BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Beton telah menjadi salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain-lain. Beton merupakan suatu material yang menyerupai batu, diperoleh dengan membuat suatu campuran yang mempunyai proporsi tertentu dari semen, pasir, koral atau agregat lainnya, dan air untuk membuat campuran tersebut menjadi keras dalam cetakan sesuai dengan bentuk dan dimensi struktur yang diinginkan sehingga menjadi satu kesatuan yang homogen, campuran tersebut akan mengeras seperti batuan, pengerasan terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara semen dengan air. "Semen bereaksi secara kimiawi untuk mengikat partikel agregat tersebut menjadi suatu massa yang padat" (G. Nilson dan Winter, 1993)

Indonesia merupakan negara agraris penghasil beras di Asia Tenggara. Berdasarkan hal tersebut banyak sekali limbah padi yang di hasilkan, yaitu berupa sekam dan Jerami padi (Sutrisno, A. E., Kartikasari D, 2017: 63-64). Jerami padi merupakan limbah pertanian melimpah yang jarang dimanfaatkan masyarakat sebagai bahan tambahan pembuatan beton. Masyarakat biasanya memanfaatkan Jerami untuk pakan ternak. Jerami memiliki kandungan mineral yang sama dengan kandungan mineral pada semen.

Sebagai contoh, penulis mengambil jerami padi varietas empire 4 dari Desa Botto Kecamatan Pitu Riase Kabupaten Sidenreng Rappang. Desa Botto

memiliki area sawah seluas 3.372 ha. Penanaman padi varietas empire 4 menghasilkan panen rata-rata seberat 5 ton/ha dengan umur penanaman selama 110-120 hari. Dari panen tersebut menghasilkan limbah jerami padi sebesar 2 ton/ha. Bisa disimpulkan bahwa setiap panen Desa Botto menghasilkan limbah jerami sebesar 6.744 ton. Sangat disayangkan apabila jerami sebanyak itu tidak bisa dimanfaatkan secara maksimal.

Untuk lebih mengefisienkan bahan yang tidak terpakai atau limbah sebagai penyediaan bahan bangunan maka digunakan limbah jerami sebagai bahan tambah dari bahan bangunan yang sudah ada sebelumnya dan bisa dipakai seperti penelitian yang dilakukan oleh Abdul Widayat Abzarih pada tahun 2021. Penggunaan limbah jerami untuk campuran beton juga dapat mengurangi efek pencemaran lingkungan di daerah persawahan. Pemilihan jerami sebagai serat dikarenakan bahan ini mudah didapat dan mempunyai nilai ekonomis. Selain itu, penelitian ini akan menggunakan bahan tambah kimia additive beton mix.

Bahan kimia additive beton mix, apabila digunakan sebagai campuran adukan beton akan mempercepat pengerasan beton, meningkatkan mutu beton, dapat mengurangi penggunaan air hingga 30% dari kebutuhan air normal, dan berpengaruh juga pada peningkatan kuat tekan beton hingga 20% ketika beton berumur 28 hari.

Berdasarkan dari latar belakang di atas penulis merasa tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul **“Pengaruh Penambahan Jerami dan Additive Beton Mix Terhadap Kuat Tekan Beton”.**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka perumusan masalah yang dapat diambil adalah sebagai berikut yaitu:

1. Bagaimana pengaruh penambahan Jerami 5% dan 10% serta penambahan additive beton mix sebanyak 1% terhadap kuat tekan beton pada umur 7, 14, dan 28 hari?
2. Bagaimana kelayakan beton normal dengan beton dengan campuran Jerami 5% dan 10% serta penambahan additive beton mix sebanyak 1% untuk digunakan dalam konstruksi?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan Jerami 5% dan 10% serta penambahan additive beton mix sebanyak 1% terhadap kuat tekan beton pada umur 7, 14, dan 28 hari.
2. Untuk mengetahui kelayakan beton normal dengan beton dengan campuran Jerami 5% dan 10% serta penambahan additive beton mix sebanyak 1% untuk digunakan dalam konstruksi.

D. Batasan Masalah

Agar penulisan ini dapat terarah dan sesuai dengan tujuan, maka diperlukan pembatasan masalah, yaitu sebagai berikut :

1. Mutu beton yang direncanakan adalah fc’ 25 Mpa

2. Material yang digunakan adalah jerami varietas empire 4 dengan panjang 5 cm dan *additive beton mix*. Variasi yang digunakan sebesar 5% dan 10% berasal dari kabupaten Sidenreng Rappang
3. Menggunakan metode SNI 03-2834-2000 perencanaan campuran (*Mix Design*)
4. Campuran beton dicetak berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm
5. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari
6. Jumlah sampel untuk semua variasi campuran beton yaitu sebanyak 27 buah

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang dilakukan penulis yaitu :

1. Memanfaatkan jerami sebagai material tambahan untuk campuran beton.
2. Agar masyarakat dapat lebih mengetahui fungsi lebih dari jerami.

F. Sistematika Penulisan

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

BAB I PENDAHULUAN.

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

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Dalam bab ini membahas tentang dasar teori mengenai rumus-rumus pada penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini terdapat gambaran umum alur peneletian, mulai waktu dan lokasi penelitian, serta diagram alir penelitian tersebut.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas secara keseluruhan tentang hasil penelitian yang dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran keseluruhan penulis berdasarkan dari hasil analisa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. 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).

Bagian penyusun beton, atau bahan dasar, bahan tambahan, teknik pembuatan, dan alat semuanya memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kualitasnya. Beton akan memiliki kualitas yang lebih tinggi jika bahan yang digunakan, campuran, proses pembuatan, dan alat yang digunakan semuanya baik dan berkualitas tinggi. Semen, agregat halus dan agregat kasar, air, dan bahan lain yang digunakan untuk tujuan tertentu merupakan komponen utama beton.

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

a) Keuntungan pemakain beton adalah sebagai berikut:
    1) Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
    2) Mampu menerima kuat tekan.
    3) Tahan terhadap temperature yang tinggi.
    4) Biaya pemeliharaan yang kecil.

b) Kerugianan pemakain beton adalah sebagai berikut:
    1) Bentuk yang telah dibuat sulit untuk diubah.
    2) Beton menyusut bila mengalami kekeringan.
    3) Konstruksi yang menggunakan beton memiliki daya pantul suara yang besar.

1. Riwayat perkembangan beton

Penggunaan beton dan bahan-bahan vulkanik seperti abu *pozzolan* sebagai pembentukannya telah dimulai sejak zaman Yunani dan Romawi, bahkan mungkin sebelum itu (Nawy, 1985:2-3). Penggunaan bahan beton bertulang secara intensif diawali pada awal abad ke sembilan belas. Pada tahun 1801, F.Coignet menerbitkan tulisannya mengenai prinsip-prinsip kontruksi dengan meninjauh kelembapan bahan beton terhadap taruknya. Pada tahun 1850, J.L.Lambot untuk pertama kalinya membuat kapal kecil dari bahan semen untuk dipamerkan untuk pameran dunia tahun 1855 di Paris. J.Monier seorang ahli ditaman dari Paris, mematenkan rangka metal sebagai tulangan beton untuk

mengatasi taruknya yang digunakan untuk tempat tanamannya. Pada tahun 1886, koenen menerbitkan tulisan mengenai teori dan perancangan struktur beton. C.A.P tumer mengembangkan plat slab tanpa balok pada tahun 1906.

Seiring dengan kemajuan besar yang terjadi dalam bidang ini, terbentuklah *German Committee Reinforce Concrete, Australian Concrete Committee, American Concrete Institute,* dan *British Concrete Institute.* Diindonesia sendiri, departemen pekerjaan umum selalu mengikuti perkembangan beton melalui Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan (LPMB). Melalui lembaga ini diterbitkan peraturan-peraturan standar beton yang biasanya mengadopsi peraturan internasional (*code standard international*) yang disesuai dengan kondisi bahan dan jenis bangunan diindonesia.

Perkembangan yang cepat dalam bidang seni serta analisis perancangan dan konstruksi beton telah menyebabkan dibangunnya struktur-struktur beton yang sangat khas (Nawy, 1985) seperti auditorium kresge dibostom, Marina Tower, Lake Point Tower di Chicago, dan Keong Mas di Taman Mini Indonesia.

2. Kelebihan dan Kekurangan Beton

Dalam keadaan yang mengeras, beton bagaikan batu karang dengan kekuatan tinggi. Dalam keadaan segar, beton dapat diberi bermacam bentuk, sehingga dapat digunakan untuk membentuk seni arsitektur atau semata-mata untuk tujuan dekoratif. Beton juga akan memberikan hasil akhir yang bagus jika pengolahan akhir dilakukan dengan cara khusus, umpannya diekspose agregatnya

(agregat yanga mempunyai bentuk yang bertekstur seni tinggi diletakkan dibagian luar, sehingga Nampak jelas pada permukaan betonnya). Selain tahan terhadap serangan korosi, secara umum kelebihan dan kekurangan beton adalah:

a) Kelebihan Beton
    1) Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
    2) Mampu memimukul beban yang berat.
    3) Tahan temperature yang tinggi.
    4) Biaya pemiliharaan yang kecil.
b) Kekurangan Beton
    1) Bentuk yang telah dibuat sulit untuk diubah
    2) Pelaksanaan pekerjaan memiliki ketelitian yang tinggi
    3) Berat
    4) Daya pantul suara yang besar

Sebagian besar bahan pembuat beton adalah bahan lokal (kecuali semen *Portland* atau bahan tambah kimia), sehingga sangat menguntungkan secara ekonomi. Namun, pembuatan beton akan menjadi mahal jika perencanaan tidak memahami karakteristik bahan-bahan penyusun beton yang harus disesuaikan dengan perilaku struktur yang akan dibuat.

Nilai kuat tekan beton dan kuat tariknya tidak berbanding lurus. Setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai oleh peningkatan yang kecil dari kuat tariknya. Menurut perkiraan kasar, nilai kuat tarik berkisar antara 9%-15% kuat tekannya. Nilai pastinya sulit diukur. Pendekatan hitungan biasanya dilakukan dengan menggunakan *modulus of rapture*, yaitu tegangan tarik beton

yang muncul pada saat pengujian tekan beton normal (normal concrete). Kecilnya kuat tarik beton inin merupakan salah satu dari beton biasa. Untuk mengatasinya beton dikombinasikan dengan tulangan beton dimana baja biasa digunakan sebagai tulangannya. Alasan penggunaan baja sebagai tulangan adalah koefisien baja hamper sama dengan koefisien beton. Beton tersebut didefinisikan sebagai beton yang ditulangi luas dan jumlah yang tidak kurang dari jumlah minimum yang diisyarakatkan dalam pedoman perencanaan, dengan atau tanpa pratekan; dan direncanakan berdasarkan asumsi bahawa kedua material bekerja sama dalam menahan gaya yang bekerja (SKBI.1.4.53 1989:4).

Beton juga dapat dicampur dengan bahan lainnya seprti *composite* atau bahan lainnya sesuai dengan perilaku yang akan diberikan terhadap beton tersebut, misalnya beton pra-tekan atau beton pra-tegang (*pre-stressing*), beton pra-cetak (*pre-cast*). Beton juga dapat untuk struktur yang memerlukan bahan sturktur yamg ringan, misalnya beton ringan sturktural (SKBI.1.4.53,1989:5) yaitu beton yang menggandung agregat ringan dan mempunyai massa kering udara yang sesuai dengan syarat seperti yang ditentukan oleh " Testing Method for Unit Weight of Structural Lightweight Concrete" (ASTM C-567). Beratnya tidak lebih dari 1900 kg/m^3.

3. 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.

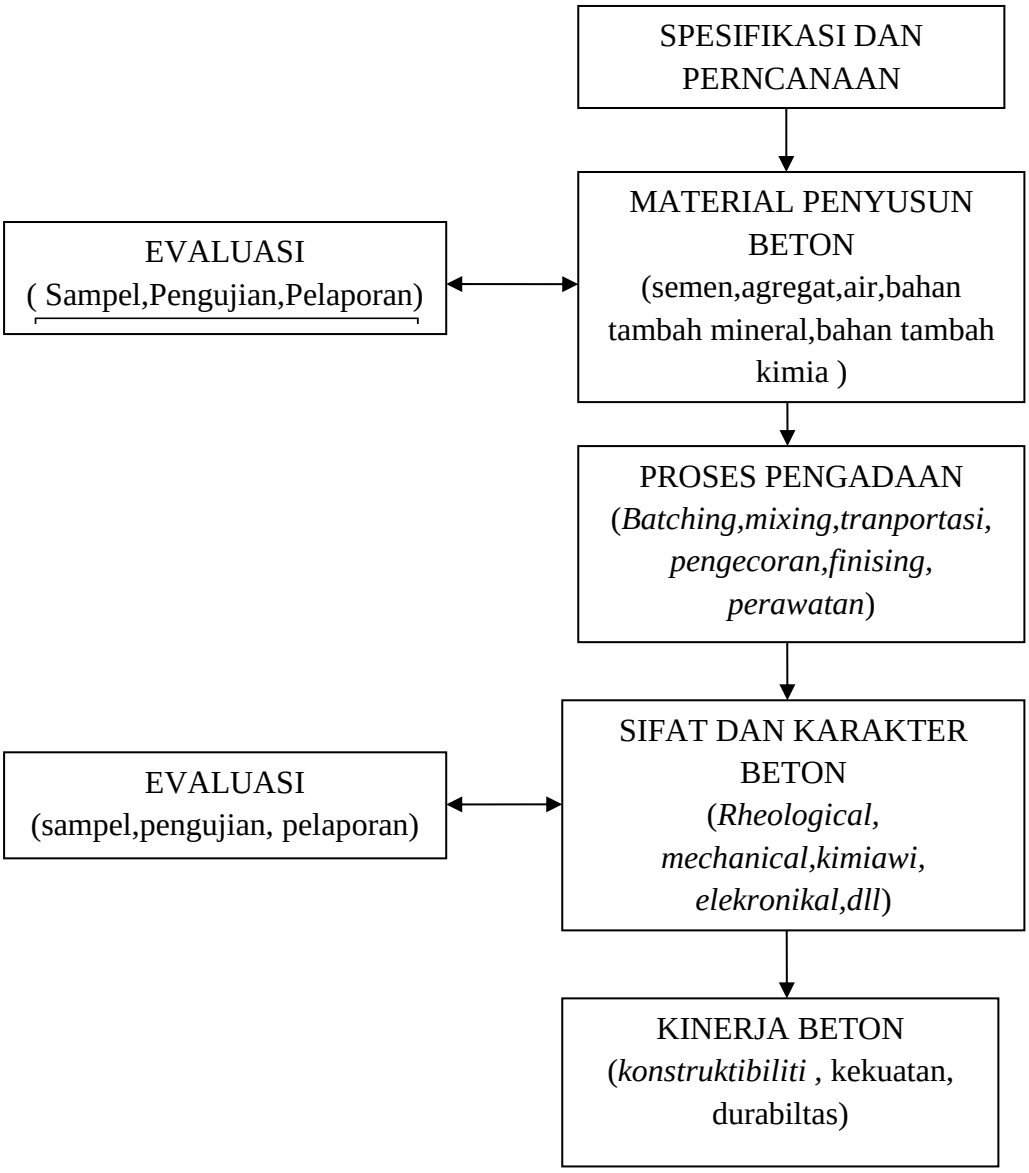
Sifat-sifat dan kareteristik material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja dari beton yang dibuat. Kinerja beton ini harus disesuaikan dengan kategori bangunan yang dibuat. ASTM (*American Standard Testing and Material*) membagi bangunan menjadi tiga kategori yaitu: rumah tinggal, perumahan, dan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

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

Gambar 2.1 Proses Keseragaman Pembuatan Beton *(sumber: STP 169C, Concerete, and Concerete-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). Survai 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 mengahasilkan 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).

4. Material pembentuk 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 hidrolik. 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 isotermis 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 sifak 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 pastanya 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-persyratan 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 :

$2C_3S + 6H \ (C_3S_2H_3) + 3Ca(OH)2$

$2C_2S + 4H \ (C_3S_2H_3) + 3Ca(OH)_2$

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:

a) Untuk menghemat penggunaan semen portland,
b) Untuk menghasilkan kekuatan yang besar pada beton,
c) Untuk mengurangi susut pengerasan beton,
d) Untuk mencapai susunan padat pada beton,dengan gradasi agregat yang baik akan didapat beton yang padat pula,
e) 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 :

a) Butir-butir tajam dan keras dengan indeks kekerasan =<2,2.
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 mengandung zat organis terlalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan warna dengan 3% *NaOH*, yaiu warna cairan diatas endapan agregat kasar tidak boleh lebih gelap dari pada warna standar gradasi.

e) Modulu halus butir antara 5 - 8 dan variasi butir sesuai standar gradasi.

f) Khusus untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, agregat halus tidak relative terhadap alkali

Gambar 2.2 Agregat Kasar (*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.

Gambar 2.3 Agregat Halus *(Dukomentasi 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 lecak. 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).

d. Bahan Tambah

Bahan tambah (*admixture)* adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya.

e. Beton Serat

Beton serat merupakan campuran beton ditambah serat, umumnya berupa batang- batang dengan ukuran 5-500 μm, dengan panjang sekitar 25 mm. Bahan serat dapat berupa serat asbestos, serat plastik (polypropylene), atau potongan kawat baja. Kelemahannya sulit dikerjakan, namun lebih banyak kelebihannya antara lain kemungkinan terjadi segregasi kecil, daktail, dan tahan benturan (Mulyono, 2005).

f. Jerami

Jerami merupakan salah satu limbah pertanian yang cukup besar jumlahnya dan belum sepenuhnya dimanfaatkan. Bahkan jerami padi ini dianggap sampah yang harus disingkirkan dari lahan pertanian dengan cara dibakar atau dibuang kesungai tanpa memikirkan dampak bagi lingkungan. Produksi jerami padi bervariasi yaitu dapat mencapai 12-15 ton setiap hektar pada masa panen, atau 4-5 ton bahan kering tergantung pada lokasi dan jenis varietas tanaman yang digunakan. Menurut penelitian pertanian tanaman pangan (2002) jerami segar mengandung :

a) 41,68 % Karbon

b) 0,49 % Nitrogen

c) 1,40 % Phospor, dan

d) 1,70 % Kalsium.

Sedangkan jerami lapuk mengandung :

a) 19,89 % Karbon

b) 0,51 % Nitrogen

c) 1,24 % Phospor, dan

d) 1,41 % Kalsium.

Tabel. 2.1 Kandungan Serat Jerami

Kandungan Serat Jerami	
Panjang serat	1,1 – 1,5 mm
Diameter	9 -13 mm
Kadar Selulosa	33 – 38 %
Kadar Lignin	17 – 19 %
Kadar pentose	27 -32 %
Kadar abu	6 – 8 %
Serat kasar	29,2 %
Silika (SiO2)	12 – 16 %

(*sumber* : Idris dan Nahdiroh, 1976. Jackson, 1977 dalam wahyu 1991)

Gambar 2.4 Jerami
Sumber : Kompas.com

g. *Additive Beton Mix*

Beton mix merupakan cairan bening siap pakai dengan *Superior Plasticizer Technology* berfungsi untuk meningkatkan kualitas adukan beton. Penggunaan 1% Beton Mix (% dari berat semen) membuat beton 100% tidak keropos. Selain itu Beton Mix juga memiliki beberapa fungsi yaitu :

1) Meningkatkan mutu beton, terdapat hubungan antara jumlah air yang dipakai dengan kuat tekan beton. Normalnya semakin banyak air yang digunakan, beton akan semakin encer dan hasilnya kekuatan beton akan turun. Dengan penggunaan Beton Mix pemakaian air dapat dikurangi tanpa mempengaruhi daya alir beton (kemudahan aplikasi/*workability/slump*) serta dapat meningkatkan kuat tekan beton. Penambahan Beton mix ke adukan beton dapat mengurangi penggunaan air hingga 30% dari kebutuhan air normal, dan berpengaruh juga pada peningkatan kuat tekan beton hingga 20% Ketika beton berumur 28 hari.

2) Mempercepat pengerasan beton. Beton + Beton Mix umur 7-14 hari mempunyai kuat tekan setara dengan beton tanpa Beton Mix umur 28 hari.

3) Mempermudah pengecoran beton. Untuk mempermudah pengerjaan pengecoran, Beton Mix dapat ditambahkan ke dalam adukan. *Slump* beton (daya alir) akan meningkat tanpa menurunkan kuat tekan beton yang dihasilkan.

Spesifikasi Beton Mix :

1. Ukuran kemasan : 1 Kg, 5 Kg, 30 Kg
2. Bentuk : Cairan bening kekuningan
3. Berat jenis : 1,22 ± 0,02 g/ml
4. Dosis pemakaian : 1 Kg Beton Mix untuk 2 -8 zak semen
5. pH :8-10

Gambar 2.5 Beton Mix
Sumber : Aquaproof

h. *Slump Test*

Pengujian slump dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan kedalam wadah kerucut terpancung. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan adalah 1/3 dari tinggi kerucut. Masing-masing lapisan harus dipadatkan dengan cara penusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan dengan menggunakan sendok semen. Kemudian kerucut diangkat keatas secara vertikal dan slump dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dengan tinggi beton setelah wadah diangkat. Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan atau keenceran adukan beton. Untuk mengetahui kelecakan suatu adukan beton biasanya dengan dilakukan pengujian slump. Semakin tinggi nilai slump berarti adukan beton makin mudah untuk dikerjakan.

5. Kuat Tekan Pada Beton

Kuat tekan adalah kemampuan suatu beton dalam menerima beban gaya tekan yang diberikan persatuan luas (Bintoro et al., 2018). Kuat tekan beton adalah beban gaya tekan yang diberikan pada beton yang dihasilkan oleh alat tekan tekan beton dengan standar tertentu yang dapat menghancurkan beton.

Kuat tekan menjadi penentu mutu dan kualitas beton, yang dihasilkan dari pencampuran antara agregat, semen, dan air. Pembuatan beton baru dikatakan berhasil apabila beton mencapai kuat tekan yang telah ditentukan atau direncanakan dalam *mix design* (Wimaya et al., 2020).

Menurut SNI 1974-2011 mengenai Cara Uji Kuat Tekan Beton, perhitungan kuat tekan beton untuk benda uji berbentuk silinder ditetapkan dengan persamaan sebagai berikut : (Mahendra, Y. I, dkk 2021).

$$Fc = \frac{P}{A} \quad \text{.....} \quad (1)$$

Keterangan:

Fc : Kuat Tekan Beton (kg/cm^2)

P : Beban gaya yang bekerja (kg)

A : Luas penampang benda (cm^2)

Gambar 2.6 Pengujian Kuat Tekan Pada Beton
Sumber : Dokumentasi contoh pengujian kuat tekan beton

B. Kajian Hasil Penelitian Terdahulu

1. Penelitian yang dilakukan oleh Raisa Muharrisa, pada tahun (2013). Dengan Judul Pengaruh Penambahan Serat Jerami Padi Sebagai Peredam Suara dan Pengaruhnya Terhadap Sifat Mekanik Beton. Tujuan penelitian ini adalah untuk memanfaatkan limbah jerami dengan cara menambahkan jerami pada campuran beton dengan proporsi yang berbeda. Dari hasil

pengujian diperoleh hasil kenaikan pada nilai slump, penurunan nilai kuat tekan menjadi 70,76%, 68,61%, 54,35%, 53,49% dari beton normal, penurunan pada nilai kuat tarik beton 52,39 kg/cm2, 38,31 kg/cm2, 35,36 kg/cm2, 25,49 kg/cm2, 25,42 kg/cm2. Pada pengujian peredaman suara terjadi peningkatan dari setiap kenaikan persentase serat jerami.

2. Penelitian yang dilakukan oleh Wisnu Wijanarko, pada tahun (2009). Dengan judul Analisis Bahan Jerami Padi Dalam Bentuk Block Atau Kotak Sebagai Bahan Pengisi Batako Tidak Berlubang. Penelitian ini bertujuan ntuk mengetahui, (1) ada tidaknya pengaruh penambahan variasi jerami padi dalam bentuk block atau kotak sebagai bahan pengisi terhadap kuat tekan batako tidak berlubang, (2) tingkat daya serap air (absorbsi) pada batako tidak berlubang dengan penambahan variasi jerami padi dalam bentuk block atau kotak, (3) berapa besar prosentase penambahan jerami padi dalam bentuk block atau kotak untuk mencapai kuat tekan maksimal pada batako tidak berlubang. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan : (1) Ada pengaruh positif penambahan variasi dimensi jerami padi terhadap kuat tekan batako tidak berlubang. Dimana dapat dilihat pada hasil analisis regresi dengan Curve Estimation model Qubic diperoleh nilai hitung > ttabel (3,420 > 1,86) pada taraf signifikansi 5%. (2) Pada hasil uji daya serap air (absorbtion) menunjukkan bahwa semakin besar dimensi jerami padi, maka semakin besar pula daya serap air (absorbtion). Dari berbagai variasi jerami padi dalam bentuk block atau kotak yang digunakan pada penelitian ini daya serap air (absorbsi) masih dibawah syarat penyerapan air

rata-rata maksimal batako atau beton pejal, yaitu 25%. Hal tersebut dibuktikan dimana besarnya daya serap air (absorbtion) yang maksimal adalah penambahan jerami padi dengan ukuran 5x15x35 cm3, dengan nilai absorbtion yang maksimal yaitu sebesar 8,23%. (3) Kuat tekan maksimum yang diperoleh dari analisis regresi Curve Estimation model Qubic sebesar 1,507 Mpa dengan prosentase penambahan jerami padi sebesar 7,801% yang terdapat pada penambahan jerami padi dengan ukuran 5x5x25 cm3.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Samsul Nasrul, Gusneli Yanti, Shanti Wahyuni Megasari pada tahun (2021). Dengan judul Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Pada Beton berpori. Pengujian ini memiliki tujuan yakni, mengetahui nilai kuat tekan dan kuat lentur pada beton berpori. Penelitian ini berdasarkan pada metode ACI-522R-10 dengan menggunakan ukuran gradasi agregat kasar sebesar 9,5-19,5 mm, perbandingan semen dan agregat kasar sebesar 1:4 dan faktor air semen sebesar 0,3. Zat aditif yang digunakan berupa MasterGlenium ACE 8595 Concrete Additive dengan penambahan aditif sebanyak 0%, 1% dan 2% terhadap berat semen. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder untuk pengujian kuat tekan dan berbentuk balok untuk pengujian kuat lentur. Hasil pengujian menunjukkan terdapat hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur. Nilai kuat tekan mengalami penurunan seiring dengan nilai kuat lenturnya. Hal ini terlihat dari nilai kuat tekan rata-rata dan kuat lentur rata rata tertinggi ada pada campuran I dengan nilai kuat tekan rata-rata 5,4 MPa, dan nilai kuat lentur

rata-rata sebesar 1,96 MPa, Penggunaan Masterglenium pada penelitian tidak menaikan kuat tekan maupun kuat lentur beton.

4. Penelitian yang dilakukan oleh Lailatul Fitria Diana Sari pada tahun (2012). Dengan judul Pemanfaatan Limbah Jerami Sebagai Bahan Isi Untuk Beton Ringan Non Struktural. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tekan dan nilai modulus elastisitas beton ringan serta mengetahui proporsi campuran terbaik beton ringan non struktural dengan menggunakan limbah jerami dengan tambahan agregat halus. Penelitian ini bermanfaat untuk masyarakat dan lingkungan karena jerami yang tidak terpakai dan dibuang sia-sia dapat diolah kembali sebagai campuran beton ringan yang bernilai ekonomis dan ramah lingkungan. Hasil perhitungan dan analisa yang dilakukan menyimpulkan hasil pengujian kuat tekan maksimal yang telah memenuhi syarat untuk kriteria beton ringan sebesar 7,43 kg/cm2 dengan perbandingan semen 1,5 ; pasir 0,5 ; jerami 0,25 ; air 1. Sedangkan syarat yang memenuhi untuk beton ringan non struktural kuat tekan antara 3,5 kg/cm2 sampai 70 kg/cm2, dan hasil yang didapatkan sebagian telah memenuhi syarat untuk kuat tekan beton ringan. Hasil pengujian modulus elastisitas tertinggi sebesar 493,135 kg/cm² dengan perbandingan semen 1,5 ; pasir 0,5 ; jerami 0,25 ; air 1. Salah satu faktor yang mempengaruhi besar kecilnya nilai modulus elastisitas adalah kuat tekan beton dan umur beton. Bahkan pasca setelah pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas benda uji relatif utuh, hal ini disebabkan karena jerami padi mempunyai sifat elastis yang tinggi.

5. Penelitian yang dilakukan oleh Delva Enzelya Adila Lubis pada tahun (2023). Dengan judul Pemanfaatan Serat Ijuk dan Sikacim Concrete Additive Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Beton Ditinjau Dari Kuat Tarik Belah. Penelitian ini mencoba menggunakan bahan tambah berupa serat ijuk yang bertujuan untuk meningkatkan kuat tarik belah beton. Selain itu, dalam usaha untuk menghasilkan mutu beton yang lebih baik digunakan sikacim concrete additive sebagai bahan kimia tambahan campuran beton. Pada penelitian ini menggunakan serat ijuk sebesar 4%, 5%, dan 6% dari berat semen, sedangkan sikacim concrete additive yang digunakan sebesar 0,8% dari berat semen. Dari hasil penelitian beton normal memperoleh kuat tarik belah sebesar 3,52 MPa, beton dengan campuran serat ijuk 4% dan sikacim concrete additive 0,8% sebesar 3,69 MPa, beton dengan campuran serat ijuk 5% dan sikacim concrete additive 0,8% sebesar 4,09 MPa, beton dengan campuran serat ijuk 6% dan sikacim concrete additive 0,8% sebesar 5 MPa. Hasil kuat tarik belah optimum terjadi pada beton dengan campuran serat ijuk 6% dan sikacim concrete additive 0,8% yaitu sebesar 5 Mpa.
6. Penelitian yang dilakukan oleh Abdul Widayat Abzarih pada tahun (2021). Dengan judul Pemanfaatan Jerami Padi Pada Beton Normal Struktural. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui sifat-sifat karakteristik agregat dari Desa Poleang Kabupaten Bombana baik agregat halus maupun agregat kasar serta untuk mengetahui besar kuat tekan dan kuat tarik yang dihasilkan oleh beton yang dibuat menggunakan agregat tesebut dengan menggunakan bahan limbah jerami padi sebagai bahan tambah dalam pembuatan beton.

Dari hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 3 hari dengan penambahan jerami padi 5% yaitu 61,6 kg/m3, 10% yaitu 40,4 kg/m3, dan 15% yaitu 32,7 kg/m3. Pada umur 7 hari dengan penambahan jerami padi 5% yaitu 70,2 kg/m3, 10% yaitu 44,3kg/m3, 15% yaitu 36,6 kg/m3. Pada umur 28 hari dengan penambahan jerami padi 5% yaitu 76,0 kg/m3, 10% yaitu 51,0 kg/m3, 15% yaitu 45,2 kg/m3.Pada pengujian kuat tarik belah beton dengan menggunakan jerami padi sebagai bahan tambah menghasilkan 13,2 kg/cm2 untuk penambahan 5% jerami pada umur 28 hari untuk persentase penambahan 10% pada umur 28 hari menghasilkan 12,0 kg/cm2 dan kuat tarik belah beton dengan penambahan 15% jerami pada umur 28 hari adalah 11,8 kg/cm2.

7. Penelitian yang dilakukan oleh Budi Siswanto, Sri Sumarni pada tahun (2012). Dengan judul Penggunaan Jerami Padi Untuk Beton Ringan (BATAJER). Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pembuatan dan sifat mekanika dari BATAJER sebelum digunakan dilapangan sebagai bahan dinding. Dari hasil pengujian didapat kuat tekan batako dengan jerami padi mempunyai kualitas kekuatan tekan rendah, hal ini disebabkan karena banyak faktor, antara lain: tebal spasi mortarnya terlalu tipis, antara pintalan jerami dengan mortar belum mempunyai ikatan yang solid/menyatu, dan perlu variasi nilai fas yaitu campuran antara air dan semen.
8. Penelitian yang dilakukan oleh Mulyati, Aidi Adman pada tahun (2019). Dengan judul Pengaruh Penambahan Cangkang Kemiri dan Sikacim

Concrete Additive terhadap Kuat Tekan Beton Normal. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan cangkang kemiri dan sikacim concrete additive terhadap kuat tekan beton normal. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat diketahui pengaruh penambahan cangkang kemiri dan sikacim concrete additive pada campuran beton normal, ternyata dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton dengan signifikan. Nilai kuat tekan beton rata-rata umur 28 hari dengan bahan tambah kombinasi antara cangkang kemiri 0,25%, 0,5%, 0,75%, 1%, dengan sikacim concrete additive 0,7% pada campuran beton, terjadi peningkatan berturut-turut sebesar 4,78%, 7,06%, 9,38%, 11,90% dari kuat tekan beton tanpa bahan tambah. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa peningkatan penambahan cangkang kemiri, dengan sikacim concrete additive dalam jumlah tetap dalam campuran beton, maka kuat tekan beton yang dihasilkan semakin tinggi.

9. Penelitian yang dilakukan oleh Adzuha Desmi, Muliadi, Nurmalasari pada tahun (2018). Dengan judul Pengaruh Penggunaan Abu Jerami Dengan Penambahan Zat Additive Sikacim Concrete Terhadap Kuat Tekan Beton. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan Abu jerami dan bahan tambah (sikacim concrete additive) terhadap kenaikan kuat tekan beton. Benda uji yang dibuat berupa silinder berukuran tinggi 30 cm, diameter 15 cm. Dengan tanpa menggunakan abu jerami dan bahan tambah sikacim concrete additive diperoleh nilai kuat tekan beton sebesar 26.2 Mpa, dengan penggunaan abu jerami 10% dan sikacim concrete

sebesar persentase 1% kekuatan betonnya adalah 27.3Mpa, terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 1.1% dari kuat tekan beton normal. Dengan penggunaan abu jerami 20% dan sikacim concrete sebesar persentase 1% kekuatan betonnya adalah 22.3 Mpa, terjadi penurunan kuat tekan sebesar 3.9% dari kuat tekan beton normal. Dengan penggunaan abu jerami 30% dan sikacim concrete sebesar persentase 1% kekuatan betonnya adalah 16.7 Mpa, terjadi penurunan kuat tekan sebesar 9.5% dari kuat tekan beton normal.

10. Penelitian yang dilakukan oleh Anik Ratnaningsih, Ririn Endah Badriani, Syamsul Arifin pada tahun (2013). Dengan judul Campuran Beton Ringan Material Wall/Flooring Dengan Pemanfaatan Limbah Kulit Kopi, Jerami, dan Fly Ash. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan proporsi campuran yang tepat untuk menghasilkan beton ringan dengan mutu sesuai SNI sebagai material wall/flooring dengan kuat tekan >7 Mpa, absorbsi < 10%, dan density 1700 kg/m3 dari material limbah kulit kopi, fly ash, dan jerami. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan uji tekan, penyerapan, dan berat jenis. Proporsi campuran menggunakan prosentase perbandingan volume terhadap volume semen. Hasil pengujian diperoleh proporsi campuran beton ringan dengan bahan semen, fly ash, kulit kopi, dan jerami adalah 0.5 semen: 1 Abu Batu : 1 kulit kopi: 0.1 jerami. Nilai kuat tekan yang dicapai sebesar > 55,152 Mpa, penyerapan 8.14 %, dan berat jenis 1376 kg/m3

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam 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, tabel, grafik, atau tampilan lainnya. Kemudian data hasil penelitian dianalisis sesuai dengan prosedur pengujian laboratorium.

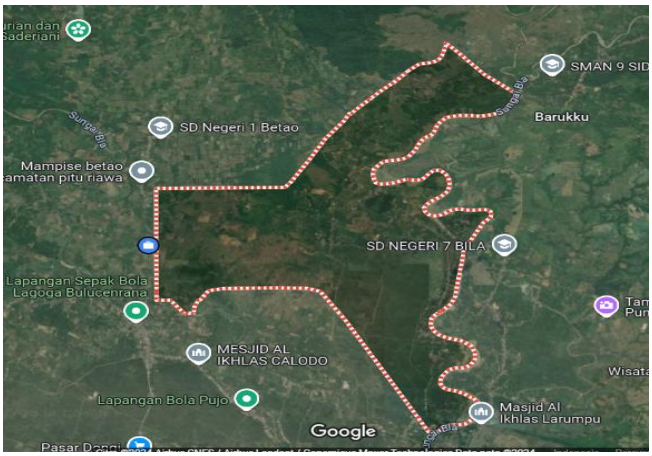
B. Lokasi Dan Waktu

Lokasi dan waktu penelitian dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare, Jl. Jend. Ahmad Yani No. Km. 6, Kel. Bukit Harapan, Kec. Soreang kota parepare. Bahan tambah yang digunakan berasal dari Desa Botto, Kabupaten Sidenreng Rappang dengan koodinat 3°48'38.0"S 120°01'12.8"E.

Gambar 3.1 Lokasi Pengujian Sampel Penelitian
Sumber :Google Earth 2024



Gambar 3.2 Lokasi Pengambilan Bahan Tambah di Kab. Sidrap
Sumber : Google Earth 2024

2. Waktu penelitian

Durasi penelitian ini sampai dengan penyusunan tugas akhir di selenggarakan selama 3 (tiga) bulan, proses penelitian ini dilaksanakan mulai dari bulan Februari-April 2024. Adapun alokasi waktu untuk setiap tahapan penelitian diuraikan dalam *time schedule* sebagai berikut:

Tabel 3.1. Jadwal Pelaksanaan Penelitian

NO	JENIS KEGIATAN	Alokasi waktu						
		Februari 2024	Maret 2024	April 2024	Mei 2024	Juni 2024	Juli 2024	Agustus 2024
1	Studi literatur							
2	Persiapan laboratorium							
3	Pengujian bahan dasar							
4	Pembuatan benda uji							
5	Uji kuat tekan beton							
6	Analisa hasil pengujian							
7	Penyusunan skripsi							
8	Pengumpulan skripsi							
9	Sidang skripsi							

C. Alat dan Bahan

1. Alat

Penelitian ini menggunakan alat-alat yang tersedia di Laboratorium Struktur dan Bahan Prodi Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare. Alat-alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

a) Saringan

1) Saringan dengan nomor berturut-turut 4,75 mm (No. 4), 2,40 mm (No. 8), 1,2 mm (No. 16), 0,60 mm (No. 30), 0,30 mm (No. 50), 0,15 mm (No. 100), No. 200 yang dilengkapi dengan tutup pan dan alat penggetar untuk mengetahui gradasi agregat halus (pasir).

2) Saringan dengan nomor berturut-turut No. ¾, No. ½, No. 3/8, No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, No. 200 yang dilengkapi dengan tutup pan dan alat penggetar untuk mengetahui gradasi agregat kasar (kerikil).

b) Timbangan

Timbangan digunakan untuk menimbang bahan susun adukan beton.

c) Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur banyaknya air yang digunakan dalam pembuatan beton.

d) Piknometer

Piknometer dengan kapasitas 500 gr digunakan untuk mencari Bj agregat halus.

e) Jangka sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengujur semua dimensi benda uji.

f) Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan agregat pada pengujian kadar air, Bj, dan gradasi agregat.

g) Mesin aduk campuran

Mesin aduk campuran digunakan untuk mengaduk bahan penyusun beton.

h) Kerucut abrams.

Kerucut abrams digunakan untuk mengukur kelecakan adukan beton (nilai slump).

i) Penggaris

Penggaris digunakan untuk mengukur nilai slump.

j) Cetakan beton

Cetakan beton yang digunakan adalah bentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm dan balok dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm.

k) Batang baja

Batang baja digunakan untuk memadatkan adukan beton.

l) Mesin uji tekan

Mesin uji tekan digunakan untuk menguji kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas benda uji beton.

m) Mesin uji tarik belah

Mesin uji tarik belah digunakan untuk menguji kuat tarik belah beton.

n) Mesin Los Angeles

Mesin Los Angeles digunakan untuk menguji ketahanan aus agregat yang dilengkap dengan bola-bola baja.

2. Bahan

Penelitian ini menggunakan bahan yang terdiri dari:

a) *Portland Composit Cement* (PCC).

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Tonasa (50 kg) atau Semen Tipe I.

b) Agregat halus

Agregat halus yang digunakan berasal dari UD. Akbar Kota Parepare.

c) Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan berasal dari UD. Akbar Kota Parepare

d) Air

Air yang digunakan untuk pencampuran dan perendaman benda uji adalah air yang berasal dari Laboratorium Struktur dan Bahan Prodi Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare.

e) Jerami

Jerami yang digunakan untuk bahan tambah dalam pencampuran benda uji berasal dari Desa Botto, Kabupaten Sidenreng Rappang.

D. Prosedur dan Rencana Penelitian

1. Tahapan pemeriksaan

Persiapan serta pemeriksaan bahan yang akan digunakan untuk campuran beton dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare. Proses pemeriksaan bahan tersebut meliputi: Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat

a. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat

Langkah-langkah untuk pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat, yaitu sebagai berikut:

1) Agregat di timbang dengan berat yang telah ditentukan (pasir seberat 1000 gram dan kerikil seberat 2000 gram).
2) Agregat kemudian di rendam selama $\pm$ 24 jam.
3) Setelah direndam selama $\pm$ 24 jam, agregat kemudian dikeringkan hingga mencapai keadaan kering permukaan. Untuk mengetahui apakah kondisi sudah tercapai pada pasir dilakukan dengan cara

pasir dimasukkan kedalam kerucut yang diletakkan ditempat rata, kemudian dimasukkan 1/3 bagian, kemudian padatkan dengan cara ditumbuk sebanyak 8 kali begitu pula dengan lapisan ke 2 (dua), dan untuk lapisan ke 3 (tiga) ditumbuk sebanyak 7 kali.

4) Untuk pasir (pasir dengan kondisi kering permukaan tadi dimasukkan kedalam piknometer sebanyak 1000 gram dan ditambahkan air sampai 90 % penuh, kemudian dikocok selama ± 5 menit). Kemuidan untuk kerikil (kerikil dengan kondisi kering permukaan tadi seberat 2000 gram ditimbang di udara, kemudian ditimbang di dalam air).
5) Agregat dikeluarkan dari wadah kemudian di oven selama ± 24 jam
6) Agregat di keluarkan dari oven kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat kering.

b. Pemeriksaan kadar organik agregat halus

Langkah-langkah untuk pemeriksaan kadar organik agregat halus, yaitu sebagai berikut:

1) Pasir dimasukkan kedalam botol bening sebanyak 1/3 bagian kemudian ditambahkan juga NaOH sebanyak 1/3 bagian, kemudian botol dikocok selama ± 10 menit,
2) Setelah itu botol di diamkan selama 24 jam, kemudian diamati perubahan warna yang terjadi dan dibandingkan dengan menggunakan standar warna kandungan organik.

c. Pemeriksaan keausan agregat kasar

Langkah-langkah untuk pemeriksaan keausan agregat kasar, yaitu sebagai berikut:

1) Kerikil ditimbang seberat 2000 gram, kemudian dicuci dan dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam dengan suhu 110℃.
2) Masukkan kerikil kedalam mesin *Los Angeles Abrassion Machine* beserta bola baja kemudian tekan tombol start.
3) Keluarkan agregat dari dalam mesin, kemudian saring menggunakan saringan No. 12.

d. Pemeriksaan kadar air agregat

Langkah-langkah untuk pemeriksaan kadar air agregat, yaitu sebagai berikut:

1) Timbang agregat menggunakan timbangan dengan (pasir seberat 500 gram dan kerikil seberat 1000 gram).
2) Kemudian agregat di oven selama 24 jam dengan suhu tetap 100℃.
3) Setelah di oven agregat ditimbang untuk mendapatkan berat kering.

e. Pemeriksaan kadar lumpur agregat

Langkah-langkah untuk pemeriksaan kadar lumpur agregat, yaitu sebagai berikut

1) Timbang agregat menggunakan timbangan dengan (pasir seberat 500 gram dan kerikil seberat 1000 gram), kemudian oven selama 24 jam.
2) Agregat kemudian dicuci diatas saringan No. 200 sampai lumpurnya hilang.

3) Setelah dicuci agregat kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven selama 24 jam dengan suhu 100℃, kemudian di timbang lagi untuk mendapatkan berat kering.

2. Tahapan pembuatan benda uji

a. Pemeriksaan material campuran beton

1) Timbang material campuran beton, yaitu semen, agregat (halus dan kasar), dan air sesuai dengan berat yang telah ditentukan dalam rancangan campuran beton.

2) Mempersiapkan peralatan-peralatan yang dibutuhkan dalam pencampuran beton.

b. Pencampuran beton

1) Masukkan air kedalam mesin sebanyak 80% dari yang telah ditentukan kemudian masukkan juga agregat dan semen.

2) Masukkan sedikit demi sedikit sisa air yang tadi kedalam mesin yang berputar dengan tidak kurang dari 3 menit sampai airnya habis.

c. Pemeriksaan nilai slump

1) Masukkan campuran beton segar kedalam kerucut abrams sebanyak 1/3 bagian dengan 3 lapisan, setiap lapisan ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali. Setelah lapisan terakhir selesai ditusuk, tunggu selama 30 detik kemudian angkat kerucut ke atas, nilai slump yaitu selisih tinggi antara kerucut abrams dengan permukaan atas beton setelah ditarik.

2) Setiap pencampuran beton dilakukan sebanyak 2 kali uji nilai slump kemudian dirata-ratakan hasilnya.

d. Pembuatan benda uji kuat tekan

1) Campuran beton segar dimasukkan kedalam cetakan silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm, yang sebelumnya telah diberi minyak pelumas pada bagian dalam.

2) Cetakan diisi dengan campuran beton segar sebanyak 3 (tiga) lapis, setiap lapisan ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali secara merata dan cetakan penuh.

3) Kemudian bagian atas permukaan campuran beton diratakan dengan bagian atas cetakan dengan menggunakan tongkat perata.

e. Pembuatan benda uji kuat lentur beton

1) Campurkan beton segar dimasukkan kedalam cetakan balok dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm yang sebelumnya telah diberi minyak pelumas pada bagian dalam.

2) Cetakan diisi dengan campuran beton segar secara merata dan cetakan penuh.

3) Kemudian bagian atas permukaan campuran beton diratakan di bagian atas cetakan dengan penggunaan tongkat perata.

Tahapan perawatan beton Setelah 24 jam beton dibuka dari cetakan, kemudian diberi tanda untuk selanjutnya dilakukan perendaman didalam bak air selama periode waktu yang telah ditentukan.

3. Tahapan pengujian

a. Kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan pada beton bertujuan untuk mengetahui berapa besar nilai kuat tekan pada beton dengan umur beton rencana yaitu 7, 14, dan 28 hari.

Pada pengujian kuat tekan beton, langkah-langkah yang dilakukan akan adalah sebagai berikut :

1) Benda uji terlebih dahulu ditimbang untuk mengetahui berat benda uji sebelum pengujian dilakukan.
2) Benda uji diletakkan pada *Universal Testing Machine.*
3) Mesin *Universal Testing Machine* dihidupkan kemudian benda uji akan mendapatkan beban gaya untuk mengetahui besarnya nilai kekuatan tekan pada benda uji
4) Pada saat benda uji mencapai beban maksimum benda uji akan retak atau bahkan pecah, jarum manometer akan berhenti.

Tabel 3.2. Jumlah Perkiraan Benda Uji Kuat Tekan (Sumber: pengolahan data 2024)

Jenis sampel	Kuat Tekan		
	7	14	28
Beton normal	3	3	3
Beton dengan campuran jerami 5% + *additive beton mix* 1%	3	3	3
Beton dengan campuran jerami 10% + *additive beton mix* 1%	3	3	3
Total	27		

E. Teknik Pengumpulan Data

1. Pengumpulan Data Sekunder

Tahap awal dari pekerjaan ini ialah mengumpulkan data sekunder berupa standar mutu, serta mencari literatur-literatur terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Data tersebut dipergunakan untuk menentukan mutu beton yang akan diteliti, serta menentukan langkah kerja lebih lanjut dalam tahap penelitian yang akan dilakukan.

2. Pengumpulan Data Primer

Tahap selanjutnya dari pekerjaan ini ialah mengumpulkan data primer berupa agregat kasar dan halus secara langsung sebagai bahan penelitian untuk mencari kekuatan tekan dan lenturnya, apakah layak untuk digunakan.

F. Teknik Analisis Data

1. Evaluasi Karakteristik Bahan

Evaluasi bahan-bahan penyusunan beton seperti semen, agregat kasar (kerikil), Agregat halus (pasir) dan air. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mencari tahu apakah bahan yang digunakan untuk membentuk beton dalam penelitian ini memiliki nilai sesuai dengan persyaratan standar yang telah didirikan.

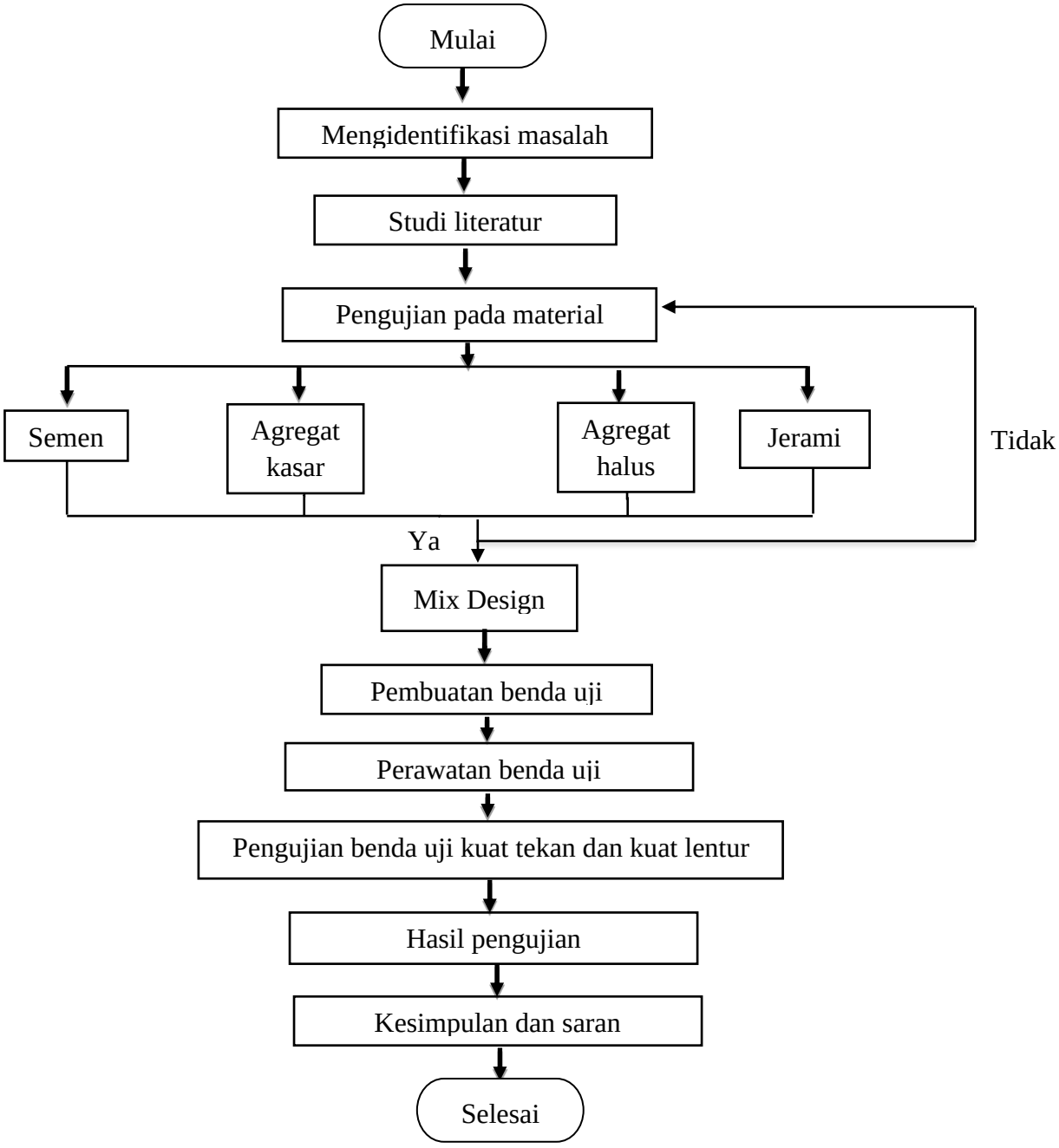
2. Analisa Kuat Tekan Beton

Analisis yang dilakukan dengan membandingkan hasil data dari kekuatan kompresive dari setiap variasi campuran melalui grafik, sehingga kita dapat menentukan efek yang dihasilkan di setiap grafik usia beton.

Untuk menghitung besarnya kuat tekan dipergunakan persamaan matematis, sebagai berikut:

a. Pengujian Kuat Tekan Beton (SN1 1974-2011)

G. Diagram Alir



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat berdasarkan pada SNI (Standar Nasional Indonesia) dilakukan terhadap agregat kasar dan agregat halus. Hasil pengujian agregat ditunjukkan pada rekapitulasi dari percobaan-percobaan yang dilakukan di Laboratorium, yaitu sebagai berikut:

1. Agregat Halus

Tabel 4. 1 Rekapitulasi pengujian agregat halus (Sumber: Hasil olah data 2024)

No.	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil Pengamatan		Nilai Rata-Rata	Keterangan
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 5%	1,0%	0,8%	0,90%	Memenuhi
2	Kadar organik	< No. 3	No. 2	No. 2	No. 2	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5%	2,04%	2,46%	2,25%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1,40	1,41	1,40	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1,88	1,89	1,89	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2% - 2%	1,83%	1,42%	1,63%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2,54	2,53	2,54	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2,43	2,44	2,44	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,48	2,48	2,48	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1,50 - 3,80	2,95	2,94	2,95	Memenuhi

Berdasarkan tabel 4.1 pengujian agregat halus didapatkan hasil sebagai berikut:

a. Kadar lumpur agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar lumpur agregat halus diatas yaitu 0,90%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu lebih kecil dari 5% yang menunjukkan bahwa material agregat halus tersebut memenuhi spesifikasi dan dapat digunakan untuk campuran beton tanpa melalui proses pencucian terlebih dahulu.

b. Kadar organik agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar organik agregat halus diatas sampel menunjukkan warna kekeruhan di angka No.2 pada standar warna yang menunjukkan bahwa material agregat halus tersebut memiliki tingkat kadar organik terbilang rendah sehingga memenuhi spesifikasi dan dapat digunakan dalam campuran beton tanpa perlu dicuci terlebih dahulu.

c. Kadar air agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar air agregat halus di atas yaitu 2,25%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 2,00%-5,00% yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut memenuhi spesifikasi dan dapat digunakan untuk campuran beton.

d. Berat volume agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian berat volume agregat halus kondisi lepas diatas yaitu 1,40 sedangkan pengujian berat volume agregat halus kondisi padat yaitu 1,89, dari ke 2 (dua) hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,4-1,9 kg/liter yang menandakan bahwa material agregat

halus (pasir) tersebut memenuhi spesifikasi dan dapat digunakan untuk campuran beton.

e. Penyerapan air agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian penyerapan air agregat halus di atas yaitu 1,42%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval dari 0,2%-2% yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut memenuhi spesifikasi dan dapat digunakan untuk campuran beton.

f. Berat jenis agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian berat jenis nyata diatas yaitu 2,54, berat jenis kering yaitu 2,44 dan berat jenis kering permukaan yaitu 2,48, dari ke 3 (tiga) hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,6-3,3 kg/liter yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut memenuhi spesifikasi dan dapat digunakan untuk campuran beton.

g. Modulus kehalusan agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian modulus kehalusan agregat halus diatas yaitu 2,95, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,50-3,80 yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut memenuhi spesifikasi dan dapat digunakan untuk campuran beton.

2. Agregat Kasar

Tabel 4.2 Rekapitulasi pengujian agregat kasar (Sumber: Hasil olah data 2024)

No.	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil Pengamatan		Nilai Rata-Rata	Keterangan
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 1%	0,7%	0,90%	0,80%	Memenuhi
2	Keausan	Maks 50%	23,0%	28,0%	25,5%	Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	0,81%	0,70%	0,76%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1,62	1,63	1,62	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1,78	1,78	1,78	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4 %	0,73%	0,75%	0,74%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2,79	2,79	2,79	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2,73	2,73	2,73	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,75	2,75	2,75	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	6,0 - 8,0	6,72	6,72	6,72	Memenuhi

Berdasarkan tabel 4.2 pengujian agregat kasar didapatkan hasil sebagai berikut.

a. Kadar Lumpur

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar lumpur agregat kasar diatas didapatkan hasil 0,80%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu lebih kecil dari 1% yang menunjukkan bahwa material agregat kasar tersebut memenuhi spesifikasi dan dapat digunakan untuk campuran beton tanpa melalui proses pencucian terlebih dahulu

b. Keausan Agregat

Dari pengujian tingkat keausan agregat kasar menggunakan mesin *Los Angeless* diatas didapatkan hasil 25,5% yang nilainya lebih kecil dari 50% yang menunjukkan bahwa agregat kasar tersebut memenuhi spesifikasi dan dapat dijadikan bahan campuran beton.

c. Kadar Air

Dari pengujian kadar air diatas didapatkan hasil 0,76% yang nilainya lebih kecil dari 2% yang menunjukkan bahwa agregat kasar tersebut memenuhi spesifikasi dan dapat digunakan pada campuran beton.

d. Berat Volume

Dari pengujian berat volume rongga agregat kasar didapatkan hasil 1,62 sedangkan pada pengujian berat volume padat didapatkan hasil 1,78 yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6 – 1,9 kg/liter yang menunjukkan bahwa agregat kasar tersebut memenuhi spesifikasi dan dapat dijadikan bahan campuran beton.

e. Penyerapan Air

Dari pengujian penyerapan air agregat kasar diatas didapatkan hasil 0,74% yang nilainya masih dalam interval maksimum 4% yang menunjukkan bahwa agregat kasar tersebut memenuhi spesifikasi dan dapat dijadikan bahan campuran beton.

f. Berat Jenis

Dari pengujian berat jenis nyata didapatkan hasil 2,79. Berat jenis kering didapatkan nilai sebesar 2,73. Dan untuk berat jenis kering permukaan didapatkan hasil pengujian sebesar 2,75 yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6–

2.96 yang menunjukkan bahwa agregat kasar tersebut memenuhi spesifikasi dan dapat dijadikan bahan campuran beton.

g. Modulus Kehalusan

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat kasar SNI, interval untuk modulus kehalusan yaitu berada antara 6,0-8,0. Sedangkan hasil yang diperoleh dari penelitian yaitu 6,72 yang menunjukkan bahwa agregat tersebut memenuhi spesifikasi dan dapat digunakan dalam campuran beton.

B. Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)

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

Diketahui data material:

Mutu beton	= 25 Mpa
Slump	= 75 – 100 mm
Ukuran agregat maksimum	= 20
Berat kering oven agregat kasar	= 1.779
Berat jenis semen tanpa tambahan udara	= 3.08
Modulus kehalusan agregat halus	= 2,95
Berat jenis (SSD) agregat halus	= 2.48
Berat jenis (SSD) agregat kasar	= 2.75
Penyerapan air agregat halus	= 1.63%
Penyerapan air agregat kasar	= 0,74%
Kadar Air agregat halus	= 2,25%
Kadar Air agregat kasar	= 0,76%

Vol. Semen OPC = 3.18

Kuat dasar rencana dengan rumus :

Rr = Fc x g

= 25 x 9,81

= 245,250 Kg/cm^2

Dimana : Rr = Kuat Rencana

Fc = Mutu Beton

g = Percepatan Gravitasi

1. Margin

Hitung kuat tekan rata-rata beton, dengan kuat tekan rata-rata yang disyaratkan dan nilai margin tergantung dari tingkat pengawasan mutu.

Nilai margin (m) ditetapkan dengan menggunakan rumus:

Margin = $1{,}64 \times Sd$

Margin digunakan untuk meminimalisir penurunan kuat tekan beton pada saat pencampuran yang sesuai dengan volume pekerjaan klasifikasi kecil yang kurang dari 1000m³.

Tabel 4. 3 Tabel nilai deviasi (kg/cm^2) untuk berbagai volume pekerjaan dan mutu pelaksanaan di lapangan (Sumber: SNI 03-2834-2000)

Volume pekerjaan		**Mutu Pelaksanaan**		
Klasifikasi	m³	Baik sekali	Baik	Cukup
Kecil	< 1000	45 < s ≤ 55	55 < s ≤ 65	65 < s ≤ 85
Sedang	1000-3000	35 < s ≤ 45	45 < s ≤ 55	55 < s ≤ 75
Besar	>3000	25< s≤ 35	35 < s ≤ 45	45 < s ≤ 65

Standar deviasi (Sd) = 60

Margin $= 1{,}64 \times Sd$

= 1,64 x 60

= 98,4 Kg/cm^2

2. Kuat beton rencana (fcr)

Dengan rumus :

$$fcr = \frac{fcr}{g}$$

$$= \frac{343{,}65}{9{,}81}$$

$$= 35{,}03 \text{ Mpa}$$

Ket : fcr = Kuat beton rencana

g = Percepatan gravitasi

3. Volume air yang diperlukan tiap m^3 adukan beton

Tabel 4. 4 Volume air yang diperlukan tiap m^3 adukan beton untuk berbagai nilai *slump* dan ukuran agregat maksimum *(Sumber: SNI 7656:2012).*

Air (kg/m³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump (mm)	5,5 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 pemaparan sebagai berikut: ringan (%)	4,5	4	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 ditabel tidak ditemukan data maka dilakukan perhitungan interpolasi berdasarkan ukuran agregat maksimum dan nilai *slump* dengan ukuran agregat maksimum yaitu 20 yang berada diantara 19-25 mm.

Rumus interpolasi:

1. Kebutuhan air

   Dengan rumus :

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

   Diketahui:

   X = ? Y = 20

   X1 = 193 Y1 = 25

   X2 = 205 Y2 = 19

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

$$= 203{,}0 \text{ kg}$$

2. Kadar udara

   Dengan Rumus :

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

   Diketahui:

   X = ? Y = 20

X1 = 1,5 % Y1 = 25

X2 = 2 % Y2 = 19

$$X(Kadar\ udara) = 1{,}5 + \frac{(20-25)}{(19-25)}(2 - 1{,}5)$$

$$= 1{,}9\ \%$$

Air

25.0	193.0
20.0	?
19.0	205.0
x =	203.0

Udara

25.0	1.5 %
20.0	?
19.0	2 %
x =	1.9 %

3. Penentuan Faktor Air Semen (FAS)

Tabel 4. 5 Faktor Air Semen (ltr/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

Penentuan Faktor Air Semen

Dengan Rumus :

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

Diketahui:

X = ? Y = 35.03

X1 = 0,42 Y1 = 40

X2 = 0,47 Y2 = 35

$$x\ (FAS) \qquad = 0{,}42 + \frac{(35{,}03 - 40)}{35 - 40}(0{,}47 - 0{,}42)$$

$$= 0{,}470 \text{ Kg.}$$

40.0	0.42
35.03	?
35.0	0.47
x =	0.470

4. Berat semen tiap1 m3 beton

W air = 203 Kg

W semen $= \frac{W\ air}{FAS}$

$= \frac{203}{0{,}470}$

$= 432{,}20$ kg/m^3

$= \frac{w\ Semen}{1000}$ $= \frac{432{,}20}{1000}$ = 0,432 ton

Vol. semen $= \frac{W\ semen\ (ton)}{Berat\ jenis\ semen}$ $= \frac{0{,}432}{3{,}08}$ = 0,140 m^3

Ket : W = Berat (Kg)

FAS = Faktor Air Semen

5. Berat kerikil tiap 1 m^3 beton

Tabel 4. 6 Volume agregat tiap satuan volume adukan 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	0,8	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

a. Kerikil A

Diketahui:

X = ? Y = 20

X1 = 0,62 Y1 = 19

X2 = 0,67 Y2 = 25

Dengan Rumus :

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

$$x\ (kerikil\ A) = 0{,}62 + \frac{(20 - 19)}{25 - 19}(0{,}67 - 0{,}62)$$

$$= 0{,}628 \text{ Kg}$$

19.0	0.62
20.00	?
25.0	0.67
x =	0.628

b. Kerikil B

Diketahui:

X = ? Y = 20

X1 = 0,60 Y1 = 19

X2 = 0,65 Y2 = 25

Dengan Rumus :

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

$$x\ (kerikil\ B) \quad = 0{,}60 + \frac{(20-19)}{25-19}(0{,}65-0{,}60)$$

$$= 0{,}608 \text{ Kg}$$

19.0	0.600
20.00	?
25.0	0.650
x =	0.608

c. Kerikil A dan B

Diketahui:

X = ? Y = 3,20

X1 = 0,608 Y1 = 3,00

X2 = 0,620 Y2 = 2,80

Dengan Rumus :

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

$$x\ (kerikil\ AB) \quad = 0{,}608 + \frac{(3{,}20-3{,}0)}{2{,}80-3{,}0}(0{,}620-0{,}608)$$

$$= 0{,}597 \text{ Kg}$$

3.0	0.608
2.95	?
2.8	0.620
x =	0.611

6. Berat absolute pasir tiap 1 m^3 beton

Volume Air = 203 kg

$$= \frac{Berat\ Air}{Berat\ Jenis\ Air}$$

$$= \frac{203\ kg}{1000\ kg/m^3}$$

$$= 0{,}203\ m^3$$

Volume semen = 432,20 kg

$$= \frac{Berat\ semen}{Berat\ Jenis\ Semen \times 1000}$$

$$= \frac{432{,}20}{3{,}08 \times 1000}$$

$$= 0{,}140\ m^3$$

Volume absolute Agregat Kasar = 1087.588 kg

$$= \frac{Berat\ Agregat\ kasar}{Berat\ Jenis\ Agregat\ kasar \times 1000}$$

$$= \frac{1087.588}{2{,}75 \times 1000}$$

$$= 0{,}395\ m^3$$

Volume udara terperangkap = 1,9%

$$= 1\ m^3 \times 1{,}9\%$$

$$= 0{,}019\ m^3$$

Jumlah volume padat selain agregat Halus

V_{tot} = Volume air + volume semen + volume agregat kasar + volume udara

= 0,203 + 0,140 + 0,395 + 0,019

= 0,758 m^3

Volume Agregat Halus = 1 – Volume total

= 1 – 0,758

= 0,242 m^3

Berat agregat halus kering = Volume agregat halus × (Berat

jenis agregat halus × 1000)

= 0,242 × (2,48 × 1000)

= 599,4 kg

7. Perkiraan berat pasir tiap 1 m^3 beton

Tabel 4.7 Perkiraan awal berat beton (Hasil Olah Data Laboratorium Teknik Sipil 2024)

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	**Perkiraan awal berat beton, kg/m^3**	
	Beton tanpa tambahan udara	**Beton dengan tanbahan 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 data diatas maka perkiraan berat beton adalah 2350

Sehingga :

Air (Berat bersih)	=	203
Semen	=	432,20
Agregat kasar	=	1088 +
Jumlah	=	1722,78
Maka berat agregat halus adalah	=	2350 – 1722,78
	=	627 kg

8. Koreksi terhadap kadar air

dilakukan sebelum hendak melakukan proses pencampuran untuk pengujian kadar air bisa dilihat pada SNI 03-1971-1990

Kadar air didapat :

Agregat kasar = 0.76%

Agregat halus = 2.25%

Sehingga berat (massa) penyesuaian berdasarkan kadar air adalah

Agregat kasar (Basah) = Agregat kasar (Basah) × Kadar air agregat kasar

= 1087,588 × 0,76%

= 8,219 kg

Agregat halus (Basah) = Agregat halus (Basah) × Kadar air agregat halus

= 627,216 × 2,25%

= 14,112 kg

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

Air yang diberikan Agregat kasar = Penyerapan air Agregat kasar × Agregat kasar (Basah)

= 1.63% x 1087,588

= 17,689

Air yang diberikan agregat halus = Penyerapan air agregat halus × Agregat halus (Basah)

= 0,74% x 627,216

= 4,612

Dengan demikian kebutuhan air yang ditambahkan adalah sebagai berikut:

$Air_{koreksi}$ = Air – Total berat massa + Total penyerapan air

= 203.0 – 22,331 + 22,301

= 202,971 kg.

Maka perkiraan 1 m^3 beton adalah sebagai berikut

Air (Yang ditambahkan)	= 202.971 Kg
Semen	= 432.134 Kg
Agregat Kasar	= 1078.118 Kg
Agregat Halus	= 636.715 Kg
Jumlah	= 2349.937 Kg

9. Kebutuhan campuran bahan untuk 1 m^3 beton

Tabel 4.8 Perkiraan awal berat beton (Hasil Olah Data Laboratorium Teknik Sipil 2024)

Kebutuhan Campuran Beton	Berdasarkan Koreksi terhadap kadar air (kg)	Berdasarkan perkiraan massa beton (kg)	Berdasarkan volume absolute (kg)
Air (berat bersih)	203,0	203,0	203,0
Semen	432,1	432,2	432,2
Agregat Kasar (kering)	1078,1	1087,6	1087,6
Agregat Halus (kering)	636,7	627,2	599,4

10. Kebutuhan Bahan Pembuatan Benda Uji Silinder Beton :

kebutuhan beton 1 silinder

Diameter (d) = 0.15 m

Tinggi (h) = 0.30 m

Jari-jari (π) = 3,14 m

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

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

$= 0.0053\ m^3$

Volume total silinder = Vo1ume 1 silinder × Jumlah beton silinder

$= 0{,}0053\ m^3 \times 9$

$= 0.04771\ m^3$

Ada lima bahan komposisi beton yang digunakan dalam 1 meter kubik, yaitu air 9%, agregat halus 35%, agregat kasar 40%, udara 1%, dan semen 15%. Agar tidak terjadi kekurangan bahan maka diperlukan penambahan volume silinder sebesar 15 %.

Volume tambahan = Volume 9 silinder x 15 %

$= 0.04771\ m^3$ x 15 %

$= 0.00716\ m^3$

Volume total = Volume total silinder + Volume tambahan

$= 0.04771\ m^3 + 0.00716\ m^3$

$= 0{,}05487\ m^3$.

Tabel 4.9 Kebutuhan bahan untuk 9 silinder beton (Hasil Olah Data Laboratorium Teknik Sipil 2024)

Material	kebutuhan persatu kubik beton	kebutuhan persatu selinder beton	Kebutuhan 9 Silinder
W semen	401,50 kg	2,45 kg	22,03 kg
W pasir	574,24 kg	3,50 kg	31,51 kg
W kerikil	1220,26 kg	7,44 kg	66,96 kg
W air	205,00 kg	1,25 kg	11,25 kg

11. Kebutuhan Setiap Benda Uji :

a. Untuk beton normal

Diketahui ukuran silinder = 15 x 30 cm

Diameter (d) = 0.15 m

Tinggi (h) = 0.30 m

Jari-jari (π) = 3,14 m

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

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

= 0.00530144 m^3

Agar tidak terjadi kekurangan bahan maka diperlukan penambahan volume silinder sebesar 15%

Volume tambahan = Volume 1 silinder x 15%

= 0.0053 m^3 x 15%

= 0.0007952 m^3

Volume total 1 silinder = Volume 1 silinder + Volume tambahan

= 0.0053 m^3 + 0.0007952 m^3

= 0.08482 m^3

Tabel 4.10 Kebutuhan bahan untuk beton normal (Hasil Olah Data Laboratorium Teknik Sipil 2024)

Kebutuhan bahan	**Kebutuhan persatu kubik beton**		**Kebutuhan persatu selinder beton**		**Kebutuhan 9 selinder**	
W semen	401,50	Kg	3,78	kg	34,06	Kg
W pasir	574,24	Kg	5,41	kg	48,71	Kg
W kerikil	1220,26	Kg	11,50	kg	103,51	Kg
W air	205,00	Kg	1,93	kg	17,39	Kg

b. Untuk variasi jerami 5%

Volume jerami 5% = V. Beton x 5%

= 1,000 m^3 x 5%

= 0.050 m^3

Berat jerami = Volume jerami x BV. Jerami

= 0.050 m^3 x 70,19

= 3,510 kg

Berat Beton mix = Berat semen × 1%

= 401,500 m^3 × 1%

= 4,015 kg

Tabel 4.11 Kebutuhan bahan untuk variasi 5% jerami dan beton mix (Hasil Olah Data Laboratorium Teknik Sipil 2024)

Material	kebutuhan persatu kubik beton	kebutuhan persatu selinder beton	Kebutuhan 9 Silinder
W semen	401,50 kg	2,45 kg	22,03 kg
W pasir	574,24 kg	3,50 kg	31,51 kg
W kerikil	1220,26 kg	7,44 kg	66,96 kg
W air	205,00 kg	1,25 kg	11,25 kg
W Jerami	3,51 kg	0,02 kg	0,19 kg
W beton mix	4,01 kg	0,02 kg	0,22 kg

c. Untuk variasi jerami 10%

Volume jerami 10% = V. Beton x 10%

= 1,000 x 10%

= 0.100 m^3

Berat jerami = Volume jerami x BV. Jerami

= 0.100 m^3 x 70,19

= 7,019 kg

Berat Beton mix = Berat semen × 1%

= 401,500 m^3 × 1%

= 4,015 kg

Tabel 4.12 Kebutuhan bahan untuk variasi 10% jerami dan beton mix (Hasil Olah Data Laboratorium Teknik Sipil 2024)

Material	kebutuhan persatu kubik beton	kebutuhan persatu selinder beton	Kebutuhan 9 Silinder
W semen	401,50 kg	2,45 kg	22,03 kg
W pasir	574,24 kg	3,50 kg	31,51 kg
W kerikil	1220,26 kg	7,44 kg	66,96 kg
W air	205,00 kg	1,25 kg	11,25 kg
W Jerami	7,02 kg	0,04 kg	0,39 kg
W beton mix	4,01 kg	0,02 kg	0,22 kg

C. Nilai Slump

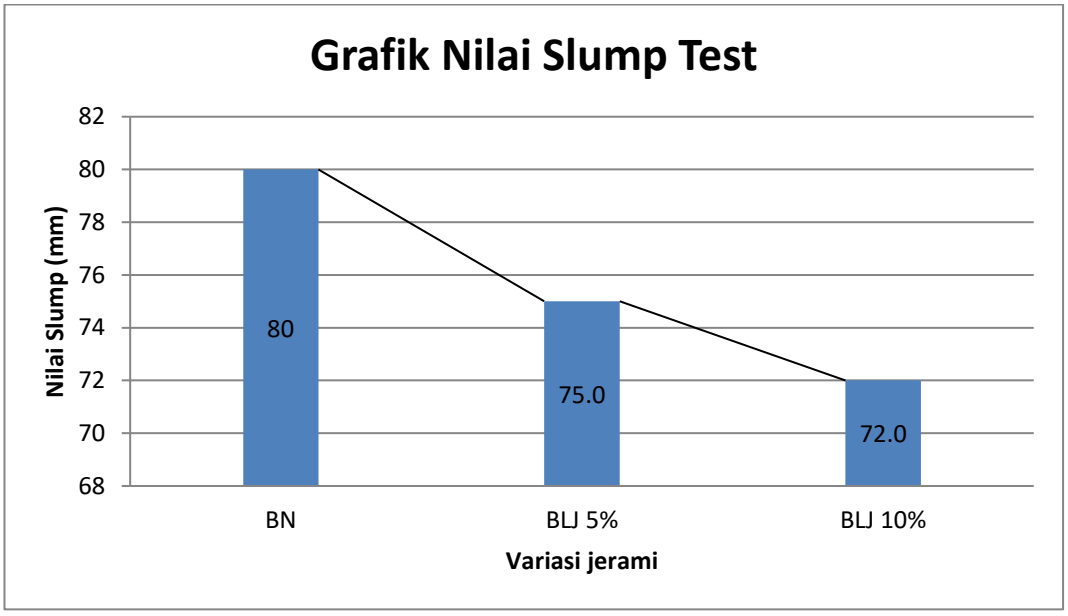
Pengujian nilai *Slump test* dilakukan dengan menggunakan kerucut *abrams,* dengan membasahi kerucut *abrams* terlebih dahulu kemudian menempatkannya ditempat yang rata. Kemudian diisi dengan beton segar sebanyak 3 lapis, setiap lapisan diisi 1/3 dari volume kerucut *abrams* dan ditusuk sebanyak 25 kali 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 4.16 Hasil pengujian nilai *Slump test* (Hasil Olah Data Laboratorium Teknik Sipil 2024)

No	Variasi Campuran beton	Waktu campur (menit)	*Slump* rencana (mm)	*Slump* rata-rata lapangan (mm)
1	BN	± 10	75 – 100	80.0
2	BLJ 5%			75
3	BLJ 10%			72

Berdasarkan hasil pengujian slump pada tabel di atas dimana pada beton normal dan penambahan jerami didapatkan nilai *Slump test* yang memenuhi *slump* rencana, didapatkan nilai slump untuk campuran 5% jerami sebesar 75 mm mm, untuk campuran 10% jerami 72 mm.

Maka dapat disimpulkan bahwa beton yang telah dicampur dapat digunakan karena tidak melewati batas maksimal nilai slump.



Gambar 4.1 Grafik perbandingan nilai *slump* pada setiap variasi

D. Kuat Tekan

Setelah melakukan pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan benda uji tersebut. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji berumur 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan sebanyak 27 sampel yang terdiri dari 3 variasi campuran yaitu beton normal, 5% jerami, 10% jerami. Untuk masing-masing variasi campuran dibuat 9 sampel untuk kuat tekan silinder dengan ukuran benda uji 15 x 30 cm. Sebelum melakukan uji kuat tekan beton maka terlebih dahulu melakukan penimbangan benda uji untuk setiap variasi yang akan dijadikan sampel uji.

Adapun hasil dari pengujian kuat tekan yang terdiri dari beton normal, 5% jerami, 10% jerami yaitu sebagai berikut :

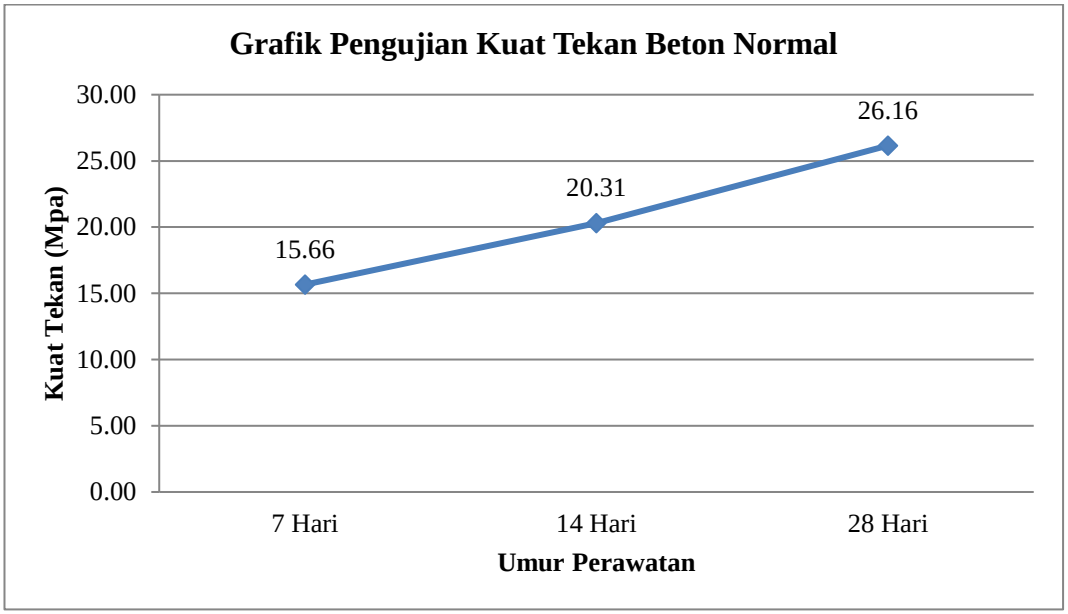
1. Beton normal

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan pada beton normal yang didapatkan pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut :

Tabel 4.17 Hasil rata-rata uji kuat tekan beton normal (Hasil Olah Data Laboratorium Teknik Sipil 2024)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)	Standar Deviasi
1	7 Hari	11.94	276.67	15.66	4,872
2	14 Hari	12.21	358.66	20.31	
3	28 Hari	12.41	442.66	26,16	

Pada pengujian sampel dengan beton normal dengan jumlah rata-rata sampel didapatkan grafik sebagai berikut :



Gambar 4.2 Grafik pengujian kuat tekan beton normal

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton normal mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 4,65 Mpa, untuk umur 14 hari ke 28 hari sebesar 5,85 Mpa. Standar deviasi untuk pengujian beton normal adalah sebesar 4,872 Mpa.

2. Variasi 5% jerami dan beton mix

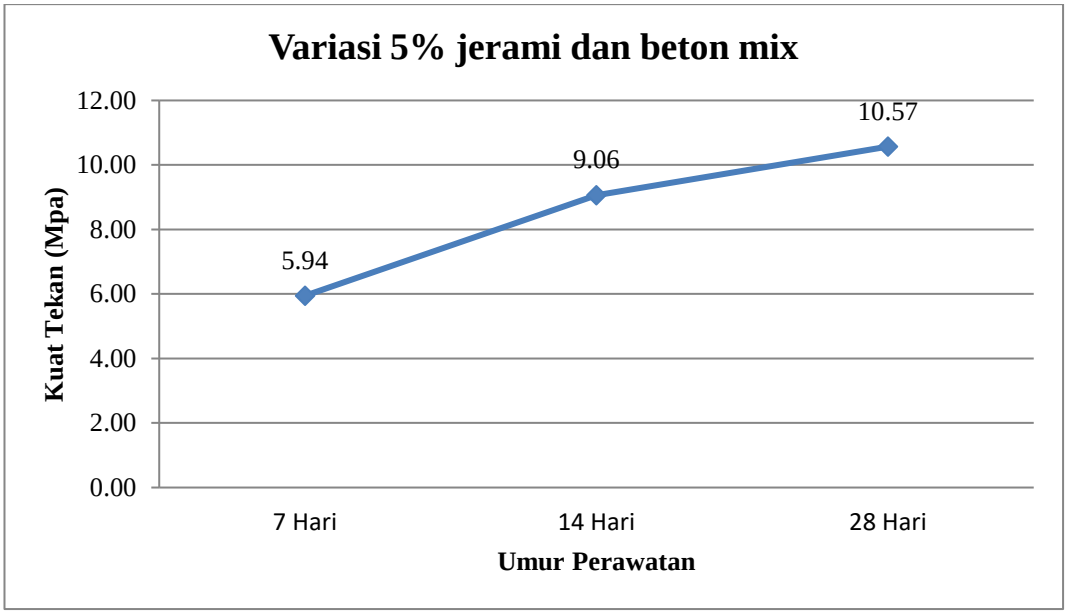
Berdasarkan hasil penelitian, rata-rata kuat tekan pada beton dengan variasi 5% jerami dan beton mix yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4.18 Hasil rata-rata uji kuat tekan beton variasi 5% jerami dan beton mix (Hasil Olah Data Laboratorium Teknik Sipil 2024)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)	Standar Deviasi
1	7 Hari	11,26	105	5,94	2,111
2	14 Hari	11,11	160	9,06	
3	28 Hari	11,26	186,67	10,57	

Pengujian sampel rata-rata beton variasi 5% jerami dan beton mix

didapatkan grafik sebagai berikut :



Gambar 4.3 Grafik pengujian kuat tekan variasi 5% jerami dan beton mix

Pada grafik diatas dijelaskan bahwa beton dengan campuran 5% jerami dan beton mix mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 3,12 Mpa, untuk umur 14 hari ke 28 hari sebesar 1,51 Mpa. Standar deviasi untuk pengujian beton dengan campuran 5% jerami dan beton mix adalah sebesar 2,111 Mpa.

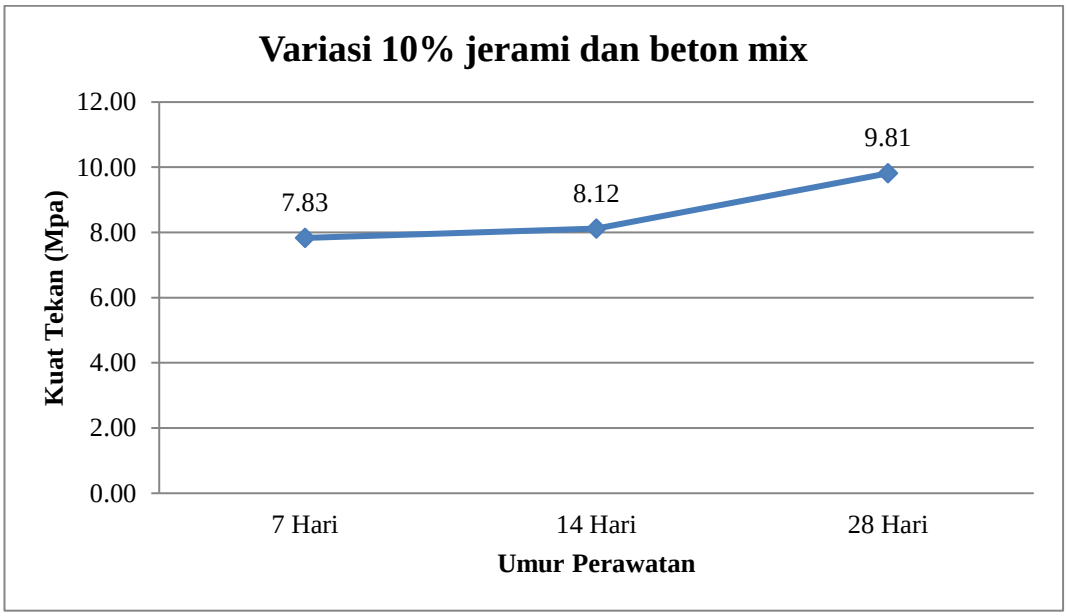
3. Variasi 10% jerami

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan pada beton dengan variasi 10% jerami dan beton mix yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4.19 Hasil rata-rata uji kuat tekan beton variasi 10% jerami dan beton mix (Hasil Olah Data Laboratorium Teknik Sipil 2024)

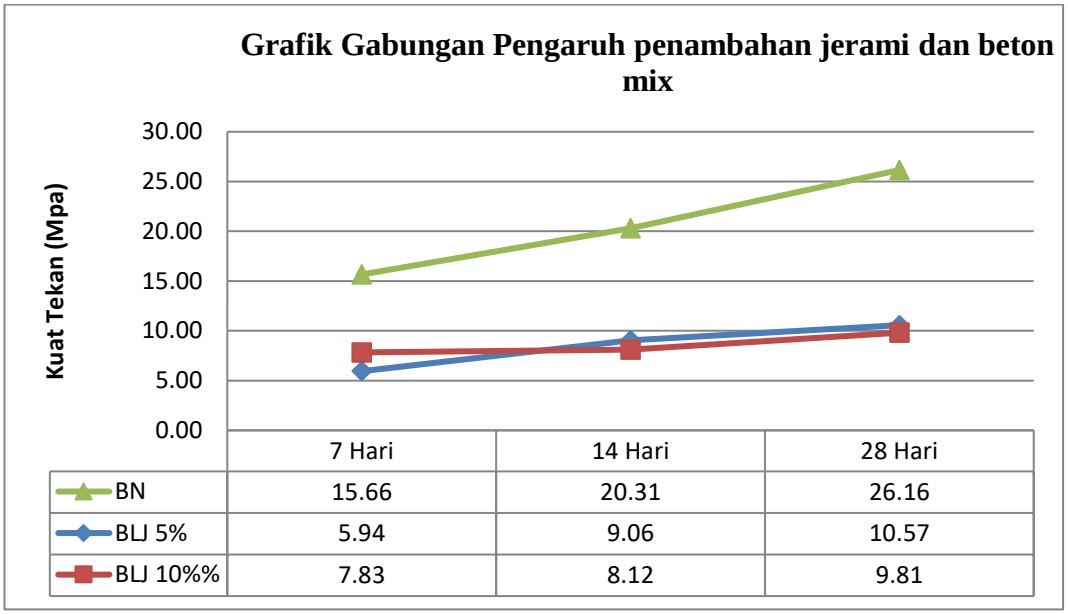
No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)	Standar Deviasi
1	7 Hari	10,720	138,333	7,83	1,415
2	14 Hari	10,443	143,333	8,12	
3	28 Hari	11,077	173,333	9,81	

Pengujian sampel rata-rata beton variasi 10% jerami dan beton mix didapatkan grafik sebagai berikut :



Gambar 4.4 Grafik pengujian kuat tekan variasi 10% jerami dan beton mix.

Pada grafik diatas dijelaskan bahwa beton dengan campuran 10% jerami dan beton mix mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 0,29 Mpa, untuk umur 14 hari ke 28 hari sebesar 1,69 Mpa. Standar deviasi untuk pengujian beton dengan campuran 5% jerami dan beton mix adalah sebesar 1,415 Mpa.



Gambar 4.5 Grafik gabungan pengaruh penambahan jerami dan beton mix

Pada grafik diatas dapat disimpulkan kuat tekan pada umur beton 7 hari dengan tambahan 5% jerami dan beton mix didapatkan hasil kuat tekan sebesar 5,94 Mpa, sedangkan beton dengan tambahan 10% jerami dan beton mix didapatkan hasil kuat tekan sebesar 7,83 Mpa. Pada umur beton 14 hari dengan tambahan 5% jerami dan beton mix didapatkan hasil kuat tekan sebesar 9,06, sedangkan beton dengan tambahan 10% jerami dan beton mix didapatkan hasil kuat tekan sebesar 8,12 Mpa. Pada umur beton 28 hari dengan tambahan 5% jerami dan beton mix didapatkan hasil kuat tekan sebesar 10,57 Mpa, sedangkan beton dengan tambahan 10% jerami dan beton mix didapatkan hasil kuat tekan sebesar 9,81 Mpa.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dibahas diatas, dapat ditarik kesimpulan, yaitu sebagai berikut:

1. Pengaruh penambahan jerami dengan presentase penambahan 5% dan 10% mengalami penurunan dari kuat tekan beton normal pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari mengalami penurunan kuat tekan pada penambahan jerami 5% dan 10% dari kuat tekan beton normal. Untuk kuat tekan beton normal pada umur 7 hari adalah 15,66 Mpa, umur 14 hari adalah 20,31 Mpa dan umur 28 hari adalah 26,16 Mpa. Kuat tekan beton dengan penambahan jerami 5% pada umur 7 hari adalah 5,94 Mpa, umur 14 hari adalah 9,06 Mpa dan umur 28 hari adalah 10,57 Mpa. Kuat tekan beton dengan penambahan jerami sebesar 10% pada umur 7 hari adalah 7,83 Mpa, umur 14 hari adalah 8,12 Mpa dan umur 28 hari adalah 9,81 Mpa. Hal ini di karenakan semakin banyak penambahan jerami pada campuran beton maka semakin rendah pula kekuatan beton.
2. Berdasarkan hasil penelitian beton normal layak digunakan dalam konstruksi karena kuat tekan dari hasil pengujian beton normal memenuhi kuat tekan yang di rencanakan yaitu 25 Mpa, sedangkan beton dengan variasi 5% jerami dan 10% jerami tidak layak digunakan dalam konstruksi dikarenakan kuat tekan yang tidak memenuhi dari kuat tekan yang di rencanakan yaitu 25 Mpa.

B. Saran

Dari hasil penelitian yang telah dibahas diatas, dapat ditarik kesimpulan, yaitu sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan memanfaatkan jerami sebagai bahan tambah pada campuran beton dengan variasi 2% jerami dan 3% jerami dengan tambahan additive beton mix sebesar 1%.
2. Bagi mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare yang akan melakukan penelitian, disarankan untuk mempelajari lebih dalam masalah yang akan diteliti. Hal ini penting agar dapat memahami dengan baik topik yang akan dibahas, dengan merujuk pada penelitian sebelumnya yang memiliki kesamaan, baik dari segi bahan yang digunakan maupun metode penelitiannya.

DAFTAR PUSTAKA

Wijanarko, W. (2009). *Analisis Bahan Jerami Padi Dalam Bentuk Block Atau Kotak Sebagai Bahan Pengisi Batako Tidak Berlubang.* Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

Nasrul, S., Yanti, G., Megasari. S. W. (2021). Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Pada Beton Berpori. *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*. 04(01):3.

Muharrisa, R. (2013). *Pengaruh Penambahan Serat Jerami Padi Sebagai Peredam Suara dan Pengaruhnya Terhadap Sifat Mekanik Beton.* Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara.

Sumarni, S., Siswanto. B. (2012). *Penggunaan Jerami Padi Untuk Beton Ringan (BATAJER).*

Abzarih, A. W., (2021). *Pemanfaatan Jerami Padi Pada Beton Normal Struktural*. Kota Baubau: Universitas Dayanu Ikhsanuddin.

Lubis, D. E. A. (2023). *Pemanfaatan Serat Ijuk dan Sikacim Concrete Additive Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Beton Ditinjau Dari Kuat Tarik Belah.* Kota Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Kartikasari, D., Sutrisno, A. E. (2017). *Pengaruh Penambahan abu Jerami Padi Terhadap Kuat Tekan Beton.* Lamongan: Universitas Islam Lamongan.

Sari, L. F. D., (2012). *Pemanfaatan Limbah Jerami Sebagai bahan Isi Untuk Beton Ringan Non Struktural*. Jember: Universitas Jember.

Concreate, A. C. C. O. "Standard specification for lightweight aggregates for structural concrete." *ASTM International* (2017).

Hearn, Nataliya, R. Douglas Hooton, and Michelle R. Nokken. "Pore structure, permeability, and penetration resistance characteristics of concrete." *Significance of tests and properties of concrete and concrete-making materials*. ASTM International, 2006.

Lastri Nola Br Berutu, 2020: 6, *Keuntungan dan Kerugian Menggunakan Beton*

SNI 03-1968-1990, Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar, BSN

SNI 03-1970-1990. Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus. Badan Standarisasi Nasional

SNI 03-1971-1990. Metode Pengujian Kadar Air Agregat. Badan Standarisasi

Nasional

SNI 03-1974-2011, *Pengertian dan Cara Uji Kuat Tekan Beton Menggunakan Silinder*

SNI 4431-2011 Pengujian Kuat Lentur Beton

SNI 03-2493-1991, Metoda Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium, Badan Standar Nasional, Indonesia.

SNI 03-2834-1993 (1993:1), *Pengertian Agregat*

SNI 03-4142-1996. Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 MM). Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-4804-1998. 1998. Berat Isi Agregat Kasar dan Agregat Halus.

SNI 03-691-1996. Pengujian Kuat Tekan Beton.

SNI 15 2049 2004 Semen portland

SNI 15-2049-2004, *Pengertian Semen Portland*

SNI 1969-2008. Berat Jenis

SNI 2417, 2008. Metode Pengujian Keausan Agregat Dengan mesin Abrasi Los Angeles, Bandung

Sorace, Antonella. "Gradients in auxiliary selection with intransitive verbs." *Language* (2000): 859-890.

Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-1993:1), *Pengertian Beton*

Wahyudi, Firman. *Karakteristik Agregat Campuran Beton di Kabupaten Sumenep Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI)*. Diss. Universitas Wiraraja, 2017.