

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Beton merupakan salah satu komponen penting dalam konstruksi, baik yang struktural maupun yang nonstruktural. Beton memiliki banyak fungsi, dan juga merupakan peran penting dalam menjaga kestabilan dan kekuatan bangunan tersebut. Ada banyak jenis beton yang dapat kita jumpai. Seperti beton tulangan, beton *precast*, beton *concentrate*, beton ringan dan masih banyak lainnya.

Material bahan bangunan berkembang secara terus-menerus, baik dari segi desain, bahan, maupun metode-metode yang dilakukan. Bahan konstruksi yang paling banyak dibutuhkan ialah beton. Beton pada umumnya didapatkan dari pencampuran agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil/chipping), air, dan semen Portland. Oleh karena itu perlu adanya inovasi yang diciptakan dalam bidang konstruksi untuk pembuatan pada beton.

Semakin beragamnya tuntutan penggunaan beton, semakin meningkat pula masalah yang dihadapi. Beberapa masalah yang terjadi di lapangan seputar penggunaan beton antara lain berhubungan dengan tingkat kemudahan pengerjaan beton (*workability*) atau tingkat kelecakan atau nilai slam (*slump*) dari adukan beton segar, serta faktor air semen (fas). Selain itu, juga masalah dengan waktu reaksi ikatan beton (*setting time*), yaitu ada beberapa pekerjaan yang memerlukan waktu dipercepat, tetapi beberapa pekerjaan lain menuntut diperlambat.

Apabila terjadi jarak antar tempat pengadukan dan tempat penuangannya yang sulit dicapai dalam waktu singkat, maupun pada pekerjaan besar yang waktu antaramulai pencampuran hingga penuangan dan dipadatkan sulit dicapai sebelum satu jam, maka diperlukan bahan tambah (*admixture*) yang dapat memperlambat waktu reaksi beton tanpa mengurangi mutu beton. Atas dasar itulah diperlukan bahan tambah yang berfungsi sebagai *retarder*.

Asep Suroño, jurnal (2020) pengaruh variasi pemakaian larutan gula pasir terhadap ikatan awal semen dan kuat tekan beton. Penggunaan larutan gula pasir dapat memundurkan ikatan awal semen secara bertahap hingga lebih dari 24 jam pada kandungan gula 0,20% , yang kemudian kembali lebih cepat perlahan pada kandungan gula pasir 0,25 % keatas. Namun pada gula pasir 0,30 % ikatan awal masih lebih lama daripada beton normal. Hal ini dapat menjadi masalah pada beton karena dikhawatirkan menimbulkan pengumpulan agregat akibat gravitasi

Retno Trimurtiningrum, Bantot Sutriyono, Billy Arrowrichta, Hiasintus Bertus Watu, Misrawi (jurnal 2020). Pengaruh bahan tambah gula pasir terhadap waktu pengikat dan kuat tekan. Pembuatan benda uji Mortar Gula 0%, Gula 0,03%, Gula 0,05%, Gula 0,1% Proses curing benda Uji dan Uji kuat tekan benda uji (7 hari, 14 hari dan 28 hari). Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa pada umur awal, yaitu saat benda uji berumur 7 hari dan 14 hari, kuat tekan tertinggi diperoleh campuran kontrol (dengan persentase gula 0%), yaitu sebesar $167,93 \text{ kg/cm}^2$ dan $196,65 \text{ kg/cm}^2$. Hal tersebut disebabkan karena campuran yang mengandung gula pasir mengalami pengerasan lebih lama. Pada umur 28 hari,

persentase gula pasir dalam campuran mortar berpengaruh meningkatkan sedikit kuat tekan pada benda uji mortar.

Nadhif Aprilla, Hina Herlina, Rosi Nursani (jurnal 2021) Analisa karakteristik kuat tekan beton f_c 25 mpa dengan menggunakan bahan tambah gula merah. Penggunaan bahan tambah berbasis gula merah sebanyak 1% terhadap air dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 16,42 Mpa pada umur 7 hari. 22,36 Mpa pada umur 14 hari dan 25,57 Mpa pada umur 28 hari.

Gula merupakan salah satu bahan pokok yang mudah didapatkan dipasaran. Sehingga tujuan penelitian ini adalah untuk memberikan alternatif solusi bagi pelaksana proyek dalam melaksanakan pekerjaannya dan perusahaan beton siap pakai. Untuk mengatasi pengaruh temperatur udara yang tinggi ataupun jarak yang jauh sehingga mutu beton yang digunakan akan tetap terjaga. Dan untuk menjaga mutu beton dibutuhkan sukrosa salah satu zat yang terkandung dalam gula untuk memperlambat pengerasan beton. Untuk itu, akan dilakukan penelitian dengan judul **“PENGARUH LARUTAN GULA PASIR TERHADAP IKATAN AWAL SEMEN DITINJAU DARI NILAI KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR BETON”** diharapkan penggunaan larutan gula sebagai material beton dapat memudahkan pekerja mendapatkan bahan untuk mengatasi proses hidrasi yang lebih cepat dibandingkan kondisi normal. Selanjutnya hasil pengujian akan diperlihatkan secara detail untuk memberikan rekomendasi kelayakan dalam pemanfaatannya.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh larutan gula pasir terhadap campuran beton?
2. Bagaimana kuat tekan dan kuat lentur yang dihasilkan beton dengan campuran larutan gula pasir pada variasi 0%, 0.2 %, dan 0,5%?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui uji kuat tekan dan kuat lentur pada beton dengan campuran larutan gula pasir
2. Untuk mengetahui workability beton dengan campuran larutan gula pasir

D. Batasan Masalah

1. Menguji kuat tekan pada beton
2. Menguji kuat lentur pada beton
3. Semen Portland PCC (Merek Bosowa)
4. Agregat halus dari sungai lasape Kab. Pinrang
5. Agregat kasar dari desa lainungan Kab. Sidrap
6. Larutan gula pasir
7. Seluruh material yang digunakan terlebih dahulu dalam kondisi SSD.
8. Benda uji berbentuk selinder ukuran 150 x 300 mm
9. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari.
10. Alat pengujian kuat tekan beton menggunakan alat UTM (*Universal testing machine*).

11. Kuat beton rencana atau mutu beton yang akan ditargetkan adalah 25 Mpa.

E. Manfaat Penelitian

1. Manfaat

Sebagai referensi dalam campuran pembuatan beton dan menambah pengetahuan baru tentang campuran pada beton bagi penulis.

Sebagai bahan alternatif untuk mencegah pengerasan awal pada campuran semen atau beton

F. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan ini dapat dijelaskan secara umum sebagai berikut

1. Bab I Pendahuluan

Bab ini berisi tentang gambaran secara umum dan hal yang melatar belakangi penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan

2. Bab II Tinjauan pustaka

Bab ini dijelaskan tentang teori-teori yang berhubungan dan mendukung secara ilmiah dengan penelitian yang dilakukan serta sebagai landasan teori dalam penelitian

3. Bab III Metode penelitian

Bab ini berisi penjelasan tentang metode yang akan digunakan dalam penelitian seperti jenis penelitian, lokasi dan waktu penelitian, alat dan bahan yang

digunakan dalam penelitian, teknik pengumpulan data teknik analisis data, serta badanair penelitian

4. Bab IV Hasil penelitian dan pembahasan

Bab ini berisi penjelasan hasil-hasil penelitian yang dilakukan melalui uji laboratorium yang dijabarkan dalam bentuk tabel, grafik dan gambar

5. Bab V Kesimpulan dan saran

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari seluruh rangkaian penelitian yang telah dilakukan serta saran-saran yang berupa sumbangan pikiran terkait permasalahan penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Beton

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-1993:1), beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Material pembentuk beton tersebut dicampur merata dengan komposisi tertentu menghasilkan suatu campuran yang homogen sehingga dapat dituang dalam cetakan untuk dibentuk sesuai keinginan. Campuran tersebut bila dibiarkan akan mengalami pengerasan sebagai akibat reaksi kimia antara semen dan air yang berlangsung selama jangka waktu Panjang atau dengan kata lain campuran beton akan bertambah keras sejalan dengan umurnya. Beton normal adalah beton yang mempunyai berat satuan 2200 kg/m^3 sampai 2500 kg/m^3 dan dibuat menggunakan agregat alam yang dipecah maupun tidak dipecah (SNI 03-2834-1993:1).

Kualitas atau mutu dari suatu beton sangat bergantung kepada komponen penyusun atau bahan dasar beton, bahan tambahan, cara pembuatan dan alat yang digunakan. Semakin baik bahan yang digunakan, campuran direncanakan dengan baik, proses pembuatan dilaksanakan dengan baik, dan alat-alat yang digunakan

baik maka akan menghasilkan kualitas beton yang baik pula. Bahan-bahan pokok dari beton adalah semen, agregat yang terdiri dari agregat halus dan agregat kasar dan air serta bahan tambahan yang digunakan dengan keperluan tertentu.

Menurut Mulyono ada beberapa keuntungan dan kerugian pemakaian beton dalam suatu konstruksi dibandingkan dengan bahan konstruksi lainnya (Lastri Nola Br Berutu, 2020: 6).

Keuntungan pemakaian beton adalah sebagai berikut:

- a. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
- b. Mampu menerima kuat tekan.
- c. Tahan terhadap temperature yang tinggi.
- d. Biaya pemeliharaan yang kecil.

Kerugianan pemakaian beton adalah sebagai berikut:

- a. Bentuk yang telah dibuat sulit untuk diubah.
- b. Beton menyusut bila mengalami kekeringan.
- c. Konstruksi yang menggunakan beton memiliki daya pantul suara yang besar.

2. Jenis-jenis Beton

a. Beton Biasa/Normal

Ini adalah salah satu jenis beton yang paling sering digunakan. Di dalam campuran jenis beton ini, unsur utamanya adalah semen, pasir dan agregat kasar yang dirancang dan dicampur dengan kuantitas air tertentu. Rasio konstituen penting dapat bervariasi dalam batas yang luas. Desain campuran yang sangat umum digunakan, umumnya dikenal sebagai Nominal Mix Design adalah 1: 2: 4.

Beton polos banyak digunakan dalam konstruksi trotoar dan di gedung-gedung, di mana kekuatan tarik yang sangat tinggi tidak diperlukan. Ini juga digunakan dalam pembangunan Bendungan.

Berikut adalah sifat sifat utama dari beton normal :

- 1) Berat jenis : 2200 – 2500 Kg / meter kubik
- 2) Kuat Tekan: 200 – 500 Kg / sentimeter persegi
- 3) Kuat Tarik: 50 – 100 Kg / sentimeter persegi



Gambar.2.1. Beton Biasa/Normal
Sumber : Dokumentasi Pribadi

b. Beton Ringan

Semua jenis beton yang memiliki berat jenis kurang dari 1920 Kg / m³ bisa digolongkan sebagai beton ringan. Berbagai jenis agregat yang digunakan dalam pembuatan beton ringan termasuk bahan-bahan alami seperti batu apung dan scoria, bahan-bahan artifisial seperti shales yang dikembangkan dan tanah liat

serta bahan olahan seperti perlit dan vermikulit. Sifat utama yang penting dari beton ringan adalah daya hantar panasnya yang sangat rendah. Misalnya: Konduktivitas termal (daya hantar panas)- nilai k, untuk beton biasa bisa setinggi 10-12. Tetapi konduktivitas termal dari beton Ringan adalah sekitar 0,3. Beton Ringan digunakan, tergantung pada komposisi mereka, untuk insulasi termal, untuk melindungi struktur baja, mereka juga digunakan dalam dek jembatan dg bentang panjang, dan bahkan sebagai blok bangunan.

Aerated Concrete adalah salah satu contoh jenis beton sangat ringan (berat jenisnya 480-800 Kg / m³). Dibuat dengan menggunakan semen, pasir dan abu bahan bakar bubuk sebagai pendukung.



Gambar.2.2. Beton Ringan
Sumber : Dokumentasi Pribadi

c. Beton High Density Concrete

Jenis beton ini juga disebut beton berat. Pada tipe beton ini, kepadatannya bervariasi antara 3000-4000 Kg / m³. Jenis beton ini dibuat dengan menggunakan batu kerikil dengan kerapatan tinggi sebagai agregat kasar. Di antara bahan-bahan

tersebut, Barytes adalah bahan yang paling umum digunakan, yang memiliki berat jenis 4,5. Mereka sebagian besar digunakan dalam pembangkit listrik atom dan struktur serupa lainnya. Karena itu memberikan perlindungan yang baik dari semua jenis radiasi.



Gambar.2.3. Beton high density concrete
Sumber : Dokumentasi Pribadi

d. Beton Bertulang

Ini juga disebut RCC (Reinforced Cement Concrete). Pada jenis beton ini besi baja dibentuk & digunakan sebagai penguat untuk memberikan kekuatan tarik yang sangat tinggi. Dengan menggabungkan beton dan besi baja menghasilkan keunggulan (beton memiliki kekuatan tekan yang tinggi) dan baja (memiliki kekuatan tarik tinggi). Penggunaan baja diaplikasikan dalam bentuk batang besi, serat besi dan semua bentuk yang bisa dibayangkan. Diperlukan perawatan yang maksimal untuk memastikan ikatan maksimum antara besi sbg penguat dan beton selama pekerjaan dan proses pengerasan beton. Dengan

demikian, material yang dihasilkan (RCC) mampu menahan semua jenis tekanan di semua jenis konstruksi. RCC adalah jenis beton yang paling penting.



Gambar.2.4. Beton Bertulang
Sumber : Dokumentasi Pribadi

e. Beton Precast

Istilah ini mengacu pada berbagai jenis bentuk beton yang dituangkan ke cetakan baik di pabrik atau di lokasi. Namun, beton precast tidak digunakan dalam konstruksi sampai mereka benar-benar diatur dan dikeraskan dalam kondisi terkendali. Beberapa contoh dari beton Precast adalah; tiang pancang, pagar panel beton, box culvert, saluran u ditch, dll. Beton precast yg digunakan sbg struktural bangunan maupun untuk dekoratif ini dibentuk di tempat tertentu sehingga beberapa faktor ini bisa dikendalikan seperti :

- 1) Porsi bahan baku pembentuknya.
- 2) Proses pencampuran dari semen, agregat, dan air untuk mendapatkan campuran sesuai mixdesain yang ditentukan.

- 3) Penanganan yang hati-hati selama transportasi dan penempatan dalam cetakan desain yang sempurna.
- 4) Curing / perawatan bisa dikendalikan dg sempurna di bawah kondisi suhu dan kelembaban yang terkontrol. Bahkan steam curing digunakan untuk mendapatkan produk pracetak yang memiliki kekuatan tinggi dalam waktu yang jauh lebih sedikit.
- 5) Tren terbaru dalam industri konstruksi adalah bergeser lebih banyak ke unit beton prefabrikasi dalam konstruksi bangunan.



Gambar.2.5. Beton Precast
Sumber : Tutor Ilmu Teknik

f. Beton Pratekan

Ini adalah jenis beton bertulang khusus dimana kabel besi tulangan penguat dikencangkan sebelum ditanam di dalam beton. Kabel besi yang dikencangkan tersebut dipegang kuat di setiap ujungnya sementara campuran beton dituangkan. Pengaturan semacam ini membuat bagian bawah dari beton

bertulang juga lebih kuat terhadap tegangan, yang merupakan penyebab utama dari pengembangan retakan tegangan pada beton bertulang yang tidak dikencangkan. Karena pra-penekanan melibatkan penggunaan dongkrak dan peralatan tensioning, beton pra-penekanan juga dibuat di pabrik.

Beberapa kelebihanannya adalah sebagai berikut.

- 1) Kuat tekan potensial dari beton menjadi sangat meningkat.
- 2) Risiko pengembangan tegangan retak di bagian bawah balok sangat berkurang.
- 3) Ketahanan terhadap geser sangat berkurang. Ini menghilangkan keharusan sanggurdi sebagian besar.
- 4) Memiliki bobot yang lebih ringan dibandingkan beton bertulang (normal).
- 5) Beton pratekan sangat disukai dalam konstruksi; Jembatan dengan bentang panjang. Kebanyakan struktur dengan beban mati yang berat.



Gambar.2.6. Beton Pratekan
Sumber : Tutor Ilmu Teknik

g. Air Entrained Concrete atau Foam Concrete

Ini adalah beton normal yang disiapkan khusus di mana udara terkumpul dalam bentuk ribuan partikel yang terdistribusi secara merata. Volume udara yang dicampurkan dapat berkisar antara 3-6 persen dari volume beton. Pemberian udara dicapai dengan cara menambahkan sejumlah foaming agent pembentuk gas pada tahap pencampuran. Asam lemak, alkohol berlemak, dan resin adalah beberapa agen penahan udara yang umum digunakan.



Gambar.2.7. Air Entrained Concrete atau Foam Concrete
Sumber : Tutor Ilmu Teknik

h. Beton Berpori

Beton berpori disiapkan sedemikian rupa sehingga air dapat dilewatkan di dalamnya. Beton ini memiliki sekitar 15 hingga 20% rongga sehingga air dapat melewatinya. Beton ini bak digunakan untuk jalan terutama di daerah-daerah di mana bermasalah dengan air hujan yang menggenang karena air langsung terserap ke tanah melalui beton yang berbentuk seperti wafer coklat merk “beng beng” ini.



Gambar.2.8. Beton berpori
Sumber : Tutor Ilmu Teknik

3. Bahan Penyusun Beton

Beton dihasilkan dari kumpulan beberapa material. Material-material ini saling mengikat untuk membentuk unsur padat yang kokoh. Material pembentuk beton yaitu :

a. Semen *portland*

SNI 15-2049-2004 mendefinisikan semen *Portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silika hidrolis. Semen hidrolis adalah semen yang mengeras bila bereaksi dengan air dan membentuk produk yang kedap air sedangkan klinker merupakan butiran berdiameter 5-25 mm yang dihasilkan saat campuran bahan mentah dari komposisi awal dipanaskan dengan suhu tinggi. Semen berfungsi sebagai pengikat antara butiran-butiran agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butiran-butiran agregat.

Semen Portland tersusun atas 4 senyawa utama yaitu Trikalsium Silikat (C_3S), Dikalsium Silikat (C_2S), Trikalsium Aluminat (C_3A), Tetrakalsium Aluminoferrite (C_4AF). Sifat-sifat senyawa dalam semen sangat penting untuk dikaji. Senyawa C_2S dan C_3S biasanya menempati 70-80% dari proporsi semen sehingga mendominasi sifat dan kinerja semen. Bila semen tercampur dengan air dan menghasilkan panas, maka C_3S akan segera berhidrasi dan menyumbangkan kontribusi besar dalam pengerasan semen sebelum umur 14 hari.

Dalam proses hidrasi, senyawa C_2S lebih lambat bereaksi dengan air sehingga hanya berpengaruh terhadap perkerasan semen setelah berumur 7 hari. Senyawa C_2S membuat semen lebih tahan terhadap serangan kimia dan dapat mengurangi susut akibat pengeringan.

Untuk senyawa C_3A , hidrasi secara isothermis dan bereaksi sangat cepat, memberikan kekuatan setelah 1 hari setelah bereaksi dengan air sebanyak kurang lebih 40% dari beratnya. Jumlah unsur ini relatif sedikit sehingga sedikit pula berpengaruh pada jumlah air. Semen yang mengandung senyawa C_3A lebih dari 10% akan rentan terhadap serangan sulfat dan akan menyebabkan retak-retak pada beton maupun mortar. Senyawa yang paling kurang berpengaruh terhadap proses pengerasan semen adalah C_4AF .

Selain 4 senyawa pokok yang terdapat dalam semen, terdapat beberapa senyawa lain dalam semen yang memberikan pengaruh terhadap kinerja hidrasi maupun pengerasan semen, yaitu MgO , SO_3 , NaO dan K_2O sehingga dilakukan beberapa pembatasan. Selain dari sifat kimia yang telah dijelaskan diatas, semen

juga memiliki sifat fisik semen yaitu ditinjau dari kehalusan butiran semen dan pengikatan dan pengerasan semen.

Kehalusan butiran semen memberikan pengaruh pada proses hidrasi semen. Reaksi antara semen dan air dimulai dari permukaan butir-butir semen, sehingga makin luas permukaan butir-butir semen (dari berat semen yang sama) makin cepat hidrasinya. Hal ini berarti bahwa, butir-butir semen yang halus akan menjadi kuat dan menghasilkan panas hidrasi yang lebih cepat daripada semen dengan butir-butir yang lebih kasar sedangkan pengikatan dan pengerasan semen (*Setting* dan *Hardening*) adalah saat tercampurnya air dan semen sehingga terjadi proses hidrasi yang secara fisik akan nampak terjadi pasta yang plastis dan dapat dibentuk, sampai beberapa waktu, lalu terjadi pengerasan. Pengikatan semen dapat dibagi atas dua bagian, yaitu :

- 1) Pengikatan awal (*Initial Time*), adalah waktu dari pencampuran semen dan air sampai kehilangan sifat keplastisannya
- 2) Pengikatan akhir adalah waktu dari pencampuran semen dan air sampai mencapai pastinya menjadi massa yang keras.

Berikut beberapa jenis semen dan penggunaannya berdasarkan SNI 15-2049-2004 seperti diuraikan dibawah ini:

- 1) Jenis I, yaitu semen *Portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus
- 2) Jenis II, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang

- 3) Jenis III, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi
- 4) Jenis IV, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya menuntut panas hidrasi yang rendah
- 5) Jenis V, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat yang sangat baik

Proses hidrasi pada semen terjadi apabila semen dicampur dengan air, dimana hidrasi berlangsung dalam 2 arah, ke luar dan ke dalam, hasil hidrasi akan mengendap secara bertahap dibagian luar dan inti semen yang belum terhidrasi dibagian dalam. Proses hidrasi sangat rumit, sehingga tidak semua reaksi dapat diketahui secara detail dan mendalam. Reaksi kimia dari proses hidrasi dari senyawa C_2S dan C_3S dapat dinyatakan sebagai berikut :



Kinerja semen dalam hal kemudahan pengerjaan (*Workability*), pengerasan, dan kekuatan tergantung pada beberapa parameter kontrol kualitas yang meliputi kehalusan semen, kehilangan pengapian, alkalis dari klinker dan SO_3 , klinker bebas kapur, komposisi senyawa klinker, SO_3 dari semen dan bentuk SO_3 .

b. Agregat

Menurut PBI agregat adalah butiran-butiran mineral yang dicampurkan dengan semen Portland dan air menghasilkan beton (Lastri Nola Br Berutu, 2020: 10). Agregat merupakan material pembentuk beton yang memiliki jumlah yang paling banyak dibanding dengan material lainnya.

Menurut Lubis didalam beton agregat halus dan kasar mengisi sebagian besar volume beton, sehingga sifat-sifat dan mutu agregat sangat mempengaruhi sifat dan mutu beton. Menurut Lubis dalam Lastri Nola Br Berutu (2020: 11) penggunaan Agregat dalam beton adalah:

- Untuk menghemat penggunaan semen portland,
- Untuk menghasilkan kekuatan yang besar pada beton,
- Untuk mengurangi susut pengerasan beton,
- Untuk mencapai susunan padat pada beton,dengan gradasi agregat yang baik akan didapat beton yang padat pula,
- Mengontrol sifat dapat dikerjakan (*workability*) adukan beton.

Secara umum agregat terbagi atas dua yaitu : agregat kasar (kerikil dan batu pecah) dan agregat halus (pasir alami dan buatan).

1) Agregat kasar

Menurut SNI 03-2834-1993 (1993:1) agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm.

Persyaratan agregat kasar secara umum menurut SK SNI S-04-1989-F (Ahmad Dumyati, 2015:4) adalah sebagai berikut :

- 1) Butir-butir tajam dan keras dengan indeks kekerasan $\leq 2,2$.
- 2) Kekal tidak pecah atau hancur oleh cuaca (terik matahari dan hujan), jika diujidengan larutan garam natrium sulfat bagian yang hancur maksimal 12%, sedangkan dengan larutan garam magnesium sulfat maksimum 18%.
- 3) Tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06 mm) lebih dari 5%.
- 4) Tidak mengandung zat organis terlalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan warna dengan 3% *NaOH*, yaitu warna cairan diatas endapan agregat kasar tidak boleh lebih gelap dari pada warna standar gradasi.
- 5) Modulu halus butir antara 5 - 8 dan variasi butir sesuai standar gradasi.
- 6) Khusus untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, agregat halus tidak relative terhadap alkali



Gambar.2.9. Agregat Kasar
Sumber : Dokumentasi Pribadi

2. Agregat halus

Menurut SNI 03-2834-1993 (1993:1) agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm.

Persyaratan agregat halus secara umum menurut SK SNI S-04-1989-F (Ahmad Dumyati, 2015:4) adalah sebagai berikut :

- a) Butir-butirnya keras dan tidak berpori.
- b) Kekal tidak pecah atau hancur oleh cuaca (terik matahari dan hujan), jika diujidengan larutan garam Natrium Sulfat bagian yang hancur maksimal 12%, sedangkan dengan larutan garam Magnesium Sulfat maksimum 18%.
- c) Tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06 mm) lebih dari 5%.
- d) Tidak boleh mengandung zat-zat yang reaktif terhadap alkali.
- e) Butiran agregat yang pipih dan panjang tidak boleh lebih dari 20%.
- f) Modulus halus butir antara 1,5 - 3,8 dan dengan variasi sesuai standar gradasi.



Gambar2.10. Agregat Halus
Sumber : Dokumentasi Pribadi

c. Air

Air merupakan salah satu bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan beton. Semen tidak bisa menjadi pasta tanpa air. Air harus selalu ada dalam beton cair, tidak saja untuk hidrasi semen, tetapi juga untuk mengubahnya menjadi suatu pasta sehingga betonnya lecah. Proses hidrasi dalam beton segar membutuhkan air kurang lebih 25% dari berat semen yang digunakan. Air adalah alat untuk mendapatkan kelecakan yang perlu untuk penuangan beton. Kekuatan dari beton ditentukan oleh perbandingan berat air dan semen (Ahmad Dumyati, 2015: 5).

4. Bahan Tambah (*Admixture*)

Bahan tambah didefinisikan sebagai material selain air, agregat, dan semen yang dicampurkan ke dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton atau mortar misalnya untuk dapat dengan mudah dikerjakan, penghematan, atau untuk tujuan lain. Secara umum bahan tambah dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah kimia (*chemical*

admixture) dan bahan tambah mineral (*admixture*). Bahan tambah *admixture* ditambahkan saat pengadukan atau pada saat dilakukan pengecoran. Bahan ini biasanya dimaksudkan untuk memperbaiki kinerja beton atau mortar saat pelaksanaan pekerjaan. Sedangkan bahan tambah (*admixture*) yaitu yang bersifat lebih mineral ditambahkan pada saat pengadukan. Bahan tambah *additive* merupakan bahan tambah yang lebih bersifat penyemenan jadi digunakan untuk perbaikan kinerja kekuatannya.

a. Gula Pasir

Gula pasir merupakan bahan baku masakan yang terbuat dari sari tebu dan dikristalkan membentuk serbuk-serbuk seperti pasir. Berbeda dengan gula halus, gula pasir mempunyai butiran-butiran yang lebih kasar. Gula pasir memiliki rasa yang manis dan mudah larut dalam air terutama air panas. Gula pasir umumnya berwarna putih kekuningan atau sedikit coklat. Gula pasir didapatkan dari ekstraksi sari tebu yang dikristalkan. Gula pasir tidak mempunyai aroma tetapi berbau harum ketika diolah menjadi karamel. Gula pasir banyak ditemui di manapun dalam bentuk kemasan. Gula pasir menjadi salah satu dari sembilan bahan pokok yang tidak bisa terpisahkan dari kehidupan masyarakat Indonesia. Gula pasir termasuk rentan terhadap kelembaban karena bisa mengubah tekstur dari gula tersebut.

b. Spesifikasi Gula Pasir

- 1) Berwarna Kuning/Tidak Putih. Jika memilih gula di toko atau pasar, perhatikan warna gula yang ada.
- 2) Bertekstur Kasar.

- 3) Gula pasir yang baik akan terasa kasar dan bergeronjal ketika dipegang.
Tidak berair/basah.
- 4) Cepat Larut.
- 5) Tidak Menggumpal.

c. Kandungan zat dalam gula pasir

Menurut beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji peranan dan kinerja bahan tambah alami berbasis gula dalam campuran beton yang ternyata dapat meningkatkan kinerja beton. Bahan tambah berbasis gula terdiri dari sukrosa, larutan tebu dan gula. Bahan tambah berbasis gula memiliki kemampuan mengikat C-S-H (kalsium silikat hidrat) sehingga beton dengan bahan tambah tersebut dapat memiliki kekuatan yang lebih tinggi. Sukrosa adalah disakarida yang merupakan gabungan dari gula yang sederhana yaitu glukosa dan fruktosa (monosakarida). Sukrosa atau $C_{12}H_{22}O_{11}$ akan bereaksi dengan C-S-H (kalsium silikat hidrat) dalam proses pengerasan beton.

Penambahan gula ke dalam campuran beton akan menyebabkan interaksi antara gula dan C_3A (trikalsium aluminat). Gula mengandung sukrosa, disakarida yang tersusun atas satuan-satuan glukosa dan fruktosa. Adanya kandungan glukosa, glukonat, dan lignosulfonat, akan menstabilkan *ettringite* dalam sistem C_3A -gypsum. Glukosa akan menghambat konsumsi gypsum dan pembentukan *ettringite*. Penggunaan bahan tambah berbasis gula sebesar berapa persen dari berat semen merupakan bahan tambah yang berfungsi sebagai *retarder* atau pemerlambat proses hidrasi. Dalam kasus pemerlambatan pengerasan beton, interaksi ini akan menghambat pembentukan secara cepat fase kubik C_3AH_6 dan

menyebabkan pembentukan fase heksagonal C_4AH_{13} .

Beton yang mengandung bahan tambah gula memperlambat pengikatan semen (*retarder*) dan meningkatkan kuat tekannya pada umur 28 hari sekitar 15% dibandingkan beton tanpa bahan tambah gula. Berdasarkan pengujian secara kimia bahan tambah berbasis gula mengandung lignin sebesar 0,175% - 0,186%, kandungan glukosa terbesar terdapat pada air tebu sebesar 76,738% dan 76,738% pada gula pasir. Hal ini menunjukkan bahwa gula dan air tebu mempengaruhi kinerja dari pengerasan mortar. (Angga Dwi Prastya, 2017).

5. Kinerja Beton

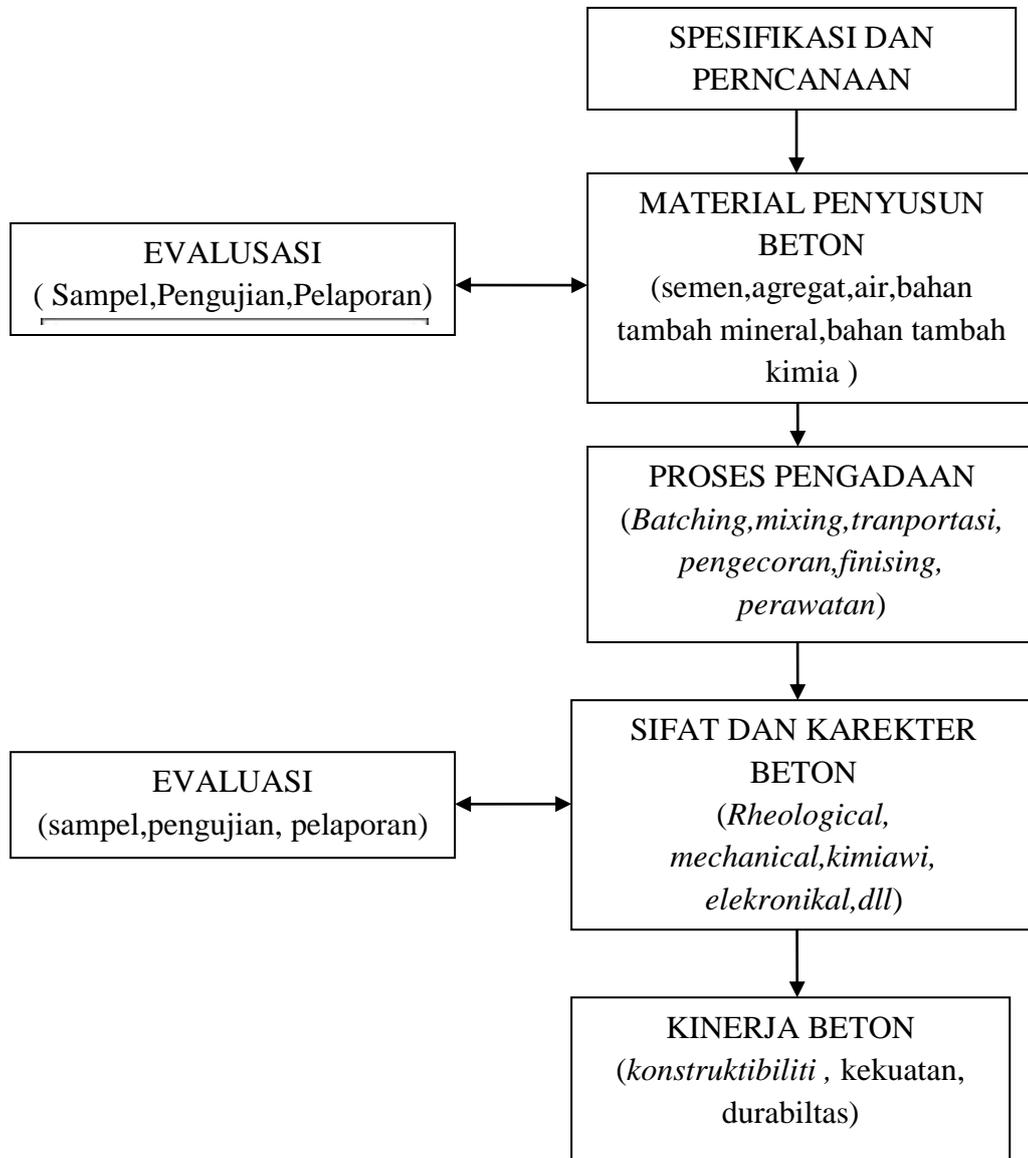
Sampai saat ini beton masih menjadi pilihan utama dalam pembuatan stuktur. Selain karena kemudahn dalam mendapatkan material penyusunnya, hal itu juga disebabkan oleh penggunaan tenaga yang ccukup besar sehingga dapat mengurangi masalah penyediaan kerja. Selain dua kinerja utama yang telah disebutkan diatas, yaitu kekuatan yang tinggi dan kemudahan pengerjaannya, kelangsungan proses pengadaan beton dalam proses produksinya juga menjadi salah satu hal yang dipertimbangkan.

Sifat-sifat dan kareteristik material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja dari beton yang dibuat. Kinerja beton ini harus disesuaikan dengan kategori bangunan yang dibuat. ASTM (*American Standard Testing and Material*) membagi bangunan menjadi tiga kategori yaitu: rumah tinggal, perumahan, dan struktur yang menggunakan beton mutu tinggi.

Menurut SNI T.15-1990-03 beton yang digunakan pada rumah tinggal atau untuk penggunaan beton dengan kekuatan tekan tidak melebihi 10 MPa boleh menggunakan campuran 1 semen: 2 pasir: 3 batu pecah dengan *slump* untuk mengukur kemudahan pengerjaannya tidak lebih dari 100 mm. Pengerjaan beton dengan kekuatan tekan hingga 20 MPa boleh menggunakan penakaran volume, tetapi pengerjaan beton dengan kekuatan lebih besar dari 20 MPa harus menggunakan campuran berat.

Tiga kinerja yang dibutuhkan dalam pembuatan beton adalah(STP 169C, *Concrete and concrete-making materials*):

- a. Memenuhi kriteria konstruksi yaitu dapat dengan mudah dikerjakan dan dibentuk serta mempunyai nilai ekonomis.
- b. Kekuatan tekan
- c. Durabilitas atau keawetan.

Tabel 2.1 Proses keseragaman pembuatan beton

(Sumber: STP 169C, Concrete, and Concrete-Making Materials)

Kinerja yang dihasilkan pada proses pengadaan beton haruslah seragam. Secara umum, prosedur untuk mendapatkan kinerja yang seragam dalam pengerjaan beton dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 1.1 (Fioroto., Anthony E, 1994: 32). Survei yang dilakukan ASTM mengenai pengaruh bahan-

bahan yang digunakan terhadap kinerja beton dilakukan pada 27 responden. Kriteria penilaian variable menggunakan skala 1-10, dimana 10 merupakan pengaruh tertinggi terhadap kinerja yang dihasilkan. Penilaian ini didasarkan pada pentingnya penggunaan bahan tersebut untuk menghasilkan kinerja tertentu dalam beton yang dibuat.

Secara praktis, penilaian mengenai penggunaan bahan untuk menghasilkan kinerja tertentu akan bergantung pada tujuan beton tersebut dibuat. Penggunaan semen untuk rumah tinggal akan lebih banyak jika dibandingkan untuk penggunaan perumahan komersil atau beton mutu tinggi. Jadi, komposisi bahan penyusun juga harus dilihat berdasarkan tujuan pembuatan beton tersebut. Berdasarkan kategori rumah tinggal, perumahan dan beton mutu tinggi. (Fioroto., Anthony E, 1994: 32).

6. Karakteristik Beton

a. Waktu ikat

Waktu ikat awal adalah waktu yang dibutuhkan sejak semen bercampur dengan air dari kondisi plastis menjadi tidak plastis, sedangkan waktu ikat akhir adalah waktu yang dibutuhkan sejak semen bercampur dengan air dari kondisi plastis menjadi “keras”. Yang dimaksud dengan keras pada waktu ikat akhir adalah hanya bentuknya saja yang sudah kaku, tetapi pasta semen tersebut belum boleh dibebani, baik oleh berat sendiri maupun beban dari luar. Waktu ikat awal menurut standar SII minimum 45 menit, sedangkan waktu ikat akhir maksimum 360 menit. Waktu ikat awal tercapai apabila masuknya jarum vicat ke dalam sampel dalam waktu 30 detik sedalam 25 mm. Waktu ikat akhir tercapai

apabila pada saat jarum vicat diletakkan diatas sampel selama 30 detik, pada permukaan sampel tidak berbekas atau tidak tercetak. Catat berapa jam waktu ikat akhir tercapai. Dalam pengujian waktu ikat pada semen kadang – kadang dalam waktu kurang dari 10 menit, semen sudah mencapai waktu ikat awal, yang ditandai dengan masuknya jarum vicat kurang dari 25 mm. Waktu ikat awal tersebut bukanlah waktu ikat awal yang sebenarnya, tetapi waktu ikat awal palsu (*false setting*). Ini terjadi karena gips alam yang terdapat dalam semen berubah menjadi gips hemihidrat karena panas, baik panas pada waktu dicampur dengan klinker maupun panas pada saat penyimpanan, akibatnya gips alam yang asalnya stabil menjadi tidak stabil sehingga cepat bereaksi dengan air (A. Fitri et al., 2017).

b. Pengujian Slump

Pengujian slump dilakukan pada saat beton masih segar untuk mengetahui tingkat kelecakan adukan yang berpengaruh pada kemudahan pengerjaan (*workability*) pada saat beton dipadatkan. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan kerucut abrams, dengan ukuran tinggi 30 cm, diameter 10 cm, diameter bawah 20 cm dan dilengkapi dengan tongkat perojokan berdiameter 16 mm dan panjang 45 cm.

c. Kuat tekan pada beton

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan luas bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Penentuan kekuatan tekan dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder

dengan prosedur uji ASTM C-39 atau kubus dengan prosedur BS-1881 Part 115; Part 166 pada umur 28 hari. (menurut standar ISO)

Menurut SNI 03-1974-2011 tentang “Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder”. Perhitungan kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \text{ Mpa atau N/mm}^2 \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

P = Gaya tekan aksial, dinyatakan dalam Newton (N);

A = Luas penampang melintang benda uji, dinyatakan dalam mm²

d. Kuat lentur pada beton

Dalam perencanaan beton untuk struktur beton tertentu, seperti perkerasan rigid dan landasan pesawat terbang, kriteria kuat lentur beton lebih dominan dibandingkan kuat tekan beton. Kuat lentur beton dapat ditentukan dari balok beton yang mengalami pembebanan arah transversal. Kuat lentur maksimum dialami oleh serat bawah balok beton dan disebut sebagai modulus of rupture. Yang besarnya tergantung dari panjang balok dan jenis pembebanan.

Kuat lentur beton biasanya kurang mempunyai pengaruh yang berarti pada struktur beton bertulang. Karena gaya lentur yang terjadi ditanggung oleh tulangan yang ada. Walau begitu pengetahuan mengenai kuat lentur beto, karena keretakan yang tampak akibat tekanan selalu berkaitan dengan modulus of rupture dari beton.

Modulus of rupture diukur dari percobaan balok sederhana penampang bujur sangkang 15 cm dengan bentang 55 cm yang diberi beban pada dua titik dengan jarak 1/3 bentang hingga benda uji itu patah.

Nilai *modulus of rupture* adalah $7.5 \sqrt{f_c}$ *psi* atau $0.62 \sqrt{f_c}$ *MPa*. (ACI 318- 83) dan menurut SNI 03-2847-2002 nilai *modulus of rupture* adalah $0.7 \sqrt{f_c}$ *MPa*. (Heidi Duma, 2008)

B. Kajian Teori Terdahulu

1. **Nuno Suhana dan Nur Asmayanti, (Jurnal 2015)** Penggunaan gula pasir sebagai bahan campuran permerlambat pengerasan beton (RETARDER) ditinjau dari kuat tekan

Dalam penelitian ini hanya dibuat satu jenis karakteristik beton dalam beberapa benda uji, berdasarkan eksperimen yang direncanakan dengan variasi kandungan kadar gula pasir 0,05%, 0,075%, 0,1%, dan 1% dari berat semen. Pengujian benda ujitersebut akan dilakukan pada umur beton 3 hari, 7 hari dan 28 hari, sebagai kontrol dilakukan pengujian pada benda uji beton tanpa gula pasir. Dari hasil pengujian dalam penelitian ini dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

- a. Nilai kadar gula pasir sebanding dengan nilai waktu ikat beton. Semakin besar kandungan kadar gula pasir yang ditambahkan pada campuran beton, maka semakin lama waktu ikat yang dibutuhkan.
- b. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai waktu ikat akhir pada setiap penambahan kadar gula pasir adalah : kadar gula pasir 0% (BN) dari berat semen membutuhkan waktu 6,234 jam, kadar gula pasir 0,05% (BGP1) membutuhkan waktu 7,267 jam, kadar gula pasir 0,075% (BGP2) membutuhkan waktu 8,734 jam, kadar gula pasir 0,1% (BGP3) membutuhkan waktu 10,967 jam, dan kadar gula pasir 1% (BGP4) membutuhkan waktu 80,200 jam.

- c. Hasil penelitian membuktikan bahwa gula pasir dapat digunakan sebagai bahan untuk memperlambat pengerasan beton.
 - d. Nilai kandungan gula pasir 0,05% - 0,1% menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan kuat tekan pada beton normal. Sedangkan kadar gula pasir 1% hasil kuat tekannya tidak memenuhi kuat tekan standar yaitu 225 kg/cm^2 .
 - e. Kuat tekan yang dihasilkan pada campuran beton dengan penambahan kadar gula pasir adalah : kadar gula pasir 0% (BN) dari berat semen kuat tekan $250,37 \text{ kg/cm}^2$, kadar gula pasir 0,05% (BGP1) kuat tekan $268,15 \text{ kg/cm}^2$, kadar gula pasir 0,075% (BGP2) kuat tekan $291,85 \text{ kg/cm}^2$, kadar gula pasir 0,1% (BGP3) kuat tekan $333,33 \text{ kg/cm}^2$, dan kadar gula.
2. **Asep Surono, (Jurnal 2020)** Pengaruh variasi pemakaian larutan gula pasir terhadap ikatan awal semen dan kuat tekan beton

Penggunaan larutan gula pasir dapat memundurkan ikatan awal semen secara bertahap hingga lebih dari 24 jam pada kandungan gula 0,20% ,yang kemudian kembali lebih cepat perlahan pada kandungan gula pasir 0,25 % keatas. Namun pada gula pasir 0,30 % ikatan awal masih lebih lama daripada beton normal. Hal ini dapat menjadi masalah pada beton karena dikhawatirkan menimbulkan pengumpulan agregat akibat gravitasi, walaupun ini berarti panas *hidrasi* yang merupakan penyebab retak pada beton juga rendah. Peningkatan kuat tekan beton terbesar yang terjadi pada penambahan larutan gula pasir 0,20 % baik itu pada fas 0,35 yaitu sebesar 53 % maupun fas 0,45 terjadi peningkatan 48 %. Sedangkan peningkatan kuat tekan rata – rata beton terbesar terjadi pada 33,68 % pada fas 0,35 dan 24,91 % pada fas 0,45 %. Dari sini dapat diambil

peningkatan terbesar didapat pada larutan gula pasir 0,20 % untuk fas 0,35 dan 0,45. Penggunaan larutan gula pasir dapat memperbaiki *workability* untuk beton dengan fas kecil. Namun begitu, untuk beton dengan fas 0,35 nilai *slump* pada larutan gula 0,25 dan 0,35 dapat melebihi nilai *slump* yang di syaratkan. Sedangkan untuk fas yang lebih besar yaitu 0,45 nilai *slump* yang didapatkan pada larutan gula 0,2 % adalah 10,32 cm, ternyata sedikit melebihi nilai *slump* yang di isyaratkan yaitu 10,16 cm. Dari pengujian terhadap fas 0,35 dan 0,45, penggunaan gula pasir yang dilarutkan sebagai bahantambah lebih optimal untuk beton yang memiliki nilai fas yang lebih kecil.

Penggunaan larutan gula pasir dapat memundurkan ikatan awal semen secara bertahap hingga lebih dari 24 jam pada kandungan gula 0,20% ,yang kemudian kembali lebih cepat perlahan pada kandungan gula pasir 0,25 % keatas. Namun pada gula pasir 0,30 % ikatan awal masih lebih lama daripada beton normal. Hal ini dapat menjadi masalah pada beton karena dikhawatirkan menimbulkan pengumpulan agregat akibat gravitasi, walaupun ini berarti panas *hidrasi* yang merupakan penyebab retak pada beton juga rendah. Peningkatan kuat tekan beton terbesar yang terjadi pada penambahan larutan gula pasir 0,20% baik itu pada fas 0,35 yaitu sebesar 53 % maupun fas 0,45 terjadi peningkatan 48 %. Sedangkan peningkatan kuat tekan rata – rata beton terbesar terjadi pada 33,68 % pada fas 0,35 dan 24,91 % pada fas 0,45 %. Dari sini dapat diambil peningkatan terbesar didapat pada larutan gula pasir 0,20% untuk fas 0,35 dan 0,45. Penggunaan larutan gula pasir dapat memperbaiki *workability* untuk beton dengan fas kecil. Namun begitu, untuk beton dengan fas 0,35 nilai *slump* pada

larutan gula 0,25 dan 0,35 dapat melebihi nilai *slump* yang di syaratkan. Sedangkan untuk fas yang lebih besar yaitu 0,45 nilai *slump* yang didapatkan pada larutan gula 0,2 % adalah 10,32 cm, ternyata sedikit melebihi nilai *slump* yang di isyaratkan yaitu 10,16 cm. Dari pengujian terhadap fas 0,35 dan 0,45, penggunaan gula pasir yang dilarutkan sebagai bahantambah lebih optimal untuk beton yang memiliki nilai fas yang lebih kecil.

3. Amelia Rajela, dan Eswahyudi, (Jurnal 2016) Pengaruh penambahan gula pasir terhadap waktu pengerasan awal (*initial setting*) dan kekuatan beton k-250

Jenis penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan membuat benda uji untuk kuat tekan serta pengaruh waktu pengerasan awal (*initial setting*) yang kemudian hasilnya dianalisa untuk mendapatkan suatu hasil yang menegaskan hubungan antara variabel-variabel yang diteliti meliputi pengaruh waktu pengerasan awal (*setting time*) dan kekuatan mutu beton K-250 dengan menggunakan bahan tambahan gula pasir. Adapun komposisi benda uji untuk beton normal dan variasi campuran gula adalah sebagai berikut:

Semen + Pasir + Koral + Air (Beton Normal), Semen + Pasir + Koral + Air + Gula 0,1 % dari berat semen (CMP 0,1), Semen + Pasir + Koral + Air + Gula 0,2 % dari berat semen (CMP 0,2) dan Semen + Pasir + Koral + Air + Gula 0,3 % dari berat semen (CMP 0,3).

Dari hasil penelitian ini diketahui waktu ikat semen (*initial setting time*) yaitu 2 jam untuk beton normal (BN), 3,5 jam untuk CMP 0,1 naik sebesar 75% dari BN, lalu 4,5 jam untuk CMP 0,2 naik sebesar 125% dari BN dan 5,5 jam

untuk CMP 0,3 naik sebesar 175% dari BN, dan yang paling lama adalah pada variasi CMP 0,3. Dari hasil uji waktu ikat semen membuktikan bahwa semakin banyak campuran gula maka semakin lama waktu ikat semennya (*initial setting time*). Kuat tekan beton rata-rata untuk umur 28 hari tercapai hanya pada campuran beton yang menggunakan variasi CMP 0,2 yaitu 251,56 Kg/cm² naik sebesar 2,16% dari beton normal (BN), dan CMP 0,3 yaitu 263,11 Kg/cm² naik sebesar 6,86% dari beton normal (BN), sedangkan pada campuran lainnya tidak tercapai yaitu pada beton normal (BN)=246,22 Kg/cm² dan CMP 0,1 = 247,11 Kg/cm² naik sebesar 0,36% dari beton normal (BN). Kesimpulan akhir yang di dapat adalah waktu ikat semen maksimum terdapat pada persentase gula 0,3% yaitu sebesar 5,5 jam (175%) dan kenaikan kuat tekan rata-rata maksimum terdapat pada campuran gula 0,3% yaitu sebesar 263,11 Kg/cm² (6,86%) dari beton normal.

4. Wilhelmus Bunganaen, Elia Hungguram, & Yuatanius Bei-ngala,

(Jurnal 2016) Pengaruh penambahan gula pasir terhadap kuat tekan dan sifat kedap air mortar

Perencanaan campuran mortar dalam pengujian ini mengacu kepada SNI 03- 6825-2002 tentang metode pengujian kekuatan tekan mortar semen portland. Sebelum pembuatan benda uji dilakukan perencanaan komposisi campuran dengan beberapa variasi yaitu 1PCC : 4Psr, 1PCC : 6Psr, dan 1PCC :8Psr. Analisa dari data-data yang diperoleh dalam penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan gula pasir 0%, 0,05%, 0,1%, 0,15%, 0,2%, 0,25 dan 3% dari berat semen terhadap kuat tekan , absorpsi, dan porositas mortar yang dihasilkan.

Metode yang digunakan adalah metode statistik deskriptif yaitu dengan mengkaji hasil penelitian laboratorium yang disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik hasil uji tekan, absorpsi, dan porositas mortar dengan tambahan gula pasir dan tanpa tambahan gula pasir. Kuat tekan mortar maksimum yang dihasilkan adalah mortar dengan tambahan gula pasir 0,10% sampai 0,15% dari berat semen. Mortar dengan komposisi campuran 1PCC : 4Psr dan 1PCC : 6Psr kuat tekan maksimum adalah mortar dengan tambahan gula pasir 0,10% sedangkan mortar campuran 1PCC : 8Psr kuat tekan maksimum adalah mortar dengan tambahan gula pasir 0,15%. Mortar dengan tambahan gula pasir 0,10% pada campuran 1PCC : 4Psr menghasilkan kuat tekan sebesar 17,33 MPa sedangkan kuat tekan mortar normal (tanpa penambahan gula pasir) sebesar 14,33 MPa. Hal ini berarti penambahan gula pasir 0,10% dapat menaikkan kuat tekan sebesar 20,93%. Mortar dengan tambahan gula pasir 0,10% pada campuran 1PCC : 6Psr menghasilkan kuat tekan sebesar 13,33 MPa sedangkan kuat tekan mortar normal (tanpa penambahan gula pasir) sebesar 11,33 MPa. Hal ini berarti penambahan gula pasir 0,10% dapat menaikkan kuat tekan sebesar 17,65%, Mortar dengan tambahan gula pasir 0,15% pada campuran 1PCC : 8Psr menghasilkan kuat tekan sebesar 9,33 MPa sedangkan kuat tekan mortar normal (tanpa penambahan gula pasir) sebesar 8,00 MPa. Hal ini berarti penambahan gula pasir 0,15% dapat menaikkan kuat tekan sebesar 16,67%. Kenaikan kuat tekan yang dihasilkan dari mortar campuran 1PCC : 4Psr, 1PCC : 6Psr dan 1PCC : 8Psr dapat dirata-ratakan menjadi 18,41% dari kuat tekan mortar normal (tanpa penambahan gula pasir).

5. Retno Trimurtiningrum, Bantot Sutriono, Billy Arrowrichta, dan Hiasintus Bertus Watu, Misrawi, (Jurnal 2020) Pengaruh bahan tambah gula pasir terhadap waktu pengikat dan kuat tekan

Pembuatan benda uji Mortar Gula 0%, Gula 0,03%, Gula 0,05%, Gula 0,1% Proses curing benda Uji dan Uji kuat tekan benda uji (7 hari, 14 hari dan 28 hari). Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa pada umur awal, yaitu saat benda uji berumur 7 hari dan 14 hari, kuat tekan tertinggi diperoleh campuran kontrol (dengan persentase gula 0%), yaitu sebesar 167,93 kg/cm² dan 196,65 kg/cm². Hal tersebut disebabkan karena campuran yang mengandung gula pasir mengalami pengerasan lebih lama. Pada umur 28 hari, persentase gula pasir dalam campuran mortar berpengaruh meningkatkan sedikit kuat tekan pada benda uji mortar. Hal tersebut berbeda dengan hasil yang ditunjukkan oleh campuran G-0,03% yang mengalami penurunan kuat tekan yang cukup signifikan, yaitu sebesar 14,61%–25,53% pada umur pengujian 14 hari dan 28 hari. Penurunan kuat tekan tersebut terjadi karena hampir setiap benda uji campuran G-0,03% memiliki permukaan yang miring atau pun tidak rata. Campuran mortar G-0,05% mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 8,51% dengan nilai kuat tekan sebesar 225,28 kg/cm² pada umur 28 hari. Campuran mortar G-0,1% juga mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 7,45% dengan nilai kuat tekan sebesar 223,17 kg/cm² pada umur 28 hari. Hal tersebut dikarenakan kandungan lignin yang terdapat pada gula berperan dalam meningkatkan lekatan antar penyusun campuran mortar (Bunganaen, 2016).

6. Yudira Alfazar, Gusneli Yanti, Shanti Wahyuni Megasari, (Jurnal 2018)

Pengaruh variasi campuran gula pasir terhadap kuat tekan mortar semen

Prosedur penelitian ini meliputi persiapan benda uji yaitu data semen, agregat halus, air, dan pencampuran bahan yaitu gula pasir, pencetakan benda uji dan kuat tekan mortar semen.

a. Semen

Pada penelitian ini semen yang digunakan adalah semen Portland type I produksi PT. Semen Padang. Pada penelitian ini semen yang digunakan tidak dilakukan pengujian karena semen-semen yang digunakan memenuhi standart ASTM.

b. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir. Adapun langkah pengujian ini dilakukan sebagai berikut :

1) Pemeriksaan berat volume

Tujuan pemeriksaan menentukan berat isi agregat halus atau campuran yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat material kering dengan volumenya.

2) Pemeriksaan analisa saringan agregat halus Tujuan pemeriksaan metode ini dimaksudkan sebagai acuan dalam pemeriksaan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus menggunakan saringan, dengan tujuan memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran baik agregat halus

3) Pemeriksaan bahan lolos saringan no. 200 agregat halus Tujuan

pemeriksaan menentukan jumlah bahan dalam agregat halus yang lolos saringan no. 200 dengan cara pencucian.

- 4) Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus Tujuan pemeriksaan untuk menentukan persentase kadar lumpur dalam agregat halus.
- 5) Pemeriksaan kadar air agregat halus

Tujuan pemeriksaan untuk menentukan angka persentase kadar air agregat halus dengan cara pengeringan agregat halus dalam oven. Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering. Nilai kadar air ini digunakan untuk koreksi takaran air dalam adukan beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat di lapangan.

- 6) Pemeriksaan analisa bulk specific gravity dan penyerapan agregat halus tujuannya Pemeriksaan tujuannya untuk menentukan berat jenis (bulk specific gravity) dan penyerapan agregat halus.

c. Air

Fungsi dari air disini antara lain adalah sebagai bahan pencampur dan pengaduk antara semen dan agregat. Pada umumnya air yang dapat diminum memenuhi persyaratan sebagai air pencampur beton, air ini harus bebas dari padatan tersuspensi ataupun padatan terlarut yang terlalu banyak dan bebas dari material organik.

d. Bahan aditif

Gula pasir, adalah bahan campuran yang berfungsi sebagai penunda waktu ikat awal semen.

Prosedur penelitian ini meliputi persiapan benda uji yaitu data semen, agregat halus, air, dan pencampuran bahan yaitu gula pasir, pencetakan benda uji dan kuat tekan mortar semen.

e. Semen

Pada penelitian ini semen yang digunakan adalah semen Portland type I produksi PT. Semen Padang. Pada penelitian ini semen yang digunakan tidak dilakukan pengujian karena semen-semen yang digunakan memenuhi standart ASTM.

f. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir. Adapun langkah pengujian ini dilakukan sebagai berikut :

7) Pemeriksaan berat volume

Tujuan pemeriksaan menentukan berat isi agregat halus atau campuran yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat material kering dengan volumenya.

8) Pemeriksaan analisa saringan agregat halus Tujuan pemeriksaan metode ini dimaksudkan sebagai acuan dalam pemeriksaan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus menggunakan saringan, dengan tujuan memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran baik agregat halus

9) Pemeriksaan bahan lolos saringan no. 200 agregat halus Tujuan pemeriksaan menentukan jumlah bahan dalam agregat halus yang lolos saringan no. 200 dengan cara pencucian.

10) Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus Tujuan pemeriksaan untuk menentukan persentase kadar lumpur dalam agregat halus.

11) Pemeriksaan kadar air agregat halus

Tujuan pemeriksaan untuk menentukan angka persentase kadar air agregat halus dengan cara pengeringan agregat halus dalam oven. Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering. Nilai kadar air ini digunakan untuk koreksi takaran air dalam adukan beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat di lapangan.

12) Pemeriksaan analisa bulk specific gravity dan penyerapan agregat halus tujuannya Pemeriksaan tujuannya untuk menentukan berat jenis (bulk specific gravity) dan penyerapan agregat halus.

g. Air

Fungsi dari air disini antara lain adalah sebagai bahan pencampur dan pengaduk antara semen dan agregat. Pada umumnya air yang dapat diminum memenuhi persyaratan sebagai air pencampur beton, air ini harus bebas dari padatan tersuspensi ataupun padatan terlarut yang terlalu banyak dan bebas dari material organik.

h. Bahan aditif

Gula pasir, adalah bahan campuran yang berfungsi sebagai penunda waktu ikat awal semen.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan diperoleh hasil

1. F_{Hitung} untuk gula Merek Value plus = 40,7, untuk gula merek berlian jaya $F_{hitung} = 25,28$, merek Gulaku $F_{hitung} = 16,37$, dan gula merek Lokal $F_{hitung} = 15$. Sedangkan F_{tabel} untuk $F_{0,05} = 3,48$ dan $F_{0,01} = 6,55$.
2. Karena $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka disimpulkan bahwa terdapat interaksi atau pengaruh yang sangat nyata antara variasi campuran gula pasir terhadap kuat tekan mortar semen.
3. Untuk hasil uji kuat tekan yang didapat, nilai kuat tekan yang tertinggi yaitu pada merek gulaku sebesar 16,35 dengan campuran 0,15 %. nilai kuat tekan terendah pada gula merek gula lokal Sebesar 13,20 MPa dengan campuran 0,2%
4. Nilai kuat tekan terus naik hingga pencampuran 0,15% dan kembali turun pada campuran 0,2%, tren kenaikan dan penurunan yang sama terjadi pada seluruh merek gula.
7. **Rahelina Ginting, Robinson Sidjabat, dan Dian Peristiwa Best Zamili, (Jurnal 2020)** Ikatan variasi pemakaian gula pasir terhadap ikatan awal semen dan kuat tekan beton

Metode penelitian adalah ilmu yang mempelajari cara-cara melakukan pengamatan dengan melalui tahapan yang disusun secara ilmiah untuk mencari, menyusun serta menganalisis dan menyimpulkan data. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

- a. Semen portland tipe I.
- b. Agregat.

1) Agregat kasar (kerikil)

2) Agregat halus (pasir).

c. Air .

d. Gula sebagai *retarder*

Setelah dilakukan pembuatan benda uji, perawatan benda uji, pengujian tekan, serta dilakukan analisis maka dapat disimpulkan :

1. Penggunaan larutan gula pasir dapat menambah waktu ikatan awal semen pada variasi 0,25% dengan waktu 150 menit. Pada variasi 0,50% dengan waktu 35 menit dan 0,75% dengan waktu 45 menit
2. Penggunaan larutan gula pasir dengan variasi 0,25% nilai slumpnya adalah : 12,5 cm, variasi 0,50% = 11,5 cm dan variasi 0,75% = 9 cm
3. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, pengujian kuat tekan pada beton normal kuat tekan rata-ratanya adalah f'_c 30,08 MPa dan yang menggunakan campuran gula pasir 0,25% menghasilkan kuat tekan rata-rata = f'_c 30,51 MPa pada umur 28 hari. Namun pada penambahan 0,50% = 0 dan 0,75% = 0.

8. Adsuha Dasmi, Jurnal (2014), Analisis Penggunaan Gula Pasir Sebagai Retarder Pada Beton

Penelitian ini dibagi atas beberapa tahap pengujian yaitu tahap penelitian material, tahap rendaman dan kuat tekan beton. Pelaksanaan metode penelitian yang dilakukan meliputi hal-hal Persiapan bahan, Alat-alat yang digunakan, Pelaksanaan penelitian, Pembuatan benda uji, Pengujian konsistensi normal, Pengujian pengikatan awal dan pengikatan akhir. Penelitian ini dilanjutkan

dengan persiapan data dan material yaitu: agregat, semen, gula pasir dan air. Pemeriksaan sifat-sifat fisik dan kandungan bahan organik agregat dilakukan sebelum perencanaan campuran beton, ini bertujuan untuk mengetahui apakah material yang digunakan memenuhi syarat sebagai bahan material pembentuk beton yang baik. Selanjutnya dilakukan Pengujian Konsistensi Normal (ASTM C. 187 – 79), Alat-alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah Mesin pengaduk (*mixer mortar*) dengan daun pengaduk dari logam tahan karat, Alat Vicat, Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram, Sendok perata (Spatula), Gelas/tabung ukur bervolume 100 cc, (6). Plat kaca, Sarung tangan karet, Stop watch, Cincin konik. Bahan-bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah Semen andalas PPC strip biru, Air suling (air bersih). Dari hasil penelitian perilaku penambahan kadar gula pasir sebagai *Retarder* bahan tambah sebagian dari berat semen, dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Hasil penelitian menghasilkan perpanjangan waktu pengikatan awal optimum, variasi waktu penundaan pematangan menunjukkan pada jumlah kadar gula pasir 0.15% adalah 6,5 jam, pada jumlah kadar gula pasir 0.30% adalah 8 jam, dan pada jumlah kadar gula pasir 0.45% adalah 9,5 jam
- b. Hasil uji Vicat menunjukkan perlambatan pengerasan yang maksimum terjadi pada kadar gula pasir 0.45%, sedangkan pada kadar gula pasir 0.00% terjadi penundaan pengerasan secara normal. Jadi penambahan kadar gula pasir 0.15% sampai 0,45% dapat dianggap sebagai *Retarder* Pengujian mortar dengan perbandingan 1 : 3 : 5 beton K: 100 dengan mutu 7,5 Mpa, tidak mempengaruhi nilai kuat tekan atau tidak berpengaruh

terhadap penurunan nilai kuat tekan selama proses *Retarder*.

9. Nadhif Aprilla, Hina Herlina, Rosi Nursani, (Jurnal 2021) Analisa karakteristik kuat tekan beton f_c 25 mpa dengan menggunakan bahan tambah gula merah

Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur, membuat hipotesa, membuat metode percobaan, melakukan percobaan, membuat pengolahan data percobaan, menganalisa hasil percobaan, dan membuat kesimpulan akhir. Tahapan Selanjutnya yaitu melakukan perencanaan campuran beton yang menggunakan bahan tambah berbasis gula merah terhadap air 1%, 2%, dan 3%. Pengujian beton berdasarkan umur 7, 14, dan 28 hari. Berikut merupakan ketentuan dari penelitian yang dilakukan.

- a. Beton yang direncanakan adalah beton tanpatulangan FC 25Mpa
- b. Semen yang digunakan adalah type 1 dengandynamix/holcim.
- c. Agregat kasar (split) yang digunakan adalah batu pecah/split dari gunung galunggung.
- d. Agregat kasar (pasir) yang digunakan adalah batu pecah/split dari gunung galunggung.
- e. Benda uji yang berupa silinder dengan ukuran 15x30 cm
- f. Variasi benda uji :
 - Beton dengan tanpa gula
 - Beton dengan menggunakan gula merah 2%
 - Beton dengan menggunakan gula merah 4%
 - Beton dengan menggunakan gula merah 6%

- g. Umur pengujian beton adalah hari, 14 hari ,dan 28 hari.
- h. Tidak menganalisis lebih lanjut zat-zat kimia yang terkandung dalam gula merah.

Penelitian ini menunjukkan efek penambahan gula merah sebagai penambah air terhadap kekuatan tekan beton, beberapa hal yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Penggunaan bahan tambah berbasis gula merah sebanyak 1% terhadap air dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 16,42 Mpa (pada umur 7 hari), 22,36 Mpa (pada umur 14 hari), dan 25,57 Mpa (pada umur 28 hari)
- b. Penggunaan bahan tambah berbasis gula merah sebanyak 2%-3% terhadap air, namun kuat tekan beton menurun yaitu antara 15,00 MPa sampai 12,83 MPa (untuk beton berumur 7 hari), 18,97 MPa sampai 17,36 MPa (untuk beton berumur 14 hari) dan 22,36 MPa sampai 20,00 MPa (untuk beton berumur 28 hari. Jadi penggunaan bahan tambah berbasis gula merah pada penelitian ini yaitu 1%.

Dalam penelitian ini tidak membuktikan bahwa bahan tambah gula merah terhadap air tidak direkomendasikan sebagai bahan campuran beton, dikarenakan semakin banyak persentase gula merah yang ditambahkan maka akan menurunkan kekuatan nilai kuat tekan beton tersebut, banyaknya gula merah yang ditambahkan akan menimbulkan proses pengeringan kuat tekan beton semakin lama karena kelekatan pada

semen tersebut tidak ada.

10. Hijriah, Syahrul Sariman dan Malkior Lapu Rura, (Jurnal 2021)

Pengaruh serbuk arang briket terhadap kuat tekan beton dengan bahan larutan gula pasir

Penelitian ini menggunakan metode experimental dengan pendekatan kuantitatif melalui desain pengujian laboratorium. Metode eksperimental yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk memperoleh data. Data tersebut diolah untuk mendapatkan suatu hasil perbandingan sesuai syarat- syaratnya. Penyelidikan eksperimen dapat dilaksanakan di dalam maupun diluar laboratorium. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan dan Struktur Beton Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa dengan menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan dimensi 15 cm x 30 cm. Variasi bahan tambah berupa serbuk arang briket adalah 12%, 15%, 17%, 20% dan 22% sebagai bahan tambah dan 0,2% larutan gula pasir. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari. Jumlah total benda uji sebanyak 30 buah terdiri dari dari beton normal 15 buah dan beton variasi 15 buah dengan benda uji sebanyak 3 buah pada masing-masing variasi. Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat alam yaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu pecah) yang berasal dari Bilibili. Adapun secara umum tahap-tahap pelaksanaan penelitian meliputi penyediaan bahan penyusun beton, pemeriksaan bahan, perencanaan campuran beton (*Mix Design*), pembuatan benda uji, pemeriksaan nilai *slump*, pengujian vikat dan pengujian kuat tekan beton. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan

bahwa :

- a. Semakin banyak persentase serbuk arang briket yang digunakan pada campuran beton maka nilai kuat tekan beton relatif menurun.
- b. Nilai kuat tekan beton yang paling optimum terjadi pada penambahan serbuk arang briket 17% dan larutan gula pasir 0,2% yaitu 31,42 MPa.
- c. Pemakaian bahan tambah larutan gula pasir sebesar 0.20% dapat meningkatkan hasil kuat tekan beton dari beton normal dan dapat memperlambat waktu pengikatan awal semen.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penyusunan skripsi dan penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yang merupakan metode penelitian yang banyak menuntut penggunaan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampilan dari hasilnya disertai dengan gambar, table, grafik, atau tampilan lainnya. Kemudian data hasil penelitian dianalisis sesuai dengan prosedur pengujian dilaboratorium. Strategi penelitian ini menggunakan strategi penelitian eksperimental yaitu untuk membandingkan antara beberapa variasi dengan menambahkan bahan alternatif pada beton.

B. Lokasi dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare.

C. Tahapan Persiapan

1. Persiapan Alat

Persiapan alat yang digunakan dalam penelitian ini tersedia di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare. Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

- a) Satu set saringan No.4 (4,76 mm)No.8 (2,36 mm)No.16 (1,18 mm)No.30 (0,60 mm)No.50 (0,30 mm) No.100 (0,15 mm)No.200 (0,075 mm)
- b) Cetakan berukuran 150 x 300 mm
- c) Cetakan berukuran 50 x 10 x 10 cm
- d) Timbangan dan Oven
- e) Alat penumbuk dan perata
- f) Gelas ukur
- g) Bohler
- h) Piknometer
- i) Jangka sorong
- j) *Stopwatch*
- k) Mesin pengaduk (*mixer*)
- l) Talam, sendok spesi, kuas, mistar
- m) Mesin tekan
- n) Alat vicat.

2. Persiapan Bahan

Persiapan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

a) Semen Portland

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen jenis PCC (*Portland Cement Composit*) dengan merek Bosowa.



Gambar 3.1. Semen PCC Merek Bosowa
Sumber : Dokumentasi Pribadi

b) Agregat halus

Agregat halus yang digunakan diperoleh dari sungai lasape Kab. Pinrang. Agregat halus sebelumnya juga telah dilakukan uji fisis material.

c) Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan diperoleh dari desa lainungan Kab. Sidrap. Agregat kasar sebelumnya juga telah dilakukan uji fisis material.

d) Larutan gula pasir.

Larutan gula pasir yang digunakan dengan presntase 0%, 0,2%, dan 0,5%.

e) Air bersih.

Air bersih yang digunakan dari PDAM Kota Parepare.

D. Variable penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan percobaan secara langsung dilaboratorium. Eksperimen dilakukan dengan memberikan perlakuan terhadap variabel yang diteliti yaitu uji kuat tekan beton dan kuat lentur pada beton ringan dengan variasi 0%, 0,2%, 0,5%.

Sampel benda uji pada penelitian sebanyak 9 (sembilan) sampel dengan cetakan ukuran 150 X 300 mm dan cetakan ukuran 50 x 10 x 10 cm. Pengujian yang dilakukan dengan uji kuat tekan pada usia 28 hari.

E. Notasi dan Jumlah Sampel

Tabel 3.1 Notasi Sampel Benda Uji

No	Kode Sampel	Pasir	PCC	Larutan gula pasir	Jumlah Sampel	Ket.
1	Normal 0%	100	100	0%	3	28 Hari
2	BLG 0,2%	100	100	0,2 %	3	28 Hari
3	BLG 0,5%	100	100	0.5 %	3	28 Hari
Total					9	

Keterangan :

BLG : Beton Larutan Gula

F. Tahapan Mix Design Material Beton

Pengadukan material beton ringan yang dilakukan adalah 1 kali pengadukan tanpa larutan gula pasir medis dan 2 kali pengadukan dengan larutan gula pasir. Tahapan-tahapannya adalah sebagai berikut:

- 1) Tuangkan air suling kedalam mangkok pengaduk, kemudian masukkan pula perlahan-lahan contoh semen, biarkan kedua bahan dalam mangkok pengaduk selama 30 detik;
- 2) Aduk campuran air dan semen menggunakan mesin pengaduk selama 30 detik. Kecepatan putaran mesin pengaduk adalah 140 ± 5 putaran per menit;
- 3) Siapkan pasir, masukkan sedikit demi sedikit kedalam mangkok yang berisi campuran semen-air sambil diaduk dengan kecepatan yang sama dalam 30 detik; setelah itu pengadukan diteruskan selama 30 detik dengan kecepatan pengadukan 285 ± 10 putaran per menit;
- 4) Pengadukan dihentikan, bersihkan material yang menempel, selanjutnya material dibiarkan selama 75 detik dalam mangkok pengaduk yang ditutup.
- 5) Ulangi kembali pengadukan selama 60 detik dengan kecepatan pengadukan 285 ± 10 putaran per menit;
- 6) Ulangi pekerjaan 1 sampai dengan 3 dengan material baru
- 7) Aduk kembali material di dalam mangkok pengaduk dengan kecepatan pengadukan 285 ± 10 putaran per menit selama 15 detik;
- 8) Masukkan material kedalam cetakan selinder pengisian cetakan dilakukan sebanyak 2 lapis harus dipadatkan 32 kali
- 9) Ratakan permukaan cetakan selinder benda uji dengan menggunakan sendok perata.
- 10) Simpan cetakan benda uji selama 24 jam
- 11) Setelah itu bukalah cetakan dan rendamlah benda uji dalam air sampai pengujian kuat tekan dilakukan.

G. Hasil Pengujian Slump

Pengujian slump dilakukan pada saat beton masih segar untuk mengetahui tingkat kelecakan adukan yang berpengaruh pada kemudahan pengerjaan (*workability*) pada saat beton dipadatkan. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan kerucut abrams, dengan ukuran tinggi 30 cm, diameter 10 cm, diameter bawah 20 cm dan dilengkapi dengan tongkat perojokan berdiameter 16 mm dan panjang 45 cm.

H. Tahap Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian dilakukan menggunakan alat uji kuat tekan terhadap benda uji mortar berbentuk selinder yang berukuran 150 x 300 mm pada umur 28 hari. Pelaksanaan pengujian sebagai berikut :

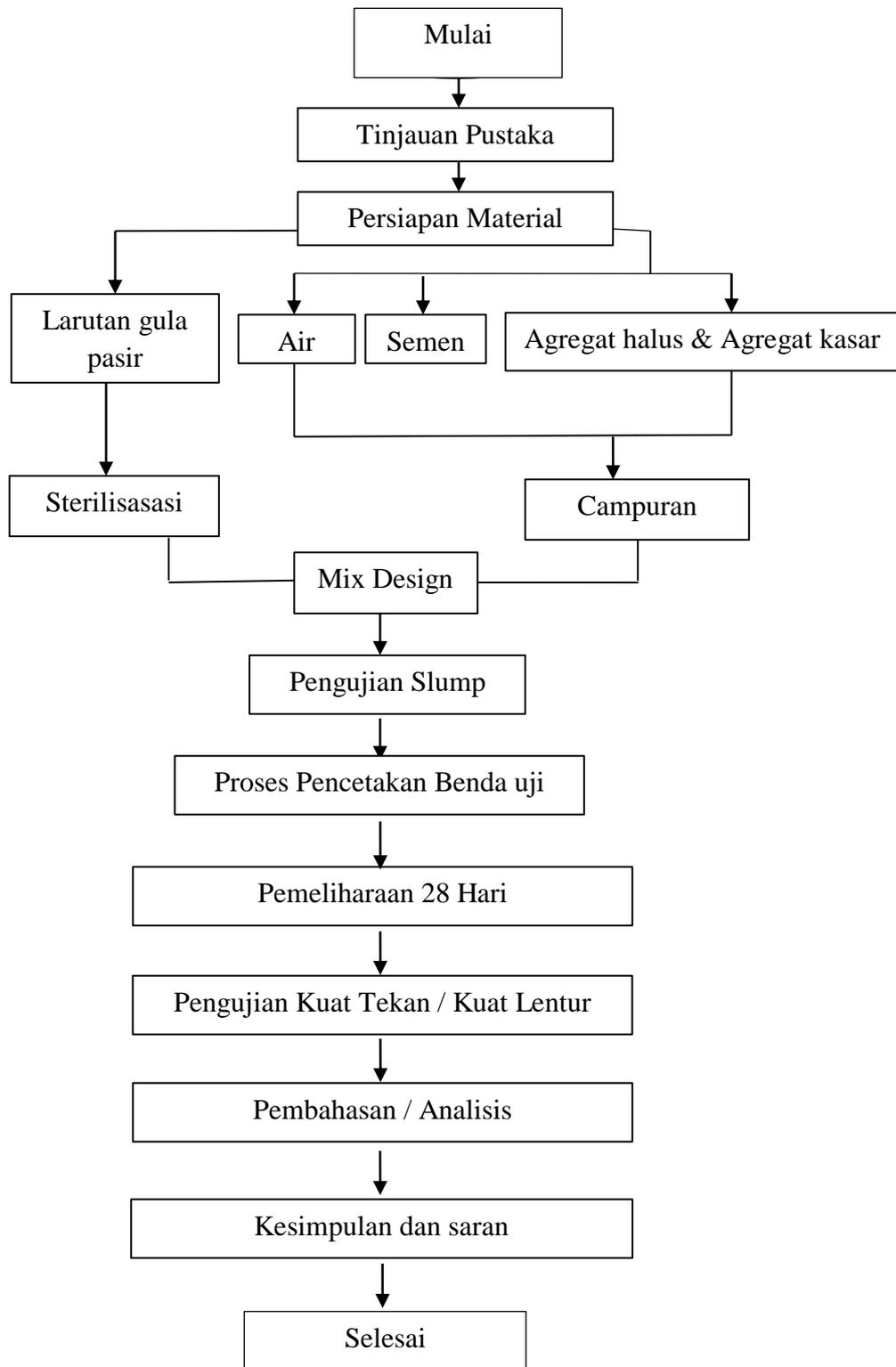
- 1) Benda uji dikeluarkan dari bak perendaman dan dikeringkan dengan cara diangin-anginkan selama 24 jam hingga kering permukaan jenuh (SSD)
- 2) Benda uji yang sudah dikeringkan kemudian ditimbang dan dicatat hasilnya
- 3) Letakkan benda uji ditengah mesin penguji kuat tekan secara simetris
- 4) Pembebanan dilakukan sampai benda uji mencapai beban maksimum dan menjadi hancur
- 5) Catat hasil beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.

I. Tahap Pengujian Kuat Lentur

- 1) Hidupkan mesin uji tekan beton yang telah dipersiapkan, tunggu kira-kira 30 detik.
- 2) Letakkan benda uji pada tumpuan dan atur benda uji sehingga siap untuk pengujian.
- 3) Atur pembebanannya untuk menghindari terjadi benturan.

- 4) Atur katup-katup pada kedudukan pembebanan dan kecepatan pembebanan pada kedudukan yang tepat sehingga jarum skala bergerak secara perlahan-lahan dan kecepatannya $8 \text{ kg/cm}^2 - 10 \text{ kg/cm}^2$ tiap menit.
- 5) Kurangi kecepatan pembebanan pada saat-saat menjelang patah yang ditandai dengan kecepatan gerak jarum pada skala beban agak lambat, Sehingga tidak terjadi kejut.
- 6) Hentikan pembebanan dan catat beban maksimum yang menyebabkan patahnya benda uji.
- 7) Ambil benda uji yang telah selesai diuji, yang dapat dilakukan dengan menurunkan plat perletakan benda uji atau menikkan alat pembebanannya
- 8) Ukur dan catat lebar dan tinggi tampang lintang patah dengan ketelitian 0,25 mm setidaknya pada 3 tempat dan ambil nilai rata-ratanya
- 9) Ukur dan catat jarak antara tampang lintang patah dari tumpuan luar terdekat pada 4 tempat dibagian tarik pada arah bentang dan ambil nilai rata-ratanya

12) Bagan Alir



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Material

Sebelum melakukan perancangan campuran (*Mix Design*) terlebih dahulu memeriksa/menguji material yang akan digunakan pada perancangan campuran data yang didapat dari hasil pengujian pada material di laboratorium struktur dan bahan terdapat tabel berikut:

Tabel 4.1. Hasil pengujian material agregat kasar
Sumber olah data

No	Jenis pengujian	Hasil	Syarat	Keterangan
1	Kadar air	0,50%	0,5 - 2%	Memenuhi
2	Kadar lumpur	0,48%	Maksimal 1%	Memenuhi
3	Berat jenis	2,86	1,6 – 3,3	Memenuhi
4	Absorsi	2,54%	Maksimal 4%	Memenuhi
5	Berat volume lepas	1,61 Kg/liter	1,6 – 1,9Kg/liter	Memenuhi
6	Berat volume padat	1,79 Kg/liter	1,6 – 1,9Kg/liter	Memenuhi
7	Pemeriksaan keausan	8,4%	Maksimal 50%	Memenuhi

Dari hasil pengujian material agregat kasar pada beton normal untuk kadar air 0.50%, kadar lumpur 0.48%, berat jenis 2.86, absorsi 2.54%, berat volume lepas 1.61 kg/liter, berat volume padat 1.79 kg/liter dan keausan 8,4%. Jadi dari hasil pengujian yang didapat bahwa agregat kasar yang akan digunakan sebagai

bahan campuran beton, dapat dipakai karena memenuhi standar yang ditentukan pada SNI 7656:2012

Tabel 4.2 Hasil pengujian pada material agregat halus
Sumber olah data

No	Jenis pengujian	Hasil	Syarat	Keterangan
1	Kadar air	3,63%	2% - 5%	Memenuhi
2	Kadar lumpur	3,55%	Maksimal 5%	Memenuhi
3	Berat jenis	2,61	1,6 – 3,3	Memenuhi
4	Absorsi	1,80%	0,2% - 2%	Memenuhi
5	Berat volume lepas	1,40 Kg/liter	1,4 – 1,9Kg/liter	Memenuhi
6	Berat volume padat	1,65 Kg/liter	1,4 – 1,9Kg/liter	Memenuhi
7	Kadar Organik	No. 1	< No.3	Memenuhi

Dari hasil pengujian material agregat halus pada beton normal untuk kadar air 3.63%, kadar lumpur 3,55%, berat jenis 2.61, absorsi 1.80%, berat volume lepas 1.40 kg/liter, berat volume padat 1.65 kg/liter dan kadar organik terdapat pada warna no.1. Jadi dari hasil pengujian yang didapat bahwa agregat kasar yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton, dapat dipakai karena memenuhi standar yang ditentukan pada SNI 7656:2012.

B. *Mix Design*

Rancangan campuran beton dihitung berdasarkan *SNI 7656:2012*, yaitu sebagai berikut

1. Margin

Kuat tekan rata-rata yang di isyaratkan dan nilai margin tergantung dari tingkat pengawasan mutu. Nilai margin (M) ditetapkan dengan rumus $1,64 \times$ Standar deviasi (Sd).

Tabel. 4.3 Nilai standar deviasi (kg/cm^2).
(Sumber: *SNI 7656:2012*)

Volume Pekerjaan		Mutu Pelaksanaan		
Klasifikasi	m ³	Baik Sekali	Baik	Cukup
Kecil	< 1000	$45 < s < 55$	$46 < s < 55$	$47 < s < 55$
Sedang	1000 - 3000	$45 < s < 55$	$46 < s < 55$	$47 < s < 55$
Besar	> 3000	$45 < s < 55$	$46 < s < 55$	$47 < s < 55$

Standar devisi (Sd) = 50 kg/m^2

a. Nilai tambah (margin):

$$\begin{aligned}
 M &= 1,64 \times Sd \\
 &= 1,64 \times 60 \\
 &= 98,40 \text{ kg/m}^2 = 10,03 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

b. Kuat tekan rata-rata (F_{cr}) uji selinder 28 hari:

$$\begin{aligned}
 F_{cr}' &= f_{c'} + M \\
 &= 245.250 + 98,40 \\
 &= 343.650 \text{ kg/m}^2 = 35.03 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

2. Volume Air yang diperlukan tiap m³ adukan beton

Tabel. 4.4 Volume air yang diperlukan tiap m³ adukan beton untuk berbagai nilai slump dan ukuran agregat maksimum
(Sumber: SNI 7656:2012)

Air (kg/m ³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump (mm)	9,5 mm*	12,7 mm*	19 mm*	25 mm*	37,5 mm*	50 mm ^{†*}	75 mm ^{††}	150 mm ^{††}
Beton tanpa tambahan udara								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
> 175*	-	-	-	-	-	-	-	-
banyaknya udara dalam beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Beton dengan tambahan udara								
25-50	181	175	168	160	150	142	122	107
75-100	202	193	184	175	165	157	133	119
150-175	216	205	197	184	174	166	154	-
> 175*	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah kadar udara yang disarankan untuk tingkat paparan sebagai berikut : ringan (%)								
	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5 ^{***††}	1,0 ^{***††}
sedang (%)	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5 ^{***††}	3,0 ^{***††}
berat ^{††} (%)	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5 ^{***††}	4,0 ^{***††}

Bila tabel tidak ditemukan, maka dilakukan perhitungan interpolasi pembacaan tabel nilai slump dan ukuran agregat maksimum. Ukuran agregat maksimum yaitu 20 mm yang berada diantara 19 mm dan 25 mm maka:

a. Berat air

Diketahui:

$$Y = 20 \text{ mm}$$

$$Y_1 = 19 \text{ mm} \quad X_1 = 205 \text{ lt}$$

$$Y_2 = 25 \text{ mm} \quad X_2 = 193 \text{ lt}$$

Ditanyakan

$$X = ?$$

Maka:

$$X = X_2 + (Y - Y_2) X \left(\frac{(X_1 - X_2)}{(Y_1 - Y_2)} \right)$$

$$X = 205 + (20 - 25) X \left(\frac{(205 - 193)}{(19 - 25)} \right)$$

$$X = 203 \text{ lt}$$

b. Perkiraan udara yang terperangkap

Diketahui:

$$Y = 20 \text{ mm}$$

$$Y_1 = 19 \text{ mm} \quad X_1 = 1,5 \%$$

$$Y_2 = 25 \text{ mm} \quad X_2 = 2,0 \%$$

Ditanyakan:

$$X = ?$$

Maka:

$$X = X_2 + (Y - Y_2) X \left(\frac{(X_1 - X_2)}{(Y_1 - Y_2)} \right)$$

$$X = 2,0 + (19 - 25) X \left(\frac{(1,5 - 2,0)}{(19 - 25)} \right)$$

$$X = 1,9 \%$$

3. Penentuan Faktor Air Semen (FAS)

Tabel 4.5 Faktor air semen (lr/kg semen) untuk berbagai jenis konstruksi dan keadaan cuaca.

(Sumber: SNI 7656:2012)

Kekuatan beton umur 28 hari, MPa*	Rasio air-semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
40	0,42	-
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

Ukuran kuat tekan rencana (f_{cr}) yaitu 35,03 MPa yang berada diantara 35,0 MPa dan 40,0 MPa maka nilai FAS:

Diketahui:

$$Y = 35,03 \text{ MPa}$$

$$Y_1 = 35,0 \text{ MPa} \quad X_1 = 0,47$$

$$Y_2 = 40,0 \text{ MPa} \quad X_2 = 0,42$$

Ditanyakan:

$$X = ?$$

Maka

$$X = X_2 + (Y - Y_2) \times \left(\frac{X_1 - X_2}{Y_1 - Y_2} \right)$$

$$X = 0,42 + (35,03 - 40,0) \times \left(\frac{0,47 - 0,42}{35,0 - 40,0} \right)$$

$$X = 0,4697$$

Nilai FAS yang akan digunakan yaitu 0,470

4. Berat semen tiap 1 m³ beton

$$W_{\text{air}} = 203 \text{ lt}$$

$$W_{\text{semen}} = \frac{W_{\text{air}}}{FAS} = \frac{203 \text{ lt}}{0,470} = 432,20 \text{ kg/cm}^3 = 0,43 \text{ ton}$$

$$\text{Volume semen} = \frac{W_{\text{semen}}(\text{ton})}{B_{\text{Jsemen}}} = \frac{0,43}{3,08} = 0,1403 \text{ m}^3$$

5. Berat kerikil tiap 1 m³ beton

Tabel 4.6 Volume agregat tiap satuan volume beton
(Sumber: SNI 7656:2012)

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven* per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan† dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Nilai jenis kerikil yaitu 2,95 mm yang berada diantara 2,80 mm dan 3,00 mm dengan ukuran butir maksimum agregat/ bantuan 19 mm yang berada diantara 12,5 mm dan 25 mm maka volume kerikil:

Diketahui:

$$Y = 2,95 \text{ mm}$$

$$Y_1 = 2,8 \text{ mm} \quad X_1 = 0,62$$

$$Y_2 = 3,0 \text{ mm} \quad X_2 = 0,60$$

Ditanyakan:

$$X = ?$$

Maka:

$$X = \left(\frac{(Y - Y1)}{(Y2 - Y1)} \right) X (X2 - X1) + X1$$

$$X = \left(\frac{(2,95 - 2,8)}{(3,0 - 2,8)} \right) X (0,60 - 0,62) + 0,62$$

$$X = 0,611$$

Berat kering tusuk (SSD) = 1,856 kg/lt

W kerikil = V kerikil X SSD = 0,611 X 1,856 kg/lt = 1,135 ton = 1135,138kg

Berat jenis agregat kasar = 2,83

$$\text{Volume agregat kasar} = \frac{W. \text{kerikil}}{BJ. \text{kerikil}} = \frac{1135,13 \text{kg}}{2,83} = 0,422 \text{ m}^3$$

6. Berat absolute pasir tiap 1 m³ beton

$$\text{Volume air} = 203,000 \text{ kg} = 0,203 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume padat semen} = 432,20 \text{ kg}$$

$$= \frac{W. \text{semen}}{BJ. \text{semen} \times 1000}$$

$$= \frac{432,20}{3,08 \times 1000} = 0,140 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume absolute agregat kasar} = 1135,138$$

$$= \frac{W. \text{Ag. kasar}}{BJ. \text{Ag. kasar} \times 1000}$$

$$= \frac{1135,138}{2,83 \times 1000} = 0,422 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume udara terperangkap} = 1,9 \% \times 1 \text{ m}^3 = 0,019 \text{ m}^3$$

Jumlah volume padat selain agregat halus:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{tot}} &= \text{vol.air} + \text{vol.semen} + \text{vol.Ag.kasar} + \text{vol.udara} \\
 &= 0,203 + 0,140 + 0,422 + 0,019 \\
 &= 0,785 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume agregat halus} &= 1 - \text{vol.tot} \\
 &= 1 - 0,785 \text{ m}^3 = 0,215 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat agregat halus kering} &= V. \text{ Ag. Halus} \times \text{BJ Ag. Halus} \times 1000 \\
 &= 0,215 \text{ m}^3 \times 2,83 \times 1000 \\
 &= 552,4 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

7. Perkiraan berat pasir setiap 1 m³ beton

Tabel. 4.7 Perkiraan Awal Berat Beton
(Sumber : SNI 7656:2012)

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m ³ *	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Berdasarkan tabel diatas maka perkiraan berat beton adalah 2350.

Sehinggah:

$$\begin{aligned}
 &= W \text{ air bersih} + \text{semen} + \text{agregat kasar} \\
 &= 203,0 + 432,20 + 1135,138 \\
 &= 1770,33
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka berat agregat halus adalah} &= \text{ perkiraan berat beton} - 1770,33 \\
 &= 2350 - 1770 \\
 &= 580 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

8. Koreksi terhadap kadar air

Misalnya kadar air di dapat

$$\text{Agregat kasar} = 1,28\%$$

$$\text{Agregat halus} = 2,46 \%$$

Sehingga berat (massa) penyesuaian berdasarkan kadar air adalah

$$\begin{aligned}
 \text{Agregat kasar (basah)} &= \text{ Agregat kasar} \times \text{ kadar air agregat kasar} \\
 &= 1135,138 \times 1,28\% = 14,546 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Agregat halus (basah)} &= \text{ Agregat halus} \times \text{ kadar air agregat halus} \\
 &= 579,666 \times 2,46\% = 14,264 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Air yang diserap tidak menjadi bagian dari air pencampuran dan harus dikeluarkan dari penyesuaian air dalam air yang ditambah. Maka:

$$\begin{aligned}
 \text{Air yang diberikan agregat kasar} &= \text{ Penyerapan air Ag. Kasar} \times \text{ Ag. Kasar} \\
 &= 1,45 \% \times 1135,14 \text{ kg} = 16,47 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Air yang diberikan agregat halus} &= \text{ Penyerapan air Ag. Halus} \times \text{ Ag. Kasar} \\
 &= 3,04 \% \times 579,666 \text{ kg} = 17,620 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dengan demikian kebutuhan air sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar air Ag. Kasar} + \text{ Kadar air Ag. Halus} &= 14,546 \text{ kg} + 14,264 \text{ kg} \\
 &= 28,810 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Air diberikan Ag. Kasar} + \text{ Air diberikan Ag. Halus} &= 16,47 \text{ kg} + 17,620 \text{ kg} \\
 &= 34,094 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Air yang ditambahkan} &= \text{Air bersih} - \text{total berat kadar air} + \text{total penyerapan air} \\
 &= 203,0 \text{ kg} - 28,810 \text{ kg} + 34,094 \text{ kg} \\
 &= 208,285 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka perkiraan 1 m³ beton:

$$\text{Air yang ditambahkan} = 208,285 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = \frac{\text{Airtambah}}{\text{FAS}}$$

$$= \frac{208,285}{0,470}$$

$$= 443,447 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat kasar} = (\text{W.ag. kasar} + \text{W kadar air ag. Kasar}) - \text{W.penyerapan ag.kasar}$$

$$= 1135,14 + 14,54 - 16,47$$

$$= 1133,209 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat halus} = (\text{W.ag. halus} + \text{W.kadar air ag. Halus}) - \text{W.penyerapan ag.Halus}$$

$$= 579,666 + 14,246 - 17,620$$

$$= 576,310 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah Berat jenis Beton} = \text{Ait tambah} + \text{Semen} + \text{Ag kasar} + \text{Ag halus}$$

$$= 208,285 + 443,447 + 1133,209 + 576,310$$

$$= 2361,251 \text{ kg}$$

Kebutuhan campuran berdasarkan perkiraan massa betonn (kg)

Tabel. 4.8 *Mix design* berdasarkan SNI 7656:2012
(Sumber: Hasil olah laboratorium 2022)

No	Uraian	Nilai
1	Kuat tekan karakteristik umur 28 hari (f_c')	25 MPa
2	Nilai margin/nilai tambah (M)	10,03 MPa
3	Kekuatan rata-rata yang hendak dicapai (f_{cr}')	35.03 MPa
4	Jenis semen (PC)	Jenis I
5	Jenis agregat halus	Alami
6	Jenis agregat kasar	Pecah
7	Faktor air semen (FAS)	0,470
8	Slump (untuk plat, balok, kolom, dinding)	75 - 100 mm
9	Ukuran agregat maksimum	20 mm
10	Daerah gradasi agregat kasar	Zona 4
11	Daerah gradasi agregat halus	Zona 1
12	Berat jenis beton	2361, 251 kg/m ³
13	Kebutuhan air	203,0 liter
14	Kebutuhan semen Portland	432, 20 kg/m ³
15	Kebutuhan agregat halus	579,7 kg/m ³
16	Kebutuhan agregat kasar	1135,138 kg/m ³

Maka diperoleh perbandingan antara agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), semen, dan air untuk kebutuhan campuran beton 1 m³ berdasarkan nilai perkiraan massa beton:

1. Pasir = 579,7 kg/m³
2. Kerikil = 1135, 1 kg/m³
3. Semen = 432, 20kg/m³
4. Air = 203,0 liter

Analisa kebutuhan air, semen, pasir dan kerikil untuk 3 benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan panjang 300 mm, yaitu:

Sehinggah :

Dibutuhkan beton berbentuk selinder = 3 selinder

Diameter (d) = 0,15 m

Tinggi (h) = 0,3 m

$$1. \text{ Volume 3 selinder} = 3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 0,15^2 \times 0,30$$

$$= 0,016 \text{ m}^3$$

Agar tidak terjadi kekurangan bahan maka diperlukan penambahan volume silinder sebesar 15%, dengan analisis sebagai berikut:

$$\text{Volume total 3 silinder} = 0,016 + (15\% \times 0,016)$$

$$= 0,016 + 0,0024$$

$$= 0,0183 \text{ m}^3$$

Kebutuhan untuk 3 silinder beton normal adalah:

$$\text{Air} = \text{V.total 3 selinder} \times \text{Perkiraan massa air}$$

$$= 0,0183 \times 203,0 \text{ Kg} = 3,71 \text{ liter}$$

$$\text{Semen} = \text{V.total 3 selinder} \times \text{V.perkiraan massa semen}$$

$$= 0,0183 \times 432,20 \text{ Kg} = 7,90 \text{ Kg}$$

$$\text{Pasir} = \text{V.total 3 selinder} \times \text{V.perkiraan massa pasir}$$

$$= 0,0183 \times 579,7 \text{ Kg} = 10,60 \text{ Kg}$$

$$\text{Kerikil} = \text{V.total 3 selinder} \times \text{V. perkiraan massa kerikil}$$

$$= 0,0183 \times 1135,1 \text{ Kg} = 20,76 \text{ Kg}$$

Analisa kebutuhan air, semen, pasir dan kerikil untuk 2 benda uji berbentuk balok dengan ukuran lebar 15 cm, tinggi 15 cm dan panjang 60 cm, yaitu:

$$\text{Lebar (d)} = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi (h)} = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Panjang (l)} = 0,6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume 2 balok} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \times 2 \\ &= 0,6 \times 0,15 \times 0,15 \times 2 \\ &= 0,0135 \times 2 \\ &= 0,027 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Agar tidak terjadi kekurangan bahan maka diperlukan penambahan volume balok sebesar 10 %, dengan analisis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume tambahan} &= 10\% \times 0,027 \\ &= 0,0027 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume total} &= \text{V. total balok} + \text{V. tambahan} \\ &= 0,027 + 0,0027 \\ &= 0,0297 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Kebutuhan untuk 2 balok beton normal adalah:

$$\begin{aligned} \text{Semen} &= \text{V. total 2 balok} \times \text{Nilai perkiraan massa semen} \\ &= 0,0297 \times 432,20 \\ &= 12,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pasir} &= \text{V. total 2 balok} \times \text{Nilai perkiraan massa pasir} \\ &= 0,0297 \times 579,7 = 17,20 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kerikil} &= V. \text{ total 2 balok} \times \text{Nilai perkiraan massa kerikil} \\
 &= 0,0297 \times 1135,1 \\
 &= 33,7 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Air} &= V. \text{ total 2 balok} \times \text{Nilai perkiraan massa air} \\
 &= 0,0297 \times 203,0 \\
 &= 6,0 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Analisa kebutuhan larutan air gula untuk variasi 0,2% sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume larutan gula} &= \text{kebutuhan larutan gula} \times \text{air} \\
 &= 0,2\% \times 203,0 \\
 &= 0,406 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Sehinggah kebutuhan larutan gula dan berat air pada variasi 0,2% untuk 3 selinder sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Larutan gula variasi 0,2\%} &= V. \text{ total silinder} \times V. \text{ larutan gula} \\
 &= 0,0183 \times 0,406 \\
 &= 0,01 \text{ liter} \\
 \text{Berat air pada variasi 0,2\%} &= V. \text{ total silinder} \times (\text{air} - \text{kebutuhan air gula}) \\
 &= 0,0183 \times (203,0 - 0,406) \\
 &= 0,0183 \times 202,6 = 3,71 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Sehinggah kebutuhan larutan gula dan berat air pada variasi 0,2% untuk 2 balok sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Larutan gula variasi 0,2\%} &= V. \text{ total balok} \times V. \text{ larutan gula} \\
 &= 0,027 \times 0,406 = 0,1 \text{ liter} \\
 \text{Berat air pada variasi 0,2\%} &= V. \text{ total balok} \times (\text{air} - \text{kebutuhan air gula}) \\
 &= 0,027 \times (203,0 - 0,406) \\
 &= 0,027 \times 202,6 = 5,47 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Analisa kebutuhan larutan air gula untuk variasi 0,5% sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Volume larutan gula} &= \text{kebutuhan larutan gula} \times \text{air} \\ &= 0,5\% \times 203,0 \\ &= 1,015 \text{ liter}\end{aligned}$$

Sehinggah kebutuhan larutan gula dan berat air pada variasi 0,5% untuk 3 selinder sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Larutan gula variasi 0,5\%} &= \text{V.total silinder} \times \text{V.larutan gula} \\ &= 0,0183 \times 1,015 \\ &= 0,02 \text{ liter} \\ \text{Berat air pada variasi 0,5\%} &= \text{V.total silinder} \times (\text{air-kebutuhan air gula}) \\ &= 0,0183 \times (203,0 - 1,015) \\ &= 0,0183 \times 201,99 = 3,69 \text{ kg}\end{aligned}$$

Sehinggah kebutuhan larutan gula dan berat air pada variasi 0,5% untuk 2 balok sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Larutan gula variasi 0,5\%} &= \text{V.total balok} \times \text{V. larutan gula} \\ &= 0,027 \times 1,015 = 0,3 \text{ liter} \\ \text{Berat air pada variasi 0,5\%} &= \text{V.total balok} \times (\text{air} - \text{kebutuhan air gula}) \\ &= 0,027 \times (203,0 - 1,015) \\ &= 0,027 \times 201,99 = 5,45 \text{ kg}\end{aligned}$$

Tabel 4.9 *Mix design* kebutuhan bahan material untuk 3 silinder
Sumber: Hasil olah laboratorium 2022

NO	Variasi Campuran (%)	Semen (Kg)	Kerikil (Kg)	Pasir (Kg)	Air (Kg)	Larutan gula (l)
1	Normal	7,90	20,76	10,60	3,71	0
2	0, 2%	7,90	20,76	10,60	3,71	0,01

3	0,5%	7,90	20,76	10,60	3,69	0,02
---	------	------	-------	-------	------	------

Tabel 4.10 *Mix design* kebutuhan bahan material untuk 2 balok
Sumber: Hasil olah laboratorium 2022

NO	Variasi Campuran (%)	Semen (Kg)	Kerikil (Kg)	Pasir (Kg)	Air (Kg)	Larutan gula (l)
1	Normal	12,84	33,71	17,22	6,03	0
2	0,2%	12,84	33,71	17,22	5,47	0,02
3	0,5%	12,84	33,71	17,22	5,45	0,03

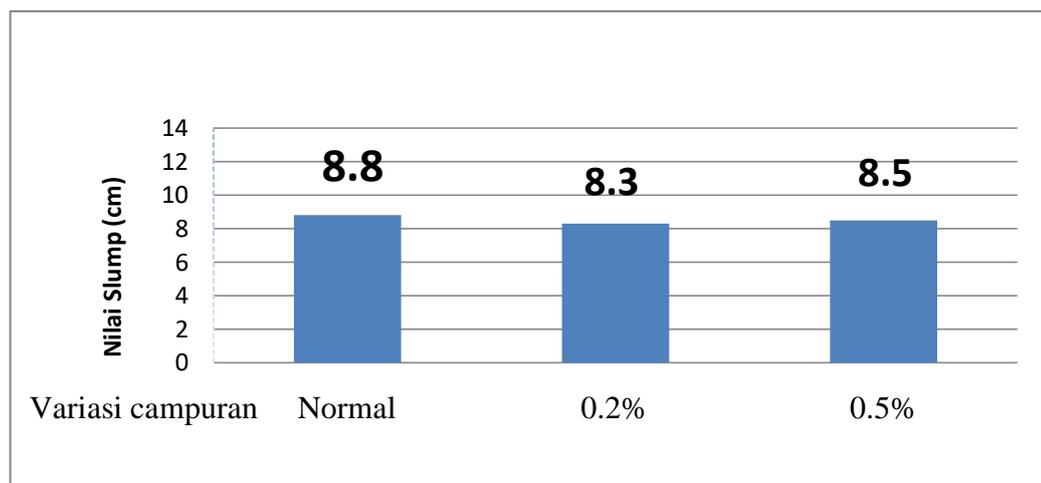
C. Pengujian Nilai Slump

Pengujian nilai *Slump test* dilakukan dengan menggunakan kerucut *abrams*, dengan membasahi kerucut *abrams* terlebih dahulu kemudian menempatkannya ditempat yang rata. Kemudian diisi dengan beton segar sebanyak 3 lapis, setiap lapisan diisi 1/3 dari volume kerucut *abrams* dan ditusuk sebanyak 25 kali dan penusukan dilakukan hingga mencapai bagian bawah dari setiap lapisan setelah pengisian kerucut selesai bagian atasnya diratakan. Dalam waktu sekitar 30 detik kerucut diangkat lurus vertikal secara perlahan, kemudian tentukan nilai *slump* dengan cara mengukur tinggi campuran selisih dengan tinggi kerucut

Tabel 4.11 Hasil pengujian nilai *Slump test*
Sumber: Hasil olah laboratorium 2022)

NO	Variasi Campuran	Waktu campur (menit)	Slump rencana (mm)	Slump lapangan (mm)
1	Normal	± 10	75 - 100	8,8
2	0,2%			8,3
3	0,5%			8,5

Berdasarkan **Tabel 4.11** memberikan penjelasan tentang perbandingan nilai *Slump test* antara beton normal dan beton yang menggunakan variasi campuran larutan gula pasir. Dimana pada beton normal dan variasi penambahan didapatkan nilai *Slump test* yang memenuhi slump rencana.



Grafik 4.1 Nilai Hasil Uji Slump

Grafik di atas menjelaskan bahwa penambahan larutan gula pasir tidak berpengaruh signifikan terhadap workability beton segar. Adapun nilai slump untuk masing-masing variasi penambahan larutan gula pasir untuk 0% 8,8 cm, 0.2% 8,3 cm, dan 0.5% 8,5 cm

D. Pengujian Waktu Ikat

Pengujian waktu ikat dilakukan dengan menggunakan alat vicat dan benda uji berupa pasta semen dengan penambahan larutan gula pada variasi 0%, 0,2%, dan 0,5% masing-masing pasta semen dibuat tiga sampel.

Pengujian waktu ikat bertujuan untuk mengetahui waktu ikat awal (initial setting time) dan waktu ikat akhir (final setting time) suatu pasta semen dengan variasi larutan gula yang sudah ditentukan. Ikatan awal tercapai apabila ujung jarum vicat (beban 300 g) pada alat vicat. Setelah dilepas bebas menembus pasta semen selama 30 detik dan berhenti pada jarak 5-7 mm. Sedangkan ikatan akhir terjadi pada ujung jarum vicat tidak bisa menembus pasta semen atau nilai vicat maksimum (40 mm).

Hasil pengujian waktu ikatan sesudah dirata-rata dapat dilihat pada tabel 4.12. pengujian dilakukan selama 1x24 jam bila selama 1x24 jam semen belum mengalami ikatan akhir maka pengujian waktu ikat pasta semen dihentikan.

Tabel 4.12 Hasil pengujian waktu ikat
Sumber: (Hasil olah laboratorium 2023)

No	Variasi	Waktu pengikat (jam)	
		Awal	Akhir
1	0%	1,54	2,45
2	0,2%	3,50	7,15
3	0,5%	5,10	9,30

E. Kuat Tekan

Setelah dilakukannya pembuatan, uji slump, dan perawatan benda uji silinder, selanjutnya yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan benda uji. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji umur 28 hari dengan mutu

beton karakteristik ($f'c$) direncanakan sebesar 25 MPa. Jumlah sampel yang disiapkan sebanyak 9 buah dengan perincian tiga sampel untuk masing-masing dari 3 (tiga) variasi larutan gula, yaitu 0% , 0,2%, 0,5% masing-masing benda uji berupa selinder beton dengan ukuran 150 x 300 mm dengan luas penampang rata-rata 17662,500mm². Perencanaan campuran (mix design) menggunakan metode SNI 7656:2012.

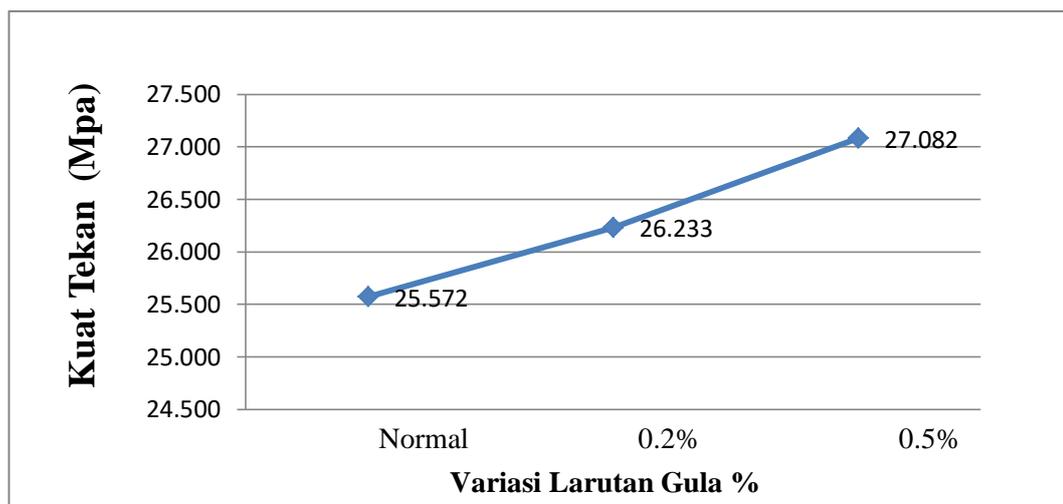
Adapun hasil pengujian kuat tekan untuk masing-masing benda uji dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.13 Hasil pengujian kuat tekan beton dari masing- masing benda uji
sumber: hasil olah data

Variasi Beton	Umur (hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Kuat tekan (Mpa)	Kuat tekan rata (Mpa)
0%	28	12,120	460	24,628	25,572
0%	28	12,115	440	24,912	
0%	28	12,130	455	25,478	
0,2%	28	12,060	450	25,478	26,233
0,2%	28	12,130	460	26,044	
0,2%	28	12,125	480	27,176	
0,5%	28	12,050	490	27, 742	27,082
0,5%	28	12,145	465	26,327	
0,5%	28	12,100	480	27,176	

Tabel di atas menjelaskan bahwa, kuat tekan rata-rata beton yang didapatkan dari variasi 0% sebesar 25,006 MPa, dari variasi 0,2% sebesar 26,233

MPa, dan dari variasi 0,5% sebesar 27,082 MPa pada umur rendaman 28 hari. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan larutan gula maka semakin meningkat kuat tekan yang dihasilkan.



Grafik 4.2 Kuat tekan beton karakteristik f'_c masing-masing variasi benda uji
sumber: hasil olah data

Grafik di atas menjelaskan bahwa semakin banyak penambahan larutan gula maka semakin meningkat kuat tekan yang dihasilkan. Dimana kuat tekan yang dihasilkan pada umur beton 28 hari dari variasi beton normal sebesar 25,572 MPa, Selanjutnya penambahan larutan gula dengan variasi 0,2% menghasilkan kuat tekan 26, 233 MPa atau mengalami kenaikan sebesar 3% dari beton normal (variasi 0%) dan penggunaan larutan gula 0,5% menghasilkan kuat tekan 27.082 MPa atau 6,% dari beton normal. Sehingga dapat disimpulkan bahwa setiap penambahan larutan gula mengalami kenaikan kuat tekan sekitar 3%.

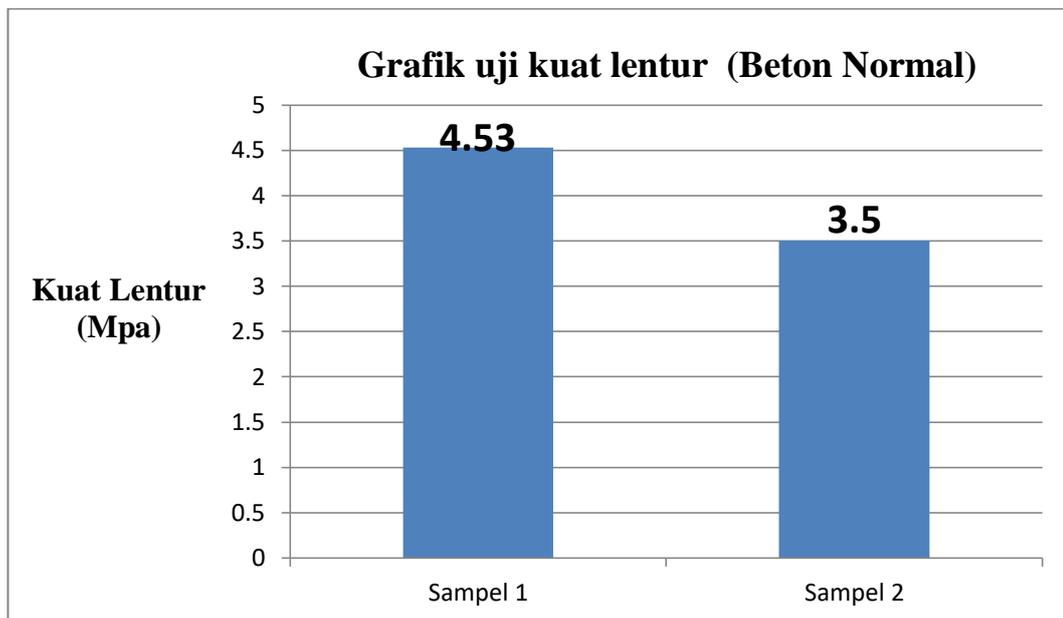
F. Kuat Lentur

Tahap selanjutnya adalah kuat lentur benda uji balok berikut pembuatan, uji slump, dan pemeliharaannya. Enam sampel benda uji berumur 28 hari digunakan untuk uji kuat lentur, dengan mutu beton rencana 20 Mpa pada masing-masing variasi larutan gula 0%,0,2%, dan 0,5%. Ada dua sampel yang diambil untuk setiap variasi campuran adalah sebagai berikut :

Tabel 4.14 Hasil pengujian kuat lentur variasi 0% larutan gula
(*Sumber hasil olah data*)

Sampel	Detik	Berat (Kg)	Beban (Kn)	Modulus Of Repture (Mpa)	Ket
1	3	32,900	0,00	0,00	
	4	32,800	8,00	0,13	retak
	5	31,900	16,00	4,53	patah
2	3	31,650	0,00	0,00	
	4	31,700	14,00	3,47	patah

Tabel diatas menjelaskan bahwa, jumlah beban maksimum 30,00 Kn dengan rata-rata 15,00 Kn dan jumlah modulus of repture 8,00 Mpa dengan rata-rata 4,00 Mpa. Pada detik ke 5 sampel pertama patah dengan beban 16,00 Kn sedangkan sampel 2 patah pada detik ke 4 dengan beban sebesar 14,00 Kn.



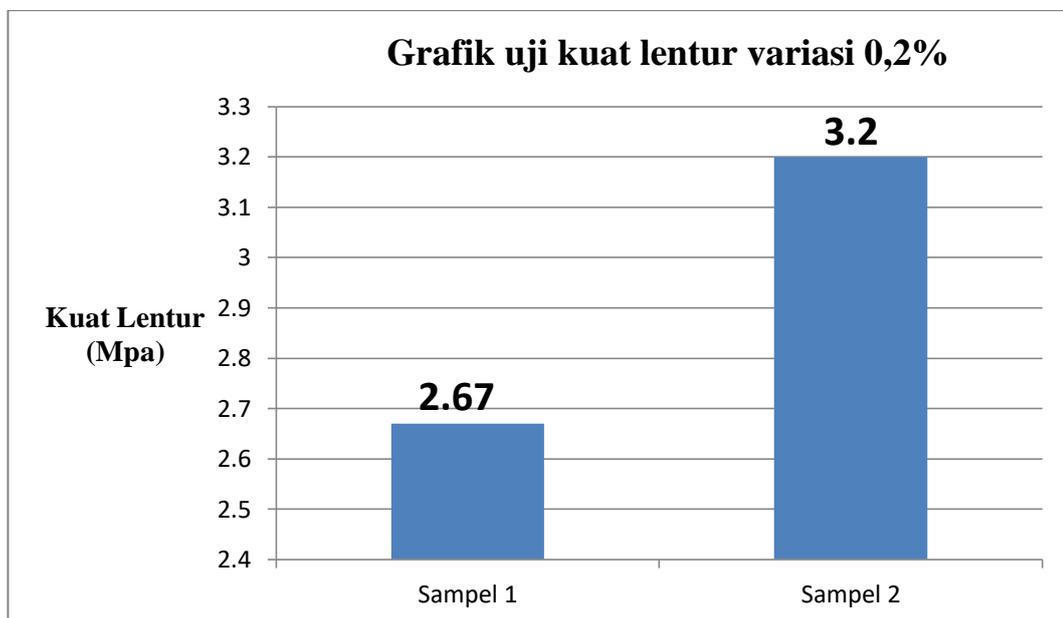
Grafik 4.3 Hasil Uji Kuat Lentur Variasi 0% Larutan Gula
(hasil Sumber olah data.)

Grafik diatas menjelaskan bahwa kuat lentur beton normal sampel 1 sebesar 4,53 MPa dan sampel 2 mengalami penurunan dari sampel 1 dengan modulus of repture sebesar 3,47 MPa. Dan nilai rata-rata yang di dapatkan yaitu 4,00 MPa.

Tabel 4.15 Hasil pengujian kuat lentur variasi 0,2% larutan gula
(sumber olah data)

Sampel	Detik	Berat (Kg)	Beban (Kn)	Modulus Of Repture (Mpa)	Ket
1	4	32,670	0,00	0,00	
	5	32,670	0,00	0,00	
	6	32,670	10,00	2,67	patah
2	3	32,340	0,00	0,00	
	4	32,340	12,00	3,20	patah

Tabel diatas menjelaskan bahwa pada variasi 0,2% larutan gula jumlah beban maksimum 22,00 Kn dengan rata-rata 11,00 Kn dan jumlah modulus of rapture 5,87 MPa dengan rata-rata 3.00 MPa. Sampel pertama patah pada detik ke 6 (enam) dengan beban sebesar 10,00 Kn, sedangkan sampel kedua patah pada detik ke 4 (empat) dengan beban sebesar 12,00 Kn.



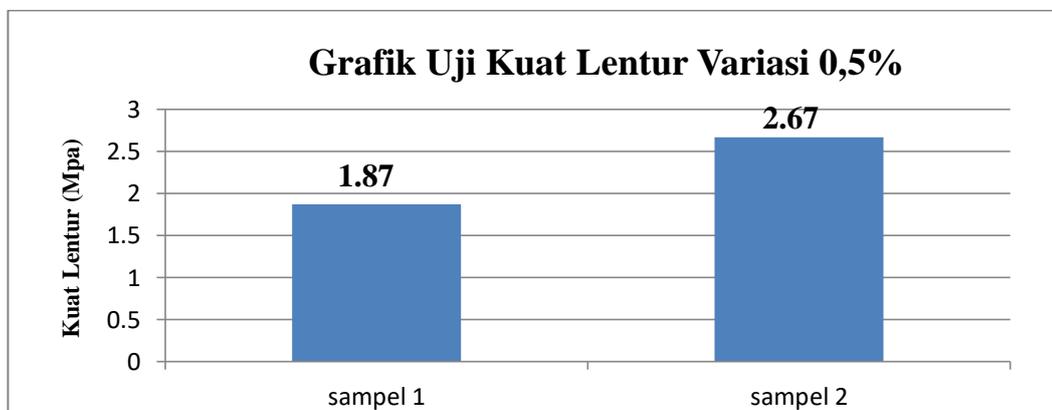
Grafik 4.3 Hasil Uji Kuat Lentur Variasi 0,2% Larutan Gula
(hasil Sumber olah data.)

Grafik diatas menjelaskan kuat lentur beton variasi 0, 2% larutan gula dengan modulus of repture sampel 1 sebesar 2,67 MPa dan sampel 2 sebesar 3,20 MPa. Dan nilai rata-rata yang didapatkan yaitu 2,93 Mpa.

Tabel 4.16 Hasil pengujian kuat lentur variasi 0,5% larutan gula
sumber: hasil olah data

Sampel	Detik	Berat (Kg)	Beban (Kn)	Modulus Of Repture (Mpa)	Ket
1	2	32,250	0,00	0,00	
	3	32,250	7,0	1,87	patah
2	4	32, 210	0,00	0,00	
	5	32, 210	10	2,67	patah

Tabel diatas menjelaskan bahwa, jumlah beban maksimum 17,00 Kn dengan rata-rata 8,50 Kn dan jumlah modulus of repture 4,53 MPa dengan rata-rata 2, 27 MPa. Sampel pertama patah pada detik ke 3(tiga) dengan beban sebesar 7,0 Kn, sedangkan sampel kedua patah pada detik ke 5 (lima) dengan beban sebesar 10 Kn.



Grafik 4.3 Hasil Uji Kuat Lentur Variasi 0,5% Larutan Gula
(Sumber: hasil olah data.)

Grafik diatas menjelaskan bahwa kuat lentur beton variasi 0,5% larutan gula pada sampel 1 memiliki modulus of repture yang lebih kecil dari pada sampel 2 dengan nilai sebesar 1,87 dan sampel ke 2 sebesar 2,67 MPa. Dan diperoleh nilai rata-rata sebesar 2,27 MPa.

G. Hubungan kuat tekan dan kuat lentur

Hasil nilai kuat lentur dan kuat tekan dapat diperoleh nilai korelasi dengan dilakukan rumus korelasi *product moment*. Kuat tekan beton akan diplot pada sumbu x, dan pada sumbu y akan diplot nilai kuat lentur beton, lalu akan dicari nilai koefisien korelasi yang didapat, merupakan pendekatan dari hubungan dari kuat tekan beton dan kuatlentur

Dari hubungan kuat tekan dan lentur beton yang telah dilakukan pengujian dibandingkan dengan nilai hubungan pada SNI 2847:2013 dapat kita ketahui kesesuaian antara hubungan kuat tekan dengan kuat lentur beton mengalami peningkatan. sesuai dengan formula SNI2847 :2013

Pada SNI 2487:2013 telah dinyatakan hubungan dengan suatu formula, yaitu $f_r = 0.62\sqrt{f_c}$ yang memiliki kuat tekan minimum dan kuat lentur belum terpenuhi dalam kesesuaian pada formula yang ada pada SNI 2487:2013.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian penggunaan larutan gula dari masing-masing variasi beton yang telah dilakukan di laboratorium, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian menjelaskan bahwa semakin banyak penambahan larutan gula maka semakin meningkat kuat tekan yang dihasilkan. Dimana kuat tekan yang dihasilkan pada umur beton 28 hari dari variasi beton 0% (tanpa larutan gula) sebesar 25,572 MPa, Selanjutnya penambahan larutan gula dengan variasi 0,2% menghasilkan kuat tekan 26, 233 MPa atau mengalami kenaikan sebesar 3% dari beton normal (variasi 0%) dan penggunaan larutan gula 0,5% menghasilkan kuat tekan 27.082 MPa atau mengalami kenaikan 6% dari beton normal. Sehingga setiap penambahan larutan gula mengalami kenaikan kuat tekan sekitar 3%.

Untuk pengujian kuat lentur menunjukkan bahwa kekuatan lentur rata-rata pada variasi 0% (beton normal) sebesar 4,00 MPa, variasi 0,2 % dan 0,5% larutan gula dengan kuat lentur sebesar 2,93 MPa dan 2,7 MPa nilai tersebut mengalami penurunan sebesar 7,2 dari beton normal.

2. Waktu ikat awal beton pada variasi 0% membutuhkan waktu ikat awal selama 1-2 jam sedangkan waktu ikat akhir membutuhkan waktu selama 2-3 jam, pada variasi 0,2 % membutuhkan waktu Ikat awal selama 3-4 jam sedangkan waktuikat akhir membutuhkan waktu ikat selama 7 jam, dan pada variasi 0,5%

3. membutuhkan waktu ikat awal sebesar 5 jam sedangkan waktu ikat akhir membutuhkan waktu sebesar 9 jam.

B. Saran

Adapun saran-saran yang dapat diberikan untuk penelitian lebih lanjut mengenai atau tentang hal pengaruh larutan gula pasir terhadap ikatan awal semen ditinjau dari nilai kuat tekan dan kuat lentur beton adalah sebagai berikut:

1. Pengujian setting time pada pasta semen sangat dipengaruhi oleh suhu, oleh karena itu suhu ruangan harus dijaga kondisinya tetap konstan pada 20 derajat Celsius.
2. Untuk mengetahui perkembangan kuat tekan dan kuat lentur beton maksimal yang dapat dicapai dengan pengujian penggunaan larutan gula pasir disarankan untuk melakukan pengujian dengan umur yang lebih bervariasi.
3. Diperlukan pengamatan yang akurat pada pengujian ikatan awal semen dengan variasi campuran 0,2% dan 0,5% sehingga diperoleh kadar gula yang benar-benar optimum (tepat dosis) sebagai bahan set reterder.

DAFTAR PUSTAKA

- Asmayanti, N. Suhana, A. (2015) *Pengunaan gula pasir sebagai bahan campuran permerlambat pengerasan beton (RETARDER) ditinjau dari kuat tekan*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik wiralodra, indramayu sekolah tinggi teknonologi mandala.
- Alfazar, Y. Yanti, G. Megasari, S. W. (2018) *pengaruh variasi campuran gula pasir terhadap kuat tekan mortar semen*. Program Studi Teknik Sipil, universitas lancing kuning.
- Asik, J. Zakariah, A. (2017) *Kuat tekan dan kuat lentur beton dengan menggunakan bahan tambah air tebu*. Dosen jurusan teknik sipil politeknik negeri ujung pandang makassar.
- Bunganaen, W. Hunggurami. E, Beingala. Y, (2016) *Pengaruh penambahan gula pasir terhadap kuat tekan dan sifat kedap air mortar*. Teknik Sipil Universitas fst undana.
- Chistina, S. Kristanto, D. Hafisuddin, F. Olivia, M. (2022) *Ketahanan mortar ringan campuran gula aren dan ragi pada suhu tinggi*. Program studi s1 teknik sipil universitas riau.
- Desmi, A. (2014) *Analisis penggunaan gula pasir sebagai reterder pada beton*. jurusan teknik sipil fakultas teknik universitas malikussaleh.
- Fauzan, R.. R.. Sofyan, Muliadi. (2021) *Pengaruh variasi kadar gula gula pasir terhadap perubahan waktu pengerasan semen dan kuat tekan mortar*. Jurusan teknik sipil universitas malikussaleh.
- Hijrah, Sariman. S. Rura, M. L. (2021) *Pengaruh serbuk arang briket terhadap kuat tekan beton dengan bahan tamba larutan gula pasir*. Jurusan teknik sipil fakultas teknik universitas bosowa.
- Puryanto, Absor. M, Subrianto. A. (2014) *Pengaruh penambahan gula pasir terhadap setting time semen dan kuat tekan mortar yang menggunakan pasir lokal*. Staf pengajar jurusan teknik sipil polsri

- Rajela. A, Eswahyudi. (2019) *Pengaruh penambahan gula pasir terhadap waktu pengerasan awal (initial setting) dan kekuatan beton k-250*. Jurusan teknik sipil fakultas teknik universitas iba Palembang
- Surono. A, (2020)) *Pengaruh variasi pemakaian larutan gula pasir terhadap ikatan awal semen dan kuat tekan beton*. Program studi teknik sipil fakultas teknik universitas muhammadiyah surakarta
- Sari. N, P, (2017).*pengaruh penambahan gula aren terhadap setting time dan ketahanan mortar terhadap temperature tinggi*. Dosen jurusan teknik sipil sekolah tinggi teknologi pekanbaru.
- Santoso. A, (20120) *Pemanfaatan limbah tetes tebu sebagai alternatif pengganti set reterder dan water producer untuk bahan tambah beton*. Jurusan pendidikan telnik sipil dan perencanaan ft uny
- SK SNI S-18-1998 -03 Batas-batas gradasi agregat kasar
- SK SNI S-18-1990-03 Batas-batas gradasi agregat halus
- SNI 1974: 2011 Persyaratan kekerasan agregat kasar
- SNI 7656: 2012 Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa
- SNI 7656-2012 Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal
- SNI 1974: 2011 Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji slinder
- SNI 03-4431-1997 Metode pengujian kuat lentur
- Trimurtiningrum. R, Sutriyono. B, Arrowrichta. B, Watu. H, B, Misrawi. (2020) *Pengaruh bahan tambah gula pasir terhadap waktu pengikatan dan kuat tekan*. Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik universitas 17 agustus 1945 surabaya.
- Universitas Muhammadiyah Parepare. (2021). *Buku Panduan Penulisan Skripsi*, FT-UMPAR.