

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

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 pengarjaan 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. Dikatakan 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.

B. Rumusan Masalah

Dilihat dari latar belakang di atas, masalah penelitian berikut dirumuskan:

1. Bagaimana kandungan dalam air hujan ditinjau berdasarkan kandungan kimia?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan air hujan terhadap durasi pengambilan air yang dilihat dari ketahanan tekan beton?

C. Tujuan Penelitian

Adapun penelitian ini bertujuan untuk:

1. Buat memahami akibat penambahan air hujan dari durasi pengambilannya pada kuat tekan beton.

2. Buat memahami penambahan air hujan dalam waktu pengambilan air hujan di jam berapa yang menghasilkan kekuatan beton yang optimal.

D. Batasan Masalah

Adapun batasan dalam penelitian ini :

1. air hujan digunakan berdasarkan waktu pengambilan 1 jam atau 2 jam, 3 jam turunnya hujan dalam campuran beton
2. Lokasi pengambilan air hujan di kota Parepare, tepatnya disekitaran kampus dengan koordinat (-3.983457,119.651133)
3. Uji tahanan tekanan dilakukan digunakan waktu usia 7,14 dan 28 hari
4. Di laboratorium struktur dan bahan program studi teknik sipil universitas Muhammadiyah Parepare penelitian ini dilakukan
5. Uji tahanan tindis benda uji menggunakan SNI 1974-2011.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini yaitu:

1. Untuk memahami variasi pengambilan air hujan terhadap kuat tekan beton.
2. Mampu memberikan informasi di jam berapa pengambilan air hujan yang paling bagus untuk digunakan dalam campuran beton.

F. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan diatur dalam pedoman skripsi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare:

BAB I PENDAHULUAN

Disini terdapat latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Disini membahas terkait dasar teori tentang rumus rumus pada penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Disini terdapat gambaran umum alur penelitian, mulai waktu dan lokasi penelitian, serta diagram alir penelitian tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton

Salah satu pokok paling sering dipakai pada konstruksi adalah beton, terutama ketika membangun jalanan dan bangunan (Panjaitan et al., 2021). Beton terdiri dari campuran (komposit) dari berbagai bahan, seperti agregat kasar, agregat halus, semen, dan air. Biasanya, beton juga ditambahkan dalam proporsi tertentu dengan bahan tambah lain, seperti zat tambah. Kualitas beton bergantung pada bahan yang digunakan. (Mahendra et al., 2021). Tekstur campuran yang awalnya lembek akan mengalami pengerasan seperti batuan, karena terjadi reaksi antara air dan semen. Hal ini terjadi karena kedua bahan tersebut mengalami reaksi kimia yang menghasilkan Calcium Silikat Hidrat (CSH) dan kemudian membentuk Ca(OH)_2 , kalsium hidroksida.. Penambahan bahan tambah dalam campuran beton yang bersifat posolan (*pozzolanic material*) dapat menjaga kualitas mutu beton karena senyawa yang dihasilkan dari hasil lab semen dan air bersifat basa dan reaksinya terhadap asam dapat menurunkan kualitas beton (Panjaitan et al., 2021).

(Tjokrodimuljo, 2007) menurutna, beton mempunyai keunggulan yaitu (Hasibuan, 2021) :

- a) Biaya yang diperlukan relatif murah sedikit karena bahan baku umumnya mudah didapat.

- b) Biaya pemeliharaan rendah karena beton tahan terhadap temperatur rendah ataupun tinggi serta tahan terhadap peristiwa yang disebabkan oleh kondisi lingkungan, seperti pembusukan dan pengkaratan.
- c) Ada pertahanan besar dan dapat selesai menggunakan kebutuhan struktur yang akan dibangun, serta jika dikombinasikan dengan bahan yang juga mempunyai kekuatan yang tinggi akan menghasilkan kesatuan struktur dan dapat digunakan dalam pembuatan bangunan mutu tinggi.
- d) Mudah dibuat dengan cetakan sesuai dengan persyaratan struktur bangunan.

Adapun kekurangan beton menurut (Tjokrodinuljo, 2007) yaitu sebagai berikut (Hasibuan, 2021) :

- a) Adanya perbedaan dalam proses perencanaan dan pembuatan beton di daerah-daerah tertentu disebabkan oleh perbedaan karakteristik bahan-bahan campuran beton tergantung dari lokasi pengambilan agregatnya.
- b) Proses perencanaan dan pelaksanaannya bermacam-macam disesuaikan dengan kebutuhan bangunan yang akan dibangun karena beton mempunyai ketentuan kelas kekuatan.
- c) Diperlukan material lain seperti tulangan untuk mengatasi retak atau rapuhnya beton, karena beton mempunyai kuat tarik rendah.

1. Agregat

Agregat yaitu suatu campuran butiran mineral yang memiliki tekstur keras dan struktur padat bisa digunakan untuk mengisi campuran beton mortar. agregat terdapat di dalamnya pasir, kerikil, dan batu pecah.

a) Agregat kasar (kerikil)) iSK SNI S – 04 – 1989 – F

Agregat kasar, juga dikenal sebagai kerikil atau batu pecah, yaitu agregat berukuran melebihi dari 4,75 mm butiran. Ukuran kerikil yang biasa diproduksi dari perusahaan pabrik batu berkisar jeda 5 mm dan 40 mm (Bintoro et al., 2018). SK iSNI S – 04 – 1989 – F, kualitas agregat kasar (kerikil) kepada campuran beton adalah sebagai berikut:

- 4) Agar agregat kasar tidak lumpur
- 5) Jangan gunakan bahan organik atau alkali karena bias menghancurkan beton.
- 6) mesti sedikit rongga karena ragam butir (gradasi) yang baik. Memiliki modulus kehalusan antara 6 dan 7,10 dan memenuhi syarat-syarat berikut:
 - a) Sisa di atas ayakan 38 mm dan harus 0 % dari berat;
 - b) Sisa di bawah ayakan 38 mm dan harus 0 % dari berat; dan
 - c) Sisa di bawah ayakan berurutan, dengan jumlah maksimal enam puluh persen dan jumlah minimal sepuluh persen dari beratnya.
- 7) Tidak bias berisi garam.



Gambar 2.1. Agregat Kasar (Kerikil)

Sumber :Dokumentasi Bahan Penelitian

b) Agregat halus SK SNI S – 04 – 1989 – F

Agregat halus disebut juga pasir yang artinya terdiri dari butiran mineral yang di gunakan untuk campuran saat pembuatan beton. Agregat halus yang di ambil dari buriran pemecahan batu dan memiliki ukuran 4,8 milimeter (Mahendra et al., 2021).

Syarat mutu agregat halus dalam campuran beton adalah:

- 1) Menurut SK SNI S-04-1989-F
- 2) Hancur disebabkan cuaca
- 3) Memiliki sifat awet diuji dalam laurat garam sulfat:
 - a) Ketika natrium sulfat digunakan, porsi yang hancur dapat mencapai maksimum 12 persen.
 - b) Ketika campuran magnesium sulfat digunakan, jumlah bagian yang hancur harus tidak lebih dari 10%.
- 4) Agregat halus harus dicuci jika berisi Lumpur (yang bisa tembus ayakan 0,060 mm) lebih dari 5%.

5) Karena akan mempengaruhi kualitas beton, zat organik tidak boleh digunakan.

6) Harus memiliki rongga yang kecil karena variasi butir yang baik (gradasi). Modulus kehalusannya adalah 1,5–3,8.

harus memenuhi syarat-syarat yang disebutkan di bawah ini.:

a) tersisa pada ayakan 4,8 mm tidak boleh melebihi 2 % dari berat;

b) tersisa pada ayakan 1,2 mm tidak boleh melebihi 10 % dari berat;

c) tersisa pada ayakan 0,30 mm tidak boleh melebihi 15 % dari berat.

7) Ini dilarang memiliki garam.

Buku Perencanaan Campuran dan Pengendalian Mutu Beton (1994) mengklasifikasikan agregat halus menjadi empat jenis: pasir halus agak, halus, agak kasar, dan kasar. Tabel berikut menunjukkan batas gradasi total ini:

Tabel 2.1 Batas Gradasi Agregat Halus (*Sumber : SK SNI T-15-1990-03*)

Lubang (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan jenis agregat halus			
	I	II	III	IV
10	100	100	100	100
4,9	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	71-100	85-100	59-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15;34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	1-15



Gambar 2.2. Agregat Halus (Pasir)
Sumber: Dokumentasi Bahan Penelitian

2. Semen (SNI-15-2049-2004)

Setelah rekasi hidrasi, yang disebabkan oleh penambahan air, semen dapat melekat agregat kasar atau halus pada beton yang berbentuk halus (Mahendra et al., 2021).

Berdasarkan SNI-15-2049-2004, semen berasal dari penggilingan terak porland. Juga dikenal sebagai klinker terdiri dari kalsium silikat hidrolis ($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), seperti bahan tambahan lebih dari satu atau lebih yang memiliki bentuk kristal ($\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$), dapat ditambahkan dengan bahan tambahan lainnya.

a) Sifat kimia semen *portland*

Tabel 2.2. Sifat kimia semen *portland*
Sumber: Mulyono (2023)

NO	Bahan Penyusun	Komposisi(%)
1	Kapur (CaO)	60 – 65 %
2	Silika (SiO_2)	20 – 25 %
3	Alumina (Al_2O_3)	7 – 12 %
4	Oksida Besi (Fe_2O_3)	7 – 12 %

Ada empat senyawa kimia utama yang membentuk semen portland ketika bahan-bahan penyusunnya ditambahkan dengan air. Reaksi ini menyebabkan ikatan dan pengerasan:

b) Jenis-jenis semen *Portland*

Standar semen portland, bersama dengan nomor SNInya, diterbitkan oleh BSN.:

1) Semen portlandd	SNI 15 2049 2004
2) Semen masonryy	SNI 15 3758 2004
3) Semen portland putih	SNI 15 0129 2004
4) Semen porland pozzolan	SNI 15 0302 2004
5) Semen portland komposit	SNI 15 7064 2004
6) Semen portland campur	SNI 15 3500 2004

Semen portland di Indonesia dapat terbagi atas beberapa macam berdasarkan tujuan penggunaannya:

1) Jenis I

Semen Portland tipe I digunakan dalam mengerasan jalan, struktur, jembatan, dan bangunan lainnya yang tidak terancam oleh panas hidrasi dan sulfat dari tanah.

2) Jenis II

Semen Portland tipe II digunakan dalam bendungan, irigasi, tepi laut, dan beton masa yang memerlukan panas hidrasi rendah.

3) Jenis III

C3S memiliki kadar sangat tinggi dan butiran yang sangat halus. gedung yang membutuhkan penekanan keras, seperti jembatan dan pondasi berat, menggunakan semen Portland tipe III.

4) Jenis IV

Karena membutuhkan cuaca panas yang rendah, yang berarti takaran C3S dan C3A rendah, semen portland tipe IV digunakan untuk pengecoran dengan penyemprotan dan pengecoran yang tidak menimbulkan panas.

5 Jenis V

Semen portland hanya membutuhkan kekuatan sulfat yang besar untuk dipakai. Senyawa ini terdiri dari 43% (C3S), 36% (C2S), 4% (C3A), 12% (C4AF), 1,9% (MgO), dan 1,8% (SO₃). Sembilan instalasi pengolahan limbah pabrik menggunakan semen Portland tipe V.



Gambar 2.3. semen
Sumber: Dokumentasi Bahan Penelitian

3. Air (SNI 03-6861.1-2002)

Selama kegiatan penciptaan beton, menggunakan air untuk memulai proses kimiawi semen, membasahi agregat, dan mempercepat proses pengerjaan. beton akan menjadi lebih buruk dan bahkan dapat mengubah sifatnya. Campuran beton biasanya dibuat dengan air yang dapat diminum. (Wahyudi et al. 2017)

Saat selesai proses hidrasi, penggunaan air yang banyak bisa mengakibatkan balon air daripada jika menggunakan air yang relative kurang bisa menyebabkan kegiatan hidrasi susah untuk mencapai hasil maksimal. Akibatnya, kekuatan beton akan menurun menjadi kurang dari 90% setelah 7 atau 28 hari. SNI 03-6861.1-2002 menetapkan bahwa campuran beton harus memiliki jumlah air yang diperlukan:

- a) Wajib bersih dan bebas dari lumpur, minyak, dan benda terapung yang tampak.
- b) tidak mengandung zat tersuspensi dengan jumlah lebih dari 2 gram/liter,
- c) tidak mengandung garam seperti asam-asam, zat organik, atau garam lainnya yang dapat larut dan merusak beton,
- d) memiliki kandungan klorida (Cl) kurang dari 0,5 gram per liter dan senyawa sulfat (SO₃) kurang dari 1 gram per liter.,
- e) ketika perbandingan antara kekuatan tekan adukan beton dengan air suling akan terjadi penurunan kekuatan beton sebanyak 10%, dan

f) air yang digunakan saat pengadukan dapat digunakan jika terdapat kandungan klorida lebih dari 0.05 gram/liter, khusus untuk beton pratekan.

4. Material Alternatif (Air Hujan)

Penambahan material alternatif dimaksudkan untuk memperbaiki sifat karakteristik beton, serta difungsikan untuk bahan tambahan material dasar di pembuatan beton. Adapun material alternatif yang digunakan pada penelitian ini yaitu air hujan.

Hujan didefinisikan sebagai air yang menguap karena panas dan menghasilkan air yang banyak lalu turun kebumi, menurut Bambang Triatmodjo (2008). Angin mengangkut uap air ke lokasi di mana hujan akan turun selama proses pembentukan uap air. Uap air dicampur dan melarutkan gas seperti karbondioksida, nitrogen, oksigen, debu, dan senyawa lainnya selama proses transportasi. (Felicia, et al. 2018)

Alat Automatic Rain Water Sampler (ARWS) digunakan untuk pengambilan sampel. Metode pengambilan sampel basah dan basah dan basah masing-masing digunakan. Untuk menganalisis kualitas dan sifat kimia air hujan, data seperti KT,. (Solih, et el. 2021)

Derajat keasaman, juga dikenal sebagai pH, adalah standar yang memperlihatkan keasaman atau basa nilai pH zat, larutan, atau bahan digunakan untuk mengukur kadar alkali atau keasaman larutan (Noorulil & Adil, 2010). Nilai pH normal adalah 7, yang menunjukkan bahwa zat memiliki sifat basa. pH larutan bisa ditakar menggunakan pH meter atau

kertas lakmus (Putra & Viswanatha, 2017). "p", lambang matematika negatif logaritma, dan "H", lambang kimia untuk kata "pH", yang berarti daya hidrogen. (Avryan et al., 2019)

5. Kuat Tekan (SNI 1974-2011)

Kemampuan beton berguna menahan gaya tekan yang besar dikenal sebagai kuatnya tekan. (Bintoro et al., 2018). Beban gaya tekan beton menentukan kekuatan tekannya yang diberikan pada beton yang dihasilkan oleh alat tekan tekan beton dengan standar tertentu yang dapat menghancurkan beton.

Kuat tekan menjadi penentu mutu dan kualitas beton, yang dihasilkan dari pencampuran antara agregat, semen, dan air. Setelah beton mencapai kekuatan tekan yang ditetapkan dalam rencana campuran, pembuatan beton baru dianggap berhasil. (Wimaya et al., 2020).

Untuk benda uji berbentuk silinder, persamaan berikut digunakan untuk menghitung kekuatan tekan beton, menurut SNI 1974-2011: (Mahendra et al., 2021).

$$F_c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

- F_c : Kuat Tekan Beton (kg/cm²)
- P : Beban yang bekerja (kg)
- A : Luas penampang benda (cm²)



Gambar 2.4. Pengujian Kuat Tekan Pada Beton
Sumber : Dokumntasi contoh pengujian kuat tekan beton

B. Kajian Hasil Penelitian Terdahulu

1. Tujuan penelitian Safrin et al. pada tahun 2021 adalah untuk menemukan alternatif untuk bahan campuran air hujan sebagai pengganti air biasa. Dalam penelitiannya menguji rasio tekanan beton. Diharapkan bahwa hasil penelitian ini akan menghasilkan solusi yang lebih hemat biaya dan ramah lingkungan untuk penggunaan bahan campuran beton.
2. Pada tahun 2017, Srikirana et al. melakukan penelitian dengan judul Penggunaan Variasi pH Air (Asam) Pada Kuat Tekan Beton Standar F'C 25 MPA. Air sangat penting untuk pembuatan beton karena akan membentuk pasta pengikat agregat saat bereaksi dengan semen. Untuk pembuatan beton, air harus memiliki pH netral sebesar 7. Karena tidak ada air bersih di daerah pedalaman. Air yang digunakan tidak memenuhi standar karena pH air yang didapat dari sumur dan sungai mungkin asam atau basa. Mpa, sementara kuat tekan yang dihasilkan karena perubahan pH air
3. P3. Pada tahun 2021, Amar Ma'ruf Hamri et al. melakukan penelitian dengan judul Pengaruh Hujan Asam Terhadap Kuat Tekan dan Pola Retak

Beton Mutu Tinggi Dengan Menggunakan Fly Ash Substitusi Pasir. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa jika dibangun di lokasi di mana air hujan mengandung asam memiliki pH, material penyusun beton harus berkualitas tinggi di bawah normal ($\text{pH} \pm 5,6$). PLTU Bosowa Energi Jenepponto menghasilkan sampah udara setiap tahunnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan kekuatan tekan dan pola retak pada beton yang memiliki kualitas tinggi yang dibuat dengan menggunakan pasir sebagai pengganti pasir.

4. Adapun penelitian dari Amirullah pada tahun 2020 dengan judul "Uji kekuatan mutu beton terhadap pengaruh cuaca 15 Cm". Setelah rangka bangunan dibangun sebelum selesai, konstruksi gedung beton kadang-kadang menghadapi masalah.
5. Penelitian Aminullah pada tahun 2018 berjudul Pengaruh Genangan Air Terhadap Pengecoran Beton In-Situ. Selama musim kemarau, juga dapat terjadi hujan yang cukup banyak. Ini pasti dapat mengganggu pekerjaan konstruksi, terutama yang diperlukan dalam cuaca kering. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengurangi tinggi genangan air selama pengecoran elemen substruktur, seperti pondasi telapak.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian kuantitatif ini mengumpulkan bahan dari berbagai pengujian dan menghasilkan kesimpulan dalam bentuk langkah-langkah. Penelitian ini akan menguji beton bertekanan tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk tau kinerja beton kuat tekan dipengaruhi oleh air hujan.

B. Lokasi dan Waktu

Adapun lokasi dan waktu yakni:

1. Lokasi penelitian

Adapun lokasi pada penelitian ini bertepatan di labolaturium struktur dan bahan Program Studi Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare, yang berlokasi di Jl. Jend. Ahmad Yani No. Km. 6, Kel. Bukit Harapan, Kec. Soreang, Kota Parepare.

2. Waktu penelitian

Dimulai dari tanggal 25 november 2023 hingga februari 2024

Tabel 3.1. waktu penelitian

NO	JENIS KEGIATAN	Tahun 2023		Tahun 2024	
		November	Desember	Januari	Februari
1	Studi literatur				
2	Persiapan laboratorium				
3	Pengujian bahan dasar				
4	Pembuatan benda uji				
5	Uji kuat tekan beton				
6	Analisis hasil pengujian				

C. Alat dan Bahan

1. Alat penelitian

a) Jenis saringan

1) Saringan 4,75 mm (nomor 4), 2,40 mm (nomor 8), 1,2 mm (nomor 16), 0,60 mm (nomor 30), 0,30 mm (nomor 50), 0,15 mm (nomor 100), dan nomor 200 lengkap bersama tutup pan dan alat penggetar untuk mengukur gradasi pasir.

b) Alat ukur

1) Timbangan

Bahan susun adukan beton ditimbang dengan timbangan.

2) Gelas ukur

Untuk mengetahui berapa banyak air yang digunakan saat membuat beton, gelas ukur digunakan.

3) Piknometer

Agregat B_j halus dicari dengan menggunakan piknometer 500 gram.

4) Jangka sorong

Semua dimensi benda uji diukur dengan jangka sorong.

5) Penggaris

Nilai slump dihitung dengan penggaris.

c) Mesin lab struktur dan bahan

1) Oven

Agregat dikeringkan dalam oven untuk pengujian kadar air, B_j, dan gradasi.

2) Mesin aduk beton

Bahan penyusun beton diaduk menggunakan mesin aduk beton.

3) Mesini uji tekan

Mesin uji tekan menguji kekuatan tekan dan tarik belah.

4) Mesin Los Angeles

Untuk menguji ketahanan agregat dengan bola bola baja menggunakan Mesin Los Angeles

d) Peralatan pendukung

1) Kerucut abrams.

Keleccakan adukan beton, atau nilai slump, diukur dengan kerucut abrams.

2) Cetakan beton

Cetakan beton yang digunakan berbentuk silinder 15 cm x 30 cm.

3) Batang baja

Adukan beton dipadukan dengan batang baja..

2. Bahan penelitian

a) Semen

Adapun bahan yang pertama digunakan Semen Tonasa (50 kg) atau Semen Tipe I.

b) Agregat

1) Pasir sungai diperlukan sebagai agregat halus lasape Pinrang.

2) Agregat kasar yang diperlukan terdiri dari kerikil yang diambil dari pabrik batu yang berada di sidrap.

c) Air

Air hujan digunakan dalam penelitian ini diperoleh dengan penampungan pada wadah sesuai dengan jumlah kebutuhan

D. Prosedur dan Rancangan Penelitian

1. Tahapan pemeriksaan

Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare menyelidiki bahan-bahan yang akan digunakan dalam campuran beton. Proses pemeriksaan terdiri dari:

a) Agregat

- 1) Analisis gradasi butiran agregat halus dan agregat kasar (*SNI 03-1968-1990*). Penyebaran ukuran butir agregat dikenal sebagai gradasi. Ketika semua butir agregat berukuran sama, atau seragam, volume rongganya besar dan tekanannya rendah, tetapi ketika ukuran butirnya berbeda, kapasitas rongganya rendah dan kekuatannya tinggi. Oleh karena itu, selama proses pembuatan beton, diperlukan pemeriksaan gradasi agregat. Prosedur pelaksanaan pengujian analisis gradasi butiran sebagai berikut:
- 2) Setelah agregat yang akan diperiksa dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C (plus atau minus 5 °C) sampai beratnya tetap, ambil sampelnya sebanyak (agregat halus (pasir) sebanyak 1000 gram dan agregat kasar (kerikil) sebanyak 2000 gram).

- 3) Atur ayakan menurut susunannya yaitu saringan sesuai dengan yang telah ditentukan Saring agregat dengan mesin Sieve Shaker untuk membuat ayakan selama 15 menit.
 - 4) Selanjutnya, modulus halus butir dihitung dengan menimbang butiran yang tertahan pada masing-masing saringan agregatnya.
- b) Evaluasi berat jenis dan penyerapan air agregat pasir halus (*SK SNI : 03-1970-1990*). Berat pasir berbeda-beda tergantung pada tingkat kepadatan, bentuk butir, dan tingkat kebasahannya. Oleh karena itu, berat jenis pasir, berat satuan, berat jenis semu, dan berat jenis jenuh kering muka dikenal. SNI berdasarkan SK: 03-1970-1990 interval untuk berat jenis agregat halus yaitu antara 1,60 – 3,0 sedangkan untuk penyerapan (absorpsi) yaitu maks 2%, interval untuk analisis gradasi butiran agregat halus yaitu antara 1,50 – 3,80. Proses berikut digunakan untuk mengevaluasi berat jenis dan penyerapan pasir:
- 1) Dalam tungku dengan suhu isekitar 105°C, keringkan pasir sampai beratnya 12 tetap.
 - 2) Pasir harus direndam dalam air selama satu hari.
 - 3) Setelah Anda mencuci, buang air dengan hati-hati agar pasir tidak terbuang. Kemudian keringkan pasir hingga keadaan jenuh kering muka (ssd).
 - 4) Masukkan 500 gram pasir jenuh kering muka ke dalam piknometer. Kemudian tambahkan air suling sampai 90%. Piknometer diputar

dan digulingkan untuk mengeluarkan gelembung udara yang terperangkap di antara butir pasir. Anda dapat memanaskannya juga.

- 5) Untuk menghilangkan gelembung udara, tambahkan air ke piknometer sampai tanda batas penuh.
 - 6) Timbang piknometer setelah ditambahkan air sampai penuh sepenuhnya dengan ketelitian 0,1 gram (bt).
 - 7) Setelah pasir diambil dari piknometer, keringkan sampai beratnya tidak berubah. Setelah pasir dikeringkan dan didinginkan dalam desikator (bk), pengukuran d dilakukan.
 - 8) Timbang setelah mengisi piknometer dengan air sampai penuh.
- c) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (kerikil) (SNI 03-1970-1990). Berat kerikil berbeda-beda tergantung pada kekasaran permukaan, bentuk butir, dan tingkat basah. Sehubungan dengan SNI 03-1970-1990 interval untuk berat jenis agregat kasar yaitu antara 1,60 – 3,0 se dangkan untuk penyerapan (absorpsi) yaitu maks 4%. Berikut ini adalah prosedur pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar:
- 1) Benda uji dicuci terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran dan debu.
 - 2) Masukkan benda uji kedalam oven pada suhu 105°C sampai beratnya tetap.
 - 3) Dinginkan benda uji sampai pada suhu ruangan ($\pm$ 3 jam), kemudian timbang ditimbang (bk).

- 4) Benda uji kemudian direndam dalam suhu ruangan selama ± 24 jam.
 - 5) Benda uji kemudian dilap dengan kain sampai kondisinya jenuh kering muka.
 - 6) Timbang benda uji jenuh kering muka (bj).
 - 7) Masukkan benda uji kedalam keranjang kawat, kemudian guncangkan agar udara yang didalam keluar. Lalu timbang dalam air (Ba).
- d) Evaluasi berat volume dan rongga udara agregat kasar dan halus (ASTM C29/29M-97/SNI 03-4804-1998) Dalam satuan komposit, ruang udara merupakan tempat dimana butir-butir yang dipadatkan yang dapat diisi dengan partikel padat. Berat volume agregat dihitung sebagai berat agregat per satuan isi. Menurut ASTM C29/29M-97/SNI 03-4804-1998, interval berat volume untuk agregat kasar yaitu antara 1,60 – 1,90 kg/ltr sedangkan untuk agregat halus yaitu antara 1,40 – 1,90 kg/ltr. Untuk mengetahui berat volume dan rongga udara agregat halus dan kasar, masukkan jumlah ke dalam talam yang hampir sama dengan volume wadah sesuai dengan nomor daftar
- 1) Keringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai perubahan berat terjadi.
- e) Pemeriksaan kandungan lumpur agregat halus dan agregat kasar (SK SNI S-04-1989-F). Kadar air gabungan adalah rasio antara berat total dalam kondisi kering dan berat aktual yang dinyatakan dalam

persentase. Prosedur pelaksanaan pengujian kadar air agregat sebagai berikut:

- 1) Talam ditimbang kemudian catat beratnya (W_1)
 - 2) Benda uji dimasukkan kedalam talam dan kemudian berat talam + benda uji ditimbang. Catat beratnya (W_2).
 - 3) Berat benda uji dihitung dengan rumus : $W_3 = W_2 - W_1$.
 - 4) Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai mencapai bobot tetap.
 - 5) Setelah kering, benda uji ditimbang kemudian catat hasil timbangan (W_4) .
 - 6) Berat benda uji kering dihitung dengan menggunakan rumus : $W_5 = W_4 - W_1$.
- f) Pemeriksaan zat organik pada agregat halus (*ASTM C40-99/SNI 03-2816-1992*), Dari segi persyaratan, Kandungan organik Uji warna Abrams-Harder dengan larutan NaOH (3%) tidak memungkinkan agregat halus melebihi batas yang diizinkan, prosedur pelaksanaan pengujian pemeriksaan kandungan organik sebagai berikut:
- 1) Masukkan benda uji kedalam botol.
 - 2) Tambahkan senyawa NaOH 3%. Setelah dikocok, total volume menjadi kira-kira $\frac{3}{4}$ volume botol.
 - 3) Eratkan penutup pada botol, kemudian botol tersebut dikocok dan setelah itu botol didiamkan selama 24 jam.

4) Setelah 24 jam, kemudian dibandingkan dengan warna standar No. 3 (Apakah warnah cairan lebih tua atau lebih muda).

g) Pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi *Los Angeles* (SNI 2417:2008), Percobaan Abrasi Los Angeles digunakan untuk memeriksa ketahanan total terhadap penghancuran atau degradasi. Pengujian ini memberikan gambaran tentang kekuatan dan kekerasan batu, serta kemungkinan pecah butir selama pengepakan, pergerakan, atau pengangkutan. Kekuatan beton berkorelasi dengan kekerasan batu. Proses pengujian keausan agregat dilakukan dengan mesin abrasi Los Angeles seperti berikut:

- 1) Cuci dan keringkan agregat gradasi A pada suhu 110°C ($\pm 5^{\circ}\text{C}$) sampai beratnya tetap.
- 2) Masukkan benda uji dan bola baja ke dalam mesin abrasi Los Angeles.
- 3) Putar mesin dengan kecepatan 30 rpm sampai 33 rpm, dengan total 500 putaran agregat gradasi A.
- 4) Setelah pemutaran selesai, objek uji dikeluarkan dari mesin dan disaring dengan saringan no. 12 (1,7 mm). Kemudian, butiran yang tertahan di atasnya dicuci.

2. Tahapan pembuatan benda uji

- a) Pemeriksaan material campuran beton

- 1) Timbang material yang akan digunakan untuk campuran beton, yaitu semen, agregat (halus dan kasar), dan air, sesuai dengan berat yang ditetapkan dalam rancangan campuran beton.

- 2) Siapkan peralatan yang dibutuhkan untuk pencampuran beton.

b) Pencampuran beton

- 1) Masukkan air ke dalam mesin sebanyak 80% dari yang telah ditentukan, kemudian masukkan agregat dan semen.

- 2) Masukkan sedikit demi sedikit sisa air ke dalam mesin yang berputar selama 3 menit atau sampai airnya habis.

- 3) Uji nilai slump setiap variasi percobaan.

c) Pemeriksaan nilai slump

- 1) Masukkan $\frac{1}{3}$ bagian campuran beton segar ke dalam tiga lapisan kerucut abrams, setiap lapisan ditusuk sebanyak 25 kali.

- 2) Tunggu 30 detik kemudian angkat kerucut, dan uji nilai slump, yaitu selisih tinggi antara kerucut abrams dan permukaan beton setelah ditarik.

- 3) Setiap pencampuran beton dilakukan sebanyak 2 kali, dan hasilnya dirata-rata.

d) Pembuatan benda uji

- 1) Dalam cetakan silinder berukuran 15 cm x 30 cm, campuran beton segar dimasukkan ke dalamnya dengan minyak pelumas di bagian dalamnya.

- 2) Tiga (tiga) lapisan campuran beton segar dimasukkan ke dalam cetakan, dan setiap lapisan ditusuk secara merata sebanyak 25 kali.
- 3) Setelah itu, menggunakan tongkat perata untuk meratakan campuran beton diatas cetakan hingga rata.

3. Tahapan perawatan beton

Setelah dua puluh empat jam beton dikeluarkan dari cetakan, diarahkan untuk dipendam di bak air selama waktu tertentu.

4. Tahapan pengujian

a) Kuat tekan beton

Dengan umur rencana 7–14, 28 hari, pengujian kekuatan tekan dilakukan pada beton.

Dalam pengujian kekuatan tekan beton, hal-hal berikut akan dilakukan:

- 1) Sebelum pengujian dimulai, benda uji ditimbang untuk mengetahui beratnya.
- 2) Benda uji diletakkan pada Mesin Pengujian Universal.
- 3) Mesin ini dihidupkan, dan benda uji akan mengalami beban gaya untuk mengukur kekuatan tekan padanya.
- 4) Jarum manometer akan berhenti saat benda uji mencapai beban maksimumnya.

Jumlah sampel untuk semua variasi campuran beton yang direncanakan dalam penelitian ini yaitu sebanyak 36 buah. Setiap variasi campuran akan dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton, dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 3.2. Jumlah Benda Uji Kuat Tekan

VARIASI CAMPURAN BETON	UMUR HARI (BUAH)		
	7	14	28
BN	3	3	3
AH 1 Jam	3	3	3
AH 2 Jam	3	3	3
AH 3 Jam	3	3	3
Jumlah	12	12	12
Total: 36 buah benda uji			

Keterangan : AH : Air Hujan

BN : Beton Normal

E. Teknik Pengumpulan Data

Untuk mengumpulkan data, penelitian kuantitatif digunakan dengan menguji benda uji di laboratorium.

1. Data primer

Berikut ini adalah data utama yang diperoleh dari berbagai hasil penelitian Laboratorium:

- a) Memeriksa saringan agregat;
- b) Memeriksa jenis dan berat agregat;
- c) Memeriksa keausan dan kadar organik agregat kasar;
- d) Memeriksa volume dan berat agregat;
- e) Memeriksa kadar air agregat;
- f) Memeriksa kadar lumpur agregat;
- g) Memeriksa perbandingan campuran beton (Mix design); dan
- h) Memeriksa kekentalan adukan beton segar.
- i) Uji kekuatan beton.

2. Data Sekunder

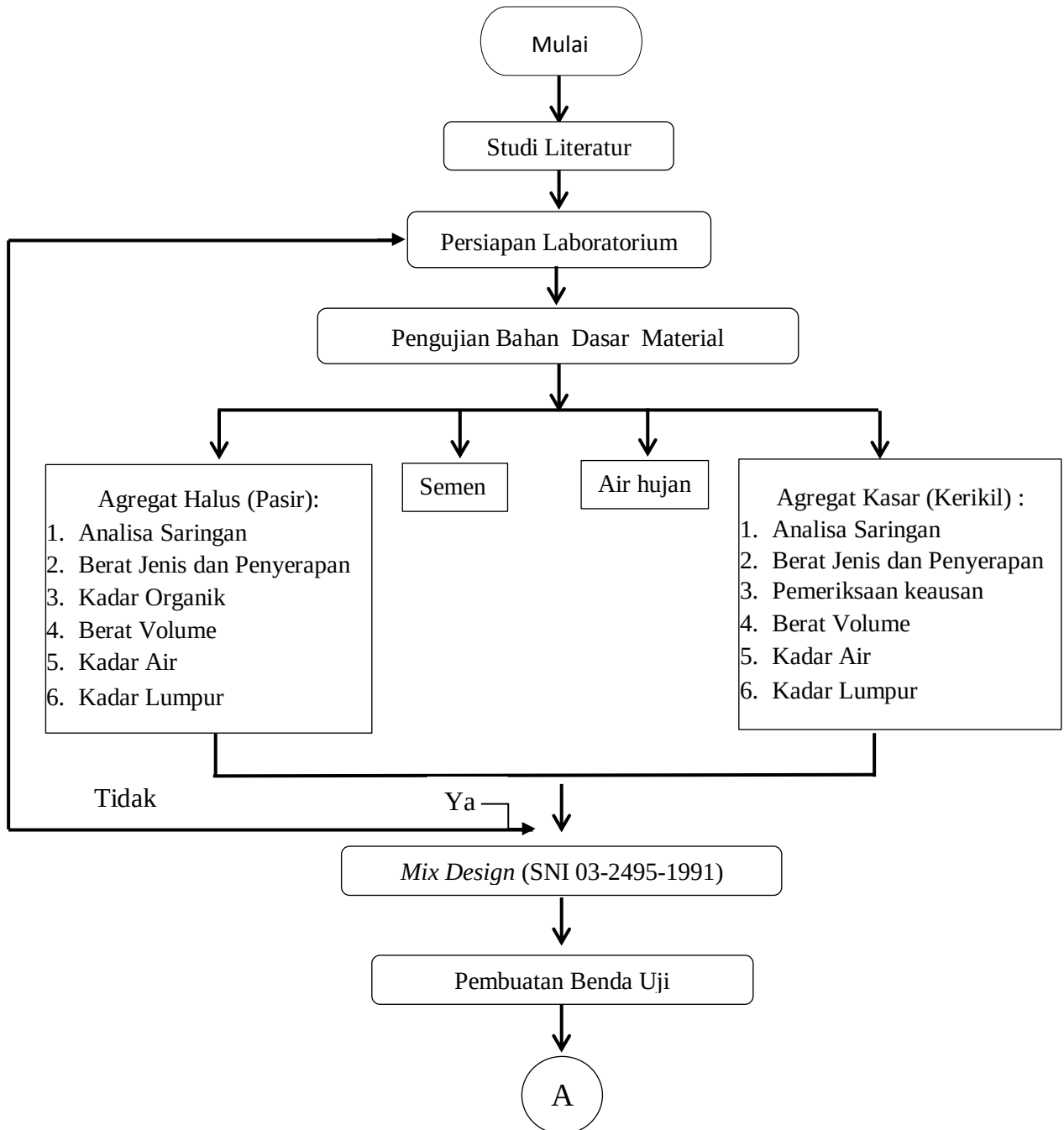
Data sekunder berasal dari berbagai sumber yang berkaitan dengan penelitian. Ini termasuk buku-buku, studi terdahulu yang mendukung penelitian, SNI (Standar Nasional Indonesia), dan informasi dari dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Parepare.

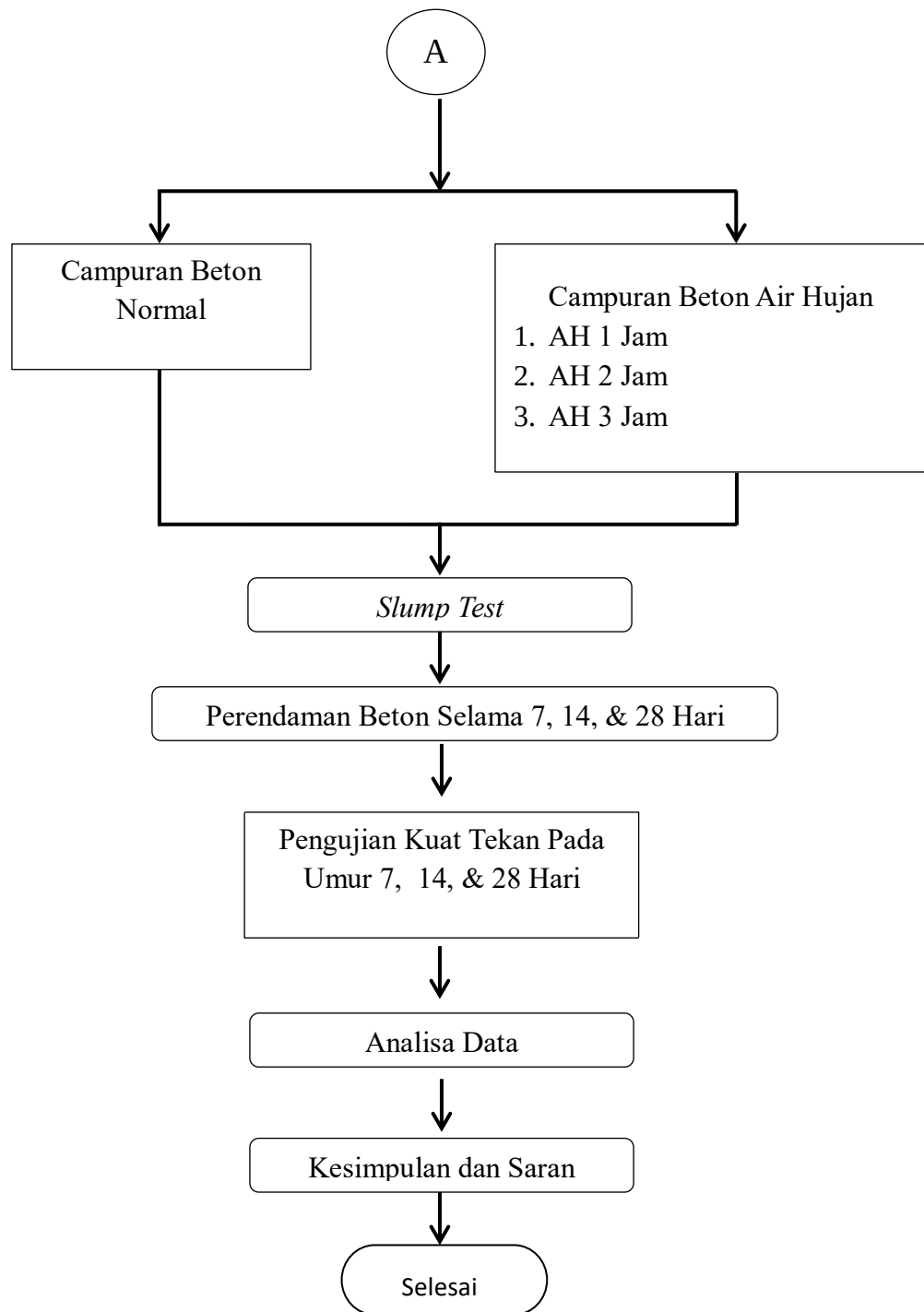
F. Teknik Analisis Data

Data yang dihasilkan dari pengujian dan penelitian akan dikumpulkan dan dianalisis sesuai prosedur yang telah ditentukan. Untuk mempermudah menarik kesimpulan, hasil analisis data akan 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.

G. Diagram Alir





Gambar 3.1. Diagram Alir

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Agregat

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

1. Agregat Halus

Tabel 4. 1 Rekapitulasi pengujian agregat halus (Sumber : Hasil olah data)

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

Hasil dari pengujian agregat halus sebelumnya adalah sebagai berikut:

a. 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.

b. 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.

c. Kadar air agregat

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

d. 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.

e. 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.

f. 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.

2. Agregat Kasar

Tabel 4. 2 Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar (Sumber : Hasil olah data)

NO.	KARAKTERISTIK AGREGAT	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

a. 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 agregat kasar bisa digunakan sebagai campuran beton tanpa di cuci dulu.

b. Keausan Agregat

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

c. 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%.

d. 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.

e. Penyerapan Air

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

f. 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.

g. Modulus Kehalusan

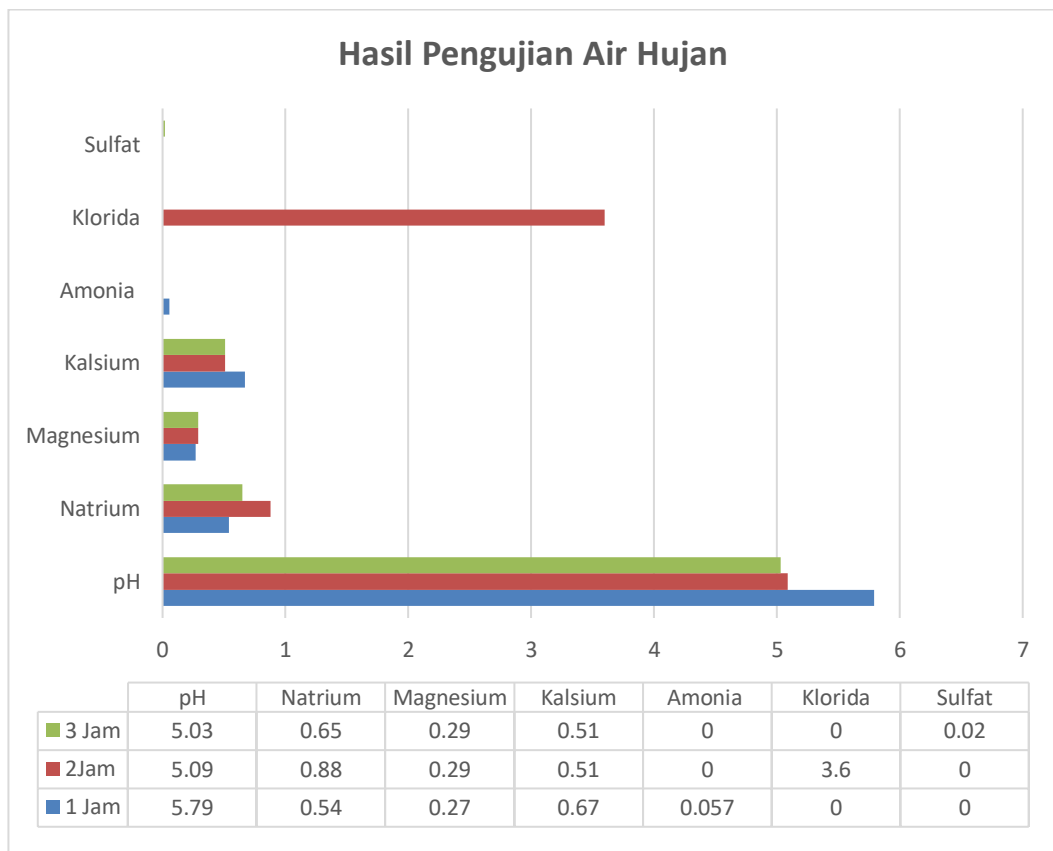
Interval modulus kehalusan adalah antara 6,0 dan 8,0, menurut SNI karakteristik agregat kasar. Hasil penelitian, 6,68, sesuai dengan spesifikasi dan dapat digunakan dalam campuran beton.

B. Hasil Pengujian Kandungan Air Hujan

Dalam upaya memahami kualitas lingkungan kita, pengujian air hujan adalah cara efektif mengukur serta menganalisis kondisi atmosfer. Berikut ini, kami akan menyajikan data pengujian air hujan yang telah dikumpulkan selama periode waktu tertentu. Data ini tidak hanya mencerminkan komposisi kimia air hujan, tetapi juga memberikan wawasan tentang dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan.

Tabel 4. 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 4. 1 Grafik pengujian laboratorium air hujan

Grafik diatas dapat dijelaskan bahwa hasil pengujian air hujan pada tiga waktu berbeda pukul 1,2,3 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 penelitian 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 peningkatan 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 industry, limbah pertanian, dan aktivitas vulkanik dan dekomposisi organik. Klorida berasal dari emisi kendaraan bermotor, industry, pembakaran bahan bakar fosil dan air laut. Asam sulfat dihasilkan melalui bahan bakar fosil yang dibakar, industry 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 ammonia dan klorida namun kadar sulfatnya meningkat menjadi 0,02.

C. Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)

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

Diketahui 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 4.4 Tabel nilai deviasi (kg/cm^2) untuk berbagai volume pekerjaan dan mutu pelaksanaan di lapangan (Sumber: SNI 03-2834-2000)

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

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

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

5. Jenis Semen

Semen Portland Tipe 1

6. Jenis Agregat

Agregat Halus = Alami

Agregat Kasar = Batu Pecah

7. Faktor Air Semen Bebas

$$= 0,51 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.5 Kekuatan tekan (Mpa) perkiraan dengan faktor air semen dan nagregat kasar (Seumber: SNI 03-02-2834)

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (Mpa)					
		Umur (hari)				Bentuk	
		3	7	28	29	Uji	
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		

Gambar 4. 2 Grafik perkiraan faktor air semen (Sumber: SNI 03-2834:2000).



Gambar 4. 2 Grafik perkiraan faktor air semen (Sumber: SNI 03-2834:2000).

$$f'_c \text{ rencana} = 25 \text{ Mpa}$$

$$f'_c \text{ target} = 36,48 \text{ Mpa}$$

$$f_{as} \text{ pakai} = 0,51$$

8. Faktor Air Semen Maksimum

$$= 0,60$$

Tabel 4.6 Jumlah semen minimal dan faktor air semen maksimum yang diperlukan untuk berbagai jenis pembetonan dalam kondisi tertentu (Sumber: SNI 03-2834:2000)

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

9. Slump

Biasanya untuk pengecoran di dalam indor slump yang mudah dikerjakan adala 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 4.7 Kadar air bebas (Kg/m³) yang diperlukan untuk membuat adukan beton dengan berbagai tingkat kemudahan
(Sumber: SNI 03-2834:2000)

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

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.

$$W = \frac{2}{3} \times W_h + \frac{1}{3} \times W_k$$

$$W = \frac{2}{3} \times 195 + \frac{1}{3} \times 225$$

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

12. Kadar Semen

Jika FAS max lebih besar dari FAS bebas maka digunakan :

$$C = W / FAS_{Max}$$

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 :

$$C = W / FAS_{Max}$$

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

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

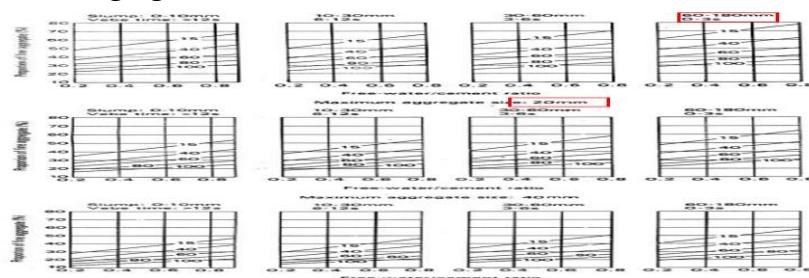
Jenis pasir = Sedang

16. Berat Jenis Agregat

Berat Jenis Agregat Halus = 2,47

Berat Jenis Agregat Kasar = 2,51

17. Persen Agregat Halus



Gambar 4. 3Perkiraan Persen Agregat (Sumber: SNI 03-2834:2000).

$$\text{Persen Agregat Halus} = 59 \% + 25 \% / 2$$

$$= 41 \%$$

$$\text{Persen Agregat Kasar} = 100 \% - \text{Persen Agregat Halus}$$

$$= 100 \% - 41 \%$$

$$= 59 \%$$

18. Berat Jenis Relatif Agregat Gabungan

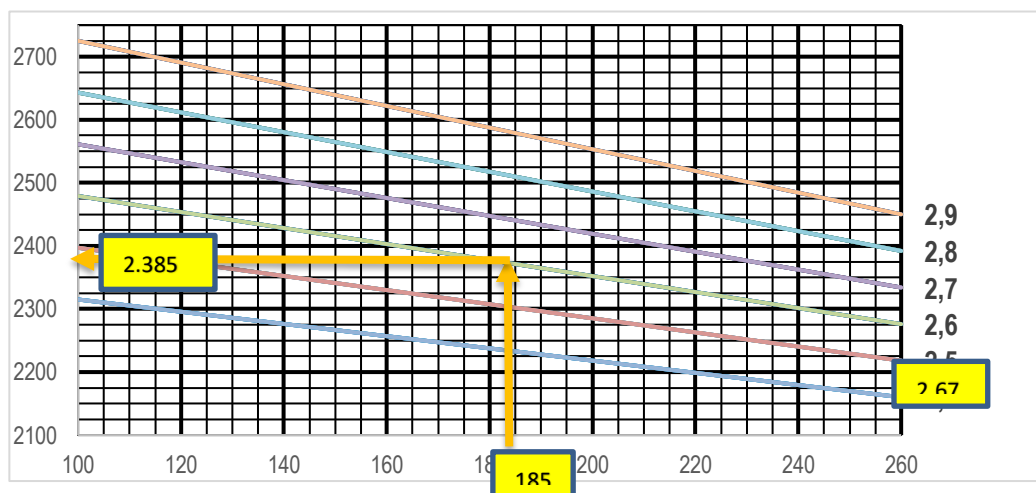
Berat jenis agregat gabungan dihitung dengan persamaan

$$\text{Bj Ag.Gab} = (\text{Persen Ag.Halus} \times \text{Bj.Ag.Halus}) + (\text{Persen Ag.Kasar} \times \text{Bj.Ag.Kasar})$$

$$= 251\%$$

$$= 2,51$$

19. Berat Isi Beton



Gambar 4. 4 Grafik perkiraan berat isi beton (Sumber: SNI 03-2834:2000).

$$\text{Berat isi beton} = 2.385 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kadar Ag.Kasar} = \text{Kadar agregat gabungan} - \text{Kadar agregat halus}$$

$$= 1166 \text{ Kadar Agregat Gabungan}$$

20. Kadar agregat gabungan dihitung menggunakan persamaan :

$$\text{Kadar Ag.gab} = \text{Berat isi beton} - \text{Kadar semen} - \text{Kadar air bebas}$$

$$\text{Kadar Ag.gab} = 1794,5 \text{ kg/m}^3$$

21. Kadar Agregat Halus

$$\text{Kadar Ag.halus} = \text{Persen agregat halus} \times \text{Kadar Ag.gabungan}$$

$$= 628,08 \text{ kg/m}^3$$

22. Kadar Agregat Kasar

$$,43 \text{ kg/m}^3$$

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

$$\text{Ag.Kasar} = 1,21\%$$

$$\text{Ag.Halus} = 3,84\%$$

Sehingga berat massa penyesuaian berdasarkan kadar air adalah

$$\text{Ag.Kasar (Basah)} = 1,21 \% \times 1.166,43 = 14,113 \text{ kg}$$

$$\text{Ag.Halus (Basah)} = 3,84 \% \times 628,08 = 24,118 \text{ kg}$$

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

$$\text{Air yang diberikan Ag.kasar} = 0,35\% \times 1166,43 = 4,082 \text{ kg}$$

$$\text{Air ang diberikan Ag.halus} = 1,72\% \times 628,08 = 10,803 \text{ kg}$$

Dengan demikian kebutuhan air adalah sebagai berikut

$$205,0 - 38,231 + 14,885 = 181,654 \text{ kg}$$

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 4.8 Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan Untuk 1 m³ Beton
 (Sumber : Hasil olah data)

	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

Perbandingan berat = W semen : W pasir : W kerikil : W air

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

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

$$\begin{aligned}
 \text{Volume total silinder} &= 0.0053014 \text{ m}^3 \text{Jumlah} \\
 \text{beton silinder} &= \text{Volume 1 silinder} \times \\
 &= 0,0053014 \text{ m}^3 \times 9 \\
 &= 0,0477126 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tambahan} &= \text{vol. 9 silinder} \times 15\% \\
 &= 0,0477126 \text{ m}^3 \times 15\% \\
 &= 0,00715694 \text{ m}^3 \\
 \\
 \text{Vol. total} &= \text{Vol. total silinder} + \text{Vol. Tambahan} \\
 &= 0,0477126 \text{ m}^3 + 0,00715694 \text{ m}^3 \\
 &= 0,05486988 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 9 Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan Untuk 1 Silinder Beton
(Sumber : Hasil olah data)

	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

26. Kebutuhan Serbuk Cangkang Tiram Perbenda Uji :

a. Kebutuhan Beton Normal

$$\text{Diameter (d)} = 0.15 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi (h)} = 0.3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume 1 silinder} &= \frac{1}{4}\pi d^2 h \\ &= \frac{1}{4}3,14 \times 0,15^2 \times 0,30 \\ &= 0.0053014 \text{ m}^3\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\text{Volume tambahan} &= \text{vol.1 silinder} \times 15\% \\ &= 0.0053014 \text{ m}^3 \times 15\% \\ &= 0.000795 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Vol. total 1 silinder} &= \text{Vol. 1 silinder} + \text{Vol. Tambahan} \\ &= 0.0053014 \text{ m}^3 + 0.000795 \text{ m}^3 \\ &= 0.006096 \text{ m}^3\end{aligned}$$

D. Nilai Slump

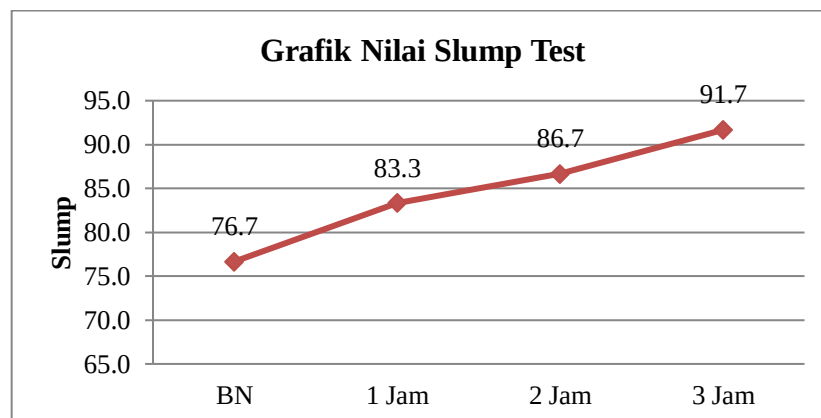
Untuk menguji nilai kelumpuhan, kerucut abrams digunakan. Itu dibersihkan terlebih dahulu dan diletakkan di tempat yang rata. Setelah itu, tiga lapisan beton segar ditambahkan, kemudian tusuk sebanyak 25 kali setiap lapisan yang diisi 1/3 volume kerucut abrams. Setelah pengisian selesai, bagian atas kerucut diratakan. Selama sekitar tiga puluh detik, kerucut diangkat perlahan ke

arah vertikal. Kemudian, hitung slump yaitu mengukur tinggi campuran dan tinggi kerucut

Tabel 4. 10 Hasil pengujian nilai *Slump test* (Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)

Variasi	Titik			Rata-Rata
	1 (mm)	2 (mm)	3 (mm)	(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

Berdasarkan tabel 4.8 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 4. 5 Perbandingan nilai *slump* pada setiap variasi

E. 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.

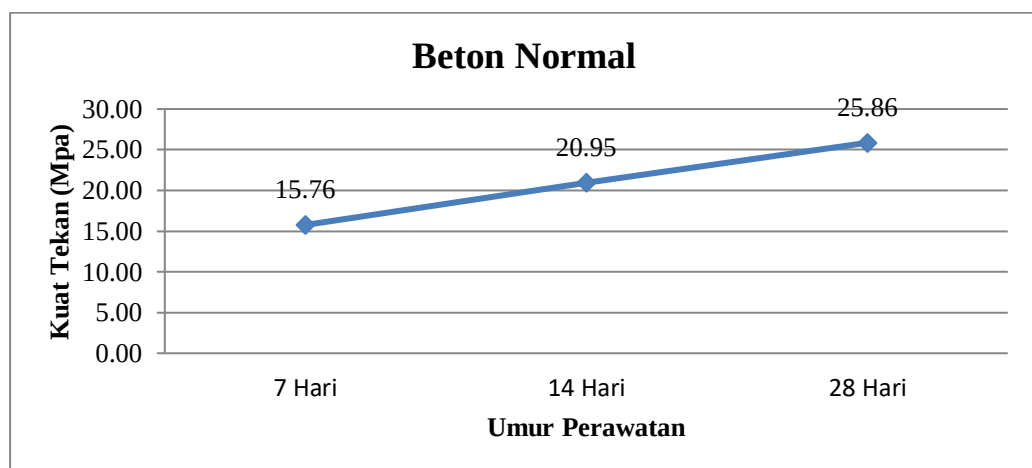
Hasil uji tekanan kuat adalah sebagai berikut:

1. Beton normal

Tabel 4. 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 4. 6 Grafik pengujian kuat tekan beton normal

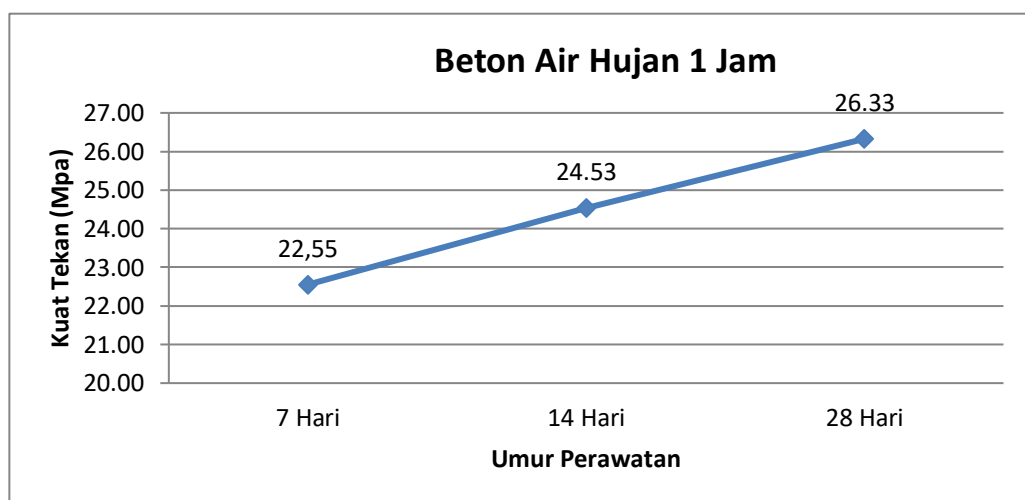
Pada gambar di atas, beton umum mengalami peningkatan 5,19 Mpa dari 7 hari hingga 14 hari dan 4,93 Mpa dari 14 hari hingga 28 hari.

2. Beton air hujan 1 jam

Tabel 4. 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 4. 7 Grafik pengujian kuat tekan beton air hujan 1 jam

Pada grafik diatas dapat disimpulkan bahwa beton dengan air hujan 1 jam mengalami peningkatan kuat tekan dari 7 hari hingga 28 hari. Dari 7 hari

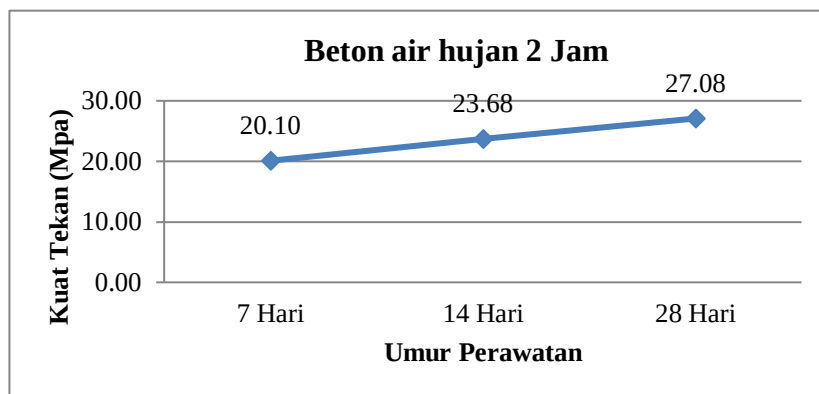
hingga 14 hari, kuat tekannya 1,98 Mpa, dan dari 14 hari hingga 28 hari, kuat tekannya 1,8 Mpa.

3. Beton air hujan 2 jam

Tabel 4. 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 4. 8 Grafik pengujian kuat tekan beton air hujan 2 jam

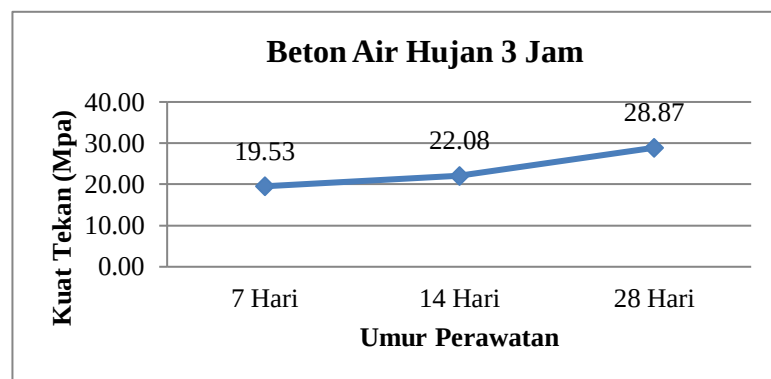
Pada grafik diatas dapat disimpulkan bahwa beton dengan air hujan 2 jam meningkat dari 7 hari hingga 28 hari, sebesar 3,58 Mpa dari 7 hari hingga 14 hari, dan 3,4 Mpa dari 14 hari hingga 28 hari.

4. Beton air hujan 3 jam

Tabel 4. 14 Tabel rekap hasil kuat tekan beton air hujan 3 jam

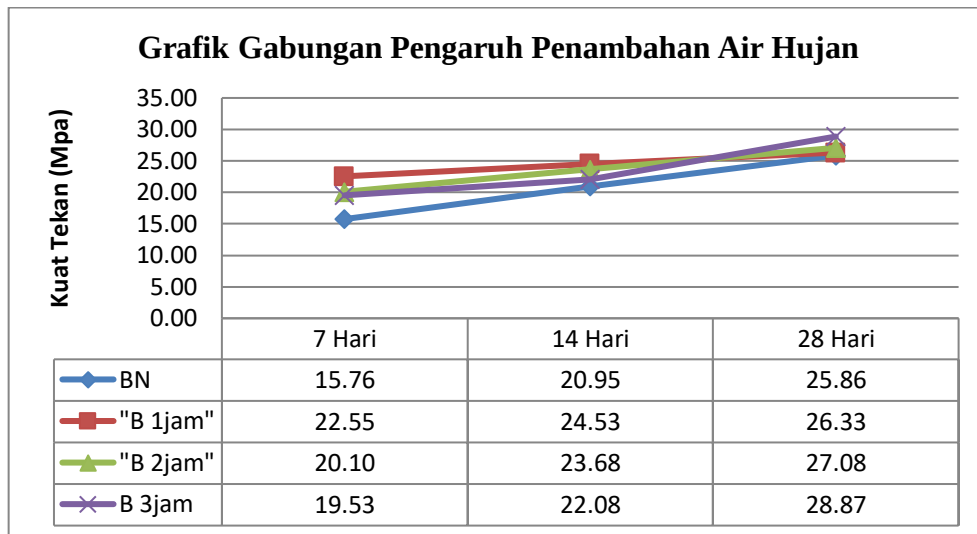
No.	Umur	Berat	Beban	Kuat Tekan f_c	% Capaian f_c
		(Kg)	(KN)	(MPa)	
1	7 Hari	12,128	345	19,53	67,6%
2	14 Hari	12,083	390	22,08	76,5%
3	28 Hari	12,087	510	28,87	100,0%

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:



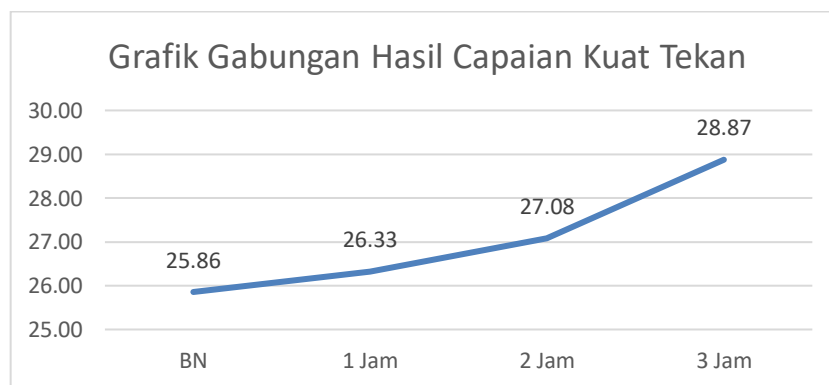
Gambar 4. 9 Grafik pengujian Beton Air Hujan 3 Jam

Pada grafik diatas 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 4. 10 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 4.11 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.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. 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
2. 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.

B. Saran

1. Mengembangkan kerjasama antardisiplin dengan para ahli di bidang material bangunan dan lingkungan untuk merancang panduan praktis yang mengintegrasikan penggunaan air hujan dalam produksi beton, dengan fokus pada peningkatan kualitas, keamanan, dan keberlanjutan lingkungan.
2. Mengingat variasi komposisi kimia air hujan yang terdeteksi, disarankan untuk melakukan pemantauan berkala terhadap kualitas air hujan. Pemantauan ini dapat membantu mengidentifikasi sumber polusi dan mengambil langkah-langkah pencegahan untuk menjaga kesehatan lingkungan dan masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminullah, A. (2018). *Pengaruh Genangan Air Terhadap Pengecoran Beton in-Situ*. *INERSIA: LNformasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 14(2).
- 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., Limantara, A. D., & Winarto, S. (2018). *Evaluasi Kekuatan ConcBlock Dengan Agregat Halus dan Agregat Kasar dari Tempurung Kelapa*. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 1(1), 160–171. <https://doi.org/10.30737/jurmateks.v1i1.162>
- Hanafi, M. I. (2018). *Pengaruh Pemakaian Serbuk Arang Kayu Sebagai Filler Semen dan Zat Retarder Terhadap Penyerapan Air dan Kuat Tekan Beton*. Universitas muhammadiyah sumatra utara.
- Hasibuan, F. I. (2021). *Perbandingan Kuat Tekan Dan Penyerapan Serbuk Kayu Dan Abu Ampas Kopi Dengan Agregat Kasar Bergradasi Seragam*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan.
- Harvyandha, A., Kusumawardani, M., & Abdul, R. (2019). *Telemetry Pengukuran Derajat Keasaman Secara Realtime Menggunakan Raspberry pi*. *Jurnal Jartel*, 9(4).
- Juslimin. (2017). *Dampak dan Perubahan Iklim di Indonesia*. Universitas Nusantara PGRI Kediri, 01.
- Panjaitan, A. N., Ramadhani, R. S., & Sitanggang, E. S. Y. (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., Meilanda, H., Marlianto, E., Fisika, D., & Sumatera, U. (2019). *Pemanfaatan Serat Cangkang Kulit Kopi Dalam Pembuatan Beton Polimer Dengan Resin Polyester Sebagai Perekat*. In *Jurnal Ilmu Fisika dan Teknologi* (Vol. 3, Issue 2).
- Meidiani, S., Hartawan, M. F. S. (2017). *Penggunaan Variasi pH Air (Asam) Pada Kuat Tekan Beton NORMAL F'C 25 Mpa*. *Jurnal Bentang*. Vol 5. No 2. Universitas IBA Palembang.

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., Saifullah, M., Bahar, S. (2021). *Perbandingan Kekuatan Mutu Beton Biasa Dan Campuran Air Hujan*. SCEJ (*Shell Civil Engineering Journal*) Vol. 6 No. 1. Uniersitas Muhammadiyah Buton.

Supriani, F., & Islam, M. (2019). Pengaruh Metode Perlakuan Dalam Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Durabilitas Beton. *Inersia, Jurnal Teknik Sipil*, 9(2). <https://doi.org/10.33369/ijts.9.2.47-54>

Wigati, R., Mina, E., Kusuma, r. i., Kuncoro, H. B. B., Fathonah, W., Ruyani N, R. (2022) *Inflementasi Pemanenan Air Hujan (Rainwater Harvesting) Pada Masa Pandemi Covid 19 Di Kota Serang*. *Jurnal Universitas Padjadjaran*. Vol 11. No 1.

Wimaya, S., Ridwan, A., & Winarto, S. (2020). *Modifikasi Beton Fc 9,8 Mpa Menggunakan Abu Ampas Kopi*. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 3(2), 234. <https://doi.org/10.30737/jurmateks.v3i2.1096>