hari	SCN-A	29.543,25	27.277,00
	SCN-B	25.010,74	
	SCB-1A	20.930,62	30.552,34
	SCB-1B	31.174,20	
	SCB-1C	39.552,20	
	SCB-2A	33.811,95	30.418,83
	SCB-2B	28.722,26	
	SCB-2C	28.722,26	
	SCB-3A	21.438,87	28.879,45
	SCB-3B	36.036,83	
	SCB-3C	29.162,66	

Dari hasil Tabel 7. didapatkan nilai rata-rata modulus elastisitas aktual pada beton normal usia 28 hari sebesar 27.277 Mpa, sedangkan pada beton dengan campuran kawat bendrat pada variasi campuran 1%, 2% dan 3% berturut-turut adalah 30.552,34 Mpa, 30.418,83 Mpa dan 28.879,45Mpa.



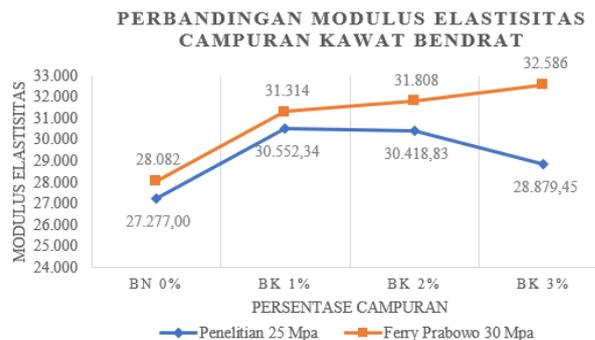
Gambar 10. Hubungan tegangan regangan pada umur 28 hari untuk sample beton normal dan beton dengan campuran kawat bendrat

Dari Gambar 10. menunjukkan tegangan beton normal sebesar 25,2 Mpa dengan regangan optimum sebesar 0,001402, pada beton dengan variasi campuran potongan kawat bendrat 1% didapatkan hasil tegangan beton sebesar 27,72 Mpa dengan regangan optimum sebesar 0,001877, pada variasi campuran potongan kawat bendrat 2% didapatkan hasil tegangan sebesar 25,55 Mpa dengan regangan optimum 0,000961, dan pada variasi campuran potongan kawat bendrat 3% tegangan beton yang didapatkan sebesar 27,17 Mpa dengan regangan optimum sebesar 0,001422. Dari hasil di atas menunjukkan bahwa beton yang memiliki regangan optimum dihasilkan oleh variasi campuran potongan kawat bendrat 1% dengan hasil kuat tekan 27,72 Mpa sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan potongn kawat bendrat memberikan peningkatan terhadap nilai modulus elastisitas.



Gambar 11. Diagram perbandingan nilai modulus elastisitas antara metode ASTM C-465 dengan metode SNI 2847-2013 pada beton pada umur 28 hari

Dari Gambar 11. perbandingan nilai modulus elastisitas antara metode ASTM C-465 dan metode SNI 2847-2013 menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas aktual pada beton normal serta variasi campuran kawat bendrat 1%, 2%, dan 3% lebih tinggi jika dibandingkan dengan hasil perhitungan yang diperoleh menggunakan metode SNI 2847-2013.

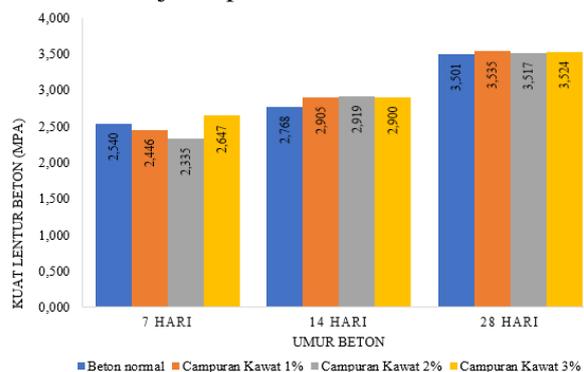


Gambar 12. Grafik Perbandingan Modulus Elastisitas dengan penelitian terdahulu

Berdasarkan Gambar 12. menunjukkan perbedaan dari hasil penelitian ini dengan penelitian sebelumnya *Ferry Prabowo* (2006) yaitu nilai Modulus elastisitas maksimum di hasilkan pada variasi campuran 2% atau meningkat sebesar 22% dari beton normalnya. Sedangkan pada penelitian ini nilai Modulus elastisitas maksimum di hasilkan pada variasi campuran 1% yaitu meningkat 12% dari modulus elastisitas beton normalnya.

### Kuat lentur

Pengujian kuat lentur berdasarakan hasil uji tekan dilakukan pada saat benda uji berumur 7,14 dan 28 hari dan di sajikan pada tabel 10.



Gambar 13. Diagram Perbandingan Kuat Lentur Beton Umur 7,14 dan 28 Hari

Dari Gambar 13. dapat disimpulkan bahwa kuat lentur beton maksimum yang dihitung berdasarkan kuat tekan beton pada umur 7 hari terjadi pada beton dengan campuran kawat bendrat 3%, yaitu sebesar 2,647 Mpa, sedangkan pada umur 14 hari peningkatan terjadi pada beton dengan campuran kawat bendrat 2% yaitu sebesar 2,919, dan peningkatan kuat lentur pada umur 28 hari terjadi pada beton dengan campuran kawat 1% yaitu sebesar 3,53 Mpa.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di laboratorium Politeknik Negeri Bandung, penambahan potongan kawat bendrat ke dalam campuran beton dengan variasi 0%, 1%, 2%, dan 3% berpengaruh terhadap sifat mekanik dan kemudahan pengerjaan beton. Dari uraian di atas, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Nilai modulus elastisitas pada adukan beton dengan campuran kawat bendrat mengalami peningkatan optimum pada variasi campuran kawat bendrat 1% yaitu sebesar 30.552,32 Mpa atau 12% lebih besar dari beton normal dengan nilai modulus elastisitas rata-rata sebesar 27.277 Mpa, pada variasi campuran potongan kawat bendrat 2% mengalami peningkatan sebesar 11,5% yaitu 30.418,83 Mpa, dan pada pada campuran 3% hanya bertambah 5,8% atau sebesar 28.879,45 Mpa dari beton normal.
- Modulus elastisitas yang dihasilkan dalam penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan hasil perhitungan yang diperoleh menggunakan rumus SNI pada umur 28 hari. Rata-rata modulus elastisitas pada beton normal adalah 27.277,00 MPa, sementara menurut rumus SNI sebesar 23.003,76 MPa. Pada campuran beton dengan kawat bendrat 1%, nilai rata-rata modulus elastisitas mencapai 30.552,23 MPa, sedangkan berdasarkan rumus SNI adalah 23.751 MPa. Untuk campuran kawat bendrat 2%, rata-rata modulus elastisitas sebesar 30.418,83 MPa, lebih tinggi dibandingkan hasil dari rumus SNI yang mencapai 23.341,76 MPa. Sedangkan pada campuran kawat bendrat 3%, nilai rata-rata modulus elastisitas sebesar 28.879,45 MPa, sementara menurut SNI nilainya adalah 24.097,12 Mpa.
- Penambahan dosis potongan kawat bendrat pada campuran beton cenderung mengurangi kelecakan (workability) adukan, meskipun penurunannya tidak terlalu signifikan. Hal ini disebabkan oleh munculnya efek "balling", di mana potongan kawat bendrat saling mengunci atau menggumpal, sehingga distribusinya dalam campuran menjadi tidak merata.

##### Saran

Dengan adanya peningkatan dari nilai modulus elastisitas akibat penambahan potongan kawat bendrat ke dalam adukan beton, maka ada beberapa saran yang diharapkan mampu melengkapi penelitian lebih lanjut, antara lain :

- Penelitian ini hanya membahas nilai modulus elastisitas sehingga perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap sifat mekanik beton yang lainnya seperti kuat tarik dan kuat lentur.
- Akibat menurunnya kelecakan adukan sehingga nilai slump menjadi rendah yang menyebabkan kesulitan dalam membuat benda uji. Disarankan menggunakan alat batu seperti *vibrator* agar benda uji dapat dibuat dengan baik dan tidak keropos.

##### DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. F., Kodariah, G. S., Sudarsono, I., & Utomo, E. W. (2023). *Pengaruh perendaman air laut terhadap kuat tekan beton Self Compacting Concrete (SCC) dengan penambahan Fly Ash dan Visconcrete*. *Hexatech: Jurnal Ilmiah Teknik*, 2(1), 1-12.
- Anggraeni, S. D. 2022. *Analisis Perbandingan Pengaruh Campuran Kawat Bendrat Dan Serat Baja Pada Self Compacting Concrete (SCC)*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Hamdi., Dafrimon., Harijadi, Sugeng., 2019. *Pengaruh Pemakaian Kawat Bendrat Galvanis Sebagai Bahan Tambah Terhadap Kuat Tekan Beton*. *Pilar Jurnal Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya* 14(2).
- Irvan, R. K. P., Ismeddiyanto., Djauhari, Z., 2017. *Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Berbentuk "U" Terhadap Sifat Mekanis Beton*. *Jom FTEKNIK* 4(2).
- Juanita., Putra, D. R., *Pengaruh Penambahan Kawat Bendrat Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan*. *Jurnal Handasah, Fakultas Teknik Universitas Islam Al-Azhar*.
- Jhatial, A. A., Sohu, S., Bhatti, N. U.K., Lakhari, M. T., Oad, R. *Effect Of Steel Fibers On The Compressive And Flexural Strength Of Concrete*". *International Journal Of*

- Advanced And Applied Sciences 10 (2018): 16-21.
- Juwarnoko. 2019. *Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton*. Skripsi Pendidikan Teknik Bangunan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- Marvin, T. 2016. *Pengaruh Penambahan Fiber Baja Seling Dengan Volume Fraction 0,4%, 0,6%, Dan 0,8% Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Lentur Pada Beton Mutu Normal*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Lampung.
- Mulyono, T. 2005. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Indonesia, C.V Andi Offset
- Prabowo, F. 2006. *Pengaruh Penambahan Fiber Kawat Bendrat Dan Superplastisizer Pada Kuat Tekan, Kuat Tarik dan Kuat Lentur Beton*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
- Pratama, A. J. 2020. *Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Terhadap Sifat Mekanik Beton*. Skripsi Program Studi Rekayasa Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
- SK SNI T-15-1991-03. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*.
- SNI-03-4431-1997. *Metode Pengujian Kuat Lentur Normal Dengan Dua Titik Pembebanan*.
- SNI-03-4808-1998. *Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara Dalam Agregat*.
- SNI-2847-2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*.
- SNI-7656-2012. *Tata Cara Pemilihan Campuran Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa*.
- Sudika, I. G. M., Ardana, I. P. S., 2011. *Prilaku Mekanik Beton Normal Dengan Penambahan Serat Kawat Bendrat*. Pilar Jurnal Teknik Gradien, Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Ngurah Rai 3(2).