

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uji Kuat Tekan Beton Silinder

Uji kuat tekan beton silinder merupakan metode pengujian standar yang digunakan untuk menilai kemampuan beton dalam menahan beban tekan hingga mencapai kondisi keruntuhan. Pengujian ini memiliki peranan penting dalam menentukan mutu beton, karena nilai kuat tekan menjadi parameter utama yang digunakan untuk menilai kelayakan beton dalam mendukung beban struktural sesuai persyaratan konstruksi. Beton yang digunakan dalam suatu proyek harus memenuhi nilai kuat tekan minimum tertentu agar struktur yang dibangun dapat berfungsi dengan aman dan sesuai perencanaan. Prosedur pengujian dilakukan dengan meletakkan benda uji silinder di antara dua pelat pada mesin uji tekan, kemudian memberikan beban secara bertahap hingga benda uji mengalami keruntuhan.

Pengujian kuat tekan juga berfungsi untuk memastikan bahwa beton telah memenuhi standar mutu yang berlaku dan layak diaplikasikan pada konstruksi. Beton yang tampak baik secara visual tidak dapat dijadikan acuan tanpa melalui proses pengujian yang terukur. Selain itu, pengujian kuat tekan memungkinkan identifikasi perubahan karakteristik beton akibat modifikasi komposisi campuran, termasuk penggunaan bahan tambahan seperti *Silica Fume*, *Fly Ash*, *SCC 08*, *Carbon Fiber Wrap*, maupun serat baja. Dalam penelitian ini, pengujian kuat tekan digunakan untuk memperoleh data mengenai pengaruh penambahan serat baja Dramix 3D terhadap peningkatan kekuatan beton. Nilai kuat tekan yang diperoleh kemudian dibandingkan antara beton normal (tanpa serat) dan beton yang diberi serat untuk mengevaluasi sejauh mana kontribusi serat dalam meningkatkan performa mekanis beton.

2.1.1 Material Bahan

Pemilihan material yang sesuai dalam pekerjaan konstruksi merupakan aspek yang sangat penting untuk memastikan bahwa suatu bangunan mampu menahan beban yang bekerja serta memiliki durabilitas yang memadai. Dalam praktik konstruksi, digunakan berbagai jenis material, baik material buatan seperti beton, baja, dan plastik, maupun material alami seperti batu dan kayu. Secara umum, material utama

yang digunakan dalam pembuatan beton meliputi air, semen, agregat kasar (kerikil atau batu pecah), agregat halus (pasir), serta baja tulangan.

Baja tulangan memiliki sifat mekanis yang khas, yaitu kekuatan tarik yang tinggi namun relatif lemah terhadap gaya tekan. Dengan karakteristik tersebut, baja tulangan digunakan sebagai elemen penguat dalam beton untuk meningkatkan kemampuan struktur dalam menahan gaya tarik dan gaya lentur. Kombinasi antara beton yang kuat terhadap beban tekan dan baja tulangan yang unggul terhadap beban tarik menghasilkan elemen struktural yang lebih stabil, kokoh, dan aman digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi.

2.1.2 Semen

Semen merupakan bahan perekat hidrolik ketika dicampurkan dengan air, akan membentuk pasta yang mampu mengikat partikel-partikel halus seperti pasir dan agregat sehingga menjadi massa yang padat dan memiliki kekuatan tertentu. Sebagai komponen utama dalam konstruksi, semen berfungsi sebagai bahan pengikat pada campuran beton maupun mortar. Jenis semen yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan konstruksi beton adalah semen Portland.

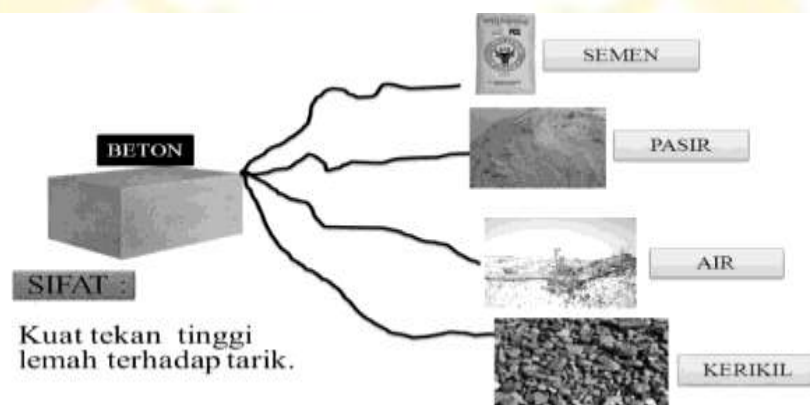
Semen Portland mengalami peningkatan dalam hal komposisi maupun kinerjanya. Saat ini, semen Portland didefinisikan sebagai bubuk halus yang diperoleh dari proses penggilingan klinker, yaitu bahan yang tersusun atas campuran kapur, senyawa bersilika, oksida besi, dan sejumlah gipsum sebagai bahan tambahan untuk mengatur waktu ikat. Ketika bereaksi dengan air, semen tersebut mengalami proses hidrasi dan kemudian mengeras, sehingga berfungsi sebagai bahan ikat hidrolis yang mampu memberikan kekuatan serta kestabilan pada struktur beton.

2.1.3 Kerikil Dan Pasir

Pasir yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi umumnya terdiri atas pasir sungai, pasir laut, dan pasir hasil pecahan batu yang dikenal sebagai pasir buatan. Material ini merupakan komponen utama dalam pembuatan beton dan berperan signifikan dalam menentukan mutu serta karakteristik beton yang terbentuk. Pasir sungai merupakan jenis yang paling banyak digunakan karena memiliki ukuran butiran yang relatif lebih halus. Variasi ukuran butir pasir memiliki pengaruh langsung terhadap sifat mekanis dan performa beton. Penyebaran ukuran butir atau gradasi pasir menentukan tingkat kepadatan, kekuatan, serta kemampuan beton dalam mengisi

rongga internal. Pasir dengan gradasi baik, yaitu campuran butiran halus hingga kasar dalam proporsi seimbang, mampu mengisi ruang antara gregat secara optimal sehingga mengurangi porositas dan meningkatkan kekuatan beton. Selain gradasi, bentuk butiran pasir juga mempengaruhi kualitas beton. Butiran yang bersudut dan kasar memberikan daya lekat yang lebih tinggi namun dapat menurunkan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*), sedangkan butiran yang membulat lebih mudah dikerjakan tetapi menghasilkan ikatan yang relatif lebih rendah.

Kerikil digunakan sebagai agregat kasar dalam campuran beton untuk memberikan kestabilan struktural serta mengisi ruang antar butiran semen dan pasir sehingga menghasilkan beton yang lebih padat dan kuat. Penggunaan kerikil berfungsi menambah volume campuran sekaligus mengurangi kebutuhan semen, yang secara ekonomi lebih efisien. Sebagai agregat kasar, kerikil meningkatkan kekuatan tekan beton dan tidak menurunkan kualitas campuran apabila digunakan dengan proporsi yang tepat. Selain itu, keberadaan kerikil dapat meningkatkan ketahanan beton terhadap perubahan cuaca dan suhu, karena agregat kasar membantu mengurangi potensi penyusutan dan retak akibat perubahan kondisi lingkungan. Ukuran dan bentuk kerikil menjadi faktor penting untuk menghasilkan struktur internal beton yang baik. Variasi ukuran dan bentuk agregat kasar memungkinkan terjadinya pengisian celah yang lebih efektif sehingga beton menjadi padat, mudah dibentuk, serta memenuhi persyaratan teknis dalam konstruksi.



Gambar 2.1 Material pembuatan beton
Sumber : *Google slideplayer.info* 2025

Gambar 2.1 tersebut menunjukkan komposisi dasar beton, semen, pasir, kerikil, dan air, yang masing-masing berperan dalam membentuk sifat mekanis beton. Semen bereaksi dengan air melalui proses hidrasi untuk mengikat agregat, sementara pasir

dan kerikil berfungsi memberikan kepadatan, stabilitas, serta mengurangi rongga dalam campuran. Kombinasi material ini menghasilkan beton dengan karakter utama yaitu kuat terhadap beban tekan karena struktur internalnya padat dan mampu menahan gaya memusat. Namun, beton tetap memiliki kelemahan terhadap beban tarik akibat sifat getas sehingga mudah mengalami retak ketika menerima gaya lentur atau tarik. Gambar ini secara akademik menegaskan bahwa performa beton sangat bergantung pada komposisi material penyusunnya sebagai material yang dominan kuat tekan namun lemah tarik.

2.1.4 Beton Normal

Beton normal merupakan jenis beton yang paling lazim digunakan dalam berbagai pekerjaan konstruksi. Beton ini disusun dari campuran semen portland, agregat halus berupa pasir, agregat kasar berupa kerikil atau batu pecah, serta air, tanpa penambahan bahan kimia atau mineral khusus. Berdasarkan SNI 03-2834-2000, beton normal memiliki berat jenis berkisar antara 2200 hingga 2500 kg/m³ dan menunjukkan kuat tekan pada umur 28 hari berada dalam rentang 20 hingga 40 MPa. Rentang kuat tekan tersebut mencerminkan karakter dasar beton normal sebagai material struktural dengan kapasitas kekuatan tekan yang memadai untuk aplikasi umum dalam konstruksi bangunan.

Tabel 2.1 Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen yang biasa dipakai di Indonesia

		Kekuatan Tekan MPa					
		Jenis Agregat Kasar	Pada Umur (Hari)				Bentuk
			3	7	28	29	Uji
Semen Portland tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder	
	Batu pecah	19	27	37	45		
Semen tahan sulfat tipe II,V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus	
	batu pecah	25	32	45	54		
Semen Portland tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder	
	batu pecah	25	33	44	48		
		Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	batu pecah	30	40	53	60		

Sumber : SNI 03-2834-2000

Tabel 2.1 menunjukkan bahwa kuat tekan beton dipengaruhi oleh jenis semen, jenis agregat kasar, serta umur pengujian. Secara umum, beton dengan agregat batu pecah selalu menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan batu tak dipecahkan pada umur yang sama. Semen Portland tipe III memberikan peningkatan kuat tekan paling cepat terutama pada umur awal, sedangkan semen tahan sulfat tipe II/V menunjukkan perkembangan kekuatan yang lebih stabil dan bertahap. Pada semua variasi, kuat tekan meningkat seiring bertambahnya umur beton (3-28 hari), baik pada benda uji berbentuk silinder maupun kubus. Dengan demikian, tabel ini menegaskan pentingnya pemilihan jenis semen dan agregat dalam mencapai kekuatan beton yang diinginkan sesuai kebutuhan struktural.

Tabel 2.2 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagi macam pembetonan dalam lingkungan khusus

Lokasi	Jumlah Semen Minimum Per M³ Beton (Kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton di dalam ruangan bangunan :		
a. Keadaan keliling non korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton diluar ruangan bangunan :		
b. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk kedalam tanah :		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		0,55

Sumber : SNI 03-2834-2000

Tabel 2.2 tersebut menjelaskan persyaratan jumlah semen minimum dan batas maksimum faktor air semen (FAS) yang harus dipenuhi untuk memproduksi beton pada berbagai kondisi lingkungan. Persyaratan ini bertujuan untuk menjamin daya tahan (*durability*) beton terhadap pengaruh lingkungan seperti korosi, kelembapan,

hujan, perubahan suhu, maupun serangan kimia dari tanah. Secara umum, lingkungan yang lebih agresif memerlukan jumlah semen yang lebih tinggi dan FAS yang lebih rendah, karena kombinasi tersebut dapat menghasilkan beton yang lebih rapat, kuat, dan tahan terhadap penyerapan zat merusak. Tabel ini merupakan acuan standar SNI 03-2834-2000 untuk merancang campuran beton agar memenuhi ketahanan yang sesuai pada setiap kondisi pemakaian.

2.1.5 Beton Bertulang

Beton bertulang merupakan material komposit yang terdiri atas beton dan tulangan baja, baik berupa baja polos maupun baja ulir. Kombinasi kedua material ini digunakan untuk meningkatkan kapasitas struktur dalam memikul beban, khususnya untuk mengatasi kelemahan beton terhadap gaya tarik. Beton pada dasarnya memiliki kuat tekan yang tinggi namun sangat lemah dalam menahan tarik, sehingga penambahan tulangan baja diperlukan untuk membentuk sistem struktural yang lebih kuat, stabil, dan efektif. Upaya mengembangkan beton biasa agar mampu menahan gaya tarik berujung pada lahirnya konsep beton bertulang. Salah satu tokoh penting dalam sejarah “Joseph Monier (1823-1906)”, seorang tukang kebun asal Prancis yang dianggap sebagai pencetus beton bertulang modern. Pada tahun 1849, ia membuat pot bunga dari beton yang diperkuat dengan jaring kawat besi untuk meningkatkan kekuatannya. Inovasi ini kemudian dipatenkan pada tahun 1867 dan selanjutnya dikembangkan untuk aplikasi struktural yang lebih luas, seperti pipa air, pelat lantai, hingga jembatan.

Berdasarkan SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan, mutu beton harus dirancang sedemikian rupa sehingga mampu memberikan kekuatan serta ketahanan yang memadai untuk menjamin kinerja struktur secara optimal. Standar tersebut menetapkan bahwa nilai minimum kuat tekan beton (f'_c) berfungsi sebagai acuan dasar mutu yang wajib dipenuhi oleh setiap elemen struktural, sementara nilai maksimum (f'_c) tidak diberikan batasan secara khusus, sehingga memungkinkan pengembangan beton dengan mutu yang lebih tinggi sesuai kebutuhan desain. Perancangan beton menargetkan kuat tekan rata-rata yang melebihi nilai (f'_c) standar mengharuskan penggunaan pendekatan teori statistik. Pendekatan ini bukan sekadar prosedur teknis, tetapi merupakan strategi ilmiah untuk memastikan bahwa beton yang diproduksi

memiliki peluang besar untuk memenuhi persyaratan uji kuat tekan. Dengan demikian, penerapan metode statistik tersebut berperan penting dalam menjamin tingkat keandalan dan keselamatan struktur, sekaligus memberikan keyakinan bahwa performa beton yang dirancang benar-benar sesuai dengan tuntutan kinerja di lapangan.

Tabel 2.3 Persyaratan untuk beton berdasarkan kelas paparan

Kelas Paparan	W/Cm Maks (1)	$f'c$ Min MPa	Min MPa	Material Sementisius (2)_Tipe		Material Campuran Tambahan Kalsium Klorida
			Semen Portlan (7)	Semen Hidrolik Campuran (7)	Semen Hidrolik(7)	
SO	T/A	17	Tanpa batasa tipe	Tanpa batas tipe	Tanpa batas tipe	Tanpa batas
S1	0,50	28	II (3)(4)	Tipe IP (MS) IS atau IT (MS)	MS	Tanpa batas
S2	0,45	31	V(4)	IP (HS) IS (HS) atau IT (HS)	HS	Tidak diijinkan
S3	0,45	31	V+ <i>pozzolan</i> atau slag (4)	IP (HS) IS (HS) atau IT (HS) dan plus <i>pozzolan</i> atau slag (4)	HS + <i>Pozzolan</i> atau slag (4)	Tidak diijinkan
WO	T/A	17	Kandungan Ion Klorida Terlarut Maksimum C1 Pada Beton Dalam Persen Berat Semen Beton		Tidak ada	Persyaratan Lainnya
W1	0,50	28			Tidak ada	
			Nonprategang	Prategang		
CO	T/A	17	1,00	0,06		Tidak ada
C1	0,40	17	0,30	0,06		
C2	0,40	35	0,15	0,06		Tidak ada

Sumber : SNI 2847 : 2019

Tabel 2.3 di atas memuat persyaratan teknis beton berdasarkan kelas paparan lingkungan sebagaimana ditetapkan dalam SNI 2847:2019. Setiap kelas paparan mulai dari tidak korosif hingga lingkungan dengan risiko sulfat tinggi atau paparan klorida memiliki ketentuan khusus mengenai nilai maksimum rasio air-semen (W/C), nilai minimum kuat tekan beton ($f'c$), serta jenis material semen yang diperbolehkan. Secara prinsip, semakin agresif kondisi lingkungan, semakin ketat persyaratan mutu beton yang harus dipenuhi, termasuk penurunan nilai W/C maksimum, peningkatan nilai minimum ($f'c$), serta pembatasan terhadap penggunaan jenis semen tertentu maupun

larangan pemakaian bahan tambah berbasis kalsium klorida. Tabel ini juga mengatur batas maksimum kandungan ion klorida dalam beton untuk menjaga ketahanan tulangan terhadap korosi, baik pada beton nonprategang maupun prategang. Fungsi tabel ini sebagai pedoman penting dalam perancangan beton agar mampu mencapai durabilitas yang sesuai dengan tingkat paparan lingkungan, sehingga menjamin keamanan dan keandalan struktur dalam jangka panjang.

2.1.6 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan merupakan kemampuan beton dalam menahan gaya tekan per satuan luas hingga mengalami keruntuhan. Sebagai material utama dalam konstruksi, beton dikenal memiliki kuat tekan yang tinggi namun sangat lemah terhadap gaya tarik, sehingga karakteristik ini menjadi parameter penting dalam menentukan mutu dan performa suatu elemen struktural. Oleh sebab itu, kuat tekan beton selalu menjadi pertimbangan utama dalam perencanaan dan analisis struktur beton bertulang.

Berdasarkan SNI 1974:2011 tentang Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 15 cm dengan tinggi 30 cm, atau kubus berukuran 15 cm × 15 cm × 15 cm. Pengujian umumnya dilaksanakan ketika beton mencapai umur 28 hari, yang secara konvensional dianggap sebagai usia di mana beton telah mendekati kekuatan akhirnya. Pengujian ini tidak hanya mengukur mutu beton, tetapi juga memberikan jaminan bahwa struktur yang direncanakan mampu bekerja secara aman, andal, dan sesuai dengan spesifikasi teknis yang ditetapkan.

Rumus kuat tekan beton.

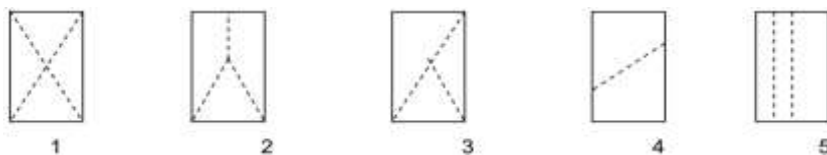
$$\frac{P}{A}$$

Dengan pengertian

Kuat tekan beton silinder dinyatakan dalam MPa atau N/mm²

P = Gaya tekan aksial dinyatakan dalam Newton (N)

A = Luas penampang melintang benda uji dinyatakan dalam mm²



Gambar 2.2 Tipe atau bentuk retak pada benda uji

Sumber : SNI 1974: 2011

Gambar 2.2 diatas merupakan bentuk dari tipe kehancuran pada uji beton silinder dengan keterangan di bawah ini.

1. Bentuk Kehancuran Kerucut

Keruntuhan ini ditandai dengan terbentuknya pecahan berbentuk kerucut pada salah satu ujung benda uji. Pola ini muncul akibat gaya tekan yang menyebabkan ekspansi lateral, sehingga menghasilkan bidang retak yang meruncing. Bentuk ini merupakan salah satu keruntuhan yang paling umum dijumpai pada benda uji silinder.

2. Bentuk Kehancuran Kerucut dan Belah

Retak vertikal memanjang (belah) terjadi bersamaan dengan munculnya kerucut pada bagian atas atau bawah benda uji. Kombinasi ini menunjukkan adanya interaksi antara tegangan tekan murni dan tegangan tarik lateral dalam proses keruntuhan.

3. Bentuk Kehancuran Kerucut atau Geser

Pola keruntuhan ini dapat berupa pecahan kerucut atau terbentuknya bidang geser miring. Variasi bentuknya sangat dipengaruhi oleh homogenitas beton, kualitas pekerjaan, dan distribusi tegangan selama pengujian. Pola ini mencerminkan transisi antara mekanisme tekan murni dan geser.

4. Bentuk Kehancuran Geser

Keruntuhan geser ditandai dengan retakan miring yang jelas dan tajam. Pola ini muncul ketika beton gagal menahan tegangan geser yang timbul akibat perpaduan gaya tekan vertikal dan efek geser lateral. Keruntuhan ini umumnya lebih tiba-tiba dan bersifat rapuh (*brittle*).

5. Bentuk Kehancuran Sejajar Sumbu Tegak (*Columnar*)

Pola ini menunjukkan retakan memanjang yang sejajar dengan arah sumbu vertikal benda uji. Tidak terdapat pecahan kerucut atau bidang geser yang menonjol. Keruntuhan ini mengindikasikan distribusi tegangan yang relatif seragam sepanjang tinggi benda uji dan sering dikaitkan dengan beton berkualitas baik namun mengalami tarik longitudinal.

Tabel 2.4 Diameter maksimum permukaan tekan

Diameter benda uji (mm)	Diameter maksimum permukaan tekan (mm)
50	105
75	130
100	165
150	255
200	280

Sumber : SNI 1974 : 2011

Tabel 2.4 menunjukkan hubungan antara diameter benda uji beton dengan diameter maksimum permukaan tekan yang diperbolehkan sesuai ketentuan SNI 1974:2011. Semakin besar diameter benda uji, maka semakin besar pula diameter maksimum permukaan tekan yang diizinkan pada alat uji tekan. Ketentuan ini bertujuan untuk memastikan bahwa luas permukaan tekan sebanding dengan ukuran benda uji, sehingga distribusi beban selama pengujian kuat tekan berlangsung secara merata dan tidak menimbulkan konsentrasi tegangan yang dapat memengaruhi hasil pengujian.

Tabel 2.5 Estimasi korelasi kuat tekan silinder beton berdasarkan diameter benda uji ($L/D=2$)

Diameter (D) mm	Tinggi (L) mm	Faktor koreksi
50	100	1.09
75	150	1.06
100	200	1.04
125	250	1.02
150	300	1.00
175	350	0.98
200	400	0.96
250	500	0.93
300	600	0.91

Sumber : SNI 1974 : 2011

Tabel 2.5 di atas menunjukkan nilai faktor koreksi kuat tekan silinder beton yang ditentukan berdasarkan variasi diameter (D) dan tinggi (L) benda uji dengan perbandingan dimensi $L/D = 2$ sesuai acuan SNI 1974:2011. Faktor koreksi tersebut digunakan untuk menyesuaikan hasil kuat tekan yang diperoleh dari pengujian benda uji silinder dengan dimensi tertentu agar setara dengan kuat tekan standar. Setiap

kombinasi diameter dan tinggi memiliki nilai faktor koreksi yang berbeda. Nilai tersebut umumnya mendekati 1, yang berarti koreksi dilakukan dalam skala kecil, namun tetap diperlukan untuk memastikan akurasi perbandingan hasil uji kuat tekan.

2.2. Kuat Tekan Beton Benda Uji Silinder Dikekang Dengan Bahan *Carbon Fiber Wrap*

Menurut jurnal Panggabean, I.P.T., & Tarigan, V.A. (2019), pengamatan peningkatan kuat tekan beton pada benda uji yang diberi kekangan *Carbon Fiber Wrap*. Selain itu, pengamatan juga dilakukan terhadap pola keruntuhan dan mekanisme keruntuhan pada benda uji dengan kekangan dan tanpa kekangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan beton meningkat sebesar 54% pada tipikal kekangan 1 dengan orientasi serat standar, dan sebesar 23% pada tipikal kekangan 2 dengan orientasi serat berlawanan. Model keruntuhan pada benda uji tanpa kekangan sesuai dengan standar SNI, sedangkan benda uji yang diberi kekangan mengalami keruntuhan setelah material *Carbon Fiber Wrap* robek akibat penambahan beban tekan. Temuan ini menegaskan bahwa penerapan *Carbon Fiber Wrap* berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan beton dan memodifikasi mekanisme keruntuhan benda uji.



Gambar 2.3 Beton uji kuat tekan beton silinder dengan kekang *carbon fiber wrap*

Sumber : IPT Panggabean, VA Tarigan (2019)

Gambar 2.3 di atas menunjukkan benda uji beton silinder yang digunakan untuk mengukur kuat tekan beton, benda uji silinder tersebut telah diberi kekangan *Carbon Fiber Wrap* dan telah melalui seluruh tahapan proses pengujian.

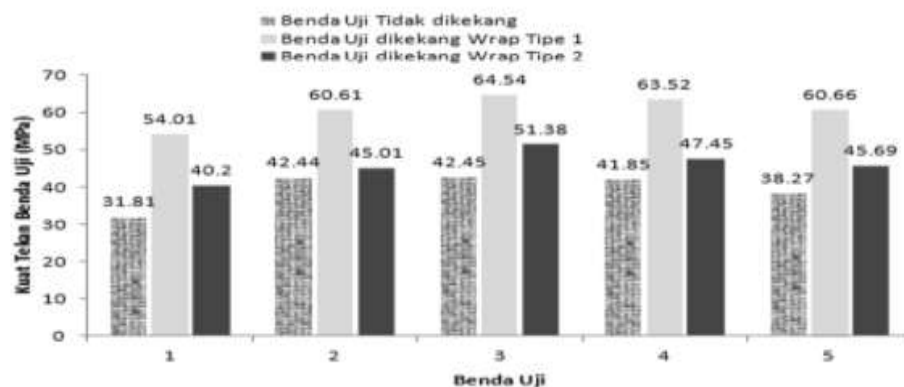
Tabel 2.6 Hasil uji kuat tekan (f'_c) benda uji

Uraian	Nomor Benda Uji				
	I	II	III	IV	V
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
Benda uji tidak di kekang	31.81	42.44	42.45	45.85	38.27
Benda uji di kekang <i>Carbon Fiber Wrap</i> Tipe 1	54.01	60.61	64.54	63.52	60.66
Benda uji di kekang <i>Carbon Fiber Wrap</i> Tipe 2	40.2	45.01	51.38	47.45	45.69

Sumber : IPT Panggabean, VA Tarigan (2019)

Tabel 2.6 menunjukkan hasil pengujian kuat tekan (f'_c) dari beberapa variasi benda uji, yaitu benda uji tanpa perkuatan dan benda uji yang diperkuat menggunakan *Carbon Fiber Wrap* tipe 1 dan *Carbon Fiber Wrap* tipe 2. Setiap kategori perkuatan diuji pada beberapa sampel (I-V), dan kuat tekan dinyatakan dalam satuan MPa.

Data pada tabel terlihat bahwa benda uji yang diperkuat dengan *Carbon Fiber Wrap* menunjukkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan benda uji tanpa perkuatan. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan material perkuatan *Carbon Fiber Wrap* mampu meningkatkan kapasitas tekan beton. Selain itu, terdapat variasi nilai kuat tekan antar tipe perkuatan, yang menunjukkan perbedaan efektivitas masing-masing jenis *Carbon Fiber Wrap* terhadap peningkatan kekuatan beton.



Gambar 2.4 Diagram kuat tekan beton

Sumber : IPT Panggabean, VA Tarigan (2019)

Gambar 2.4 di atas menunjukkan hasil uji kuat tekan beton pada pengujian eksperimental, di mana benda uji diberi kekangan *Carbon Fiber Wrap* dengan dua variasi orientasi pemasangan. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa penerapan *Carbon Fiber Wrap* mampu meningkatkan nilai kuat tekan beton dibandingkan dengan kondisi tanpa kekangan.

2.2.1 Analisis Perbandingan Beton Normal, Beton Ringan Berdasarkan Berat Jenis

Menurut Boy Elyeser Ginting (2023), beton normal memiliki berat jenis berkisar antara 2.000 kg/m^3 hingga 2.600 kg/m^3 dan umumnya digunakan dalam berbagai struktur konstruksi, seperti bangunan, jembatan, dan saluran pengairan. Sebaliknya, beton ringan memiliki berat jenis antara 800 kg/m^3 hingga 2.000 kg/m^3 dan digunakan untuk mengurangi beban struktur, meskipun tidak dapat digunakan sebagai elemen struktural utama.

Penelitian ini menggunakan batu apung sebagai agregat ringan karena memiliki berat yang rendah, sehingga menghasilkan beton yang tergolong beton ringan dengan berat jenis agregat sekitar 1.900 kg/m^3 , atau sesuai kebutuhan struktur berkisar antara $1.440\text{-}1.850 \text{ kg/m}^3$, dengan kuat tekan pada umur 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggantian kerikil dengan batu apung berhasil menghasilkan beton ringan. Pengujian berat menunjukkan bahwa beton ringan memiliki berat 1.734 kg/m^3 pada umur 28 hari, sedangkan beton normal memiliki berat 2.412 kg/m^3 pada umur yang sama. Temuan ini menegaskan bahwa penggunaan batu apung efektif untuk memperoleh beton ringan dengan karakteristik berat dan kuat tekan tertentu.



Gambar 2.5 Uji kuat tekan beton laboratorium
Sumber : Boy Elyeser Ginting 2023

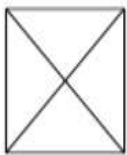
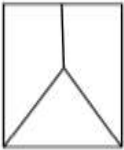
Gambar 2.5 di atas merupakan perbandingan antara beton normal dan beton ringan berdasarkan berat jenis, di atas menunjukkan contoh hasil pengujian kuat tekan beton normal menggunakan spesimen silinder dengan nilai kuat tekan sebesar 632 kN. Temuan ini menjadi dasar bagi penulis dalam memahami karakteristik serta perbedaan hasil uji kuat tekan dan pola keruntuhan pada beton silinder apabila diperlukan. Hasil penelitian juga memperlihatkan bahwa penggantian agregat kasar berupa kerikil dengan batu apung mampu menghasilkan beton ringan. Pengujian berat jenis

menunjukkan bahwa beton ringan memiliki berat 1.734 kg/m^3 pada usia 28 hari, sedangkan beton normal pada umur yang sama memiliki berat 2.412 kg/m^3 . Perbedaan tersebut menegaskan bahwa penggunaan batu apung secara signifikan menurunkan berat jenis beton sehingga memenuhi kriteria sebagai beton ringan."

2.2.2 Keruntuhan Tekan Benda Uji

Menurut jurnal IPT Panggabean dan CH Siregar (2019) menyatakan model keruntuhan beton menjadi aspek penting karena dapat mengindikasikan kemungkinan kesalahan dalam pengujian. Dalam penelitian tersebut, benda uji dibentuk menggunakan beton jenis *Self Compacting Concrete (SCC)*, yaitu beton inovatif yang tidak memerlukan getaran untuk pemadatan karena mampu mengalir sendiri dan mengisi bekisting secara penuh hingga mencapai pemadatan optimal.

Peneliti melakukan pengamatan terhadap model keruntuhan beton menggunakan beberapa variasi campuran, mulai dari variasi kadar air (standar, -5%,-10%,+5%,+10%), variasi tinggi benda uji (15 cm, 12,5 cm, 10 cm, 8,5 cm, 7,5 cm), hingga variasi umur beton. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa sebagian besar benda uji mengalami pola keruntuhan dengan retakan sejajar sumbu tegak, diikuti oleh model keruntuhan kerucut dan geser, sedangkan model keruntuhan kerucut dan belah terjadi paling sedikit. Temuan ini menegaskan pentingnya memahami mekanisme keruntuhan beton dalam evaluasi kualitas dan karakteristik material.

Model	Tipikal	Benda uji	Jumlah
Kerucut			1 buah
Kerucut dan belah			1 buah

Gambar 2.6 Model keruntuhan geser pada benda uji
Sumber : IPT Panggabean, CH Siregar 2019

Gambar 2.6 di atas merupakan model keruntuhan pada sampel beton yang menunjukkan *respons* material terhadap pembebanan yang diterapkan, di mana setiap pola retak yang muncul merepresentasikan mekanisme kegagalan yang berbeda pada beton silinder. Retakan-retakan ini menjadi indikator penting untuk memahami bagaimana beton kehilangan kekuatannya serta jenis keruntuhan yang dominan selama proses pengujian.

2.2.3 Pengaruh Penambahan Serat Bambu Ori Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton

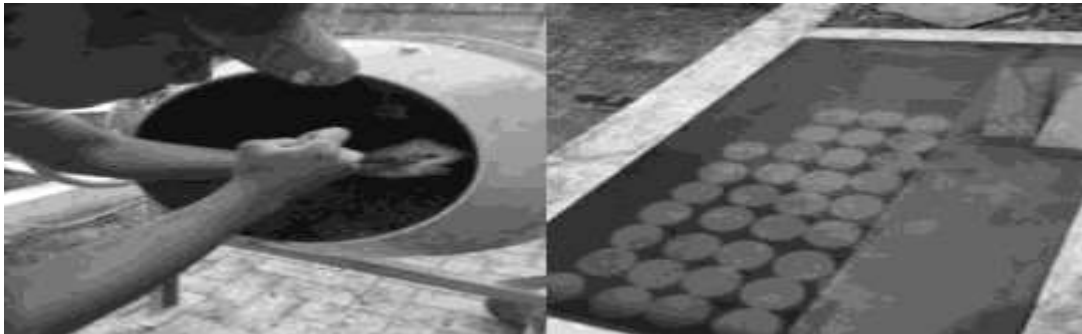
Menurut Mudji Suhardiman (2011), penambahan serat dalam adukan beton terbukti mampu meningkatkan kualitas beton. Berbagai penelitian mengenai beton berserat telah dilakukan menggunakan beragam jenis serat, dan bambu memiliki potensi besar sebagai bahan serat karena karakteristiknya yang khusus serta harganya yang lebih ekonomis dibandingkan jenis bambu lainnya. Penelitian tersebut merupakan penelitian eksperimental yang menggunakan serat bambu ori untuk mempelajari pengaruh penambahan serat terhadap kekuatan beton. Beton dibuat dengan pencampuran normal ditambah serat bambu ori yang memiliki ketebalan 0,5 mm, lebar 0,51 mm, dan panjang 2 cm. Variasi jumlah serat yang digunakan adalah 1%, 1,5%, dan 2% dari total berat semen. Pengujian kuat tekan dan kuat tarik dilakukan menggunakan silinder standar pada umur beton 28 hari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan persentase serat menyebabkan viskositas adukan beton menurun. Penambahan serat sebesar 1%, 1,5%, dan 2% meningkatkan kuat tekan beton masing-masing sebesar 17,85%, 16,45%, dan 3,14%, serta kuat tarik masing-masing sebesar 4,85%, 30,58%, dan 19,42%. Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan serat bambu ori efektif meningkatkan sifat mekanik beton, meskipun peningkatan kadar serat dapat menurunkan kecelakaan adukan, perlu diperhatikan proses pencampuran dan pengecoran.

2.2.4 Penambahan Limbah Bubut Sebagai Bahan Substitusi Parsial Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton

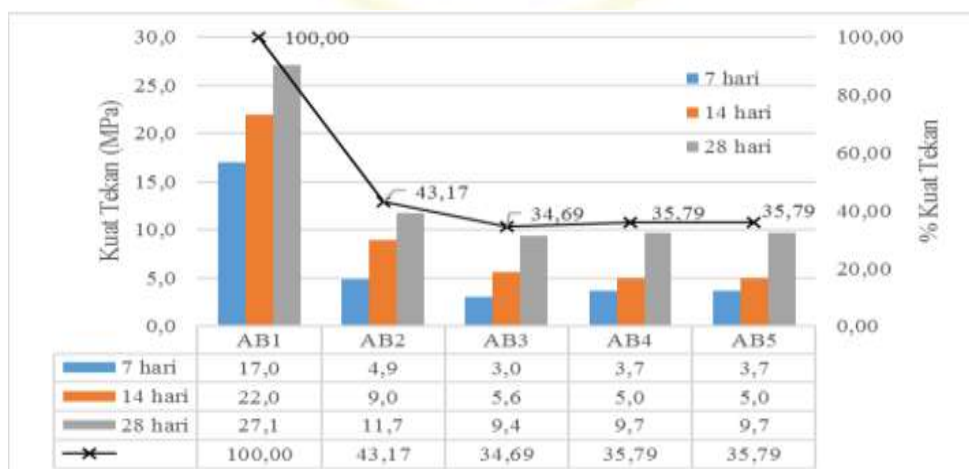
Menurut penelitian Puja Nifta Hadi dan Agustinus Agus Setiawan (2023), pengaruh penambahan limbah mesin bubut terhadap kuat tekan beton. Limbah mesin bubut ditambahkan secara parsial untuk menggantikan agregat halus, dengan menggunakan limbah yang tertahan pada saringan nomor 200. Sampel yang

digunakan berbentuk silinder beton dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Campuran beton dibuat dengan variasi penambahan limbah mesin bubut sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin meningkatnya persentase limbah mesin bubut, kuat tekan beton cenderung menurun. Penambahan limbah ini dapat menurunkan kuat tekan beton hingga 64,21%, sehingga penggunaan limbah mesin bubut sebagai pengganti agregat halus secara parsial perlu diperhatikan karena berpengaruh signifikan terhadap kinerja mekanik beton.



Gambar 2.7 Pembuatan benda uji dan proses *curing*
Sumber : PN Hadi, AA setiawan 2019

Gambar 2.7 tersebut menggambarkan proses pembuatan dan *curing* atau perawatan benda uji yang dilakukan untuk memastikan beton mencapai kondisi kekuatan yang stabil sebelum pengujian tekan. Tahapan perawatan ini sangat berkaitan dengan penelitian saat ini karena kualitas *curing* menentukan tingkat hidrasi semen dan perkembangan kuat tekan beton, sehingga pengaruh penambahan serat baja Dramix 3D dapat dianalisis secara lebih akurat dan sesuai dengan kondisi beton yang terawat dengan baik.



Gambar 2.8 Diagram pertumbuhan kuat tekan beton
Sumber : PN Hadi, AA setiawan 2019

Gambat 2.8 di atas menunjukkan hasil diagram uji kuat tekan beton, di mana sebagian sampel mampu mencapai kekuatan yang direncanakan. Namun, beton yang menggunakan limbah bubut sebagai pengganti sebagian agregat halus mengalami penurunan kuat tekan setelah umur 28 hari. Pada penggantian pasir dengan limbah bubut besi, kuat tekan beton pada umur 28 hari hanya mencapai 43,17% dari target kuat tekan rencana. Semakin besar persentase limbah bubut yang digunakan, semakin besar pula penurunan kuat tekannya. Penurunan ini dipengaruhi oleh reaksi kimia antara limbah bubut dan semen portland yang menghambat proses pengikatan, serta meningkatnya porositas akibat terbentuknya gelembung udara ketika beton segar dituangkan ke dalam cetakan.

2.2.5 Kuat Tekan Beton *Geopolymer* Dengan Metode *Curing* Pembasahan

Menurut jurnal Desimaliana (2025), beton *geopolymer* merupakan jenis beton ramah lingkungan yang tidak menggunakan semen, melainkan memanfaatkan bahan-bahan dengan kandungan silika tinggi, seperti abu terbang yang merupakan limbah PLTU. Beton *geopolymer* terdiri dari bahan pengikat berupa abu terbang yang direaksikan dengan larutan aktivator alkali dan bahan pengisi berupa agregat. Aktivator alkali yang digunakan adalah larutan NaOH dengan konsentrasi 8M dan larutan Na_2SiO_3 dengan perbandingan 1:2, sedangkan rasio agregat terhadap bahan pengikat adalah 60%:40%.

Dalam penelitian tersebut, dilakukan metode perlakuan perendaman (*wetting treatment*) dengan jumlah spesimen uji untuk setiap variasi sebanyak 3 benda uji. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 3, 7, dan 28 hari menggunakan silinder uji berukuran 10cm×20cm, sehingga total benda uji sebanyak 9. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh grafik hubungan antara kuat tekan beton dengan umur beton, dan nilai kuat tekan beton dengan metode perlakuan perendaman adalah 19,92 MPa. Temuan ini menegaskan bahwa perlakuan perendaman dapat memberikan pengaruh signifikan terhadap perkembangan kuat tekan beton *geopolymer*.

Gambar 2.9 di bawah menggambarkan metode perawatan beton *geopolymer* melalui proses pembasahan, yang menghasilkan temuan bahwa kuat tekannya belum mampu mencapai batas minimum 17 MPa sesuai persyaratan beton struktural pada SNI 2847:2019. Meskipun nilai kuat tekannya mengalami peningkatan pada umur tiga, tujuh, hingga 28 hari, hasil tersebut tetap belum memenuhi standar sehingga

beton *geopolymer* dengan metode perawatan tersebut tidak dapat digunakan sebagai elemen struktural. Untuk memperoleh hasil yang optimal, suhu, waktu, dan kondisi *curing* harus dijaga tetap stabil, serta permukaan benda uji perlu diratakan agar tidak terjadi pemusatan tegangan akibat ketidak rataan bidang tekan. Temuan ini menjadi dasar bahwa penggunaan material dan metode *curing* seperti pada beton *geopolymer* tidak diterapkan dalam penelitian saat ini, karena sifat material tersebut tidak memberikan performa kuat tekan yang sesuai dengan kebutuhan penelitian dan standar struktural yang berlaku.



No	Umur (hari)	Kuat Tekan (MPa)	Rerata (MPa)
1.	3	9,33	10,47
		*6,77	
		11,61	
2.	7	16,10	16,16
		14,55	
		17,80	
3.	28	*9,31	19,92
		18,60	
		21,24	

Gambar 2.9 Proses metode perawatan beton *geopolymer* dengan metode pembasahan dan tabel hasil kuat beton

Sumber : E Desimaliana 2025

2.2.6 Kuat Tekan Dan Tarik Beton Menggunakan PP *Fibre* Uji Silinder

Menurut penelitian Nasution, Tarigan, dan Mulia (2021), menyatakan hasil eksperimen, kuat tekan beton pada umur 28 hari diperoleh sebesar 56,9 MPa, 60,72 MPa, 69,21 MPa, dan 81,1 MPa. Dari keempat campuran tersebut, campuran D menunjukkan performa terbaik, yang terdiri dari semen, silica fume, pasir silika, pasir, abu vulkanik gunung Sinabung, *superplasticizer*, air, dan PP *fibre*. Campuran ini dinilai cocok untuk digunakan pada konstruksi yang membutuhkan beton mutu tinggi. Selain itu, penggunaan abu vulkanik gunung Sinabung juga berkontribusi dalam mengurangi pencemaran lingkungan akibat erupsi gunung Sinabung.

Tabel 2.7 Hasil pengujian kuat tekan beton

No	Umur Beton (Hari)	Sampel	Berat Sampel (g)	Kuat Tekan Aktual	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
1	28	A.1	3598	57.32	56.9
2		A.2	3716	56.05	
3		A.3	3727	57.32	
4	28	B.1	2650	61.15	60.72
5		B.2	3603	59.87	
6		B.3	3751	61.15	
7	28	C.1	3744	68.49	69.21
8		C.2	3780	70.13	
9		A.3	3721	69.02	
10	28	D.1	3646	84.08	81.1
11		D.2	3626	80.35	
12		D.3	3611	78.98	

Sumber : Nasution, A. K., Tarigan, J., & Mulia, A. P. (2021)

Tabel 2.7 Hasil eksperimen menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari berada pada kisaran 56,9 MPa hingga 81,1 MPa. Dari empat variasi campuran yang diuji, campuran D memberikan performa terbaik. Campuran tersebut terdiri atas semen, silica fume, pasir silika, pasir, abu vulkanik gunung Sinabung, *superplasticizer*, air, serta PP *fiber*, sehingga layak digunakan untuk kebutuhan konstruksi dengan mutu beton tinggi. Selain itu, pemanfaatan abu vulkanik gunung Sinabung dalam campuran beton turut memberikan manfaat lingkungan, karena membantu mengurangi pencemaran akibat material hasil erupsi.

2.2.7 Pengaruh Penggunaan Semen *PPC* Dengan FAS 0,4 Terhadap Kuat Tekan

Menurut Satrio (2014), perbandingan nilai serapan air beton yang menggunakan semen *PCC* dengan faktor air semen (FAS) 0,6 dan beton yang menggunakan semen *PCC* dengan FAS 0,4 menunjukkan bahwa nilai serapan air beton cenderung menurun seiring dengan meningkatnya kuat tekan. Meskipun sampai saat ini belum terdapat hubungan langsung yang pasti antara kuat tekan dan serapan air pada beton, fenomena ini disebabkan oleh reaksi hidrasi semen yang semakin sempurna serta kepadatan beton yang baik. Beton yang menggunakan semen *PCC* dengan FAS 0,4 menunjukkan nilai serapan air lebih rendah dibandingkan beton dengan semen *PCC*, sehingga penggunaan semen *PCC* dengan FAS 0,4 mampu menghasilkan kepadatan beton yang lebih optimal.

2.2.8 Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Sebagai Campuran Agregat Halus Dengan Penambahan Bahan Aditif Beton Sikacim Cair Terhadap Kuat Tarik

Menurut Zulkarnain dan Alqory (2024), penggunaan pasir pantai sebagai campuran agregat halus pada beton menunjukkan pengaruh yang relatif rendah terhadap kuat tarik belah pada benda uji berbentuk silinder. Hal ini disebabkan karena pasir pantai diperoleh dari pantai sehingga memiliki kandungan garam yang tinggi, sehingga kurang tepat jika digunakan langsung dalam campuran beton. Namun, pada variasi beton pasir pantai yang ditambahkan bahan aditif beton sikacim, terjadi peningkatan nilai kuat tarik belah. Peningkatan ini disebabkan oleh efek bahan aditif beton sikacim yang mampu meningkatkan mutu beton secara signifikan.



Gambar 2.10 Alat uji kuat tarik belah
Sumber : Zulkarnain, F., & Alqory, R. D. (2024).

Gambar 2.10 di atas merupakan salah satu uji kuat Tarik belah pada beton silinder dan dimana hasil dalam kuat tarik ini menjelaskan pasir pantai mengandung garam yang tidak sesuai untuk beton, pengaruh pasir pantai terhadap kekuatan tarik belah beton pada benda uji berbentuk silinder rendah. Namun, variasi beton yang menggunakan agregat pasir pantai dan campuran pasir pantai mengalami peningkatan kuat tarik belah. Temuan ini memberikan referensi penting mengenai bagaimana karakteristik material alternatif baik dengan kualitas rendah seperti pasir pantai maupun dengan peningkatan mutu menggunakan aditif dapat memengaruhi kinerja beton. Hal ini dapat menjadi pembanding atau pendukung teori dalam penelitian mengenai pengaruh penambahan serat baja Dramix 3D, terutama dalam menjelaskan

bagaimana variasi material tambahan dapat meningkatkan atau menurunkan kekuatan beton, termasuk kuat tarik dan pola retaknya. Dengan demikian, penelitian tersebut dapat membantu menyusun argumen yang lebih kuat mengenai efek modifikasi material terhadap sifat mekanis beton.

2.2.9 Pengaruh Umur Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Normal Dan *HVFA-SCC*

Menurut Wibowo (2022), dalam penelitian tersebut kedua jenis beton dibandingkan dan diuji kuat tekan seiring bertambahnya umur beton. Pengujian dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari, 28 hari, dan 90 hari. Tahapan penelitian dimulai dari persiapan material, pengujian material, pembuatan formula campuran (*job mix*), pembuatan benda uji, pelaksanaan pengujian kuat tekan, hingga analisis dan perolehan hasil. Hasil penelitian ini memberikan gambaran yang jelas mengenai pengaruh umur beton terhadap peningkatan kuat tekan kedua jenis beton yang diuji.



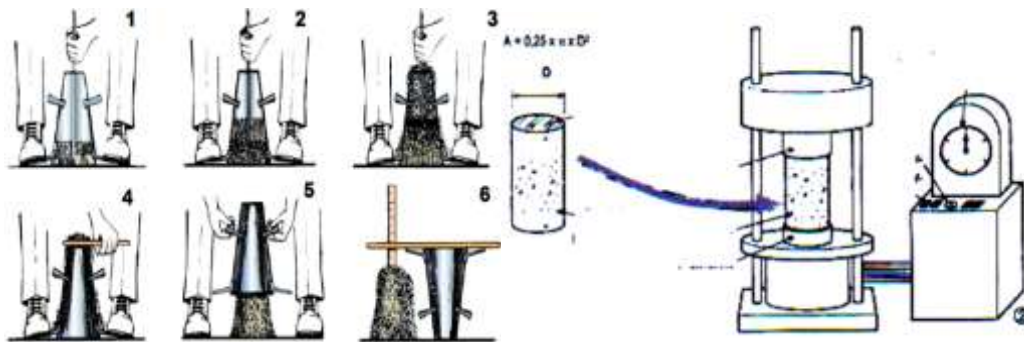
Gambar 2.11 Diagram perbandingan hasil kuat tekan beton
Sumber : Wibowo, R. G. (2022)

Gambar 2.11 di atas menunjukkan bahwa beton *HVFA* memiliki nilai kuat tekan yang lebih rendah dari pada beton normal pada umur dibawah 28 hari, namun pada umur diatas 28 hari nilai kuat tekan *HVFA-SCC* di atas beton normal. Kuat tekan *HVFA-SCC* meningkat lebih signifikan dari pada beton normal. Fenomena ini disebabkan karena terjadi reaksi lanjutan antara SiO_2 yang terkandung di dalam *fly ash* dengan Ca(OH)_2 yang merupakan sisa hasil reaksi antara semen dan air

2.2.10 Analisis Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Pada Beton f'_c 18,68 MPa Terhadap Kuat Tekan

Menurut Prastiyo, Ramadhani, dan Nugroho (2024), dalam penelitiannya menggunakan proporsi campuran beton dengan perbandingan antara semen, agregat

halus, agregat kasar, dan abu sekam padi sebesar 1:3. Persentase penambahan abu sekam padi pada campuran beton bervariasi sebesar 5%, 10%, dan 15% dari total proposi agregat halus dan agregat kasar. Pengambilan sampel dilakukan sesuai metode Roscoe, dengan ukuran sampel 10 buah per variabel, sehingga jumlah total sampel untuk empat variabel adalah 40 benda uji.



Gambar 2.12 *Slump* beton dan uji tekan

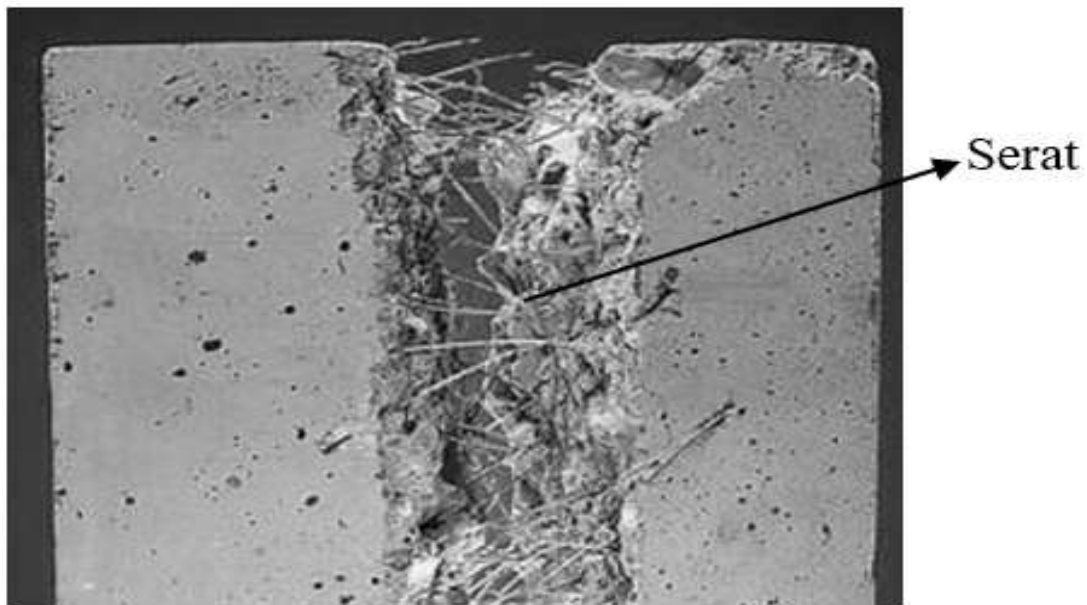
Sumber : Prastiyo, M., Ramadhani, R., & Nugroho, M. W. (2024).

Gambar 2.12 di atas merupakan proses pengambilan nilai *slump* dan uji tekan, sesuai dengan analisis diatas, hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan beton kelompok BN memiliki nilai terendah 14,2 MPa, nilai tertinggi 35,6 MPa, dengan rata-rata 23,78 MPa. Untuk kelompok BASP 5%, kuat tekan terendah 11,5 MPa, tertinggi 23,5 MPa, dan rata-rata 18,44 MPa; kelompok BASP 10% menunjukkan kuat tekan terendah 9,1 MPa, tertinggi 24,4 MPa, dan rata-rata 15,56 MPa; sedangkan kelompok BASP 15% memiliki kuat tekan terendah 7,8 MPa, tertinggi 25,3 MPa, dan rata-rata 14,73 MPa. Analisis ANOVA terhadap data kuat tekan beton menunjukkan nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,002. Karena nilai Sig. $0,002 < 0,05$, dapat disimpulkan bahwa penggunaan abu sekam padi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan beton.

2.3. Serat Untuk Tambahan Beton

Serat merupakan material berbentuk panjang dan tipis yang ditambahkan ke dalam campuran beton segar untuk meningkatkan sifat mekanis dan kinerja struktural beton, khususnya dalam hal daya tahan, daktilitas, dan ketahanan terhadap retak. Penambahan serat pada beton bertujuan untuk mengatasi dua kelemahan utama beton, yaitu sifat getas dan rendahnya kekuatan tarik. Dalam matriks beton, serat-serat tersebar secara acak dan berperan sebagai mikro tulangan yang mampu menghentikan perkembangan retak, mengurangi keruntuhan, serta meningkatkan kemampuan energi

serap beton. Penggunaan serat dalam bahan bangunan telah dikenal sejak lama misalnya pada bata tanah liat yang dikeringkan di bawah sinar matahari, jerami digunakan sebagai penguat alami untuk mencegah retak dan meningkatkan kekuatan. Metode ini telah diterapkan oleh bangsa Mesir kuno dan Sumeria, sehingga dapat dianggap sebagai prototipe konsep beton berserat modern.



Gambar 2.13 Contoh beton dengan serat terpasang
Sumber : *Google*, Darkspecialistd.blogspot.com 2022

Gambar 2.13 di atas menunjukkan penampang beton yang di dalamnya terdistribusi serat. Serat berfungsi sebagai bahan penguat tambahan yang meningkatkan ketahanan retak, daktilitas, dan kapasitas beton dalam menahan beban setelah retak..

2.3.1 Serat Dramix 3D

Serat baja Dramix 3D merupakan salah satu jenis serat baja (*steel fiber*) yang dirancang khusus untuk meningkatkan daya tahan, kekuatan tarik, daktilitas, dan kinerja retak beton. Serat ini diproduksi oleh Bekaert, perusahaan multinasional asal Belgia yang dikenal sebagai pelopor dalam teknologi serat baja untuk beton. Berbeda dengan tulangan konvensional, serat Dramix 3D dicampurkan langsung ke dalam adukan beton selama proses pencampuran sehingga tersebar merata di seluruh volume beton. Serat ini berfungsi mengendalikan propagasi retak mikroskopik sejak dini dan meningkatkan kekuatan sisa setelah retak (*residual strength*), yang sangat penting bagi beton struktural maupun non-struktural.

Tahun 1970-an, serat baja Dramix diperkenalkan sebagai penguatan beton yang lebih efektif dibandingkan tulangan konvensional. Seiring waktu, Bekaert mengembangkan berbagai varian serat ini untuk memenuhi kebutuhan khusus konstruksi. Varian Dramix 3D 65/35 BG menjadi salah satu yang populer sejak awal hingga pertengahan tahun 2000-an. Meskipun tidak terdapat dokumen resmi mengenai tahun peluncuran spesifik varian ini, data teknis menunjukkan bahwa serat ini telah digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi sejak periode tersebut.



Gambar 2.14 Panduan serat baja Dramix 3D
Sumber : Dramix 3D 2025

Gambar 2.14 di atas merupakan Dramix 3D, 4D dan 5D. Yang akan di gunakan penulis dalam melaksanakan penelitian ini adalah Dramix 3D, dengan cara mencampurkan Dramix 3D dalam pasta semen yang akan di buat dengan tujuan menaikkan kuat tekan pada beton.

2.3.2 Serat Polipropilena (*Polypropylene Fiber/PPT Fiber*)

Serat polipropilena, juga dikenal sebagai serat *polypropylene* atau *PPT Fiber*, merupakan jenis serat sintetis yang banyak digunakan sebagai tambahan pada campuran beton untuk meningkatkan sifat mekanik dan kinerja beton, khususnya dalam hal ketahanan terhadap retak karena beratnya yang ringan, ketahanan terhadap bahan kimia, dan rendahnya daya serap air, serat polipropilena sangat cocok

diaplikasikan pada beton. Selama tahap awal pengerasan, serat ini berfungsi untuk mengurangi retak akibat penyusutan plastis dan termal dalam matriks beton, serat tersebar secara acak membentuk jalinan mikro yang mencegah terbentuknya retakan. Meskipun tidak secara signifikan meningkatkan kekuatan tekan beton, serat polipropilena terbukti mampu meningkatkan daktilitas serta ketahanan terhadap aus.

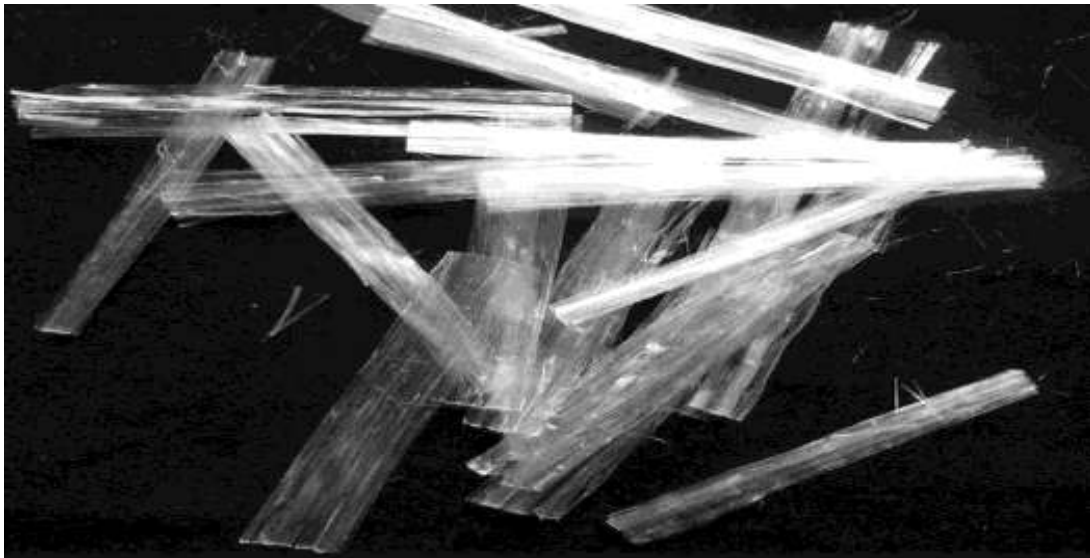
Serat polipropilena memiliki kemampuan menahan serangan bahan kimia agresif dan ketahanan terhadap korosi. Berbeda dengan serat baja, serat ini tidak menghantarkan listrik dan tidak mengalami karat meskipun terpapar air. Tersedia dalam berbagai panjang dan bentuk, termasuk monofilamen dan fibrilasi, serat ini biasanya ditambahkan pada beton dengan dosis antara $0,9 \text{ kg/m}^3$ hingga $1,8 \text{ kg/m}^3$, tergantung pada kebutuhan teknis dan jenis beton yang digunakan.

Tabel 2.8 Spesifikasi serat fibrilasi *polypropylene*

	100% perawan <i>polypropylene</i> pp	Perpanjang retak	20+/-5%
Jenis Serat	Jarring/jaring seperti balok	Diameter serat	20.30 um
Titik Leleh (C deg)	160-170	Kepadatan (g/cm^3)	0,91+/- 0,01
Modula Elastis (MPa)	3500 menit	Kekuatan Tarik (MPa)	450 menit
Panjang :	Kalimat 4mm atau 6mm (dengan toleransi 1mm) seperti 6 mm, 8mm, 12mm 18mm, 24mm		

Sumber : *Polypropylene Fiber*

Tabel 2.8 di atas merupakan hasil spesifikasi serat fibrilasi *polypropylene*. Dalam tabel ini, dapat dilihat nilai-nilai penting seperti jenis serat, titik leleh, modulus elastis, dan panjang serat hasil pengujian. Informasi tersebut sangat relevan dalam penelitian ini karena karakteristik serat, seperti modulus elastis dan panjangnya, berperan dalam menentukan kemampuan serat untuk memperkuat beton, menghambat retak, dan mempengaruhi performa mekanik campuran beton secara keseluruhan. Dengan memahami spesifikasi ini, penulis dapat membandingkan perilaku serat *polypropylene* dengan serat Dramix 3D yang digunakan dalam penelitian, sehingga memberikan dasar analisis yang lebih komprehensif terkait efektivitas serat dalam meningkatkan kuat tekan beton.



Gambar 2.15 Serat *polipropilena* (*polypropylene fiber/ppt fiber*)
sumber : *Google,Indonesia.elite-indus.com* 2023

Gambar 2.15 diatas merupakan serat dari *poliprepilena* yang telah siap diproduksi dan siap di aplikasikan untuk pencampuran pada beton.

2.3.3 Serat Polietilena (*Polyethylene Fiber/PE Fiber*)

Serat polietilena (PE) merupakan jenis serat sintetis dengan kekuatan tarik tinggi yang digunakan sebagai bahan tambahan dalam campuran beton. Serat PE dibuat dari polimer polietilena berkepadatan tinggi, yang dikenal memiliki kekuatan tinggi, berat jenis rendah, serta ketahanan terhadap bahan kimia dan kelembapan. Aplikasi serat PE dalam beton meningkatkan kinerja mekanik, membantu beton menahan beban dinamis dan penyusutan plastis. Sebagai jaring mikro penguat, serat PE tersebar merata di seluruh campuran beton dan bekerja menjembatani retakan, memperlambat pertumbuhan retak, serta memperpanjang umur pakai struktur.

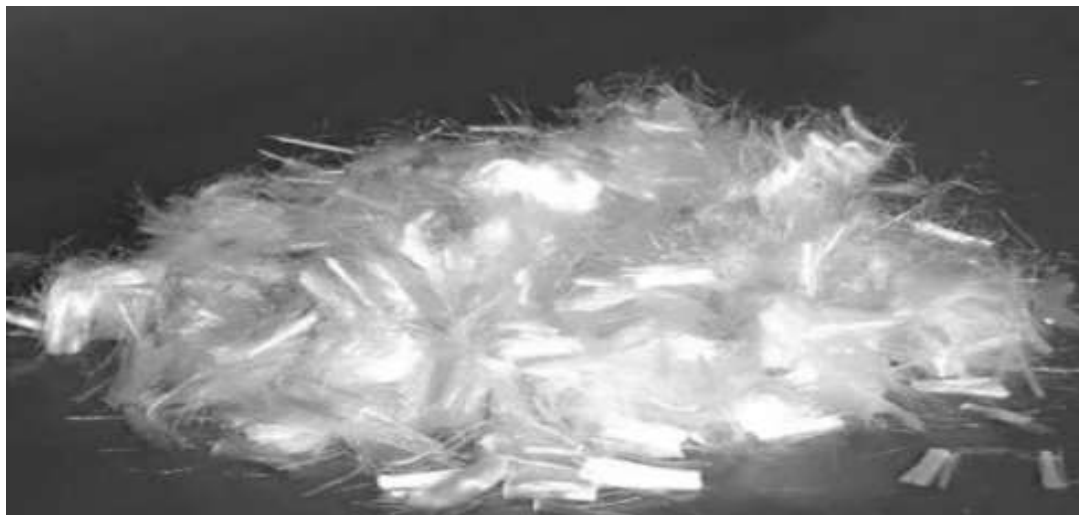
Serat PE memiliki modulus elastisitas tinggi dan kekuatan tarik yang bahkan melebihi baja bila dibandingkan berdasarkan berat jenisnya, sehingga unggul dibandingkan serat sintetis lainnya. Karakteristik ini menjadikannya sangat cocok untuk beton berserat kinerja tinggi (*High-Performance Fiber Reinforced Concrete*), termasuk untuk aplikasi struktural seperti jembatan, pelat lantai industri, dan elemen prefabrikasi. Selain itu, serat PE memiliki ketahanan kimia yang baik dan tidak mudah terurai, sehingga ideal untuk digunakan pada lingkungan agresif seperti wilayah pesisir, instalasi pengolahan limbah, dan struktur bawah tanah. Penggunaan serat PE juga berkontribusi pada peningkatan daktilitas dan kekuatan beton.

Tabel 2.9 Data teknis serat *polyethylene*

	<i>Polyethylene</i>	Tipe	Monofilament
<i>Equivalent Diameter</i>	0.02mm-1.00	<i>Desnity</i>	0,97-0,98 g/cm ³
<i>Melting point</i>	135-138° C	<i>Ignition point</i>	>340° C
<i>Tensile strength</i>	2.8=4.5 GPa	<i>Elastic modulus</i>	105-125

Sumber : *Polyethylene (PE) Fiber*

Tabel 2.9 merupakan hasil dari pengujian serat *polyethylene* dan dalam tabel ini di tuangkan hasil titik leleh, kekuatan Tarik, dan kekuatan *polyethylene* yang setara dengan diameter besi.



Gambar 2.16 Serat *Polyethylene Fiber/PE Fiber*

Sumber : Serat *polietilena*

Gambar 2.16 diatas merupakan ciri khas dari Serat *Polyethylena Fiber/PE Fiber*, yang sering di gunakan dalam campuran beton.

2.3.4 Serat Kaca (*Glass Fiber/GFRC*)

Serat kaca merupakan jenis serat sintetis yang ditambahkan ke dalam campuran beton untuk meningkatkan sifat mekanis dan daya tahannya. Penambahan serat ini menghasilkan beton komposit yang dikenal sebagai *Glass Fiber Reinforced Concrete (GFRC)*, yang memiliki keunggulan dalam hal kekuatan tarik, ketahanan terhadap retak, dan daya tahan terhadap kondisi lingkungan yang agresif. Serat kaca secara khusus meningkatkan ketahanan beton terhadap retak, mengingat beton konvensional cenderung rapuh dan memiliki kemampuan terbatas dalam menahan gaya tarik, sehingga retakan dapat muncul pada usia muda akibat penyusutan plastis atau beban kerja.

Menurut Fianca, Zakki, dan Manik (2015), hasil pengujian *Glass Fiber Reinforced Concrete (GFRC)* menunjukkan kekuatan lentur material sebesar 4,53 MPa, sedangkan kekuatan impak untuk retak pertama (*n1*) dan kegagalan akhir (*n2*) berturut-turut adalah 34,29 kN.mm dan 89,154 kN.mm. Pengujian dilakukan pada sampel berukuran 500 mm × 500 mm × 450 mm dengan ketebalan 40 mm, menggunakan kandungan serat kaca sebesar 3,5% dari berat beton, yang menghasilkan berat ponton sebesar 90,35 kg.

Tabel 2.10 Hasil penimbangan berat ponton

No	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)
I	50	50	45	90,30
II	50	50	45	90,30
II	50	50	45	90,30
Rata-rata =				90,30

Sumber : D Fianca, AF Zakki, P Manik 2015

Tabel 2.10 di atas merupakan hasil dari penimbangan ponton sebelum pengujian dilakukan pada serat kaca dan didapat nilai kekuatan lentur dari material *GFRC* sebesar 4,53 Mpa dan kekuatan impak untuk *n1*(retak pertama) dan *n2* (*Final Failure*) berturut-turut adalah 34,29 kN.mm dan 89,154 kN.mm. Dengan ukuran 500 mm x 500 mm x 450 mm dan tebal 40 mm dengan 3,5% kandungan serat gelas, berat ponton adalah 90,35 kg

2.3.5 Serat *Basalt*

Serat ini berasal dari batuan vulkanik yang meleleh dan ditarik menjadi serat halus. Penambahan serat *Basalt* ke dalam campuran beton bertujuan untuk meningkatkan kekuatan beton, ketahanan terhadap retak, dan ketahanan terhadap kondisi lingkungan ekstrem. Serat *Basalt* berperan dalam meningkatkan daktilitas serta ketahanan retak beton.

Beton tradisional memiliki kelemahan berupa sifat getas (*brittle*), yang membuatnya mudah retak terutama saat mengalami beban tarik atau lentur. Penambahan serat basalt berfungsi sebagai elemen penahan retak (*crack arrestor*), mencegah retak mikro berkembang menjadi retak besar, sehingga beton dapat menahan deformasi lebih lama sebelum mengalami keruntuhan. Selain itu, serat *Basalt* meningkatkan ketahanan beton terhadap kondisi lingkungan berbahaya, seperti paparan air laut, suhu tinggi, atau bahan kimia. Dengan ketahanan korosi yang lebih

baik dibandingkan serat logam dan ketahanan terhadap suhu tinggi, serat *Basalt* memungkinkan penggunaan beton pada lingkungan laut, industri kimia, maupun aplikasi tahan api.



Gambar 2.17 Serat *baslt*
Sumber : *Google,idglassfiberfactory.com* 2025

Gambar 2.17 di atas merupakan ciri khas dari serat *Basalt* yang sudah siap di produksi dan siap di gunakan, serat *Basalt* berfungsi sebagai elemen penahan retak atau *crack arrestor*, yang mencegah retak mikro berkembang menjadi retak besar.

2.3.6 Serat Karbon (*Carbon Fiber*)

Serat karbon merupakan material komposit yang terdiri dari filamen tipis dengan diameter antara 5-10 mikrometer, sebagian besar tersusun dari atom karbon. Serat ini memiliki modulus elastisitas tinggi, kekuatan tarik tinggi, ringan, tahan korosi, dan tahan terhadap suhu tinggi. Pembuatan serat karbon umumnya dilakukan melalui pemanasan bahan baku organik seperti *poliakrilonitril*, *rayon*, atau *pitch* pada suhu tinggi tanpa oksigen. Dalam teknik sipil dan konstruksi, serat karbon digunakan dalam bentuk lembaran, pita, atau jaring yang digabungkan dengan *resin epoxy* untuk membentuk sistem penguat struktural, yang dikenal sebagai *CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer)*.

Beton memiliki kekuatan tekan yang tinggi namun kelemahan utamanya adalah rendahnya kuat tarik. Penambahan serat karbon ke dalam campuran beton atau sebagai penguat eksternal dapat meningkatkan kemampuan beton menahan gaya tarik dan lentur, sekaligus mengurangi risiko retak dan kerusakan struktural. Komponen struktural seperti balok, kolom, pelat lantai, dan dinding geser dapat diperkuat dengan

melapisi permukaannya menggunakan lembaran serat karbon berlapis resin *epoxy*. Keunggulan serat karbon dalam beton antara lain: (a) lebih ringan daripada baja dengan kekuatan tarik melebihi 3.500 MPa, (b) tahan korosi, (c) mudah diaplikasikan di lokasi proyek tanpa peralatan berat, dan (d) tipis serta fleksibel sehingga tidak mengganggu estetika bangunan.

Menurut Aulia, Roestaman, dan Walujodjati (2021), penggunaan *CFRP* pada beton menghasilkan peningkatan kekuatan dibanding beton biasa. Nilai uji kuat tekan beton dengan *CFRP* adalah 10,67 MPa, dengan rincian kekuatan tipe 1-100% sebesar 11,03 MPa, tipe 2-75% sebesar 10,46 MPa, tipe 3-50% sebesar 11,31 MPa, dan tipe 4-25% sebesar 9,33 MPa. Persentase peningkatan kekuatan dengan *CFRP* tercatat sebesar 7% untuk tipe 100%, 5% untuk tipe 75%, dan 4% untuk tipe 25%.

Tabel 2.11 Hasil pengujian agregat

NO	Jenis Pengujian	Agregat Halus		Agregat Kasar		Keterangan
		Spesifikasi (ASTM)	Hasil Pengujian	Spesifikasi (ASTM)	Hasil Pengujian	
1	Kadar lumpur	<5%	2.63%			memenuhi
2	Berat isi					
	Gembur	1,4-1,9 kg/1	1,302 kg/1	1,4-1,9 kg/1	1,288 kg/1	Memenuhi
	Padat	1,4-1,9 kg/1	1,59 kg/1	1,4-1,9 kg/1	1,481 kg/1	Memenuhi
3	Berat jenis					
	Bj. Curah	1,6-3,3	2,71	1,6-3,2	2,45	Memenuhi
	(bulk)	1,6-3,3	2,84	1,6-3,2	2,55	Memenuhi
	Bj.SSD	1,6-3,3	3,10	1,6-3,2	2,71	Memenuhi
	Bj.Apparent					
4	Absorpsi	<2	4,6%	0.2-4%	3,92%	Memenuhi
5	Modulus					
	Kehalusan	1,5-3.8	3.3919	-	-	Memenuhi
6	Keausan			<50%	3,60%	Memenuhi

Sumber : F Aulia, R Roestaman, E Walujodjati 2021

Tabel 2.11 menyajikan hasil pengujian agregat, baik agregat halus maupun agregat kasar, berdasarkan spesifikasi ASTM. Pengujian yang dilakukan meliputi kadar lumpur, berat isi (gembur dan padat), berat jenis (curah, SSD, apparent), absorpsi, modulus kehalusan, dan keausan.

Secara umum, hasil pengujian menunjukkan bahwa sebagian besar properti agregat yang diuji memenuhi spesifikasi yang ditetapkan dalam standar ASTM. Misalnya, kadar lumpur agregat halus sebesar 2,63% berada di bawah batas

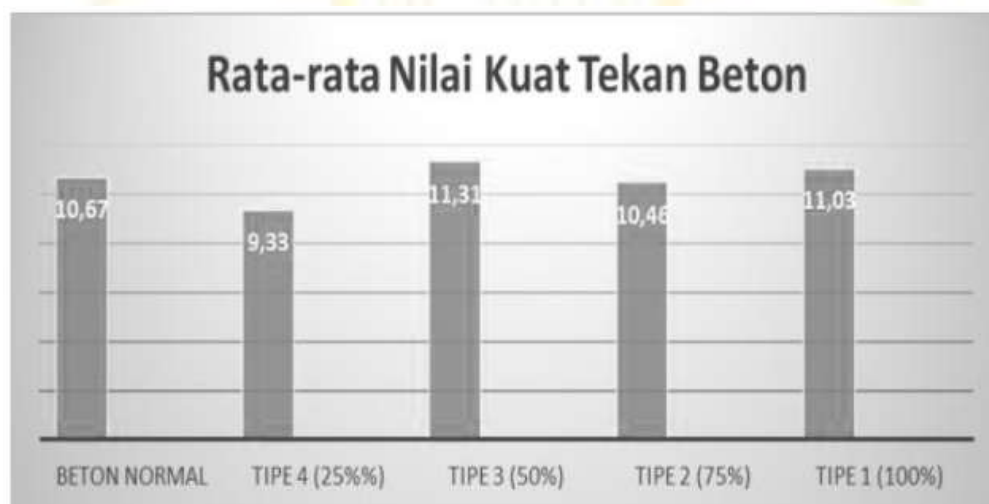
maksimum 5%, dan keausan agregat kasar sebesar 3,60% berada di bawah batas 50%. Beberapa nilai berat isi agregat halus sedikit di bawah kisaran spesifikasi 1,4-1,9 kg/l, namun tetap dinyatakan memenuhi.

Tabel 2.12 Hasil uji kuat tekan dengan perkuatan

Umur hari	Tipe Perkuatan	Berat kg	Kuat tekan MPa	Rata-Rata MPa
14	Tipe 1 (100%)	11,99	13,02	11,03
		11,99	9,05	
		11,99	11,03	
	Tipe 2 (75%)	11,78	12,44	10,46
		11,68	10,46	
		11,52	8,48	
	Tipe 3 (50%)	11,62	12,16	10,84
		11,56	9,05	
		11,62	11,31	
	Tipe 4 (25%)	11,74	9,33	9,99
		11,48	12,16	
		1142	8,48	

Sumber : F Aulia, R Roestaman, E Walujodjati 2021

Tabel 2.12 di atas menyatakan pengaruh penggunaan *CFRP*, kekuatan beton menjadi lebih kuat daripada beton biasa. Nilai uji kekuatan tekan beton dengan *CFRP* adalah 10,67 MPa, dengan kekuatan tipe 1-100% sebesar 11,03 MPa, kekuatan tipe 2-75% sebesar 10,46 MPa, kekuatan tipe 3-50% sebesar 11,31 MPa, dan kekuatan tipe 4-25% sebesar 9,33 MPa. Persentase peningkatan kekuatan dengan *CFRP* adalah 7% untuk kekuatan 100%, 5% untuk kekuatan 75%, dan 4% untuk kekuatan 25%



Gambar 2.18 Diagram nilai beton rata-rata

Sumber : F Aulia, R Roestaman, E Walujodjati 2021

Gambar 2.18 diatas merupakan diagram yang memudahkan kita untuk mengenal kuat tekan yang telah di tuangkan dalam data tabel dimana pada perkuatan tambahan dengan *CFRP* kekuatan beton lebih tinggi dari kekuatan beton normal.

2.4 Narasi Logis

Beton merupakan material utama dalam konstruksi yang memiliki kemampuan menahan gaya tekan, namun sifatnya yang getas membuatnya rentan terhadap retak sehingga dapat menurunkan kekuatan dan daya tahan struktur. Salah satu upaya untuk mengatasi kelemahan ini adalah dengan menambahkan penguat berupa serat baja Dramix 3D, yang terbukti mampu meningkatkan ketahanan beton terhadap retak serta memperbaiki distribusi tegangan dalam matriks mikro beton. Meskipun penggunaan serat baja Dramix 3D semakin berkembang dalam praktik konstruksi, penelitian yang secara spesifik mengevaluasi pengaruh penambahan serat ini terhadap kekuatan tekan beton silinder masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kuantitatif melalui pengujian kuat tekan pada benda uji silinder beton, sehingga memungkinkan analisis objektif mengenai efek penambahan serat terhadap sifat mekanis beton.

2.4.1 Pentingnya Penelitian Ini Diperlukan

Berdasarkan uraian mengenai sifat dan perilaku beton, penelitian ini disusun dengan identifikasi masalah, rumusan, batasan, dan tujuan yang jelas. Penelitian dilakukan dengan memanfaatkan referensi dari jurnal dan SNI untuk memperkuat dasar teori. Penelitian ini penting dilakukan sebagai upaya menghadirkan inovasi baru dalam pengembangan beton, terutama jika hasilnya terbukti efektif saat penerapan. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah yang signifikan dalam pemilihan jenis beton dan metode penguatannya, meningkatkan kualitas konstruksi, serta memberikan panduan praktis bagi insinyur dan peneliti dalam merancang beton dengan sifat mekanis dan daya tahan yang lebih baik. Hasil penelitian juga dapat menjadi dasar bagi pengembangan teknologi beton berserat maupun beton ramah lingkungan di masa depan, serta mendorong penerapan material alternatif yang efisien dan berkelanjutan dalam industri konstruksi.