BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (SNI-03-2847-2002). Kuat tekan beton sangat dipengaruhi oleh komposisi campuran, faktor air semen, pelaksanaan pemadatan serta perawatan selama pengerasan. Namun, untuk meningkatkan sifat mekanis dan keberlanjutan beton, penelitian terus dilakukan untuk menemukan bahan tambah yang efektif. Salah satu bahan yang menarik untuk diteliti adalah serbuk kayu, yang dapat diintegrasikan ke dalam campuran beton untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanisnya. Penelitian ini akan memfokuskan pada pengaruh penambahan serbuk kayu terhadap kuat tekan beton, dengan penambahan bahan tambah *bestmittel*.

Semakin maju dan pesatnya pembangunan di Indonesia maka semakin banyak kebutuhan untuk pembangunan terutama dalam bidang konstruksi yang terus meningkat setiap tahunnya. Pada bidang konstruksi beton merupakan bahan utama dan paling banyak digunakan dalam pembangunan, oleh karena itu beton dituntut untuk lebih berinovasi agar dapat menghasilkan beton yang lebih ekonomis dan mempunyai kualitas tinggi serta proses pengerasan yang lebih cepat supaya mengefisien waktu dalam pekerjaan suatu bangunan.

Seiring meningkatnya kebutuhan masyarakat terutama dalam bidang furniture mengakibatkan meningkatnya jumlah perusahaan pengolahan kayu yang menghasilkan tumpukan limbah serbuk gergaji yang belum dapat dimanfaatkan dengan baik oleh masyarakat sekitar. Serbuk kayu adalah limbah dari hasil penggergajian kayu yang menggunakan mesin maupun manual. Limbah serbuk gergaji kayu dapat menimbulkan masalah dalam penanganannya, yaitu dibiarkan membusuk, ditumpuk, dan dibakar yang berdampak negatif terhadap lingkungan. Tidak hanya itu, serbuk kayu juga mudah didapat dan relatif lebih murah. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan dan pemanfaatan limbah harus dikaji dan senantiasa dikembangkan agar limbah yang terbuang bersifat ramah lingkungan.

Maka dari itu penulis disini melakukan penelitian beton dengan memanfaatkan limbah serbuk kayu untuk mengurangi dampak limbah terhadap lingkungan serta penambahan zat aditif *bestmittel*.

Pada serbuk kayu terdapat kadar selulosa yang apabila ditambahkan pada campuran semen pembentuk beton, senyawa ini akan terserap pada permukaan mineral atau partikel dan memberikan tambahan kekuatan ikat antar partikel akibat sifat adhesi dan dispersinya (Ikhsan, 2013).

Penelitian Siswadi (2007) menunjukkan penambahan serbuk gergaji sebanyak 1 kg/m3 pada beton dapat meningkatkan kuat tekan sebesar 3,1%, sedangkan penelitian Ikhsan (2013) yang menambahkan serbuk gergaji sebanyak 5 gr pada benda uji kubus ukuran 15 cm menunjukkan bahwa peningkatan kuat tekan beton sebesar 8,7%. Pada kedua penelitian tersebut penambahan serbuk gergaji. belum menunjukkan penurunan kuat tekan sehingga penulis menganggap

dapat dilakukan penambahan serbuk gergaji dengan kadar yang lebih bervariasi. Adapun pada penelitian ini penulis menambahkan komposisi serbuk kayu kedalam campuran beton yaitu sebesar 0% ; 2,5% ; 5% dan 7,5%.

Bahan aditif bestmittel adalah formula khusus yang sangat ekonomis dalam proses pengecoran sehingga menjadikan beton lebih cepat keras dan dapat meningkatkan kuat tekan beton. Bestmittel membantu proses pengecoran dalam waktu yang sangat ketat karena beton cepat mengeras pada usia awal 7-10 hari serta meningkatkan mutu beton 5% - 10%. Pada penelitian ini persentase bestmittel yang akan ditambahkan sebesar 0,5%.

Berdasarkan penjelasan diatas maka penulis mencoba melakukan penelitian terhadap "**Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah *Bestmittel*".**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan dari latar belakang yang telah diuraikan di atas maka rumusan masalah ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh penambahan serbuk kayu terhadap kuat tekan beton dengan bahan tambah *bestmittel*?
2. Bagaimana nilai presentase optimal penambahan serbuk kayu dan zat aditif *bestmittel*?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk kayu dan zat aditif *bestmittel* terhadap kuat tekan beton.

2. Menentukan persentase optimal penambahan serbuk kayu dan zat aditif *bestmittel*.

D. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini diberikan batasan masalah yang bertujuan untuk membatasi pembahasan agar tidak meluas dan batasannya menjadi jelas. Adapun batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan ukuran 15 *cm* x 30 *cm* dan kubus dengan ukuran 15 *cm* x 15 *cm*.
2. Kuat tekan beton (K) direncanakan berdasarkan *mix design* dengan mutu beton fc' 25 MPa.
3. Serbuk kayu yang digunakan dalam penelitian ini yaitu limbah serbuk kayu bekas gergajian dengan variasi 0%, 2,5%, 5%, 7,5% serta persentase *bestmittel* sebesar 0,5% sebagai bahan tambah kimia pada campuran beton.
4. Pengujian pada benda uji dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari.
5. Penggunaan serbuk kayu pada campuran beton dapat digunakan, tetapi dengan batas variasi tertentu.

E. Manfaat Penilitian

1. Memberikan kontribusi pada pemahaman tentang potensi penggunaan serbuk kayu serta zat aditif *bestmittel* dalam campuran beton.
2. Membuka peluang pengembangan bahan konstruksi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.
3. Sebagai bahan referensi terhadap penelitian yang sejenis dan
4. Dapat menjadi bahan pertimbangan atau dikembangkan lebih lanjut.

F. Sistematika Penulisan

Secara garis beras dari sistematika penulisan penelitian ini terdiri dari lima bab yang meliputi :

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bagian ini, terdiri dari uraian latar belakang, rumusan masalah, batasan masalsah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bagian ini berisikan tentang tinjauan pustaka yang telah dilakukan terlebih dahulu, landasan teori menguraikan teori-teori untuk memecahkan suatu permasalahan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian ini berisikan tentang rencana mengenai data-data penelitian, rancangan dan prosedur penelitian serta pelaksanaan penelitian dan menjelaskan alat dan cara penelitian/bagan alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan tentang data-data yang berhubungan dengan data jumlah variasi limbah serbuk kayu dan bahan kimia yang digunakan, dan beberapa sampel yang digunakan dan data pengaruh penambahan limbah serbuk kayu dan *Bestmittel* terhadap mutu kuat tekan beton.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisikan kesimpulan yang didapat dari penulis dari hasil penelitian, saran berupa masukan bagi penelitian lebih lanjut, dan untuk memudahkan pembaca mempelajari isi laporan tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Beton

Beton menurut SNI 2847: 2013 adalah campuran antara semen Portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (admixture). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana (fc') yakni pada usia 28 hari. Beton memiliki daya kuat tekan yang baik oleh karena itu beton banyak dipakai atau digunakan untuk pemilihan jenis struktur terutama struktur bangunan, jembatan dan jalan.

DPU – LPMB mengungkapkan definisi tentang beton sebagai campuran di antara semen Portland atau semen hidrolik yang lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk massa padat. Beton mampu terpengaruh oleh bahan dasarnya yaitu Semen, Agregat Kasar, Agregat Halus dan Air. Dua dekade terakhir ini telah dikembangkan jenis bahan tambah (admixtures dan additives) untuk meningkatkan kinerja beton dan membuat beton semakinl lebih mudah dikerjakan, lebih cepat serta lebih tinggi mutunya.

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.

2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang merupakan hasil disintegrasi alami batu-batuan atau juga hasil mesin pemecah batu dengan memecah batu alami. Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton, namun demikian peranan

agregat pada beton sangatlah penting. Kandungan agregat dalam beton kira- kira mencapai 70% - 75% dari volume beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian yang penting dalam pembuatan beton. Agregat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu agregat halus dan agregat kasar yang didapat secara alami atau buatan. Untuk menghasilkan dengan kepadatan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik pula. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekasaran lubang ayakan 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm dan 0,15 mm. Penggunaan bahan batuan dalam adukan beton berfungsi :

1. Menghemat penggunaan semen *Portland*.
2. Menghasilkan kekuatan yang besar pada betonnya.
3. Mengurangi susut pengerasan.
4. Mencapai susunan beton dengan gradasi beton yang baik.
5. Mengontrol *Workability* adukan beton dengan gradasi bahan batuan yang baik.

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan berdasarkan pada ukuran butir-butirannya. Agregat yang mempunyai butir-butir yang besar disebut agregat kasar yang ukurannya lebih kasar dari 4,8 mm. Sedangkan butir agregat yang kecil disebut agregat halus yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4,8 mm. Menurut SK- SNI-T-15-1990-03 kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar.

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

a. Agregat kasar (kerikil)

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm (SNI 03-2834-2000). Agregat kasar diperoleh dari alam dan juga dari proses memecah batu alam. Agregat alami dapat diklasifikasikan ke dalam sejarah terbentuknya peristiwa geologi, yaitu agregat beku, agregat sediment dan agregat metamorf, yang kemudian dibagi menjadi kelompok-kelompok yang lebih kecil. Agregat pecahan diperoleh dengan memecah batu menjadi berukuran butiran sesuai yang diinginkan dengan cara meledakan, memecah, menyaring dan seterusnya.

Menurut PUBI 1982, agregat kasar untuk beton harus memenuhi hal- hal sebagai berikut :

1. Agregat kasar harus bersifat kekal, berbutir kasar dan keras serta tidak berpori. Untuk pengujian kekerasasan ditentukan dengan bejana Rudellof atau menggunakan mesin Los Angelos, dengan ketentuan sebagai berikut : Bejana Rudellof = butir agregat kasar yang hancur dan melewati ayakan 2 mm, tidak lebih dari 32% berat total. Mesin *Los Angelos* = butir agregat kasar yang hancur tidak lebih dari 50% berat yang diuji.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% berat pengujian (dari berat kering), apabila melebihi 1% agregat harus dicuci sebelum dicampur menjadi beton.

3. Bagian butir agregat kasar yang panjang dan pipih tidak melebihi 20% berat pengujian,terutama untuk beton mutu tinggi.
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti reaktif alkali.
5. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan tidak melewati saringan 4,75 mm.

Fungsi agregat kasar pada beton adalah sebagai kekuatan pada beton. Faktor yang mempengaruhi kekuatan agregat pada beton yaitu kekerasan agregat, kekasaran permukaan agregat dan gradasi agregat. Pada agregat dengan permukaan kasar akan terjadi ikatan yang baik antara pasta semen dengan agregat tersebut.



Gambar 2. 1 Agregat Kasar (Kerikil)
Sumber :Google Post By Baturisit

b. Agregat halus (pasir)

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (SNI 03-2834-2000). Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut.

Menurut Soetjipto (1978) mengemukakan bahwa pasir adalah bahan batuan halus yang berukuran 0,14 mm - 5 mm yang merupakan hasil desintegrasi batuan alam (natural sand) atau dengan pemecahan (artificial sand).

Pasir yang digunakan dalam campuran adukan beton harus memenuhi syarat – syarat seperti tertera pada PBI 1971 Bab 3.3 , yaitu :

1. Agregat halus terdiri dari butir – butir yang tajam dan keras. Butir–butiran agregat halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan.
2. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%. Lumpur adalah bagian yang dapat melalui saringan 0,063 mm. Bila kadar lumpur melampaui 5% maka agregat harus dicuci dahulu sebelum digunakan pada campuran.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung zat organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan warna dari Abrams-Harder.
4. Agregat halus terdiri dari butir-butir beraneka ragam besarnya dan apabila diayak, harus memenuhi syarat–syarat.
5. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agragat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk–petunjuk dari lembaga yang diakui.



Gambar 2. 2 Agregat Halus (Pasir)
Sumber :Google By Umy Repository

3. Semen *portland*

Semen merupakan bahan campuran kimiawi yang aktif setelah dicampurkan dengan air dan saling berinteraksi. Terdapat empat senyawa kimia yang membentuk bahan semen terhadap pengikatan dan pengerasan semen yaitu terdiri dari batu kapus, silica, alumina dan besi oksida. Senyawa tersebut bereaksi satu sama lain akan membentuk klinger.

SNI 15-2049-2004 mendefinisikan semen portland sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland utama yang terdiri ayas kalsium silikat yang sifatnya hidrolis, digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih berbentuk Kristal senyawa kalsium sulfat yang boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. Fungsi semen ialah untuk mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butiran agregat.

Menurut Standar Industri Indonesia SII 0013 – 1977 menyebutkan lima jenis (type) semen Portland yaitu :

a. Semen *Portland* jenis I adalah semen *portland* yang digunakan untuk pembuatan kontruksi bangunan umum. Penggunaannya tidak memerlukan persyaratan yang khusus.
b. Semen *Portland* jenis II adalah semen *portland* yang mempunyai ketahanan sedang terhadap garam-garam yang terkandung sulfat di dalam air. Semen ini digunakan untuk kontruksi bangunan dan beton yang berhubungan secara terus menerus dengan air kotor atau air tanah.

c. Semen *Portland* jenis III adalah semen *Portland* yang mempunyai sifat mengeras cepat atau mempunyai kekuatan awal tinggi pada umur tidak lama. Semen ini digunakan untuk pekerjaan konstruksi dengan beton yang mempunyai suhu rendah terutama di negara-negata iklim dingin.

d. Semen *Portland* jenis IV adalah semen *Portland* dengan panas hidrasi rendah, semen jenis ini pengerasan kekuatannya rendah. Semen ini biasa digunakan untuk pembuatan konstruksi beton berdimensi besar, untuk pekerjaan bending (bendungan) dan pekerjaan besar lainnya.

e. Semen *Portland* jenis V adalah semen *Portland* yang sifatnya mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap sulfat, yang artinya tahan terhadap larutan garam sulfat di dalam air. Semen ini digunakan untuk konstruksi yang berhubungan dengan air laut, air limbah industry, dan juga untuk bangunan yang terkena pengaruh gas atau uap kimia yang agresif.

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

Tabel 2. 1 Susunan oksida yang membentuk semen *Sumber: Tjokrodimuljo (2007).*

NO	OKSIDA	PERSENTASE
1	Kapur (CaO)	60 – 70 %
2	Silika (SiO_2)	17 – 25 %
3	Alumina (Al_2O_3)	3 – 8 %
4	Besi (Fe_2O_3)	0,5 - 6 %
5	Magnesia (MgO)	0,1 - 5,5 %
6	Sulfur (SO_3)	0,5 – 3 %
7	Portash / Soda ($Na_2O + K_2O$)	0,5 – 1,3 %



Gambar 2. 3 Semen
Sumber :Google Post By Ambpi

4. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Penggunaan air yang berlebihan pada pencampuran beton akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya sehingga akan mempengaruhi kuat tekan beton.

Air yang digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, dan lainnya), air laut maupun air limbah, asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Kualitas air yang digunakan dalam campuran beton berpori (beton porous) tidak berbeda dengan beton normal, dimana air yang digunakan memiliki kualitas yang baik juga.

Menurut SNI 03-6861.1-2002, terdapat beberapa persyaratan air untuk campuran beton antara lain :

a. Air harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak serta benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual,
b. Tidak mengandung benda-benda yang tersuspensi lebih dari 2 gram/liter,
c. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat 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.

menurut ACI 318-83, Untuk mencegah korosi, kadar klorida setelah beton berumur 28 hari dibatasi sebagai berikut :

Tabel 2. 2 Batas kadar klorida pada beton umur 28 hari *Sumber: Buku Teknologi Bahan, H. Hakzah, S.T.,M.T.*

NO	Bentuk Konstruksi	Maksimum Clorida Ion Terhadap Berat Semen
1	Beton pratekan	0,06 %
2	Beton bertulang yang bergubungan dengan Cl dalam pemakaiannya	0,15 %
3	Beton bertulang di tempat yang selalu kering	1,0 %
4	Beton bertulang secara umum	0,3 %

5. Serbuk Kayu

Serbuk kayu merupakan salah satu serat alami *(cellulose fibers)* yang dapat digunakan sebagau zat tambah dalam campuran beton. Kayu merupakan salah satu material dengan kadar selulosa yang tinggi yaitu sebesar 72%. Selain selulosa, serbuk kayu juga mengandung kadar hemiselulosa, secara umum biomassa juga mengandung lignin dalam jumlah sekitar 15-30% berat kering bahan (Susanto, 1998 dalam gunawan dkk., 2017).

Serbuk kayu diharapkan memberikan tambahan kekuatan ikat antar partikel, serta menghambat difusi air dalam material akibat sifat hidrofobnya (zat yang tidak dapat larut dalam air). Sifat hidrofob kayu dapat menghasilkan beton yang kuat, tidak tembus air, dandapat sebagai bahan konstruksi. (Gargulak, 2001 dalam Edison dkk., 2013).

Serbuk kayu merupakan salah satu serat alami *(cellulose fibers)* yang dapat digunakan sebagai zat tambah dalam campuran beton. Kayu terdiri dari selulosa *(cellulose),* hemiselulosa, dan lignin. Lignin merupakan unsur dari sel kayu yang mempunyai pengaruh yang buruk terhadap kekuatan serat *(fibers)*. Kuat tarik selulosa *(cellulose)* setelah diteliti sebesar 20 MPa, sedangkan unsur lignin dalam kayu dapat menurunkan kuat tarik sebesar 500 MPa. Menurut Felix Yap (1964) pada pembebanan tekan biasanya kayu bersifat elastis sampai batas proposional. Terhadap tarikan, sifat-sifat elastisitas untuk kayu tergantung dari keadaan lengas. Kayu yang berkadar lengas rendah memperlihatkan batas elastisitas yang agak rendah, sedangkan kayu yang berkadar lengas tinggi terdapat perubahan bentuk yang permanen pada pembebanan.

6. Bahan Tambah Zat *Additive (Bestmittel)*

Bahan tambah adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan yang ditambah kedala adukan cairan beton selama pengadukan dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya (SK SNI S-18-1990-03). Bahan kimia tambahan (*chemical admixture)* untuk beton ialah bahan tambahan (bukan bahan pokok) yang dicampurkan pada adukan beton, untuk memperoleh sifat khusus

dalam pengerjaan adukan, waktu pengikat, waktu pengerasan, dan maksud lainnya (SK SNI S-04-1989-F).

sebuah jurnal mengatakan bahwa, *a sulfonated lignin composition suitable for use as an additive in other chemical compositions and processes having improved solubility in aqueous medium at varying pH levels, and a method of producing such sulfonated water-soluble lignin products by reaction of an unsulfonated or a sulfonated starting lignin compound with sulfuric acid having a concentration of at least about 95%, 2-12 while maintaining the temperature of the reaction below 40° C. for a sufficient time to sulfonate the same. Sulfuric acid sulfonation increases the organically bound sulfonic acid content of the starting lignin compound at least about 1.7 moles sulfonic acid per mole of lignin, while providing water-solubility of the product at a wide range of pH levels* (Dilling 1986), dari kutipan jurnal diatas disimpulkan bahwa *lignin sulfonate acid* ini, merupakan sebuah senyawa *lignin* tersulfonasi yang sesuai digunakan sebagai aditif dalam komposisi dan proses kimia lainnya yang meningkatkan kelarutan dalam media berair pada berbagai tingkat pH.

Lignosulfonat (LS) adalah polimer polielektrolit anionik yang larut dalam air: merupakan produk sampingan dari produksi pulp kayu menggunakan pembuatan pulp sulfit. Kebanyakan delignifikasi dalam pembuatan pulp sulfit melibatkan pembelahan asam pada ikatan eter, yang menghubungkan banyak unsur l*ignin*. *Lignin* tersulfonasi (SL) mengacu pada bentuk produk sampingan *lignin* lainnya, seperti produk sampingan yang berasal dari proses Kraft yang jauh lebih populer, yang telah diproses untuk menambahkan gugus asam sulfonat.

Keduanya memiliki kegunaan serupa dan sering tertukar satu sama lain, karena SL jauh lebih murah. LS dan SL keduanya tampak sebagai bubuk yang mengalir bebas; yang pertama berwarna coklat muda sedangkan yang kedua berwarna coklat tua.

Ketentuan dan syarat mutu bahan tambah admixture sesuai dengan ASTM C 494-81 "*Standard Specification For Chemical Admixture For Concrete*". Adapun defenisi tipe dan jenis bahan tambah kimia tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Tipe A, *Water Reducing Admixture*. Adalah bahan tambah yang bersifat mengurangi jumlah air pencampuran beton untuk menghasilkan beton yang konsentitensinya tertentu.
2. Tipe B, *Retarding Admixture*. Adalah bahan tambahan yang berfungsi yang menghambat pengikatan beton.
3. Tipe C, *Accelerating Admixture*. Adalah bahan tambahan berfungsi mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.
4. Tipe D, *Water Reducing And Retarding Admixture*. Adalah bahan tambahan yang berfungsi ganda untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan beton.
5. Tipe E, *Water Reducing And Accelerating Admixture*. Adalah bahan tambahan berfungsi ganda untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan memercepat pengikatan beton.

6. Tipe F, *Water Reducing And High Range Admixture*. Adalah bahan tambahan yang berfungsi mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebanyak 12%.
7. Tipe G, *Water Reducing, High Range and Retarding Admixture*. Adalah bahan tambahan yang berfungsi mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebanyak 12% atau lebih dan juga menghambat pengikatan beton.

Bestmittel merupakan bahan tambah kimia berbahan dasar *Lignin Sulfonic Acid* yang sesuai dengan ASTM–C 494-81 "*Standart Specification For Chemical Admixture For Concrete*. *Bestmittel* termasuk jenis bahan tambah kimia Tipe E, *Water Reducing dan Accelerating Admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi ganda mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan/perkerasan beton. *Bestmittel* sangat membantu untuk pengecoran dengan jadwal waktu yang sangat ketat karena beton cepat mengeras pada usia awal (7-10 hari) serta meningkatkan mutu/kekuatan beton 5% - 10%.

Adapun manfaat dari *bestmittel* adalah:

1. Proses pembetonan lebih cepat, pembongkaran beton dari cetakan dapat dilakukan lebih awal
2. Mengurangi pemakaian air 5 % - 20 % sehingga membuat beton lebih solid dan plastis

Prosedur pemakaian:

1. Siapkan air sejumlah ½ dari berat semen yang akan dipakai

2. Siapkan bestmittel sebanyak 0,2 % - 0,6 % dari berat semen, umumnya 1 kg *bestmittel* untuk 200 kg – 450 kg semen
3. Encerkan bestmittel dengan menggunakan sebagian air yang telah disiapkan
4. Aduk semen, pasir, dengan air yang belum dicampur bestmittel hingga merata
5. Kemudian tambahkan bestmittel yang telah diencerkan ke dalam adukan sampai merata. Bila adukan beton terlalu encer, air yang sudah disiapkan dapat dikurangi jumlahnya
6. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal, tutuplah dengan karung basah setelah pengecoran selesai

Menurut Mulyono (2004) bahan tambah mineral (*additive*) merupakan bahan tambah yang berguna untuk memeperbaiki kinerja beton dan lebih digunakan untuk memperbaiki kerja beton sehingga bahan ini lebih cenderung bersifat penyemenan. Ada beberapa bahan tambah yang termasuk dalam bahan tambah mineral, antara lain *fly ash*, *slag* dan *silica fume*.

7. Kuat Tekan

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

Kuat tekan beton adalah besarnya beban maksimum persatuan luas atau parameter yang menunjukkan besarnya beban yang dapat ditahan persatuan luas,

yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin kuat tekan. kuat tekan beton merupakan gambaran dari mutu beton yang berkaitan dengan struktur beton. Kuat tekan beton merupakan parameter terpenting adalah beton lebih tahan terhadap tekan daripada tarik (Tjokrodimuljo, K.,1996). Kuat tekan beton merupakan salah satu sifat penting untuk menentukan mutu beton, sedangkan kualitas beton itu sendiri yang ditentukan oleh perbandingan semen, agregat halus, agregat kasar, air dan berbagai jenis bahan tambahan.

Selalin itu ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan beton yaitu proporsi bahan-bahan penyusunnya, metode perancangan, perawatan dan keadaan saat pengecoran dilaksanakan.

Pembuatan benda uji untuk kuat tekan adalah dengan cara memasukkan beton yang masih segar (*fresh concrete*) secara tiga lapis kedalam cetakan. Setiap lapis dipadatkan dengan cara menusuk- nusuknya dengan sebatang besi tumpul berdiameter 16 mm kemudian ditumbuk sebanyak 25 kali tiap lapisnya. Berdasarkan SNI 2847-2013 pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari. Benda uji dirawat dengan cara merendam dalam air. Sebelum dilakukan pengujian, benda uji dikeluarkan dari bak perendam dan dianginkan selama kurang lebih dua hari agar kering. Pengujian dilakukan dengan memberikan gaya tekan pada beton sampai benda uji pecah. Benda uji diratakan pada sisi atas dan sisi bawah (capping) agar beban yang terjadi benar-benar beban merata dan tidak terkonsentrasi. Perataan dilakukan dengan menggunakan pasta semen dengan faktor air semen yang sama dengan benda uji. Hal ini dilakukan

agar lapisan permukaan memiliki kekuatan yang sama atau lebih kuat sehingga tidak pecah pada saat diuji. Perataan permukaan dilakukan setelah uji kemampuan untuk meloloskan air sehingga tidak mengganggu pengujian tersebut.

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, Ridwan, and Winarto 2020).

Pengujian kuat tekan benda uji silinder 15x30 cm menggunakan alat *Compression Testing Machine* kapasitas 1500 kN

Rumus–rumus SNI 1974-2011 yang digunakan untuk menghitung kekuatan tekan beton adalah : (Beton et al. 2021) (Mahendra, Y. I, Gardjito. E, Ridwan. A 2021).

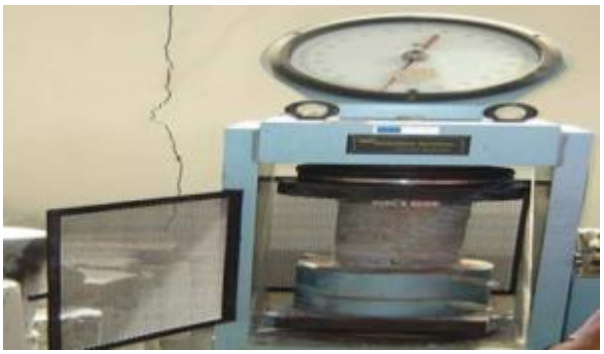
$$Fc = \frac{P}{A} \quad \text{.....(1)}$$

Keterangan :

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

P : Beban yang bekerja (kg)

A : Luas penampang benda (cm^2)



Gambar 2. 4 Pengujian Kuat Tekan Pada Beton
Sumber : Google Post By Ruang Sipil

B. Kajian hasil penelitian terdahulu

Sebagai bahan pertimbangan dan referensi untuk penelitian ini, tentang penambahan serbuk kayu dalam pembuatan beton dengan bahan tambah *bestmittel*, maka akan dipaparkan hasil penelitian sejenis yang sudah pernah dilaksanakan sekaligus menghindari duplikasi. Hasil penelitian yang pernah dilakukan sebagai berikut:

1. Achmad Munir Ritonga, Khairul Muslim, Frangky Silitonga (2023), dengan judul tentang Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Kayu Dan Zat Aditif $NaNO_3$ Terhadap Kuat Tekan Dan Tarik Belah Beton.

   Dari hasil pengujian dihasilkan nilai untuk kuat tekan rata-rata beton umur 3 hari dengan 0%, 3%, 5% serbuk kayu berturut-turut adalah 9.71 MPa, 3.68 MPa,1.60 MPa. Untuk kuat tekan rata-rata beton umur 7 hari dengan 0%, 3%, 5% serbuk kayu berturut-turut adalah 12.92 MPa, 6.12 MPa, 3.67 MPa sedangkan untuk kuat tekan rata-rata beton umur 28 hari berturut-turut adalah 24.90 MPa, 15.37 MPa, 9.52 MPa. Untuk nilai rata-rata uji Tarik belah beton kubus umur 28 hari dengan kadar serbuk kayu 0%, 3%, 5% adalah 2.79 MPa, 0.72 MPa, 0.10 Mpa.

2. Yoga Nugraha, Hakas Prayuda, Fadillawaty Saleh (2017), Melakukan penelitian tentang Pengaruh Variasi Bahan Tambah Abu Sekam Padi dan Zat Adiktif *Bestmittel* 0,5% Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi.

   Dengan adanya penambahan abu sekam padi dan Bestmittle pada beton dapat meningkatkan kuat tekan beton yang lebih tinggi, dari 3 variasi 5% ; 10% dan 15% dengan tambahan zat additive (Bestmittel) 0,5% diperoleh kuat tekan

ratarata yaitu sebesar 32,23 MPa ; 31,84 MPa ; dan 27,71 MPa dengan nilai standar deviasi 5,381 MPa; 3,541 MPa; dan 4,817 MPa, sehingga dapat disimpulkan bahwa dalam penelitian ini hasil kuat tekan yang diperoleh belum sesuai dengan yang direncanakan yaitu beton mutu tinggi.

3. Dimas Agus Sukarno (2017), penelitian ini berjudul Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Beton.

   Dari hasil pengujian kuat tekan variasi penambahan serbuk kayu pada 7 hari dengan variasi 2.5% rata-rata sebesar 8.889 Mpa dan variasi 5% memiliki rata-rata kuat tekan sebesar 9.26 Mpa sedangkan pada 28 hari, variasi 2.5% rata-rata sebesar sebesar 15.57 Mpa dan variasi 5% rata-rata sebesar sebesar 14.154 Mpa.

4. Muhammad Ikhsan Saifuddin (2013), dengan judul Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Beton.

   Dari pengujian yang dilakukan terjadi peningkatan kuat tekan beton setelah penambahan campuran serbuk kayu sebanyak 5 gr/kubus yaitu sebesar 138,90 Kg/cm², terjadi peningkatan kuat tekan sebanyak 1,08 % dibanding beton sebelum penambahan serbuk kayu yang mempunyai kuat tekan beton sebesar 127,78 Kg/cm².

5. M. Sazili Harnawansyah, Bambang Hidayat Fuady, Sucita Maharany, Titi Sandora (2023), melakukan penelitian dengan judul Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Sebagai Subtitusi Agregat Halus Dan *Bestmittel* Sebagai Zat Aditif Terhadap Kuat Tekan Beton.

Hasil pengujian menunjukkan kuat tekan beton pada persentase serbuk kayu 0% sebesar 26,124 MPa, serbuk kayu 2,5% dan *bestmitte*l 0,5% sebesar 27,067 MPa, serbuk kayu 5% dan *bestmittel* 0,5% sebesar 22,541 MPa, serbuk kayu 7,5% dan *bestmittel* 0,5% sebesar 20,56 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan serbuk kayu sebagai substitusi agregat halus dan zat aditif *bestmittel* meningkatkan kuat tekan beton sebesar 3,609% pada persentase serbuk kayu 2,5% dan zat aditif *bestmittel* 0,5%, sedangkan penambahan persentase serbuk kayu 5% dan 7,5% dengan zat aditif b*estmittel* 0,5% cenderung mengalami penurunan kuat tekan beton.

6. Rilly Augustin Amilia1, Utari Sriwijaya Minaka2 (2022), melakukan penelitian dengan judul Analisis Pengaruh Serbuk Kayu Sebagai Bahan Tambah Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan beton.

   Dari analisis kuat tekan ratarata yang telah dilaksanakan pada saat usia beton mencapai 28 hari, beton normal mendapatkan nilai sebesar 16,55 Mpa, beton variasi serbuk kayu 0,3% memperoleh nilai sebesar 15,02 MPa dan beton variasi serbuk kayu 0,6% mencapai nilai sebesar 17,42 mpa. Nilai persentase perbandingan yang diperoleh dari kuat tekan terhadap beton normal dan beton subtitusi serbuk kayu 0,3% mengalami penurunan sebesar -9,24%, sedangkan untuk nilai persentase kekuatan tekan dari beton normal dan beton subtitusi serbuk kayu 0,6% mendapatkan kenaikan terhadap kuat tekan sebesar 5,26%.

7. Mardhyah1, Andi Rahmat2, Musvira Febriana Umar3 (2022), Dengan judul penelitian Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Besi Terhadap Kuat Tekan Beton Pada Campuran Beton Normal.

Dari hasil pengujian kuat tekan beton dengan variasi penambahan serbuk kayu besi 0% menghasilkan kuat tekan beton rata-rata sebesar 19,4 MPa. Beton dengan variasi penambahan serbuk kayu besi sebesar 0,25% menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 17,4 MPa. Beton dengan variasi penambahan serbuk kayu besi sebesar 0,50% menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 16,2 MPa. Dan beton dengan variasi penambahan serbuk kayu besi sebesar 1% menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 15,8 MPa. Kuat tekan beton yang menurun akibat penambahan serbuk kayu terjadi karena sifat serbuk kayu besi yang tidak dapat mengikat atau melekat dengan material beton lainnya.

8. Putri Nurul Aini1, Roestaman2, Eko Walujodjati3 (2021), Yang Berjudul Pengaruh Penggunaan Serbuk Kayu Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus Dalam Campuran Beton dengan Bahan Tambah *Superplasticizer*.

   Dapat dilihat dari hasil pengujian beton nilai kuat tekan pada campuran normal adalah 10,67 Mpa beton dengan campuran serbuk kayu 1% adalah 9,51 Mpa, beton dengan serbuk kayu 1,5% adalah 9,15 Mpa dan beton dengan campuran serbuk kayu 2% dan 2,5% adalah 8,79 Mpa dan 8,44 Mpa. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa mengganti agregat halus dengan serbuk kayu dapat menghasilkan beton dengan bobot isi ringan.

9. Muhammad1, Dewi Pertiwi2 (2021), Melakukan Penelitian Tentang Pengaruh Campuran Serbuk Kayu Pada Campuran Beton Ditinjau Dari Kuat Tekan.

   Hasil penelitian untuk pengujian beton yang telah mengeras dengan variasi penambahan serbuk kayu 0,5%, nilai kuat tekan beton dengan umur 14 hari sebesar 22,63 Mpa dan 28 hari sebesar 21,17 Mpa,dari nilai kuat tekan beton

normal yang direncanakan sebesar 25 Mpa. Sedangkan dengan variasi penambahan serbuk kayu 1 %, nilai kuat tekan beton dengan umur 14 hari sebesar 21,94 Mpa dan 28 hari sebesar 22,86 Mpa, dari nilai kuat tekan beton normal yang direncanakan sebesar 25 Mpa.

10. Riska Ayu Melyanti Sabang1, Fadli Kurnia1 (2022), Dengan Judul Penelitian Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Sebagai Subtitusi Agregat Halus Pada Campuran Beton Dengan Tambahan *Water Reducing Admixture*.

    Pengujian ini menghasilkan kuat tekan tertinggi terdapat pada beton normal sebesar 20.3 MPa dan untuk beton yang menggunakan limbah serbuk kayu dan Tricosal BV kuat tekan tertinggi berada pada presentasi serbuk kayu 8% dan Tricosal BV 0.8% yaitu sebesar 12.8 MPa, persentase penurunan kuat tekan yaitu sebesar 36.9%. Pemakaian limbah serbuk kayu tidak dapat meningkatkan kuat tekan beton. Semakin banyak persentase serbuk kayu yang digunakan dalam campuran beton, semakin berkurang juga kuat tekan yang dihasilkan. *Water Reducing Admixture* (Tricosal BV) dapat meningkatkan kuat tekan beton karena bersifat mengurangi jumlah air (fas rendah) sehingga dapat meningkatkan kuat tekan beton.

11. Reni Sulistyawati (2009), Yang berjudul Pengaruh Penggunaan *Zat Additive Bestmittel* Terhadap Kuat Tekan Beton.

    Dari hasil penelitian dengan penambahan bahan zat additive bestmittel sebanyak 0,2 %-0,6 % dari berat semen dan air akan menambah Workability, hal ini juga akan merubah nilai slump rencana yaitu 10 cm menjadi rata-rata 13,042 cm. Campuran beton dengan perbandingan berat 1 Semen : 1,45 Pasir : 2,51 Batu

pecah, fas 0.54 dan bahan zat additive bestmittel sebanyak 0,2% - 0,6% dari berat semen dan air menghasilkan kuat tekan rata-rata pada umur 7 hari sebesar 29,124 MPa, pada umur 14 hari sebesar 29,416 MPa dan umur 28 hari sebesar 33,840 MPa. Dengan menambah Zat additive bestmittel kedalam campuran beton akan meningkatkan kuat tekan betonnya, untuk variasi 0,2 %, 0,4 % dan 0,6 % masing-masing meningkat sebesar 1,247 %, 9,038 % dan 6,210 %.

12. Rizki Surya Fani1, Fahrizal Zulkarnain2 (2023), Melakukan Penelitian Yang Berjudul Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Kayu Sebagai Subtitusi Parsial Agregat Halus Dengan Bahan Tambah *AM 78 Concrete additive* Terhadap Kuat Tekan Beton.

    Hasil kuat tekan optimum pada 28 hari terjadi pada beton dengan campuran serbuk kayu + *am 78 concrete additive* 0,8% yaitu sebesar 27,111 Mpa. Hal ini menunjukkan bahwa beton yang dihasilkan dengan bahan tambah serbuk kayu dan *am 78 concrete additive* 0,8% memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal, maka beton campuran serbuk kayu dan *am 78 concrete additive* 0,8% ini dapat diaplikasikan untuk struktur bangunan.

13. Boby Marthin Sukmawan Gulo1 , Nopesman Halawa2 (2024), Dengan Judul Pengaruh Campuran Serbuk kayu Terhadap Kuat Tekan Beton.

    Pada umur 28 hari hasil uji kuat tekan beton memiliki nilai kuat tekan beton 25,7 Mpa. 2. Variasi 0,25 % sebagai bahan substitusi agregat halus pada umur 28 hari mengahasilkan nilai kuat tekan 21,75 Mpa 3, dan 0,5 % pada umur 28 hari mengahasilkan nilai kuat tekan 17,8 Mpa, Sedangkan campuran serbuk kayu 1 % pada umur 28 hari mengahasilkan nilai kuat tekan 13,8 Mpa, Dengan

campuran serbuk kayu 2 % pada umur 28 hari mengahasilkan nilai kuat tekan 13,9 Mpa. . Dengan campuran serbuk kayu 3 % sebagai bahan umur 28 hari mengahasilkan nilai kuat tekan 14,3 Mpa.

14. Budiman 1, Syilviana Dwi Adhistie2, (2020), Dengan Judul Penelitian Penambahan Limbah Mortar dan *Additive Bestmittel* Terhadap Kuat Tekan Beton.

    Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan subsitusi limbah mortar pada campuran beton mempengaruhi nilai kuat tekan karakteristik beton. Dimana nilai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari diperoleh 196,04 kg/cm² untuk beton normal, sedangkan nilai kuat tekan beton setelah dilakukan subsitusi limbah Mortar 50% dan 60% dengan additive bestmittel 0.6% diperoleh 105.11 kg/m³ dan 167.56 kg/cm². Nilai tersebut jika dibandingkan dengan mix design rencana yaitu 175 kg/m³ atau K-175, hanya beton normal yang memenuhi sedangkan beton dengan llimbah mortar dengan additive tidak memenuhi. Penurunan nilai kuat tekan sebesar 90.93 kg/cm² dan 28.48 kg/cm² atau 46.38% dan 14.53% terhadap beton normal.

15. Moch. Ervianto, Fadillawaty Saleh, Hakas Prayuda (2016), Melakukan Penelitian Yang Berjudul Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Bahan Tambah Abu Terbang (*Fly Ash*) Dan Zat Adiktif *Bestmittel.*

    Pembuatan benda uji menggunakan silinder berukuran diameter 15cm dan tinggi 30 cm dengan 3 variasi, dan diuji pada umur 28 hari. Penambahan zat additive (bestmittel) pada beton mutu tinggi berbahan dasar fly ash mempengaruhi kuat tekan beton. Semakin besar fly ash yang digunakan maka semakin besar nilai

kuat tekan, tetapi akan menurun kuat tekannya jika terlalu banyak penggunaan fly ash yang ditujukan sebagai pengganti sebagian semen. Hasil kuat tekan beton dengan penambahan fly ash dan zat additive (Betsmittel) 5%; 7,5%; dan 10% sebesar 35,95 MPa; 41,49 MPa; dan 40,45 Mpa.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif, yang diamana penelitian 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 pada beton. Dari hasil penelitian terhadap pengujian beton diharapkan dapat mengetahui pengaruh penambahan serbuk kayu terhadap kuat tekan beton dengan bahan tambah *bestmittel*.

B. Lokasi dan Waktu

Lokasi dan waktu penelitian dilakukan sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur Dan Bahan Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Parepare, Berlokasi di Gedung f, Jl. Jend. Ahmad Yani No. Km. 6, Kel. Bukit Harapan, Kec. Soreang kota parepare.

2. Waktu penelitian

dengan waktu penelitian dilakukan kurang lebih dari 3 bulan, yaitu setelah melaksanakan seminar proposal.

Tabel 3. 1. Jadwal Pelaksanaan Penelitian

NO	JENIS KEGIATAN	BULAN 2024		
		Mei	Juni	Juli
1.	Studi Literatur			
2.	Persiapan Laboratorium			
3.	Pengujian Bahan Dasar			
4.	Pembuatan Benda Uji			
5.	Uji Kuat Tekan			
6.	Analisa Hasil Penelitian			

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).



Gambar 3. 1 Satu Set Saringan ASTM
Sumber : Google Post By Mr Gintsu

b. Timbangan Digital

Timbangan digital digunakan untuk menentukan berat bahan semen, agregat halus dan agregat kasar) pada saat pengujian material.



Gambar 3. 2 Timbangan Digital
Sumber : Google Post By Blibli

c. Gelas ukur

Alat ini digunakan untuk mengukur takaran air yang diperlukan, takaran Agregat halus pada saat pengujian material. Tabung Ukur digunakan pada saat pengujian kadar lumpur agregat halus.



Gambar 3. 3 Gelas Ukur
Sumber : Google Post By Blibli

d. Piknometer / Botol *Le Chatelier*

Piknometer digunakan untuk takaran agregat halus pada saat pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus.



Gambar 3. 4 Botol *Le Chatelier*
Sumber : Google Post By Geolab Nemo

e. Jangka sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur semua dimensi benda uji.

f. Oven

Alat ini digunakan untuk mengeringkan agregat kasar dan agregat halus pada pengujian material, kadar air, Bj, dan gradasi agregat agar diperoleh agregat yang tidak mengandung air.



Gambar 3. 5 Oven
Sumber : Google Post By Geolab Nemo

g. Alat pengaduk / Molen

Mesin ini digunakan untuk mengaduk bahan penyusun beton agar lebih mudah.



Gambar 3. 6 Alat Pengaduk/ Molen
Sumber : Google Post By Sanggapramana

h. Alat Uji *Slump* Dan Tongkat Penumbuk

Alat ini digunakan untuk mengukur kelecakan adukan beton yaitu kecairan dan kepadatan adukan (nilai *slump*). Dan tongkat penumbuk digunakan untuk memadatkan benda uji.



Gambar 3. 7 Alat Uji *Slump*
Sumber : Google Post By Geolab Nemo

i. Penggaris / Meteran

Alat digunakan untuk mengukur nilai slump.



Gambar 3. 8 Penggaris / Meteran
Sumber : Toko Bangunan Intan Bercahaya.com

j. Cetakan beton

Alat ini digunakan untuk mencetak beton. Cetakan beton yang digunakan adalah bentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm x 30 cm.



Gambar 3. 9 Cetakan Silinder
Sumber : Google Post By Tim PSL

k. Mesin uji tekan

Alat ini digunakan untuk menguji beton yang akan di uji kuat tekannya.



Gambar 3. 10 Mesin Uji Kuat Tekan
Sumber : Google Post By Tokopedia.com

l. Mesin *Los Angeles*

Mesin *Los Angeles* merupakan salah satu mesin untuk pengujian keausan /abrasi agregat kasar, fungsinya adalah kemampuan agregat untuk menahan gesekan.



Gambar 3. 11 Mesin *Los Angeles*
Sumber : Google Post By Blogger United Gank

m. Bak perendaman

Alat ini digunakan untuk merendam benda uji.



Gambar 3. 12 Bak Perendaman
Sumber : Google Post By Quora

2. Bahan penelitian

Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan yaitu:

a. Semen

Semen yang digunakan adalah semen Portland tipe 1 yang berasal dari semen Baturaja (50 kg).



Gambar 3. 13 Semen Baturaja Tipe 1
Sumber : Google Post By Kompas.com

b. Agregat kasar

Agregat kasar adalah berupa batuan pecah yang digunakan sebagai bahan pengisi dalam campuran beton.



Gambar 3. 14 Batu Pecah
Sumber : Google Post By Mitraruma

c. Agregat halus

Agregat halus adalah mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang memiliki ukuran butiran kurang dari 5 mm atau lolos saringan no.4 dan tertahan pada saringan no.200. Agregat halus berasal dari hasil disintegrasi alami dari batuan alam atau pasir buatan.



Gambar 3. 15 Pasir
Sumber : Google Post By Civilkitau.Blogspot.Com

d. Air

Pada pembuatan benda uji air yang digunakan adalah air Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Parepare.

e. Serbuk kayu

Untuk bahan tambahan campuran menggunakan serbuk kayu hasil penggergajian dengan persentase sebesar 0%; 2,5%; 5%; 7,5%.



Gambar 3. 16 Serbuk Kayu Hasil Penggergajian
Sumber : Google Post By Blibli

f. Bahan tambah *Bestmittel*

Bahan tambah yang dipakai dalam penelitian ini adalah *Bestmittel*. Persentase bahan tambah *Bestmittel* yang digunakan yaitu 0,5%.



Gambar 3. 17 *Bestmittel*
Sumber : Google Post By Blibli

D. Prosedur dan Rancangan Penelitian

1. Prosedur pengerjaan serbuk kayu dalam campuran beton

Serbuk kayu yang dipakai merupakan limbah serbuk kayu bekas gergajian, serbuk kayu berasal dari pengrajin kayu di daerah pinrang dan parepare. Adapun langkah-langkah pengerjaannya adalah sebagai berikut :

a. Mempersiapkan serbuk kayu dari hasil gergaji sebanyak yang dibutuhkan.
b. Selanjutnya serbuk kayu dikeringkan dalam oven atau dijemur agar kadar air berkurang.
c. Lalu sampel serbuk kayu yang telah mengering diayak dengan ayakan No.50 dan ayakan No.100.

2. Tahapan pemeriksaan

Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui karakteristik atau sifat- sifat dasar material yang akan digunakan dan dapat memudahkan dalam menentukan proporsi campuran beton, Pengujian atau pemeriksaan bahan yang akan digunakan untuk campuran beton dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare.

Pengujian ini meliputi :

a. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat

Langkah-langkah untuk pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat, adapun langkah-langkahnya ialah sebagai berikut :

1) Timbang agregat menggunakan timbangan dengan berat yang telah ditentukan (agregat halus seberat 500 gam dan agregat kasar seberat 5000 gram).

2) Kemudian agregat di rendam selama ± 24 jam.
3) Setelah ± 24 jam di rendam, agregat kemudian dikeringkan hingga mencapai keadaan kering permukaan. Untuk mengetahui apakah kondisi sudah tercapai pada agregat halus dilakukan dengan cara pasir dimasukkan kedalam kerucut dan diletakkan ditempat yang rata, kemudian masukkan 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 agregat halus (pasir dengan kondisi kering permukaan tadi dimasukkan kedalam piknometer sebanyak 500 gram dan tambahkan air sampai 90 % penuh, kemudian dikocok selama ± 5 menit). Kemudian untuk agregat kasar (kerikil dengan kondisi kering permukaan tadi seberat 5000 gram ditimbang di udara, kemudian juga ditimbang di dalam air).
5) Keluarkan agregat dari wadah kemudian di oven selama ± 24 jam
6) Setelah di oven ± 24 jam keluarkan agregat dan timbang kembali untuk mendapatkan berat kering.

b. Pemeriksaan kadar organik agregat halus

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

1) Agregat dimasukkan kedalam botol bening sebanyak 1/3 bagian kemudian juga ditambahkan NaOH sebanyak 1/3 bagian, kemudian botol dikocok selama ± 10 menit,

2) Setelah itu diamkan selama 24 jam, kemudian amati peubahan warna yang terjadi dan bandingkan dengan menggunakan standar warna kandungan organik.

c. Pemeriksaan keausan agregat kasar

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

1) Agraget kasar ditimbang seberat 5000 gram, kemudian dicuci dan dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam dengan suhu 110℃.
2) Masukkan agregat kedalam mesin *Los Angeles Abrassion Machine* beserta bola baja kemudian tekan tombol start.
3) Keluarkan agregat dari dalam mesin, kemudian agregat disaring menggunakan saringan No. 12.

d. Pemeriksaan kadar air agregat

Langkah-langkah pemeriksaan kadar air agregat, adalah sebagai berikut :

1) Agregat ditimbangh menggunakan timbangan dengan (agregat halus seberat 500 gram dan agregat kasar 1000 gram).
2) Kemudian agregat dimasukkan ke oven selama 24 jam dengan suhu tetap 100℃.
3) Setelah di oven agregat ditimbang untuk mendapatkan berat kering.

e. Pemeriksaan kadar lumpur agregat

Adapun langkah-langkah pemeriksaan kadar lumpur agregat, ialah sebagai berikut :

1) Agregat ditimbang menggunakan timbangan dengan (pasir 500 gram dan kerikil seberat 1000 gram), kemudian masukkan kedalam oven selama 24 jam.
2) Setelah itu agregat kemudian dicuci diatas saringan No. 200 sampai lumpurnya hilang.
3) Setelah dicuci keringkan agregat menggunakan oven selama 24 jam dengan suhu 100℃, kemudian di timbang lagi untuk mendapatkan berat kering.

3. **Tahapan pembuatan benda uji**

Material yang telah diuji telah memenuhi syarat yang sudah ditentukan untuk campuran beton, kemudian ditimbang dengan perencanaan perhitungan. Material terdiri dari pasir dan batu pecah yang telah ditimbang kemudian dimasukkan kedalam Molen lalu diaduk . Setelah itu masukkan semen setelah tercampur merata masukkan air sedikit demi sedikit sampai air yang telah ditentukan jumlahnya habis, kemudian aduk kembali sampai semua bahan campuran homogen. Untuk beton variasi campuran penambahan serbuk kayu ditambahkan setelah pasir, dan bahan tambah *Bestmittel* dimasukkan setelah semen kemudian baru air.

Adapun variasi penambahan Limbah serbuk kayu adalah 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dengan bahan tambah *Bestmittel* 0,5 % dan untuk pengujian kuat tekan pada umur 7, 14,dan 28 hari.

Jumlah sampel yang direncanakan untuk semua variasi campuran beton penelitian ini yaitu sebanyak 72 buah. Setiap variasi campuran akan dilakukan pengujian kuat tekan, dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut :

Tabel 3. 2 Jumlah Sampel Dan Variasi Campuran Beton Silinder

NO	Variasi Campuran Beton silinder	Umur pengujian kuat tekan Hari / Buah			Total (Buah)
		7	14	28	
1	Beton Normal (BN)	3	3	3	9
2	SK 2,5% + *Bestmittel* 0,5%	3	3	3	9
3	SK 5% + *Bestmittel* 0,5%	3	3	3	9
4	SK 7,5% + *Bestmittel* 0,5%	3	3	3	9
	Jumlah total				36

Tabel 3. 3 Jumlah Sampel Dan Variasi Campuran Beton Kubus

NO	Variasi Campuran Beton kubus	Umur pengujian kuat tekan Hari / Buah			Total (Buah)
		7	14	28	
1	Beton Normal (BN)	3	3	3	9
2	SK 2,5% + *Bestmittel* 0,5%	3	3	3	9
3	SK 5% + *Bestmittel* 0,5%	3	3	3	9
4	SK 7,5% + *Bestmittel* 0,5%	3	3	3	9
	Jumlah total				36

Keterangan :

SK : Serbuk Kayu

4. **Tahapan perawatan beton**

Perawatan pada beton dilakukan dengan cara perendaman dalam air sampai umur beton yang ditentukan. Perawatan ini bertujuan agar beton selalu lembab terhindar dari keretakan dan dapat meningkatkan kuat tekan beton.

Langkah kerja perawatan benda uji sebagai berikut :

1. Buka benda uji dari cetakan.

2. Lalu rendamkan benda uji di dalam bak perendaman selama umur 7, 14, dan 28 hari sebelum di uji kuat tekannya.

5. **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, akan dilakukan beberapa langkah-langkah sebagai berikut :

1) Terlebih dahulu timbang benda uji untuk mengetahui berat benda uji sebelum dilakukan pengujian.
2) Letakkan benda uji pada *Universal Testing Machine.*
3) Setelah meletakkan benda uji hidupkan Mesin *Universal Testing Machine* dengan beban gaya untuk mengetahui besarnya nilai kekuatan tekan pada benda uji
4) Saat mencapai beban maksimum benda uji akan retak atau bahkan pecah, jarum pada mesin (manometer) akan berhenti.

E. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data ini dilaksanakan dengan menggunakan metode studi eksperimental dengan melakukan beberapa pengujian terhadap benda uji di laboratorium Bahan dan Struktur Universitas Muhammadiyah Parepare. Teknik pengumpulan data terdiri dari 2 (dua) yaitu sebagai berikut :

1. Data primer

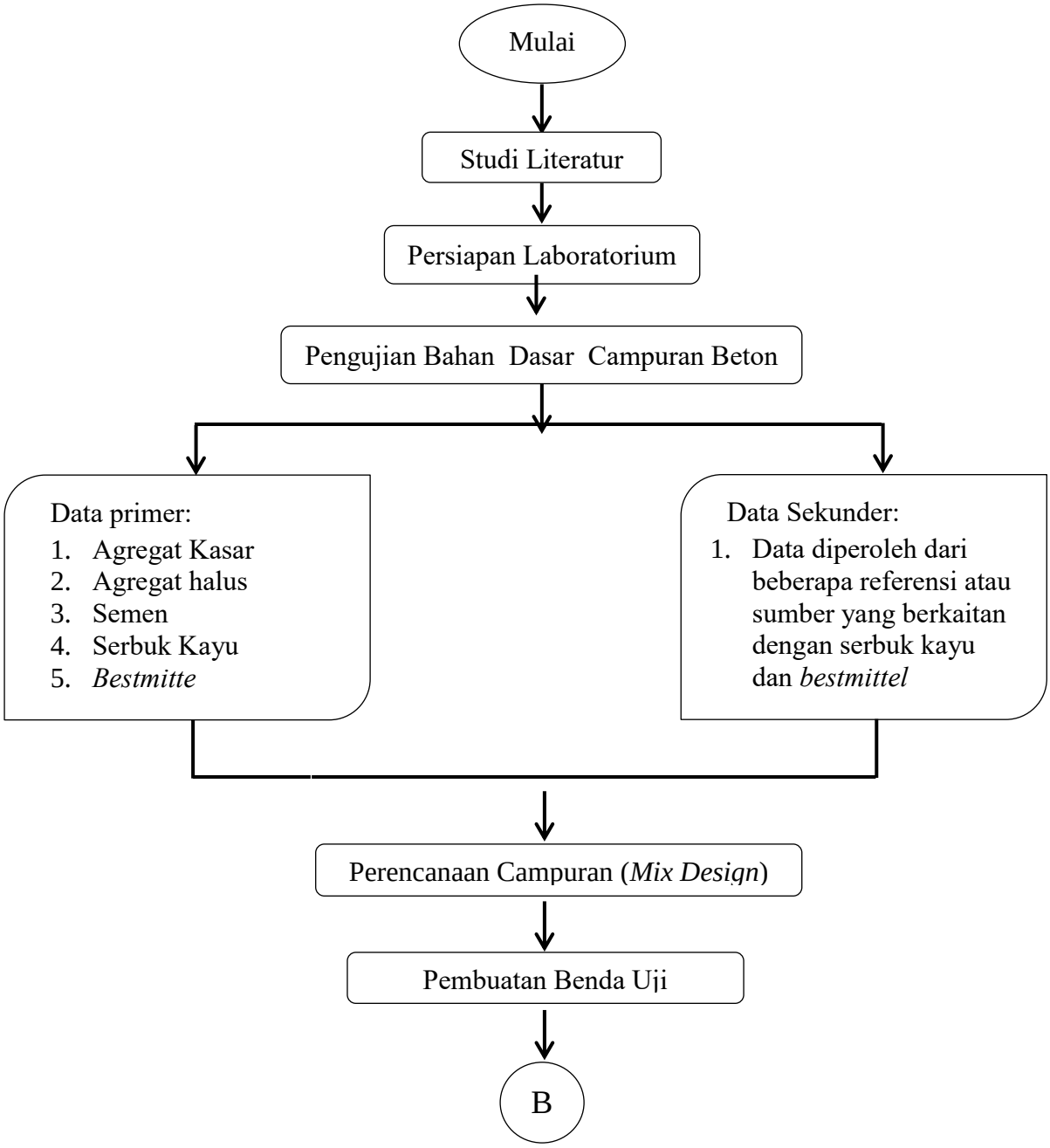
Data primer diperoleh dari beberapa hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium, yaitu sebagai berikut :

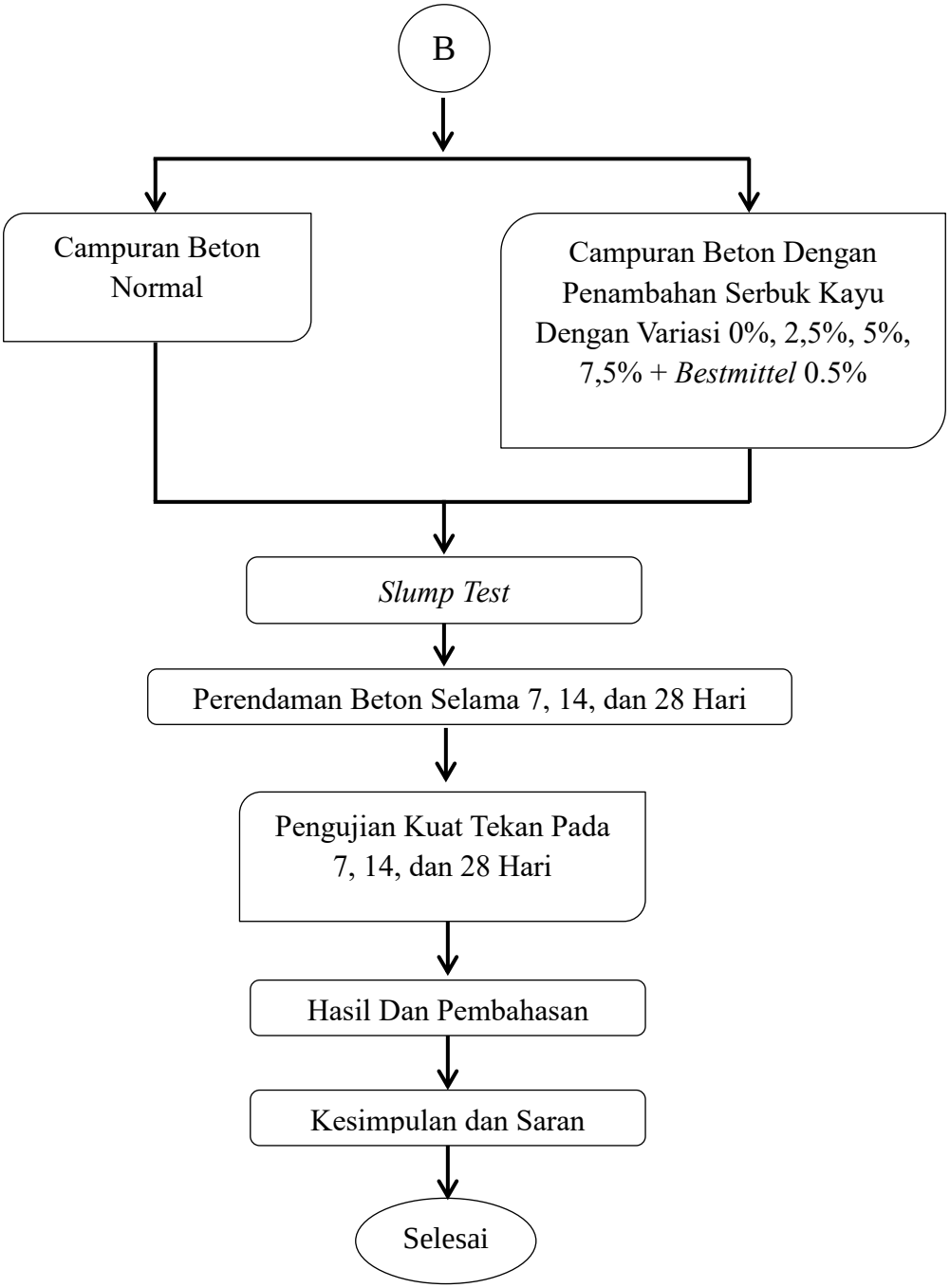
a. Analisa saringan agregat.
b. Berat jenis dan penyerapan.
c. Pemeriksaan keausan (agregat kasar) dan pemeriksaan kadar organik (agregat halus).
d. Pemeriksaan berat volume agregat.
e. Pemeriksaan kadar air agregat.
f. Pemeriksaan kadar lumpur agregat
g. Perbandingan dalam campuran beton *(Mix design).*
h. Kekentalan adukan beton segar *(Slump test).*
i. Uji kuat tekan beton.

2. Data sekunder

Data sekunder didapatkan melalui studi literatur dalam mencari teori berupa jurnal atau artikel-artikel yang digunakan untuk mempelajari karya ilmiah yang memiliki kaitan dengan penelitian yang dilakukan yaitu pemanfaatan serbuk kayu dan zat aditif *bestmittel* dalam pembuatan beton, adapun data sekunder lainnya dari Standar Nasional Indonesia (SNI), buku-buku atau penelitian terdahulu yang dapat menunjang penelitian yang dilakukan, ataupun informasi dari dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Parepare.

F. Diagram Alir





Gambar 3. 18 Diagran Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Agregat

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

1. Agregat Halus

Tabel 4. 1 Rekap pengujian agregat halus (*Sumber : Hasil olah data*)

NO	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KETERANGAN
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 5%	5.0%	4.4%	4.70%	Memenuhi
2	Kadar organik	< No. 3	No. 2	No. 2	No. 2	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5%	3.09%	5.93%	4.51%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1.48	1.45	1.46	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1.74	1.70	1.72	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2% - 2%	1.63%	2.25%	1.94%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2.51	2.60	2.56	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2.41	2.46	2.43	Memenuhi
	c. Bj.kering permukaan	1,6 - 3,3	2.45	2.51	2.48	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1,50 - 3,80	2.64	2.38	2.51	Memenuhi
8	BV Serbuk Kayu					
	a. Kondisi lepas	1,4-1,9 kg/liter	0.151	0.146	0.15	Tidak
	b. Kondisi padat	1,4-1,9 kg/liter	0.178	0.160	0.17	Tidak

Dari pengujian agregat halus diatas didapatkan hasil sebagai berikut;

a. Kadar lumpur agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar lumpur agregat halus diatas yaitu 4.70%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu lebih kecil dari batas maksimum 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 warna yang menunjukkan bahwa material agregat halus tersebut memiliki tingkat kadar organik terbilang rendah sehingga memenuhi persyaratan untuk 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 4.51%, 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 1,46 sedangkan pengujian berat volume agregat halus kondisi padat yaitu 1,72, dari ke 2 (dua) hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu 1,72, 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 tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

e. Penyerapan air agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian penyerapan air agregat halus di atas yaitu 1,94%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval dari 0,2%-2% hal ini menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut memenuhi persyaratan yang digunakan untuk campuran beton.

f. Berat jenis agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian berat jenis nyata diatas yaitu 2,56, berat jenis kering yaitu 2,43, dan berat jenis kering permukaan yaitu 2,48, dari ke 3 (tiga) hasil tersebut telah 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. Berat jenis adalah parameter yang menggambarkan massa per satuan volume material dan mempengaruhi sifat-sifat beton, termasuk kekuatan dan kerja campuran.

g. Modulus kehalusan agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian modulus kehalusan agregat halus diatas yaitu 2,51, 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. Modulus kehalusan adalah parameter yang menggambarkan distribusi ukuran butiran agregat halus dan mempengaruhi sifat-sifat beton, termasuk kekuatan dan kerja campuran.

h. Berat volume serbuk kayu

Dari pengujian berat volume serbuk kayu sebagai bahan tambah agregat halus didapatkan hasil 0,15 untuk kondisi lepas, sedangkan pada pengujian berat volume padat didapatkan hasil 0,17 yang keseluruhan nilainya tidak memenuhi interval 1,4 – 1,9 kg/liter agregat halus.

2. Agregat Kasar

Tabel 4. 2 Rekap hasil pengujian agregat kasar (*Sumber : Hasil olah data*)

NO	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KETERANGAN
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 1%	1.1%	0.90%	1.00%	Memenuhi
2	Keausan	Maks 50%	28.0%	23.0%	25.5%	Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	1.52%	0.91%	1.22%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1.65	1.64	1.65	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1.82	1.81	1.81	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4 %	1.85%	1.69%	1.77%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2.68	2.65	2.67	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2.55	2.54	2.55	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2.60	2.58	2.59	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	6,0 - 8,0	6.74	6.55	6.64	Memenuhi

Dari pengujian agregat kasar diatas didapatkan hasil sebagai berikut.

a. Kadar Lumpur

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar lumpur agregat kasar diatas didapatkan hasil 1%, 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

Dari pengujian tingkat keausan agregat kasar menggunakan mesin Los Angeless diatas didapatkan hasil 25,5% yang nilainya lebih kecil dari 50% sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

c. Kadar Air

Dari pengujian kadar air diatas didapatkan hasil 1,22% yang nilainya lebih kecil dari 2 % sehingga agregat kasar dapat digunakan pada campuran beton.

d. Berat Volume

Dari pengujian berat volume rongga agregat kasar didapatkan hasil 1,65 untuk kondisi lepas, sedangkan pada pengujian berat volume padat didapatkan hasil 1,81 yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6 – 1,9 kg/liter sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

e. Penyerapan Air

Dari pengujian penyerapan air agregat kasar diatas didapatkan hasil 1,77% yang nilainya masih dalam interval maksimum 4 % sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

f. Berat Jenis

Dari pengujian berat jenis nyata didapatkan hasil 2,67. Berat jenis kering didapatkan nilai sebesar 2,55. Dan untuk berat jenis kering permukaan didapatkan hasil pengujian sebesar 2,59, yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6–3,3 sehingga agregat kasar 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 6,64 adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi agregat tersebut 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	= 60-180 mm
Ukuran agregat maksimum	= 20 mm
Berat kering oven agregat kasar	= 1,813 kg/liter
BJ semen tanpa tambahan udara	= 3,08 kg/liter
Modulus kehalusan agregat halus	= 2,51 kg/liter
Berat jenis (SSD) agregat halus	= 2,48 kg/liter
Berat jenis (SSD) agregat kasar	= 2,59 kg/liter
Penyerapan air agregat halus	= 1,94%
Penyerapan air agregat kasar	= 1.77%
Kadar Air agregat halus	= 4,51%
Kadar Air agregat kasar	= 1,22%
Berat Volume Serbuk Kayu	= 0,17%

Perhitungan

1. Deviasi Standart

Fc’ = 25 Mpa

2. Deviasi Standart

Tabel 4. 3 Tabel nilai deviasi (kg/cm2) untuk berbagai volume pekerjaan dan mutu pelaksanaan di lapangan (*Sumber: SNI 03-2834-2000*)

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (Mpa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7
Tanpa Kendaili	8,4

Digunakan mutu pengendalian dengan tingkat jelek dikarenakan peneliti sebelumnya tidak pernah melakukan penelitian atau tidak ada pengalaman sama sekali.

3. Nilai tambah (margin)

M = 1,64 x SR

= 1,64 x 7

= 11,48 Mpa ≅ 12 Mpa

4. Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan

$$fc\ target = f'c + m$$

$$= 25 + 12$$

$$= 37 \text{ Mpa}$$

5. Jenis Semen

Semen Portland Tipe 1

6. Jenis Agregat

Ageregat Halus = Alami

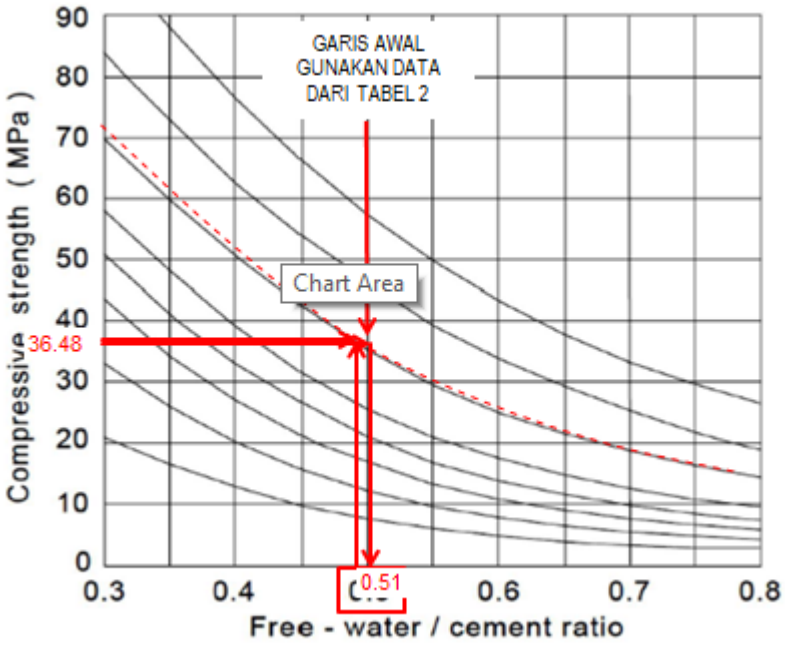
Agregat Kasar = Batu Pecah

7. Faktor Air Semen Bebas

= 0,51 Mpa

Tabel 4. 4 Perkiraan kekuatan tekan (Mpa) dengan faktor air semen, dan agregat kasar (*Sumber : SNI 03-02-2834*)

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (Mpa)				
		Umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Uji
Semen Portland Tipe 1	Batu tidak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulvat	Batu tidak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
Tipe II,V	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portlan Tipe III	Batu tidak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tidak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	



Gambar 4. 1 Grafik perkiraan faktor air semen Sumber: *Sumber: (SNI 03-2834:2000)*

f'c rencana = 25 Mpa

f'c target = 36,48 Mpa

fas pakai = 0,51059

8. Faktor Air Semen Maksimum

= 0,60

Tabel 4. 5 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus (*Sumber: SNI 03-2834:2000*)

Lokasi	Jumlah Semen minimum Per m^3 beton (kg)	Nilai Faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan:		
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan:		
a. air tawar		
b. air laut		Lihat Tabel 6

9. Slump

Biasanya untuk pengecoran di dalam indor slump yang mudah dikerjakan adalah 10 ± 2, atau setara dengan 8 cm – 12 cm, yang dimana didalam grafik slump pada SNI dikategorikan pada wilayah :

= 60 – 180 mm

10. Ukuran Agregat Maksimum

= 20 mm

Tabel 4. 6 Perkiraan kadar air bebas (Kg/m¬3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton (*Sumber: SNI 03-2834:2000*)

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	---	---	---	---
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

11. Kadar Air Bebas

Wh = 195

Wk = 225

Wh adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus, sedangkan wk adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

W = 2/3 x Wh + 1/3 x Wk

W = 2/3 x 195 + 1/3 x 225

W = 205,00 kg/m3

12. Kadar Semen

Jika FAS max lebih besar dari FAS bebas maka digunakan :

C = W / FAS Max

Jika FAS Max lebih kecil dari FAS bebas maka digunakan :

C = W / FAS Bebas

Karena FAS max yang diperoleh lebih besar dari FAS bebas, maka :

C = W / FAS bebas

C = 205,00 / 0,51059

C = 401,50 Kg/m^3

13. Kadar Semen Minimum

= 325,00 Kg/m^3

14. Faktor Air Semen Yang di Sesuaikan

= 401,50 Kg/m^3

15. Susunan Besar Butir Agregat Halus

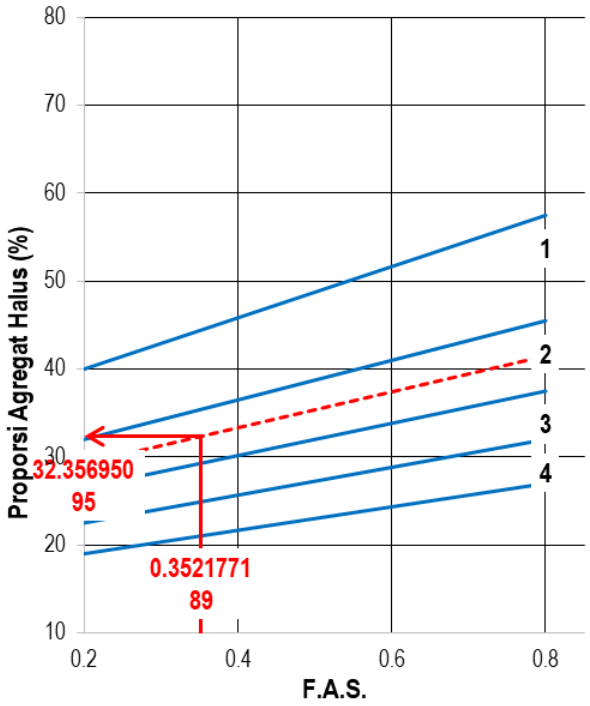
Jenis pasir = Sedang

16. Berat Jenis Agregat

Berat Jenis Agregat Halus = 2,47

Berat Jenis Agregat Kasar = 2,51

17. Persen Agregat Halus



Gambar 4. 2 Perkiraan Persen Agregat
Sumber: (SNI 03-2834:2000)

Persen Agregat Halus = 56 % + 25 % / 2

= 0,352177189 ≅ 32 %

Persen Agregat Kasar = 100 % - Persen Agregat Halus

= 100 % - 32 %

= 68 %

18. Berat Jenis Relatif Agregat Gabungan

Berat jenis agregat gabungan dihitung dengan persamaan

Bj Ag.Gab = (Persen Ag.Halus x Bj.Ag.Halus) + (Persen Ag.Kasar x Bj.Ag.Kasar)

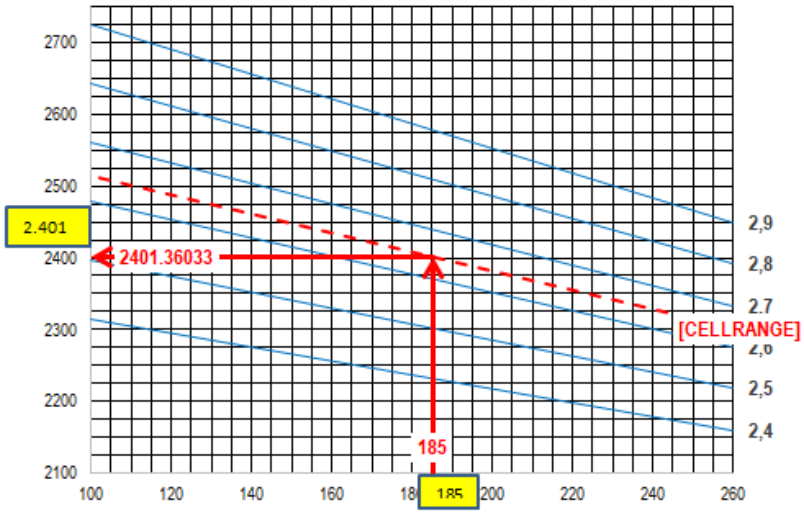
= 250%

= (32% x 2,47) + (68% x 2,51)

= 1,0127 + 1,4809

= 2,50 %

19. Berat Isi Beton



Gambar 4. 3 Grafik perkiraan berat isi beton
Sumber: (SNI 03-2834:2000)

Berat isi beton = 2,401 kg/m^3

20. Kadar Agregat Gabungan

Kadar agregat gabungan dihitung menggunakan persamaan :

Kadar Ag.gab = Berat isi beton – Kadar semen - Kadari air bebas

= 2.401 -(401,50 + 205)

Kadar Ag.gab = 1.794,5 kg/m^3

21. Kadar Agregat Halus

Kadar Ag.halus = Persen agregat halus x Kadar Ag.gabungan

= 32% x 1.794,5

= 574,24 kg/m^3

22. Kadar Agregat Kasar

Kadar Ag.Kasar = Kadar agregat gabungan – Kadar agregat halus

= 1.794,5 – 574,24

= 1220,26 kg/m3

23. Koreksi Terhadap Kadar Air

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

Misal, kadar air yang didapat :

Ag.Kasar = 1,22%

Ag.Halus = 4,51%

Sehingga berat massa penyesuaian berdasarkan kadar air adalah :

Ag.Kasar (Basah) = 1,22 % x 1147,19 = 13,944 kg

Ag.Halus (Basah) = 4,51% x 567,616 = 25,614 kg

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

Air yang diberikan Ag.kasar = 1,94 % x 1147,19 = 22,230 kg

Air ang diberikan Ag.halus = 1,77 % x 567,616 = 10,052 kg

Dengan demikian kebutuhan air adalah sebagai berikut :

203,0 – 39,6 + 32,281 = 195,724 kg

Maka perkiraan 1 m3 beton adalah sebagi berikut

Air (yang ditambahkan) = 195,724 kg

Semen = 416,704 kg

Ag.Kasar = 1138,903 kg

Ag.Halus = 583,177 kg

24. Kebutuhan campuran bahan untuk 1 m^3 beton

Tabel 4. 7 Rekap kebutuhan campuran bahan untuk 1 m3 beton (*Sumber : Hasil olah data*)

Bahan material beton	**Berdasarkan Koreksi terhadap kadar air (kg)**	**Berdasarkan perkiraan massa beton (kg)**	**Berdasarkan volume absolute (kg)**
Air (berat bersih)	195,7	203	203
Semen	416,7	432,2	432,2
Ag. Kasar (kering)	1138,9	1147,2	1147,2
Ag. Halus (kering)	583,2	567,6	483,5

Perbandingan berat = W semen : W pasir : W kerikil : W air

1	1,12	2,65	0,47

25. Kebutuhan Bahan Pembuatan Benda Uji Silinder Beton :

a. Kebutuhan Beton Normal

Dibutuhkan beton berbentuk silinder = 9 silinder beton

Diameter (d) = 0,15 m

Tinggi (h) = 0,3 m

Volume 1 silinder $= 1/4\ \pi d^2\ h$

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

$= 0{,}0053014\ m^3$

Volume total silinder = Vo1ume 1 silinder × Jumlah beton silinder

$= 0{,}0053014\ m^3 \times 9$

$= 0{,}04771\ m^3$

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

Volume tambahan = Vol. 9 silinder x 15%

$= 0,\ 04771\ m^3$ x 15%

$= 0{,}00716\ m^3$

Volume total = Vol. total silinder + Vol. Tambahan

$= 0{,}04771\ m^3 + 0.00716\ m^3$

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

Tabel 4. 8 Rekap kebutuhan campuran bahan untuk 9 silinder beton (*Sumber : Hasil olah data*)

Bahan material beton	Kebutuhan persatu kubik beton (kg)	Kebutuhan persatu selinder beton (kg)	Kebutuhan 9 selinder (kg)
W Semen	432,20	2,63	23,71
W Pasir	567,62	3,46	31,14
W Kerikil	1147,2	6,99	62,95
W Air	203	1,24	11,14

a. Untuk variasi serbuk kayu 2,5% + Bestmittel 0,5%

Kebutuhan volume serbuk kayu dan Bestmittel

Vol. serbuk kayu = V. Pasir x 2.5%

= 0.241538518 x 2.5%

= 0.006 m^3

Berat serbuk kayu = Vol. serbuk kayu x BV.Serbuk kayu

= 0.006 m^3 x 169

= 1.019 kg

Vol. Pasir sungai = V. Pasir x 97.5%

= 0.241538518 x 97.5%

= 0.236 m^3

Berat Pasir sungai = Vol. Pasir sungai x BV.Pasir sungai

= 0.236 m^3 x 1,717

= 404.434 kg

Berat bestmittel = berat semen x 0.5%

= 432.20 kg x 0.5%

= 2.161 kg

Tabel 4. 9 Rekap kebutuhan campuran bahan untuk variasi SK 2,5% + Bestmittel 0,5% (*Sumber : Hasil olah data*)

Bahan Material Beton	Kebutuhan persatu kubik beton (kg)	Kebutuhan persatu selinder beton (kg)	Kebutuhan 9 Silinder (kg)
W Semen	432,20	2,63	23,71
W Pasir	404,43	2,47	22,19
W Kerikil	1147,2	6,99	62,95
W SK 2,5%	1,02	0,01	0.06
W *Bestmittel* 0,5%	2,16	0,01	0,12
W Air	203	1,24	11,14

b. Untuk variasi serbuk kayu 5% + Bestmittel 0,5%

Kebutuhan volume serbuk kayu dan Bestmittel

Vol. serbuk kayu = V. Pasir x 5%

= 0.241538518 x 5%

= 0.012 m^3

Berat serbuk kayu = Vol. serbuk kayu x BV.Serbuk kayu

= 0.012 m^3 x 169

= 2,038 kg

Vol. Pasir sungai = V. Pasir x 95%

= 0.241538518 x 95%

= 0.229 m^3

Berat Pasir sungai = Vol. Pasir sungai x BV.Pasir sungai

= 0.229 m^3 x 1,717

= 394,064 kg

Berat bestmittel = berat semen x 0.5%

= 432.20 kg x 0.5%

= 2.161 kg

Tabel 4. 10 Rekap kebutuhan campuran bahan untuk variasi SK 5% + Bestmittel 0,5% (*Sumber : Hasil olah data*)

Bahan material beton	Kebutuhan persatu kubik beton (kg)	Kebutuhan persatu selinder beton (kg)	Kebutuhan 9 Silinder (kg)
W Semen	432,20	2,63	23,71
W Pasir	394,06	2,40	21,62
W Kerikil	1147,2	6,99	62,95
W SK 2,5%	2,04	0,01	0.11
W *Bestmittel* 0,5%	2,16	0,01	0,12
W Air	203	1,24	11,14

c. Untuk variasi serbuk kayu 7,5% + Bestmittel 0,5%

Kebutuhan volume serbuk kayu dan Bestmittel

Vol. serbuk kayu = V. Pasir x 7,5%

= 0.241538518 x 7,5%

= 0.018 m^3

Berat serbuk kayu = Vol. serbuk kayu x BV.Serbuk kayu

= 0.018 m^3 x 169

= 3,056 kg

Vol. Pasir sungai = V. Pasir x 92.5%

= 0.241538518 x 92.5%

= 0.223 m^3

Berat Pasir sungai = Vol. Pasir sungai x BV.Pasir sungai

= 0.223 m^3 x 1,717

= 383,694 kg

Berat bestmittel = berat semen x 0.5%

= 432.20 kg x 0.5%

= 2.161 kg

Tabel 4. 11 Rekap kebutuhan campuran bahan untuk variasi SK 7,5% + Bestmittel 0,5% (*Sumber : Hasil olah data*)

Bahan material beton	**Kebutuhan persatu kubik beton (kg)**	**Kebutuhan persatu selinder beton (kg)**	**Kebutuhan 9 Silinder (kg)**
W Semen	432,20	2,63	23,71
W Pasir	383,69	2,34	21,05
W Kerikil	1147,2	6,99	62,95
W SK 2,5%	3,06	0,02	0.17
W *Bestmittel* 0,5%	2,16	0,01	0,12
W Air	203	1,24	11,14

26. Kebutuhan Bahan Pembuatan Benda Uji Kubus Beton :

a. Beton Normal

Dibutuhkan beton berbentuk kubus = 9 kubus beton

Diameter (d) = 0,15 m

Tinggi (h) = 0,15 m

Volume 1 kubus = $1/4\ \pi d^2\ h$

$= 1/4\ 3{,}14 \times 0{,}15^2 \times 0{,}15$

$= 0{,}003375\ m^3$

Volume total kubus = Vo1ume 1 kubus × Jumlah beton kubus

= 0,003375 m^3 × 9

$= 0{,}030375\ m^3$

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

Volume tambahan = Vol. 9 kubus x 15%

$= 0,\ 030375\ m^3 \times 15\%$

$= 0{,}0045563\ m^3$

Volume total = Vol. total kubus + Vol. Tambahan

$= 0{,}030375\ m^3 + 0.0045563\ m^3$

$= 0{,}0349313\ m^3$

Tabel 4. 12 Rekap kebutuhan campuran bahan untuk beton normal (*Sumber : Hasil olah data*)

Bahan material beton	Kebutuhan persatu kubik beton (kg)	Kebutuhan persatu kubus beton (kg)	Kebutuhan 9 kubus (kg)
W Semen	432.20	1.68	15.10
W Pasir	567.62	2.20	19.83
W Kerikil	1147.2	4.45	40.07
W Air	203.00	0.79	7.09

b. Untuk variasi serbuk kayu 2,5% + *Bestmittel* 0,5%

Kebutuhan volume serbuk kayu dan *Bestmittel*

Vol. serbuk kayu = V. Pasir x 2.5%

$= 0.2415385 \times 2.5\%$

$= 0.006\ m^3$

Berat serbuk kayu = Vol. serbuk kayu x BV.Serbuk kayu

$= 0.006\ m^3 \times 169$

$= 1.019\ kg$

Vol. Pasir sungai = V. Pasir x 97.5%

= 0.241538518 x 97.5%

= 0.236 m^3

Berat Pasir sungai = Vol. Pasir sungai x BV.Pasir sungai

= 0.236 m^3 x 1,717

= 404.434 kg

Berat bestmittel = berat semen x 0.5%

= 432.20 kg x 0.5%

= 2.161 kg

Tabel 4. 13 Rekap kebutuhan campuran bahan untuk variasi SK 2,5% + Bestmittel 0,5% (*Sumber : Hasil olah data*)

Bahan Material Beton	**Kebutuhan persatu kubik beton (kg)**	**Kebutuhan persatu kubus beton (kg)**	**Kebutuhan 9 kubus (kg)**
W Semen	432,20	1,68	15,10
W Pasir	404,43	1,57	14,13
W Kerikil	1147,2	4,45	40,07
W SK 2,5%	1,02	0,004	0.04
W *Bestmittel* 0,5%	2,16	0,01	0,08
W Air	203	0,79	7,09

c. Untuk variasi serbuk kayu 5% + bestmittel 0,5%

Kebutuhan volume serbuk kayu dan Bestmittel

Vol. serbuk kayu = V. Pasir x 5%

= 0.2415385 x 5%

= 0.012 m^3

Berat serbuk kayu = Vol. serbuk kayu x BV.Serbuk kayu

= 0.012 m^3 x 169

= 2,038 kg

Vol. Pasir sungai = V. Pasir x 95%

= 0.241538518 x 95%

= 0.229 m^3

Berat Pasir sungai = Vol. Pasir sungai x BV.Pasir sungai

= 0.229 m^3 x 1,717

= 394,064 kg

Berat bestmittel = berat semen x 0.5%

= 432.20 kg x 0.5%

= 2.161 kg

Tabel 4. 14 Rekap kebutuhan campuran bahan untuk variasi SK 5% + Bestmittel 0,5% (*Sumber : Hasil olah data*)

Bahan material beton	**kebutuhan persatu kubik beton (kg)**	**kebutuhan persatu kubus beton (kg)**	**Kebutuhan 9 kubus (kg)**
W Semen	432,20	1,68	15,10
W Pasir	394,06	1,53	13,77
W Kerikil	1147,2	4,45	40,07
W SK 5%	2,04	0,007	0.07
W *Bestmittel* 0,5%	2,16	0,01	0,08
W Air	203	0,79	7,09

d. Untuk variasi serbuk kayu 7,5% + Bestmittel 0,5%

Kebutuhan volume serbuk kayu dan Bestmittel

Vol. serbuk kayu = V. Pasir x 7,5%

= 0.2415385 x 7,5%

= 0.018 m^3

Berat serbuk kayu = Vol. serbuk kayu x BV.Serbuk kayu

= 0.018 m^3 x 169

= 3,056 kg

Vol. Pasir sungai = V. Pasir x 92,5%

= 0.241538518 x 92,5%

= 0.223 m^3

Berat Pasir sungai = Vol. Pasir sungai x BV.Pasir sungai

= 0.223 m^3 x 1,717

= 383,694 kg

Berat bestmittel = berat semen x 0.5%

= 432.20 kg x 0.5%

= 2.161 kg

Tabel 4. 15 Rekap kebutuhan campuran bahan untuk variasi SK 7,5% + Bestmittel 0,5% (*Sumber : Hasil olah data*)

Bahan material beton	**Kebutuhan persatu kubik beton (kg)**	**Kebutuhan persatu kubus beton (kg)**	**Kebutuhan 9 Kubus (kg)**
W Semen	432,20	1,68	15,10
W Pasir	383,69	1,49	13,40
W Kerikil	1147,2	4,45	40,07
W SK 5%	3,06	0,01	0.11
W *Bestmittel* 0,5%	2,16	0,01	0,08
W Air	203	0,79	7,09

C. Nilai Slump

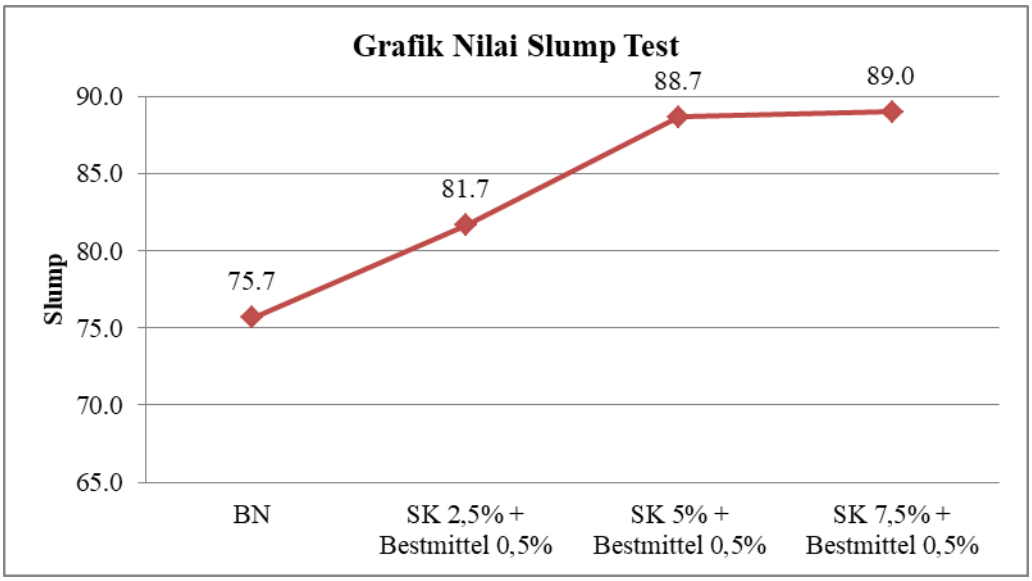
Berbeda dengan nilai slump yang digunakan untuk menilai konsistensi beton dan workability pada kondisi tertentu, hasil pemeriksaan slump test digunakan untuk melihat perubahan kadar air campuran beton. Semakin rendah nilai slump, semakin kental beton tersebut, dan proses pemadatan atau pekerjaan beton akan semakin sulit dan memakan waktu. Lebih mudah untuk diterapkan dan tidak memakan banyak waktu selama proses pemadatan saat bekerja atau bekerja saat memadatkan.

Kerucut Abrams digunakan untuk menilai validitas tes Slump. Kerucut Abrams pertama kali dibasahi sebelum diletakkan di permukaan yang rata. Kerucut kemudian diisi dengan tiga lapis beton baru, yang bagian atasnya diratakan setelah tiap lapis diisi dengan 1/3 volume kerucut abrams dan ditusuk 25 kali, dengan tusukan berlanjut hingga dasar tiap lapis. Kerucut dinaikkan perlahan secara vertikal selama sek itar 30 detik, setelah itu nilai slump dihitung dengan mengukur tinggi campuran dan membandingkannya dengan tinggi kerucut.

Tabel 4. 16 Hasil pengujian nilai slump test beton silinder (*Sumber: Hasil olah laboratorium 2024*)**)**

Variasi	Titik			Rata-Rata
	1	2	3	(mm)
	(mm)	(mm)	(mm)	
BN	72	85	70	75.6
SK 2,5% + *Bestmittel* 0,5%	90	80	75	81.6
SK 5% + *Bestmittel* 0,5%	80	91	95	88.6
SK 7,5% + *Bestmittel* 0,5%	95	78	94	89

Berdasarkan tabel 4.16 diatas memberikan penjelasan tentang perbandingan nilai Slump test antara masing-masing variasi. Dimana pada keempat variasi beton yang didapatkan nilai Slump test yang memenuhi slump rencana dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 4 Perbandingan nilai slump pada setiap variasi
Sumber : Hasil olah data

Berdasarkan gambar 4.4 dapat dilihat bahwa pada beton disetiap variasi nilai uji slump mengalami kenaikan. Ini di karenakan bestmittel menambah kelecakan dan keenceran adukan beton. sehingga Pada saat pembuatan benda uji peneliti mengurangi jumlah penggunaan air, setiap sampel variasi serbuk kayu + bestmittel mengalami kenaikan nilai slump dari variasi BN dengan nilai slump 75,7 mm, variasi SK 2,5% + Bestmittel 0,5% dengan nilai slump 81,7 mm, variasi SK 5% + Bestmittel 0,5% dengan nilai slump 88,7 mm, dan variasi SK 7,5% + Bestmittel 0,5% dengan nilai slump 89 mm yang artinya setiap jenis sampel variasi dibuat semakin padat karena penggunaan jumlah air yang dikurangi semakin banyak.

D. Kuat tekan

Setelah melakukan pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan uji kuat tekan terhadap benda uji Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji berumur 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan sebanyak 9 sampel yang terdiri dari 4 variasi campuran yaitu beton normal, Serbuk kayu 2,5% + Bestmittel 0,5%, Serbuk kayu 5% + Bestmittel 0,5%, dan Serbuk kayu 7,5% + Bestmittel 0,5%. Untuk masing-masing variasi campuran disiapkan 3 sampel silinder dan kubus, dengan ukuran benda uji silinder 150 x 300 mm dan kubus ukuran 150 x 150 mm. 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 diperoleh sebagai berikut :

1. Beton normal

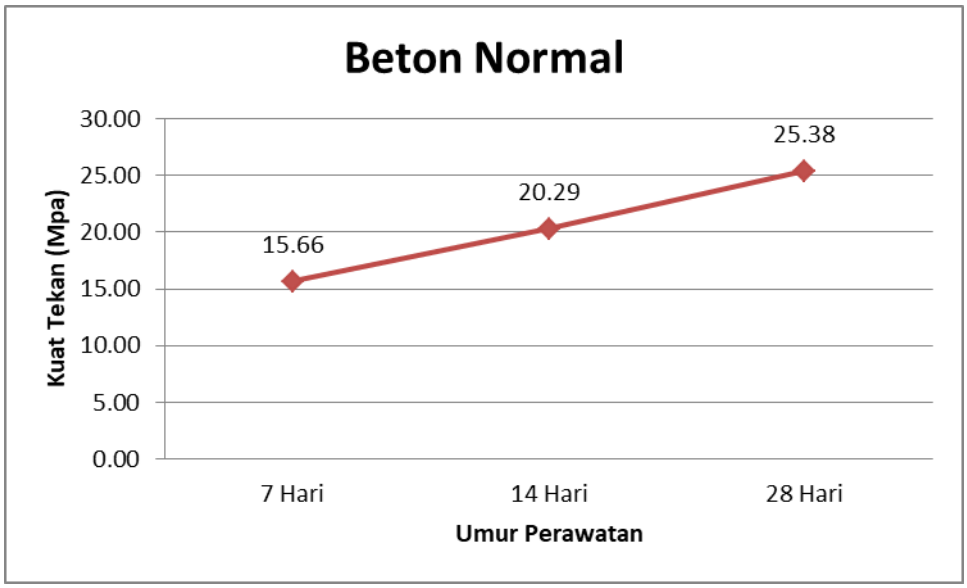
Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton normal yang didapat pada pengujian 7, 14, dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 17 Rekap hasil kuat tekan beton normal silinder (*Sumber : Hasil olah data*)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	12,22	276,6	15,66
2	14 Hari	12,39	358,3	20,29
3	28 Hari	12,41	448,3	25,38

Pada pengujian sampel uji dengan beton normal dengan silinder ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 15,66 MPa untuk umur 7 hari, 20,29 MPa untuk umur 14 hari, dan 25,38 MPa untuk

umur 28 hari, memenuhi kuat tekan yang di rencanakan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 5 Grafik pengujian kuat tekan beton normal silinder
Sumber : Hasil olah data

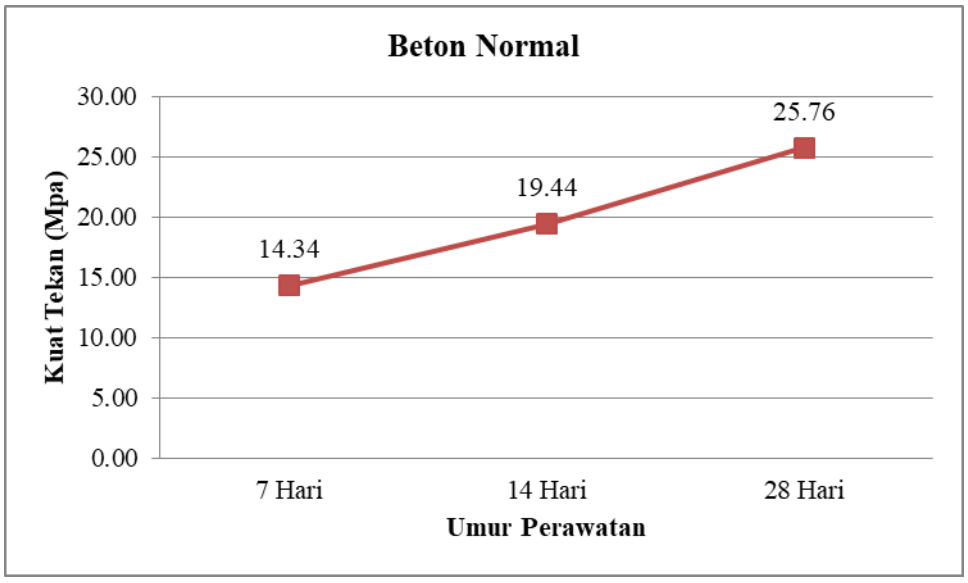
Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton normal mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 4,63 Mpa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 5,09 Mpa.

Tabel 4. 18 Rekap hasil kuat tekan beton normal kubus (*Sumber : Hasil olah data*)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	7,694	253,33	14,34
2	14 Hari	7,737	343,33	19,44
3	28 Hari	7,778	4555	25,76

Pada pengujian sampel uji dengan beton normal dengan kubus ukuran 15 x 15 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 14,34

MPa untuk umur 7 hari, 19,44 MPa untuk umur 14 hari, dan 25,76 MPa untuk umur 28 hari, memenuhi kuat tekan yang di rencanakan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 6 Grafik pengujian kuat tekan beton normal kubus
Sumbur : Hasil olah data

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton normal mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 5,10 Mpa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 6,32 Mpa.

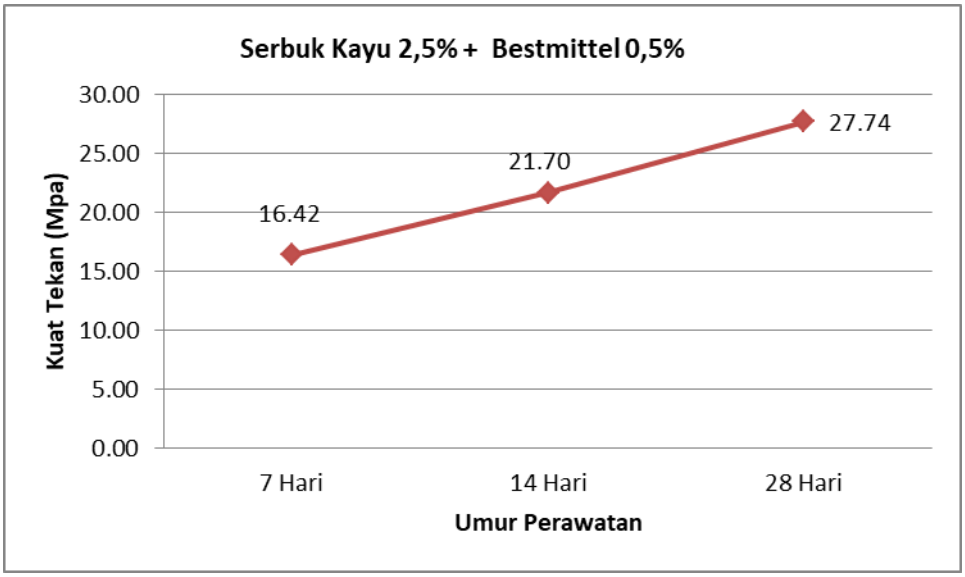
2. Serbuk Kayu 2,5% + Bestmittel 0,5%

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton serbuk kayu 2,5% + bestmittel 0,5% yang didapat pada pengujian 7, 14, dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 19 Rekap hasil pengujian kuat tekan beton silinder variasi SK 2,5% + Bestmittel 0,5% (*Sumber : Hasil olah data*)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	11,63	290	16,42
2	14 Hari	11,88	383,3	21,70
3	28 Hari	11,91	490	27,74

Pada pengujian sampel uji dengan beton serbuk kayu 2,5% + bestmittel 0,5% dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 16,42 MPa untuk umur 7 hari, 21,70 MPa untuk umur 14 hari, dan 27,74 MPa untuk umur 28 hari dengan grafik sebagai berikut:



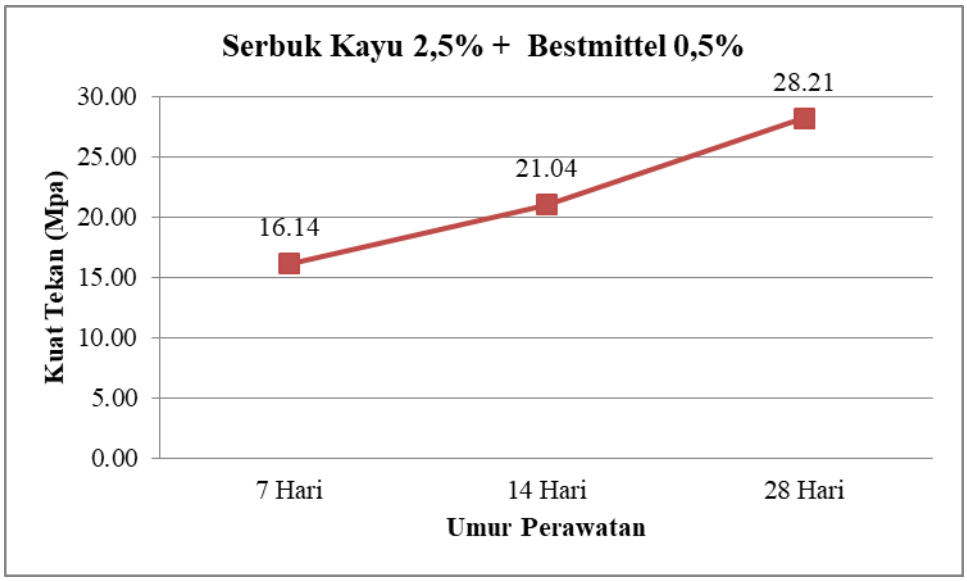
Gambar 4. 7 Grafik pengujian pengujian kuat tekan beton silinder variasi SK 2,5% + Bestmittel 0,5%
Sumber : Hasil olah data

Pada grafik diatas dapat diuraikan penjelasan bahwa kuat tekan beton dengan variasi penambahan 2,5% serbuk kayu + bestmittel 0,5% mengalami peningkatan dari beton berumur 7 hari ke 14 hari sebesar 5,28 Mpa, dan untuk beton berumur 14 hari ke 28 hari meningkat sebesar 6,04 Mpa.

Tabel 4. 20 Rekap hasil pengujian kuat tekan beton kubus variasi SK 2,5% + Bestmittel 0,5% (*Sumber : Hasil olah data*)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	7,656	285	16,14
2	14 Hari	7,82	371,66	21,04
3	28 Hari	7,798	498,33	28,21

Pada pengujian sampel uji dengan beton serbuk kayu 2,5% + bestmittel 0,5% dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 16,14 MPa untuk umur 7 hari, 21,04 MPa untuk umur 14 hari, dan 28,21 MPa untuk umur 28 hari dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 8 Grafik pengujian pengujian kuat tekan beton kubus variasi SK 2,5% + Bestmittel 0,5%
Sumber : Hasil olah data

Pada grafik diatas dapat diuraikan penjelasan bahwa kuat tekan beton dengan variasi penambahan 2,5% serbuk kayu + bestmittel 0,5% mengalami peningkatan dari beton berumur 7 hari ke 14 hari sebesar 4,91 Mpa, dan untuk beton berumur 14 hari ke 28 hari meningkat sebesar 7,17 Mpa.

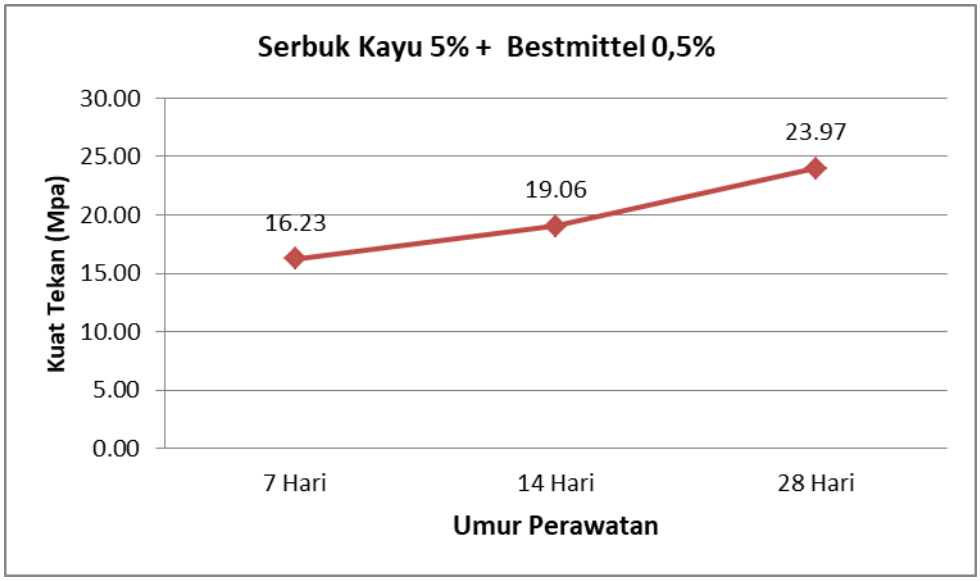
3. Serbuk kayu 5% + Bestmittel 0,5%

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton serbuk kayu 5% + bestmittel 0,5% yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 21 Rekap hasil kuat tekan beton silinder variasi SK 5% + Bestmittel 0,5% (*Sumber : Hasil olah data*)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	11,710	286,66	16,23
2	14 Hari	11,879	336,66	19,06
3	28 Hari	11,866	423,33	23,97

Pada pengujian sampel uji dengan beton serbuk kayu 5% + bestmittel 0,5% dengan silinder ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 16,23 MPa untuk umur 7 hari, 19,06 MPa untuk umur 14 hari, dan 23,97 MPa untuk umur 28 dengan grafik sebagai berikut;



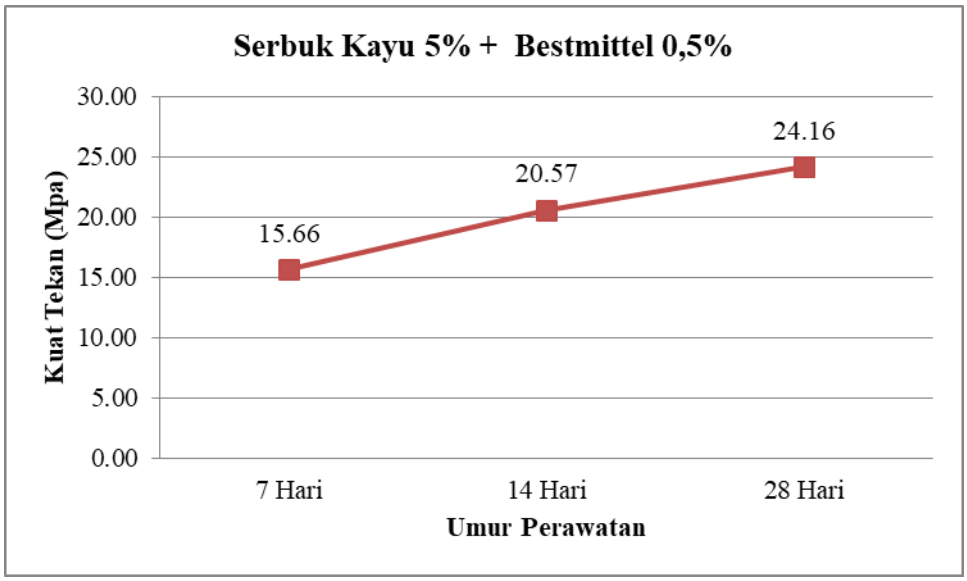
Gambar 4. 9 Grafik pengujian kuat tekan beton silinder variasi SK 5% + Bestmittel 0,5%
Sumber : Hasil olah data

Pada grafik diatas dapat diuraikan penjelasan bahwa kuat tekan beton dengan variasi penambahan 5% serbuk kayu + bestmittel 0,5% mengalami peningkatan dari beton berumur 7 hari ke 14 hari sebesar 2,83 Mpa, dan untuk beton berumur 14 hari ke 28 hari meningkat sebesar 4,91 Mpa.

Tabel 4. 22 Rekap hasil kuat tekan beton kubus variasi SK 5% + Bestmittel 0,5% (*Sumber : Hasil olah data*)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	7,616	276,66	15,66
2	14 Hari	7,757	363,33	20,57
3	28 Hari	7,703	426,66	24,16

Pada pengujian sampel uji dengan beton serbuk kayu 5% + bestmittel 0,5% dengan kubus ukuran 15 x 15 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 15,66 MPa untuk umur 7 hari, 20,57 MPa untuk umur 14 hari, dan 24,16 MPa untuk umur 28 dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 10 Grafik pengujian kuat tekan beton kubus variasi SK 5% + Bestmittel 0,5%

Sumber : Hasil olah data

Pada grafik diatas dapat diuraikan penjelasan bahwa kuat tekan beton dengan variasi penambahan 5% serbuk kayu + bestmittel 0,5% mengalami peningkatan dari beton berumur 7 hari ke 14 hari sebesar 4,91 Mpa, dan untuk beton berumur 14 hari ke 28 hari meningkat sebesar 3,59 Mpa.

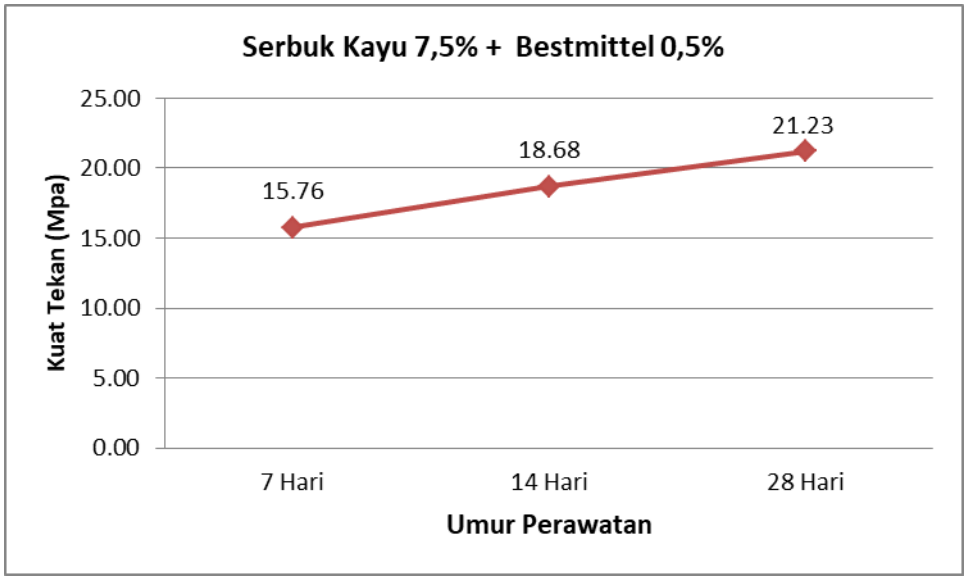
4. Serbuk kayu 7,5% + Bestmittel 0,5%

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton serbuk kayu 7,5% + bestmittel 0,5% yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 23 Rekap hasil kuat tekan beton silinder variasi SK 7,5% + Bestmittel 0,5% (*Sumber : Hasil olah data*)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	11,775	278,33	15,76
2	14 Hari	11,798	330	18,68
3	28 Hari	11,847	375	21,23

Pada pengujian sampel uji dengan beton serbuk kayu 7,5% + bestmittel 0,5% dengan silinder ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 15,76 MPa untuk umur 7 hari, 18,68 MPa untuk umur 14 hari, dan 21,23 MPa untuk umur 28 hari dengan grafik sebagai berikut:



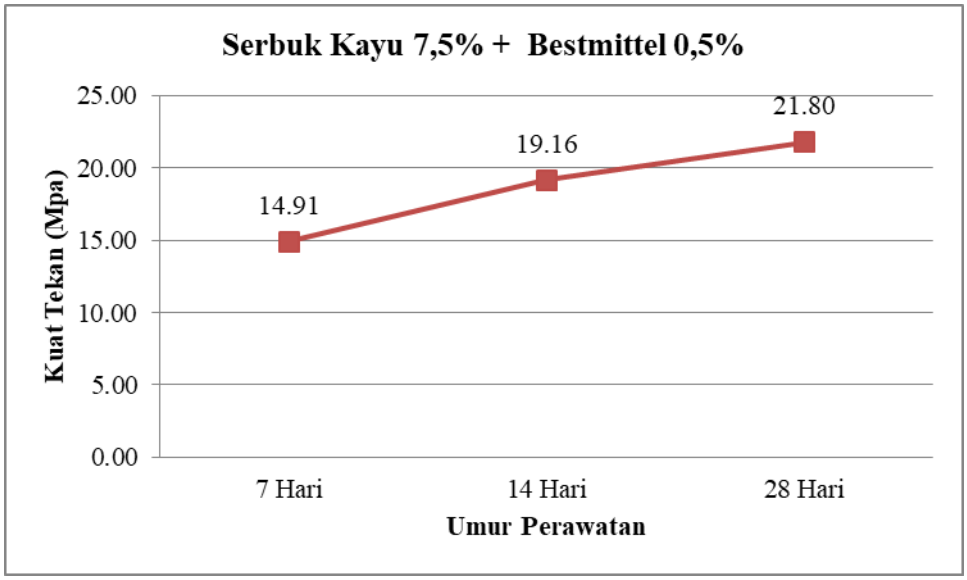
Gambar 4. 11 Grafik pengujian kuat tekan beton silinder variasi SK 7,5% + Bestmittel 0,5%
Sumber : Hasil olah data

Pada grafik diatas dapat diuraikan penjelasan bahwa kuat tekan beton dengan variasi penambahan 7,5% serbuk kayu + bestmittel 0,5% mengalami peningkatan dari beton berumur 7 hari ke 14 hari sebesar 2,93 Mpa, dan untuk beton berumur 14 hari ke 28 hari meningkat sebesar 2,55 Mpa.

Tabel 4. 24 Rekap hasil kuat tekan beton kubus variasi SK 7,5% + Bestmittel 0,5% (*Sumber : Hasil olah data*)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	7,700	263,33	14,91
2	14 Hari	7,798	338,33	19,16
3	28 Hari	7,806	385	21,80

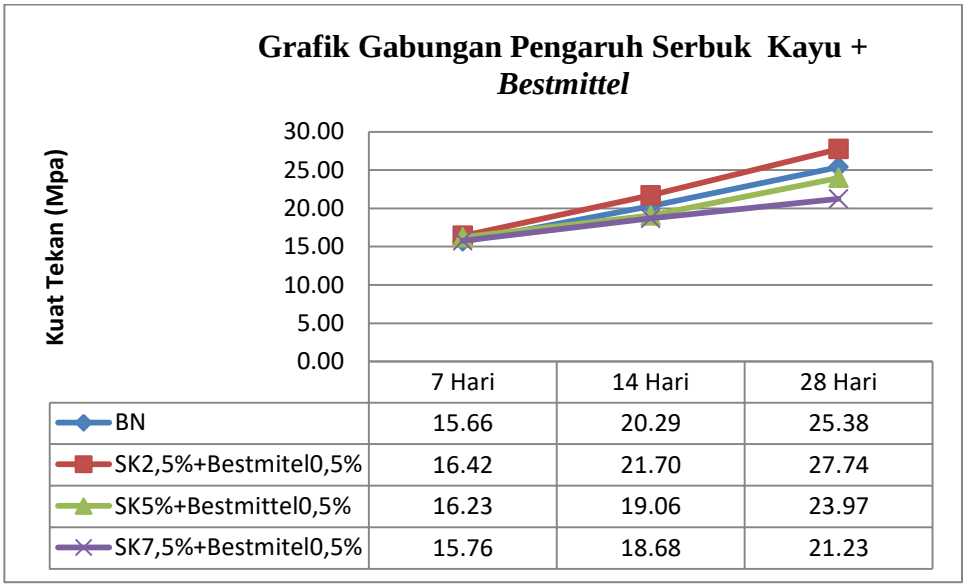
Pada pengujian sampel uji dengan beton serbuk kayu 7,5% + bestmittel 0,5% dengan kubus ukuran 15 x 15 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 14,91 MPa untuk umur 7 hari, 19,16 MPa untuk umur 14 hari, dan 21,80 MPa untuk umur 28 hari dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 12 Grafik pengujian kuat tekan beton kubus variasi SK 7,5% + Bestmittel 0,5%
Sumber : Hasil olah data

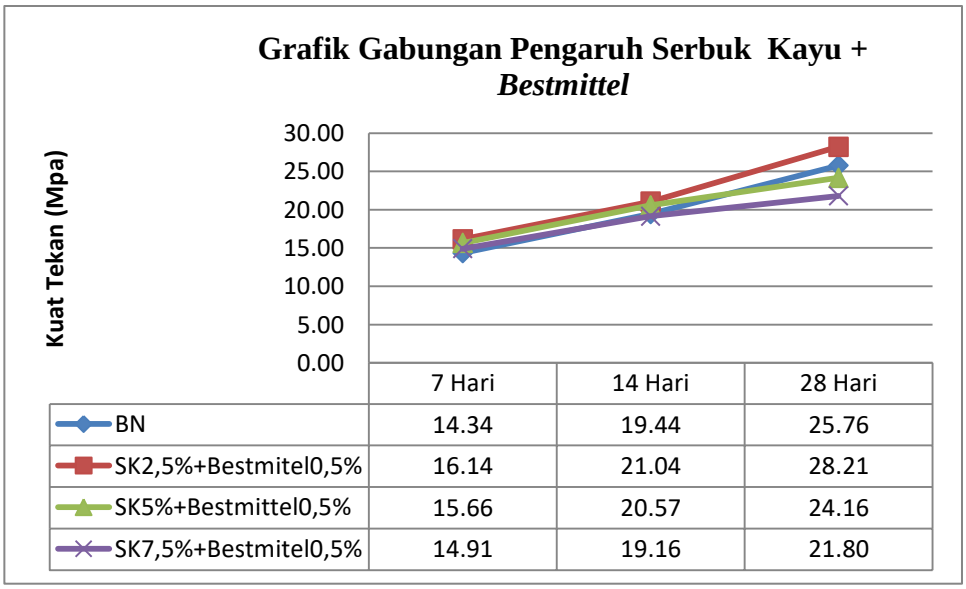
Pada grafik diatas dapat diuraikan penjelasan bahwa kuat tekan beton dengan variasi penambahan 7,5% serbuk kayu + bestmittel 0,5% mengalami peningkatan dari beton berumur 7 hari ke 14 hari sebesar 4,25 Mpa, dan untuk beton berumur 14 hari ke 28 hari meningkat sebesar 2,64 Mpa.

Berikut adalah grafik gabungan penggunaan serbuk kayu dan bestmittel sebagai campuran beton terhadap kuat tekan beton pada benda uji silinder dan kubus:



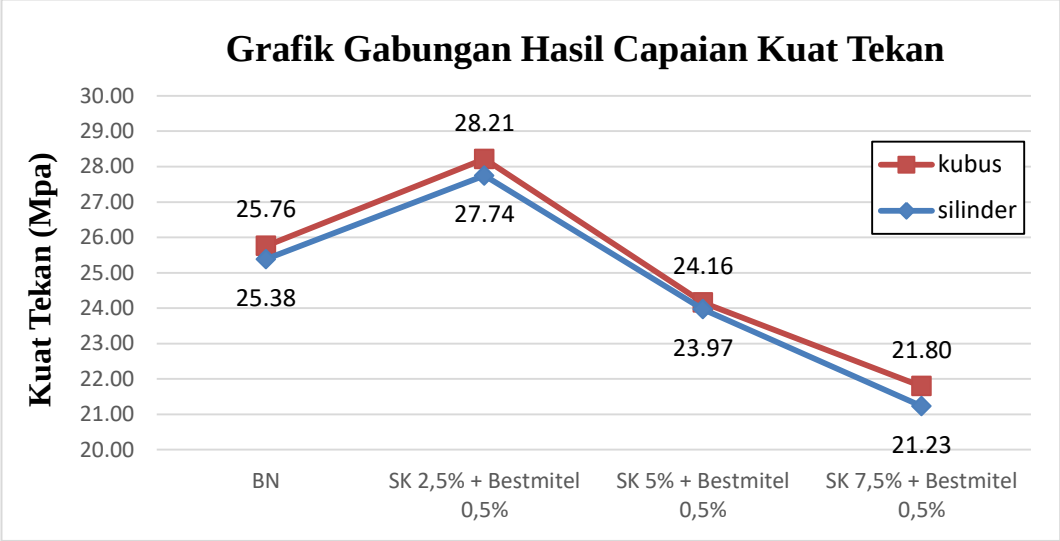
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
BN	15.66	20.29	25.38
SK2,5%+Bestmitel0,5%	16.42	21.70	27.74
SK5%+Bestmittel0,5%	16.23	19.06	23.97
SK7,5%+Bestmitel0,5%	15.76	18.68	21.23

Gambar 4. 13 Grafik gabungan pengaruh SK dan Bestmittel pada beton silinder
Sumber : Hasil olah data



	7 Hari	14 Hari	28 Hari
BN	14.34	19.44	25.76
SK2,5%+Bestmitel0,5%	16.14	21.04	28.21
SK5%+Bestmittel0,5%	15.66	20.57	24.16
SK7,5%+Bestmitel0,5%	14.91	19.16	21.80

Gambar 4. 14 Grafik gabungan pengaruh SK dan Bestmittel pada beton kubus
Sumber : Hasil olah data



Gambar 4. 15 Grafik gabungan hasil capaian kuat tekan
Sumber : Hasil olah data

Pada grafik diatas, terlihat bahwa beton normal menunjukkan kuat tekan sebesar 25,76 MPa untuk kubus dan 25,38 MPa untuk silinder, yang sesuai dengan target kuat tekan rencana yaitu (25 Mpa). Penambahan 2,5% serbuk kayu dan 0,5% bestmittel meningkatkan kuat tekan menjadi 28,21 MPa (kubus) dan 27,74 MPa (silinder). Sebaliknya, penambahan 5% serbuk kayu dan 0,5% bestmittel menurunkan kuat tekan menjadi 24,16 MPa (kubus) dan 23,97 MPa (silinder), sementara pada penambahan 7,5% serbuk kayu dan 0,5% bestmittel, kuat tekan lebih rendah yaitu 21,80 MPa (kubus) dan 21,23 MPa (silinder). Berdasarkan grafik diatas, bahwa penggunaan serbuk kayu dalam jumlah kecil bersamaan dengan penambahan *bestmittel* memberikan dampak positif pada kuat tekan beton.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serbuk kayu dan *bestmittel* dalam campuran beton dapat mempengaruhi kuat tekan beton, semakin besar jumlah serbuk kayu dan *bestmittel* yang digunakan maka semakin besar pula pengaruh yang dihasilkan. Hal ini dapat ditunjukkan dari hasil pengujian, didapatkan Beton normal memiliki kuat tekan 25,76 MPa (kubus) dan 25,38 MPa (silinder). Dengan penambahan 2,5% serbuk kayu dan 0,5% *bestmittel*, kuat tekan meningkat menjadi 28,21 MPa (kubus) dan 27,74 MPa (silinder), dengan perbedaan masing-masing 2,45 MPa dan 2,36 MPa dari beton normal. Dengan 5% serbuk kayu dan 0,5% *bestmittel*, kuat tekan menurun menjadi 24,16 MPa (kubus) dan 23,97 MPa (silinder), dengan perbedaan 1,6 MPa dan 1,41 MPa dari beton normal. Pada 7,5% serbuk kayu dan 0,5% *bestmittel*, kuat tekan lebih rendah yaitu 21,80 MPa (kubus) dan 21,23 MPa (silinder), dengan perbedaan 3,96 MPa dan 4,15 MPa dari beton normal.
2. Dari hasil penelitian didapatkan, bahwa nilai presentase optimal untuk meningkatkan kuat tekan beton adalah dengan penggunaan serbuk kayu 2,5% dan penambahan 0,5% *bestmittel*. Hasil uji menunjukkan kuat tekan

beton kubus dan silinder masing-masing sebesar 28,21 MPa dan 27,74 MPa, dengan perbedaan 2,45 MPa dan 2,36 MPa dari beton normal. Penggunaan serbuk kayu dalam jumlah kecil bersamaan dengan penambahan *bestmittel* memberikan dampak positif pada kuat tekan beton.

B. Saran

1. Disarankan agar penelitian selanjutnya menggunakan persentase campuran bestmittel yang lebih bervariatif sambil mempertahankan persentase serbuk kayu yang konsisten. Hal ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh yang lebih besar terhadap kuat tekan beton.
2. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar serbuk kayu yang digunakan berasal dari jenis kayu yang serupa atau seragam dalam campuran agregat halus. Langkah ini bertujuan untuk membandingkan hasil dengan penelitian sebelumnya dan memperoleh data yang lebih konsisten.

DAFTAR PUSTAKA

(Aditif et al. 2023)Aditif, Z. A. T., Nano Terhadap, Kuat Tekan, D. A. N. Tarik, Kec Mertoyudan, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah, and Kepulauan Riau. 2023. “PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH SERBUK KAYU DAN.” 10(2):117–25.

Abdu, Muhammad, Ahmad Efendi, and Deltian Deltian. "Analisis Pengaruh Batu Kapur Desa Nepa Mekar sebagai Agregat Kasar dengan Penambahan Bestmittel dalam Pembuatan Beton." *Jurnal Pendidikan Tambusai* 7.2 (2023): 17328-17333.

ASTM C 494-92, Standard Spescification for Chemical Admixtures for Concrete, Volume 04.02 Concrete and Agregates, American Society for Testing and Material, Philadelphia, pp 260-268.

Aini, Putri Nurul, Roestaman Roestaman, and Eko Walujodjati. 2021. “Pengaruh Penggunaan Serbuk Kayu Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus Dalam Campuran Beton Dengan Bahan Tambah Superplasticizer.” *Jurnal Konstruksi* 19(1):169–78. doi: 10.33364/konstruksi/v.19-1.902.

Amilia, Rilly Augustin, and Utari Sriwijaya Minaka. 2022. “Analisis Pengaruh Serbuk Kayu Sebagai Bahan Tambah Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton.” *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil* 11(2):210. doi: 10.36055/fondasi.v11i2.16745.

Amiwarti, Amiwarti, and Muhammad Firdaus. "PENGARUH PENAMBAHAN CAMPURAN SERBUK KAYU KULIM TERHADAP KUAT TEKAN BETON K-225." *TEKNIKA: Jurnal Teknik* 10.2 (2024): 157-166.

Ayu Melyanti Sabang, Fadli Kurnia. 2022. “Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Sebagai Substitusi Agregat Halus Pada Campuran Beton Dengan Tambahan Water Reducing Admixture (Utilization of Sawdust Waste As a Substitute of Fine Aggregate in Concrete Mixture With Additional Water Reducing Admixture).” *Jurnal Artesis* 2(2):207–12.

Bangun, Sempurna, and Kristina Sembiring. "PENGARUH KARAKTERISTIK KUAT TEKAN BETON MENGGUNAKAN SERBUK KAYU PADA CAMPURAN BETON." *Jurnal Teknik* 11.2 (2022).

Boby Marthin Sukmawan Gulo , Nopesman Halawa. "PENGARUH CAMPURAN SERBUK KAYU TERHADAP KUAT TEKAN BETON." *Jurnal Teknik Sipil Cendekia* (2024).

Budiman, Budiman, and Syilviana Dwi Adhistie. "Penambahan Limbah Mortar dan Additive Bestmittel Terhadap Kuat Tekan Beton." *Jurnal Informasi, Sains dan Teknologi* 3.1 (2020): 21-26.

Darmiyanti, Lydia, Gali Pribadi, and Achmad Pahrul Rodji. "Penambahan Serbuk Kayu Kamper terhadap Kuat Tekan Beton." *Bentang: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil* 9.2 (2021): 85-92.

Ervianto, Moh, Fadillawaty Saleh, and Hakas Prayuda. "Kuat tekan beton mutu tinggi menggunakan bahan tambah abut terbang (fly ash) dan zat adiktif (bestmittel)." *Sinergi* 20.3 (2016): 199-206.

Fany, R. S., and F. A. H. R. I. Z. A. L. Zulkarnain. "Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Kayu Sebagai Subsitusi Parsial Agregat Halus Dengan Bahan Tambah Am 78 Concrete Additive Terhadap Kuat Tekan Beton." (2020): 1-96.

FERDIANSYAH, MOHAMMAD FACHRY. "Pengaruh Penambahan Bestmittel Terhadap Kuat Tekan Beton Fly Ash (The Effect Of Bestmittel Addition On The Compressive Strength Of Fly Ash Concrete)." (2022).

Hasbi, H., A. A. Ramadanti, A. K. Hadi, Y. Idrus, and ... 2022. "Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Terhadap Sifat Mekanik Beton." *Jurnal Ilmiah ...* 4(April):186–93.

Hasanah, Era Rizky, Agustin Gunawan, and Yuzuar Afrizal. "Pengaruh Penambahan Serat Kulit Pinang Dan Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tarik Belah Beton (Kajian Terhadap Ukuran Agregat Maksimal 10 mm)." *Inersia: Jurnal Teknik Sipil* 9.1 (2017): 15-22.

Haryanto, Helmi Tri. *Analisis Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Dengan Bahan Tambah Serbuk Arang Briket Dan Bestmittel*. Diss. Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2012.

Hasibuan, Feri Iman. 2021. "PERBANDINGAN KUAT TEKAN DAN PENYERAPAN SERBUK KAYU DAN ABU AMPAS KOPI DENGAN AGREGAT KASAR BERGRADASI SERAGAM." Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan.

Lendrian, Rahmad Hidayat, Dadang Iskandar, and Sari Utama Dewi. "DESAIN CAMPURAN BETON MUTU TINGGI BERBAHAN AGREGAT LOKAL MENGGUNAKAN ADMIXTURE BESTMITTEL TIPE-E (Design Of High Quality Concrete Mixed Material Local Aggregateusing Admixture Bestmittel Type-E)." *JUMATISI: Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil* 3.1 (2022): 219-224.

Lendrian, Rahmad Hidayat. *DESAIN CAMPURAN BETON MUTU TINGGI BERBAHAN AGREGAT LOKAL MENGGUNAKAN ADMIXTURE BESTMITTEL TIPE-E*. Diss. Universitas Muhammadiyah Metro, 2021.

Masulili, Umi Kalsum. *ANALISIS KUAT TEKAN BETON DENGAN PERAWATAN AIR LAUT DENGAN BAHAN TAMBAH ARANG BRIKET DAN BESTMITTEL*. Diss. UNIVERSITAS SINTUWU MAROSO, 2023.

MAHARANY, SUCITA; SANDORA, TITI. *PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KAYU SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS DAN BESTMITTEL SEBAGAI ZAT ADITIF TERHADAP KUAT TEKAN BETON*. 2022. PhD Thesis. Politeknik Negeri Sriwijaya.

Muhammad, Muhammad, and Dewi Pertiwi. "Pengaruh Campuran Serbuk Kayu Pada Campuran Beton Ditinjau Dari Kuat Tekan." *Prosiding Seminar Teknologi Perencanaan, Perancangan, Lingkungan dan Infrastruktur*. 2021.

Mardhyah, Andi Rahmat, Musvira Febriana Umar, "PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KAYU BESI TERHADAP KUAT TEKAN BETON PADA CAMPURAN BETON NORMAL. " *Jurnal Teknik Sipil UNIMUDA Sorong.* :(2022).

Mahendra, Y. I, Gardjito. E, Ridwan. A, Wicaksono. H. 2021. "Meningkatkan Kuat Tekan Beton Fc' 16,60 Mpa Menggunakan Fly Ash Dan Arang Batok Kelapa." *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil* 4:1–13. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.121.

Nugraha, Yoga, Hakas Prayuda, and Fadillawaty Saleh. 2017. "Pengaruh Variasi Bahan Tambah Abu Sekam Padi Dan Zat Adiktif Bestmittel 0,5% YOGA NUGRAHA, HAKAS PRAYUDA, FADILLAWATY SALEH." *Semesta Teknika* 20(2):116–24.

Nurhelfitrianingsih, Hilda. *Pengaruh Penambahan Zat Aditif Bestmittel Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton 20 Mpa Ditinjau Dari Umur Beton Dan Persentase Kadar*. Diss. Universitas Komputer Indonesia, 2020.

Pamungkas, Lintang. 2011. "Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Sebagai." 18(01):8–13.

Polopadang, Jeremia, Marthin DJ Sumajouw, and Servie O. Dapas. "Studi Eksperimental Kuat Tarik Lentur Beton Menggunakan Serbuk Kayu Sebagai Subtitusi Parsial Agregat Halus." *Jurnal Sipil Statik* 11.1 (2023): 11-16.

Purwoto, Adi, and Annisa Kesy Garside. 2021. "Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Beton." *Seminar Keinsinyuran Program Studi Program Profesi Insinyur* 1(1). doi: 10.22219/skpsppi.v1i0.4197.

Prayitno, Slamet, Sunarmasto Sunarmasto, and RA Dinasty Purnomosari. "PENGARUH PENAMBAHAN SERAT BENDRAT, ABU SEKAM PADI DAN BESTMITTEL TERHADAP KUAT TEKAN, MODULUS OF RUPTURE DAN KUAT KEJUT PADA BETON." *Matriks Teknik Sipil* 4.4 (2016).

Paranggai, Loryanti Elsandi, Junus Mara, and Lisa Febriani. "Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Sebagai Substitusi Agregat Halus pada Beton." *Paulus Civil Engineering Journal* 4.2 (2022): 225-233.

PUTRA, Satria Hardanta. *Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu dan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton*. 2024. PhD Thesis. Universitas Islam Indonesia.

Putri, Sefti Maulana, and Romadhon Romadhon. "Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Besi dan Serbuk Kayu terhadap Kuat Tekan Beton." *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Sipil* 8.1 (2024): 127-132.

Reni Sulistyawati. "PENGARUH PENGGUNAAN ZAT ADDITIVE BESTMITTEL TERHADAP KUAT TEKAN BETON".(2009):34-46.

Ritonga, Achmad Munir, Khairul Muslim, and Frangky Silitonga. "PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH SERBUK KAYU DAN ZAT ADITIF NANO3 TERHADAP KUAT TEKAN DAN TARIK BELAH BETON." *JURNAL TEKNIK SIPIL PERTAHANAN* 10.2 (2023): 117-125.

Saifuddin, Muhammad Ikhsan, Bambang Edison, and Khairul Fahmi. "Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Kayu Terdahap Kuat Tekan Beton." *Jurnal Mahasiswa Teknik* 1.1 (2014).

Sabang, Riska Ayu Melyanti, and Fadli Kurnia. "Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Sebagai Substitusi Agregat Halus Pada Campuran Beton Dengan Tambahan Water Reducing Admixture." *Jurnal Artesis* 2.2 (2022): 206-211.

Sulistyawati, Reni. "Pengaruh Penggunaan Zat Additive Bestmittel Terhadap Kuat Tekan Beton." *Teodolita: Media Komunkasi Ilmiah di Bidang Teknik* 10.2 (2009).

SETIAWAN, Daffa Kautsar. *Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Jati Sisa Penggergajian Mebel untuk meningkatkan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton dengan Superplasticizer*. 2024. PhD Thesis. Universitas Islam Indonesia.

S, Muh Sayfullah, Muhammad Abdu, and Ahmad Efendi. 2023. “Analisis Pengaruh Batu Kapur Desa Nepa Mekar Sebagai Agregat Kasar Dengan Penambahan Bestmittel Dalam Pembuatan Beton.” 7:17328–33.

Sulaiman, Y. H. "Pengaruh penggunaan abu serbuk kayu terhadap kuat tekan beton." *Portal: Jurnal Teknik Sipil* 2.2 (2010).

SK SNI T-15-1990-03. Pembuatan Benda Uji, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta : 1990.

SNI 2847-2013. Pengujian Kuat Tekan Beton, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta : 2013.

SNI 15-2049-2004. Semen Portland Sebagai Semen Hidrolis, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta : 2004.

SNI-2847-2013. (n.d.). Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

SNI 1974-2011 menghitung kekuatan tekan beton : (Beton et al. 2021).

Sudirman, Vike Itteridi, Jln MasikSiagim No, and SimpangBacangDempoTengah Kota Pagar Alam. "PENGGUNAAN SERBUK KAYU SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN BETON." *Jurnal Ilmiah Beering's* 6.02 (2019): 67.

Simanullang, Irwansyah Putra. *Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Bahan Tambah Bestimittel*. Diss. Universitas Medan Area, 2022.

Sapada, Nurafia. *ANALISIS KUAT TEKAN BETON NORMAL DENGAN PERBANDINGAN BAHAN TAMBAHAN SERBUK ARANG BRIKET DAN BESTMITTEL*. Diss. UNIVERSITAS SINTUWU MAROSO, 2023.

Tarip, Tahan, and Agus Fitriady. "PENGARUH PENGGUNAAN SERBUK KAYU PADA CAMPURAN BETON." *Huma Tabalien Jurnal (HTJ) Teknik Sipil* 3.1 (2023): 48-58.

Trinugroho, Suhendro. "Analisis Pengaruh Bahan Tambah Serbuk Arang Briket dan Bestmittel pada Kuat Tekan Beton." *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil* 14.2 (2021): 69-71.

Wibowo, Nugroho Indra. "Pengaruh Serbuk Gergaji Kayu Sebagai Substitusi Sebagian Semen dan Bahan Tambah 0,6% Bestmittel Terhadap Karakteristik Beton." (2018).