



Pengaruh Metode *Curing* terhadap Sifat Mekanik Beton Untuk Efektivitas Pekerjaan Lapangan

Habib Husein Syafa¹ ✉, Jafar²

^{1,2} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Indonesia

DOI: <https://doi.org/10.26623/teknika.v21i1.13793>

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Disubmit 16 Januari 2026

Direvisi 19 Oktober 2026

Disetujui 21 Oktober 2026

Keywords:

concrete curing, compressive strength, splitting tensile strength, modulus of elasticity.

Abstrak

Beton merupakan material konstruksi utama yang mutu mekaniknya sangat dipengaruhi oleh metode *curing* selama proses hidrasi semen. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh berbagai metode *curing* terhadap sifat mekanik beton serta menentukan metode yang paling efektif dan realistis untuk diterapkan di lapangan. Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan beton normal mutu rencana 30 MPa dengan benda uji silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Variasi metode *curing* meliputi perendaman, penyiraman, karung basah, *plastic sheeting*, dan *curing compound*. Pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas dilakukan pada umur 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode perendaman menghasilkan nilai sifat mekanik tertinggi, diikuti oleh karung basah dan *plastic sheeting*, sedangkan penyiraman dan *curing compound* menunjukkan hasil yang lebih rendah. Disimpulkan bahwa metode karung basah merupakan alternatif *curing* paling efektif untuk kondisi lapangan. Penelitian ini memberikan kontribusi berupa rekomendasi praktis dalam pemilihan metode *curing* beton.

Abstract

Concrete is a primary construction material whose mechanical properties are significantly affected by the curing method during the cement hydration process. This study aims to analyze the effect of various curing methods on the mechanical properties of concrete and determine the most effective and realistic method for field application. The study was conducted experimentally using 30 MPa normal concrete with cylindrical specimens with a diameter of 150 mm and a height of 300 mm. Variations in curing methods included immersion, watering, wet sacks, plastic sheeting, and curing compound. Compressive strength, splitting tensile strength, and elastic modulus tests were conducted at 28 days. The results showed that the immersion method produced the highest mechanical property values, followed by wet sacks and plastic sheeting, while watering and curing compound showed lower results. It was concluded that the wet sack method is the most effective curing alternative for field conditions. This study contributes practical recommendations in the selection of concrete curing methods.

This is an open access article under the CC BY license



✉ Alamat Korespondensi:

E-mail: habibsyafa000@gmail.com

p-ISSN 1410-4202

e-ISSN 2580-8478

PENDAHULUAN

Beton merupakan material konstruksi yang paling banyak digunakan karena memiliki kuat tekan tinggi, mudah dibentuk, dan relatif ekonomis. Namun, mutu beton yang dihasilkan tidak hanya ditentukan oleh perencanaan campuran dan kualitas material, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh metode perawatan (*curing*) setelah pengecoran. *Curing* berperan penting dalam menjaga kelembapan beton agar proses hidrasi semen berlangsung optimal, sehingga sifat mekanik beton dapat berkembang secara maksimal, terutama pada umur awal hingga umur rencana. Dalam praktik di lapangan, keterbatasan air, kondisi cuaca, serta luas area pengecoran sering menyebabkan metode *curing* tidak dilakukan secara optimal, yang berpotensi menurunkan kinerja beton.

Berbagai penelitian dalam satu dekade terakhir menunjukkan bahwa metode *curing* memiliki pengaruh signifikan terhadap kuat tekan dan sifat mekanik beton (Agustina & Musthofa, 2023). melaporkan bahwa metode perendaman memberikan hasil mekanik terbaik dibandingkan karung basah dan *curing compound*, meskipun kurang aplikatif di lapangan (Mujiyati dkk, 2023) menunjukkan adanya perbedaan signifikan kuat tarik belah akibat variasi metode *curing*, khususnya pada beton normal. Penelitian lain oleh (Budi dkk, 2020) dan (Mulyati & Arkis, 2020) juga menegaskan bahwa perendaman merupakan metode paling efektif, namun memiliki keterbatasan dari sisi efisiensi dan implementasi lapangan. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada efektivitas teknis tanpa meninjau secara komprehensif relevansi metode *curing* terhadap kondisi pekerjaan lapangan yang nyata.

Berdasarkan kajian tersebut, terdapat kesenjangan penelitian terkait evaluasi metode *curing* alternatif yang tidak hanya dinilai dari performa mekanik, tetapi juga dari aspek kepraktisan dan efektivitas penerapannya di lapangan. Penelitian ini menawarkan kebaruan dengan membandingkan beberapa metode *curing* yang umum digunakan di lapangan seperti karung basah, *plastic sheeting*, dan *curing compound* terhadap metode perendaman sebagai acuan, melalui pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas secara terintegrasi. Pendekatan ini penting untuk memberikan rekomendasi *curing* yang lebih realistis bagi pekerjaan konstruksi.

Permasalahan penelitian ini adalah bagaimana pengaruh masing-masing metode *curing* terhadap sifat mekanik beton dan metode *curing* mana yang paling efektif serta aplikatif untuk kondisi lapangan. Oleh karena itu, tujuan artikel ini adalah menganalisis pengaruh metode *curing* terhadap sifat mekanik beton dan menentukan metode *curing* yang optimal berdasarkan kinerja mekanik dan relevansinya terhadap pelaksanaan konstruksi di lapangan.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Material beton yang digunakan terdiri dari semen *Portland Composite Cement* (PCC) merek Semen Tiga Roda, agregat halus berupa pasir alami, dan agregat kasar berupa batu pecah dengan ukuran maksimum 20 mm yang berasal dari material vulkanik Gunung Merapi. Air pencampur yang digunakan adalah air bersih layak minum sesuai ketentuan SNI 2847:2019. Bahan kimia yang digunakan sebagai metode *curing* adalah *curing compound* berbasis resin merek Sika Antisol S dalam bentuk murni sesuai spesifikasi pabrik.

Perencanaan campuran beton dilakukan berdasarkan SNI 03-2834-2000 dengan kuat tekan rencana sebesar 30 MPa. Benda uji yang digunakan berupa silinder beton berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Penelitian ini menerapkan lima variasi metode *curing*, yaitu perendaman penuh dalam air,

penyiraman permukaan, pembungkusan menggunakan karung basah, penutupan dengan *plastic sheeting*, dan aplikasi *curing compound*. Setiap variasi metode *curing* menggunakan tiga benda uji, sehingga diperoleh total 15 benda uji untuk setiap jenis pengujian. Perawatan beton dilakukan sesuai dengan metode yang telah ditetapkan hingga umur pengujian.

Pengujian kuat tekan dilakukan mengacu pada SNI 1974:2011, kuat tarik belah berdasarkan SNI 2491:2014, dan modulus elastisitas statik mengacu pada SNI 4431:2011 serta ASTM C469. Peralatan utama yang digunakan meliputi mesin uji tekan hidrolik dengan kapasitas 2000 kN dan alat ukur deformasi dengan ketelitian 0,001 mm. Analisis data dilakukan secara statistik menggunakan uji normalitas, homogenitas, dan *One-Way* ANOVA untuk menilai signifikansi pengaruh metode *curing* terhadap sifat mekanik beton. Tolak ukur kinerja beton dinyatakan dalam nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas yang dibandingkan secara relatif antar metode *curing*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Material

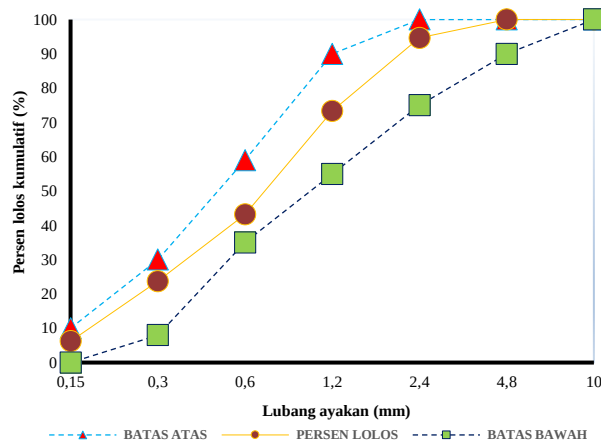
1) Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Pengujian agregat halus dilakukan untuk memastikan kesesuaian material terhadap persyaratan beton struktural. Pemeriksaan yang dilakukan meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, analisis gradasi melalui uji saringan, pengujian berat volume dalam kondisi gembur dan padat, serta pengujian kadar lumpur pada agregat halus (pasir). Hasil pengujian menunjukkan bahwa agregat halus yang digunakan memiliki karakteristik fisik yang memenuhi ketentuan standar yang berlaku dan berada dalam rentang yang direkomendasikan untuk beton normal. Gradasi butiran pasir berada pada zona yang sesuai sehingga mampu mendukung *workability* dan kepadatan beton, sedangkan nilai kadar lumpur masih berada di bawah batas maksimum yang diizinkan. Selain itu, nilai berat jenis dan penyerapan air menunjukkan bahwa agregat halus memiliki porositas yang terkendali, sehingga tidak memberikan pengaruh negatif terhadap kebutuhan air pencampur maupun mutu beton yang dihasilkan. Dengan demikian, agregat halus yang digunakan layak digunakan sebagai bahan penyusun beton pada penelitian ini.

Tabel 1. Hasil Pengujian Material Agregat Halus

Jenis Pengujian	Hasil	Satuan
Berat jenis curah	2,67	gram
Berat jenis SSD	2,75	gram
Berat jenis semu	2,91	gram
Penyerapan air	3,09	%
Modulus halus butir	2,60	
Berat volume padat	1,73	gram
Berat volume gembur	1,46	gram
Kadar lumpur	2,50	%

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini termasuk dalam gradasi pasir daerah II, yang diklasifikasikan sebagai pasir sedang. Gradasi tersebut menunjukkan distribusi ukuran butir yang seimbang, sehingga mampu memberikan kombinasi yang baik antara *workability* dan kepadatan beton. Penggunaan pasir dengan gradasi daerah II dinilai sesuai untuk beton normal karena dapat mengurangi rongga antar butir agregat serta mendukung pencapaian kuat tekan yang stabil.



Gambar 1. Kurva Gradasi Agregat Halus

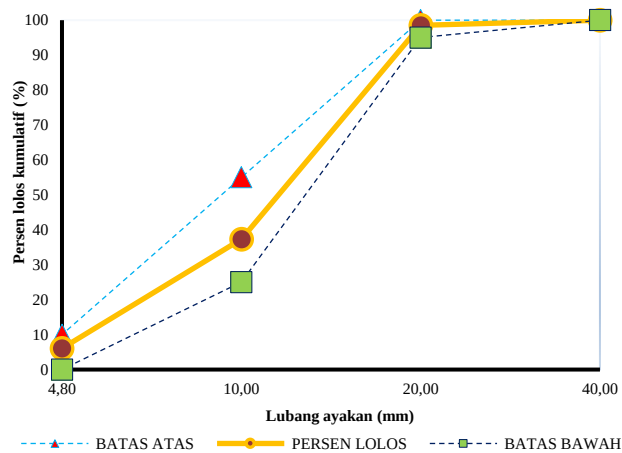
2) Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Pengujian agregat kasar pada penelitian ini meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, analisis gradasi melalui uji saringan, serta pengujian berat volume dalam kondisi gembur dan padat. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa agregat kasar yang digunakan memiliki karakteristik fisik yang memenuhi persyaratan sebagai bahan penyusun beton normal. Gradasi agregat kasar berada dalam rentang yang direkomendasikan sehingga mampu menghasilkan susunan butir yang baik dan mendukung kepadatan beton. Nilai berat jenis dan penyerapan air menunjukkan bahwa agregat memiliki porositas yang terkendali, sedangkan nilai berat volume gembur dan padat mengindikasikan kemampuan agregat dalam membentuk struktur beton yang stabil. Dengan demikian, agregat kasar yang digunakan layak digunakan dalam campuran beton pada penelitian ini.

Tabel 2. Hasil Pengujian Material Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Hasil	Satuan
Berat jenis curah	2,57	gram
Berat jenis SSD	2,60	gram
Berat jenis semu	2,64	gram
Penyerapan air	1,11	%
Modulus halus butir	6,45	
Berat volume padat	1,60	gram
Berat volume gembur	1,32	gram

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini memiliki ukuran butir maksimum sebesar 20 mm, yang termasuk dalam kategori agregat kasar untuk beton normal. Ukuran maksimum tersebut sesuai untuk menghasilkan keseimbangan antara *workability* dan kepadatan beton, serta mendukung perkembangan sifat mekanik beton yang stabil.



Gambar 2. Kurva Gradasi Agregat Kasar

B. Perencanaan *Mix Design*

Perencanaan campuran beton pada penelitian ini dilakukan berdasarkan SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Perencanaan *mix design* bertujuan untuk memperoleh beton dengan mutu rencana 30 MPa serta memenuhi persyaratan *workability* dan kekuatan yang ditetapkan. Parameter perencanaan meliputi pemilihan faktor air semen, proporsi agregat halus dan agregat kasar, serta kebutuhan air pencampur yang disesuaikan dengan karakteristik material. Hasil perhitungan *mix design* yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam pembuatan benda uji beton pada penelitian ini dan disajikan pada tabel berikut.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil *Mix Design*

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Kuat Tekan Beton Rencana	30	MPa
2	Standart Deviasi	7	MPa
3	Nilai Tambah / Margin	12	MPa
4	Kuat Tekan Beton Rerata	42	MPa
5	Jenis Semen	Tipe 1	
6	Jenis Agregat Kasar (Kerikil)	Batu Pecah	
	Jenis Agregat Halus (Pasir)	Alami	
7	Faktor air semen bebas	0,44	
	Faktor air semen maksimum	0,6	
8	FAS digunakan	0,44	
9	Slump	60-180	mm
10	Ukuran agregat maksimum	20	mm
11	Kadar air bebas	205	Kg/m ³
12	Kadar semen	466	Kg/m ³
13	Kadar semen maksimum	-	Kg/m ³
14	Kadar semen minimum	275	Kg/m ³
15	Kadar semen digunakan	466	Kg/m ³
16	FAS disesuaikan	0,44	
17	Susunan besar butir agregat halus	Gradasi 2	
18	Berat jenis agregat kasar (SSD)	2,60	

No	Uraian	Nilai	Satuan
	Berat jenis agregat halus (SSD)	2,75	
19	Persen agregat halus	40,50	%
20	Persen agregat kasar	59,50	%
21	Berat jenis relatif agregat gabungan (SSD)	2,66	
22	Berat isi beton	2378	Kg/m ³
23	Kadar agregat gabungan	1707	Kg/m ³
24	Kadar agregat halus	691,37	Kg/m ³
25	Kadar agregat kasar	1015,72	Kg/m ³
26	Kadar semen dengan angka penyusutan	628,98	Kg/m ³
27	Kadar agregat halus dengan angka penyusutan	933,35	Kg/m ³
28	Kadar agregat kasar dengan angka penyusutan	1371,22	Kg/m ³
29	Kadar air dengan angka penyusutan	276,75	Kg/m ³

Berdasarkan hasil perencanaan campuran beton yang mengacu pada SNI 03-2834-2000, diperoleh proporsi material penyusun beton normal yang digunakan dalam penelitian ini. Proporsi campuran beton tersebut selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam pembuatan seluruh benda uji dan disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4. Rekapitulasi Proporsi Campuran Beton

	Semen	Air	Agregat	
			Halus	Kasar
	Kg	Kg	Kg	Kg
1 m ³ beton	466	205	691,37	1015,72
1 Silinder	3,334	1,467	4,948	7,269

Pada penelitian ini dilakukan pengujian *slump* beton untuk menilai tingkat kelecakan (*workability*) beton segar sebelum proses pencetakan benda uji. Pengujian *slump* bertujuan memastikan bahwa campuran beton memiliki konsistensi yang sesuai dengan kebutuhan pengerjaan dan perencanaan campuran. Hasil pengujian *slump* yang diperoleh pada penelitian ini disajikan pada tabel berikut.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Pengujian *Slump*

Keterangan	Tinggi <i>Slump</i> (mm)	Syarat Nilai <i>Slump</i> (60-180 mm)
<i>Mixing 1</i>	110	Memenuhi
<i>Mixing 2</i>	130	Memenuhi
<i>Mixing 3</i>	160	Memenuhi
<i>Mixing 4</i>	90	Memenuhi
<i>Mixing 5</i>	110	Memenuhi
<i>Mixing 6</i>	140	Memenuhi



Gambar 3. Contoh Uji *Slump*

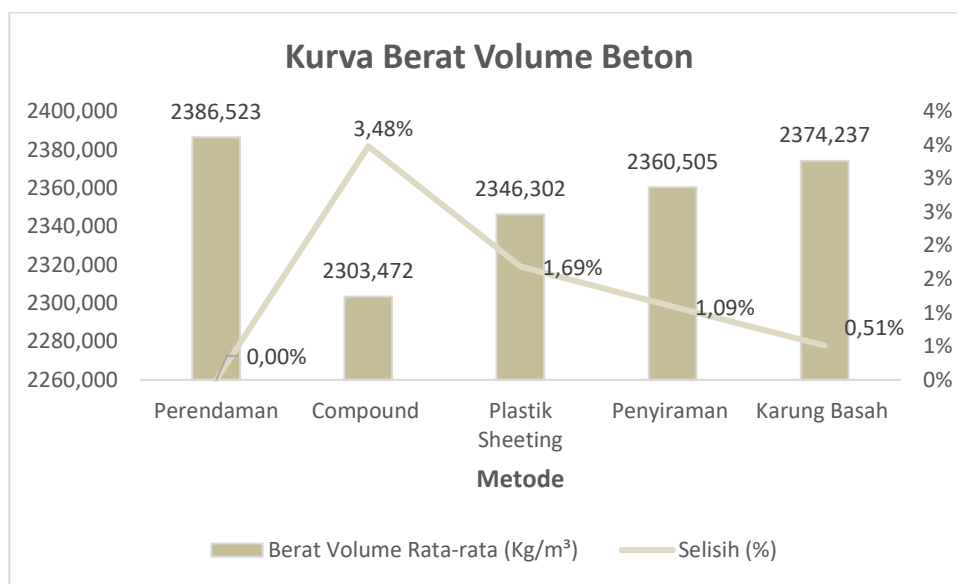
C. Hasil Pengujian Berat Volume Beton

Pengujian berat volume beton dilakukan untuk mengetahui massa jenis beton yang dihasilkan dari campuran yang digunakan dalam penelitian ini. Pengujian ini bertujuan mengevaluasi kepadatan beton sebagai indikator kualitas dan keseragaman campuran. Hasil pengujian berat volume beton pada penelitian ini disajikan pada tabel berikut.

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton

Metode Perawatan	Umur Uji	Kode Benda Uji	Diameter	Tinggi	Volume	Berat	Berat Volume	Berat Volume Rata-rata
			m	m	m³	Kg	Kg/m³	Kg/m³
Perendaman	28 Hari	S1-R	0,150	0,298	0,005	12,430	2366,690	2386,523
		S2-R	0,150	0,300	0,005	12,396	2338,234	
		S3-R	0,150	0,301	0,005	12,595	2381,348	
		S4-R	0,150	0,301	0,005	12,750	2401,006	
		S5-R	0,150	0,300	0,005	12,810	2416,326	
		S6-R	0,150	0,301	0,005	12,810	2415,536	
Compound		S1-C	0,150	0,300	0,005	12,015	2270,908	2303,472
		S2-C	0,150	0,300	0,005	12,270	2320,658	
		S3-C	0,150	0,300	0,005	12,095	2282,980	
		S4-C	0,150	0,300	0,005	12,440	2344,970	
		S5-C	0,150	0,300	0,005	12,165	2291,605	
		S6-C	0,150	0,300	0,005	12,255	2309,712	
Plastic Sheeting		S1-P	0,150	0,300	0,005	12,465	2353,603	2346,302
		S2-P	0,150	0,300	0,005	12,460	2350,306	
		S3-P	0,150	0,300	0,005	12,530	2360,363	
		S4-P	0,150	0,300	0,005	12,446	2350,015	
		S5-P	0,150	0,300	0,005	12,275	2315,410	
		S6-P	0,150	0,300	0,005	12,465	2348,118	
Penyiraman		S1-S	0,150	0,301	0,005	12,465	2346,556	2360,505
		S2-S	0,150	0,299	0,005	12,645	2393,179	
		S3-S	0,150	0,300	0,005	12,485	2355,022	
		S4-S	0,150	0,301	0,005	12,450	2343,732	
		S5-S	0,150	0,299	0,005	12,520	2369,522	
		S6-S	0,150	0,300	0,005	12,485	2355,022	

Metode Perawatan	Umur Uji	Kode Benda Uji	Diameter	Tinggi	Volume	Berat	Berat Volume	Berat Volume Rata-rata
			m	m	m ³	Kg	Kg/m ³	Kg/m ³
Karung Basah	28 Hari	S1-K	0,150	0,301	0,005	12,685	2397,552	2374,237
		S2-K	0,150	0,301	0,005	12,575	2368,051	
		S3-K	0,150	0,300	0,005	12,680	2398,195	
		S4-K	0,150	0,301	0,005	12,630	2387,157	
		S5-K	0,150	0,300	0,005	12,495	2356,908	
		S6-K	0,150	0,301	0,005	12,380	2337,559	



Gambar 4. Grafik Kurva Berat Volume Beton

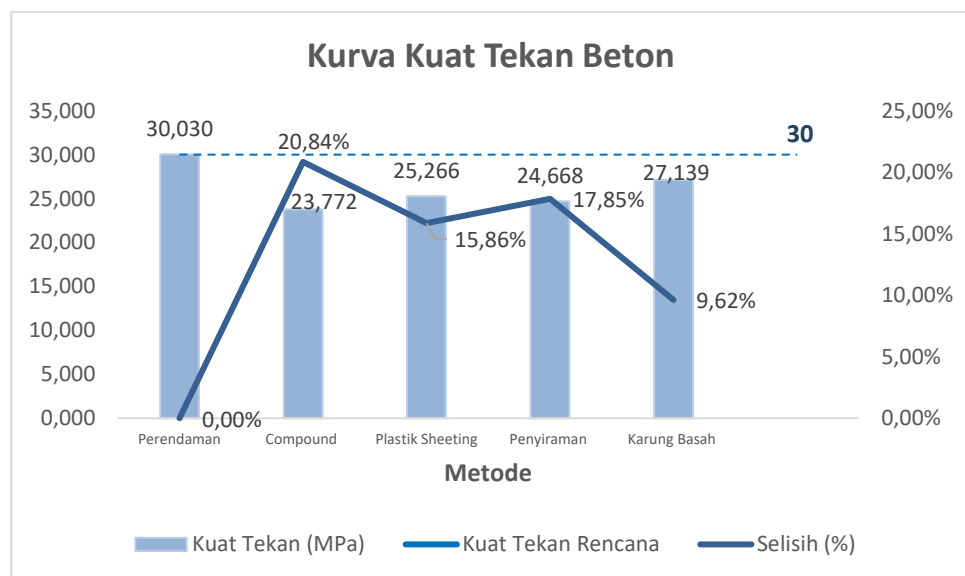
Perbedaan berat volume beton dipengaruhi oleh kemampuan masing-masing metode *curing* dalam mempertahankan kelembapan selama proses hidrasi. Metode perendaman menghasilkan berat volume tertinggi karena menjaga kondisi beton tetap jenuh air sehingga hidrasi berlangsung optimal. Sebaliknya, *curing compound* dan *plastic sheeting* menunjukkan nilai lebih rendah akibat keterbatasan dalam menjaga kelembapan internal beton. Metode penyiraman dan karung basah memberikan hasil yang relatif mendekati perendaman dengan selisih kecil. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Agustina, 2023) yang menyatakan bahwa metode perendaman menghasilkan berat volume beton tertinggi, diikuti karung basah dan *curing compound*. Hal ini menegaskan bahwa efektivitas metode *curing* dalam mempertahankan kadar air berbanding lurus dengan peningkatan berat volume beton.

D. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton diawali dengan proses pengeringan benda uji selama 24 jam pada suhu ruang, kemudian dilanjutkan dengan proses *capping* untuk meratakan permukaan beton sebelum pengujian. Tahapan ini dilakukan untuk memastikan distribusi beban tekan berlangsung merata selama pengujian. Hasil pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini disajikan pada tabel berikut.

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Metode Perawatan	Umur Uji	Kode Benda Uji	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maks	Kuat Tekan	Rata-rata
			mm	mm	mm²	Kn	MPa	MPa
Perendaman	28 Hari	S1-R	149,800	298,000	17624,366	498,153	28,27	30,030
		S2-R	150,000	300,000	17624,366	568,968	32,20	
		S3-R	149,600	300,900	17671,459	529,764	29,63	
Compound		S1-C	149,800	300,200	17577,337	421,000	23,82	23,772
		S2-C	149,700	300,400	17624,366	405,850	23,00	
		S3-C	149,900	300,200	17600,844	432,880	24,50	
Plastic Sheeting		S1-P	150,000	299,700	17647,905	445,810	25,23	25,266
		S2-P	150,000	300,000	17671,459	475,150	26,89	
		S3-P	150,000	300,400	17671,459	418,480	23,68	
Penyiraman		S1-S	150,000	300,600	17671,459	388,580	21,99	24,668
		S2-S	150,000	299,000	17671,459	465,950	25,86	
		S3-S	150,000	300,000	17671,459	462,240	26,16	
Karung Basah		S1-K	149,700	300,600	17600,844	488,410	27,64	27,139
		S2-K	150,000	300,500	17671,459	542,380	30,69	
		S3-K	149,800	300,000	17624,366	407,980	23,09	



Gambar 5. Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton

Dari Gambar 5 di atas, dapat dilihat bahwa metode perendaman yang digunakan sebagai metode kontrol mampu menjaga kelembapan beton secara konstan sehingga proses hidrasi berlangsung optimal dan menghasilkan kuat tekan sesuai mutu rencana. Metode karung basah menunjukkan kinerja paling mendekati metode kontrol karena mampu mempertahankan kelembapan permukaan beton secara efektif. Metode *plastic sheeting* dan penyiraman menghasilkan kuat tekan yang lebih rendah akibat keterbatasan dalam menjaga kelembapan secara stabil, sedangkan *curing compound* memberikan nilai terendah karena hanya berfungsi menghambat penguapan tanpa suplai air tambahan. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa keterjagaan kelembapan berbanding lurus dengan peningkatan kuat tekan beton. Secara umum, efektivitas metode *curing* terhadap kuat tekan beton mengikuti urutan perendaman > karung basah > *plastic sheeting* > penyiraman > *curing*

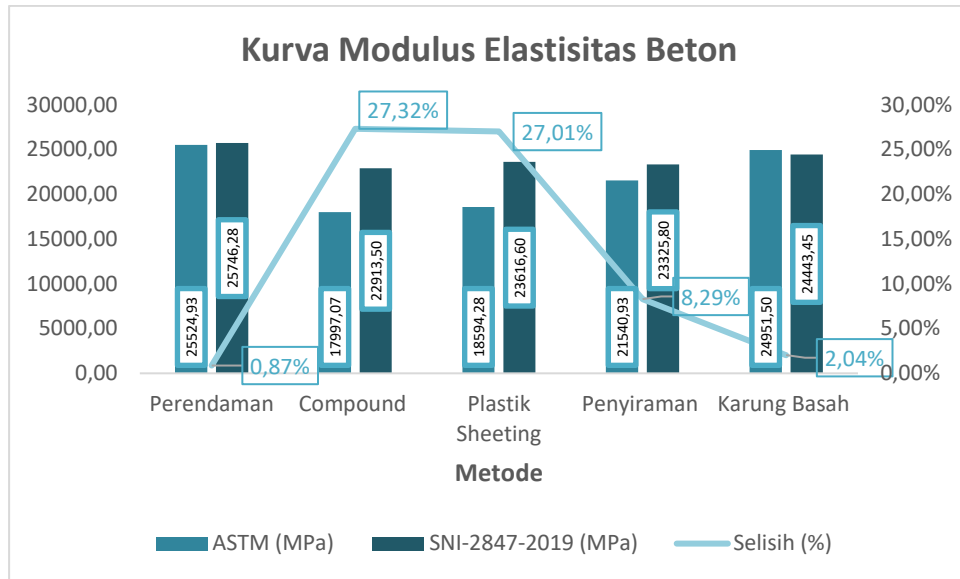
compound, yang menegaskan bahwa kualitas hidrasi menjadi faktor utama dalam pencapaian kekuatan beton.

E. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan bersamaan dengan pengujian kuat tekan pada umur 28 hari. Selama pengujian, benda uji dilengkapi *dial gauge* untuk mengukur perubahan panjang (ΔL) yang dicatat pada setiap kenaikan beban 10 kN, sehingga diperoleh hubungan tegangan dan regangan beton.

Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Metode Perawatan	Umur Benda Uji	Kode Benda Uji	ASTM C-469		SNI 2847-2019		Rata-rata
			Kuat Tekan ($E_c \frac{S_2-S_1}{\epsilon^2-\epsilon_1}$)	Rata-rata ($4700 \times \sqrt{F'c}$)			
			MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
Perendaman	28 Hari	S1-R	28,27	11739,23	25524,93	24987,47	25746,28
		S2-R	32,20	38745,23		26668,93	
		S3-R	29,63	26090,34		25582,42	
Compound		S1-C	23,82	11987,25	17997,07	22940,14	22913,50
		S2-C	23,00	25658,59		22538,45	
		S3-C	24,50	16345,37		23261,91	
Plastic Sheeting		S1-P	25,23	16323,58	18594,28	23606,92	23616,60
		S2-P	26,89	17411,82		24371,21	
		S3-P	23,68	22047,44		22871,67	
Penyiraman		S1-S	21,99	20293,78	21540,93	22039,44	23325,80
		S2-S	25,86	23415,90		23899,86	
		S3-S	26,16	20913,11		24038,10	
Karung Basah		S1-K	27,64	24241,26	24951,50	24708,77	24443,45
		S2-K	30,69	25306,62		26038,59	
		S3-K	23,09	25306,62		22583,00	



Gambar 6. Grafik Pengujian Modulus Elastisitas Beton

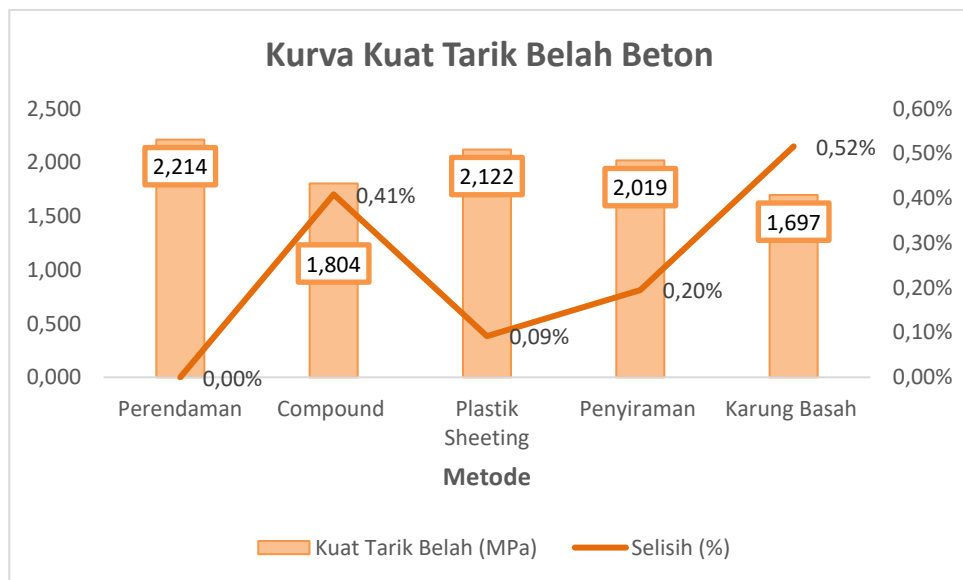
Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas beton tertinggi diperoleh pada metode perendaman, yaitu sebesar 25.524,93 MPa berdasarkan pengujian langsung ASTM C469 dan 25.746,28 MPa berdasarkan perhitungan empiris SNI 2847:2019. Nilai tersebut menunjukkan bahwa metode perendaman menghasilkan modulus elastisitas tertinggi dibandingkan metode *curing* lainnya. Secara berurutan, nilai modulus elastisitas berdasarkan ASTM C469 diperoleh pada metode karung basah sebesar 24.951,50 MPa, *plastic sheeting* sebesar 18.594,28 MPa, penyiraman sebesar 21.540,93 MPa, dan *curing compound* sebesar 17.997,07 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa kemampuan metode *curing* dalam mempertahankan kelembapan beton berkaitan dengan perkembangan sifat mekaniknya. Perbandingan antara hasil pengujian ASTM C469 dan perhitungan empiris SNI 2847:2019 menunjukkan selisih sebesar 0,87% pada metode perendaman, 27,32% pada *curing compound*, 27,01% pada *plastic sheeting*, 8,29% pada penyiraman, dan 2,04% pada karung basah. Selisih terkecil pada metode perendaman dan karung basah menunjukkan bahwa kedua metode tersebut menghasilkan nilai modulus elastisitas yang relatif mendekati hasil prediksi empiris SNI. Sementara itu, metode karung basah menunjukkan nilai modulus elastisitas yang mendekati metode perendaman, dengan selisih sekitar 2,25% berdasarkan nilai ASTM C469. Oleh karena itu, metode karung basah berpotensi menjadi alternatif perawatan beton yang aplikatif untuk kondisi lapangan, terutama ketika perendaman penuh sulit dilakukan.

F. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada umur 28 hari setelah perawatan perendaman. Sebelum pengujian, dimensi dan berat benda uji diukur. Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton disajikan pada tabel berikut.

Tabel 9. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Metode Perawatan	Umur Uji	Kode Benda Uji	Diameter	Panjang	Beban Maks	Kuat Tarik Belah	Rata-rata
			mm	mm	N	MPa	MPa
Perendaman	28 Hari	S1-R	150,000	300,500	166000	2,3445	2,214
		S2-R	150,000	300,000	124000	1,7542	
		S3-R	149,800	300,900	180000	2,5423	
Compound		S1-C	150,000	300,200	147000	2,0782	1,804
		S2-C	150,000	300,400	115000	1,6248	
		S3-C	150,000	300,250	121000	1,7104	
Plastic Sheeting		S1-P	150,000	299,700	144000	2,0392	2,122
		S2-P	150,000	300,000	142000	2,0089	
		S3-P	150,000	300,400	164000	2,3170	
Penyiraman		S1-S	150,000	300,600	165000	2,3296	2,019
		S2-S	150,000	299,000	125000	1,7743	
		S3-S	150,000	300,000	138000	1,9523	
Karung Basah	S1-K	149,700	300,600	119000	1,6835	1,697	
	S2-K	150,000	300,000	137000	1,9382		
	S3-K	149,800	300,500	104000	1,4708		



Gambar 7. Grafik Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Hasil pengujian sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 7 menunjukkan bahwa metode perendaman menghasilkan kuat tarik belah beton tertinggi karena mampu menjaga kelembapan secara optimal sehingga proses hidrasi berlangsung sempurna. Metode *plastic sheeting* memberikan hasil paling mendekati perendaman, sedangkan metode penyiraman dan *curing compound* menunjukkan penurunan kuat tarik belah akibat keterbatasan dalam menjaga suplai air selama hidrasi. Metode karung basah menghasilkan nilai terendah yang mengindikasikan distribusi kelembapan yang kurang merata. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa kualitas *curing* berpengaruh signifikan terhadap kuat tarik belah beton. Secara umum, beton dengan kuat tekan dan berat volume

lebih tinggi cenderung memiliki kuat tarik belah yang lebih baik, meskipun hubungan dengan modulus elastisitas tidak selalu linier. Metode *plastic sheeting* dapat direkomendasikan sebagai alternatif perawatan lapangan ketika perendaman tidak memungkinkan.

G. Verifikasi Analisis Statistik

Hasil pengujian selanjutnya diverifikasi melalui analisis statistik untuk memastikan signifikansi pengaruh metode perawatan terhadap sifat mekanik beton yang diuji.

Tabel 10. Rekapitulasi Verifikasi Analisis Statistik

Parameter	Normalitas	Homogenitas	Anova (Sig.)	Keputusan
Kuat Tekan	Normal	Homogen	> 0,05	Tidak signifikan
Modulus Elastisitas	Mayoritas Normal	Homogen	> 0,05	Tidak signifikan
Kuat Tarik Belah	Normal	Homogen	> 0,05	Tidak signifikan

Berdasarkan verifikasi analisis statistik, seluruh parameter pengujian secara umum memenuhi kaidah statistik. Meskipun terdapat satu variasi pada parameter modulus elastisitas yang tidak memenuhi uji normalitas, hasil uji homogenitas dan ANOVA menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan secara statistik ($p > 0,05$). Oleh karena itu, pengujian lanjutan (*post hoc test*) tidak diperlukan, dan evaluasi kinerja beton selanjutnya dilakukan menggunakan pendekatan deskriptif melalui perbandingan nilai relatif dan indeks kinerja antar variasi beton.

H. Perbandingan Nilai Relatif

Evaluasi nilai relatif dilakukan untuk membandingkan kinerja antar variasi beton berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh. Perhitungan nilai relatif variasi beton ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$R = \frac{X_i}{X_{maks}} \quad (1)$$

Keterangan :

R : Nilai relatif

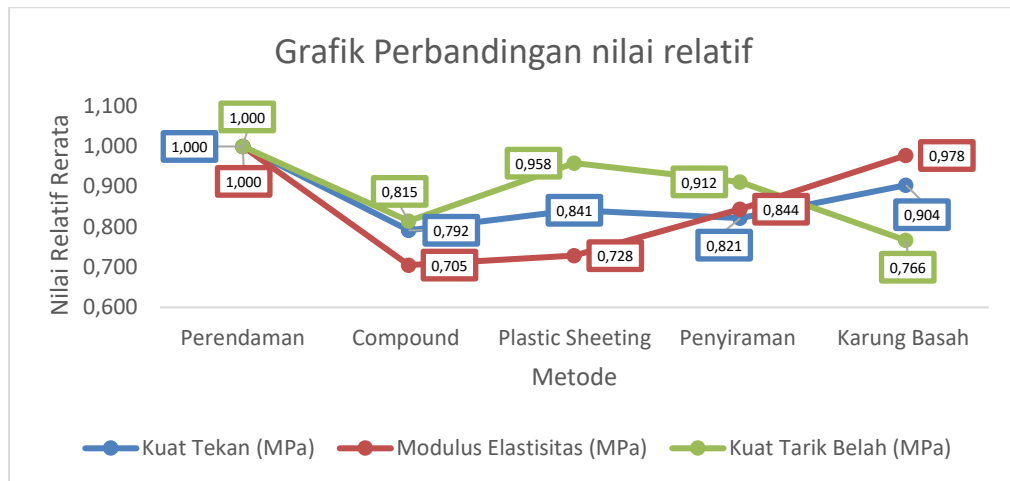
X_i : Nilai pengujian beton untuk tiap variasi

X_{maks} : Nilai maksimum pada parameter yang sama

Berdasarkan perhitungan nilai relatif menggunakan persamaan tersebut, diperoleh hasil perbandingan kinerja antar variasi beton.

Tabel 11. Rekapitulasi Hasil Nilai Relatif

Metode Perawatan	Kuat Tekan (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)	Kuat Tarik Belah (MPa)
Perendaman	1,00	1,00	1,00
<i>Compound</i>	0,79	0,71	0,81
<i>Plastic Sheeting</i>	0,84	0,73	0,96
Penyiraman	0,82	0,84	0,91
Karung Basah	0,90	0,98	0,77



Gambar 8. Grafik Perbandingan Nilai Relatif

Gambar tersebut menunjukkan bahwa metode perendaman secara konsisten menghasilkan nilai relatif tertinggi pada seluruh parameter pengujian, sehingga digunakan sebagai acuan kinerja. Variasi lainnya menunjukkan kecenderungan performa yang berbeda pada tiap parameter, di mana karung basah unggul pada kuat tekan dan modulus elastisitas, sedangkan *plastic sheeting* menunjukkan kinerja relatif lebih baik pada kuat tarik belah. Hal ini mengindikasikan bahwa efektivitas metode *curing* tidak bersifat seragam terhadap seluruh sifat mekanik beton. Oleh karena itu, untuk memperoleh evaluasi kinerja beton yang lebih komprehensif, dilakukan perhitungan indeks kinerja yang mengintegrasikan seluruh parameter pengujian.

I. Perbandingan Indeks Kinerja

Indeks kinerja digunakan untuk mengevaluasi dan membandingkan performa tiap variasi beton berdasarkan parameter yang diuji. Perhitungan indeks kinerja tiap variasi beton ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$IK = \frac{\sum Ri}{n} \quad (2)$$

Keterangan :

IK : Indeks kinerja variasi beton

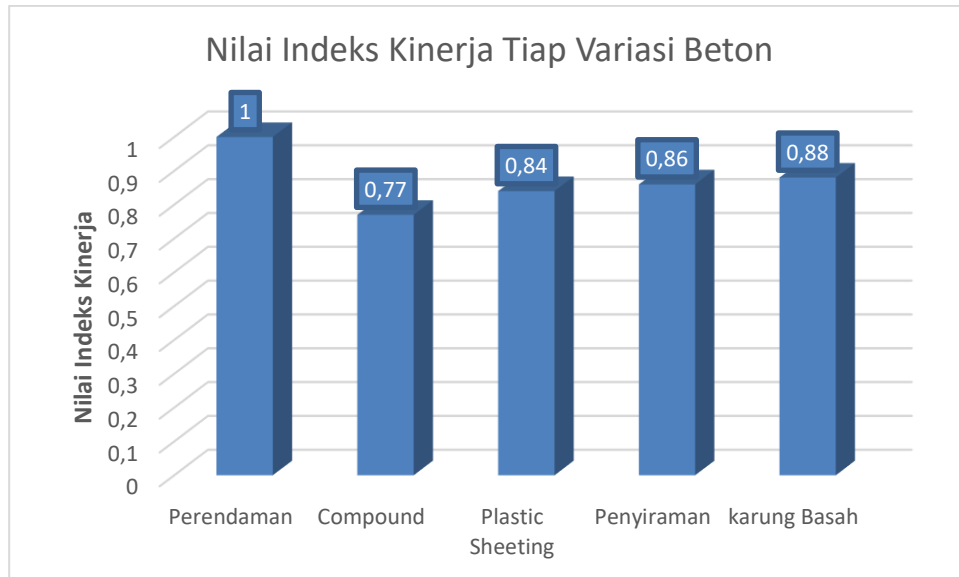
Ri : Nilai relative pada parameter ke-i

n : Jumlah parameter yang dianalisis

Berdasarkan perhitungan indeks kinerja menggunakan persamaan tersebut, diperoleh hasil evaluasi performa tiap variasi beton.

Tabel 12. Rekapitulasi Hasil Nilai Indeks Kinerja

Metode Perawatan	Nilai Indeks Kinerja Variasi Beton
Perendaman	1,00
Compound	0,77
Plastic Sheeting	0,84
Penyiraman	0,86
Karung Basah	0,88



Gambar 9. Grafik Perbandingan Nilai Indeks Kinerja

Grafik indeks kinerja menunjukkan bahwa metode perendaman memiliki nilai tertinggi dan memberikan performa beton paling optimal. Metode karung basah dan penyiraman masih menunjukkan kinerja yang relatif baik, diikuti oleh *plastic sheeting*, sedangkan *curing compound* menghasilkan indeks kinerja terendah. Secara umum, semakin baik kemampuan metode *curing* dalam menjaga kelembapan beton semakin tinggi kinerja beton yang dihasilkan, dengan urutan perendaman > karung basah > penyiraman > *plastic sheeting* > *curing compound*.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton umur 28 hari, serta verifikasi analisis statistik yang menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan antar variasi metode *curing* ($p > 0,05$), dapat disimpulkan bahwa metode perendaman memberikan kinerja beton paling optimal secara keseluruhan berdasarkan evaluasi nilai relatif dan indeks kinerja. Meskipun secara statistik inferensial pengaruh metode *curing* tidak signifikan, hasil evaluasi deskriptif menunjukkan kecenderungan bahwa metode *curing* dengan pengendalian kelembapan yang lebih baik menghasilkan sifat mekanik beton yang lebih tinggi. Oleh karena itu, metode perendaman menjadi acuan kinerja terbaik, sementara metode karung basah dapat direkomendasikan sebagai alternatif paling efektif dan realistis untuk penerapan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, H.A. 2023. Pengaruh Metode Rawatan Beton Terhadap Kuat Tekan, Modulus Elastisitas Dan Kuat Lentur Beton. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- American Society for Testing and Materials. 1961. *ASTM C-469 Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression*. Philadelphia.
- Arief Syahar A P. 2015. Pengaruh Cara Perawatan Terhadap Kuat Lentur Beton. *Proyek Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta
- Evert, E. dan Kushartomo, W. 2024. Analisis Perbandingan Perawatan Beton Terhadap Mutu Beton. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*. Jakarta
- H. Mallisa. 2008. Pengaruh Lamanya Pengadukan Terhadap Nilai Slump Dan Kandungan Udara Campuran Beton. *Jurnal SMARTek*. Palu
- Mulyati, M. dan Arkis, Z. 2020. Pengaruh Metode Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Jurnal Teknik Sipil ITP*. Padang
- Sumajouw, M.D.J., Dapas, S.O. dan Windah, R.S. 2014. Pengujian Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*. Manado
- Supriani, F. dan Islam, M. 2019. Pengaruh Metode Perlakuan Dalam Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Durabilitas Beton. *Inersia, Jurnal Teknik Sipil*. Bengkulu
- Mulyono, T. (2006). *Teknologi Beton*. Penerbit Andi.
- Agustina, R., & Musthofa, M. (2023). *Pengaruh jenis semen dan lama perawatan yang berbeda terhadap kuat tekan beton normal*. Jurnal Handasah: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Islam Al-Azhar.
- Mujiyati, A. T. M., Hunggurami, E., & Nasjono, J. K. (2022). *Pengaruh perawatan water-curing dengan variasi lama perawatan dan tinggi perendaman terhadap kuat tekan beton*. Jurnal Teknik Sipil, 11(2), 183–189.
- Mulyati, V., Fernando, V., Hunggurami, E., & Sir, T. M. W. (2023). *Pengaruh perawatan beton (curing) menggunakan water curing dan membrane curing terhadap kuat tekan beton*. Jurnal Teknik Sipil, 12(2), 137–144.
- Sariman, S., Setiawan, A., & Ridwan. (2023). *Analisis waktu curing dan bentuk spesimen terhadap kuat tekan beton PCC*. Jurnal Ilmiah Ecosystem, 23(1), 102–110.
- Haekal, D. F. (2022). *Analisis kuat tarik belah dan kuat tekan beton dengan bahan tambah serat potongan limbah banner*. Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.