BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Beton adalah salah satu bahan konstruksi yang banyak dikembangkan dalam teknologi bahan konstruksi. Beton merupakan campuran antara semen *Portland* atau semen hidraulik yang lain, yaitu agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (SNI 03-2847-2000, Pasal 3.12, tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung). Beton memiliki keunggulan pada kuat tekan yang baik sehingga beton digunakan sebagai pembentuk struktur utama konstruksi dan peningkatan kualitas beton akan terus-menerus dilakukan dalam berbagai penelitian. (Hanafi. M. I, 2018).

Agregat kasar dan halus merupakan material pembentuk beton. Beton biasanya memiliki campuran agregat yang jumlahnya cukup tinggi, yaitu berkisar 60%-70% dari berat campuran beton. Agregat ini hanya digunakan sebagai bahan pengisi dari beton. Akan tetapi, karena komposisi agregat yang cukup besar sehingga agregat menjadi penting dalam suatu campuran beton. Oleh karena itu, diperlukan pengujian karakteristik agregat dimana agregat itu sendiri akan menentukan sifat mortar dan beton yang dihasilkan. Secara umum, agregat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Menurut SNI 03-2847-2002, bahwa agregat halus merupakan agregat yang mempunyai

ukuran butir maksimum sebesar 4,75 mm dan agregat kasar yang mempunyai ukuran butir antara 4,75-40 mm (Dahlia et al., 2021).

Semen *portland* merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *portland* terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan ditambah bahan tambahan lain (SNI 15-2049-2004). Hal ini menyebabkan adanya peningkatan harga semen setiap tahun. Dalam mengatasi permasalahan tersebut, perlu adanya suatu modifikasi pada campuran beton yang lebih ramah lingkungan. Bahan campuran yang mampu mengurangi kebutuhan semen serta mengandung kalium silikat seperti abu arang dipilih dalam bahan campuran beton modifikasi dengan meninjau kuat tekan. (Purwanti et al, 2017)

Dalam era keberlanjutan dan pengelolaan sumber daya alam, penggunaan bahan alternatif dalam industri konstruksi menjadi semakin relevan. Penambahan abu kayu sebagai pengganti sebagian semen pada campuran beton menjadi fokus studi karena potensi positifnya terhadap performa beton dan pengurangan dampak lingkungan, dan mempromosikan pendekatan ramah lingkungan dalam teknologi konstruksi.

Dalam membuat suatu beton dengan mutu tertentu perlu ditentukan dengan jumlah pasta dan agregat yang sesuai. Proporsi dari campuran agregat menentukan sifat-sifat dari beton yang dibentuk. Dalam perkembangan masa, harga agregat setiap tahunnya mengalami peningkatan terutama semen apa lagi di daerah pedesan. Hal ini dikarenakan salah satunya bahan pembuat semen berasal dari alam yang merupakan bahan yang tidak dapat diperbarui, yaitu batuan yang

mengandung silikat. Oleh karena itu perlunya memunculkan suatu altternatif material baru yang merupakan modifikasi material yang sudah ada yaitu abu kayu. Dipilihnya abu kayu sebagai alternatif bahan tambah pada semen dikarenakan abu kayu sangat banyak di dapatkan di daerah pedesaan, abu kayu juga dapat kita dapatkan melalui pembakaran arang, yang dimana harga arang sangatlah murah.

Abu kayu halaban merupakan hasil perubahan secara kimiawi dari proses pembakaran kayu halaban dengan api sekitar ±1000ºC dan membutuhkan waktu sekitar 150 menit untuk merubah sel bongkah kayu menjadi abu. Abu kayu halaban ini memiliki kandungan silika yang merupakan pengikat agregat yang baik dan cukup tinggi, sehingga memiliki sifat *pozzolan.*(Perdhana et al., 2022).

Prinsip dari penelitian ini adalah memanfaatkan limbah yang sudah tidak digunakan dan mudah di dapatkan untuk diolah sehingga dapat dipergunakan kembali dengan nilai beton rencana 25 Mpa. Oleh karena itu penulis tertarik untuk mengetahui **Pengaruh Subtitusi Abu Kayu Terhadap Semen Ditinjau Dari Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton.**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh persentase limbah abu kayu terhadap kuat tekan beton?
2. Bagaimana pengaruh persentase limbah abu kayu terhadap kuat tarik belah beton?

3. Berapa persentase penambahan abu kayu yang optimal untuk meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah abu kayu terhadap kuat tekan beton.
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah abu kayu terhadap kuat terik belah beton.
3. Untuk mengetahui variasi campuran sehingga menghasilkan kekuatan beton yang optimal.

D. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini dibatasi pada:

1. Abu kayu yang akan digunakan dalam campuran beton yaitu harus lolos saringan N0. 200.
2. Abu kayu yang digunakan berasal dari pembakaran kayu di Desa Cemba, Kec. Enrekang, Kab. Enrekang.
3. Mutu beton yang direncanakan yaitu K-300 (setara dengan fc 25 Mpa).
4. Besar variasi proporsi Abu kayu yang digunakan dalam campuran beton yaitu sebesar 2%, 4%, dan 6%.
5. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari *(SNI 1974-2011)*
6. Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada umur 28 hari *(SNI 249-2014).*

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mampu memberikan nilai ekonomi terhadap limbah abu kayu
2. Mampu memberikan informasi bahwa abu kayu dapat digunakan dalam campuran pembuatan beton

F. Sistematis Penulisan

Adapun sistematika penulisan diatur dalam pedoman 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 penelitian, mulai waktu dan lokasi penelitian, serta diagram alir penelitian tersebut.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil hasil penelitian yang telah dilakukan melalui uji laboratorium yang dijabarkan dalam bentuk tabel, grafik, maupun gambar.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari seluruh rangkaian penelitian yang telah dilakukan serta saran saran terkait dengan permasalahan pemikiran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton

Beton merupakan salah satu bahan material yang umum digunakan dalam dunia konstruksi khususnya pembangunan infrastruktur seperti jalan, jembatan, dan pembangunan gedung (Panjaitan et al., 2021). Beton adalah material yang diperoleh dari campuran (komposit) yang terdiri dari beberapa bahan yaitu antara lain agregat kasar, agregat halus, semen, air, serta terkadang ditambahkan pula dengan bahan tambah lain seperti zat *additive* dengan perbandingan proporsi yang telah ditentukan. Penentuan kualitas beton sangat bergantung pada kualitas bahan-bahan yang digunakan dalam campuran beton tersebut (Mahendra et al., 2021).

Tekstur campuran yang awalnya lembek akan mengalami pengerasan seperti batuan, karena terjadi reaksi antara air dan semen. Hal ini terjadi karena kedua bahan tersebut mengalami reaksi kimia yang menghasilkan Kalcium Silikat Hidrat (CSH) dan membentuk senyawa kimia yaitu Kalsium Hidroksida (Ca(OH)2). Penambahan bahan tambah dalam campuran beton yang bersifat posolan *(pozzolanic material)* dapat menjaga kualitas mutu beton karena senyawa yang dihasilkan dari reaksi kimia antara semen dan air bersifat basa dan reaksinya terhadap asam dapat menurunkan kulitas beton (Panjaitan et al., 2021).

Menurut (Tjokrodimuljo, 2007) beton mempunyai beberapa kelebihan yaitu sebagai berikut (Hasibuan, 2021) :

a) Biaya yang diperluhkan relatif murah sedikit karena bahan baku umunya mudah didapat.
b) Biaya pemeliharaan rendah karena beton tahan terhadap temperatur rendah ataupun tinggi serta tahan terhadap peristiwa yang disebabkan oleh kondisi lingkungan, seperti pembusukan dan pengkaratan.
c) Kekuatannya tinggi dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan struktur yang akan dibangun, serta jika dikombinasikan dengan bahan yang juga mempunyai kekuatan yang tinggi akan menghasilkan kesatuan struktur dan dapat digunakan dalam pembuatan bangunan mutu tinggi.
d) Mudah dibentuk menggunakan cetakan sesuai dengan kebutuhan struktur bangunan.

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

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

1. Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir mineral dengan tekstur keras dan berstruktur padat yang berupa batu pecah, kerikil, dan pasir yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton atau mortar. (Maghfirah et al., 2019). Adapun klasifikasi agregat berdasarkan ukuran butirannya dapat digolongkan sebagai berikut:

a) Batu, ukuran butirannya yaitu lebih besar dari 40 mm.

b) Kerikil, ukuran butirannya yaitu antara 4,8 mm – 40 mm.

c) Pasir, ukuran butirannya yaitu antara 0.15 mm – 4,8 mm.

d) Debu *(silt)*, ukuran butirannya yaitu lebih kecil dari 0,15 mm.

Jenis-jenis agregat yang digunakan dalam campuran beton dibedakan menjadi dua (2), yaitu sebagai berikut:

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

Agregat kasar (kerikil) adalah agregat dengan ukuran butiran lebih besar dari 4,75 mm. Agregat kasar merupakan nama lain dari kerikil ataupun batu pecah, ukuran kerikil yang umum dihasilkan dari industri pemecah batu yaitu 5 mm - 40 mm (Bintoro et al., 2018). Syarat mutu agregat kasar (kerikil) untuk campuran beton menurut *SK SNI S – 04 – 1989 – F*, yaitu sebagai berikut:

1) Butirannya tajam, kuat dan keras.

2) Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.

3) Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut:

    a) Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 12%

b) Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 10%

4) Agregat kasar tidak boleh mengandung Lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 1 %. Apabila lebih dari 1 % maka kerikil harus dicuci.
5) Tidak boleh mengandung zat organic dan bahan alkali yang dapat merusak beton.
6) Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 6 – 7,10 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut:
   a) Sisa di atas ayakan 38 mm dan harus 0 % dari berat.
   b) Sisa di atas ayakan 4,8 mm, 90 % - 98 % dari berat.
   c) Selisih antara sisa-sisa komulatif di atas dua ayakan yang berurutan, maksimal 60 % dan minimal 10 % dari berat.
7) Tidak boleh mengandung garam.



Gambar 2.1. Agregat Kasar (Kerikil)
Sumber :Dokumentasi Bahan Penelitian

b) Agregat halus (pasir) *SK SNI S – 04 – 1989 – F*

Agregat halus (pasir) adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi pada pembuatan beton yang berupa pasir alami atau pasir buatan yang diperoleh dari mesin pemecah batu, dengan ukuran butiran maksimal 4,8 mm (Mahendra et al., 2021). Agregat halus yang layak digunakan dalam campuran beton yaitu agregat yang terbebas dari bahan-bahan yang dapat merusak campuran beton, seperti bahan organik, lempung, dan lain-lain.

Syarat mutu agregat halus (pasir) untuk campuran beton menurut *SK SNI S – 04 – 1989 – F,* yaitu sebagai berikut:

1) Butirannya tajam, kuat dan keras.
2) Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
3) Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut:
    a) Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 12 %
    b) Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 10%
4) Agregat halus tidak boleh mengandung Lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 5 %. Apabila lebih dari 5 % maka pasir harus dicuci.
5) Tidak boleh mengandung zat organik, karena akan mempengaruhi mutu beton. Bila direndam dalam larutan 3 % NaOH, cairan diatas endapan tidak boleh lebih gelap dari larutan pembanding.

6) Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 1,5 – 3,8. Apabila ayakan dengan susunan ayakan yang telah ditentukan, harus masuk salah satu daerah susunan butir menurut zone 1, 2, 3, atau 4 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut:
    a) Sisa di atas ayakan 4,8 mm, maksimal 2 % dari berat.
    b) Sisa di atas ayakan 1,2 mm, maksimal 10 % dari berat.
    c) Sisa di atas ayakan 0,30 mm, maksimal 15 % dari berat.
7) Tidak boleh mengandung garam.

Dalam buku Perencanaan Campuran dan Pengendaliaan Mutu Beton (1994) agregat halus dapat dibagi menjadi 4 jenis menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar yang batas gradasinya dapat dilihat pada tabel berikut:

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

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



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

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

Semen adalah bahan perekat pada beton yang berbentuk halus dan dapat mengikat agregat kasar ataupun agregat halus setelah rekasi hidrasi terjadi karena adanya penambahan air (Mahendra et al., 2021).

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia SNI-15-2049-2004, semen *portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak *(clinker) portland* terutama yang terdiri dari kalsium silikat (CaO.SiO2) yang bersifat hidrolis dan di giling bersama – sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat (CaSO4.xH2O) dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

a) Bahan baku pembuatan semen *portland*

Semen *Portland* terbentuk dari oksida-oksida utama yaitu : Kapur (CaO), Silika (SiO_2), Alumina (Al_2O_3), Besi (Fe_2O_3). Bahan baku oksida-oksida tersebut diperoleh dari :

1) Batu kapur kalsium (CaCO3), setelah proses pembakaran terjadi akan menghasilkan kapor oksida (CaO).

2) Tanah liat yang mengandung oksida Silika (SiO_2), Alumina (Al_2O_3), Besi (Fe_2O_3).
3) Pasir kuarsa atau batu silica untuk menambah kekurangan SiO_2.
4) Pasir besi untuk menambah kekurangan Fe_2O_3.

b) Sifat kimia semen *portland*

Tabel 2.2. Bahan bahan utama penyusun semen *portland* (*Sumber: Mulyono 2023*)

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

Ketika unsur unsur penyusun semen *portland* tersebut ditambah air maka akan bereaksi membentuk senyawa senyawa kimia yang menyebabkan ikatan danpengerasan. Secara garis besar ada 4 senyaawa kimia utama yang menyusun semen *portland*, yaitu:

1) Trikalsium Silikat ($3CaO.\ SiO_2$) yang disingkat menjadi C_3S.
2) Dilasium Silikat ($2CaO.\ SIO_2$) yang disingkat menjadi C_2S.
3) Trikalsium Aluminat ($3CaO.\ AI_2O_3$) yang disingkat menjadi C_3A
4) Tertrakalsium Aluminoferrit ($4CaO.\ AI_2O_3.Fe_2O_3$) yang disingkat menjadi C_4AF.

c) Jenis-jenis semen *Portland*

Menurut standar yang diterbitkan oleh BSN berikut ini adalah standar semen portland beserta nomor SNI nya:

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

Sesuai dengan tujuan penggunaannya, semen portland di Indonesia dapat dibagi menjadi beberapa tipe, yaitu:

1) Tipe I

Adalah perekat hidrolisis yang dihasilkan dengan cara menggiling klinker yang kandungan utamanya kalsium silikat dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah 49% (C3S), 25% (C2S), 12% (C3A), 8% (C4AF), 2,8% (MgO), 2,9% (SO3). Semen Portland tipe I dipergunakan untuk pengerasan jalan, gedung, jembatan, dan lain-lain jenis konstruksi yang tidak ada kemungkinan mendapat serangan sulfat dari tanah dan timbulnya panas hidrasi yang tinggi.

2) Tipe II

Semen jenis ini dalam penggunaannya memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang. Komposisinya: 46% (C3S), 29% (C2S), 6% (C3A), 11% (C4AF), 2,9% (MgO), 2,5% (SO3). Semen Portland tipe II

dipergunakan untuk bangunan tepi laut, bendungan, dan irigasi, atau beton masa yang membutuhkan panas hidrasi rendah.

3) Tipe III

Semen jenis ini dalam penggunaannya memerlukan kekuatan yang tinggi pada fase permulaan setelah terjadi pengikatan. Kadar C3S-nya sangat tinggi dan butirannya sangat halus. Semen Potland tipe III dipergunakan untuk bangunan yang memerlukan kekuatan tekan yang tinggi (sangat kuat) seperti, jembatan-jembatan dan pondasi-pondasi berat

4) Tipe IV

Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah, sehingga kadar C3S dan C3A rendah. Semen Portland tipe IV dipergunakan untuk kebutuhan pengecoran yang tidak menimbulkan panas, pengecoran dengan penyemprotan (setting time lama).

5) Tipe V

Semen portland yang dalam penggunaannya hanya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah: 43% (C3S), 36% (C2S), 4% (C3A), 12% (C4AF), 1,9% (MgO), 1,8% (SO3). Semen Portland tipe V dipergunakan untuk instalasi pengolahan 8 limbah pabrik, konstruksi dalam air, jembatan, terowongan, pelabuhan, dan pembangkit tenaga nuklir.



Gambar 2.3. Semen
Sumber: Dokumentasi Bahan Penelitian

3. Air *(SNI 03-6861.1-2002)*

Air adalah bahan dasar dalam pembuatan beton dan sangat berpengaruh terhadap hasil campuran beton, karena air diperluhkan dalam proses reaksi kimia semen dan membentuk pasta semen untuk mengikat agregat. Apabila beton kelebihan air maka akan terjadi *bleeding* (air dan semen naik ke permukaan campuran beton segar setelah dituang).(Mahendra et al., 2021).

Penambahan air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton. Air yang tidak memenuhi syarat mutu, kekuatan beton pada umur 7 hari atau 28 hari tidak boleh kurang dari 90% jika dibandingkan dengan kekuatan beton yang menggunakan air standar/suling. Menurut SNI 03-6861.1-2002 persyaratan air untuk campuran beton adalah:

a) harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual,

b) tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter,

c) tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan merusak beton (asam-asam, zat organik, dan lain-lain),

d) kandungan klorida (Cl) < 0.50 gram/liter, dan senyawa sulfat < 1 gram/liter sebagai SO3,

e) bila dibandingkan denga kekuatan tekan adukan beton yang menggunakan air suling, maka penurunan kekuatan beton yang menggunakan air yang diperiksa tidak lebih dari 10%, dan

f) khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat diatas air mengandung klorida lebih dari 0.05 gram/liter. Untuk air yang digunakan sebagai perawatan beton, dapat digunakan air yang digunakan pada saat pengadukan. Namun air tersebut adalah air yang tidak menimbulkan noda atau endapan yang merusak warna permukaan agar permukaan beton tetap sedap dipandang.

4. Spesifikasi bahan tambahan untuk beton *(SNI 03-2495-1991).*

Bahan tambahan adalah suatu bahan berupa bubukan atau cairan, yang dibubuhkan ke dalam campuran beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu untuk merubah beberapa sifanya (*SNI 03-2495-1991).*

Adapun jenis-jenis bahan tambahan berdasarkan *SNI 03-2495-1991,* yaitu sebagai berikut:

a) Bahan tambahan tipe A *(Water-Reducing Admixtures),* adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan

b) Bahan tambahan tipe B *(Retarding Admixtures)*, adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk memperlambat waktu pengikatan beton.

c) Bahan tambahan tipe C *(Accelerating Admixtures)*, adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mempercepat waktu pengikatan dan menambah kekuatan awal beton.

d) Bahan tambahan tipe D *(Water Reducing and Retarding Admixtures)*, adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan dan juga untuk memperlambat waktu pengikatan beton.

e) Bahan tambahan tipe E *(Water Reducing and Accelerating Admixtures)*, adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang telah diterapkan dan juga untuk mempercepat waktu pengikatan serta menambah kekuatan a wal beton.

f) Bahan tambahan tipe F *(Water Reducing High Range Admixtures)*, adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran sebesar 12% atau lebih, untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang telah diterapkan.

g) Bahan tambahan tipe G *(Water Reducing, High Range Retarding Admixtures*, adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran sebesar 12% atau lebih, untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang telah ditetapkan dan juga untuk memperlambat waktu pengikatan beton.

Tabel 2.3 Persyaratan fisis bahan tambahan untuk beton (*Sumber: SNI 03-2495-1991)*

NO	MACAM PENGUJIAN	TIPE						
		A	B	C	D	E	F	G
1	Kadar air, maks terhadap perbandingan (%) waktu pengikatan penyimpanan yang diperbolehkan terhadap pembanding, menit.	95			95	95	88	88
	a. Waktu pengikat awal:							
	- minimum	-	60 mnt lebih lambat	60 mnt lebih cepat	60 mnt lebih lambat	60 mnt lebih cepat		60 mnt lebih lambat
	- maksimum	60 mnt lbh cpt dan juga 90 mnt lbh lambat	210 mnt lebih lambat	210 mnt lbh cepat	210 mnt lebih lambat	210 mnt lebih cepat	60 mnt Lebih cepat & juga 90 mnt lebih lambat	210 mnt lebih lambat
	b. waktu pengikat akhir:							
	- minimum	-		60 mnt lebih cepat	-	60 mnt lebih cepat	-	-
	- maksimum	60 mnt Lebih cepat & juga 90 mnt lebih lambat	210 mnt lebih lambat	-	210 mnt lebih lambat		60 mnt Lebih cepat & juga 90 mnt lebih lambat	210 mnt lebih lambat
3	Kuat tekan, minimum terhadap pembanding (%)1)							
	1 hari	-	-	-	-	-	140	125
	3 hari	110	90	125	110	125	125	125
	7 hari	110	90	100	110	110	115	115
	28 hari	110	90	100	110	110	110	110
	6 bulan	100	90	90	100	100	100	100
	1 tahun	100	90	90	100	100	100	100
4	Kuat lentur, minimum terhadap (%)1)							
	3 hari	100	90	110	100	110	110	110
	7 hari	100	90	100	100	100	100	100
	28 hari	100	90	90	100	100	100	100
5	Perubahan panjang maksimum penyusutan 2)							
	a. penambahan diatas pembanding	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
	b. penambahan diatas pembanding	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010

a) Angka-angka yang tercantum merupakan perbandingan (%) antara beton yang memakai bahan kimia tambahan dengan beton pembanding.
b) Apabila perubahan panjang dari pembanding umur 14 hari > 0,030% digunakan 5a, apabila perubahan panjang dari pembanding pada umur 14 hari > 0,030% digunakan 5b.

5. Material Alternatif

Penambahan material alternatif dimaksudkan untuk memperbaiki sifat karakteristik beton, serta difungsikan sebagai bahan tambah ataupun bahan pengganti material dasar pada pembuatan beton. Adapun material alternatif yang digunakan pada penelitian ini yaitu abu kayu.

Abu arang kayu adalah hasil perubahan secara kimiawi dari pembakaran arang kayu. Pada saat arang kayu dibakarakan menghasilkan abu yang berwarna cerah keunguan. Perbedaan pada umur pohon akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap komposisi kimia kayu. Untuk kadar kayu, silika,kelarutan dalam NaOH 1% dan air panas, memberikan respon yang berfluktuatif dengan bertambahnya umur tanaman (Ihsanu, A. A., 2021).

Abu serbuk kayu merupakan bahan additive yang khusus diformulasikan untuk menambah kekautan beton pada saat beban diberikan, Komposisi kimia abu serbuk kayu hampir menyerupai kandungan semen *Portland*. Senyawa utama yang terkandung didalamnya adalah kapur, silica, aluminat, besi oksida kecuali garam-garam sulfat (Sulaiman, Y, H., 2010).

Sifat kimia arang terdiri dari unsur C, H, O dan komponen non organis (mineral). Komposisi unsur tersebut didalam arang tergantung dari proses

karbonisasi, suhu dan metode karbonisasi. Dibandingkan dengan kayu nilai kalor arang menjadi lebih tinggi yaitu berkisar 6.760 – 7.860 kal/gr untuk kadar air 56% variasi nilai kalor banyak disebabkan oleh komposisi kimia dari kayu dan proses karbonisasi. Dibandingkan dengan kayu nilai kalor arang menjadi lebih tinggi yaitu berkisar 6.760 – 7.860 kal/gr untuk kadar air 5-6% variasi nilai kalor banyak disebabkan oleh komposisi kimia dari kayu dan proses karbonisasi. Kayu yang berat jenis tinggi umumnya menghasikan arang dengan nilai kalor yang tinggi. Arang juga mempunyai kadar serap air 16% tergantung dari jenis larutannya. Sifat higroskopis menurun dengan meningkatnya suhu karbonisasi. Kadar kering udara arang berkisar antara 5-7% kadar air dipengaruhi oleh proses karbonisasi, yaitu jumlah udara, suhu maupun lamanya proses pengarangan. Tidak dipengaruhi oleh berat jenis bahan baku. Arang juga memiliki kadar abu yang terjadi dari pembakaran sempurna arang, kadar abu dipengaruhi proses karbonisasi terutama suhu maksimum dan lamanya pengarangan. Kadar abu bervariasi antara 1-4% tetapi kadang bisa lebih misalnya arang dari kulit kayu (Ahdiansyah, 2013).



Gambar 2.4. Material Alternatif (Abu Kayu)
Sumber :Dokumentasi Pribadi

6. Kuat Tekan (*SNI 1974-2011)*

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 et al.,2021)

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

Keterangan :

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

P : Beban yang bekerja (kg)

A : Luas penampang benda (cm^2)



Gambar 2.5. Pengujian Kuat Tekan Pada Beton
Sumber : Dokumntasi contoh pengujian kuat tekan beton

7. Kuat Tarik Belah Beton(*SNI 249-2014)*

Kekuatan tarik beton lebih rendah dari kekuatan tekan beton karena hanya sekitar 10-15 % dari kekuatan tekannya, hal ini disebabkan oleh adanya retak-retak halus pada beton. Retakan ini hanya berpengaruh pada kuat tarik beton akan tetapi tidak berpengaruh pada kuat tekan beton, karena ketika beton menerima beban tekan maka retakan tersebut akan menutup dan akan terjadi penyebaran tekanan. Pengujian kuat tarik pada beton dilakukan untuk memperoleh nilai kuat tarik dan pengujian dilakukan di laboratorium (Aryatnie, 2021).

Kekuatan tarik belah beton ditentukan dengan benda uji berbentuk silinder. Benda uji tersebut diletakkan secara mendatar atau horizontal diatas permukaan mesin percobaan. Nilai kuat tarik tidak langsung didapatkan setelah memberikan beban pada benda uji, melainkan harus dihitung dengan menggunakan persamaan. Menurut SNI 249-2014 persamaan untuk menentukan nilai kuat tarik pada beton, yaitu sebagai berikut (Dewi et al., 2020) :

$$f'sp = \frac{2P}{\pi LD} \quad \text{.....} \quad (2)$$

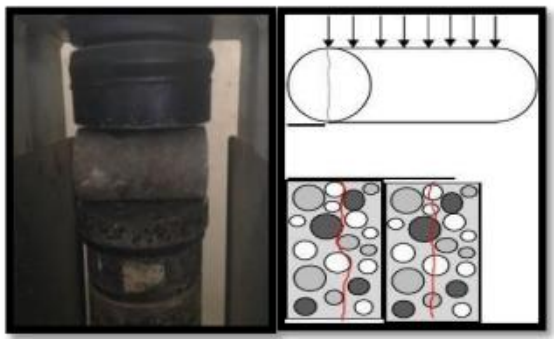
Keterangan :

f'sp : Kuat Tarik Belah (N/mm^2)

P : Beban maksimum pada waktu belah (N)

L : Panjang benda uji silinder (mm)

D : Diameter benda uji silinder (mm)



Gambar 2.6. Pengujian Kuat Tarik Belah Dan Pola Retak
Sumber :(Dewi et al., 2020)

B. Kajian hasil penelitian terdahulu

1. Hani Purwanti, Galih Widyarini. Pada tahun 2017 Dengan judul pengaruh Abu Arang Sebagai Campuran Beton Ditinjau Dari Kuat Tekan, dalam jurnal teknika. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruhkomposisi abu arang sebagai pengganti semen dalam penyusunan material beton ditinjau dari kuat tekan. Adapun komposisi campuran semen yang akan digantikan dengan abu arang sebesar 0%, 5% dan 10% dengan kuat tekan beton yang diharapkan memiliki mutu K-200. Adapun metode penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk pengambilan sampel data. Terdapat masing – masing 3 (tiga) benda uji di setiap persentase penambahan

abu arang. Hasil kuat tekan beton dengan usia beton 7 hari, 22 hari dan 28 hari dalam kondisi normal tanpa campuran adalah 31 Mpa, 35 Mpa, dan 38 Mpa. Kuat tekan beton yang dicampur abu arang sebanyak 5 % adalah 30 Mpa, 31 Mpa, 36 Mpa. Pada beton campuran abu arang 10% adalah 20 Mpa, 27 Mpa, dan 29 Mpa. Hasil kuat tekan dari ketiga kondisi tersebut masing – masing menunjukkan adanya penurunan trend dari usia beton 7 hari, 21 hari dan 28 hari. Walaupun trend mengalami penurunan, akan tetapi nilai kuat tekan beton yang dihasilkan masih memenuhi K200.Hal tersebut menunjukkan bahwa abu arang dapat digunakan sebagai alternatif pengganti sebagian semen pada campuran beton untuk mutu beton K-200.

2. Yusnita pada tahun 2008, dengan judul Pengaruh Penambahan Abu Serbuk Kayu Terhadap Sifat Mekanik Dan Sifat Fisik Beton. peneliti memanfaatkan abu pembakaran serbuk kayu sebagai bahan tambahan dalam campuranbeton. Pengujian dilakukan terhadap sifat fisik dan sifat mekanik dari beton tersebut. Benda uji dibuat dengan komposisi campuran beton 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil, pada variasi penambahan abu pembakaran serbuk kayu terhadap semen sebesar 5%, 10%, dan 15%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan abu pembakaran serbuk kayu dapat meningkatkan kekuatan tekan beton sebesar 9,54% dari beton normal pada penambahan abu pembakaran serbuk kayu sebesar 15%. Sedangkan unttuk sifat fisiknya penyerapan air dan porositan dengan menggunaka abu pembakaran serbuk kayu yaitu mulai dari 4,94% hingga 14,53% dan mulai dari 4,16% hingga 14,89%, lebih tinggi dari beton normal.

3. Jovan Perdhana , Bambang Wedyantadji pada tahun 2022, dengan judul Penggunaan Limbah Abu Kayu Halaban Sebagai Bahan Tambahan Sebagian Semen Pada Campuran Beton, dalam jurnal sondir. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu hasil pembakaran kayu halaban terhadap sifat mekanik beton dan juga mengetahui persentase optimum abu kayu halaban dari 0%, 5%, 10%, 15% ditinjau dari kuat tekan beton, kuat tarik belah beton dan kuat tarik lentur beton. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode DOE (Design Of Experiment) dengan menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan beton, balok dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 62 cm untuk pengujian kuat lentur. Benda uji dibuat dengan 4 variasi komposisi Abu Kayu Halaban sebagai bahan penguji beton yaitu 0%, 5%, 10%, 15% terhadap berat semen. Pengujian benda uji dilakukan pada umur 28 hari. Jumlah benda uji sebanyak 64 buah. Berdasarkan penelitian yang dilakukan diketahui tidak adanya pengaruh dalam peningkatan kekuataan beton dengan penambahan abu kayu halaban terhadap sifat mekanik beton. Hal ini ditunjukan dengan penurunan hasil dari pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat tarik lentur dari beton normal dengan campuran abu kayu halaban. Dan tidak adanya persentase optimum abu kayu halaban dari 5%, 10%, 15% ditinjau dari kuat tekan beton, kuat tarik belah beton dan kuat tarik lentur beton.
4. Ade Agum Ihsanu pada tahun 2021, dengan judul Pengaruh Penambahan Abu Arang Kayu Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Beton Normal

Untuk Penerapan Pada Konstruksi Jalan Rigid Pavement, dalam jurnal keilmuan dan aplikasi teknik sipil. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu arang kayu sebagai pengganti sebagian semen terhadap beton normal dengan persentase 0%, 3%, 6%, dan 9%. Hasil dari penelitian diperoleh bahwa penambahan abu arang kayu sebagai pengganti sebagian semen pada campuran beton normal dapat mempengaruhi nilai kuat tekan beton, jika semakin banyak jumlah abu arang kayu yang digunakan maka akan semakin menurun nilai kuat tekannya, dengan hasil uji kuat tekan yaitu 0% = 23,43 MPa, 3% = 24,44 MPa, 6% = 15,46 MPa, dan 9% = 14,76 MPa, dengan mutu beton rencana yaitu f'c 23 MPa, dan kuat tekan optimum didapat pada penambahan abu dengan persentase 3%.

5. Adi Subandi pada tahun 2021, dengan judul Pengaruh Pemanfaatan Serbuk Arang Sebagai Barang Adictive Pengganti Semen Pada Campuran Beton Mutu K-225, dalam jurnal teknik. Metode penelitian yang dipakai adalah metode percobaan yang dilakukan di laboratorium bahan konstruksi dinas PUPR kabupaten subang. Komposisi campuran bubuk arang kayu yang digunakan adalah 0% 10% 20% dan 30%, dari berat semen yang di perhitungkan dalam mix design, dan kuat tekan rencana beton normal fc’ 18.32 Mpa (K-225). Dari hasil penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa beton dengan menggunakan campuran arang kayu mengalami penurunan kuat tekan sebesar 63,96 Kg/Cm setiap perbedaan variasinya. Hal ini dikarnakan semakin besar komposisi arang kayu yang digunakan pada campuran beton, akan memperlemah kuat tekan karkteristik benda uji beton secara keseluruhan.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif, yaitu penelitian yang dilakukan dengan mengumpulkan data melalui beberapa pengujian kemudian mendapatkan hasil kesimpulan dalam bentuk angkah. Pengujian yang akan dilakukan dalam penelitian ini yaitu pengujian kuat tekan dan kuat tarik pada beton. Dari hasil penelitian terhadap pengujian beton diharapkan dapat mengetahui pengaruh terhadap penambahan abu kayu terhadap kuat tekan beton.

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.

2. Waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 6 (enam) bulan yaitu dimulai pada tanggal 14 April 2023 sampai dengan 28 November 2023.

Tabel 3.1. Jadwal pelaksanaan penelitian *(Sumber: Hasil olah penulis)*

NO	JENIS KEGIATAN	Bulan 2023		
		April	Oktober	November
1	Studi literatur			
2	Persiapan laboratorium			
3	Pengujian bahan dasar			
4	Pembuatan benda uji			
5	Uji kuat tekan beton			
6	Uji kuat tarik beton			
7	Analisis hasil pengujian			

C. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat penelitian

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 beton

Mesin aduk beton 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.

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.

m) Mesin Los Angeles

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

2. Bahan penelitian

a) Semen

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

b) Agregat

1) Agregat halus yang digunakan berupa pasir yang berasal dari Sungai lasape Pinrang.
2) Agregat kasar yang digunakan berupa kerikil yang berasal dari pabrik batu yang berada di sidrap.

c) Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Parepare

d) Abu kayu

Abu kayu yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu yang berasal dari hasil pembakaran kayu di desa cemba kecamatan enrekang.

D. Prosedur dan Rancangan 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 :

a) Agregat

1) Analisis gradasi butiran agregat halus dan agregat kasar (*SNI 03-1968-1990)*

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butir dari suatu agregat. Bila butir-butir agregat memiliki ukuran butir yang sama (seragam) maka volume rongganya besar dan tekanannya rendah. Sebaliknya, jika ukuran butirnya bervariasi maka kapasitas ruangannya rendah sehingga kekuatannya tinggi. Maka dari itu, hal tersebut memerlukan pemeriksaan gradasi agregat dalam pembuatan beton. Berdasarkan *SNI 03-1968-1990* interval untuk analisis gradasi butiran agregat kasar yaitu 6,0 – 8,0. Prosedur pelaksanaan pengujian analisis gradasi butiran agregat halus dan agregat kasar sebagai berikut:

a) Keringkan agregat yang akan diperiksa dengan oven pada suhu (110±5)°C sampai beratnya tetap kemudian diambil sampel sebanyak (agregat halu s (pasir) sebanyak 1000 gram dan agregat kasar (kerikil) sebanyak 2000 gram).
b) Atur ayakan menurut susunannya yaitu saringan sesuai dengan yang telah ditentukan

c) Saring agregat dengan ayakan yang telah disusun dengan menggunakan mesin *Sieve Shaker* selama 15 menit.

d) Butiran yang tertahan pada masing-masing saringan kemudian ditimbang untuk mencari modulus halus butir agregatnya.

2) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus (pasir) (*SK SNI : 03-1970-1990)*

Pasir mempunyai sifat-sifat tersendiri terhadap beratnya, yang tergantung pada tingkat kepadatan, bentuk butir maupun tingkat kebasahannya. Oleh karena itu, untuk pasir dikenal berat jenis, berat satuan, berat jenis semu, maupun berat jenis jenuh kering muka. Berdasarkan *SK SNI : 03-1970-1990* interval untuk berat jenis agregat halus yaitu antara 1,60 – 3,0 sedangkan untuk penyerapan (absorbsi) yaitu maks 2%,, interval untuk analisis gradasi butiran agregat halus yaitu antara 1,50 – 3,80. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan pasir dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

a) Keringkan pasir dalam tungku dengan suhu sekitar 105ºC sampai beratnya 12 tetap.

b) Rendam pasir dalam air selama 24 jam.

c) Buang air per endam dengan hati-hati agar butiran pasir tidak ikut terbuang. kemudian keringkan pasir hingga mencapai keadaan jenuh kering muka (ssd).

d) Masukkan pasir jenuh kering muka ke dalam piknometer sekitar 500 gram. kemudian tambahkan air suling sampai 90 % penuh. Piknometer diputar dan diguling-gulingkan untuk mengeluarkan gelembung udara

yang terperangkap diantara butir-butir pasir. Pengeluaran gelembung udara dapat juga dilakukan dengan memanasi piknometer.

e) Tambahkan air pada piknometer sampai tanda batas penuh agar gelembung udara terbuang.

f) Timbang piknometer yang sudah ditambahkan air sampai penuh 100 % dan sudah dihilangkan gelembung udaranya dengan ketelitian 0,1 gram (bt).

g) Keluarkan pasir dari piknometer dan keringkan sampai beratnya tetap. penimbangan d ilakukan setelah pasir dikeringkan dan didinginkan dalam desikator (bk).

h) Isi piknometer kosong dengan air sampai penuh kemudian timbang

3) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (kerikil) (*SNI 03-1970-1990)*

Kerikil mempunyai sifat-sifat tersendiri terhadap beratnya, yang tergantung pada kekasaran permukaan, bentuk butir maupun tingkat basahnya. Oleh karena itu, untuk kerikil dikenal berat jenisnya, berat satuan, maupun berat jenuh kering muka. Berdasarkan *SNI 03-1970-1990* interval untuk berat jenis agregat kasar yaitu antara 1,60 – 3,0 se dangkan untuk penyerapan (absorbsi) yaitu maks 4%. Prosedur pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar sebagai berikut:

a) Benda uji dicuci terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran dan debu.

b) Masukkan benda uji kedalam oven pada suhu 105ºC sampai beratnya tetap.

c) Dinginkan benda uji sampai pada suhu ruangan (± 3 jam), kemudian timbang ditimbang (bk).

d) Benda uji kemudian direndam dalam suhu ruangan selama ± 24 jam.

e) Benda uji kemudian dilap dengan kain sampai kondisinya jenuh kering muka.

f) Timbang benda u ji jenuh kering muka (bj).

g) Masukkan benda uji kedalam keranjang kawat, kemudian guncangkan agar udara yang didalam keluar. Lalu timbang dalam air (Ba).

4) Pemeriksaan berat volume dan rongga udara dalam agregat halus dan agregat kasar (*ASTM C29/29M-97/SNI 03-4804-1998)*

Berat volume agregat adalah berat agregat per satuan isi. Ruang-ruang udara dalam satuan volume komposit adalah ruang-ruang di antara butir-butir yang dipadatkan yang dapat diisi dengan partikel padat. Berdasarkan *ASTM C29/29M-97/SNI 03-4804-1998* interval berat volume untuk agregat kasar yaitu antara 1,60 – 1,90 kg/ltr sedangkan untuk agregat halus yaitu antara 1,40 – 1,90 kg/ltr. Prosedur pemeriksaan berat volume dan rongga udara dalam agregat halus dan agregat kasar yaitu: Masukkan jumlah dalam talam hampir sama dengan volume wadah sesuai nomor daftar. 1. Keringkan dalam oven pada suhu (110 + 5)°C sampai terjadi perubahan berat untuk digunakan sebagai bahan uji.

5) Pemeriksaan kandungan lumpur agregat halus dan agregat kasar *(SK SNI S-04-1989-F)*

Lumpur dan debu halus hasil pemecahan batu adalah partikel berukuran antara 0,002 mm s/d 0,006 mm (2 s/d 6 mikron). Lumpur untuk campuran beton tidak diperbolehkan dalam jumlah banyak, untuk kadar lumpur yang disyaratkan pada setiap agregat masing-masing berbeda. Kadar lumpur agregat normal yang disyaratkan menurut SK SNI S-04-1989-F untuk agregat halus adalah maksimal 5% dan untuk agregat kas ar maksimal 1%. Adanya lumpur dan tanah liat menyebabkan bertambahnya air pengaduk yang diperlukan dalam pembuatan beton, disamping itu pula akan menyebabkan turunnya kekuatan beton yang bersangkutan. Berdasarkan *ASTM C117-95/SNI 03-4142-1996* standar spesifikasi kadar lumpur untuk agregat kasar yaitu maks 1,00% sedangkan untuk agregat halus yaitu maks 5,00% , prosedur pelaksanaan pengujian pemeriksaan kandungan lumpur sebagai berikut:

a) Ambil agregat kering tungku seberat 500 gram (Pasir) atau 1000 gram (Kerikil) (w1).
b) Masukkan agregat tersebut ke dalam nampan pencuci dan tambahkan air secukupnya sampai semuanya terendam.
c) Benda uji dituangkan ke dalam ayakan no. 200.
d) Ulangi langkah (3) sampai air cucian tampak jernih / tidak keruh.
e) Masukkan butir-butir pasir yang tersisa di ayakan no. 200 ke dalam nampan dan keringkan kembali dalam tungku pengering selama ±24 jam.

f) Timbang pasir kering tungku kembali (w2)

6) Pemeriksaan kadar air pada agregat halus dan agregat kasar (*ASTM C556-97/SNI 03-1971-1990)*

Kadar air gabungan adal ah rasio antara berat total dalam kondisi kering dan berat aktual yang dinyatakan dalam persentase. Jumlah kadar ini digunakan untuk mengatur volume air campuran beton yang disesuaikan dengan kondisi pemadatan di lapangan. Berdasarkan *ASTM C556-97/SNI 03-1971-1990* interval kadar air untuk agregat kasar yaitu antara 0,50% - 2,00% sedangkan untuk agregat halus yaitu antara 2,00% - 5,00%. Prosedur pelaksanaan pengujian kadar air agregat sebagai berikut:

a) Talam ditimabang kemudian catat beratnya (W1)
b) Benda uji dimasukkan kedalam talam dan kemudian berat talam + benda uji ditimbang. Catat beratnya (W2).
c) Berat benda uji dihitung dengan rumus : W3 = W2 – W1 .
d) Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu (110 + 5)°C sampai mencapai bobot tetap.
e) Setelah kering, benda uji ditimbang kemudian catat hasil timbangan (W4) .

Berat benda uji kering dihitng dengan menggunakan rumus : W5 = W4 –W1.

7) Pemeriksaan zat organik pada agregat halus (*ASTM C40-99/SNI 03-2816-1992)*

Dari segi persyaratan, kandungan organik dalam agregat halus tidak boleh melebihi batas yang diizinkan menurut uji warna Abrams-Harder dengan larutan NaOH (3%). Pe nggunaan agregat halus yang tidak memenuhi syarat tersebut dapat dilakukan dengan syarat kekuatan tekan beton umur 28 hari yang dihasilkan dengan menggunakan agregat halus tersebut tidak kurang dari 95% dari kekuatan beton yang sama tetapi dengan agregat yang standar, pada umur yang sama. Berdasarkan *ASTM C40-99/SNI 03-2816-1992,* prosedur pelaksaan pengujian pemeriksaan kandungan organik sebagai betikut:

a) Masukkan benda uji kedalam botol.
b) Tambahkan senyawa NaOH 3%. Setelah dikocok, total volume menjadi kirakira ¾ volume botol.
c) Eratkan penutup pada botol, kemudian botol tersebut dikocok dan setelah itu botol didiamkan selama 24 jam.
d) Setelah 24 jam, kemudian dibandingkan dengan warna standar No. 3 (Apakah warnah cairan lebih tua atau lebih muda).

8) Pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi *Los Angeles (SNI 2417:2008)*

Ketahanan agregat terhadap penghancuran (degradasi) diperiksa dengan menggunakan percobaan abrasi *Los Angeles (Abrasion Los Angeles Test).* Pengujian ini memberikan ringkasan yang berkaitan dengan kekerasan dan kekuatan batu, serta kemungkinan terjadinya pecah butir-butir selama

pengepakan, pergerakan, atau selama pengangkutan. Kekerasan batu berhubungan dengan kekuatan beton. Nilai yang diperoleh dari hasil pengujian ketahanan aus ini adalah persent ase antara berat bagian halus (dengan lubang lubang 2 mm) setelah pengujian dan berat awal sebelum pengujian. Makin banyak yang aus makin kurang tahan keausannya. Berdasarkan *SNI 2417:2008* interval untuk keausan agregat kasar yaitu maks 50%. Prosedur pelaksanaan pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi *Los Angeles* sebagai berikut:

a) Cuci dan keringkan agregat gradasi A pada temperatur 110°c ± 5°c sampai berat tetap
b) Masukkan benda uji dan bola baja ke dalam mesin abrasi los angeles.
c) Putar mesin dengan kecepatan 30 rpm sampai dengan 33 rpm ; jumlah putaran gradasi A adalah 500 putaran.
d) Pada saat pemutaran selesai, benda uji dikeluarkan dari mesin kemudian saring dengan saringan no. 12 (1,7 mm); butiran yang tertahan di atasnya dicuci bersih, selanjutnya keringkan dalam oven pada temperatur 110 °C ± 5°C sampai berat tetap.

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.
3) Setiap variasi percobaan dilakukan pengadukan sebanyak 1 (satu) kali dan setiap pengadukan dilakukan pengujian nilai slump.

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

d) Pembuatan benda uji

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 hingga rata dengan bagian atas cetakan dengan menggunakan tongkat perata.

3. 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.

4. 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, 21, dan 28 hari.

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

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

b) Kuat tarik belah beton

Pengujian kuat tarik belah pada beton bertujuan untuk mengetahui berapa besar nilai kuat tarik belah pada beton dengan umur beton rencana yaitu 28 hari.

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

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

Jumlah sampel untuk semua variasi campuran beton yang direncanakan dalam penelitian ini yaitu sebanyak 48 buah. Setiap variasi campuran akan dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton, dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 3.2. Jumlah Benda Uji Kuat Tekan *(Sumber: Hasil olah penulis)*

VARIASI CAMPUARAN BETON	UMUR HARI (BUAH)		
	7	14	28
BN	3	3	3
AK 2%	3	3	3
AK 4%	3	3	3
AK 6%	3	3	3
Jumlah	12	12	12
Total: 36 buah benda uji			

Tabel 3.3. Jumlah Benda Uji Kuat Tarik *(Sumber: Hasil olah penulis)*

VARIASI CAMPUARAN BETON	UMUR HARI (BUAH)
	28
BN	3
AK 2%	3
AK 4%	3
AK 6%	3
Jumlah	12
Total: 12 buah benda uji	

Keterangan :

AK : Abu Kayu

BN : Beton Normal

E. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilaksanakan dengan menggunakan penelitian kuantitatif dengan melakukan beberapa pengujian terhadap benda uji di laboratorium. Teknik pengumpulan data terdiri atas 2 (dua) yaitu sebagai berikut :

1. Data primer

Data primer diperoleh dari beberapa hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium, yaitu sebagai berikut :

a) Analisa saringan agregat.

b) Berat jenis dan penyerapan.

c) Pemeriksaan keausan (agregat kasar) dan pemeriksaan kadar organik (agregat halus)

d) Pemeriksaan berat volume agregat.

e) Pemeriksaan kadar air agregat.

f) Pemeriksaan kadar lumpur agregat

g) Perbandingan dalam campuran beton *(Mix design).*

h) Kekentalan adukan beton segar *(Slump test).*

i) Uji kuat tekan beton.

2. Data sekunder

Data sekunder diperoleh dari bebagai referensi yang memiliki kaitan dengan penelitian yang dilakukan, baik itu dari Standar Nasional Indonesia, buku-buku atau penelitian terdahulu yang dapat menunjang penelitian yang dilakukan, ataupun informasi dari dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Parepare.

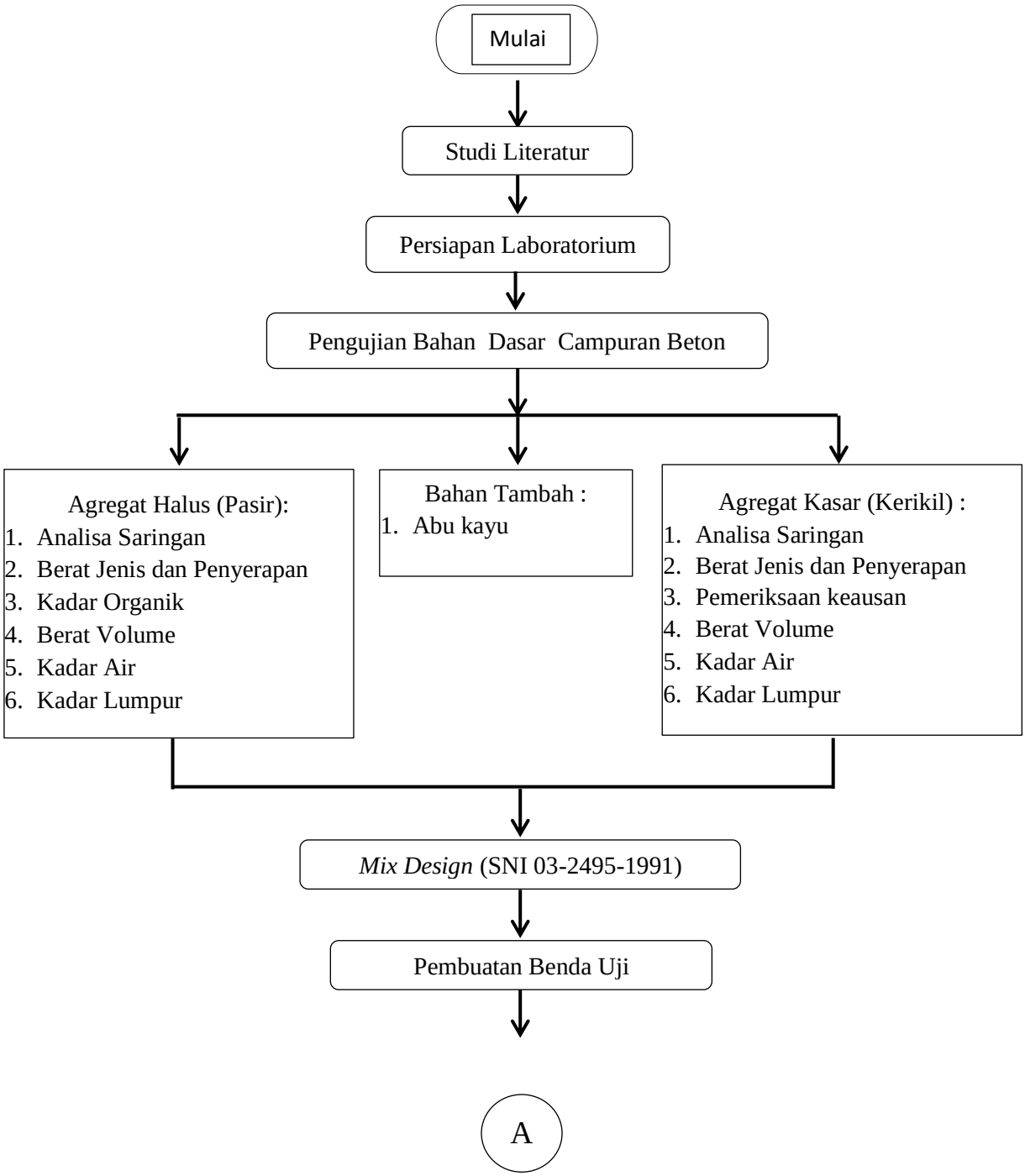
F. Teknik Analisis Data

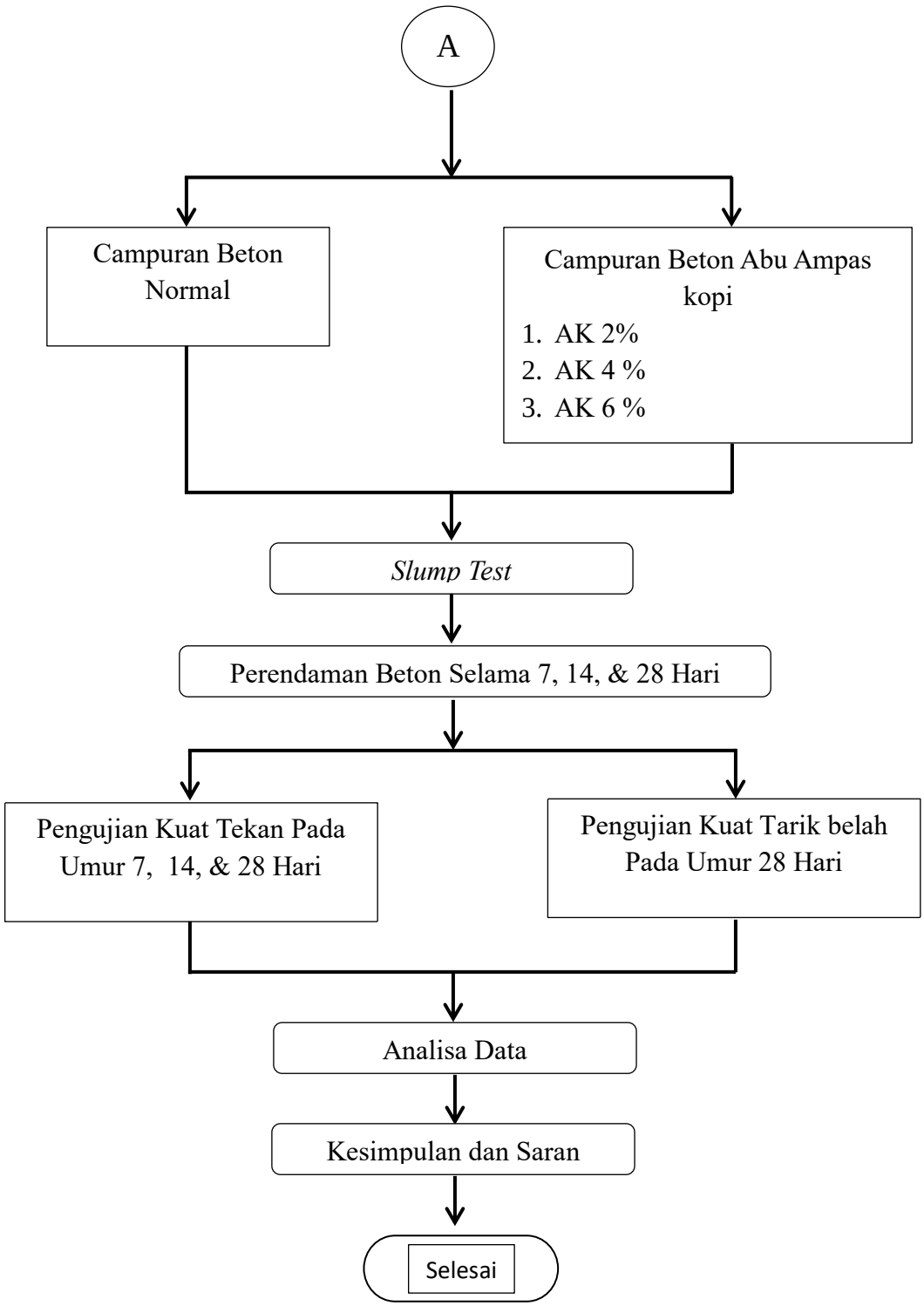
Teknik analisis data yang akan dilakukan dalam penelitian ini yaitu data yang dihasilkan dari pengujian dan penelitian akan dikumpulkan kemudian dilakukan analisa data sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan. Data yang diperoleh dari analisis data selanjutnya dibuat grafik atau kurva yang dapat mempermudah dalam menarik kesimpulan. Secara garis besar analisis data yang akan dilakukan yaitu :

1. Analisis data pengujian agregat yang digunakan dalam campuran beton.
2. Analisis data perancangan campuran beton *(Mix Design).*

3. Analisis data uji kuat tekan pada beton.

G. Diagram Alir





Gambar 3.1. Diagram Alir

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Agregat

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

1. Agregat kasar (kerikil)

Tabel. 4.1 Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar *(Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)*

No	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil pengamatan		Nilai Rata-Rata	KET
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 1%	1.0%	0.50%	0.75%	Memenuhi
2	Keausan	Maks 50%	14.1%	13.8%	14.0%	Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	1.01%	0.50%	0.76%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1.63	1.60	1.61	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6 – 1,9 kg/liter	1.79	1.79	1.79	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4%	3.09%	2.99%	3.04%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. Nyata	1,6 – 3,3	2.99	2.92	2.95	Memenuhi
	b. Bj. Dasar kering	1,6 – 3,3	2.74	2.85	2.71	Memenuhi
	c. Kering permukaan	1,6 – 3,3	2.82	2.76	2.79	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	6,0 – 8,0	7.32	6.93	7.12	Memenuhi

Dari pengujian agregat kasar (kerikil) diatas didapatkan hasil sebagai berikut:

a. Kadar lumpur agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar lumpur agregat kasar diatas yaitu 0,75%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu lebih kecil dari 1% yang menunjukkan bahwa material agregat kasar tersebut dapat digunakan untuk campuran beton tanpa melalui proses pencucian terlebih dahulu.

b. Keausan agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian keausan agregat kasar diatas yaitu 14,0%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu lebih kecil dari 50% yang menandakan bahwa material agregat kasar (kerikil) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton..

c. Kadar air agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar air agregat kasar diatas yaitu 0,76%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 0,5%-2,00% yang menandakan bahwa material agregat kasar (kerikil) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

d. Berat volume agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian berat volume agregat kasar kondisi lepas diatas yaitu 1,61 sedangkan pengujian berat volume agregat kasar kondisi padat yaitu 1,76, dari ke 2 (dua) hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,6-1,9 kg/liter yang menandakan bahwa material agregat kasar (kerikil) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

e. Penyerapan air agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian penyerapan air agregat kasar diatas yaitu 3,04%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu lebih kecil dari 4% yang menandakan bahwa material agregat kasar (kerikil) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

f. Berat jenis agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian berat jenis nyata diatas yaitu 2,95, berat jenis kering yaitu 2,71, dan berat jenis kering permukaan yaitu 2,79, dari ke 3 (tiga) hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,6-3,3 kg/liter yang menandakan bahwa material agregat kasar (kerikil) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

g. Modulus kehalusan agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian modulus kehalusan agregat kasar diatas yaitu 7,12, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 6,0-8,0 yang menandakan bahwa material agregat kasar (kerikil) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

2. Agregat halus (pasir)

Tabel. 4.2 Rekapitulasi hasil pengujian agregat halus *(Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)*

NO.	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KET.
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 5% *(SNI S-04-1989)*	2,0%	1,6%	1,80%	Memenuhi
2	Kadar organik	< No. 3 *(SNI 03-2816-1992)*	No. 2	No. 2	2	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5% *(SNI 03-1971-1990*	2,80%	1,26%	2,03%	Memenuhi
4	Berat volume					

	a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter *(SNI*	1,43	1,42	1,43	Memenuhi
		03-4804-1998)				
	b. Kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter *(SNI 03-4804-1998)*	1,60	1,59	1,60	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2% - 2% *(SNI 03-1970-1990)*	2%	2,00%	1,88%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. Nyata	1,6 - 3,3 *(SNI 03-1970-1990)*	2,68	2,67	2,68	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3 *(SNI 03-1970-1990)*	2,56	2,53	2,55	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3 *(SNI 03-1970-1990)*	2,61	2,58	2,59	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1,50 - 3,80 *(SNI 03-1968-1990)*	3,04	3,07	3,06	Memenuhi

Dari pengujian agregat halus (pasir) diatas didapatkan hasil sebagai berikut:

a. Kadar lumpur agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar lumpur agregat halus diatas yaitu 1,80%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu lebih kecil dari 5% yang menunjukkan bahwa material agregat halus tersebut 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 warnah yang menunjukkan bahwa material agregat halus tersebut memiliki tingkat kadar

organik terbilang rendah sehingga 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 2,03%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 2,00%-5,00% yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

d. Berat volume agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian berat volume agregat halus kondisi lepas diatas yaitu 1,43 sedangkan pengujian berat volume agregat halus kondisi padat yaitu 1,60, 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 dapat digunakan untuk campuran beton.

e. Penyerapan air agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian penyerapan air agregat halus di atas yaitu 1,88%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval dari 0,2%-2% yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

f. Berat jenis agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian berat jenis nyata diatas yaitu 2,68, berat jenis kering yaitu 2,55, dan berat jenis kering permukaan yaitu 2,59, 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 dapat digunakan untuk campuran beton.

g. Modulus kehalusan agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian modulus kehalusan agregat halus diatas yaitu 3,06, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,50-3,80 yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

B. Rancangan Campuran Beton *(Mix Design)*

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

Tabel. 4.3 *Mix design* berdasarkan *SNI 7656:2012 (Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)*

No	Uraian	Nilai
1	Kuat tekan karakteristik umur 28 hari (fc')	25 MPa
2	Nilai margin/nilai tambah (M)	8,36 MPa
3	Kekuatan rata-rata yang hendak dicapai (fcr')	33,36 MPa
4	Jenis semen (PC)	Jenis I
5	Jenis agregat halus	Alami
6	Jenis agregat kasar	Pecah
7	Faktor air semen (FAS)	0,49
8	Slump (untuk plat, balok, kolom, dinding)	75 - 100 mm
9	Ukuran agregat maksimum	20 mm
10	Daerah gradasi agregat kasar	Zona 1
11	Daerah gradasi agregat halus	Zona 3
12	Berat jenis beton	2350 kg/m^3
13	Kebutuhan air	203,0 liter

14	Kebutuhan semen Portland	411,8 kg/m^3
16	Kebutuhan semen Portland + zat aditif	326,3 kg/m^3
17	Kebutuhan agregat halus	640,1 kg/m^3
18	Kebutuhan agregat kasar	1095,1 kg/m^3

Maka diperoleh perbandingan antara agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), semen, dan air untuk kebutuhan campuran beton 1 m^3 tanpa menggunakan bahan tambah (abu kayu), yaitu:

1. Pasir = 640,1 kg/m^3
2. Kerikil = 1095,1 kg/m^3
3. Semen = 411,8 kg/m^3
4. Air = 203,0 liter

Sedangkan untuk perbandingan antara agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), semen, dan air untuk kebutuhan campuran beton 1m dengan menggunakan bahan tambah abu kayu. Penggunaan bahan tambah berdasarkan *ASTM C-494/SNI 03-2495-1991* (Spesifikasi Bahan Tambah Untuk Beton). Bahan tambah yang digunakan dalam campuran beton yaitu jenis B (*Retarding Admixture*), dari berat semen, yaitu:

1. Pasir = 640,1 kg/m^3
2. Kerikil = 1095,1 kg/m^3
3. Semen = 326,3 kg/m^3
4. Air = 203,0 liter
5. Abu kayu 2%, 4%, dan 6% dari berat semen

Analisa kebutuhan air, semen, pasir dan kerikil untuk 60 benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan panjang 300 mm, yaitu:

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

$= 0{,}0795\ m^3$

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

Volume total 15 silind $= 0{,}0795 + (15\% \times 0{,}0795)$

$= 0{,}0795 + 0{,}0119$

$= 0.09145\ m^3$

a. Kebutuhan untuk 15 silinder beton normal adalah :

Air $= 0.09145 \times 203{,}0$ Kg

$= 18{,}56$ Kg

Semen $= 0.09145 \times 411{,}8$ Kg

$= 37{,}66$ Kg

Pasir $= 0.09145 \times 640{,}1$ Kg

$= 58{,}54$ Kg

Kerikil $= 0.09145 \times 1095{,}1$ Kg

$= 100{,}15$ Kg

b. Kebutuhan untuk 15 silinder beton variasi 2% abu kayu adalah :

Berat abu kayu per sampel:

Volume abu kayu = Berat semen x 2%

= 2,51 x 2%

= 0,050 liter

Volume semen = Berat semen - V. Abu kayu

= 2,51 - 0,050

= 2,46 liter

Berat abu kayu = V. Abu kayu x BV. Abu kayu

= 0,050 x 0,35

= 0,018 Kg

Maka:

AK = 15 x 0,018 Kg

= 0,27 Kg

Air = 0.09145 x 203,0 Kg

= 18,56 Kg

Semen = 0.09145 x (411,8 – AK)

= 0.09145 x (411,8 – 0,27) Kg

= 37,39 Kg

Pasir = 0.09145 x 640,1 Kg

= 58,54 Kg

Kerikil = 0.09145 x 1095,1 Kg

= 100,15 Kg

c. Kebutuhan untuk 15 silinder beton variasi 4% abu kayu adalah :

Berat abu kayu per sampel:

Volume abu kayu = Berat semen x 4%

= 2,51 x 4%

= 0,100 liter

Volume semen = Berat semen - V. Abu kayu

= 2,51 - 0,100

= 2,41 liter

Berat abu kayu = V. Abu kayu x BV. Abu kayu

= 0,100 x 0,35

= 0,035 Kg

Maka:

AK = 15 x 0,035 Kg

= 0,52 Kg

Air = 0.09145 x 203,0 Kg

= 18,56 Kg

Semen = 0.09145 x (411,8 – AK)

= 0.09145 x (411,8 – 0,53) Kg

= 37,13 Kg

Pasir = 0.09145 x 640,1 Kg

= 58,54 Kg

Kerikil = 0.09145 x 1095,1 Kg

= 100,15 Kg

d. Kebutuhan untuk 15 silinder beton variasi 6% abu kayu adalah :

Berat abu kayu per sampel:

Volume abu kayu = Berat semen x 6%

= 2,51 x 6%

= 0,150 liter

Volume semen = Berat semen - V. Abu kayu

= 2,51 - 0,150

= 2,36 liter

Berat abu kayu = V. Abu kayu x BV. Abu kayu

= 0,150 x 0,35

= 0,053 Kg

Maka:

AK = 15 x 0,053 Kg

= 0,80 Kg

Air = 0.09145 x 203,0 Kg

= 18,56 Kg

Semen = 0.09145 x (411,8 – AK)

= 0.09145 x (411,8 – 0,80) Kg

= 36,86 Kg

Pasir = 0.09145 x 640,1 Kg

= 58,54 Kg

Kerikil = 0.09145 x 1095,1 Kg

= 100,15 Kg

Tabel 4.4 *Mix design* kebutuhan bahan material untuk 15 silinder *(Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)*

NO	Variasi Campuran (%)	Semen (Kg)	Kerikil (Kg)	Pasir (Kg)	Air (Kg)	Abu kayu (Kg)
1	0	37,66	100,15	58,54	18,56	0
2	2	37,39	100,15	58,54	14,71	0,27
3	4	37,13	100,15	58,54	14,71	0,52
4	6	36,86	100,15	58,54	14,71	0,80

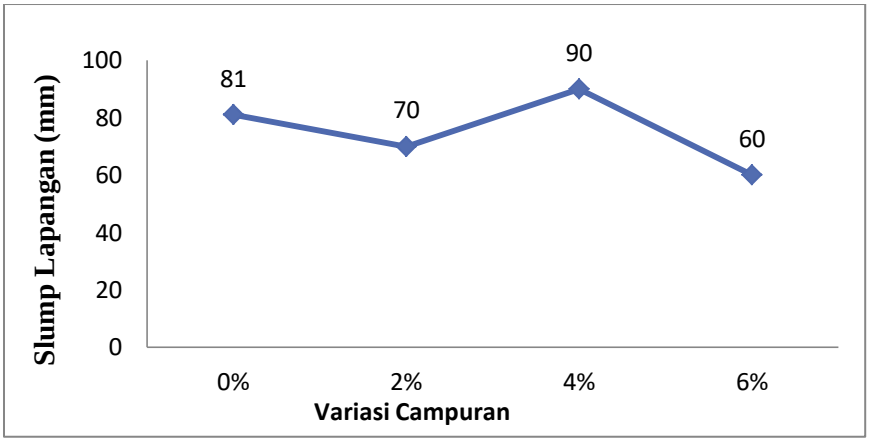
C. Nilai *Slump Test*

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 4.5 Hasil pengujian nilai *Slump test (Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)*

NO	Variasi Campuran (Abu Kayu)	Waktu campur (menit)	Slump rencana (mm)	Slump lapangan (mm)
1	Normal	± 10	75 - 100	81
2	2%			70
3	4%			90
4	6%			60

Berdasarkan **Tabel 4.5** memberikan penjelasan tentang perbandingan nilai *Slump test* antara beton normal dan beton yang menggunakan variasi campuran abu kayu. Dimana pada beton normal dan variasi campuran 4% abu kayu didapatkan nilai *Slump test* yang memenuhi slump rencana, sedangkan pada \variasi penambahan 2% dan 6% abu kayu nilai *Slump test* mengalami penurunan dan tidak memenuhi slump rencana. Hal ini dikarenakan penambahan abu kayu mengakibatkan campuran tidak terlalu merejat.



Gambar 4.1 Grafik hasil pengujian slump test *(Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)*

Pada grafik diatas dapat diuraikan penjelasan bahwa pada beton normal dan variasi penambahan 4% abu kayu nilai *slump test* memenuhi slump rencana yaitu 81(mm), dan 90(mm), sedangkan pada variasi 2% dan 6% abu kayu nilai *slump test* tidak memenuhi slump rencana.

D. Kuat Tekan Beton

Setelah melalui beberapa proses yaitu dari tahap pembuatan sampai dengan tahap perawatan benda uji, selanjutnya benda uji tersebut melalui proses pengujian kuat tekan terhadap benda uji tersebut. Pengujian ini dilakukan saat benda uji berumur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan menggunakan benda uji berupa silinder dengan panjang 30 cm dan diameter 15 cm sebanyak 48 buah sampel. Yang terdiri dari beton normal dan 3 variasi campuran abu kayu yaitu 2%, 4%, dan 6%, Kemudian setiap benda uji yang akan dilakukan pengujian kuat tekan beton ditimbang terlebih dahulu.

Adapun hasil dari pengujian kuat tekan beton dengan 3 hari perawatan terhadap beton normal dan 3 variasi campuran abu kayu adalah sebagai berikut:

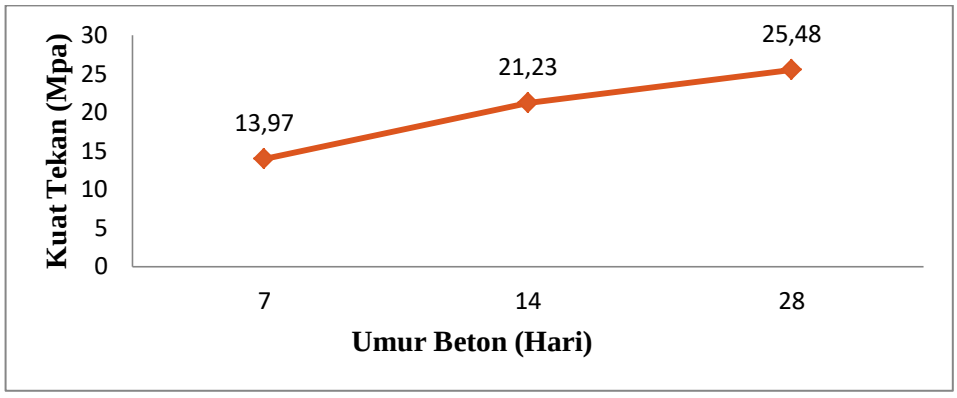
1. **Beton normal**

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton normal dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari kuat tekan rata-rata yang didapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.6. Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan beton normal *(Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)*

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan (Mpa)	Persentase Capaian f'c
1	7 Hari	12,221	237,50	13,966	55%
2	14 Hari	12,300	370	21,231	83%
3	28 Hari	12,375	447,50	25,478	100%

Pada uji kuat tekan beton normal didapatkan nilai kuat tekan rata-rata pada beton berumur 7 hari sebesar 13,986 Mpa, untuk umur 14 hari sebesar 21,231 MPa, dan untuk umur 28 hari sebesar 25,478 Mpa, mencapai kuat tekan yang telah direncanakan yaitu fc 25 Mpa, dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.2 Grafik hasil pengujian kuat tekan beton normal *(Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)*

Pada grafik diatas dapat diuraikan penjelasan bahwa pada beton berumur 7 hari kuat tekan mengalami peningkatan sebesar 51% dari beton berumur 14 hari dengan hasil kuat tekan sebesar 7,265 Mpa, dan untuk beton yang berumur 14 hari

kuat tekan mengalami peningkatan sebesar 20% dari beton berumur 28 hari dengan hasil kuat tekan sebesar 4, 247 Mpa.

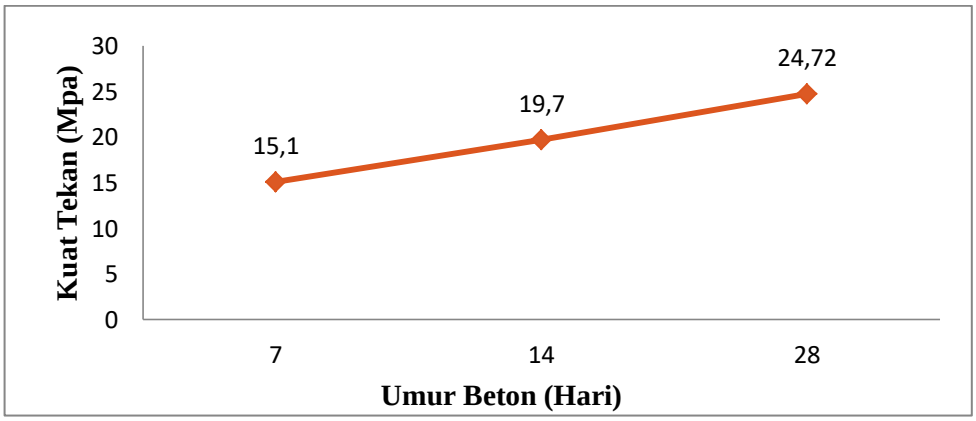
2. Variasi 2% abu kayu

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton dengan variasi campuran 2% abu kayu dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari kuat tekan rata-rata yang didapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.7. Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan beton variasi 2% *(Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)*

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan (Mpa)	Persentase Capaian f'c
1	7 Hari	12,375	265	15,098	61%
2	14 Hari	12,150	310	19,730	80%
4	28 Hari	12,370	432,50	24,723	100%

Pada uji kuat tekan beton untuk beton variasi abu kayu 2% didapatkan nilai kuat tekan rata-rata pada beton berumur 7 hari sebesar 15, 098 Mpa, untuk umur 14 hari sebesar 19, 730 Mpa, dan untuk umur 28 hari sebesar 24, 723 Mpa, mencapai kuat tekan yang telah direncanakan yaitu fc 25 Mpa, dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.3 Grafik hasil pengujian kuat tekan beton variasi 2% *(Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)*

Pada grafik diatas dapat diuraikan penjelasan bahwa pada beton berumur 7 hari kuat tekan mengalami peningkatan sebesar 30% dari beton berumur 14 hari dengan hasil kuat tekan sebesar 4,632 Mpa, dan untuk beton yang berumur 14 hari kuat tekan mengalami peningkatan sebesar 25% dari beton berumur 28 hari dengan hasil kuat tekan sebesar 4, 993 Mpa.

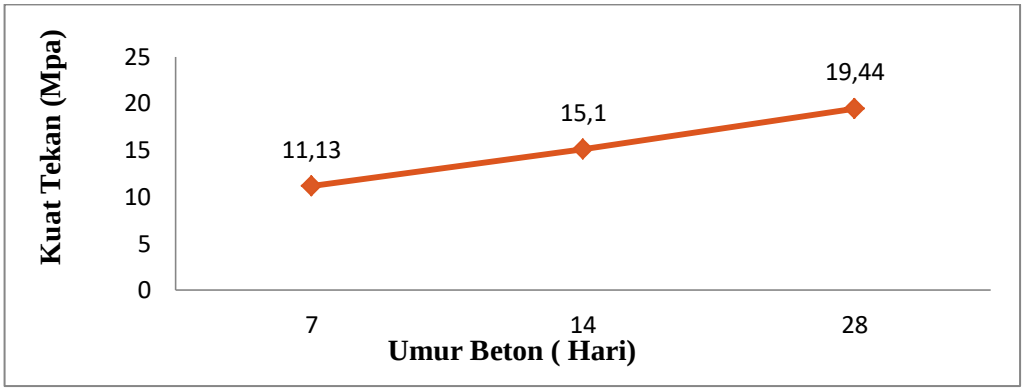
3. Variasi 4% abu kayu

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton dengan variasi campuran 4% abu kayu dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari kuat tekan rata-rata yang didapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.8. Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan beton variasi 4*%.(Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)*

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan (Mpa)	Persentase Capaian f'c
1	7 Hari	12,492	195	11,135	57%
2	14 Hari	12,413	265	15,098	78%
4	28 Hari	12,404	343,33	19,439	100%

Pada uji kuat tekan beton untuk beton variasi abu kayu 4% didapatkan nilai kuat tekan rata-rata pada beton berumur 7 hari sebesar 11,135 Mpa, untuk umur 14 hari sebesar 15,098 Mpa, dan untuk umur 28 hari sebesar 19,439 Mpa, tidak mencapai kuat tekan yang telah direncanakan yaitu fc 25 Mpa, dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.4 Grafik hasil pengujian kuat tekan beton variasi 4% *(Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)*

Pada grafik diatas dapat diuraikan penjelasan bahwa pada beton berumur 7 hari kuat tekan mengalami peningkatan sebesar 36% dari beton berumur 14 hari dengan hasil kuat tekan sebesar 3,963 Mpa, dan untuk beton yang berumur 14 hari kuat tekan mengalami peningkatan sebesar 29% dari beton berumur 28 hari dengan hasil kuat tekan sebesar 4, 341 Mpa.

4. Variasi 6% abu kayu

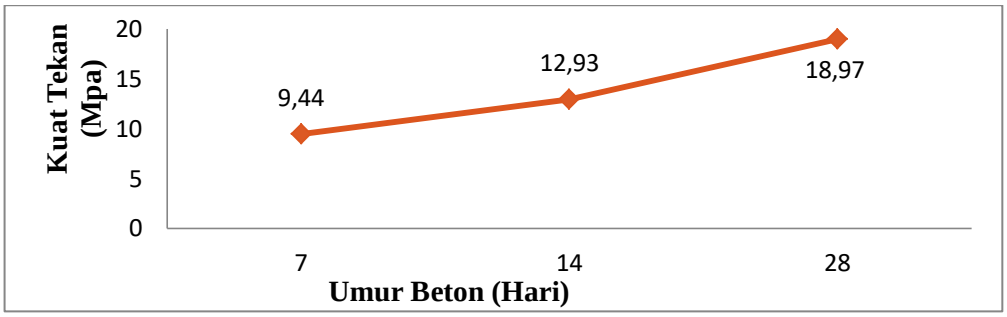
Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton dengan variasi campuran 6% abu kayu dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari kuat tekan rata-rata yang didapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.9. Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan beton variasi 6% *(Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)*

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan (Mpa)	Persentase Capaian f'c
1	7 Hari	12,198	167	9,436	50%
2	14 Hari	11,972	232,50	12,928	68%
4	28 Hari	12,328	335,00	18,967	100%

Pada uji kuat tekan beton untuk beton variasi abu kayu 6% didapatkan nilai kuat tekan rata-rata pada beton berumur 7 hari sebesar 9,436 Mpa, untuk

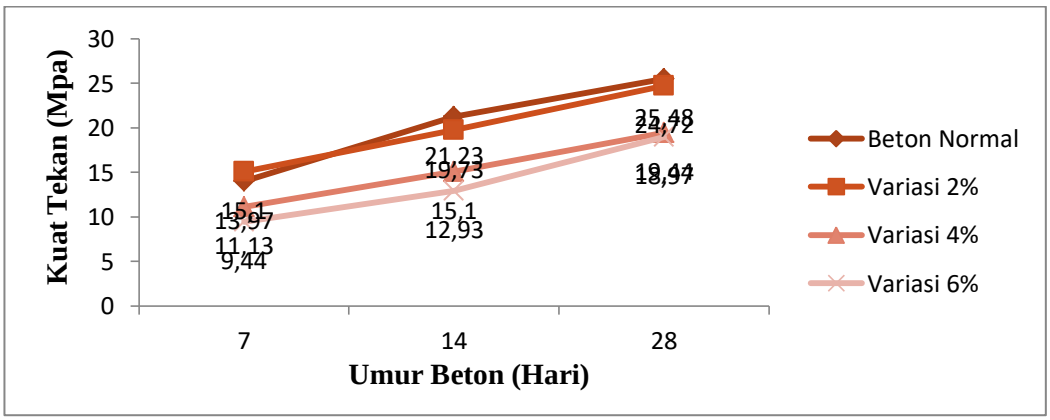
umur 14 hari sebesar 12,928 Mpa, dan untuk umur 28 hari sebesar 18,967 Mpa, tidak mencapai kuat tekan yang telah direncanakan yaitu fc 25 Mpa, dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.5 Grafik hasil pengujian kuat tekan beton variasi 6% *(Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)*

Pada grafik diatas dapat diuraikan penjelasan bahwa pada beton berumur 7 hari kuat tekan mengalami peningkatan sebesar 36% dari beton berumur 14 hari dengan hasil kuat tekan sebesar 3,492 Mpa, dan untuk beton yang berumur 14 hari kuat tekan mengalami peningkatan sebesar 47% dari beton berumur 28 hari dengan hasil kuat tekan sebesar 6,039 Mpa.

Gabungan hasil pengujian persentase variasi abu kayu terhadap kuat tekan beton disajikan dalam bentuk grafik, yaitu sebagai berikut:



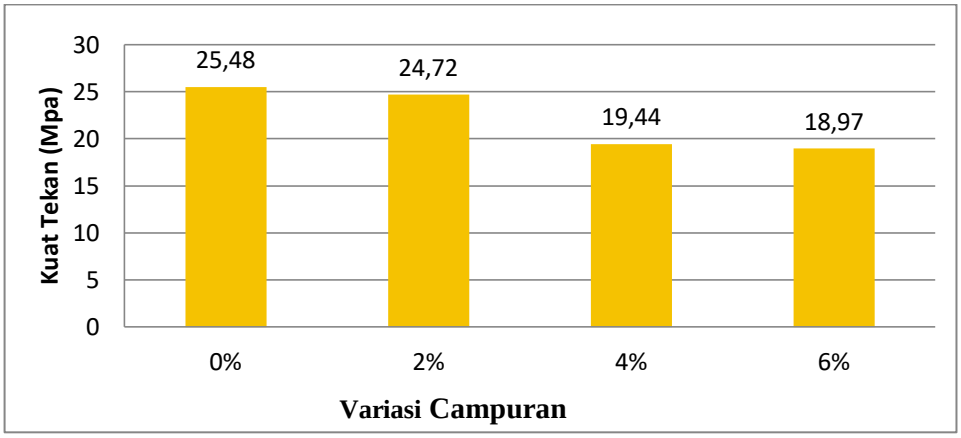
Gambar 4.6 Grafik gabungan hasil pengujian persentase variasi terhadap kuat tekan beton *(Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)*

Pada grafik diatas dapat diuraikan penjelasan bahwa pada beton dengan umur 7 hari kuat tekannya mengalami kenaikan dari beton normal sebesar 1,13 Mpa pada beton dengan variasi 2% abu kayu, dan mengalami penurunan sebesar 2,84 Mpa pada beton variasi 4% abu kayu dan 4,53 Mpa pada beton variasi 6% abu kayu.

Pada beton yang berumur 14 hari kuat tekan beton mengalami penurunan dari beton normal sebesar 1,5 Mpa pada beton dengan variasi 2% abu kayu, 26,13 Mpa pada beton variasi 4% abu kayu dan 8,3 Mpa pada beton variasi 6% abu kayu.

Pada beton yang berumur 28 hari kuat tekan beton mengalami penurunan dari beton normal sebesar 0,76 Mpa pada beton dengan variasi 2% abu kayu, 6,04 Mpa pada beton variasi 4% abu kayu dan 6,51 Mpa pada beton variasi 6% abu kayu.

Dari grafik hubungan persentase variasi terhadap kuat tekan beton diatas, dapat dijelaskan bahwa kuat tekan beton pada umur 28 hari lebih tinggi dari pada kuat tekan pada umur 14 hari. Akan tetapi sesuai dengan penggunaan bahan tambahan tipe D *(Water Reducing and Retarding Admixtures)* yaitu suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan dan juga untuk memperlambat waktu pengikatan beton. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kuat tekan beton dengan variasi 2% 4% dan 6% abu kayu tidak memenuhi kuat tekan rencana sehingga tidak dapat digunakan dalam konstruksi.



Gambar 4.7 Grafik kuat tekan beton karakteristik terhadap variasi abu kayu
(Sumber: hasil olah laboratorium 2023)

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bawah pada beton karakteristik mengalami penurunan kuat tekan dari beton normal sebesar 1,509 Mpa pada beton variasi 2% abu kayu, 24,439 Mpa pada beton variasi 4% abu kayu dan 0,944 Mpa pada beton variasi 6% abu kayu. Penyebab kuat tekan beton menurun drastis pada penggunaan 4% dan 6% abu kayu disebabkan oleh kebutuhan air yang dibutuhkan semen untuk mengikat agregat sebagian diserap oleh abu kayu, sehingga pengikatan hidrolisasi semen tidak optimal, sedangkan pada penggunaan variasi 2% abu kayu tidak terlalu mengalami penurunan pada kuat tekan.

E. Kuat Tarik Belah Beton

Setelah melalui proses pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tarik belah terhadap benda uji tersebut. Pengujian kuat tarik belah dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dengan menggunakan benda uji berupa silinder dengan ukuran panjang 30 cm dan diameter 15 cm sebanyak 12 buah sampel. Yang terdiri dari beton normal dan 3 variasi campuran

abu kayu yaitu 2%, 4%, dan 6%. Kemudian setiap benda uji yang akan dilakukan pengujian kuat tarik belah beton ditimbang terlebih dahulu.

Adapun hasil dari pengujian kuat tarik belah beton dengan umur perawatan 28 hari terhadap beton normal dan 3 variasi campuran abu kayu adalah sebagai berikut:

1. Beton normal

Dari hasil penelitian, pengujian dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari, hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.10. Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton normal *(Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)*

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	L (mm)	D (mm)	Kuat Tekan (Mpa)
1	28 Hari	12,365	165	300	150	7,185

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton normal didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 7,185 Mpa.

2. Variasi 2% abu kayu

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi 2% abu kayu dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari, hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.11. Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton variasi 2% *(Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)*

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	L (mm)	D (mm)	Kuat Tekan (Mpa)
1	28 Hari	12,293	162,50	300	150	7,333

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton variasi abu kayu 2% didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 7,333 Mpa.

3. Variasi 4% abu kayu

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi 4% abu kayu dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.12. Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton variasi 4% *(Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)*

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	L (mm)	D (mm)	Kuat Tekan (Mpa)
1	28 Hari	12,447	150	300	150	6,667

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton variasi 4% abu kayu didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 6,667 MPa.

4. Variasi 6% abu kayu

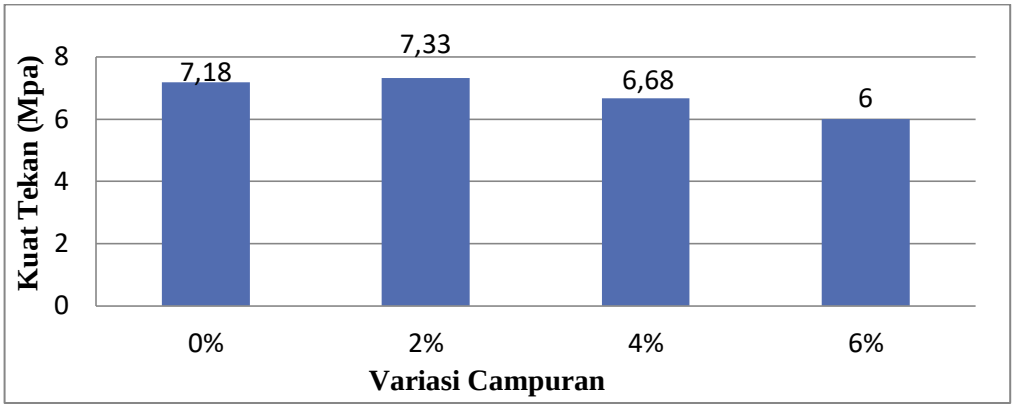
Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi 6% abu kayu dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.13. Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton variasi 6% *(Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)*

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	L (mm)	D (mm)	Kuat Tekan (Mpa)
1	28 Hari	12,228	135	300	150	6,000

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton variasi 6% abu kayu didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 6,000 Mpa.

Berikut adalah grafik hubungan persentase abu kayu terhadap kuat tarik belah beton :



Gambar 4.8 Grafik gabungan kuat tarik belah beton karakteristik terhadap variasi abu kayu *(Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)*

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bawah pada beton karakteristik mengalami peningkatan kuat tarik belah dari beton normal sebesar 0,296 Mpa pada beton variasi 2% abu kayu, dan mengalami penurunan 5,777 Mpa pada beton variasi 4% abu kayu dan 0,297 Mpa pada beton variasi 6% abu kayu. Penyebab kuat tekan beton menurun drastis pada penggunaan 4% dan 6% abu kayu disebabkan oleh kebutuhan air yang digunakan semen untuk mengikat agregat diserap oleh abu kayu, sehingga pengikatan hidrolisasi semen tidak optimal sedangkan pada penggunaan variasi 2% abu kayu semakin meningkatkan kuat tarik belah karena air bebas pada campuran diserap oleh abu kayu.

Dari hasil pengujian kuat tarik belah pada benda uji, tidak mengalami segregasi (penyebaran tidak merata agregat pada beton) karena agregat pada benda uji tersebar merata dalam campuran, dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.9 Dokumentasi pengujian tarik belah pada benda uji *(Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)*

F. Hasil Analisis Dan Pembahasan Kuat Tekan, dan Kuat Tarik Belah.

Berikut rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan, dan kuat tarik belah beton umur 28 hari dapat dilihat pada tabel 4.18.

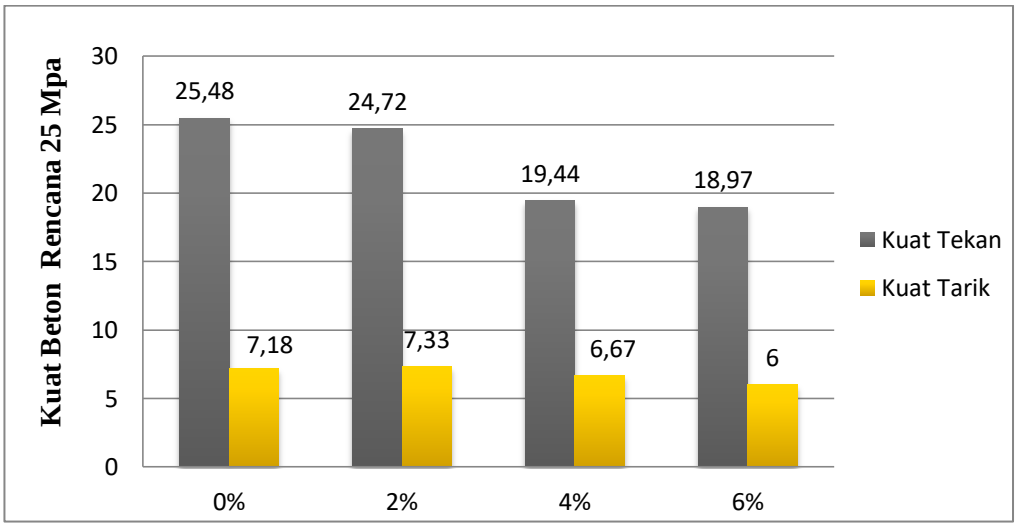
Tabel 4.14. Rekapitulasi hasil pengujian beton umur 28 hari *(Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)*

No.	Variasi	Hasil pengujian beton umur 28 hari	
		Kuat tekan (Mpa)	Kuat tarik belah (Mpa)
1	Beton normal	25,478	7,185
2	2%	24,723	7,333
3	4%	19,439	6,667
4	6%	18,967	6,000

Berdasarkan tabel diatas hasil pengujian kuat tekan pada variasi beton normal, 2%, 4%, dan 6% secara berurutan yaitu sebesar 25,478 Mpa, 24,723 Mpa, 19,439 Mpa, dan 18,967 Mpa.

Hasil pengujian kuat tarik belah pada variasi beton normal, 2%, 4%, dan 6% secara berurutan yaitu sebesar 7,185 Mpa, 7,333 Mpa, 6,667 Mpa, dan 6,000 Mpa.

Berikut adalah grafik hubungan hasil kuat tekan, dan kuat tarik belah beton.



Gambar 4.10 Grafik hubungan hasil uji kuat tekan, dan kuat tarik belah beton umur 28 hari *(Sumber: Hasil olah laboratoriun 2023)*

Berdasarkan grafik diatas dapat dijelaskan bahwa Pada beton normal menghasilkan kuat tekan sebesar 25,478 Mpa, dan kuat tarik belah sebesar 7,185 Mpa. Pada variasi 2% abu kayu hasil kuat tekan mengalami penurunan sebesar 3% dari beton normal dengan hasil kuat tekan sebesar 24,723 Mpa, dan kuat tarik belah mengalami kenaikan sebesar 2% dari beton normal dengan hasil kuat tarik belah sebesar 7,333 Mpa.

Pada variasi 4% abu kayu hasil kuat tekan mengalami penurunan sebesar 23% dari beton normal dengan hasil kuat tekan sebesar 19,439 Mpa, dan kuat tarik belah mengalami penurunan sebesar 7% dari beton normal dengan hasil kuat tarik belah sebesar 6,667 Mpa.

Pada variasi 6% abu kayu hasil kuat tekan mengalami penurunan sebesar 25% dari beton normal dengan hasil kuat tekan sebesar 18,967 Mpa, dan kuat

tarik belah mengalami penurunan sebesar 16% dari beton normal dengan hasil kuat tarik belah sebesar 6,000 Mpa.

Dari hasil analisa diatas didapatkan nilai optimum pengujian kuat tekan pada beton normal sebesar 25,478 Mpa. Beton dengan penggunaan bahan tambah abu kayu mengalami penurunan hasil kuat tekan dari beton normal dengan kuat rencana 25 Mpa, sedangkan kuat tarik belah pada variasi 2% mengalami peningkatan pada variasi 2% abu kayu sebesar 7,333 Mpa sehingga penggunaan abu kayu tidak layak digunakan dalam pembuatan konstruksi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

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

1. Dengan kesimpulan beton dengan variasi 2%, 4%, dan 6% abu kayu tidak mencapai kuat tekan yang direncanakan namun dapat digunakan sebagai beton non struktural. Penyebab kuat tekan beton menurun pada penggunaan abu kayu sebagai subtitusi semen disebabkan oleh kebutuhan air yang dibutuhkan semen untuk mengikat agregat sebagian diserap oleh abu kayu.
2. Kuat tarik belah beton mengalami penurunan pada penggunaan 4% dan 6% abu kayu disebabkan oleh kebutuhan air yang digunakan semen untuk mengikat agregat diserap oleh abu kayu, sehingga pengikatan hidrolisasi semen tidak optimal sedangkan pada penggunaan variasi 2% abu kayu mengalami sedikit peningkatan kuat tarik belah karena pada penambahan 2% penambahannya masih sedikit sehingga tidak terlalu mempengaruhi kuat tarik belah beton.
3. Dari hasil penambahan atau pengganti semen menggunakan abu kayu semakin banyak abu kayu yang di tambahkan maka semakin menurun kuat tekan dan kuat tarik belah beton.

B. Saran

Adapun saran-saran yang dapat diberikan untuk penelitian lebih lanjut mengenai atau tentang hal penggunaan abu kayu sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton adalah sebagai berikut:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai suhu pembakaran abu kayu sehingga menghasilkan silica (SiO_2) yang maksimum untuk dapat mengikat dalam campuran beton.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai jenis abu kayu yang digunakan dalam campuran beton serta penggunaan bahan tambah lain agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal.
3. Diperluhkan penelitian lebih lanjut mengenai penambahan abu kayu dengan memperhitungkan penyerapan air oleh abu kayu untuk memastikan penambahan abu kayu tidak mempengaruhi proses terjadinya hidrolisasi semen.

DAFTAR PUSTAKA

ASTM C29/29M-97/SNI03-4804-1998. Interval Berat Volume Agregat Halus dan Agregat Kasar

ASTM C117-95/SNI 03-4142-1996. Standar Spesifikasi Kadar Lumpur Agregat Kasar

ASTM C40-99/SNI 03-2816-1992, Prosedur Pelaksanaan Pengujian Pemeriksaan Kandungan Organik

Bintoro, A. Y., Limantara, A. D., & Winarto, S. (2018). *Evaluasi Kekuatan ConcBlock Dengan Agregat Halus dan Agregat Kasar dari Tempurung Kelapa*. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, *1*(1), 160–171. https://doi.org/10.30737/jurmateks.v1i1.162

Dewi, Y. F. Z., Manalip, H., & Windah, R. S. (2020). *Pengaruh Penggunaan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Nilai Kuat Tarik Belah Beton*. *Sipil Statik*, *8*(3), 375–382.

Hanafi, M. I. (2018). *Pengaruh Pemakaian Serbuk Arang Kayu Sebagai Filler Semen dan Zat Retarder Terhadap Penyerapan Air dan Kuat Tekan Beton.* Universitas muhammadiyah sumatra utara.

Hasibuan, F. I. (2021). *Perbandingan Kuat Tekan Dan Penyerapan Serbuk Kayu Dan Abu Ampas Kopi Dengan Agregat Kasar Bergradasi Seragam*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan.

Panjaitan, A. N., Ramadhani, R. S., & Sitanggang, E. S. Y. (2021). *Pengaruh Abu Ampas Kopi Terhadap Kuat Tekan, Porositas Sebagai Pengganti Semen Pada Pembuatan Beton. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Agregat*, *1*(1), 1–5.

Patah, D. & Dasar, A. (2021) *Pasir Dan Kerikil Sungai Mappili Sebagai Material Lokal Untuk Campuran Beton Di Sulawesi Barat*. Journal Of Civil Enginering. Vol.3.NO.2 Oktober 2021

Perdhana. J, Wedyantadji. B, Aditama. V. (2022). *Penggunaan Limbah Abu Kayu Halaban Sebagai Bahan Tambahan Sebagian Semen Pada Campuran Beton*. *Jurnal Sondir, Institut* Teknologi Nasional Malang. (*vol.6 No.1, pp. 46-54*) https://ejournal.itn.ac.id/index.php/sondir

Purwanti H.,S.T.,M.T., Widdyarini Galih.,S.T.,M.T.(2017). *Pengaruh Abu Arang Sebagai Campuran Beton Ditinjau Dari Kuat Tekan*. *Sistem Informasi Jurnal Ilmiah Usm.*Mahendra, Y. I, Gardjito. E, Ridwan. A, W. H. (2021).

Maghfirah, A., Meilanda, H., Marlianto, E., Fisika, D., & Sumatera, U. (2019). *Pemanfaatan Serat Cangkang Kulit Kopi Dalam Pembuatan Beton Polimer Dengan Resin Polyester Sebagai Perekat.* In *Jurnal Ilmu Fisika dan Teknologi* (Vol. 3, Issue 2).

Saifullah. (2011) *Mix Design Metode SKSNI Menggunakan Material Agregat Kasar dan Halus Dengan Berat Jenis Rendah*. Jurnal Konstruksia Volume 2 Nomer 2 Juli 2011

SK SNI S-04-1989-F. Syarat Mutu Agregat Kasar dan Halus Untuk Campuran Beton

SK SNI 03-1970-1990. Interval Berat Jenis Untuk Agregat Halus dan Agregat Kasar

SK SNI S-04-1989-F. Kadar Lumpur Agregat Normal

SNI-15-2049-2004. Semen *Portland*

SNI 03-6861.1-2022. Persyaratan Air Untuk Campuran Beton

SNI 03-2495-1991. Jenis Jenis Bahan Tambahan

SNI 1974-2011. Cara Uji Kuat Tekan Beton

SNI 249-2014. Persamaan Untuk Menentukan Nilai Tarik Pad Beton

SNI 03-1968-1990. Analisis Gradasi Butiran Agregat Halus dan Agregat Kasar

SNI 2417:2008. Inteval Untuk Kausan Agregat Kasar

Sulaiman, Y. H (2010*). Pengaruh Penggunaan Abu Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Beton. Jurnal portal* (ISSN2085-7454, Vol. 2, No 1).

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