

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Adapun upaya peneliti mencari penelitian terdahulu yang relevan dengan judul penelitian ini untuk dijadikan perbandingan dan selanjutnya untuk menemukan ide-ide baru untuk penelitian ini. Penelitian terdahulu relevan dengan judul penelitian ini antara lain:

1. Dengan Limbah Egg Tray Terhadap Kuat Tekan Beton Untuk Pembuatan Beton Ramah Lingkungan (Wilson et al., 2022)

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan superplasticizer dalam beton dengan limbah egg tray sebagai pengganti agregat halus terhadap kuat tekan beton. Penambahan superplasticizer diberikan dalam campuran beton dengan limbah egg tray sebagai pengganti agregat halus dengan persentase pengantiannya sebesar 3% untuk 6 variasi penambahan superplasticizer yaitu 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2% dan 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan superplasticizer dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton sampai dengan penambahan sebesar 1,5% superplasticizer.

2. Pengaruh Substitusi Parsial Agregat Halus Menggunakan Abu Batu Dan Penambahan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton Mutu Tinggi (Ekawati et al., 2025)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu batu sebagai substitusi agregat halus dalam beton berdasarkan uji kuat tekan dan tarik belah. Batu bara digunakan dengan variasi 0%, 15%, 17.5%, 20%, 22.5%, dan 25% dari berat pasir, ditambah Superplasticizer sebesar 0.5% dari berat semen. Perhitungan perencanaan campuran beton menggunakan metode SNI 03-6468-2000 dengan kuat tekan rencana 41,4 Mpa. Hasil yang diperoleh pada pengujian kuat tekan beton dengan nilai rerata maksimal sebesar 48,831 MPa meningkat sebesar 14,07%. Pengujian kuat tarik belah beton dengan nilai rerata maksimal sebesar 3,142 MPa meningkat sebesar 13,23%. Oleh karena itu, penggunaan abu batu sebagai bahan substitusi agregat halus optimum pada kadar 22,5% dan

penambahan Superplasticizer Viscocrete 3115N dapat meningkatkan kuat tekan beton.

3. Pengaruh Penambahan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Pada Beton Campuran Air Laut (Arifin et al., 2024).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan superplasticizer terhadap kuat tekan beton yang menggunakan campuran air laut. Beton campuran air laut mengalami penurunan kuat tekan dibandingkan beton normal. Penambahan superplasticizer dapat meningkatkan kuat tekan beton campuran air laut, dengan persentase penambahan minimum 1% untuk umur 14 hari dan 1,5% untuk umur 28 hari (Arifin et al., 2024).

4. Pemanfaatan Abu Limbah Kulit Kopi Toraja Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton (Padang, I., & Honta, Z. L. (2024)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu kulit kopi Toraja sebagai substitusi parsial semen terhadap kuat tekan beton. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, dapat diketahui bahwa penggunaan abu limbah kulit kopi memang memberikan pengaruh yang signifikan. Pada umur 28 hari, kuat tekan semua variasi beton dengan abu kulit kopi Toraja masih berada di bawah kuat tekan beton kontrol, dengan kinerja mencapai 78% hingga 84%. Dari seluruh variasi yang diuji, dari substitusi 7,5%, dihasilkan kuat tekan sebesar 24,13 MPa atau 84% dari kuat tekan beton normal.

5. Efek Kombinasi Abu Dan Serat Daun Nanas Terhadap Kuat Tekan Dan Lentur Beton Berkelanjutan: Studi Eksperimental pada Beton Mutu Normal (Manga, J., Sombolinggi, A. T., Novita, V., & Irwanto, I. 2025)

Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan abu dan serat daun nanas memberikan pengaruh berbeda terhadap karakteristik mekanik beton. Secara umum, penambahan abu daun nanas sebesar 1%, 2%, hingga 3% yang dikombinasikan dengan 1% serat daun nanas cenderung menurunkan kuat tekan beton dibandingkan beton kontrol. Penurunan kuat tekan paling signifikan terjadi pada variasi 3% abu dan 1% serat, yaitu sebesar 16% dari nilai beton kontrol.

Sebaliknya, pengaruh positif ditunjukkan pada aspek kuat lentur. Peningkatan tertinggi diperoleh pada campuran 3% abu dan 1% serat daun nanas, dengan nilai kuat lentur yang melebihi beton kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi bahan tambah tersebut efektif meningkatkan ketahanan lentur beton melalui peran serat dalam menghambat retak serta kontribusi abu sebagai filler mikro yang memperbaiki struktur matriks beton. Dengan demikian, pemanfaatan limbah daun nanas sebagai bahan tambah dalam beton berpotensi mendukung inovasi material ramah lingkungan. Namun, aplikasinya lebih direkomendasikan untuk struktur yang menekankan ketahanan lentur, seperti pelat, trotoar, atau panel arsitektural, daripada untuk elemen struktural yang dominan menahan beban tekan

6. Pengaruh Penggunaan Abu Kulit Kakao Sebagai Substitusi Filler Terhadap Karakteristik Marshall Dalam Campuran AC – WC Dengan Durasi Variasi Perendaman.(Chrisnanda, 2018).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Chrisnanda, 2018), yang menguji tentang kinerja aspal beton pengganti bahan pengisi (*Filler*) dengan material lain diperoleh hasil pengujian laboratorium terhadap campuran Laston Lapis Aus (AC-WC) yang menggunakan abu kulit kakao sebagai bahan pengisi (*filler*), dapat disimpulkan bahwa dari hasil analisis *Marshall Test* dengan berbagai variasi kadar abu kulit kakao, komposisi terbaik diperoleh pada penambahan 5% abu kulit kakao. Pada kadar tersebut, diperoleh nilai stabilitas sebesar 1488,51 kg dan flow sebesar 3,47 mm setelah proses perendaman selama 7 hari.

7. Pemanfaatan Abu Kulit Kakao Untuk Pembuatan Batu Bata(- et al., 2015)

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu kulit kakao pada pembuatan batu bata dari tanah liat. Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan abu kulit kakao hingga 15% dapat meningkatkan kuat tekan batu bata secara signifikan, dengan nilai maksimum 392,2 kg/cm² yang tercatat pada suhu pembakaran 1000°C. Batu bata yang dihasilkan juga menunjukkan karakteristik fisik yang lebih baik, seperti ketahanan terhadap suhu ekstrem dan daya serap air yang lebih rendah.

8. Studi Terhadap Potensi Campuran Abu Kulit Kakao dan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Pengganti Pasir Silika Terhadap Kekuatan Tekan Bata Ringan. (Hadipramana et al., 2023)

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki karakteristik kekuatan tekan bata ringan CLC akibat pengaruh penambahan campuran AKK+SCT sebagai alternatif pengganti pasir silika. Sementara eksperimen ini membuat empat variasi campuran yaitu: 0% AKK dan SCT, 10% (5% AKK+5%SCT), 15% (10% AKK+5%SCT) dan 20% (15% AKK+5%SCT). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa abu kulit kakao dapat berfungsi sebagai bahan alternatif dalam campuran beton. Pengujian kuat tekan dilakukan pada bata ringan berumur 28 hari, dan hasilnya memperlihatkan bahwa penambahan bahan pozzolan berupa campuran abu kulit kakao (AKK) dan serbuk cangkang telur (SCT) mampu meningkatkan proses hidrasi semen secara optimal. Komposisi campuran sebesar 10% menghasilkan kuat tekan tertinggi, yaitu mengalami peningkatan sekitar 11,04% dibandingkan dengan bata ringan konvensional. Dengan demikian, kombinasi AKK dan SCT dinilai memiliki potensi besar sebagai bahan pengganti sebagian pasir silika dalam pembuatan bata ringan tipe CLC.

9. Pengaruh Penambahan Superplasticizer terhadap Kuat Tekan Beton K-400 pada Umur 28 Hari

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hasil penelitian dan analisis data didapatkan hasil bahwa penggunaan Superplasticizer sebagai bahan tambah sangat mempengaruhi hasil kuat tekan beton dengan kekuatan tinggi, di mana kuat tekan beton normal 28 hari mendapatkan hasil 412,5 kg/cm². Pada penambahan superplasticizer 3% pada umur 28 hari mendapatkan nilai optimum sebesar 452,6 kg/cm². Jadi Superplasticizer sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Kata kunci: Kuat tekan beton, Mutu K-400, Superplasticizer

10. Perilaku Beton Porous Dengan Penambahan Zat Aditif Superplastizer (Sika Viscocrete)(Ghozi et al., 2024)

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan nilai kuat tekan beton porous dan porositas beton normal dengan campuran zat aditif Sika Viscocrete dengan

komposisi 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% yang didasarkan pada metode ASTM C1754-12 pada SKh-1.5.14 Beton Porous. Hasil penelitian didapatkan rata-rata kuat tekan beton porous normal pada umur 7 hari sebesar 3,22 MPa, umur 14 hari sebesar 3,14 MPa, umur 21 hari 3,39 MPa dan umur 28 hari 4,48 MPa. Sedangkan kuat tekan teringgi beton porous pada prosentase 0,5 % pada umur 28 hari dengan nilai 3,69 MPa.

11. Pengujian Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Memadat Mandiri Dengan Variasi Bahan Tambah Metakaolin Dan Superplasticizer (Wibowo et al., 2018)

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui berapa kuat tekan beton mutu tinggi dengan variasi bahan tambah metakaolin dan superplasticizer. Dari penelitian ini dapatkan hasil kuat tekan maksimum pada persentase metakaolin 17,5% dan superplasticizer 1,5% sebesar 78,77 MPa. Penambahan metakaolin mengurangi workabilitas beton. Penambahan metakaolin pada 12,5% dan 17,5% meningkatkan kuat tekan yaitu 58,84 MPa dan 69,59 MPa (rata-rata dari variasi superplasticizer), pada variasi 22,5% dan 27,5% mengalami penurunan yaitu 50,24 MPa dan 46,03 MPa. Kuat tekan optimum berada pada variasi metakaolin 17,02% sebesar 78,96 MPa dengan penambahan variasi superplasticizer 1,5%.

2.2 Definisi Beton

Beton adalah material konstruksi yang terdiri dari semen, agregat halus dan agregat kasar (kerikil) yang dicampur dengan air hingga mengeras seiring waktu. Menurut (SNI 2847-2019), beton merupakan hasil perpaduan antara semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, air, dan dapat ditambah bahan aditif sesuai kebutuhan. Agregat halus biasanya menggunakan pasir alami atau pasir hasil pemecahan batu, sementara agregat kasar berasal dari batu alam atau batu hasil proses industri. Campuran ini, setelah dituangkan ke dalam cetakan dan dibiarkan mengeras, akan memperoleh kekuatan maksimum pada umur 28 hari.

Menurut (Nasional, 2013) Beton merupakan material hasil perpaduan antara semen, agregat halus, agregat kasar, dan air yang dapat ditambah bahan tambahan

untuk meningkatkan kualitasnya . Penggunaan bahan tambah sering kali digunakan dalam campuran beton yang bertujuan untuk memperoleh beton dengan sifat tertentu, seperti meningkatkan kemudahan pengerjaan, meningkatkan tahanan, serta mengatur waktu pengerasan (Bammer, 2014). Beton memiliki kemampuan dalam menahan gaya tekan, namun karakteristiknya akan mengalami perubahan seiring bertambahnya umur beton yang dapat mempengaruhi mutu beton dan design konstruksi.

Menurut (Santamaria, 2017), terdapat berbagai faktor yang menjadi penentu utama terhadap mutu beton, antara lain:

1. Rasio air terhadap semen (w/c)
2. Karakteristik bahan baku
3. Proporsi campuran / desain campuran
4. Kondisi pada saat pengerjaan
5. Perawatan

2.3 Material Penyusun Beton

Beton tersusun dari berbagai material, baik agregat kasar maupun halus, yang dicampur dengan air hingga membentuk massa padat. Secara umum, komponen utama penyusunnya meliputi semen, pasir, dan kerikil sebagai bahan dasar. Selain itu, beton juga sering diberi tambahan material lain, baik berupa bahan kimia maupun bahan tambahan khusus lainnya, guna meningkatkan sifat dan kualitasnya. Pada pembahasan ini, fokus diberikan pada penjelasan mengenai bahan-bahan pokok yang berperan penting dalam pembentukan beton.

2.3.1 Semen Portland

Semen adalah bahan pengikat halus yang dapat mengandung senyawa-senyawa yang dalam kondisi basah bereaksi dengan air untuk membentuk senyawa-senyawa pengikat (hidrasi), yang kemudian menggabungkan agregat menjadi suatu massa padat. Semen Portland, jenis semen hidrolik yang paling luas digunakan, terdiri dari klinker silikat kalsium yang digiling halus dengan tambahan kalsium sulfat untuk mengatur waktu pengikatan. Semen Portland adalah jenis semen hidrolik yang paling umum digunakan dalam konstruksi beton. Menurut American Concrete Institute (ACI), semen Portland adalah produk yang diperoleh dari penggilingan

klinker, yang terutama terdiri dari silikat kalsium hidrolik, dengan penambahan sejumlah kecil kalsium sulfat untuk mengontrol waktu pengikatan.

C₃S dan C₂S menyusun porsi terbesar dari mineral semen Portland sekitar 70–80%. Saat bereaksi dengan air, C₃S mengalami hidrasi lebih cepat sehingga pada proses pengikatan dan pengerasan kekuatan pada tahap awal, terutama sebelum mencapai umur 14 hari.

Presentase komponen penyusun ke lima jenis semen portland menurut SNI 15-2049-2004 terdapat dalam tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2. 1 Komposisi Semen Portland

Oksida	Kandungan (%)
CaO	60–67
SiO ₂	17 – 25
Al ₂ O ₃	3 – 8
Fe ₂ O ₃	0,5 – 0,6
MgO	0,1 – 4
Alkalis	0,2 – 1,3
SO ₃	1 – 3

(Sumber : Surya, Suwandi, Dharma, 2017)

2.3.2 Agregat

Agregat adalah material granular seperti pasir, kerikil, batu pecah, atau terak tanur yang dipadukan dengan media pengikat (semen hidrolik) untuk membentuk mortar atau beton; agregat diklasifikasikan menjadi agregat halus dan agregat kasar dan harus memenuhi syarat mutu/gradasi tertentu agar beton berfungsi sebagaimana mestinya. Definisi ini sejalan dengan terminologi ASTM C125 serta spesifikasi SNI untuk agregat beton (Method & Definitions, n.d.)

Peranan agregat dalam campuran beton memiliki beberapa fungsi penting, antara lain:

- 1) Menghemat penggunaan semen Portland dalam proses pembuatan beton.
- 2) Meningkatkan kekuatan serta daya tahan beton terhadap beban.

- 3) Mengurangi tingkat penyusutan yang terjadi selama proses pengerasan.
- 4) Membentuk struktur beton yang padat melalui gradasi agregat yang baik, sehingga memudahkan proses pengerjaan di lapangan.
- 5) Memberi kemudahan pengerjaan (*workability*) pada adukan beton dengan memastikan gradasi agregat yang sesuai.

Berdasarkan ukurannya, agregat terbagi menjadi dua jenis: agregat halus dan agregat kasar (SNI 03-2847, 2002)

1. Agregat Halus

Agregat halus merupakan pasir alami yang terbentuk akibat proses pelapukan alami maupun pasir hasil produksi dari pemecahan batu, dengan ukuran butiran maksimum sekitar 5,0 mm. Menurut (Ii & Beton, 2009), agregat halus atau pasir adalah material batuan dengan ukuran partikel berkisar antara 0,15–5 mm, yang bisa diperoleh dari tanah, dasar sungai, maupun pantai.

Berdasarkan PBI (1971), agregat halus (pasir) harus memenuhi beberapa ketentuan, antara lain:

- a. Memiliki butiran yang tajam dan keras, meskipun sebagian mungkin retak atau pecah akibat kondisi cuaca seperti panas dan hujan.
- b. Harus dicuci apabila mengandung lebih dari 5% lumpur dari berat agregat kering.
- c. Tidak mengandung terlalu banyak bahan organik; hal ini dapat diuji menggunakan metode warna *header Abrams* dengan larutan NaOH untuk mendeteksi keberadaan bahan organik tersebut.

2. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah material berupa butiran batu pecah, kerikil, atau kombinasi keduanya yang memiliki ukuran butir lebih besar dari agregat halus, umumnya berkisar antara 5 mm hingga 40 mm. Agregat ini berfungsi sebagai pengisi utama dalam campuran beton, memberikan kekuatan, kestabilan volume, serta mengurangi penyusutan yang terjadi saat proses pengerasan.

Menurut (SNI-03-2834, 2002), agregat kasar merupakan agregat dengan ukuran butir lebih besar dari 4,75 mm (tertahan pada saringan No. 4). Agregat kasar dapat berasal dari:

- a. Batuan alami (seperti kerikil sungai) yang diambil langsung tanpa proses pemecahan.
- b. Batu pecah hasil industri, yaitu batuan yang dihancurkan menggunakan mesin pemecah batu agar memiliki bentuk dan ukuran tertentu.

Menurut ASTM C33 (1986), agregat kasar untuk beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dari berat kering. Jika ada lumpur lebih dari 1%, agregat kasar harus dicuci.
- b. Agregat kasar tidak disarankan mengandung zat-zat seperti reaktif alkali yang dapat merusak beton.

2.3.3 Air

Air dalam campuran beton berfungsi utama sebagai reaktan kimia dan pencair (pengencer), yang memungkinkan hidratisasi semen dan memberikan plastisitas (kemudahan pembentukan) pada campuran beton. Air tidak hanya mengaktifkan reaksi kimia dengan semen (hidratisasi), tetapi juga mempengaruhi sifat segar (fresh concrete) seperti workability, dan sifat kering (hardened concrete) seperti kekuatan, porositas, dan ketahanan. penggunaan air dalam campuran beton harus memenuhi kriteria tertentu (Atira, 2016) antara lain :

- a. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/liter.
- b. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/liter.
- c. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya).
- d. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/liter.

2.4 Mutu Beton

Struktur bangunan yang menggunakan beton harus dirancang berdasarkan kuat tekan beton yang telah ditetapkan serta mengacu pada standar yang berlaku. Mutu beton ditentukan oleh kemampuan beton dalam menahan gaya tekan maupun gaya tarik belah. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-1974-1990 tentang cara uji mutu beton (kuat tekan beton), mutu beton didefinisikan sebagai perbandingan antara besarnya beban tekan dengan luas penampang benda uji. Nilai kuat tekan tersebut diperoleh pada saat benda uji beton mengalami kehancuran ketika diuji menggunakan alat uji tekan.

Berdasarkan ketentuan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-6468-2000, ACI 318, dan ACI 363R-92, klasifikasi mutu beton berdasarkan kuat tekan beton (f'_c) pada benda uji berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Beton mutu rendah (low strength concrete) memiliki nilai kuat tekan $f'_c < 20$ MPa;
2. Beton mutu sedang (medium strength concrete) memiliki nilai kuat tekan $21 \text{ MPa} < f'_c < 41 \text{ MPa}$;
3. Beton mutu tinggi (high strength concrete) menunjukkan nilai kuat tekan $f'_c > 41 \text{ MPa}$.

2.5 Pengujian Karakteristik

Pengujian karakteristik dilakukan untuk memperoleh gambaran mengenai sifat dan kualitas bahan yang akan digunakan dalam campuran beton. Adapun jenis pengujian bahan yang dilakukan meliputi sebagai berikut :

- 1) Analisa saringan agregat
- 2) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat
- 3) Pemeriksaan bobot isi agregat
- 4) Pemeriksaan kadar air agregat
- 5) Pemeriksaan kadar lumpur agregat

- 6) *Mix design*
- 7) Pengujian slump
- 8) Uji kuat tekan

2.6 Campuran Beton (Mix Design)

Perancangan campuran beton atau *mix design* merupakan proses menentukan komposisi bahan penyusun beton agar diperoleh mutu dan kekuatan sesuai kebutuhan. Tujuan dari perancangan ini adalah untuk menetapkan perbandingan yang tepat antara semen, agregat halus, agregat kasar, dan air sehingga beton yang dihasilkan memiliki tingkat kelecakan (*workability*), kekuatan tekan, daya tahan (*durability*), serta hasil akhir yang sesuai dengan standar yang ditetapkan. Proses perancangan campuran beton ini mengacu pada ketentuan SNI 7656:2012 tentang tata cara perancangan campuran beton normal.

2.7 Pengadukan Pencampuran Beton

Secara umum, proses pengadukan dilakukan hingga campuran beton segar mencapai kondisi plastis, yaitu ketika adukan memiliki warna yang merata, tingkat kelecakan yang sesuai, dan tampak homogen. Selama proses tersebut, perlu dilakukan pencatatan secara detail meliputi:

1. Jumlah adukan yang dihasilkan,
2. Perbandingan atau komposisi setiap bahan penyusun,
3. Perkiraan lokasi penempatan atau pengecoran beton pada struktur, serta
4. Waktu dan tanggal saat pengadukan dan penuangan dilakukan.

Selama proses pengadukan, perlu dilakukan pemantauan terhadap tingkat kekentalan campuran beton dengan mengukur nilai slump agar sesuai dengan kriteria yang ditetapkan. Berdasarkan bentuk penurunannya, slump dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:

1. *True slump*, yaitu penurunan campuran beton yang terjadi secara merata dan seragam tanpa adanya keretakan pada adukan. Nilai slump diukur dari selisih tinggi minimum antara puncak kerucut awal dan puncak adukan setelah kerucut diangkat.

2. Slump geser (*shear slump*), yaitu kondisi di mana sebagian adukan pada puncak kerucut bergeser atau meluncur ke satu sisi, membentuk bidang miring. Nilai slump ini dapat ditentukan dengan dua cara, yakni melalui pengukuran penurunan minimum atau rata-rata dari puncak kerucut.
3. Slump runtuh (*collapse slump*), yaitu keadaan di mana seluruh bentuk kerucut adukan beton runtuh akibat campuran yang terlalu encer. Nilai slump diukur dari penurunan minimum puncak kerucut terhadap tinggi awalnya.

2.8 Perawatan Benda Uji (Curing)

Curing beton adalah proses perawatan beton setelah pengecoran untuk memastikan hidrasi semen berlangsung dengan optimal. Tujuan utama dari curing adalah menjaga kelembaban beton agar tidak mengalami kehilangan air yang berlebihan, sehingga bisa mencapai kekuatan dan ketahanan maksimal.

Hidrasi semen adalah reaksi kimia antara semen dan air yang membentuk pasta semen dan memberikan kekuatan pada beton. Jika hidrasi terganggu akibat penguapan air yang terlalu cepat, beton akan mengalami penurunan kualitas, seperti retak dini atau daya tahan yang rendah terhadap tekanan dan cuaca ekstrem.

Proses curing sangat penting terutama pada tahap awal setelah pengecoran, yaitu dalam 7 hingga 28 hari pertama. Selama periode ini, beton harus dijaga kelembabannya agar mencapai kekuatan struktural yang optimal.

Menurut SNI 03-4810-1998 tentang Metode Perawatan Beton di Laboratorium, perawatan benda uji dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu:

1. Perawatan dengan perendaman air (*Water Curing*)

Cara ini paling umum digunakan di laboratorium. Setelah dilepaskan dari cetakan (umumnya pada umur 24 jam), benda uji direndam seluruhnya dalam air bersuhu $\pm 27 \pm 2$ °C hingga mencapai umur pengujian (7, 14, atau 28 hari). Metode ini menjaga kelembaban beton secara terus-menerus sehingga proses hidrasi berlangsung sempurna.

2. Perawatan lembab (*Moist Curing*)

Beton dijaga dalam kondisi lembab menggunakan kain basah, karung goni, atau bahan lembab lainnya yang disiram air secara berkala. Cara ini biasanya diterapkan di lapangan bila perendaman tidak memungkinkan.

3. Perawatan dengan selimut plastik atau *membrane curing*

Permukaan beton ditutup dengan plastik atau bahan kedap udara lainnya untuk mengurangi penguapan air. Metode ini cocok untuk beton yang sulit direndam atau pada area yang luas seperti pelat lantai.

4. Perawatan dengan bahan kimia (*curing compound*)

Lapisan cair khusus disemprotkan pada permukaan beton untuk membentuk film pelindung yang menahan penguapan air. Cara ini umum digunakan pada proyek besar dengan area terbuka.

2.9 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton didefinisikan sebagai kemampuan beton untuk menahan beban tekan per satuan luas hingga material tersebut mengalami kerusakan atau kehancuran. Kuat tekan beton diartikan sebagai kemampuan beton untuk menahan beban tekan per satuan luas hingga benda uji mengalami kerusakan atau kehancuran akibat tekanan yang diberikan oleh mesin uji (Alifsyah A.R et al., 2023). Kuat tekan beton sendiri didefinisikan sebagai hasil perbandingan antara beban maksimum yang diterima benda uji dengan luas penampang beton tersebut (Rahmat, Irna Hendriyani, 2016). Kekuatan tekan beton akan meningkat seiring dengan bertambahnya umur beton. Secara signifikan, akan mengalami peningkatan linier hingga mencapai umur 28 hari, setelah itu, laju peningkatannya cenderung akan melambat.

Berikut cara menentukan nilai kuat tekan beton dengan rumus.

$$F'_c = \frac{P}{A}$$

Dimana:

F'_c = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm^2)

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

- a. Umur beton
- b. Faktor air-semen
- c. Kepadatan
- d. Jumlah pasta semen
- e. Jenis semen
- f. Sifat agregat

2.10 Abu Kulit Buah Kakao

Sebagai salah satu negara penghasil kakao data Kementerian Pertanian (2022), menunjukkan bahwa Indonesia memproduksi kakao mencapai 706 ribu ton di tahun 2022. Saat ini, banyak studi yang meneliti pemanfaatan abu kulit kakao dalam campuran beton

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Knapp & Churchman, abu hasil pembakaran kulit buah kakao mengandung 71% silika dioksida (SiO_2). Silika dioksida (SiO_2) merupakan material amorf berbentuk bulat (*spherical*) dengan ukuran partikel sangat halus, mulai dari skala mikrometer hingga nanometer. Zat ini biasanya mengandung sedikit unsur besi, magnesium, serta oksida alkali. Silika dikenal sebagai bahan pozzolan yang sangat reaktif dan memiliki tiga peran penting dalam proses pengerasan beton, yaitu: membantu pemadatan beton karena ukuran partikelnya yang sangat kecil, bereaksi dengan kapur bebas hasil hidrasi semen, serta memperbaiki zona transisi antara pasta semen dan agregat sehingga menghasilkan ikatan yang lebih kuat dan rapat (Khan & Siddique, 2011).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Chrisnanda, 2018), yang menguji tentang kinerja aspal beton pengganti bahan pengisi (*Filler*) dengan material lain diperoleh hasil pengujian laboratorium terhadap campuran Laston Lapis Aus (AC-WC) yang menggunakan abu kulit kakao sebagai bahan pengisi (*filler*), dapat disimpulkan bahwa dari hasil analisis *Marshall Test* dengan berbagai variasi kadar abu kulit kakao, komposisi terbaik diperoleh pada penambahan 5% abu kulit kakao.

Pada kadar tersebut, diperoleh nilai stabilitas sebesar 1488,51 kg dan flow sebesar 3,47 mm setelah proses perendaman selama 7 hari.

Berikut ini adalah kandungan unsur atau senyawa yang ada di dalam Abu Kulit Kakao yang akan disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2. 2 Unsur kimia dalam Abu Kulit Kakao

NO	KANDUNGAN	NILAI (%)
1	SiO ₂	59.42
2	Al ₂ O ₃	11.10
3	Fe ₂ O ₃	1.52
4	CaO	8.42
5	MgO	5.21
6	SO ₃	2.08
7	LOI	5.01

(Sumber : (Olulopep & Ojop, 2020))

Adapun prosedur pembakaran kulit buah kakao menjadi abu adalah sebagai berikut:

1. Sampel kulit buah kakao yang masih basah dikeringkan di bawah kondisi sinar matahari yang terik hingga benar-benar kering.
2. Kulit buah kakao yang sudah kering kemudian dibakar hingga menjadi abu.
3. Abu kulit buah kakao hasil pembakaran didinginkan, setelah dingin disaring menggunakan saringan No.200 (0,075 mm).
4. Abu kulit buah kakao yang lolos saringan No.200 diambil untuk dijadikan bahan dalam campuran beton.



Gambar 2. 1 Abu Kulit Buah Kakao

2.11 Superplasticizer (SP)

Superplasticizer adalah bahan kimia tambahan pada campuran beton yang berfungsi untuk meningkatkan kemampuan kerja (*workability*). Penambahan bahan kimia ke dalam campuran agregat, semen, dan air sebagai komponen utama beton sudah menjadi hal umum, terutama pada beton mutu tinggi. SNI 03-2495-1991 adalah standar yang mengatur spesifikasi bahan tambah (admixture) pada beton, yaitu bahan yang ditambahkan saat pencampuran untuk mengubah sifat beton. Bahan tambah diklasifikasikan menjadi beberapa tipe, seperti pengurang air (water reducing), penghambat ikat (retarder), percepat ikat (accelerator), serta kombinasi keduanya. Bahan tambah harus memenuhi persyaratan mutu, tidak merusak beton maupun tulangan, serta diuji berdasarkan pengaruhnya terhadap *workability*, waktu ikat, dan kuat tekan beton.

Pada pembuatan beton mutu tinggi, penambahan air dilakukan seminimal mungkin, hanya untuk memenuhi kebutuhan reaksi hidrasi semen. Bahan ini bekerja dengan cara mendispersi partikel semen sehingga mengurangi gaya tarik antarmolekul dan memungkinkan pasta semen menjadi lebih encer pada kadar air yang sama.

Dengan penggunaan superplasticizer, campuran beton dapat mencapai kuat tekan yang lebih tinggi karena rasio air-semen (w/c) dapat diturunkan tanpa mengorbankan kemudahan pengerjaan. Umumnya, superplasticizer digunakan pada beton mutu tinggi, beton pracetak, atau beton dengan kepadatan tinggi, dan termasuk dalam kelompok *High Range Water Reducing Admixture* (HRWR) sesuai standar ASTM C494 tipe F atau G. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Ilmuddin, 2025) bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan superplasticizer sebanyak 0,8% dan 1% dari berat semen pada beton normal sebagai pengganti sebagian air campuran hingga 30% dengan tujuan meningkatkan kualitas beton. Jenis superplasticizer yang digunakan adalah Polycarboxylate yang mampu meningkatkan kualitas campuran beton meskipun jumlah air dikurangi, tanpa menurunkan kekuatan akhir. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada beton normal dengan rancangan kuat tekan $f_c' = 20$ MPa, nilai *slump* kontrol sebesar 6 cm, sedangkan pada campuran dengan pengurangan air 30%, nilai *slump* meningkat

menjadi 12 cm untuk penambahan SP 0,8% dan 16 cm untuk SP 1%. Selain itu, kuat tekan beton pada umur 28 hari juga mengalami peningkatan, dari 21,0 MPa (tanpa SP) menjadi 24,1 MPa (dengan SP 0,8%) dan 27,8 MPa (dengan SP 1%).

2.11.1 Jenis – Jenis Superplasticizer

Berikut penjelasan mengenai jenis-jenis superplasticizer dan bahan tambahan lainnya menurut (ASTM C494/C494M), yang terdiri dari tipe A hingga tipe G.

1. Tipe A – *Water Reducing Admixture*

Tipe A adalah bahan tambahan beton yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur tanpa mengurangi kelecakan atau *workability* beton. Dengan berkurangnya air, beton menjadi lebih padat dan kuat setelah mengeras. Jenis ini banyak digunakan pada beton biasa dan beton struktural dengan mutu sedang.

2. Tipe B – *Retarding Admixture*

Tipe B digunakan untuk memperlambat waktu ikat semen, sehingga beton tidak cepat mengeras. Jenis ini sangat bermanfaat pada pekerjaan pengecoran besar atau cuaca panas, di mana kecepatan pengikatan semen bisa terlalu cepat. Dengan menggunakan tipe ini, waktu pengerjaan menjadi lebih fleksibel dan hasil pengecoran lebih merata.

3. Tipe C – *Accelerating Admixture*

Tipe C berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengerasan beton. Bahan ini biasa digunakan pada proyek yang membutuhkan kekuatan awal tinggi, seperti beton pracetak, perbaikan cepat, atau pekerjaan di daerah dingin. Dengan tipe ini, beton bisa cepat mengeras dan segera mencapai kekuatan yang diinginkan.

4. Tipe D – *Water Reducing and Retarding Admixture*

Tipe D merupakan kombinasi antara tipe A dan tipe B, yaitu bahan yang dapat mengurangi air sekaligus memperlambat waktu ikat. Admixture ini cocok digunakan pada pengecoran skala besar atau cuaca panas, karena membantu menjaga kelecakan beton lebih lama tanpa menurunkan kekuatan akhirnya.

5. Tipe E – *Water Reducing and Accelerating Admixture*

Tipe E merupakan gabungan antara tipe A dan tipe C, yang berfungsi untuk mengurangi air dan sekaligus mempercepat pengerasan beton. Jenis ini sering digunakan untuk pekerjaan yang membutuhkan beton dengan kekuatan awal tinggi agar bisa segera dibongkar atau digunakan.

6. Tipe F – *High Range Water Reducing Admixture*

Tipe F adalah superplasticizer generasi pertama dan kedua, seperti *Sulfonated Naphthalene Formaldehyde (SNF)* dan *Sulfonated Melamine Formaldehyde (SMF)*. Fungsinya adalah mengurangi air dalam jumlah besar, tanpa memengaruhi waktu ikat secara signifikan. Bahan ini membuat beton menjadi lebih cair dan mudah dikerjakan, bahkan dengan kadar air yang sangat rendah, sehingga sangat cocok untuk beton mutu tinggi (*High Performance Concrete*).

7. Tipe G – *High Range Water Reducing and Retarding Admixture*

Tipe G merupakan superplasticizer generasi modern, salah satunya adalah *Polycarboxylate Ether (PCE)*. Fungsinya mirip dengan tipe F, yaitu mengurangi air secara besar-besaran, namun juga memperlambat waktu ikat beton agar beton tetap mudah diolah dalam waktu yang lama. Jenis ini sering digunakan pada *Self Compacting Concrete (SCC)* dan beton dengan kebutuhan *slump retention* tinggi, karena mampu menjaga kelecakan tanpa kehilangan kekuatan.

Hubungan Abu Kulit Buah Kakao dan Superplasticizer yaitu melihat pada penelitian sebelumnya yang hanya menggunakan abu hasil kuat tekannya mengalami peningkatan, kemudian pada penelitian ini mengombinasikan AKBK dan Sp apakah terjadi peningkatan atau tidak sehingga dilakukan penelitian yang berkelanjutan.