



THE EFFECT OF RAINWATER USE ON THE COMPRESSIVE STRENGTH PERFORMANCE OF CONCRETE

PENGARUH PENGGUNAAN AIR HUJAN TERHADAP PERFORMA KUAT TEKAN BETON

Nur Hayani¹, Mustakim², Misbahuddin³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare

E-mail: nhayani057@gmail.com¹

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Correspondent:

Nur Hayani

nhayani057@gmail.com

Key words:

strong pressure, rainwater

Website:

<https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR>

Page: 1738 - 1753

This current condition has caused an increase in the need for water that is eligible for use, especially in places inhabited by many people such as large cities or in developed countries, where clean water is only needed for basic needs. The world of bioengineering, especially in developed countries, has considered the possibility of reducing clean water as an ibeton mixture. This mainly happens because infrastructure development is in line with the increase in population density. The study wanted to test the compressive value of mixed concrete with rainwater and ordinary concrete to find out whether the compressive strength was comparable to ordinary concrete. It is hoped that the results of this research will produce a more cost-effective and environmentally friendly solution for the use of concrete.

Copyright © 2024 JSCR. All rights reserved.

INFO ARTIKEL

Koresponden

Nur Hayani
nhayani057@gmail.com

Kata kunci:
kuat tekan, air hujan

Website:
<https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR>

Hal: 1738 - 1753

ABSTRAK

Kondisi saat ini telah menyebabkan peningkatan kebutuhan akan air yang memenuhi syarat untuk digunakan, terutama di tempat yang di huni banyak orang seperti kota besar atau di negara-negara maju, di mana air bersih hanya diperlukan untuk kebutuhan dasar. Dunia teknik sipil, terutama di negara maju, telah mempertimbangkan kemungkinan pengurangan air bersih sebagai bahan campuran beton. Ini terutama terjadi karena pembangunan infrastruktur seiring dengan peningkatan densitas penduduk. Penelitian ingin menguji nilai tekan beton campuran air hujan dan beton biasa untuk mengetahui apakah kekuatan tekannya sebanding dengan beton biasa. Diharapkan hasil penelitian ini akan menghasilkan solusi yang lebih hemat biaya dan ramah lingkungan untuk penggunaan beton.

Copyright © 2024 JSCR. All rights reserved.

PENDAHULUAN

Beton merupakan pokok utama dalam membuat konstruksi karena terbuat dari bahan agregat dan semen. Beton semen Portland, yang terbuat dari agregat mineral, semen, dan air adalah jenis beton yang paling umum dikenakan dan karena sifat beton yang gampang kering setelah dicampur dan diletakkan air yaitu suatu pokok campuran pada pengajaran beton, bagaimanapun, kadang terjadi masalah di beberapa tempat disebabkan ketersediaan air yang tidak memadai (Safrin *et al.*, 2021).

Kota Merauke adalah wilayah paling timur di Indonesia, dengan ujung utara Pulau Sumatera berada di 141° BT. Menurut Julismin (2021), dengan kondisi cuaca biasanya melebihi dua m/tahun, Indonesia adalah negara tropis. Ini terjadi ketika air hujan tersebut tidak mengalir, tidak meresap dan menguap. Namun, masyarakat masih jarang memanfaatkan air hujan sebagai sumber air bersih meskipun curah hujan tinggi. Air hujan yang melimpah lebih banyak terbuang daripada digunakan.

Dengan kemajuan teknologi, masyarakat dan para ahli konstruksi mulai memperhatikan penggunaan air hujan sebagai campuran pembuatan beton. Dimana air hujan bisa digunakan ketika sumber air tidak memadai pada penciptaan beton. Karenanya peneliti mau memeriksa bagaimana kekuatan beton ketika menggunakan atau tidak menggunakan air hujan (Safrin *et al.*, 2021).

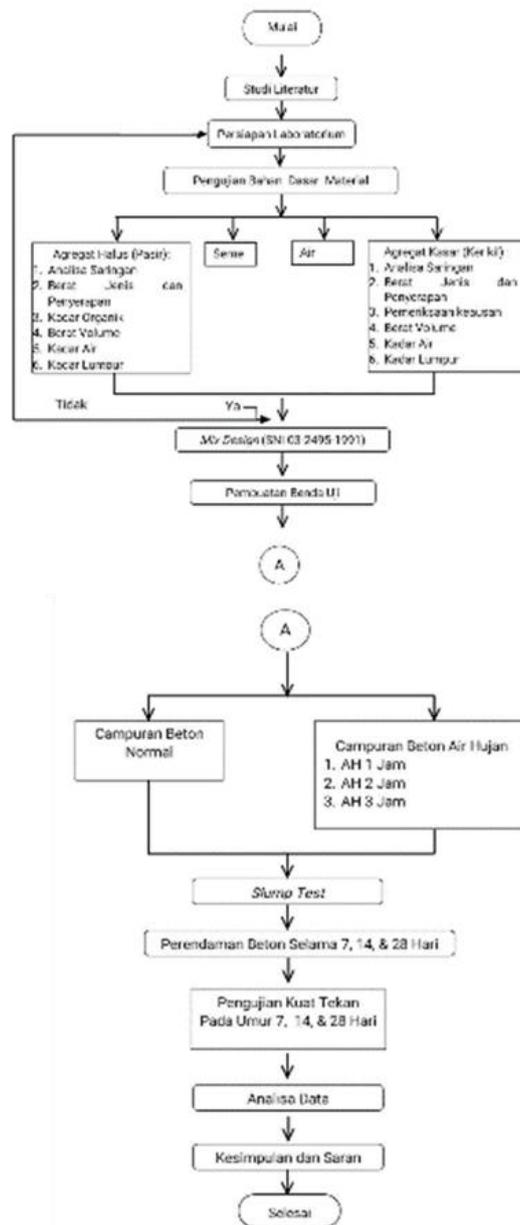
Kondisi sekarang ini telah menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan air yang memenuhi syarat untuk digunakan terutama di perkotaan, air bersih cuma diperlukan untuk keperluan dasar. Lingkungan teknik sipil, khususnya perkotaan, telah mempertimbangkan kemungkinan pengurangan air bersih memiliki potensi sebagai bahan campuran pembuatan beton dan peningkatan densitas penduduk.

Berdasarkan uraian diatas penelitian tentang "Pengaruh Penggunaan Air Hujan Terhadap Performa Kuat Tekan Beton" memberikan informasi tentang pembuatan beton dengan campuran bahan lain yaitu dengan memanfaatkan limbah alam yang tentunya mengurangi biaya dan dapat meningkatkan kekuatan beton serta hasil memuaskan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif. Data yang dihasilkan dari pengujian dan penelitian dikumpulkan dan dianalisis sesuai prosedur yang telah ditentukan. Untuk mempermudah menarik kesimpulan, hasil analisis data digambarkan dalam bentuk kurva atau grafik. Secara umum, analisis data yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. **Analisis data pengujian agregat yang digunakan dalam campuran beton.**
Pengujian agregat kasar dan halus seperti analisis saringan, berat jenis, berat volum, kadar air, kadar lumpur.
2. **Analisis data perancangan campuran beton (*Mix Design*).**
Perancangan *mix design* sesuai aturan SNI yang akan digunakan dalam penelitian.
3. **Analisis data uji kuat tekan pada beton.**
Selanjutnya akan di uji kuat tekan untuk dengan variasi pengambil air hujan sehingga mendapatkan hasil kekuatan beton yang optimal.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Agregat

Agregat kasar, halus, dan halus diuji berdasarkan Standar Nasional Indonesia, atau SNI Rekapitulasi percobaan Laboratorium menunjukkan hasil total uji:

Agregat Halus

Tabel 1. Rekapitulasi Pengujian Agregat Halus

No.	Karakteristik Agregat	Interval	Nilai Rata-rata	Keterangan
1	Kadar lumpur	Maks 5%	2,18%	Memenuhi
2	Kadar organik	< No. 3	No. 2	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5%	3,84%	Memenuhi
4	Berat volume			
	a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1,48	Memenuhi
	b. kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1,48	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2% - 2%	1,72%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik			
	a. Bj. Nyata	1,6 - 3,3	2,41	Memenuhi
	b. Bj. Dasar kering	1,6 - 3,3	2,31	Memenuhi
	c. Bj. Kering permukaan	1,6 - 3,3	2,35	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1,50 - 3,80	3,17	Memenuhi

Sumber: Hasil olah data

Hasil dari pengujian agregat halus sebelumnya adalah sebagai berikut:

1. Kadar Lumpur Agregat

Uji menunjukkan bahwa agregat halus dapat digunakan untuk campuran beton tanpa dicuci terlebih dahulu; kadar lumpurnya adalah 2,18%, lebih kecil dari 5%, dan sesuai dengan spesifikasi.

2. Kadar Organik Agregat

Setelah dicuci, agregat halus dapat digunakan tanpa dicuci terlebih dahulu. Hasil pengujian kadar organik sampel menunjukkan kadar organik agregat halus yang sangat rendah, yang ditunjukkan dengan warna kekeruhan nomor 1 pada standar warna.

3. Kadar Air Agregat

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar air agregat halus 3,84 persen sesuai dengan spesifikasi, berada diantara 2,00% dan 5,00%. Hasil ini menunjukkan bahwa pasir, atau agregat halus, dapat digunakan.

4. Berat Volume Agregat

Jumlah semen minimal dan faktor air semen maksimum yang diperlukan untuk berbagai jenis pembetonan dalam kondisi tertentu. Kedua hasil ini sesuai dengan spesifikasi, dengan nilai antara 1,4 dan 1,9 kg/liter, yang menunjukkan bahwa agregat halus adalah material.

5. Penyerapan Air Agregat

Hasilnya, yang mencapai 1,72% sesuai dengan spesifikasi dan berada di antara 0,2% dan 2%, menunjukkan bahwa agregat halus (pasir) dapat digunakan sebagai campuran beton.

6. Berat Jenis Agregat

Uji menunjukkan bahwa berat jenis nyata 2,41, berat jenis kering 2,31, dan berat jenis kering permukaan 2,35, masing-masing sesuai dengan spesifikasi, yang berada di antara 1,6 dan 3,3 kg per liter. Ini menunjukkan bahwa agregat halus atau pasir dapat digunakan sebagai campuran beton.

Agregat Kasar

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar

No.	Karakteristik Agrerat	Interval	Nilai Rata-rata	Keterangan
1	Kadar lumpur	Maks 1%	0,95%	Memenuhi
2	Keausan	Maks 50%	25,5%	Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	1,21%	Memenuhi
4	Berat volume			
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1,63	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1,77	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4 %	0,35%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik			
	a. Bj. Nyata	1,6 - 3,3	2,54	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2,52	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,53	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	6,0 - 8,0	6,68	Memenuhi

Sumber: Hasil olah data

1. Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur agregat kasar di atas menunjukkan hasil 0,95%, yang mirip spesifik dan lebih kecil dari 1%. Hasil tersebut menunjukkan material agegat kasar bisa digunakan sebagai campuran beton tanpa di cuci dulu.

2. Keausan Agregat

Hasil pengujian tingkat keausan agregat kasar menggunakan mesin Los Angeless di atas menunjukkan nilai 25,5%, yang lebih rendah dari 50%.

3. Kadar Air

Dimungkinkan untuk menggunakan agregat kasar dalam campuran beton karena hasil pengujian kadar air di atas menunjukkan nilai 1,21%, yang lebih rendah dari 2%.

4. Berat Volume

Sebagai bahan campuran beton, agregat kasar dapat digunakan. Hasil pengujian berat volume rongganya adalah 1,63, sedangkan nilai berat volume padatnya adalah 1,77. Nilai keseluruhan masih berada di antara 1,6 dan 1,9 kilogram per liter.

5. Penyerapan Air

Ini ditunjukkan oleh hasil pengujian penyerapan air agregat kasar di atas, dimana nilainya mencapai 0,35% dan tetap dalam rentang hingga 4% sehingga agreget kasar dapat digunakan.

6. Berat Jenis

Mengacu dari hasil menunjukkan nyata adalah 2,54, hasil pengujian berat jenis kering permukaan adalah 2,53, dan nilai keseluruhan masih berada di antara 1,6 dan 3,3.

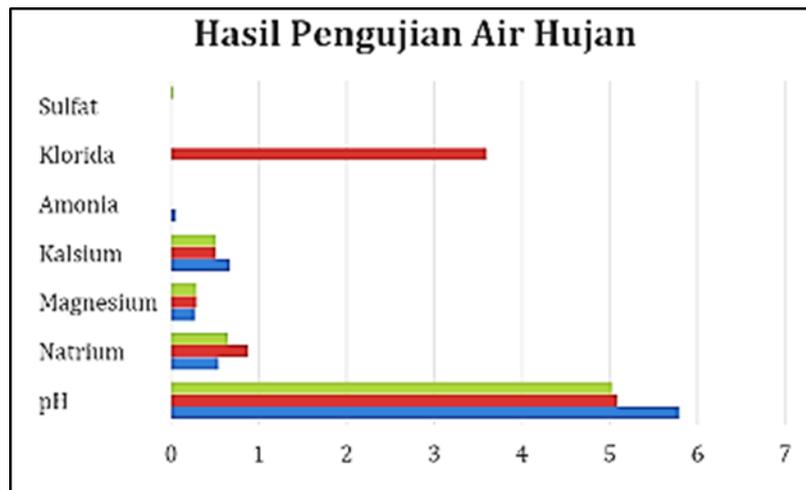
7. Modulus Kehalusan

Interval modulus kehalusan adalah antara 6,0 dan 8,0, menurut SNI karakteristik agregat kasar. Hasil penelitian, 6,68, sesuai dengan spesifikasi dan dapat digunakan dalam campuran beton.

Hasil Pengujian Kandungan Air Hujan

Tabel 3. Uji Air Hujan Berdasarkan Waktu Pengambilan

No.	Parameter	Satuan	Hasil			Metode Penelitian
			1 Jam	2Jam	3 Jam	
1	pH	-	5,79	5,09	5,03	SNI 6989.11:2019
2	Natrium	mg/L	0,54	0,88	0,65	SNI 6989.84:2019
3	Magnesium	mg/L	0,27	0,29	0,29	SNI 6989.84:2019
4	Kalsium	mg/L	0,67	0,51	0,51	SNI 6989.84:2019
5	Amonia	mg/L	0,057	0	0	SNI 06-6989,30-2005
6	Klorida	mg/L	0	3,6	0	SNI 6989.19:2019
7	Sulfat	mg/L	0	0	0,02	SNI 6989.20:2019



Gambar 2. Grafik Pengujian Laboratorium Air Hujan

Hasil pengujian air hujan pada tiga waktu berbeda pukul 1,2, dan 3 jam. pH mengukur tingkat keasaman atau kebebasan dalam air. pH merupakan derajat keasaman atau kebasahan suatu larutan yang menyatakan logaritma konsentrasi ion. Pada grafik diatas dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian air hujan dengan tiga waktu berbeda mengalami kenaikan pH sejak 1 jam pertama menuju jam ke-3 dihitung dari jatuhnya air hujan ke permukaan bumi. Nilai pH air hujan selama 1 jam pertama adalah 5.79. Nilai 5.79 menunjukkan bahwa air hujan bersifat asam. Pada jam ke-2 nilai pH air hujan mengalami penurunan sebesar 0,70 hingga dihasilkan pH pada jam ke-2 yaitu 5,09. Selanjutnya, pada jam ke-3 pH air hujan kembali mengalami penurunan sebesar 0,06 hingga dihasilkan pH pada jam ke-3 yaitu 5,03. Dari hasil Tabel 3 disimpulkan bahwa semakin lama waktu yang dibutuhkan air hujan jatuh ke bumi maka pH air hujan semakin menurun.

Natrium adalah elektrolit yang berkontribusi terhadap pemeliharaan konsentrasi dan perbedaan muatan dalam cairan. Kandungan natrium pada air hujan mengalami perubahan yang tidak teratur, pada 1 jam pertama kandungan natrium pada air hujan sebesar 0,54, jam ke-2 mengalami kenaikan 0,88 selanjutnya ke-3 kembali mengalami penurunan menjadi 0,65.

Magnesium merupakan salah satu kandungan dalam air hujan yang disebabkan oleh adanya proses alami seperti erosi tanah dan batuan yang mengandung magnesium. Kandungan magnesium dalam air hujan sendiri dipengaruhi oleh letak geografis, aktivitas manusia dan faktor alami lainnya. Dari data penelitian kandungan magnesium pada air hujan pada 1 jam pertama adalah 0,27, kemudian mengalami

peninggakatan sebesar 0,02 pada jam ke-2 menjadi 0,29. Jam ke-2 hingga jam ke-3 nilainya konstan yaitu 0,29.

Kalsium adalah unsur esensial bagi tanaman dan makhluk hidup lainnya, kandungan kalsium dalam air hujan bisa mempengaruhi kesuburan tanah serta kesehatan pada ekosistem. Pada data hasil penelitian diketahui kandungan kalsium pada air hujan 1 jam pertama adalah 0,67. Pada jam ke-2 menurun sebesar 0,16 menjadi 0,51. Jam ke-3 kandungan kalsium pada air hujan tetap konstan yaitu 0,51.

Amonia, klorida dan sulfat merupakan senyawa yang mempengaruhi tingkat keasaman pada air hujan. Semakin tinggi kandungan ketiganya dalam sebuah larutan maka semakin asam sifat larutan tersebut. Amonia pada air hujan berasal dari emisi industri, limbah pertanian, dan aktivitas vulkanik dan dekomposisi organik. Klorida berasal dari emisi kendaraan bermotor, industri, pembakaran bahan bakar fosil dan air laut. Asam sulfat dihasilkan melalui bahan bakar fosil yang dibakar, industri pembangkit tenaga batu bara, dan aktivitas vulkanik. Berdasarkan data penelitian dapat disimpulkan bahwa air hujan 1 jam pertama mengandung 0,057 Amonia dan tidak mengandung klorida dan asam sulfat. Kemudian air hujan pada jam ke-2 kehilangan kandungan amonia dan asam sulfat, namun kandungan kloridanya meningkat menjadi 3,6. Sedangkan pada jam ke-3 kandungan air hujan mengalami penurunan pada amonia dan klorida namun kadar sulfatnya meningkat menjadi 0,02.

Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton dihitung menggunakan metode SNI 7656:2012 dengan hasil data sebagai berikut:

Data material:

Mutu beton	= 25 Mpa
<i>Slump</i>	= 60-180 mm
Ukuran agregat maksimum	= 20
Berat kering oven agregat kasar	= 1,772
BJ semen tanpa tambahan udara	= 3,08
Modulus kehalusan agregat halus	= 3.17
Berat jenis (SSD) agregat halus	= 2.35
Berat jenis (SSD) agregat kasar	= 2.53
Penyerapan air agregat halus	= 1.72%
Penyerapan air agregat kasar	= 0,35%
Kadar Air agregat halus	= 3.84%
Kadar Air agregat kasar	= 1.21%

Perhitungan

1. Deviasi Standart
 $F_c' = 25 \text{ Mpa}$
2. Deviasi Standart

Tabel 4. Tabel Nilai Deviasi (kg/cm^2) untuk Berbagai Volume Pekerjaan dan Mutu Pelaksanaan di Lapangan

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (Mpa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7
Tanpa Kendali	8,4

Sumber: SNI 03-2834-2000

Digunakan mutu pengendalian dengan tingkat jelek dikarenakan peneliti sebelumnya tidak pernah melakukan penelitian atau tidak ada pengalaman sama sekali.

3. Nilai tambah (margin)

$$\begin{aligned}
 M &= 1,64 \times SR \\
 &= 1,64 \times 7 \\
 &= 11,48 \text{ Mpa} \cong 12 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

4. Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan

$$\begin{aligned}
 f'c_{target} &= f'c + mfc_{target} = f'c + m \\
 &= 25 + 12 \\
 &= 37 = 37 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

5. Jenis Semen

Semen Portland Tipe 1

6. Jenis Agregat

Agregat Halus = Alami

Agregat Kasar = Batu Pecah

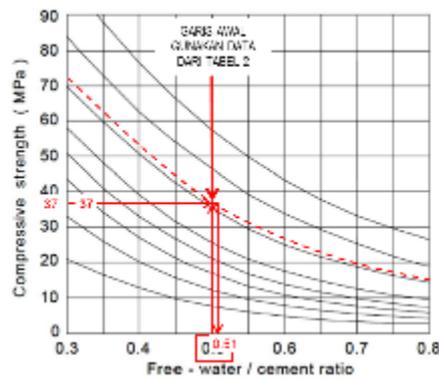
7. Faktor Air Semen Bebas

= 0,51 Mpa

Tabel 5. Kekuatan Tekan (Mpa) Perkiraan dengan Faktor Air Semen dan Nagregat Kasar

Jenis Semen	Jenis Agrerat Kasar	Kekuatan Tekan (Mpa)				
		Umur (hari)				Bentuk Uji
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe 1	Batu tidak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulvat Tipe II. V	Batu tidak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portlan Tipe III	Batu tidak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tidak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
Batu pecah	30	40	53	60		

Sumber: SNI 03-02-2834



Gambar 3. Grafik Perkiraan Faktor Air Semen

Sumber: SNI 03-2834:2000

$f'c$ rencana = 25 Mpa

$f'c$ target = 36,48 Mpa

fas pakai = 0,51

8. Faktor Air Semen Maksimum

= 0,60

Tabel 6. Jumlah Semen Minimal dan Faktor Air Semen Maksimum yang Diperlukan Untuk Berbagai Jenis Pembetonan dalam Kondisi Tertentu

Tabel 4
Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus

Lokasi	Jumlah Semen minimum Per m ³ beton (kg)	Nilai Faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan: a. keadaan keliling non-korosif b. keadaan keliling korosif	275	0,60
disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan: a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah: a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat Tabel 5
Beton yang kontinu berhubung: a. air tawar b. air laut		Lihat Tabel 6

Sumber: SNI 03-2834:2000

9. Slump

Biasanya untuk pengecoran di dalam indor slump yang mudah dikerjakan adalah 10 ± 2, atau setara dengan 8 cm-12 cm, yang dimana didalam grafik slump pada SNI dikategorikan pada wilayah:

$$= 60 - 180$$

10. Ukuran Agregat Maksimum

$$= 20 \text{ mm}$$

Tabel 7. Kadar Air Bebas (Kg/M3) yang Diperlukan Untuk Membuat Adukan Beton dengan Berbagai Tingkat Kemudahan

Tabel 3
Perkiraan kadar air bebas (Kg/m³) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	---	---	---	---
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber: SNI 03-2834:2000

11. Kadar Air Bebas

$$W_h = 195$$

$$W_k = 225$$

W_k adalah jumlah air yang diproyeksikan untuk agregat kasar, sedangkan W_h adalah jumlah air yang diproyeksikan untuk agregat halus.

$$W = \frac{22}{33} \times W_h + \frac{11}{33} \times W_k$$

$$W = \frac{22}{33} \times 195 + \frac{11}{33} \times 225$$

$$W = 205,00 \text{ kg/m}^3$$

12. Kadar Semen

Jika FAS max lebih besar dari FAS bebas maka digunakan :

$$C = W / \text{FAS Max}$$

Jika FAS Max lebih kecil dari FAS bebas maka digunakan :

$$C = W / \text{FAS Bebas}$$

Karena FAS max yang diperoleh lebih besar dari FAS bebas, maka :

$$C = W / \text{FAS Max}$$

$$C = 401,50 \text{ Kg/m}^3$$

13. Kadar Semen Minimum

$$= 325,00 \text{ Kg/m}^3$$

14. Faktor Air Semen Yang di Sesuaikan

$$= 401,50 \text{ Kg/m}^3$$

15. Susunan Besar Butir Agregat Halus

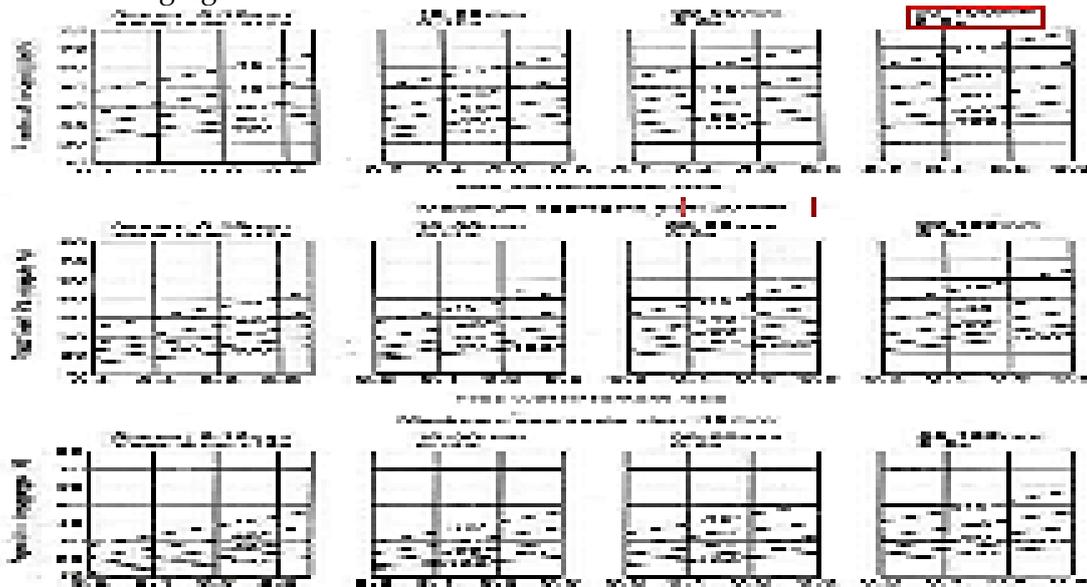
Jenis pasir = Sedang

16. Berat Jenis Agregat

Berat Jenis Agregat Halus = 2,47

Berat Jenis Agregat Kasar = 2,51

17. Persen Agregat Halus



Gambar 4. Perkiraan Persen Agregat

Sumber: SNI 03-2834:2000

$$\begin{aligned} \text{Persen Agregat Halus} &= 59 \% + 25 \% / 2 \\ &= 41 \% \end{aligned}$$

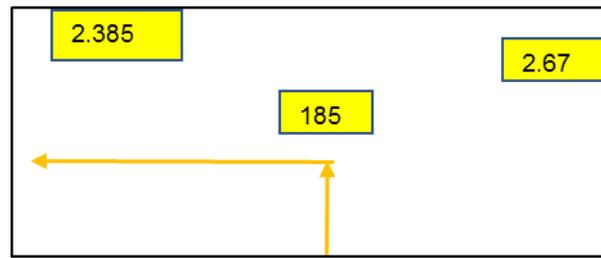
$$\begin{aligned} \text{Persen Agregat Kasar} &= 100 \% - \text{Persen Agregat Halus} \\ &= 100 \% - 41 \% \\ &= 59 \% \end{aligned}$$

18. Berat Jenis Relatif Agregat Gabungan

Berat jenis agregat gabungan dihitung dengan persamaan

$$\begin{aligned} \text{Bj Ag.Gab} &= (\text{Persesn Ag.Halus} \times \text{Bj.Ag.Halus}) + (\text{Persen Ag.Kasar} \times \text{Bj.Ag.Kasar}) \\ &= 251\% \\ &= 2,51 \end{aligned}$$

19. Berat Isi Beton



Gambar 5. Grafik Perkiraan Berat Isi Beton

Sumber: SNI 03-2834:2000

Berat isi beton = 2.385 kg/m³

20. Kadar Agregat Gabungan

Kadar agregat gabungan dihitung menggunakan persamaan:

Kadar Ag.gab = Berat isi beton - Kadar semen - Kadari air bebas

Kadar Ag.gab = 1794,5 kg/m³

21. Kadar Agregat Halus

Kadar Ag.halus = Persen agregat halus x Kadar Ag.gabungan

= 628,08 kg/m³

22. Kadar Agregat Kasar

Kadar Ag.Kasar = Kadar agregat gabungan - Kadar agregat halus

= 1166,43 kg/m³

23. Koreksi Terhadap Kadar Air

Sebelum pencampuran, kadar air material diuji, dan hasilnya dapat dilihat pada SNI. 03-1971-19990. Misal, kadar air yang didapat,

Ag.Kasar = 1,21%

Ag.Halus = 3,84%

Sehingga berat massa penyesuaian berdasarkan kadar air adalah:

Ag.Kasar (Basah) = 1,21 % x 1.166,43 = 14,113 kg

Ag.Halus (Basah) = 3,84 % x 628,08 = 24,118 kg

Air yang diserap harus dikeluarkan dari penyesuaian dalam air yang ditambahkan karena tidak termasuk dalam air pencampur:

Air yang diberikan Ag.kasar = 0,35% x 1166,43 = 4,082 kg

Air ang diberikan Ag.halus = 1,72% x 628,08 = 10,803 kg

Dengan demikian kebutuhan air adalah sebagai berikut:

205,0 - 38,231 + 14,885 = 181,654 kg

Maka perkiraan 1 m³ beton adalah sebagai berikut:

Air (yang ditambahkan) = 181,654 kg

Semen = 401,50 kg

Ag.Kasar = 1176,50 kg

Ag.Halus = 641,41 kg

24. Kebutuhan campuran bahan untuk 1 m³ beton

Tabel 8. Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan Untuk 1 m³ Beton

	Berdasarkan Koreksi Terhadap Kadar Air (Kg)	Berdasarkan Perkiraan Massa Beton (Kg)	Berdasarkan Volume Absolute (Kg)
Air (berat bersih)	185,5	203,0	203,0
Semen	394,9	432,2	432,2
Ag. Kasar (kering)	1055,0	1060,4	1060,4
Ag. Halus (kering)	677,3	654,4	513,1

Sumber: Hasil olah data

Perbandingan iberat = W isemen: W ipasir: W ikerikil: W iair

1	1,19	2,45	0,47
---	------	------	------

25. Kebutuhan Bahan Pembuatan Benda Uji Silinder Beton :

Dibutuhkan beton berbentuk silinder = 12 silinder beton

Diameter (d) = 0.15 m

Tinggi (h) = 0.3 m

Volume 1 silinder $= \frac{1}{4} \pi d^2 h$

$$= \frac{1}{4} 3,14 \times 0,15^2 \times 0,30$$

$$= \frac{1}{4} 3,14 \times 0,15^2 \times 0,30$$

$$= 0.0053014 \text{ m}^3$$

Volume total silinder = Volume 1 silinder \times Jumlah beton silinder

$$= 0,0053014 \text{ m}^3 \times 9$$

$$= 0,0477126 \text{ m}^3$$

Untuk menghindari kekurangan bahan, volume silinder harus ditingkatkan sebesar 15%.

Volume tambahan = vol. 9 silinder \times 15%

$$= 0,0477126 \text{ m}^3 \times 15\%$$

$$= 0,00715694 \text{ m}^3$$

Vol. total = Vol. total silinder + Vol. Tambahan

$$= 0,0477126 \text{ m}^3 + 0,00715694 \text{ m}^3$$

$$= 0,05486988 \text{ m}^3$$

Tabel 9. Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan Untuk 1 Silinder Beton

	Berdasarkan Koreksi Terhadap Kadar Air (Kg)	Berdasarkan Perkiraan Massa Beton (Kg)	Berdasarkan Volume Absolute (Kg)
W semen	2,41 kg	2,63 kg	2,63 kg
W pasir	4,13 kg	3,99 kg	3,13 kg
W kerikil	6,43 kg	6,46 kg	6,46 kg
W air	1,13 kg	1,24 kg	1,24 kg

Sumber: Hasil olah data

26. Kebutuhan Serbuk Cangkang Tiram Perbenda Uji :

Kebutuhan Beton Normal

Diameter (d) = 0.15 m

Tinggi (h) = 0.3 m

Volume 1 silinder $= \frac{1}{4} \pi d^2 h$

$$= \frac{1}{4} 3,14 \times 0,15^2 \times 0,30$$

$$= 0.0053014 \text{ m}^3$$

Volume silinder harus ditingkatkan sebesar 15% untuk mencegah kekurangan bahan.

Volume tambahan = vol.1 silinder \times 15%

$$= 0.0053014 \text{ m}^3 \times 15\%$$

$$= 0.000795 \text{ m}^3$$

Vol. total 1 silinder = Vol. 1 silinder + Vol. Tambahan

$$= 0.0053014 \text{ m}^3 + 0.000795 \text{ m}^3$$

$$= 0.006096 \text{ m}^3$$

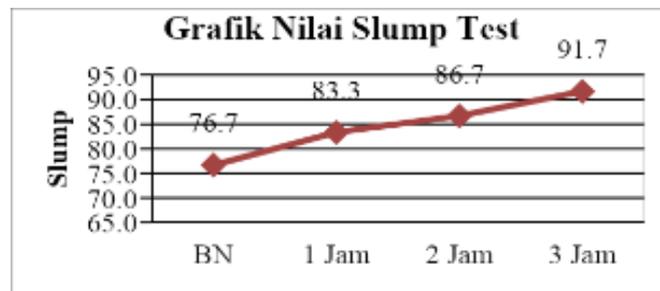
Nilai Slump

Tabel 10. Hasil Pengujian Nilai Slump Test

Variasi	Titik			Rata-Rata (mm)
	1 (mm)	2 (mm)	3 (mm)	
BN	70	90	70	76,7
1 Jam	75	80	95	83,3
2 Jam	80	90	90	86,7
3 Jam	90	90	95	91,7

Sumber: Hasil olah laboratorium (2023)

Berdasarkan Tabel 9 diatas berbicara tentang perbandingan nilai tes Slump antara masing-masing variasi. Pada beton normal nilai *slump test* di peroleh 76,7. Pada campuran dengan menggunakan air hujan 1 jam pertama, nilai *slump test* mengalami kenaikan 6,6 menjadi 83,3. Pada campuran dengan air hujan jam ke-2 nilai *slump test* mengalami kenaikan 3,4 menjadi 86,7. Kemudian pada campuran dengan menggunakan air hujan pada jam ke-3 nilai *slump test* mengalami kenaikan sebanyak 5 menjadi 91,7.



Gambar 6. Perbandingan Nilai Slump Pada Setiap Variasi

Kuat Tekan

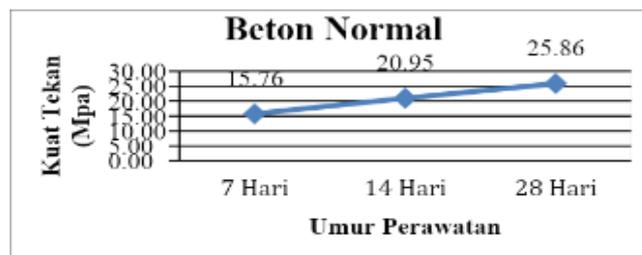
Setelah benda uji dibuat dan dirawat, uji kuat tekan dilakukan. Ini dilakukan selama 7 hari, 14 hari, dan 28 hari, dengan 36 sampel dari empat jenis campuran, yaitu beton. Normal beton air hujan 1 jam, beton air hujan 2 jam, beton air hujan 3 jam. Hasil uji tekanan kuat adalah sebagai berikut:

1. Beton Normal

Tabel 11. Rekap Hasil Kuat Tekan Beton Normal

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)	% Capaian f'c
1	7 Hari	12,37	278	15,76	60,9%
2	14 Hari	12,03	370	20,95	81%
3	28 Hari	12,20	457	25,86	100%

Terdapat tiga sampel uji beton normal dengan silinder 15 x 30 cm, dan kuat tekan rata-rata 15,76 MPa selama 7 hari, 20,95 MPa selama 14 hari, dan 26,86 MPa selama 28 hari:



Gambar 7. Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

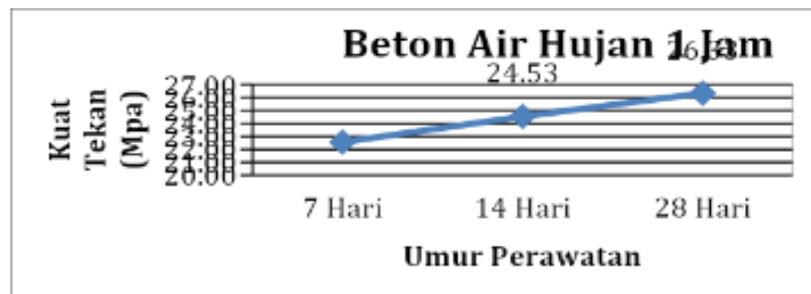
Pada gambar di atas, beton umum mengalami peningkatan 5,19 Mpa dari 7 hari hingga 14 hari dan 4,93 Mpa dari 14 hari hingga 28 hari.

2. Beton Air Hujan 1 Jam

Tabel 12. Rekap Hasil Kuat Tekan Beton Variasi Beton Air Hujan 1 Jam

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)	% Capaian f'c
1	7 Hari	11,93	398	22,55	85,7%
2	14 Hari	11,99	433	24,53	93,2%
3	28 Hari	11,91	465	26,33	100%

Pada pengujian sampel uji dengan air hujan 1 jam dengan tiga sampel berukuran 15 x 30 cm, sampel kuat tekan rata-rata 22,55 MPa pada 7 hari, 24,53 MPa pada 14 hari, dan 26,33 MPa pada 28 hari.



Gambar 8. Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Air Hujan 1 Jam

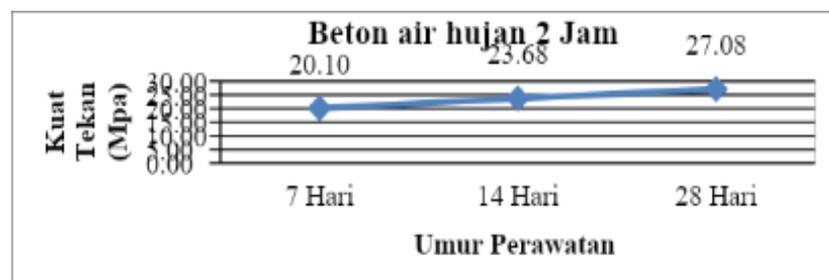
Dapat disimpulkan bahwa beton dengan air hujan 1 jam mengalami peningkatan kuat tekan dari 7 hari hingga 28 hari. Dari 7 hari hingga 14 hari, kuat tekannya 1,98 Mpa, dan dari 14 hari hingga 28 hari, kuat tekannya 1,8 Mpa.

3. Beton Air Hujan 2 Jam

Tabel 13. Rekap Hasil Kuat Tekan Beton Air Hujan 2 Jam

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)	% Capaian f'c
1	7 Hari	11,86	355	20,10	74,2%
2	14 Hari	11,92	418	23,68	87,5%
3	28 Hari	11,99	478	27,08	100%

Pada pengujian sampel uji beton air hujan 2 jam dengan ukuran 15 x 30 cm dan 3 sampel, beton memiliki kuat tekan rata-rata 20,10 MPa selama 7 hari, 23,68 MPa selama 14 hari, dan 27,08 MPa selama 28 hari. Setelah air hujan diberikan selama 2 jam, beton masih memenuhi kuat tekan rencana, seperti yang ditunjukkan pada grafik berikut:



Gambar 9. Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Air Hujan 2 Jam

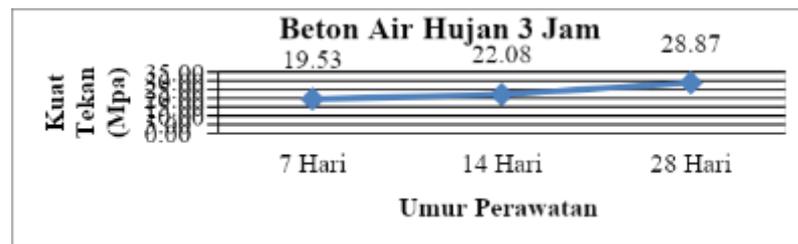
Dapat disimpulkan bahwa beton dengan air hujan 2 jam meningkat dari 7 hari hingga 28 hari, sebesar 3,58 Mpa dari 7 hari hingga 14 hari, dan 3,4 Mpa dari 14 hari hingga 28 hari.

4. Beton Air Hujan 3 Jam

Tabel 14. Tabel Rekap Hasil Kuat Tekan Beton Air Hujan 3 Jam

No	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)	% Capaian f'c
1	7 Hari	12,128	345	19,53	67,6%
2	14 Hari	12,083	390	22,08	76,5%
3	28 Hari	12,087	510	28,87	100,0%

Pada pengujian sampel uji dengan air hujan 3 dengan tiga sampel pada jam 15 x 30 cm, kekuatan tekan rata-rata 19,53 MPa selama 7 hari, 22,08 MPa selama 14 hari, dan 28,87 MPa selama 28 hari, yang memenuhi kekuatan tekan yang direncanakan dengan:



Gambar 10. Grafik Pengujian Beton Air Hujan 3 Jam

Dapat disimpulkan bahwa beton dengan air hujan 3 jam mengalami peningkatan kuat tekan dari 7 hari hingga 28 hari: 2,55 Mpa dari 7 hari hingga 14 hari dan 6,79 Mpa dari 14 hari hingga 28 hari. Berikut adalah grafik gabungan penggunaan air hujan terhadap kuat tekan beton.



Gambar 11. Grafik Gabungan Variasi Serbuk Cangkang Tiram

Berdasarkan grafik diatas, berikut persentase nilai kuat tekan beton normal dengan beton air hujan selama 1, 2, dan 3 jam. Pada beton normal dengan air hujan 1 jam peningkatannya yaitu 6.21%, pada beton normal dengan air hujan 2 jam mengalami peningkatan sebesar 19.28% sedangkan beton normal dengan air hujan 3 jam mengalami peningkatan sebesar 24.06%



Gambar 12. Grafik Gabungan Hasil Capaian Kuat Tekan

Kuat tekan beton air hujan meningkat sebesar 1,33 Mpa dalam satu jam, seperti yang ditunjukkan pada grafik di atas menjadi 26,33 Mpa maka disimpulkan bahwa beton memenuhi standar kelayakan. Di variasi beton air hujan jam ke-2 kuat tekan mengalami kenaikan lebih besar lagi yaitu sebesar 2,08 Mpa. Kemudian di variasi beton air hujan jam ke-3, kuat tekan mengalami kenaikan sebesar 3,87 Mpa lebih besar dari beton normal. Berdasarkan grafik di atas dapat disimpulkan bahwa rentang waktu pengambilan sampel air hujan mempengaruhi efektifitas dalam meningkatkan hasil kuat tekan beton.

SIMPULAN

Hasil pengujian air hujan menunjukkan variasi dalam komposisi kimia selama tiga jam pengujian. Nilai pH 5.79 mengindikasikan keasaman yang sedikit pada air hujan, yang dapat memengaruhi kualitas air dan lingkungan. Natrium mencapai nilai tertinggi 0.88, yang mungkin disebabkan oleh polusi udara atau sumber alami. Magnesium dan kalsium menunjukkan konsistensi pada nilai 0.29 dan 0.51, keduanya berperan penting dalam kesehatan tanaman dan lingkungan. Amonia mengalami lonjakan pada pukul 1 pagi tetapi tidak terdeteksi setelahnya, menunjukkan kemungkinan polusi sementara. Klorida mencapai nilai tertinggi 3.6, yang bisa berasal dari polusi atau penggunaan garam jalan. Sulfat terdeteksi dalam jumlah kecil, menandakan sumber dari aktivitas manusia atau alam. Keseluruhan data menunjukkan bahwa kualitas air hujan dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik alami maupun antropogenik. Berdasarkan hasil penelitian pada masing-masing variasi sampel, didapatkan bahwa capaian kuat tekan.

Penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan air hujan dalam pembuatan beton memiliki efek positif terhadap peningkatan kuat tekan. Peningkatan lebih lanjut terlihat pada beton yang dicampur dengan air hujan selama 2 jam, dengan kenaikan kuat tekan mencapai 0,75 Mpa. Puncak peningkatan terjadi pada beton yang dicampur dengan air hujan selama 3 jam, di mana kuat tekan meningkat sebesar 1,79 Mpa. Hasil ini menegaskan bahwa air hujan dapat menjadi alternatif yang efektif untuk meningkatkan kualitas kuat tekan beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminullah. (2018). Pengaruh Genangan Air Terhadap Pengecoran Beton in-Situ. *INERSIA: Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, 14(2): 158-168.
- ASTM C29/29M-97/SNI03-4804-1998. Interval Berat Volume Agregat Halus dan Agregat Kasar
- ASTM C117-95/SNI 03-4142-1996. Standar Spesifikasi Kadar Lumpur Agregat Kasar
- ASTM C40-99/SNI 03-2816-1992, Prosedur Pelaksanaan Pengujian Pemeriksaan Kandungan Organik
- Bintoro, A. Y., Arthur, D. L., & Sigit, W. (2018). Evaluasi Kekuatan ConcBlock dengan Agregat Halus dan Agregat Kasar dari Tempurung Kelapa. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 1(1): 160-171.
- Hanafi, M. I. (2018). Pengaruh Pemakaian Serbuk Arang Kayu Sebagai Filler Semen dan Zat Retarder Terhadap Penyerapan Air dan Kuat Tekan Beton [Skripsi]. Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

- Hasibuan, F. I. (2021). Perbandingan Kuat Tekan dan Penyerapan Serbuk Kayu dan Abu Ampas Kopi dengan Agregat Kasar Bergradasi Seragam [Skripsi]. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan.
- Harvyandha, A. (2019). Telemetri Pengukuran Derajat Keasaman Secara Realtime Menggunakan Raspberry pi. *Jurnal Jaringan Telekomunikasi*, 9(4): 55-60.
- Juslimin. (2017). Dampak dan Perubahan Iklim di Indonesia. *Jurnal Geografi*, 5(1): 57-68.
- Panjaitan, A. N., Rizky, S. R., & Ernie, S. Y. S. (2021). Pengaruh Abu Ampas Kopi Terhadap Kuat Tekan, Porositas Sebagai Pengganti Semen Pada Pembuatan Beton. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Agregat*, 1(1): 1-5.
- Maghfirah, A. (2019). Pemanfaatan Serat Cangkang Kulit Kopi dalam Pembuatan Beton Polimer dengan Resin Polyester Sebagai Perekat. *Jurnal Ilmu Fisika dan Teknologi*, 3(2): 51-61.
- Meidiani, S., Septa, H., & Muhammad. F. (2017). Penggunaan Variasi pH Air (Asam) Pada Kuat Tekan Beton NORMAL $F'c$ 25 Mpa. *Jurnal Bentang*. 5(2): 127-134.
- SK SNI S-04-1989-F. Syarat Mutu Agregat Kasar dan Halus Untuk Campuran Beton
- SK SNI 03-1970-1990. Interval Berat Jenis Untuk Agregat Halus dan Agregat Kasar
- SK SNI S-04-1989-F. Kadar Lumpur Agregat Normal
- SNI-15-2049-2004. Semen Portland
- SNI 03-6861.1-2022. Persyaratan Air Untuk Campuran Beton
- SNI 03-2495-1991. Jenis Jenis Bahan Tambahan
- SNI 1974-2011. Cara Uji Kuat Tekan Beton
- SNI 249-2014. Persamaan Untuk Menentukan Nilai Tarik Pad Beton
- SNI 03-1968-1990. Analisis Gradasi Butiran Agregat Halus dan Agregat Kasar
- SNI 2417:2008. Inteval Untuk Kausan Agregat Kasar
- Suhardin, S., Muh, S., & Syamsul, B. B. (2021). Perbandingan Kekuatan Mutu Beton Biasa dan Campuran Air Hujan. *SCEJ: Shell Civil Engineering Journal*, 6(1): 30-35.
- Supriani, F., & Mukhlis, I. (2017). Pengaruh Metode Perlakuan dalam Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan dan Durabilitas Beton. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, 9(2): 47-54.
- Wigati, R., dkk. (2022) Implementasi Pemanenan Air Hujan (*Rainwater Harvesting*) Pada Masa Pandemi Covid 19 Di Kota Serang. *Jurnal Aplikasi Ipteks untuk Masyarakat*, 11(1): 78-85.
- Wimaya, S., Ahmad, R., & Sigit, W. (2020). Modifikasi Beton Fc 9,8 Mpa Menggunakan Abu Ampas Kopi. *JURMATEKS: Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 3(2): 234.