

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Penelitian Terdahulu

Penelitian ini didasari oleh literatur atau referensi yang berhubungan dengan obyek pembahasan. Penggunaan referensi bertujuan untuk memberikan batasan-batasan terhadap pembahasan dari penelitian yang akan dikembangkan serta agar dapat menghasilkan hasil yang lebih baik dari referensi penelitian sebelumnya. Referensi penelitian terdahulu yang didapatkan dapat dilihat pada uraian berikut:

Penelitian Rismawarni, dkk (2020) dengan judul “*Pengaruh Substitusi Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton Curing Air Laut*”. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah beton sebagai agregat kasar terhadap kuat tekan beton dengan sistem perawatan curing air laut. Dengan tujuan tersebut penggunaan limbah beton menjadi beton baru merupakan upaya untuk mengurangi dampak eksploitasi alam. *Mix design* beton menggunakan metode *Development of Envirotment* (DEO). Penelitian ini menggunakan cetakan silinder dengan masing-masing variasi campuran limbah beton yaitu 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dengan umur perendaman atau curing yaitu pada hari ke 28. Setiap variasi limbah beton terdiri dari 3 benda uji, pada pelaksanaan perendaman dilakukan menggunakan air laut dan air tawar. Kemudian hasil pengujian kuat tekan tertinggi yang didapatkan pada variasi limbah beton untuk air laut persentase 0% yaitu 33,12 MPa dan 25% yaitu 28,87% MPa sedangkan untuk air tawar persentase 0% yaitu 31,85 MPa dan 25% yaitu 30,57%. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa beton yang menggunakan 0% limbah beton dengan curing air tawar lebih besar daripada beton curing air laut, semakin banyak limbah beton yang dimasukkan kedalam campuran beton membuat kurangnya kuat tekan beton. (Rismawarni dkk, 2020)

Penelitian Indra Kusumawardhana dan Mochamad Teguh (2018) dengan judul “*Pengaruh Penggunaan Agregat Kasar Beton Limbah Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Normal*”. Tujuan pengujian yang dilakukan oleh Indra Kusumawardhan dan Mochamad Teguh yaitu mengetahui pengaruh limbah beton terhadap kuat tekan dan kuat tarik, dimana cetakan yang digunakan yaitu silinder.

Dalam pengujian ini dibuat benda uji silinder beton normal sebagai kontrol kekuatan beton. Kuat tekan rencana dipakai 25 MPa dengan mengikuti standar beton normal (SNI 03-2834-2000). Variasi yang digunakan dalam campuran beton dari limbah beton yaitu setiap kelipatan 10% hingga maksimum 100%. Pengujian kuat tekan pada penelitian ini didapatkan nilai kuat tekan optimum yaitu pada variasi 40% dengan kuat tekan 31,85 MPa sedangkan nilai terendah pada variasi 100% yaitu 23,35 MPa. Untuk pengujian kuat tarik beton dilakukan pada umur beton 28 hari. Hasil maksimum pada variasi 40% yaitu sebesar 3,87 MPa. Pada penelitian ini disimpulkan bahwa campuran limbah beton baik kuat tekan dan kuat tarik didapatkan nilai optimum pada variasi 40%. (Indra Kusumawardhana dan Mochamad Teguh, 2018)

Hasil penelitian Lukito Prasetyo, Fariz Rizal Andardi (2022), dengan judul *“Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar dan Agregat Halus Berdasarkan Grafik Fuller pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan”*. Pembuatan benda uji sepenuhnya menggunakan beton daur ulang untuk memenuhi ketentuan dari agregat kasar dan agregat halus dengan menggunakan metode grafik fuller serta dengan hal tersebut nilai yang telah ditetapkan dapat dipertanggung jawabkan kelayakan dari limbah beton tersebut. Hasil pengujian kuat tekan pada beton silinder, pengujian kuat tekan menghasilkan nilai kuat tekan 26,05 MPa mendekati nilai kuat tekan rencana yaitu 27 MPa. Pada hasil kuat tekan tersebut dinyatakan layak dijadikan rekomendasi untuk komponen perkerasan kaku jalan yang ramah lingkungan bukan hanya itu tetapi masih layak sebagai material kaku jalan raya berskala ringan, serta upaya menciptakan konstruksi yang berkelanjutan. (Lukito Prasetyo dan Fariz Rizal Andardi, 2022)

Hasil penelitian Mikael Wora dan Fransiskus Xaverius Ndale (2022), dengan judul *“Penggunaan Bahan Tambah Additon H.E Dalam Campuran Beton Dapat Meningkatkan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Mutu Normal”*. Penggunaan bahan tambah limbah beton terhadap campuran beton menjadi sebuah solusi yang yang baik, tentunya dengan merencanakan dengan standar agar menciptakan mutu dan keawetan yang tinggi. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental serta metode analisis kuantitatif dengan menggunakan

cetakan silinder berdiameter 15 x 30 cm. Pengujian dilakukan pada umur beton 7,14, dan 28 hari. Penambahan Additon H.E pada campuran beton yaitu variasi 1 cc, 2 cc, 3 cc, 4 cc, dan 5 cc per 1 kg semen. Pengujian kuat tekan pada penelitian ini mengalami peningkatan pada setiap peningkatan variasi campuran Additon H.E. Peningkatan kuat tekan dari 28,58 MPa ke 33,29 MPa sedangkan kuat tarik dari 4,93 MPa ke 5,71 MPa. Disimpulkan bahwa semakin banyak penambahan zat aditif Additon H.E maka semakin meningkat kuat tekan dan kuat tarik betonnya. (Mikael Wora dan Fransiskus Xaverius Ndale, 2022)

Penelitian Ni Ketut Sri Astuti Sukawati (2019), dengan judul “*Pengaruh Penambahan Zat Aditif Additon H.E terhadap Kuat Tekan Beton*”. Upaya yang dilakukan Ni Ketut adalah meneliti tentang seberapa kuat tekan karakteristik beton yang terjadi dengan penambahannya zat aditif Additon H.E dalam campuran beton tersebut serta apakah berpengaruh terhadap kuat tekan karakteristik beton tersebut. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur ke 7,14,21 dan 28 dengan variasi penambahan zat aditif Additon H.E yaitu 0 cc, 80 cc, 120 cc dan 200 cc. Hasil pengujian kuat tekan optimum pada penelitian yang dilakukan Ni Ketut S pada hari ke 28 pada variasi 200 cc yaitu sebesar 34,18 MPa sedangkan kuat tekan terendah yaitu pada umur ke 7 hari dengan variasi 0 cc yaitu sebesar 13,63 MPa. (Ni Ketut Sri Astuti Sukawati, 2019)

Hasil penelitian Resky Damayanti ADH, dkk (2023), dengan judul “*Perbandingan Pengaruh Penggunaan Air Tawar dan Air Laut pada Proses Curing terhadap Kuat Tekan Beton*”. Pembuatan beton air sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena jika menggunakan air terlalu banyak akan terjadinya penurunan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui perbandingan mutu beton yang perawatannya menggunakan air tawar dan air laut, untuk mengetahui pengaruh jenis air dalam perawatan *curing* dan pengaruh *superplasticizer* dalam meningkatkan mutu beton yang menggunakan air laut sebagai proses *curing*. Dengan metode eksperimen hasil pengujian kuat tekan didapatkan pada umur rendaman 28 hari, nilai kuat tekan tertinggi dicapai oleh beton K-400 + SP 1% yaitu perawatannya dengan air tawar mencapai sebesar 41,57 MPa dan beton K-400 + SP 1% dengan perawatan air laut terjadi penurunan tetapi masih memenuhi syarat yang

direncanakan yaitu 40,02 MPa. Benda uji *curing* dengan air laut menyebabkan adanya pori-pori disekitar permukaannya, maka diketahui dari pengujian beton yang menggunakan bahan tambahan memberikan pengaruh dalam meningkatkan nilai kuat tekan beton pada beton yang *curing* air laut. (Resky Damayanti ADH dkk, 2023)

Penelitian Lebdo Suma Wirawan, dkk (2022) dengan judul “*Pengaruh Rendaman Air Gambut terhadap Kuat Tekan Beton Normal*”. Air gambut merupakan air yang memiliki keasaman tinggi dengan $\text{pH} < 5$. Tujuan penelitian Lebdo Suma Wirawan dkk ini yaitu untuk mengetahui pengaruh air gambut terhadap beton normal terutama pengaruh air gambut yang ada di Kalimantan. Penelitian ini dilakukan dengan basis beton normal K-300 (300 kg/cm^2) atau 29,41 MPa. Mix design yang digunakan ialah merujuk pada SNI 03-2834-200 dengan sampel kubus dan berjumlah 24 buah. Perawatan yang dilakukan dengan metode erendam benda uji dengan air kapur dan air gambut. Dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari. Hasil uji kuat tekan pada umur ke 7 hari rendaman air kapur sebesar 18,03 MPa sedangkan air gambut 17,9 MPa, pada umur 14 hari rendaman air kapur yaitu 22,68 MPa sedangkan air gambut 22,53 MPa, rendaman pada umur ke 21 hari rendaman air kapur 23,56 MPa sedangkan air gambut 23,27 MPa dan untuk umur ke 28 hari rendaman air kapur yaitu 31,83 MPa sedangkan air gambut 29,67 MPa. Dapat disimpulkan bahwa untuk tiap periode perendaman beton normal yang dirawat dengan rendaman air gambut mengalami penurunan kuat tekan. (Lebdo Suma Wirawan dkk, 2022)

Penelitian Noviyanty Handayani (2018) dengan judul “*Ketahanan Beton Normal terhadap Air Gambut di Kota Palangka Raya*”. Kota Palangka Raya memiliki lahan gambut tersebut tersebar di beberapa wilayah termasuk daerah-daerah yang berpenduduk. Hal ini perlu mendapat perhatian khusus di dunia konstruksi beton, karena lahan gambut tersebut memiliki air gambut yang tingkat kandungan zat organik yang tinggi, derajat keasaman (pH) yang rendah yang mengakibatkan air tersebut bersifat asam. Keasaman air rawa gambut ini akan menimbulkan masalah pada konstruksi beton karena akan mempengaruhi sifat fisik dan mekanis beton yang akan membuat beton menjadi korosif. Metode penelitian

ini yaitu dengan cara membuat sampel beton K-250 sebanyak 27 buah yang tiap 3 sampel akan dilakukan perendaman pada air gambut, air sungai Kahayan dan air ledeng selama satu bulan, dua bulan dan tiga bulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton yang direndam air gambut mengalami penurunan paling besar bila dibandingkan dengan beton yang direndam air sungai Kahayan dan air ledeng, yaitu sebesar 8,798% dari kuat tekan beton rencana sebesar 250kg/cm². Sedangkan beton dengan rendaman air sungai mengalami penurunan sebesar 5,882% dan beton dengan rendaman air ledeng 2,966% dari kuat tekan beton rencana sebesar 250 kg/cm². Hasil penelitian ketahanan beton mutu tinggi dilingkungan asam memberikan hasil bahwa beton pada rendaman air biasa akan mengalami peningkatan kekuatan beton sejalan dengan penambahan umur beton. Sedangkan beton yang direndam pada air gambut dengan nilai pH = 4,0 –4,5 akan cenderung menurunkan kekuatan beton. Hal ini juga terbukti pada hasil penelitian yang dilaksanakan, yang menunjukkan kenaikan nilai kuat tekan beton yang direndam pada air ledeng dan penurunan kuat tekan pada beton yang direndam air gambut di dua bulan awal. Sedangkan pada bulan ketiga kuat tekan beton mengalami peningkatan hal ini disebabkan oleh pH air gambut berubah menjadi 6.

Penelitian mengenai material sebelumnya dan cara perawatan seperti yang dilakukan oleh peneliti terdahulu, penelitian mereka bertujuan mengganti bahan material serta pengaruh metode perawatan atau *curing* dengan air laut, air gambut dan air tawar. Pada penelitian yang akan penulis lakukan yaitu penggunaan limbah beton dan penambahan zat aditif dengan perawatan beton atau *curing* menggunakan air rawa dan air tawar.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Pengertian Beton

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat, agregat alam yang pecah, batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir. Beton terdiri dari campuran semen portland, agregat, air, dan terkadang ditambahi dengan berbagai bahan

tambah, termasuk bahan tambah kimia dan non-kimia pada perbandingan tertentu Tjokrodinuljo (2007).

Menurut SNI-03-2847-2002, beton terdiri dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus biasanya berupa pasir alam atau pasir yang dibuat oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar biasanya berupa batu alam atau batuan yang dibuat oleh industri pemecah batu. Campuran semen Portland atau semen hidrolik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air harus dicampur dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat.

Beton memiliki beberapa keuntungan, menurut Tjokrodinuljo (2007):

1. Menggunakan bahan dasar yang umumnya mudah didapat membuat harga relatif lebih murah.
2. Termasuk bahan yang awet, tahan aus, tahan panas, dan tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh lingkungan, yang mengurangi biaya perawatan.
3. Kekuatan tekannya yang tinggi memungkinkan struktur beton bertulang digunakan untuk struktur seperti pondasi, kolom, balok, dinding, perkerasan jalan, pelabuhan, bendungan, jembatan, landasan pesawat udara, dan penampung air.
4. Beton dapat dicetak dalam bentuk dan ukuran yang diinginkan dengan mudah, sehingga lebih hemat biaya.

Beton memiliki beberapa kelebihan, tetapi juga memiliki kekurangan (Tjokrodinuljo, 2007). Kekurangan beton adalah sebagai berikut:

1. Bahan dasar penyusun beton (agregat halus atau agregat kasar) bervariasi sesuai dengan lokasi pengambilan, sehingga bervariasi dalam perencanaan dan pembuatan.
2. Karena beton memiliki kelas kekuatan yang berbeda, harus direncanakan sesuai dengan bagian bangunan yang akan dibangun. Oleh karena itu, metode perencanaan dan pelaksanaan bervariasi.
3. Untuk meningkatkan kuat tarik beton yang rendah, perlu ditambahkan tulangan, serat, atau baja lainnya.

2.2.2. Kuat Tekan Beton ($f'c$)

Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan maka dari itu kekuatan tekan beton merupakan bagian dari penentuan kuat tekan beton. Menurut PB, 1989;16 kekuatan tekan beton dinotasikan sebagai berikut:

$f'c$ = Kekuatan tekan beton yang diisyaratkan (Mpa).

fck = Kekuatan tekan beton yang didapatkan dari hasil uji kubus 150 mm atau dari silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm (Mpa).

fc = Kekuatan tarik dari hasil uji belah silinder beton (Mpa).

$f'cr$ = Kekuatan tekan beton rata-rata yang dibutuhkan, sebagai dasar pemilihan perancangan campuran beton (Mpa).

S = Deviasi standar (s) (Mpa).

Penggunaan mutu beton $f'c$ ini mengacu pada standar SNI 03-2834-2000 tentang Tata Cara Pembuatan Campuran Beton terkhusus pada penelitian ini penerapannya untuk jalan perkerasan kaku.

2.2.3. Klasifikasi Beton

Beton dapat dikategorikan menjadi beberapa kategori berdasarkan berat jenis, tingkat kekerasan dan berdasarkan kualitasnya. Berikut adalah beberapa kategori beton:

1. Berdasarkan kuat tekan karakteristik menurut PBI 1971 N.I.-2
 - Kelas I, Mutu B0 dengan penggunaan non struktur dan mutu ringan.
 - Kelas II, Mutu B1, K-125, K-175, K-225 dengan penggunaan struktur dan mutu sedang dan ketat.
 - Kelas III, Mutu di atas K-225 dengan penggunaan struktur dan mutu ketat.
2. Berdasarkan berat jenis atau berat satuan SNI 03-2847-2002
 - Berat satuan beton ringan tidak lebih dari 1.900 kg/m³.
 - Berat normal beton berkisar antara 2.200 kg/m³ dan 2.500 kg/m³.
 - Beton berat memiliki berat maksimum 2.500 kg/m³.

3. Berdasarkan kuat tekan menurut ACI 318, dan ACI 363R-92
 - Beton mutu rendah (low strength concrete) : $f'_c < 20$ Mpa.
 - Beton mutu sedang (medium strength concrete) : $f'_c = 21$ Mpa – 40 Mpa.
 - Beton mutu tinggi (high strength concrete) : $f'_c > 41$ MPa
4. Berdasarkan lingkungann

Beton di lingkungan khusus pada umumnya dikelompokkan berdasarkan kondisi yang mengancam ketahanan konstruksi beton bertulang.

 - Beton di lingkungan korosif, karena pengaruh sulfat, klorida, garam alkali, dsb
 - Beton di lingkungan basah non korosif
 - Beton di lingkungan yang terpapar cuaca
 - Beton di lingkungan yang terlindung dari cuaca

Pada umumnya diperlukan perlakuan, bahan atau persyaratan desain dan pelaksanaan yang khusus untuk lingkungan yang berpotensi mengancam ketahanan atau keawetan konstruksi
5. Berdasarkan umur beton
 - Beton baru adalah masih bisa digunakan.
 - Beton hijau adalah beton yang baru saja dipasang dan harus segera digunakan.
 - Beton muda berumur 3 hari 28 hari.
 - Beton yang kuat: 28 hari
6. Berdasarkan mutu dan penggunaannya

Klasifikasi beton berdasarkan kualitas dan aplikasinya dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Mutu Beton dan Fungsinya

Jenis Beton	f'_c (Mpa)	Φ_{bk}' (kg/cm ²)	Uraian
Mutu Tinggi	35-65	K400 – K800	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pamcang beton prategang, pekat beton, prategang dan sejenisnya.

Jenis Beton	f'_c (Mpa)	Φ_{bk}' (kg/cm ²)	Uraian
Mutu Sedang	20- < 35	K250- < K400	Umunya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar, beton bertulang, diafragma, kerb beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan.
Mutu Rendah	15- < 20	K175- < K250	Umunya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti siklop, trotoar, dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu.
	10- < 15	K125- < 175	Digunakan sebagai lantai kerja penimbunan kembali dengan beton.

(Sumber Puslitang Prasarana Trasnportasi, Divisi 7 - 2005)

2.3. Bahan Campuran

Beton adalah campuran antara semen *Portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat, agregat alam yang pecah, batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir.

2.3.1. Semen

Semen merupakan bahan campuran beton yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Agregat tidak memainkan peranan yang penting dalam reaksi kimia tersebut, tetapi berfungsi sebagai bahan pengisi mineral yang dapat mencegah perubahan-perubahan volume beton setelah pengadukan selesai dan memperbaiki keawetan beton yang dihasilkan (Mulyono, 2005). Pengertian semen sendiri secara umum diartikan sebagai bahan perekat yang memiliki sifat mampu mengikat bahan-bahan padat, menjadi satu kesatuan yang kompak dan kuat (Pangaribuan, 2013).

Semen adalah bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Meskipun agregat berfungsi sebagai pengisi mineral, ia dapat mencegah volume beton berubah setelah pengadukan selesai dan

meningkatkan keawetan beton yang dibuat. Namun, agregat tidak memainkan peran yang signifikan dalam reaksi kimia tersebut (Mulyono, 2005).

Menurut SNI 15-2049-2004: semen *Portland*, dibedakan menjadi 5 tipe yaitu:

- Semen *Portland* tipe I adalah semen Portland yang dapat digunakan secara umum dan tidak memerlukan persyaratan khusus untuk jenis lainnya.
- Semen *Portland* tipe II Ini adalah semen Portland yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang saat digunakan.
- Semen *Portland* tipe III yang dimaksudkan untuk digunakan pada tahap awal setelah pengikatan memerlukan kekuatan tinggi.
- Semen *Portland* tipe IV, yang merupakan jenis semen Portland yang membutuhkan kalor hidrasi rendah saat digunakan.
- Semen *Portland* tipe V, yang berarti memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat saat digunakan.

Untuk semen dilakukan beberapa pengujian yaitu sebagai berikut :

- Berat Jenis Semen
- Konsistensi Semen
- Waktu Ikat Semen

2.3.2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berasal dari alam atau buatan yang digunakan untuk mengisi campuran beton. Sifat-sifat beton sangat dipengaruhi oleh agregat, yang menepati 70% volumenya, sehingga pemilihan agregat sangat penting selama proses pembuatan beton. Terdapat dua jenis yaitu agregat kasar (Split) dan agregat halus (Pasir). (Tri Maryoko, 2015)

Agregat beton memenuhi persyaratan SNI 03-1750-1990 tentang Mutu, Metode Uji, dan Agregat Beton. Agregat yang digunakan harus memenuhi persyaratan berikut:

- Kerikil harus keras dan tidak berpori.
- Agregat tidak boleh mengandung unsur organik.

- Kerikil tidak mengandung lumpur yang melebihi 10% dari berat keringnya.
- Bentuk kerikil tajam.

Agregat kasar dan halus adalah dua jenis agregat yang digunakan untuk membuat beton susun. Agregat kasar memiliki butir yang lebih besar dari 4,8 mm, dan agregat halus memiliki butir yang lebih kecil dari 4,8 mm.

Berikut ini adalah uji agregat kasar dan halus:

- Analisa Saringan
- Berat dan Penyerapan Jenis Agregat
- Kadar Lumpur
- Bobot Isi Gembur dan bobot Isi Padat
- Kekerasan Agregat Kasar
- Kadar Organik Pasir

Mengingat bahwa agregat menempati 70-75% dari total volume beton maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Dengan agregat yang baik, beton dapat dikerjakan (*workable*), kuat, tahan lama (*durable*) dan ekonomis

1. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang semua butirannya menembus saringan no. 4. Persyaratan umum agregat halus yang digunakan sebagai campuran beton adalah sebagai berikut (PBI-1971):

- a. Agregat halus dapat berupa pasir alam yang diambil dari sungai atau berupa pasir buatan yang dihasilkan dari alat pemecah batu.
- b. Butirannya harus yang tajam dan keras, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
- c. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering).
- d. Tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak. Untuk ini bisa dilakukan percobaan warna dari *Abrams-Harder* dengan larutan NaOH.

2. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan yaitu ukuran maksimum 20 mm. Agregat kasar dapat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Persyaratan umum agregat kasar yang digunakan sebagai campuran beton adalah sebagai berikut (PBI-1971):

- a. Agregat kasar berupa kerikil yang berasal dari batu-batuan alami, atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu.
- b. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
- c. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering).
- d. Tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.

Untuk mengetahui karakteristik dari agregat dapat dilakukan dengan melakukan pengujian seperti yang telah distandarkan. Agregat kasar yang dipakai dalam penelitian ini adalah agregat kasar yang berasal dari batu pecah.

2.3.3. Air

Air yang digunakan untuk campuran beton harus bebas dari asam, alkali, dan minyak, dan tidak boleh dikonsumsi atau diminum. Air mempengaruhi komposisi beton secara signifikan, seperti yang terlihat dari pengaruh besarnya terhadap kekuatan tekannya. Air digunakan sebagai pereaksi terhadap semen dan sebagai pelumas antara butir-butir agregat untuk membuat proses kerja dan pematatannya lebih mudah. (Departemen Pekerjaan Umum pada tahun 1982)

Fungsi dari air pencampur adalah sebagai berikut ini:

1. Membasahi agregat dan mencegah organik terkena reaksi kimia.
2. Menjadi formulasi terhadap semen untuk menghasilkan pasta gabungan reaksi kimia yang menghasilkan panas hidrasi.
3. Menjadi aliran material semen yang melewati agregat.

4. Memudahkan proses pembuatan adukan beton.
5. Melumasi campuran beton agar mudah ditempatkan dan seragam pada pengecoran disudut maupun pada kolom dan balok.

Seperti yang dinyatakan oleh Departemen Pekerjaan Umum pada tahun 1982, pemakaian air harus memenuhi persyaratan berikut:

- Air harus bersih dan tidak mengandung lumpur atau bahan terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
- Tidak ada zat tersuspensi lebih dari 2 gr/lit.
- Tidak mengandung garam yang berpotensi merusak beton dalam jumlah lebih dari 15 gr/lit.
- Tidak ada senyawa sulfat dalam jumlah lebih dari 1 gr/lit.
- Tidak ada klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/lit.

2.4. Bahan Tambah

Bahan tambah, menurut Standar Definisi Terminologi Agregat dan Beton (ASTM C. 125-1995:61), didefinisikan sebagai material selain air, agregat, dan semen hidrolik yang dicampur dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Tujuannya adalah untuk mengubah salah satu sifat beton, baik saat masih dalam keadaan segar maupun setelah mengeras. Ada dua jenis bahan tambah: bahan tambah kimiawi yang dapat larut dalam air dan bahan tambah mineral yang tidak dapat larut dalam air.

2.4.1. Limbah Beton

Limbah beton banyak terdapat di beberapa laboratorium pengujian beton dan hasil pembongkaran struktur bangunan gedung bertingkat, hingga sekarang masih menumpuk dikarenakan sulitnya mencari lokasi pembuangannya. Salah satu cara mengurangi penumpukan limbah beton tersebut adalah dengan cara di daur ulang sebagai agregat kasar dari campuran material beton. (Indra Kusumawardhana, 2018).

Apabila dikaji sifat-sifat fisik beton hampir sama dengan sifat fisik batuan. Dari persamaan tersebut, bahan hasil dari pecahan beton silinder dicoba sebagai alternatif pengganti agregat kasar dalam pembuatan beton. Agregat daur ulang

memiliki beberapa kualitas, sifat fisik dan kimia. Variabilitas kualitas ini mengakibatkan perbedaan sifat-sifat material beton yang dihasilkan dan cenderung menurunkan kuat tekan beton. (Soelarso, dkk. 2016). Ditinjau dari segi ekonomis bahan dalam pembuatan beton silinder tanpa mengurangi kekuatan standar beton, maka dilakukan penelitian terkait dengan penggunaan campuran beton limbah sebagai bahan alternatif pengganti sebagian dari agregat kasar. (Hardjasaputra, 2008).

2.4.2. Zat Aditif Additon H.E

Additon H.E. *High Early Streght Platicizer* (ASTM, C 494 Type A) adalah bahan campuran untuk beton atau semen yang, apabila dicampur dengan dosis tertentu, dapat mempercepat waktu pengerasan, membuat beton bermutu tinggi, dan membuat beton kedap air secara permanen. Additon H.E termasuk pada zat aditif Accelerators Setting and Hardening dan Water Reducers yaitu zat yang dapat meningkatkan waktu ikatan dan pengerasan serta meningkatkan workabilitas atau mengurangi kebutuhan air.

Berdasarkan SK SNI S-18-1990-03 (Spesifikasi Bahan Tambahan untuk Beton), bahan kimia tambahan dapat dibedakan menjadi lima jenis yaitu sebagai berikut:

1. Bahan kimia tambahan yang mengurangi jumlah udara yang digunakan. Saat menggunakan bahan ini, Anda bisa mendapatkan campuran dengan koefisien air semen yang lebih rendah dengan nilai viskositas yang sama, atau viskositas campuran yang lebih tipis dengan koefisien air semen yang sama.
2. Bahan kimia tambahan untuk memperlambat proses pengerasan beton. Bahan ini digunakan misalnya pada suatu hal, jarak antara tempat pencampuran beton dan tempat penuangan campuran cukup jauh, sehingga selisih waktu antara mulai pencampuran dan pemadatan lebih dari 1 jam.
3. Bahan kimia tambahan untuk mempercepat pengerasan dan pengerasan beton. Bahan ini digunakan ketika mortar dituangkan ke dalam udara atau

pada struktur beton yang memerlukan penyelesaian segera, seperti perbaikan landasan pesawat, balok pratekan, jembatan, dll.

4. Bahan kimia lain memiliki fungsi ganda yaitu mengurangi jumlah udara dan memperlambat proses pengikatannya.
5. Bahan kimia lainnya memiliki dua fungsi yaitu untuk mereduksi udara dan mempercepat proses pengerasan dan pengerasan beton.

Selain kelima jenis diatas, terdapat dua jenis khusus yaitu:

- Bahan kimia tambahan digunakan untuk mengurangi jumlah pencampuran udara hingga 12 persen atau bahkan lebih, untuk menghasilkan campuran beton dengan viskositas yang sama (udara berkurang lebih dari 12%, tetapi campuran beton tidak mengental).
- Bahan kimia aditif yang memiliki dua fungsi, yaitu pengurangan udara sebesar 12% atau lebih dan mempertahankan waktu pengerasan awal. Berdasarkan penjelasan di atas dan informasi brosur, ditambahkan aditif merek Additon H.E ke dalam jenisnya tipe 5.

Mengingat bahwa agregat menempati 70-75% dari total volume beton maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Dengan agregat yang baik, beton dapat dikerjakan (*workable*), kuat, tahan lama (*durable*) dan ekonomis.

2.5. Pengujian *Slump Test*

Perawatan beton dilakukan saat beton sudah mulai mengeras bertujuan untuk menjaga agar beton tidak cepat kehilangan udara dan sebagai tindakan menjaga kelembaban atau suhu sehingga beton dapat mencapai mutu beton yang diinginkan. Proses perawatan ini meliputi pemeliharaan kelembaban dan kondisi suhu, baik dalam maupun di permukaan beton dalam periode waktu tertentu. (Lebdo Suma W, dkk 2022).

Perawatan beton sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton keras seperti keawetan, kekuatan, sifat rapat air, ketahanan abrasi, stabilitas volume dan ketahanan terhadap pembekuan. Tujuan perawatan beton:

1. Menjaga beton kehilangan air semen yang banyak pada saat-saat *setting time concrete*.
2. Menjaga perbedaan suhu beton dengan lingkungan yang terlalu besar.
3. Stabilitas dari dimensi struktur.
4. Mendapatkan kekuatan beton yang tinggi.
5. Menjaga beton dari kehilangan air akibat penguapan pada hari pertama.
6. Menjaga supaya tidak terjadi keretakan pada beton.

Menurut Mulyono, (2005) temperatur maksimum perawatan beton terletak diantara 40-100°C. Akan tetapi, temperatur optimum terletak diantara 65-80°C. Lebih tinggi temperatur maka semakin rendah batas kekuatan. Sedangkan jika temperaturnya lebih rendah maka membutuhkan perawatan yang lebih lama tetapi memberikan kekuatan batas yang lebih baik, Perawatan beton dapat dilakukan dengan pembasahan atau penguapan (*steam*) serta dengan menggunakan membran. Pemilihan metode tergantung dengan biaya yang digunakan, berikut macam-macam perawatan:

1. Perawatan Pembasahan

Pembasahan dilakukan dengan merendam atau membasahi lapisan permukaan dalam air. Metode ini mencakup yang berikut:

- Letakkan beton segar di ruangan basah.
- Letakkan beton segar di genangan air.
- Masukkan beton segar ke dalam air.
- Menutupi permukaan beton dengan air.
- Tutupi permukaan beton dengan kantong basahf. basahi permukaan beton terus menerus.
- Menutupi permukaan beton dengan cara mencampur

Beberapa literatur menyatakan bahwa perawatan terbaik adalah pembasahan (*hidroterapy*). Hal ini karena:

- Relatif stabil terhadap perubahan suhu.
- Mampu menjaga suhu di dalam dan di luar beton..
- Dalam prakteknya, hal ini mencegah penguapan, karena penguapan terjadi ketika air mengeras. Penyiraman tidak hanya lebih baik, tetapi

juga lebih hemat. Oleh karena itu, banyak digunakan di lapangan.

Namun, karena beberapa alasan teknis, opsi perawatan lain digunakan.

2. Perawatan Uap

Perawatan ini dibagi menjadi pemrosesan bertekanan rendah dan pemrosesan bertekanan tinggi. Pengerasan tekanan rendah berlangsung 10-12 jam pada suhu 40-55 °C, sedangkan pengerasan tekanan tinggi berlangsung 10-16 jam pada suhu 65-95 °C dengan suhu akhir 40-55 °C. Sebelumnya pada perlakuan penguapan, beton harus disimpan selama beberapa jam pada suhu 10-30 °C.

Metode perawatan ini berguna di daerah dengan musim dingin yang dingin. Perlakuan ini juga harus dilanjutkan dengan prosedur pembasahan setelah lebih dari 24 jam selama minimal 7 hari untuk mencapai target kuat tekan pada umur 28 hari.

3. Perawatan Membran

Membran penahan adalah penghalang fisik yang digunakan untuk mencegah penguapan air. Bahan yang digunakan harus mengering dalam waktu 4 jam (waktu pengeringan akhir) dan membentuk lapisan tipis. Membentuk lapisan film yang menerus, melekat dan tidak lengket, tidak beracun, tidak licin, tidak berlubang-lubang kecil dan tidak merusak beton. Lembaran plastik atau lembaran tahan air lainnya dapat digunakan dengan sangat efektif. Perawatan membran sangat berguna dalam pemeliharaan lapisan penutup beton (rigid cover). Cara ini sebaiknya digunakan sesegera mungkin selama proses penyiraman.

4. Perawatan lain

Perawatan konkrit lain yang dapat dilakukan adalah perawatan dengan sinar infra merah, yaitu. pemolesan selama 24 jam pada suhu 90 °C, hal ini dilakukan untuk mempercepat penguapan air pada beton mutu tinggi. Perlakuan hidrotermal dilakukan dengan memanaskan cetakan beton selama 4 jam pada suhu 65 °C. (Mulyo, T., 2003).

2.6. Air Tawar dan Air Rawa

Menurut Muslihat, L (2003) semua tempat yang tergenang air, ditumbuhi oleh vegetasi, disebut "rawa". Hujan atau luapan air sungai saat pasang dapat menyebabkan genangan air. Pada musim hujan, tanah dapat tergenang hingga satu meter, tetapi pada musim kemarau, tanah menjadi kering, bahkan sampai dangkal lebih dari 50 cm dari permukaan tanah, air rawa mengandung senyawa organik terlarut yang terdiri dari ionik dan non ionik, unsur-unsur asam seperti sulfat, klorida dan nitrat biasanya melebihi kondisi air normal. Sedangkan air tawar merupakan air yang tidak berasa. Karakteristik kandungan zat dalam air tawar sangat berbanding terbalik dengan air laut karena berasa asin. Air tawar tidak terkontaminasi kandungan larutan garam atau mineral lainnya kecuali tercampur dengan cairan lainnya seperti limbah. Selain air tawar tidak berasa, air tawar biasanya digunakan untuk kebutuhan sehari-hari manusia dan kebutuhan konstruksi terutama sebagai campuran beton sebagai bahan pelarut material lain.

Menurut Noor dan Muhammad, (2004) adanya hubungan air tawar dan air rawa yang sangat erat karena air rawa bermula dari air tawar yang berasal dari hujan maupun luapan permukaan air tawar. Air tawar yang sudah berubah menjadi air rawa karena adanya kontaminasi dari tumbuhan dan zat lain dari tanah. Air rawa hidup di air tawar yang kaya mineral dengan pH sekitar 6. Kondisi air tidak selalu tetap tetapi kadang-kadang naik dan kadang-kadang turun, dan bahkan kadang-kadang dapat mengering sesuai dengan kondisi lingkungan rawa. Air rawa berwarna cokelat tua sampai kehitaman, memiliki kadar organik 138–1560 mg/lit, pH 3,7–5,3, dan bersifat asam. Karakteristik air rawa berbeda di setiap lokasi, maka dari itu perlu dilakukan pengecekan terhadap keasaman air rawa dengan menggunakan kertas pH. (Wibowo dan Suyatno, 1998).

Sedangkan air gambut merupakan air permukaan hasil pelapukan sisa material tumbuhan, biasanya pada daerah berawa atau dataran rendah yang terhambat untuk membusuk secara sempurna oleh kondisi asam dan mengendap menjadi tanah humus seperti di Sumatera dan Kalimantan. Air gambut mempunyai ciri-ciri yaitu intensitas warna yang tinggi berwarna coklat kemerahan, keasamannya tinggi, kandungan zat organik yang tinggi, kekeruhan dan kandungan

pertikel tersuspensi yang rendah dan kandungan kation yang rendah. Air gambut adalah air yang mencakup daerah gambut. Warna coklat kemerahan pada air gambut merupakan akibat dari tingginya kandungan zat-zat organik dalam air gambut tersebut berasal dari pelapukan bahan organik seperti daun, pohon, dan kayu. Zat-zat organik ini dalam keadaan terlarut memiliki sifat sangat tahan terhadap mikroorganisme dalam waktu yang cukup lama. Struktur gambut yang lembut dan mempunyai pori-pori menyebabkannya mudah untuk menahan air dan air pada lahan gambut tersebut dikenal dengan air gambut (Ma'ruf dan Yulianto, 2016).

Hubungan air rawa dan air gambut yaitu sama-sama berasal dari air tawar yang menggenang dan masuk musim kemarau terjadinya timbunan sisa-sisa tanaman yang telah mati, baik yang sudah lapuk maupun belum, serta terdapat air rawa gambut yang berdampingan atau air rawa menuju ke air gambut akibat pergantian musim dan bertambahlah tingkat keasaman air tersebut. Timbunan terus bertambah karena proses dekomposisi terhambat oleh kondisi anaerob atau kondisi lingkungan yang masuk ke musim kemarau yang menyebabkan rendahnya tingkat perkembangan biota pengurai. Pembentukan tanah gambut merupakan proses geogenik yaitu pembentukan tanah yang disebabkan oleh proses deposisi dan transportasi, berbeda dengan proses pembentukan tanah mineral yang pada umumnya merupakan proses pedogenik (Ma'ruf dan Yuianto, 2016).

2.7. Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Menurut SNI-03-1974-1990, kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas dan dinyatakan dengan Mpa. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan mesin tekan atau CTM (*Compression Testing Machine*). Semakin tinggi kekuatan struktur yang dikehendaki maka semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Pengujian nilai kuat tekan dilakukan di laboratorium dengan benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Uji kuat tekan beton menggunakan tekanan pada sampel beton dari struktur yang telah dibangun untuk menghitung nilai estimasi kekuatan tekan beton pada struktur yang sudah ada.

Beton biasanya diuji kekuatan tekannya pada usia 3, 7, dan 28 hari. Hasilnya dihitung dari nilai rata-rata paling tidak dua beton yang diuji. Hasil yang akurat dapat diperoleh dengan cara ini.

$$\Sigma = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan:

Θ = Kuat tekan benda uji (Kg/cm^2)

P = Besar beban maksimum (Kg)

A = Luas penampang benda uji (cm^2)

Menurut Saifullah (2011), kuat tekan beton dipengaruhi oleh hal-hal sebagai berikut ini:

1. *Water cement ratio*

Water cement ratio berpengaruh pada porositas dari pasta semen padat pada setiap proses hidrasi semen. Proses pemadatan juga memberikan efek terhadap porositas. Semakin rendah w/c semakin rendah porositas yang terjadi. Jika beton sedikit porositas (padat) maka kinerja beton semakin tinggi. Dalam pelaksanaan dilapangan w/c rendah tentunya *workability* nya semakin sulit sehingga diperlukan zat admixture (terhadap air). Ratio w/c menjadi berubah setelah masuknya bahan tambahan. Proses ini disebut sebagai *water to cementitious ratio*.

2. Kualitas agregat halus

Pada kualitas yang ditinjau dipengaruhi oleh bentuk butiran, tekstur, modulus kehalusan, bersih dari bahan organik, gradasinya.

3. Kualitas agregat kasar.

Segi kualitasnya dipengaruhi oleh tingkat porositas, bentuk dan ukurannya, bersih dari bahan organik kuat tekan hancur dan gradasinya.

4. Kadar bahan tambah yang dicampurkan harus dengan dosis yang tepat.

5. Prosedur yang benar dan tepat dalam pelaksanaan proses pembuatan beton, yang meliputi uji material, pemilihan material yang baik, penimbangan dan pencampuran material, pengadukkan pengangkutan, pengecoran, perawatan, dan pengawasan pengendalian.