BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Beton merupakan bahan konstruksi yang banyak digunakan dalam kegiatan pembangunan seperti rumah tinggal, gedung-gedung bertingkat, jalan, bendungan, lapangan terbang dan lain-lain. Hampir 60% material yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi adalah beton, yang umumnya dipadukan dengan baja (komposit) atau jenis lainnya. Hal ini karena beton merupakan bahan yang mudah dibuat dan dibentuk sesuai keinginan, kekuatan tekan yang tinggi, serta bahan-bahan pembentuknya mudah diperoleh. Beton adalah bahan konstruksi yang tidak homogen, karena merupakan campuran antara semen, agregat dan air, dan atau tanpa bahan tambah.

Industri konstruksi beton di Indonesia berkembang cukup pesat sehingga kebutuhan akan material bangunan semakin meningkat sehingga akan berakibat pada persediaan sumber energi alam di Indonesia di masa yang akan tiba. Beton banyak digunakan sebab biayanya relatif murah serta gampang dibentuk dan bisa dirancang guna mencapai kekuatan yang direncanakan. Bermacam inovasi dalam bidang teknologi beton dikembangkan guna menghasilkan material beton yang instan, dan ramah lingkungan. Agregat selaku bahan pembuat material beton pula mempunyai bermacam perkembangan guna mencapai tujuan material yang ramah lingkungan.

Kelapa adalah tumbuhan yang dimana buahnya bisa digunakan sebagai bahan makanan dan tempurungnya untuk pembakaran. Di Kabupaten Pinrang, tepatnya Desa Padakkalawa merupakan daerah penghasil buah kelapa dan terdapat banyak limbah tempurung kelapa, Untuk mengatasi hal tersebut, maka penulis melakukan penelitian ini dengan menggunakan tempurung sebagai pengganti agregat kasar dalam pembuatan beton dari beton yang sebenarnya. (Murdock, 1986).

Batok kelapa atau tempurung kelapa adalah kulit dalam dari buah kelapa. Tempurung kelapa banyak mengandung SiO_2 sehingga keras sekali, dengan ketebalan 3-6 mm. Berat tempurung sekitar 12 -15 % darii berat keseluruhan buah kelapa, karena buah kelapa itu sendiri terdiri atas sabut 35%, tempurung 12%, daging 28%, dan air kelapa 25% (Gramacom, 2000).

Limbah adalah bahan–bahan yang tidak bisa di pakai lagi sebagai fungsi yang sama. Akan tetapi sebagian besar limbah kelapa dapat di daur ulang dengan manfaat yang berbeda dan berkualitas baik. Disamping itu banyak bermacam jenis pohon kelapa yang hidup di daerah-daerah. Dengan pemanfaatan pohon kelapa atau disebut juga dengan pohon nyiur. Berawal dari akar sebagai bahan obat–obatan, daun sebagai alat pembersih (sapu), batang sebagai bahan konstruksi, serta hingga buahnya sebagai santan atau sebagainya. Tempurung kelapa memiliki beberapa kandungan seperti lignin, pentosan, selulosa, air, solvent ekstraktif, uronat anhidrat, abu, dan nitrogen. Sehingga tempurung kelapa dapat atau tidaknya meningkatkan karakteristik beton.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik beton tersebut. **‘’Karakteristik Beton Menggunakan Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar’’.**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang dikemukakan diatas, maka dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut:

1. Apakah pengaruh tempurung kelapa sebagai pengganti agregat kasar mampu mempengaruhi karakteristik beton, yang meliputu kuat tekan dan kuat lentur beton?
2. Bagaimana pengaruh variasi persentase Tempurung Kelapa terhadap kuat tekan dan lentur beton?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh tempurung kelapa sebagai pengganti agregat kasar terhadap karakteristik beton,kuat tekan dan lentur beton.
2. Untuk mengetahui pariasi presentase tempurung kelapa terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton.

D. Manfaat penelitian

1. Agar pemakaian tempurung dalam pembuatan beton juga memberikan manfaat tersendiri bagi daerah penghasil kelapa
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) terutama dalam bidang konstruksi.
3. Dapat meminimalisir pemkaian material alam yg akan digunakan untuk pembelian agregat kasar.

E. Batasan Masalah

Untuk menghindari kesalahan penelitian seuai dengan tujuan yang di maksud, maka dalam penelitian ini perlu adanya batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Pengambilan sempel tempurung kelapa.
2. Standar pengujian pada penelitian ini mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI).
3. Kuat tekan beton yang direncanakan adalah 20 Mpa.
4. Jumlah benda uji dari masing masing variasi adalah 3 buah dengan variasi Tempurung Kelapa 5%, 15%, dan 25%.
5. Pengujian yang dilakukan hanya pada kuat tekan dan lentur beton.
6. Standar pengujian kuat tekan benda uji menggunakan SNI 1974:2011.
7. Nilai slump yang digunakan 60 – 100 mm dan pengujian slump dillakukan sesuai dengan SNI 1972:2008.

F. Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran umum mengenai penulisan ini, maka berikut ini merupakan uraian mengenai setiap bab yang akan di bahas:

BAB I PENDAHULUAN: Bab ini memuat gambaran secara umum dan merupakan hal yang melatarbelakangi dari penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, kegunaan penelitian, batasan masalah, sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA: Bab ini dikemukakan berbagai landasan teori yang mendukung secara ilmiah penelitian yang di lakukan. Landasan teori ini yang di kemukakan senantiasa sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan sesuai kebutuhan penulis dan sedapat mungkin teori yang di kemukakan cukup mutakhir.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN: Bab ini dikemukakan metode yang akan di gunakan dalam penelitian yang memuat bebrapa hal seperti bahan, alat dan prosedur penelitian, serta analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN: Bab ini memberikan hasil-hasil penelitian yang menjelaskan secara detail dari rangkaian proses penelitian. Hasil-hasil penelitian di sajikan baik berupa tabel, gambar maupun grafik.

BAB V PENUTUP: Bab ini dikemukakan beberapa kesimpulan dari sluruh rangkaian seuruh proses penelitian yang dapat di pertanggung jawabkan secara ilmiah serta di berikan beberapa saran-saran terkait dengan kekurangan penelitian dan upaaya-upaya yang akan di lakukan untuk menyempurnakan penelitian ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Teori Dasar

Tempurung kelapa merupakan limbah (sisa pengolahan) dari industri kopra (daging kelapa kering sebagai bahan baku minyak goreng). Keberadaannya banyak terdapat di sekitar kita, dan pemanfaatannya kebanyakan hanya sebatas sebagai bahan kayu bakar.Bagian tempurung kelapa merupakan bagian yang paling keras dibandingkan dengan bagian kelapa lainnya. Struktur yang keras disebabkan oleh silikat (SiO_2) yang cukup tinggi kadarnya di tempurung tersebut.

Beton yang digunakan sebagai struktur dalam konstruksi teknik sipil, dapat dimanfaatkan untuk banyak hal. Dalam konstruksi gedung, struktur beton digunakan untuk fondasi, kolom, balok, dan pelat. Selain itu struktur beton juga digunakan untuk bangunan air seperti bendung, bendungan, dan drainase perkotaan, serta digunakan juga pada struktur jalan untuk pekerjaan *rigid pavement*. Jadi, beton hampir digunakan dalam semua aspek ilmu teknik sipil.

B. Beton

Beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*) (SNI 2847:2019). Beton merupakan bahan komposit yang berasal dari

campuran adukan semen, agregat halus, agregat kasar, dan air yang dibentuk dengan perbandingan tertentu sehingga menjadi material struktur sesuai dengan mutu yang diinginkan. Karena beton adalah bahan komposit maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuknya. Selain itu,seiring dengan penambahan umur, Beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana (f'c) pada usia 28 hari. Maka dari itu untuk menghasilkan kekuatan beton yang direncanakan diperlukan mix design untuk menentukan proporsi masing masing bahan susun yang diperlukan.

Selain perbandingan bahan susunnya, kekuatan beton ditentukan oleh padat tidaknya campuran bahan penyusun beton tersebut. Semakin kecil rongga yang dihasilkan dalam campuran beton, maka semakin tinggi kuat tekan beton yang dihasilkan. Selain itu, adukan beton diusahakan dalam kondisi yang homogen sehingga tidak terjadi segregasi dalam campuran beton. Didalam konstruksi ada beberapa jenis beton yaitu sebagai berikut :

1. Beton ringan

Berat jenisnya <1900 kg/m3, dipakai untuk elemen non-struktural. Dibuat dengan cara membuat gelembung udara dalam adukan semen, menggunakan agregat ringan seperti tanah liat bakar atau batu apung atau dengan pembuatan beton non-pasir.

2. Beton normal

Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi antara 2200 – 2500 kg/m3 menggunakan agregat alam yang dipecah. Perencanaan campuran beton normal harus didasarkan pada data sifat-sifat bahan yang akan dipergunakan

dalam pembuatan beton. Susunan campuran beton yang diperoleh dari perencanaan harus dibuktikan melalui uji coba yang menunjukkan bahwa proporsi tersebut dapat memenuhi kekuatan beton yang direncanakan.

3. Beton berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang mempunyai berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih 2400 kg/m3 . Jenis beton ini biasanya digunakan untuk kepentingan tertentu seperti menahan radiasi, menahan benturan dan lainnya.

Menurut Wuryati Samekto (2001), beton dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu :

a. Beton kelas I

Beton untuk pekerjaan non struktural dan dalam pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Mutu beton kelas I dinyatakan dengan B1.

b. Beton kelas II

Beton untuk pekerjaan struktural secara umum dalam pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar yaitu B1, K125, K175, dan K225.

c. Beton kelas III

Beton untuk pekerjaan struktral dimana memiliki kekuatan karakteristik yang lebih tinggi dari 225 kg/m^3. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan dibawah tenaga-tenaga ahli. Mutu beton kelas III dinyatakan

dengan huruf K dengan angka dibelakangnya yang menyatakan kekuatan kerakteristik beton yang bersangkutan.

Pada dasarnya tuntutan utama dalam campuran beton adalah mengenai kekuatan tekan beton, keawetan, *workability*, dan harga yang seekonomis mungkin.

C. Agregat

1. Jenis agregat

Agregat ialah material natural ataupun buatan yang berperan sebagai bahan kombinasi beton. Agregat menempati+70% volume beton, sehingga sangat mempengaruhi terhadap sifat apapun kualitas beton, sehingga pemilihan agregat merupakan bagian yang berguna untuk pembuatan beton. Mengingat kalau agregat ialah jumlah yang lumayan besar dari volume beton serta sangat pengaruhi sifat beton, sehingga perlu sesuatu material ini diberi atensi yang lebih detail serta teliti dalam tiap pembuatan suatu campuran beton. Disamping itu, agregat dapat bisa kurangi penyusutan akibat perkerasan beton dan juga mempengaruhi koefisien pemuaian akibat temperatur panas, pemilihan tipe agregat yang akan dipilih bergantung pada kualitas agregat, ketersedianya di lokasi, harga dan tipe kontruksi yang akan memanfaatkannya.

Agregat digolongkan jadi 2 macam, ialah agregat alam serta agregat buatan, agregat alam ialah agregat yang wujudnya natural, tercipta bersumber pada aliran air sungai serta degradasi. Agregat yang tercipta dari aliran air sungai berbentuk bulat dan licin, ataupun agregat yang tercipta dari proses degradasi

berbentuk kubus(bersudut) dan permukaanya kasar. Sedangkan agregat buatan ialah agregat yang berasal dari hasil sambingan pabrik- pabrik semen serta mesin pemecah batu.

Menurut Silvia Sukirman (2003), agregat merupakan buti-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil (fragmen-fragmen) yang berfungsi sebagai bahan campuran atau pengisi dari suatu beton. Sedangkan menurut Tjokrodimulyo (1992) agregat umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok, yaitu :

a. Batu, untuk besar butiran lebih dari 40mm
b. Kerikil, untuk besar butiran antara 5mm sampai 40mm
c. Pasir, untuk butiran antara 0,15mm sampai 5mm

Jenis agregat yang digunakan sebagai bahan susunan beton adalah agregat halus dan agregat kasar.

a. Agregat halus

Agregat halus merupakan seluruh butiran lolos saringan 4, 75 mm. agregat halus untuk beton bisa berbentuk pasir alami, hasil pecahan dari batuan secara alami, ataupun berbentuk pasir buatan yang dihasilkan oleh mesin pemecah batu yang biasa disebut abu batu. Agregat halus tidak boleh memiliki lumpur lebih dari 5%, dan tidak memiliki zat- zat organik yang bisa merusak beton. Manfaatnya merupakan untuk mengisi ruangan antara butir agregat kasar.

Ketentuan agregat halus secara umum berdasarkan SNI 03-6821-2002 adalah sebagai berikut :

1) Agregat halus harus terdiri dari butir-butir tajam dan keras.
2) Butir-butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur karena faktor cuaca. Sifat kekal agregat halus dapat diuji dengan larutan jenuh garam. Jika dipakai natrium sulfat maksimum bagian yang hancur adalah 10% berat.
3) Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), jika kadar lumpurnya melebihi 5% maka pasir harus di cuci.
4) Agregat halus harus mempunyai susunan besar butir dalam batas-batas berikut :

Tabel 2.1 Persentase lolos agregat pada ayakan

Ukuran lubang ayakan (mm)	Persen lolos kumulatif
9,60	100
4,80	95 – 100
2,40	80 – 100
1,20	50 – 85
0,60	25 – 60
0,30	10 – 30
0,15	2 – 10

b. Agregat kasar

Agregat kasar merupakan agregat yang butirannya lebih besar dari 5 mm ataupun agregat yang seluruh butirannya bisa tertahan diayakan 4, 75 mm. agregat kasar untuk beton bisa berbentuk kerikil sebagai hasil dari disintegrasi dari batu-batuan ataupun berbentuk batu pecah yang diperoleh dari pemecahan manual maupun mesin. Agregat kasar mesti terdiri dari butiran- butiran yang keras,

permukaan yang kasar. Agregat kasar harus memenuhi ketentuan kebersihan yaitu, tidak mengandung lumpur lebih dari 1%, serta tidak memiliki zat- zat organik yang bisa merusak beton.

Berat jenis agregat adalah rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume sama pada suhu yang sama. Karena butiran agregat umumnya mengandung butiran pori-pori yang ada dalam butiran tertutup atau tidak berhubungan, maka berat jenis agregat dibedakan menjadi dua istilah, yaitu berat jenis mutlak, jika volume benda padatnya tanpa pori dan berat jenis semu, jika volume benda padatnya termasuk pori-pori tertutupnya.

2. Berat satuan dan kepadatan

Berat satuan agregat adalah berat agregat satu satuan volume, dinyatakan dengan kg/liter atau ton/m3. Jadi berat satuan dihitung berdasarkan berat agregat dalam suatu tempat tertentu, sehingga yang dihitung volumenya ialah volume padat (meliputi pori tertutup) dan volume pori terbuka.

3. Ukuran maksimum agregat

Ukuran maksimum agregat yang biasa dipakai adalah 10 mm, 20 mm, atau 40 mm.

4. Gradasi agregat

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butiran agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam), maka volume pori akan meningkat. Sebaliknya apabila butirannya bervariasi akan menyebabkan volume pori yang kecil. Hal ini dikarenakan butiran berukuran kecil akan mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit.

Tabel 2.2 Batas-batas gradasi dari agregat kasar

Lubang ayakan (mm)	Presentasi berat butir lewat ayakan	
	40 mm	20 mm
40	95 – 100	100
20	30 – 70	95 – 100
10	10 – 35	25 – 55
4,8	0 – 5	0 – 10

5. Kadar air agregat

Kandungan didalam agregat dibagi menjadi beberapa tingkat, yaitu :

a. Kering tungku, dimana agregat benar-benar tidak mengandung air sedikitpun atau dalam kondisi yang dapat secara penuh menyerap air.
b. Kering udara, dimana permukaan agregat kering tetapi memiliki sedikit air di dalam porinya.
c. Jenuh kering muka, yaitu tidak ada air dipermukaan agregat tetapi porinya berisi air sejumlah yang dapat diserap. Dengan begitu butiran tidak mampu menyerap dan menambah komposisi air jika dipakai dalam campuran beton.
d. Basah, dimana butiran mengandung banyak air baik dipermukaan maupun di dalam butiran, sehingga bila dipakai dalam campuran akan menambah komposisi air.

Keadaan kering jenuh muka (*Saturated Surface Dry*) lebih dipakai sebagai standar, karena merupakan kebasahan agregat yang hamper sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah dan mengurangi air dari

pastanya, dan kadar air di lapangan lebih banyak mendekati keadaan SSD dari pada kering tungku.

6. Kekuatan dan keuletan agregat

Kekerasan agregat tergantung dari kekerasn bahan penyusunnya. Agregat dapat menjadi kurang kuat disebabkan dua faktor yaitu, karena mengandung bahan yang lemah atau berasal dari partikel butir yang kuat tapi tidak melekat dengan kuat dan pada umumnya kekuatan dan elastisitas agregat berdasarkan dari jenis batuan, tekstur serta struktur butirannya, hal ini dikarenakan agregat adalah komposisi terbesar dari campuran beton sehingga kekuatan agregat akan mempengaruhi kekuatan beton.

D. Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri darisilikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebahagi bahan tambahan. Fungsi semen ialah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat, selain itu juga untuk mengisi rongga diantara butiran-butiran agregat.

Semen Portland dihasilkan melalui beberapa tahapan, sehingga sangat halus dan memiliki sifat adhesife serta kohesif. Semen dihasilkan dengan cara membakar kabonat atau batugamping yang mengandung alumunia dalam proporsi tertentu. Setelah itu didinginkan dan dihaluskan sampai seperti bubuk. Lalu ditambahkan gips atau kalsium sulfat ($CaSO_4$) kira-kira 2-4% sebagai bahan pengontrol waktu pengikatan. Bahan tambahan lain terkadang ditambahkan juga

untuk membentuk semen khusus misalnya kalsium klorida untuk menjadikan semen yang cepat mengeras. Semen biasanya dikemas dalam kantong 40kg/50kg.

Tabel 2.3 Susunan oksida semen portland

No.	Oksida	Persentase
1	Kapur (Ca 04)	60 – 65
2	Silika (SiO2)	17 – 25
3	Aluminia (Al2O3)	3 – 8
4	Besi (Fe2O3)	0,5 – 6
5	Magnesia (MgO)	0,5 – 4
6	Sulfur (SO3)	1 – 2
7	Soda / Portash (Na2O + K2O)	0,5 – 1

Menurut SII 0031-81 (Tjokrodimulyo, 1996), semen Portland dibagi menjadi lima jenis, namun untuk penggunaan umum biasanya hanya digunakan jenis semen tipe 1 (satu) karena tidak memerlukan persyaratan khusus terhadap panas hidrasi dan kekuatan tekan awal serta cocok dipakai pada tanah dan air yang mengandung sulfat antara 0-0,10%.

Untuk keperluan campuran pembuatan beton, semen harus memenuhi syarat-syarat sesuai dengan Standar Normalisasi Indonesia (SNI) sebagai berikut:

1. waktu pengikatan awal untuk segala jenis semen tidak boleh kurang dari 1jam (60 menit).
2. Pengikatan awal semen normal 60 – 120 menit.
3. Air yang digunakan memenuhi syarat air minum, yaitu bersih dari zat organis yang dapat mempengaruhi proses pengikatan awal.
4. Suhu ruangan 23° C.

E. Air

Air adalah bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia dengan semen untuk membentuk pasta semen. Air juga dipakai untuk pelumas antara butiran dalam agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air dalam campuran beton menyebabkan terjadinya proses hidrasi dengan semen. Jumlah air yang yang berlebihan akan menurunkan kekuatan beton. Namun air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi yang tidak merata. Pada umumnya air yang dapat diminum digunakan sebagai campuran beton. Ciri-ciri air yang baik untuk campuran beton adalah tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa.

Jenis-jenis air untuk campuran beton :

1. Air hujan, air hujan menyerap gas dan udara pada saat jatuh ke bumi. Biasanya air hujan mengandung unsur oksigen, nitrogen dan karbondioksida.
2. Air permukaan, terdiri dari air sungai, air danau, air genangan, dan air reservoir. Air sungai atau danau dapat digunakan sebagai air pencampuran beton asal tidak tercemar limbah industri. Sedangkan air rawa atau genangan yang mengandung zat-zat alkali tidak dapat digunakan.
3. Air tanah, biasanya mengandung unsur kaiton dan anion. Selain itu juga kadang-kadang terdanpar unsur CO_2, H_2S dan NH_3.
4. Air laut, air laut mengandung 30.000 – 36.000mg/liter gram (3 %-3,6 %) dapat digunakan sebagai air campuran beton tidak bertulang. Air laut yang mengandung garam diatas 3% tidak boleh digunakan untuk campuran beton. Untuk beton pra tekan, air laut tidak diperbolehkan karena akan mempercepat korosi pada tulangannya.

Air yang dipergunakan harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Tidak mengandung lumpur dan benda melayang lainnya yang lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam atau asam yang dapat merusak beton, zat organik dan sebagainya lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida (C1) yang lebih dari 1 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

F. Karakteristik Beton

Beton merupakan campuran bahan-bahan yang mempunyai sifat dan karakteristik yang berbeda-beda. Penggabungan bahan-bahan tersebut (Semen, pasir, tempurung kelapa, air) akan membentuk suatu karakteristik unik dari beton. Adapun karakteristik beton terdiri dari :

1. Kuat Tekan

Kuat tekan beton ringan selain berhubungan dengan perencanaan campuran adukan beton ringan, juga mempunyai hubungan yang unik dengan karakteristik beton ringan yang lainnya seperti berat isi, kuat tekan, modulus elastisitas, kuat tarik belah, kuat lentur dan kuat lekat tulangan. Kuat tekan merupakan gambaran mutu beton. Menurut SNI 03-1974-1990 yang dimaksudkan dengan kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu. yang dihasilkan oleh mesin uji

tekan.



Gambar 2.1. Pengujian Kuat Tekan

2. Kuat lentur

Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu.yang diberikan padanya sampai balok beton patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa). Kuat tarik dalam lentur dikenal sebagai modulus runtuh (*Moduluss of Rupture*). Untuk batang yang mengalami lentur yang dipakai dalam desain adalah besarnya modulus runtuh (*fr*). Dalam sebuah balok elastis homogen yang menerima momen lentur, tegangan

Patahnya benda uji di daerah pusat pada 1/3 jarak titik perletakkan dan bagian tarik beton, kuat lentur beton dihitung dengan rumus :

$$fr = \frac{p.l}{b.d^2}$$

Sedangkan untuk menghitung kuat lentur beton, dimanapatahnya benda uji di luar pusat adalah:

$$fr = \frac{3\ p.a}{b.d^2}$$

Keterangan :

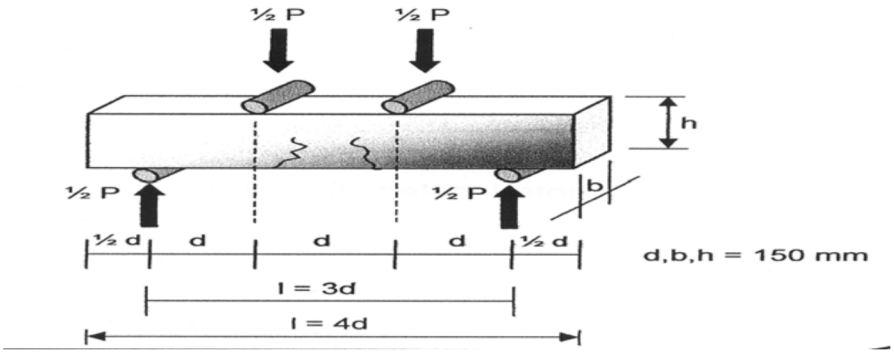
fr = Kuat lentur benda uji (N/mm^2),

P = Beban maksimum dari mesin benda uji (N)

l = Jarak perletakan (mm), b = Lebar tampang lintang patah horizontal (mm)

h = Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

a = Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar (mm).



Gambar 2.2. *Set up* pengujian kuat lentur beton

Menurut SK SNI T-15-1991-03 Pasal 3.2.5 ditetapkan secara empiris besarnya modulus runtuh *(fr)* beton ringan sebagai berikut :

$$fr = 0.75\ (0.70\sqrt{f1.c}\ /\ D$$

Keterangan :

fr = Kuat lentur (MPa), *f'c* = Kuat tekan (MPa)

G. Penelitian Terdahulu

1) Nicodemus Rupang *2009: analisis kuat tekan beton ringan tempurung kelapa

   Hasil dari penelitian yaitu:

a. Kuat tekan rata-rata tertinggi adalah 13,02 MPa pada fraksi volume tempurung (nf) 0,35 sedangkan kuat tekan rata-rata terendah adalah 5,36 MPa yaitu pada fraksi volume tempurung (nf) 0,50. Sehingga dapat diketahui bahwa semakin besar nilai fraksi volume tempurung (nf) maka kuat tekan beton akan semakin menurun.

b. Berat isi beton tempurung yang diperoleh berkisar antara 1.531 kg/m3 – 1.672 kg/m3, sehingga beton tempurung dapat dikategorikan sebagai beton ringan.

2) I Wayan Suarnita * 2010 Karakteristik beton ringan dengan menggunakan tempurung kelapa sebagai bahan pengganti agregat kasar

Hasil dari penelitian yaitu:

a. Berat isi rata-rata sebesar 1.701 kg/m3.

b .Kuat tekan beton ringan tempurung kelapa dengan menggunakan komposisi campuran adukan 1 : 2 dan fraksi volume tempurung kelapa (nf) = 0.35 menghasilkan nilai kuat tekan tempurung kelapa sebesar 14.054 MPa.

c. Modulus elastisitas beton ringan tempurung kelapa hasil uji diperoleh dari kemiringan kurva pada kurva daerah elastis (0.5 f’c) adalah sebesar 4595.590 MPa dan diperoleh regangan pada saat tegangan maksimum rata-rata (εc) yaitu 0.0085

d. Hasil pengujian kuat tarik belah beton ringan tempurung kelapa rata-rata sebesar 1.713 MPa. .

e. Hasil pengujian kuat lentur beton ringan tempurung kelapa pada umur 28 hari diperoleh kuat lentur rata-rata sebesar 2.329 MPa. f. Hasil pengujian

kuat lekat tulangan beton ringan tempurung kelapa diperoleh kuat lekat tulangan ratarata sebesar 10.308 MPa.

3) Juanita1, Sulfah Anjarwati 2 2014 Kajian Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Beton Ringan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan nilai slump 10 cm, faktor air semen 0,6 dan ukuran maksimal agregat kasar 4 cm diperoleh hasil kesimpulan sebagai berikut :

a. Penyerapan air dan porositas beton normal lebih kecil dibandingkan dengan beton dengan variasi penambahan tempurung kelapa

b. Berat jenis beton normal 2350,03 kg/m3, 8 % tempurung kelapa 2202,52 kg/m3 masuk kedalam jenis beton normal dengan berat jenis 2200 – 2400 kg/m3.

4) Iwan Rustendi 2004 pengaruh pemanfaatan tempurung kelapa sebagai material serat terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton

Hasil dari penelitiannya yaitu:

Beberapa kesimpulan dari penelitian ini antara lain :

1. Penambahan tempurung kelapa pada adukan beton akan menurunkan kuat tekannya. Makin besar persentase tempurung kelapa yang ditambahkan makin besar pula penurunannya.

2. Penambahan tempurung kelapa pada adukan beton akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kuat Tekan. Dari beberapa persentase yang dicoba yaitu 5%, 10%, dan 15% persentase terbesar memberikan efek terbesar pula. 3. Karena ada sebagian massa/volume agregat

kasar tereliminasi oleh tempurung kelapa, maka berat jenis betonnya menjadi berkurang.

5) Moch. Alif Serang D. S. 1 , Dewi Pertiwi2 2021 Pengaruh pecahan tempurung kelapa sebagai pengganti sebagian agregat kasar dan flyash sebagai pengisi pada campuran betom ditinjau dari kuat tekan beton.

   Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 14 hari kuat tekan yang optimal dengan variasi 2% tempurung kelapa + 20% fly ash sebesar 25 Mpa dan beton yang optimal pada 28 hari terdapat variasi tempurung kelapa pada beton normal dengan nilai kuat tekan beton sebesar 30,07 Mpa. Berdasarkan pengujian kuat tekan beton pada umur 14 hari didapatkan hasil rata-rata perbandingan antara kuat tekan beton normal dengan kuat tekan beton yang menggunakan variasi limbah tempurung kelapa dan limbah fly ash. Hasil kuat tekan tersebut sebesar 24,14 Mpa untuk beton normal; 25 Mpa untuk variasi 2% tempurung kelapa + 20% fly ash; 21,23 Mpa untuk variasi 3% tempurung kelapa + 20% fly ash; 16,87 Mpa untuk variasi 4% tempurung kelapa + 20%

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yang merupakan metode penelitian yang banyak menuntut penggunaan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampilandari hasilnya disertai gambar, tabel, atau grafik. Kemudian data hasil penelitian dianalisis sesuai dengan prosedur pengujian laboratorium. Metode penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental yaitu dengan membandingkan antara 3 variasi campuran untuk mengetahui bagaimana kuat tekan beton dan lentur beton.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi pembuatan benda uji, pemeliharaan, dan pengujian dilaksanakan di laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare dan waktu penelitian dilakukan selama 3 bulan mulai pada bulan Agustus sampai Oktober 2021

C. Teknik Pengumpulan Data

1. Data Primer

Data yang diperoleh melalui eksperimen di Laboratorium Struktur dan Bahan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare. Penelitian ini berfokus pada variasi campuran dari tempurung kelapa yang akan dijadikan sebagai pengganti agregat kasar. Jumlah sampel yang dibutuhkan pada setiap variasi adalah:

a. Beton Normal 9 buah
b. Beton dengan campuran tempurung kelapa 5% 9 buah
c. Beton dengan campuran tempurung kelapa 15% 9 buah
d. Beton dengan campuran tempurung kelapa 25% 9 buah

Tabel 3.1 Variasi campuran tempurung kelapa kuat tekan

Variasi campuran beton	Umur beton (hari)			Jumlah
	7	21	28	
Beton Normal	3	3	3	9
Beton campuran tempurung kelapa 5%	3	3	3	9
Beton campuran tempurung kelapa 15%	3	3	3	9
Beton campuran tempurung kelapa 25%	3	3	3	9
Total				36

Tabel 3.2 Variasi campuran tempurung kelapa kuat lentur

Variasi campuran beton	Umur beton (hari)	Jumlah
	28	
Beton Normal	2	2
Beton campuran tempurung kelapa 5%	2	2
Beton campuran tempurung kelapa 15%	2	2
Beton campuran tempurung kelapa 25%	2	2
		8

2. Data sekunder

Data sekunder sebagai pendukung merupakan gambaran pada daerah studi. Pengumpulan data sekunder merupakan pengumpulan data secara tidak langsung dari sumber/objek. Data-data diperoleh dari tulisan seperti buku-buku teori, buku laporan, peraturan-peraturan, dan dokumen baik yang berasal dari instansi terkait maupun hasil kajian literature.

D. Bahan dan benda Uji Penelitian

1. Adapun bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :
   a. Agregat

      Agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar dan agregat halus

   b. Semen

      Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Portland

   c. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini air dari Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Muhammadiyah Parepare

d. Limbah Tempurung

Limbah tempurung yang digunakan di dalam penelitian ini diambil dari kab.pinrang

2. Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Saringan

Saringan yang dipakai dalam menentukan gradasi agregat yaitu saringan dengan lubang saringan sebesar 25 mm, 19.5 mm, 9.5 mm, 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.60 mm, 0.30 mm, dan 0.15 mm.

b. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan agregat pada pengujian kadar air dan berat jenis

c. Gelas Ukur

Gelas ukur berfungsi untuk mengukur banyaknya air yang digunakan pada pembuatan beton

d. Timbangan

Timbangan difungsikan untuk menimbang bahan-bahan benda uji

e. Cetakan Beton

Cetakan beton yang digunakan adalah cetakan silinder ukuran 15 cm x 30 cm

f. *Compression Testing Machine*

Digunakan untuk menguji kuat tekan benda uji beton

g. *Concrete mixer* / mesin pencampur

h. *Hydraulic Concrete Beam*

Digunakan untuk menguji kuat lentur bende uji beton

i. Molen

Digunakan untuk mencampur semua bahan-bahan benda uji

E. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat

Pengujian ini dilakukan guna mengetahui berat jenis agregat serta tingkat penyerapan air. Jumlah berat jenis yang diperiksa adalah untuk agregat dalam keadaan kering, berat kering permukaan (*Saturated Surface Dry*), berat jenis semu (*Apparent*). Adapun keterangan dari berat jenis yang diperiksa adalah sebagai berikut:

1. Berat jenis kering permukaan (*Bulk Specific Grafity*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu
2. Berat jenis permukaan (SSD) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu
3. Berat jenis semu (*Apparent Specific Grafity*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu
4. Penyerapan adalah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

Adapun prosedur percobaan adalah sebagai berikut :

a. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan
b. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 105° C sampai berat tetap
c. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama satu jam, kemudian menimbang dengan ketelitian 0,5 gram (Bk)
d. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar
e. Keluarkan benda uji dari dalam air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (SSD), untuk butiran yang besar pengering harus satu persatu
f. Timbang benda uji kering permukaan jenuh (Bj)
g. Letakkan benda uji dalam keranjang, goncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekapdan menentukan beratnya dalam air (Ba)
h. Ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan ke suhu standar (25° C)
i. Berikut adalah perhitungan yang digunakan dalam menentukan berat jenis agregat :

1. Berat jenis (Bulk Specify Gravity) $= \frac{Bk}{(Bj-Ba)}$ ..... (2)
2. Berat jenis SSD $= \frac{Bk}{(Bj-Ba)}$ ..... (3)
3. Berat jenis semu $= \frac{Bk}{(Bk-Ba)}$ ..... (4)
4. Penyerapan (Arbsorbsi) $= \frac{(Bj-Bk)}{Bk} \times 100\,\%$ ..... (5)

Dimana :

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

Bj = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

Ba = Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gram)

F. Perkiraan Kadar Agregat

1. Perkiraan kadar agregat kasar

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volume beton. Volume agregat kasar per satuan volume beton dapat dilihat pada Tabel 5 atau dilakukan perhitungan secara analisis atau grafis .

Untuk beton dengan tingkat kemudahan pengerjaan yang lebih baik bila pengecoran dilakukan memakai pompa, atau bila beton harus ditempatkan ke dalam cetakan dengan rapatnya tulangan baja, dapat mengurangi kadar agregat kasar sebesar 10% dari nilai yang ada dalam Tabel. Namun demikian tetap harus berhati-hati untuk meyakinkan agar hasil-hasil uji slump, rasio air-semen atau rasio air - (semen + bahan bersifat semen), dan sifat-sifat kekuatan dari beton tetap memenuhi rekomendasi serta memenuhi persyaratan spesifikasi proyek yang bersangkutan

Tabel 3.3 Volume agregat kasar per satuan volume beton (Sumber: SNI 7656:2012)

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven (SSD) per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60

Lanjutan **Tabel 3.3**

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven (SSD) per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Volume ini dipilih dari hubungan empiris untuk menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan untuk pekerjaan konstruksi secara umum. Untuk beton yang lebih kental (kelecakan rendah), seperti untuk konstruksi lapis lantai (pavement), nilainya dapat ditambah sekitar 10%.

Untuk menentukan berat agregat kasar yang digunakan dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$W = V \times SSD$ ..... *(6)*

Dimana :

W = Berat agregat kasar

V = Volume agregat kasar

SSD = Berat jenis permukaan agregat kasar

2. Perkiraan kadar agregat halus

Prosedur yang dapat digunakan untuk menentukan agregat halus adalah metoda berdasarkan berat atau metoda berdasarkan volume absolut. Bila berat per satuan volume beton dapat dianggap atau diperkirakan dari pengalaman, maka berat agregat halus yang dibutuhkan adalah perbedaan dari berat beton segar dan berat total dari bahan-bahan lainnya. Umumnya, berat satuan dari beton telah

diketahui dengan ketelitian cukup dari pengalaman sebelumnya yang memakai bahan-bahan yang sama. Dalam hal informasi semacam ini tidak diperoleh, Tabel 6 dapat digunakan untuk perkiraan awal. Sekalipun bila perkiraan berat beton per m3 tadi adalah perkiraan cukup kasar, proporsi campuran akan cukup tepat untuk memungkinkan penyesuaian secara mudah berdasarkan campuran percobaan

Tabel 3.4 Perkiraan awal berat beton segar (Sumber: SNI 7656:2012)

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m3	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Untuk mendapatkan volume agregat halus yang disyaratkan, satuan volume beton dikurangi jumlah seluruh volume dari bahan-bahan yang diketahui, yaitu air, udara, bahan yang bersifat semen, dan agregat kasar. Volume beton adalah sama dengan berat beton dibagi densitas bahan

3. Komposisi bahan campuran

Tabel 3.5 Persentase komposisi bahan

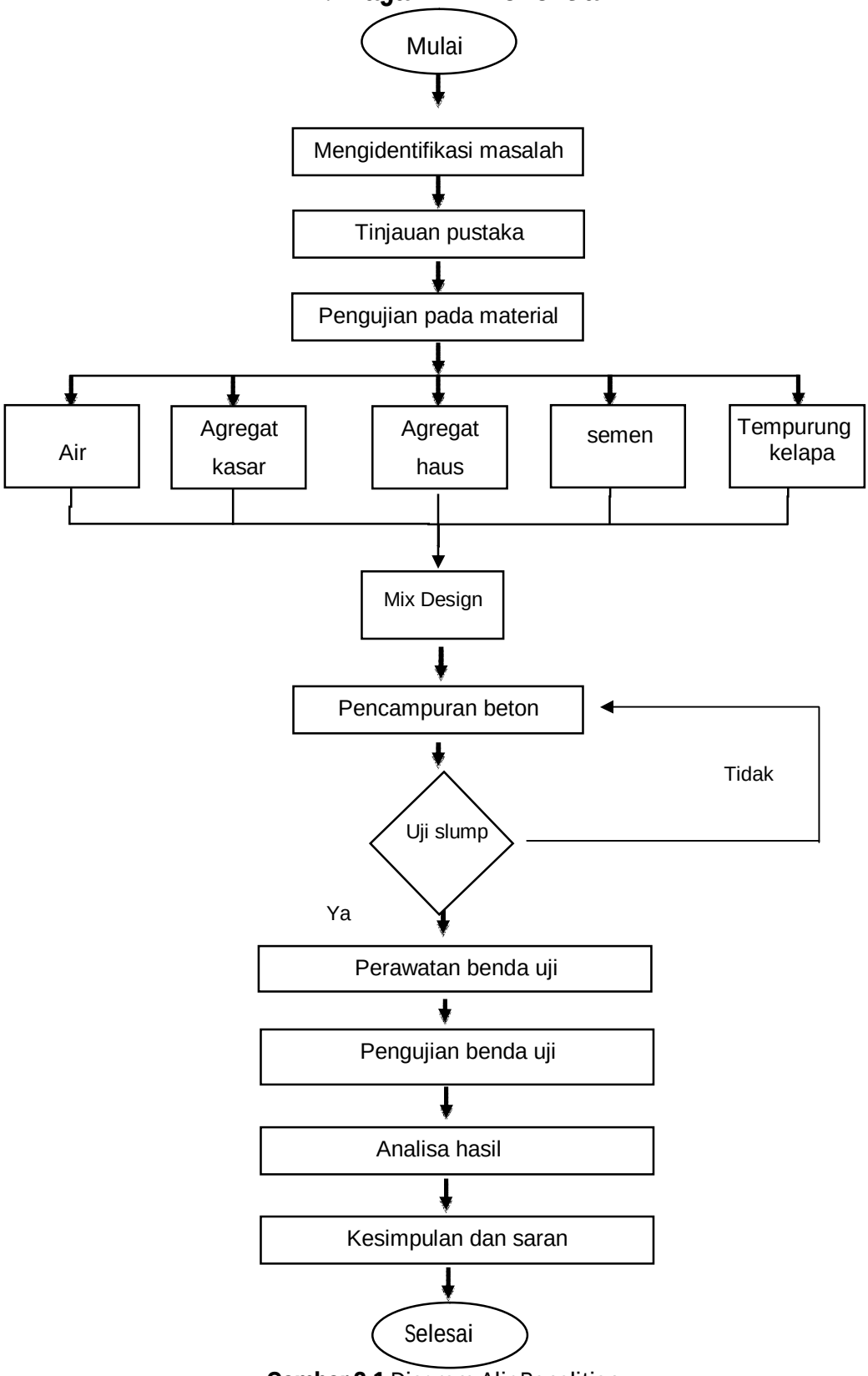
Kode	semen	Agregat halus	agregat kasar	Tempurung kelapa	Air
B 0 %	100%	100%	100%	0%	100%
B 5 %	100%	100%	95%	5%	100%
B 15 %	100%	100%	85%	15%	100%
B 25%	100%	100%	75%	25%	100%

G. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang dipakai pada penelitian ini menggunakan analisa parametrik deskriptif. Data hasil uji kuat tekan beton diperoleh dari pembagian antara beban maksimum benda uji dengan luas penampang benda uji, selanjutnya data akan disajikan delam bentuk tabel maupun grafik. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menimbang berat benda uji sebelum pengujian dilakukan.
2. Meletakkan benda uji pada Universal Testing Machine.
3. Menghidupkan Universal Testing Machine dan benda uji akan mengalami penambahan beban sehingga dapat dibaca besarnya kekuatan tekan yang ditunjukkan dengan manometer.
4. Benda uji akan retak apabila beban yang diberikan telah mencapai batas maksimum dari beban yang mampu ditahan benda uji. Pada saat retak, jarum manometer akan berhenti pada titik maksimum yang mampu ditahan oleh benda uji.

H. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Material

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

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Material Agregat Kasar *(sumber: hasil olah data)*

No	Jenis pengujian	Hasil	Syarat	Keterangan
1	Kadar air	2,00%	0,5 - 2%	Memenuhi
2	Kadar lumpur	0,85%	Maksimal 1%	Memenuhi
3	Berat jenis	2,78	1,6 – 3,3	Memenuhi
4	Absorsi	1,11%	Maksimal 4%	Memenuhi
5	Berat volume lepas	1,67 Kg/liter	1,6 –1,9 Kg/liter	Memenuhi
6	Berat volume padat	1,83 Kg/liter	1,6 –1,9 Kg/liter	Memenuhi
7	Pemeriksaan keausan	23,2%	Maksimal 50%	Memenuhi

Dari hasil pengujian material agregat kasar pada beton normal untuk kadar air 2,00%, kadar lumpur 0.85%, berat jenis 2.78, absorsi 1.11%, berat volume lepas 1.67 kg/liter, berat volume padat 1.83 kg/liter dan keausan 23.2%. Jadi dari hasil pengujian yang didapat bahwa agregat kasar yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton, dapat dipakai karena memenuhi standar yang ditentukan pada SNI 03-2834-2000.

Tabel 4.2. Hasil pengujian pada material agregat halus. *(sumber: hasil olah data)*

No	Jenis pengujian	Hasil	Syarat	Keterangan
1	Kadar air	2,56%	2 – 5%	Memenuhi
2	Kadar lumpur	2,40%	Maksimal 5%	Memenuhi
3	Berat jenis	2,75	1,6 – 3,3	Memenuhi
4	Absorsi	1,82%	0,2 – 2%	Memenuhi
5	Berat volume lepas	1,42 Kg/liter	1,4 –1,9 Kg/liter	Memenuhi
6	Berat volume padat	1,72 Kg/liter	1,4 –1,9 Kg/liter	Memenuhi
7	Kadar organik	No.1	< No.3	Memenuhi

Dari hasil pengujian material agregat halus pada beton normal untuk kadar air 2,93%, kadar lumpur 2,40%, berat jenis 2.75, absorsi 1.82%, berat volume lepas 1.42 kg/liter, berat volume padat 1.72 kg/liter dan kadar organik terdapat pada warna no.1. Jadi dari hasil pengujian yang dapat bahwa agregat halus yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton, dapat dipakai karena memenuhi standar yang telah ditentukan pada SNI 03-2834-2000.

Tabel 4.3 Hasil pengujian pada material agregat Tempurung Kelapa *(sumber: hasil olah data)*

No	Jenis pengujian	Hasil	Syarat	Keterangan
1	Kadar air	1,64%	0,5 – 2%	Memenuhi
2	Kadar lumpur	0,86%	Maksimal 1%	Memenuhi
3	Berat jenis	1,98	1,6 – 3,3	Memenuhi
4	Absorsi	1,27%	Maksimal 4%	Memenuhi
5	Berat volume lepas	1,60 Kg/liter	1,6 –1,9 Kg/liter	Memenuhi
6	Berat volume padat	1,70Kg/liter	1,6 –1,9 Kg/liter	Memenuhi
7	Keausan	88,8%	Maksimal 50%	Tidak Memenuhi

Dari hasil pengujian material agregat kasar pada beton normal untuk kadar air 1.64%, kadar lumpur 0.86%, berat jenis 1,98, absorsi 1,27%, berat volume lepas 1.60 kg/liter, berat volume padat 1.70 kg/liter dan keausan Jadi dari hasil pengujian yang didapat bahwa agregat kasar yang akan digunakan sebagai bahan

campuran beton, dapat dipakai karena memenuhi standar yang ditentukan pada SNI 03-2834-2000.

B. Mix Design

1. Beton Normal

a. Data Material

Berat jenis pasir : 2,75 kg/m^3

Berat jenis kerikil : 2,78 kg/m^3

Berat jenis semen : 3,15 kg/m^3

Modulus halus butir pasir : 3,793 mm

Ukuran maksimum agregat : 20 mm

Kering permukaan Split/Kerikil (SSD) : 1,83 kg/m^3

Kuat dasar rencana (fc') : 20 MPa = 200 kg/m^2

Jenis konstruksi : Balok dan Kolom

b. Berdasarkan SNI 03-2834-2000

1) Standar deviasi (Sr): 5,6 MPa

Tabel 4.4 Deviasi standar sebagai ukuran mutu pelaksanaan (sumber: SNI 03-2834-2000)

.

Isi pekerjaan		Deeviasi standar (Mpa)		
Sebutan	V volume Beton (m^3)	Baik Sekali	Baik	Dapat Diterima
Kecil	< 1000	5 < S <5,5	5< S < 6,5	5< S < 8,5
Sedang	1000-3000	5 < S < 4,5	5< S < 5,5	5 < S < 7,5
Besar	> 3000	5 < S < 3,5	5 < S < 4,5	5< S < 6,5

2) Nilai tambah (margin):

M = 1,64 × Sr (untuk Sr >4 MPa)

= 1,64 × 5,6

= 9,18 kg/m^2

3) Kuat tekan rata-rata (Fcr) uji silinder 28 hari:

Fcr = f'c+ M

= 25,0 + 9,18

= 34,18 kg/m

4) Volume Air yang diperlukan tiap m^3 adukan beton

Slump (cm)	air yang diperlukan tiap m^# adukan beton (ltr/kg) untuk ukuran agregat maksimum (mm)							
	9,6	12,5	19,6	25	38,1	50	76,2	150
Beton Biasa (*non-air entrained*)								
2,5-5,0	213	203	188	183	168	157	147	127
7,5-10,0	234	223	208	198	183	173	163	142
15,0-17,5	248	234	218	208	193	183	173	152
Kira kira udara terperangkap (%)	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2
Beton Bergelembung Udara (*air entrained*)								
2,5-5,0	188	183	168	157	147	137	127	111
7,5-10,0	208	198	183	173	163	152	142	122
15,0-17,5	218	208	193	183	173	163	152	132
Kira kira udara terperangkap (%)	8,0	7,0	6,0	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0

Gambar 4.1 Volume Air yang diperlukan tiap m^3 adukan beton untuk berbagai nilai slump dan ukuran agregat maksimum (sumber: SNI 03-2834-2000)

Bila di tabel tidak ditemukan, maka dilakukan perhitungan interpolasi pembacaan tabel berdasarkan ukuran agregat maximum dan nilai slump. Ukuran agregat maksimum yaitu 20 mm yang berada diantara 25,0 mm dan 19,6 mm maka:

a) Berat Air

Diketahui:

Y	=	20 mm	X1	=	198 lt
Y1	=	25,0 mm	X2	=	208 lt
Y2	=	19,6 mm			

Ditanyakan:

X = ?

Maka:

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

$$X = 198 + \left(\left(\frac{(20 - 25{,}0)}{(19{,}6 - 25{,}0)} \right) \times (208 - 198) \right)$$

$$X = 207{,}3 \text{ lt}$$

b) Perkiraan udara yang terperangkap

Diketahui:

Y	=	20,0 mm	X1	=	1,5 %
Y1	=	25,0 mm	X2	=	2,0 %
Y2	=	19,6 mm			

Ditanyakan:

X = ?

Maka:

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

$$X = 1{,}5 + \left(\left(\frac{(20{,}0 - 25{,}0)}{(19{,}6 - 25{,}0)} \right) \times (2{,}0 - 1{,}5) \right)$$

$$X = 2{,}0\ \%$$

5) Penentuan Faktor Air Semen (FAS)

Jenis Konstruksi	Keadaan Cuaca luar					
	Perubahan suhu yang berbahaya berkali-kali dari air beku dan cair (hanya untuk beton air-entrained)			Bersuhu Sedang		
	Di udara	Di permukaan air atau di daerah naik turunnya /pancaran air		Di udara	Di permukaan air atau di daerah naik turunnya/pancaran air	
		Air Sejuk	Air Es		Air Sejuk	Air Es
Tampang tipis seperti: beton untuk tepi jalan, strip-strip, tiang bertulang, pipa beton hiasan dan semua beton yang selimutnya < 2 cm	0,500	0,445	0,408	0,545	0,500	0,408
Tampang sedang seperti : dinding penahan tanah, pilar, balok, kolom	0,545	0,500	0,455		0,545	0,455
Bagian luar dari beton massa yang berat	0,590	0,500	0,455		0,545	0,455
Beton yang di tuang di dalam air		0,455	0,455		0,455	0,455
Pelat yang ditempatkan di permukaan tanah	0,545					

Gambar 4.2 Faktor Air Semen (ltr/kg semen) untuk berbagai jenis konstruksi dan keadaan cuaca maka, FAS 1 = 0,545
(sumber: SNI 03-2834-2000)

Tabel 4.5 Faktor air semen dan kemungkinan kuat desak beton umum 28 hari*(sumber: SNI 03-2834-2000)*

Faktor Air Semen	Kemungkinan Kuat Desak Beton umum 28 hari (kg/cm2)	
	Beton biasa (non-air entrained)	Beton bergelembung Udara (air entrained)
0,36	420	340
0,45	350	280
0,54	280	225
0,63	225	185
0,72	175	140
0,81	140	115

Ukuran kuat tekan rencana (Fcr) yaitu 348,4 kg/cm2 yang berada diantara 350 dan 280 maka nilai FAS 2:

Diketahui:

Y = 334,5 kg/cm2 X1 = 0,45
Y1 = 350 kg/cm2 X2 = 0,54
Y2 = 280 kg/cm2

Ditanyakan:

X = ?

Maka:

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

$$X = 0{,}45 + \left(\left(\frac{(334{,}5 - 350)}{(280 - 350)} \right) \times (0{,}54 - 0{,}45) \right)$$

$$X = 0{,}47$$

Dari nilai FAS 1 dan FAS 2, diambil nilai terkecil sebagai nilai FAS yang akan digunakan, yaitu 0,45.

6) Berat semen tiap 1 m^3 beton

W air = 207,3 lt

W semen = $\frac{\text{W air}}{\text{FAS}} = \frac{207{,}3 \text{ lt}}{0{,}47}$ = 441,10 kg/m^3 = 0,441 ton

Volume semen = $\frac{\text{W semen (ton)}}{\text{BJ semen}} = \frac{0{,}441}{3{,}15}$ = 0,140 m^3

7) Berat kerikil tiap 1 m^3 beton

Tabel 4.6 Volume agregat tiap satuan volume adukan beton*(sumber: SNI 03-2834-2000)*

Ukuran Butir maksimum Agregat/batuan (mm)	Volume Kricak kering tusuk (SSD) tiap satuan Volume Beton untuk berbagai nilai Modulus Halus Butir (MHB)			
	2,4	2,6	2,8	3,0
9,5	0,46	0,44	0,42	0,40
12,7	0,55	0,53	0,51	0,49
19,2	0,65	0,63	0,61	0,59
25,0	0,70	0,68	0,66	0,64
38,1	0,76	0,74	0,72	0,70
50,0	0,79	0,77	0,75	0,73
76,0	0,84	0,82	0,80	0,78
150,0	0,90	0,88	0,86	0,84

Nilai berat jenis kerikil yaitu 2,69 yang berada diantara 2,6 dan 2,8 dengan ukuran butir maksimum agregat/batuan 20 mm yang berada diantara 19,2 mm dan 25,0 mm maka Volume kerikil:

Diketahui:

Y	=	3,79 mm	X1	=	0,59
Y1	=	3,0 mm	X2	=	0,61
Y2	=	2,8 mm			

Ditanyakan:

X = ?

Maka:

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

$$X = 0{,}59 + \left(\left(\frac{(3{,}79 - 3{,}0)}{(2{,}8 - 3{,}0)}\right) \times (0{,}61 - 0{,}59)\right)$$

$$X = 0{,}59$$

Berat kering tusuk SSD = 1,825 kg/lt

W kerikil = V kerikil × SSD = 0,59 × 1,825 = 1,077 ton = 1076,934 kg

Volume semen = $\frac{\text{W kerikil (ton)}}{\text{BJ kerikil}} = \frac{1{,}077}{2{,}78}$ = 0,388 m3

8) Berat pasir tiap 1 m3 beton

V. Semen = 0,140 m³

V. Kerikil = 0,388 m³

V. Air = 0,207 m³

V. Udara = 0,020 m³

V. Pasir = 1 – (V. semen + V. kerikil + V. Air + V. Udara)

= 1 – (0,140 + 0,388 + 0,207 + 0,020)

= 0,245 m³

W. pasir = V. Pasir × BJ Pasir

= 0,245 × 2,75 = 0,673 ton

= 673,257 kg

9) Kebutuhan campuran bahan untuk 1 m3 beton

W semen = 441,10 kg/m3

W pasir = 673,257 kg/m3

W kerikil = 1076,934 kg/m3

W air = 207,3 lt/m3

Perbandingan berat = semen : pasir : kerikil : air = 1 : 1,53 : 2,44 : 0,47

10) Kebutuhan Bahan Pembuatan Benda Uji Beton

a. Untuk Silinder:

Dibutuhkan beton berbentuk silinder sejumlah 36 buah.

Diameter (d) = 0,15 m

Tinggi (h) = 0,3 m

Volume 1 silinder = 0,0053 m3

Volume total silinder = 0,1909 m3

Agar tidak terjadi kekurangan bahan maka diperlukan penambahan volume silinder sebesar 25%.

Volume tambahan = 0,0477 m3

Volume total = silinder + tambahan = 0,2386 m3

b. Untuk Balok:

Dibutuhkan beton berbentuk balok sejumlah 8 buah.

Panjang (p) = 0,6 m

Lebar (l) = 0,15 m

Tinggi (h) = 0,15 m

Volume 1 balok = 0,0135 m3

Volume total balok = 0,108 m3

Agar tidak terjadi kekurangan bahan maka diperlukan penambahan volume balok sebesar 25%.

Volume tambahan = 0,027 m3

Volume total = 0,135 m3

Tabel 4.7 *Mix Design* kebutuhan bahan utuk 1 silinder *(sumber: hasil olah data)*

No	Variasi Campuran(%)	Semen (kg)	Kerikil (kg)	Pasir (kg	Air (lt)	Tempurung kelapa(kg)
1	Normal	2,92	7,14	4,46	1,37	0
2	5	2,92	6,80	4,46	1,37	0,33
3	15	2,92	6,14	4,46	1,37	0,99
4	25	2,92	5,47	4,46	1,37	1,67

Berdasarkan hasil yang didapat di laboratorium untuk perancangan campuran (*Mix design)* dengan menggunakan Beton Normal untuk 1 (satu) sampel silinder yaitu, air 1,37 lt, semen 2,92 kg, agregat halus 4,46 kg, agregat kasar 7,14 kg dan sabut kelapa 0,33 kg.

Tabel 4.8 *Mix Design* kebutuhan bahan untuk 1 balok*(sumber: hasil olah data)*

No	Variasi campuran(%)	Semen (kg)	Kerikil (kg)	Pasir (kg)	Air (lt)	Tempurung kelapa(kg)
1	Normal	7,44	18,17	11,36	3,50	0
2	5	7,44	17,33	11,36	3,50	0,85
3	15	7,44	15,63	11,36	3,50	2,54
4	25	7,44	13,93	11,36	3,50	4,24

Berdasarkan hasil yang didapat di laboratorium untuk perancangan campuran (*Mix design)* untuk 1 (satu) sampel balok yaitu, air 3,50 lt, semen 7,44 kg, agregat halus 11,36 kg, agregat kasar 18,17 kg .

C. Pengujian Nilai Slump

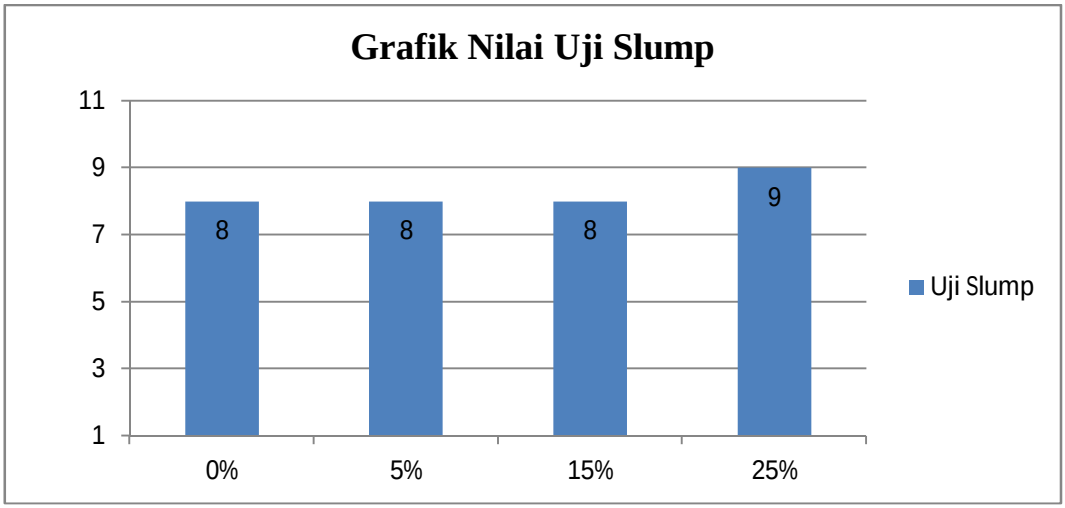
Uji slump adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui besaran kekentalan (*viscocity*) adukan beton segar. Kekakuan dalam suatu campuran beton menunjukkan berapa banyak air yang digunakan. Untuk itu uji slump menunjukkan apakah campuran beton kekurangan, kelebihan, atau cukup air.

Uji slump mengacu pada SNI 03-2834-2000, slump dapat dilakukan di laboratorium atau di lapangan (biasanya ketika ready mix design sampai dan diuji setiap kedatangan). Hasil dari uji slump beton yaitu nilai slump, nilai yang tertera dinyatakan dalam satuan internasional (SI) dan mempunyai standar.

Tabel 4.9 Nilai Slump untuk berbagai jenis konstruksi *(sumber: SNI 03-2834-2000)*

Jenis Konstruksi	Slump (cm)	
	Minimum	Maksimal
Pondasi bertulang, dinding, tiang	5	12,5
Tiang pondasi tak bertulang kaison	2,5	10
Pelat, Balok, Kolom	7,5	15
Beton untuk jalan (pavement)	5	7,5
Beton massa (konstruksi massa yang berat)	2,5	7,5

Disimpulkan bahwa beton yang telah dicampur dapat digunakan karena tidak melewati batas maksimal nilai slump yaitu 15 cm.



Gambar 4.3 Grafik Nilai Hasil Uji Slump
(sumber: hasil olah data)

Grafik di atas menjelaskan bahwa dari hasil pengujian nilai slump yang di dapatkan yaitu, nilai slump untuk variasi 0% 8 cm, 5% 8 cm, 15% 8 cm, dan 25% 9 cm. Dapat di gunakan karena telah memenuhi standar (SNI 03-2834-2000)

D. Kuat Tekan

Setelah dilakukannya pembuatan, uji slump, dan perawatan benda uji silinder, selanjutnya yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan benda uji. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji umur 7, 21 dan 28 hari dengan mutu beton yang direncanakan (f'c) sebesar 20 MPa sebanyak 36 sampel dengan menggunakan metode SNI 03-2834-2000, yang terdiri dari 4 (empat) variasi campuran, yaitu BN (Beton Normal), 5% Penambahan Tempurung Kelapa, 15% Penambahan Tempurung Kelapa dan 25% Penambahan Tempurung Kelapa. Untuk masing-masing variasi campuran dibuat 9 (Sembilan) sampel untuk kuat tekan dengan luas penampang rata-rata 17662,5 mm2. Hasil pengujian adalah sebagai berikut:

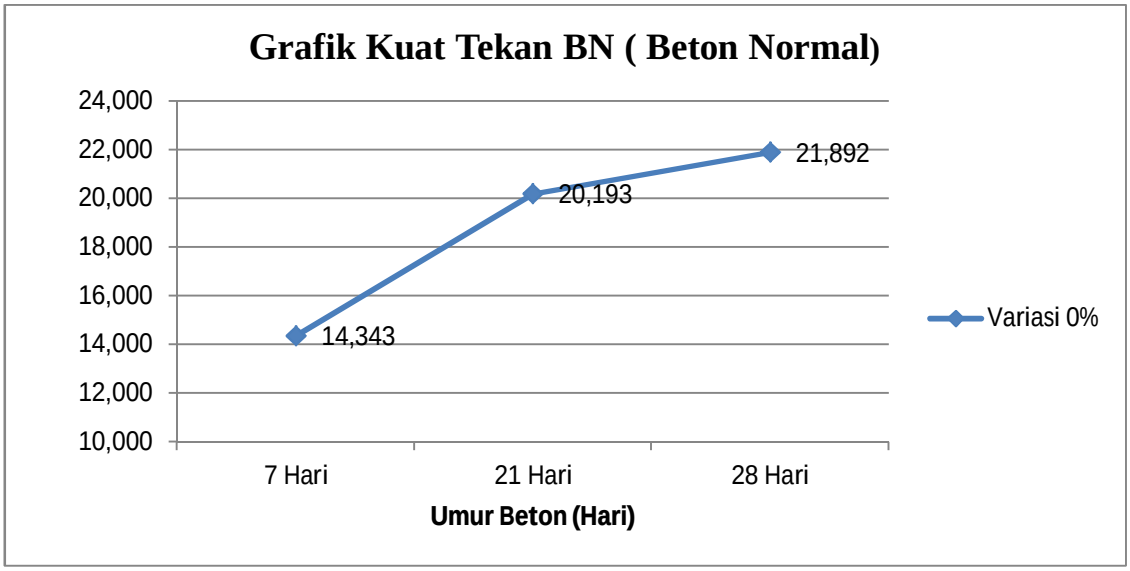
1. BN (Beton Normal)

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada BN (Beton Normal) yang didapat pada pengujian 7, 21 dan 28 hari adalah sebagai berikut.

Tabel 4.10 Rekap hasil pengujian kuat tekan beton uji silinder BN (Beton Normal) *(sumber: hasil olah data)*

Umur (hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Kuat tekan (Mpa)	Kuat tekan rata (Mpa)
7	12.003	260	11,890	14,343
7	12.035	260	11,890	
7	12.035	240	12,456	
21	12.030	350	13,588	20,193
21	12.350	360	12,456	
21	12.350	360	13,588	
28	12.090	380	14,720	21,892
28	12.205	380	12,739	
28	12.005	400	16,419	

Tabel di atas menjelaskan bahwa, kuat tekan rata-rata BN (Beton Normal) yang didapat pada umur 7 hari sebesar 14,343 MPa, umur 21 hari sebesar 20,193 MPa, dan umur 28 hari sebesar 21,892 MPa.



Gambar 4.4 Grafik hasil uji kuat tekan beton normal.
(sumber: hasil olah data)

Grafik di atas menjelaskan bahwa kuat tekan Beton BN (Beton Normal) dari umur beton 21 hari mengalami kenaikan sebesar 20% atau 20,193 MPa dari umur beton 7 hari, pada umur beton 28 hari mengalami kenaikan sebesar 7,8% atau 14,626 MPa dari umur beton 21 hari.

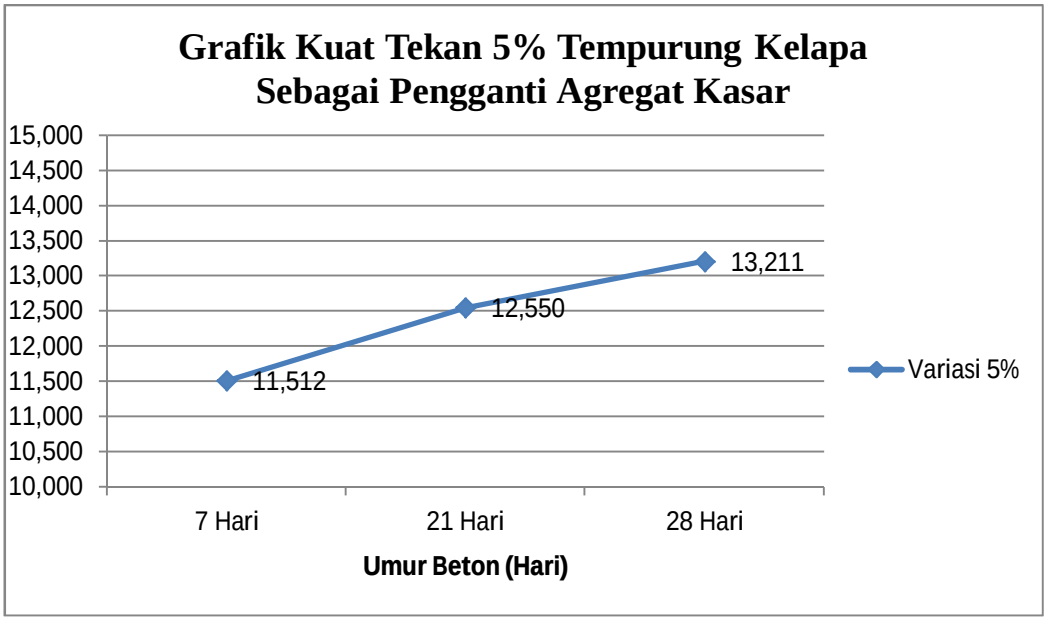
2. 5% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata dengan menggunakan 5% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar yang didapat pada pengujian 7, 21 dan 28 hari adalah sebagai berikut:

Tabel 4.11 Hasil pengujian kuat tekan beton uji silinder dengan menggunakan 5% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasa*(sumber: hasil olah data)*

Umur (hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Kuat tekan (Mpa)	Kuat tekan rata (Mpa)
7	12.040	200	11,323	11,512
7	11.770	220	12,456	
7	11.905	190	10,757	
21	12.010	210	11,890	12,550
21	11.650	225	12,739	
21	11.325	230	13,022	
28	11.880	220	12,456	13,211
28	12.025	240	13,588	
28	12.080	240	13,588	

Tabel di atas menjelaskan bahwa, kuat tekan rata-rata dengan menggunakan 5% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar yang didapat pada umur 7 hari sebesar 11,512 MPa, umur 21 hari sebesar 12,550 MPa, dan umur 28 sebesar 13,211 MPa.



Gambar 4.5 Grafik hasil uji kuat tekan 5% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar.(sumber: hasil olah data)

Grafik di atas menjelaskan bahwa kuat tekan beton dengan 5% Temurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar dari umur beton 21 hari mengalami kenaikan sebesar 8,3% atau 12,550 MPa dari umur beton 7 hari, pada umur beton 28 hari mengalami kenaikan sebesar 5% atau 13,211 MPa dari umur beton 21 hari.

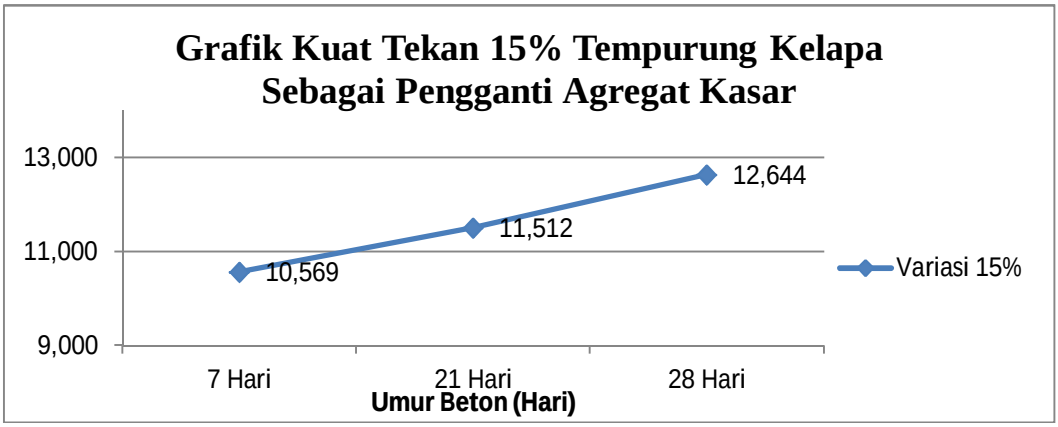
3. 15% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata dengan menggunakan 15% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar yang didapat pada pengujian 7, 21 dan 28 hari adalah sebagai berikut:

Tabel 4.12 Hasil pengujian kuat tekan beton uji silinder dengan menggunakan 15% Tempurung Kelapa SEbagai Pengganti Agregat Kasar*(sumber: hasil olah data)*

Umur (hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Kuat tekan (Mpa)	Kuat tekan rata (Mpa)
7	11.495	180	10,191	10,569
7	11.305	190	10,757	
7	11.485	190	10,757	
21	11.650	210	11,890	11,512
21	11.325	200	11,323	
21	11.440	200	11,323	
28	11.685	230	13,022	12,644
28	11.760	220	12,456	
28	11.495	220	12,456	

Tabel di atas menjelaskan bahwa, kuat tekan rata-rata dengan menggunakan 15% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasa yang didapat pada umur 7 hari sebesar 10,569 MPa, umur 21 hari sebesar 11,512 MPa, dan umur 28 sebesar 12,644 MPa.



Gambar 4.6. Garafik hasil uji kuat tekan 15% Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar.(sumber: hasil olah data)

Grafik di atas menjelaskan bahwa kuat tekan beton dengan 15% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar dari umur beton 21 hari mengalami kenaikan sebesar 8,2% atau 11,12 MPa dari umur beton 7 hari, pada umur beton 28 hari mengalami kenaikan sebesar 9% atau 12,644 MPa dari umur beton 21 hari.

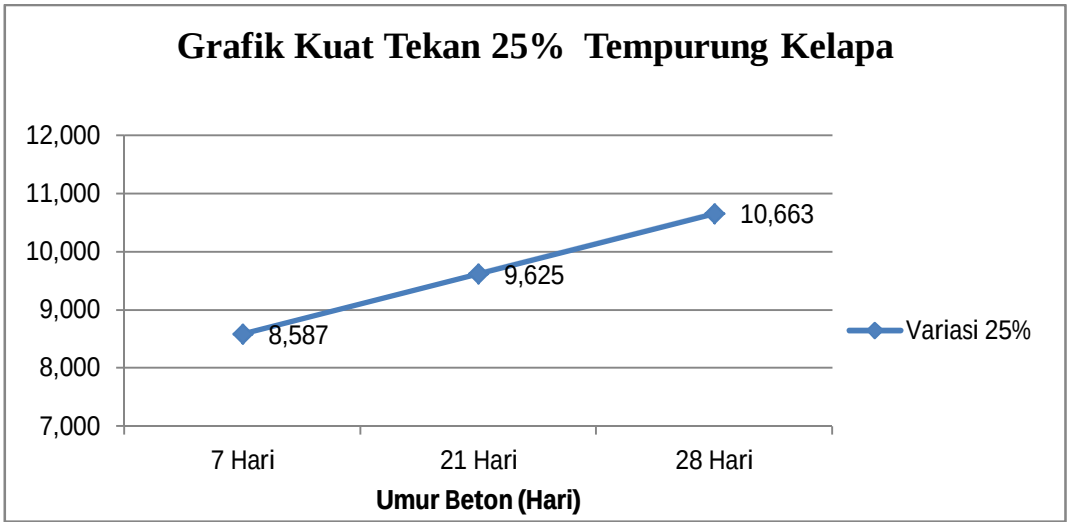
4. 25%Tempurung Kelapa Sebagai Penggabti Agregat Kasar

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata dengan menggunakan 25% Tempurung Kelapa Sebagai Penganti Agregat Kasar yang didapat pada pengujian 7, 21 dan 28 hari adalah sebagai berikut:

Tabel 4.13 Hasil pengujian kuat tekan beton uji silinder dengan menggunakan 25% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar*(sumber: hasil olah data)*

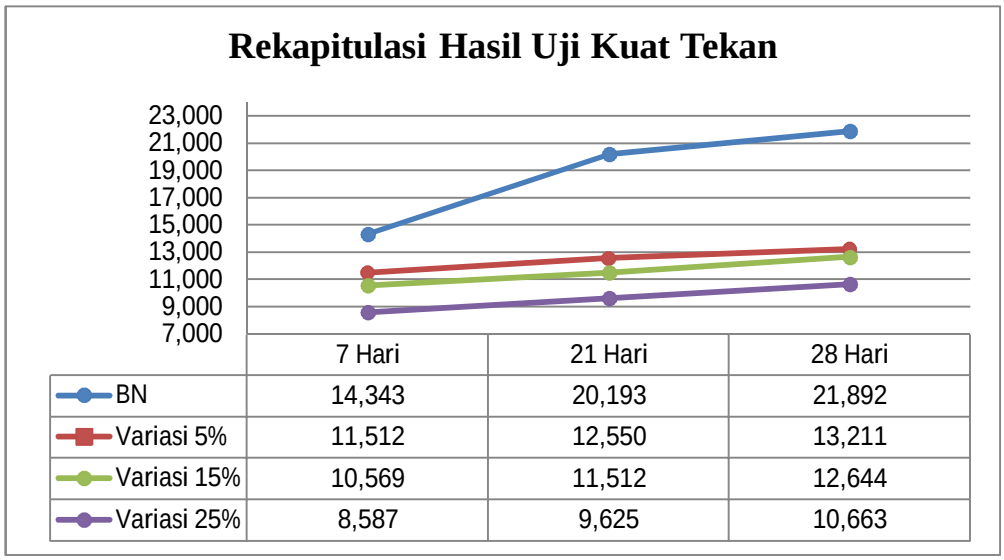
Umur (hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Kuat tekan (Mpa)	Kuat tekan rata (Mpa)
7	10.775	150	8,493	8,587
7	10.950	155	8,776	
7	10.850	150	8,493	
21	11.100	170	9,625	9,625
21	11.115	180	10,191	
21	11.105	160	9,059	
28	11.110	185	10,474	10,663
28	10.900	180	10,191	
28	10.910	200	11,323	

Tabel di atas menjelaskan bahwa, kuat tekan rata-rata dengan menggunakan 25% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar yang didapat pada umur 7 hari sebesar 8,587 MPa, umur 21 hari sebesar 9,625 MPa, dan umur 28 sebesar 10,663 MPa.



Gambar 4.7. Grafik hasil uji kuat tekan 25% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar. (sumber: hasil olah data)

Grafik di atas menjelaskan bahwa kuat tekan beton dengan 25% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar dari umur beton 21 hari mengalami kenaikan sebesar 10,8% atau 9,625 MPa dari umur beton 7 hari, pada umur beton 28 hari mengalami kenaikan sebesar 9,7% atau 10,663 MPa dari umur beton 21 hari.



	7 Hari	21 Hari	28 Hari
BN	14,343	20,193	21,892
Variasi 5%	11,512	12,550	13,211
Variasi 15%	10,569	11,512	12,644
Variasi 25%	8,587	9,625	10,663

Gamabar 4.8 Grafik rekapitulasi Hasil Uji Kuat Tekan (sumber: hasil olah data)

Grafik di atas menjelaskan bahwa semakin lama umur beton maka kuat tekan beton juga semakin meningkat. Dan nilai kuat tekan rata-rata tertinggi pada umur 28 hari, yakni BN (Beton Normal) sebesar 21,892 MPa, 5% Tempurung

Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar sebesar 13,211 Mpa, 15% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar sebesar 12,644 MPa dan 25% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar sebesar 10,663MPa.

E. Kuat Lentur

Setelah dilakukannya pembuatan, uji slump, dan perawatan benda uji balok, selanjutnya yang dilakukan adalah pengujian kuat lentur benda uji. Pengujian kuat lentur beton dilakukan pada benda uji umur 28 hari dengan mutu beton yang direncanakan (f'c) sebesar 20 MPa sebanyak 8 sampel dengan menggunakan metode SNI 03-2834-2000, yang terdiri dari 4 (empat) variasi campuran, yaitu BN (Beton Norma, 5% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar, 15% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar dan 25% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar. Untuk masing-masing variasi campuran dibuat 2 sampel. Hasil pengujian adalah sebagai berikut:

1. BN (Beton Normal)

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada BN (Beton Normal) yang didapat pada pengujian 28 hari adalah sebagai berikut :

Tabel 4.14 Hasil pengujian kuat lentur sampel 1 balok dengan menggunakan BN (Beton Normal) *(sumber: hasil olah data)*

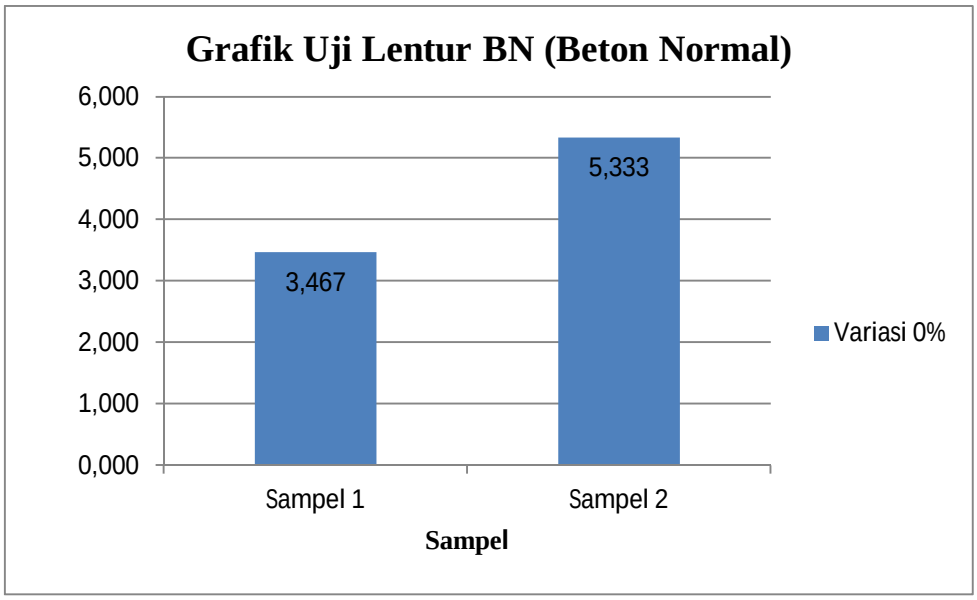
Detik	Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Modulus of Rapture (MPa)	KET.
1	28	32600	0	0,000	
2	28	32600	10,0	2,667	
3	28	32600	13,0	3,467	Patah
Maksimum			13,0	3,467	

Tabel di atas menjelaskan bahwa hasil uji kuat lentur sampel 1 balok dengan menggunakan BN (Beton Normal) pada detik pertama sebesar 0,000 MPa, detik kedua sebesar 2,667 MPa, dan detik ketiga sebesar 3,467 MPa. Dengan Modulus of Rapture maksimum pada detik ketiga sebesar 3,467 MPa.

Tabel 4.15 Hasil pengujian kuat lentur sampel 2 balok dengan menggunakan BN (Beton Normal) *(sumber: hasil olah data)*

Detik	Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Modulus of Rapture (MPa)	KET.
1	28	32065	0	0,000	
2	28	32065	11,0	2,933	
3	28	32065	20,0	5,333	Patah
Maksimum			20	5,333	

Tabel di atas menjelaskan bahwa hasil uji kuat lentur sampel 2 balok dengan menggunakan BN (Beton Normal) pada detik pertama sebesar 0,000 MPa, detik kedua sebesar 2,933 MPa, dan detik ketiga sebesar 5,333 MPa. Dengan Modulus of Rapture maksimum pada detik ketiga sebesar 5,333 MPa.



Gambar 4.9 Grafik hasil uji kuat lentur BN (Beton Normal). (sumber: hasil olah data)

Grafik di atas menjelaskan bahwa kuat lentur dengan BN (Beton Normal) sampel 1 sebesar 3,467 MPa dan sampel 2 sebesar 5,333 MPa. Sampel 2 Mengalami kenaikan dari sampel 1 sebesar 5,333 MPa

2. 5% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata dengan menggunakan 5% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar yang didapat pada pengujian 28 hari adalah sebagai berikut :

Tabel 4.16 Hasil pengujian kuat lentur sampel 1 balok dengan menggunakan 5% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar*(sumber: hasil olah data)*

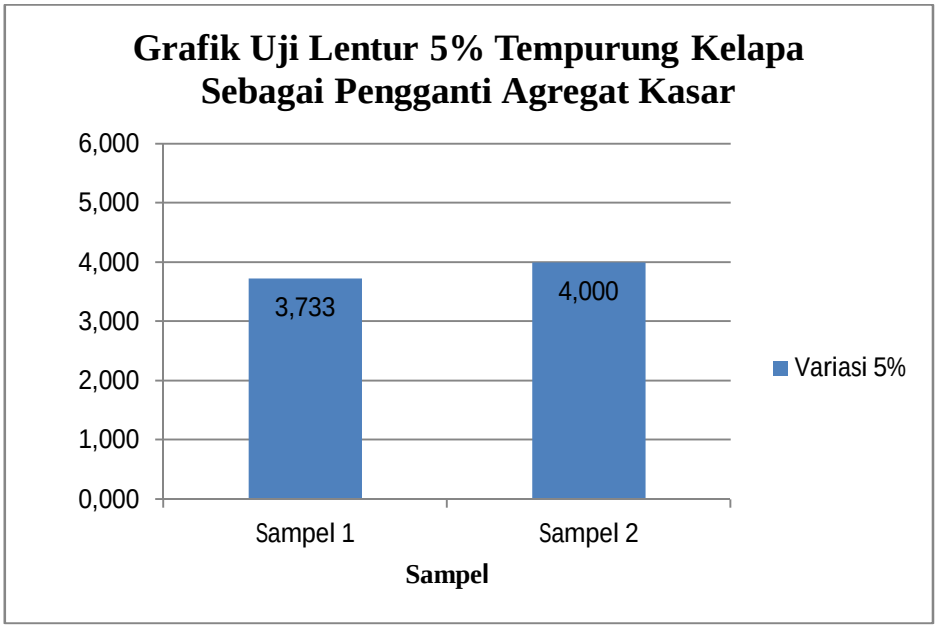
Detik	Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Modulus of Rapture (MPa)	KET.
1	28	31775	0	0,000	
2	28	31775	3,5	0,933	
3	28	31775	9,0	2,400	
4	28	31775	14,0	3,733	Patah
Maksimum			14	3,733	

Tabel di atas menjelaskan bahwa hasil uji kuat lentur sampel 1 balok dengan menggunakan 5% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar pada detik pertama sebesar 0,000 MPa, detik kedua sebesar 0,933 MPa,detik 3 sebesar 2,400 dan detik empat sebesar 3,733 MPa. Dengan Modulus of Rapture maksimum pada detik empat sebesar 3,733 MPa.

Tabel 4.17 Hasil pengujian kuat lentur sampel 2 balok dengan menggunakan 5% Tempurung Kelapa Sebaga Pengganti Agregat Kasar*(sumber: hasil olah data)*

Detik	Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Modulus of Rapture (MPa)	KET.
1	28	32030	0	0,000	
2	28	32030	1,0	0,267	
3	28	32030	9,0	2,400	
4	28	32030	15,0	4,000	Patah
Maksimum			15	4,000	

Tabel di atas menjelaskan bahwa hasil uji kuat lentur sampel 2 balok dengan menggunakan 5% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar pada detik pertama sebesar 0,000 MPa, detik kedua sebesar 0,267 MPa,detik ketiga sebesar 2,400 MP, dan pad detik ke empat sebesar 4,000 Dengan Modulus of Rapture maksimum pada detik empat sebesar 4,000 Mpa.



Gambar 4.10. Grafik hasil uji kuat lentur dengan 5% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar.
(sumber: hasil olah data)

Grafik di atas menjelaskan bahwa kuat lentur dengan 5% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar sampel 1 sebesar 3,733 MPa dan sampel 2 sebesar 4,000 MPa. sampel 2 mengalami kenaikan dari sampel 1 sebesar 4,000.

3. 15% Sebagai Pengganti Agregat Kasar

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata dengan menggunakan 15% Penambahan Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar yang didapat pada pengujian 28 hari adalah sebagai berikut :

Tabel 4.18 Hasil pengujian kuat lentur sampel 1 balok dengan menggunakan 15% Tempurung Kelapa Sebagai pengganti Agregat Kasar*(sumber: hasil olah data)*

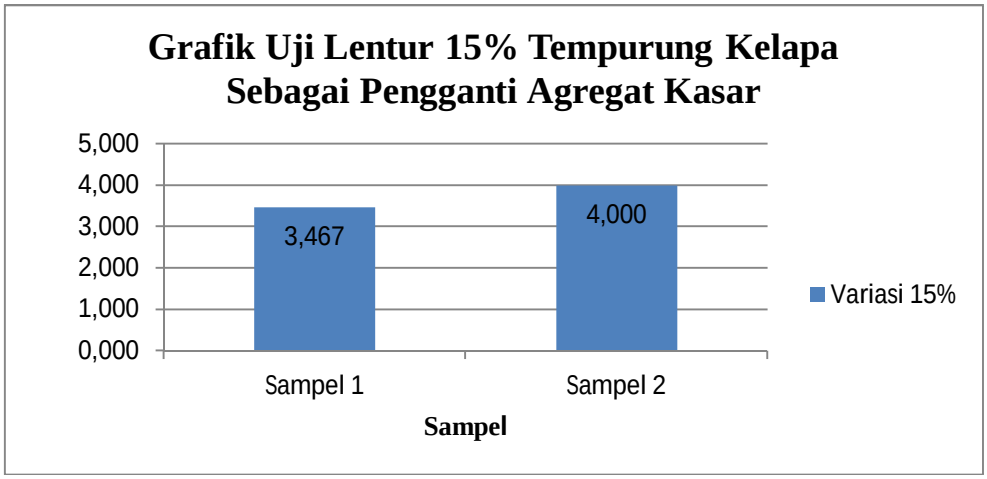
Detik	Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Modulus of Rapture (MPa)	KET.
1	28	29495	0	0,000	
2	28	29495	3,5	0,933	
3	28	29495	13,0	3,467	Patah
Maksimum			13	3,467	

Tabel di atas menjelaskan bahwa hasil uji kuat lentur sampel 1 balok dengan menggunakan 15 Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar pada detik pertama sebesar 0,000 MPa, detik kedua sebesar 0,933 MPa, dan detik ketiga sebesar 3,467 MPa. Dengan Modulus of Rapture maksimum pada detik ketiga sebesar 3,467 MPa.

Tabel 4.19 Hasil pengujian kuat lentur sampel 2 balok dengan menggunakan 15% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar*(sumber: hasil olah data)*

Detik	Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Modulus of Rapture (MPa)	KET.
1	28	30465	0	0,000	
2	28	30465	4,5	1,200	
3	28	30465	15,0	4,000	Patah
Maksimum			15	4,000	

Tabel di atas menjelaskan bahwa hasil uji kuat lentur sampel 2 balok dengan menggunakan 15% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar pada detik pertama sebesar 0,000 MPa, detik kedua sebesar 1,200 MPa, dan detik ketiga sebesar 4,000 MPa. Dengan Modulus of Rapture maksimum pada detik ketiga sebesar 4,000 Mpa.



Gambar 4.11. Grafik hasil uji kuat lentur dengan 15% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar. (sumber: hasil olah data)

Grafik di atas menjelaskan bahwa kuat lentur dengan 15% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar sampel 1 sebesar 3,467 MPa dan sampel 2 sebesar 4,000 MPa. Sampel 2 mengalami kenaikan dari sampel 1 sebesar 4,000 MPa.

4. 25% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata dengan menggunakan 25% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar yang didapat pada pengujian 28 hari adalah sebagai berikut :

Tabel 4.20 Hasil pengujian kuat lentur sampel 1 balok dengan menggunakan 25% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar*(sumber: hasil olah data)*

Detik	Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Modulus of Rapture (MPa)	KET.
1	28	28695	7,0	0,000	
2	28	28695	8,0	1,867	
3	28	28695	8,0	2,133	Patah
Maksimum			8,0	2,133	

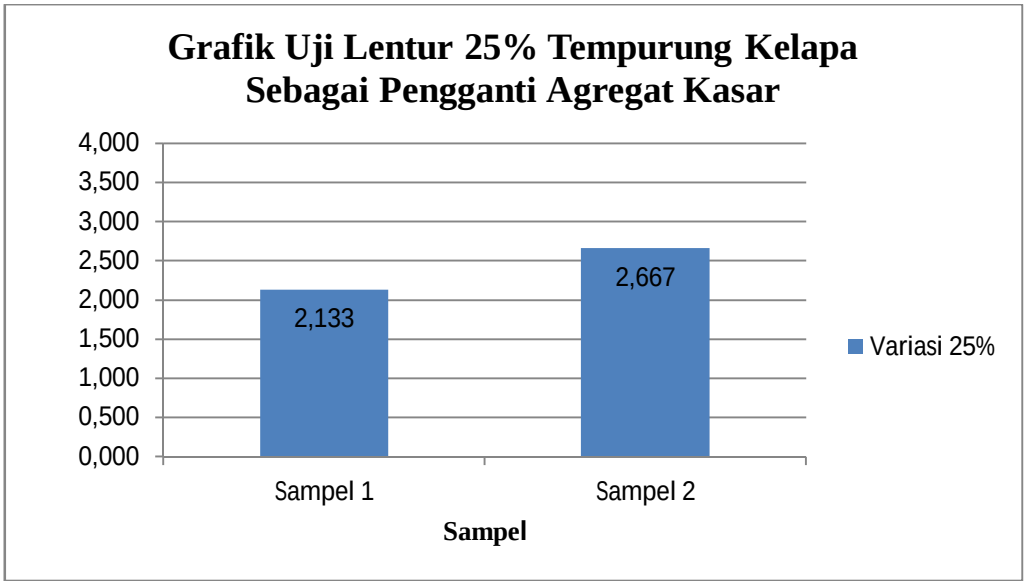
Tabel di atas menjelaskan bahwa hasil uji kuat lentur sampel 1 balok dengan menggunakan 25% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar

pada detik pertama sebesar 0,000 MPa, detik kedua sebesar 1,867 MPa, dan detik ketiga sebesar 2,133 MPa. Dengan Modulus of Rapture maksimum pada detik ketiga sebesar 2,133 MPa.

Tabel 4.21 Hasil pengujian kuat lentur sampel 2 balok dengan menggunakan 25% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar*(sumber: hasil olah data)*

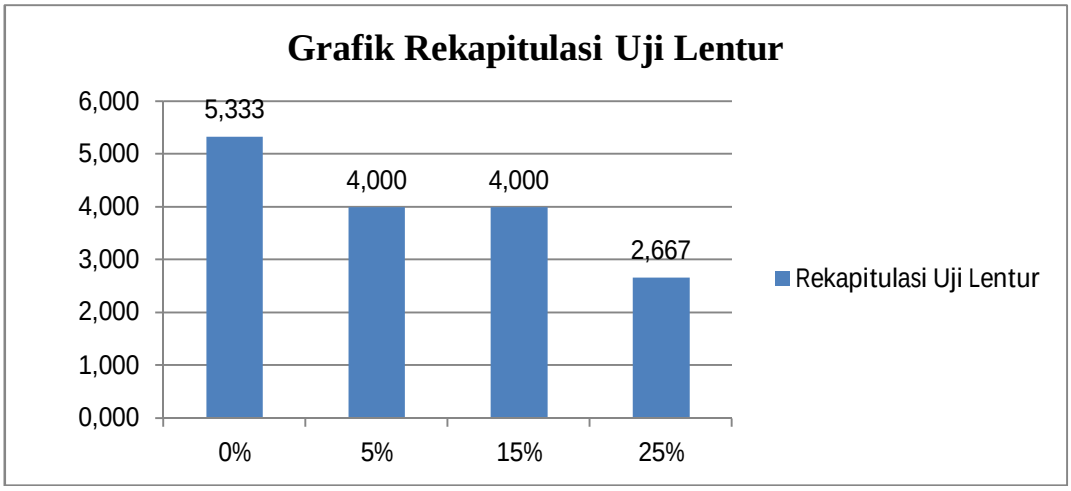
Detik	Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Modulus of Rapture (MPa)	KET.
1	28	29330	0	0,000	
2	28	29330	1,5	0,400	
3	28	29330	10,0	2,667	Patah
Maksimum			10,0	2,667	

Tabel di atas menjelaskan bahwa hasil uji kuat lentur sampel 2 balok dengan menggunakan 25% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar pada detik pertama sebesar 0,000 MPa, detik kedua sebesar 0,400 MPa, dan detik ketiga sebesar 2,667 MPa. Dengan Modulus of Rapture maksimum pada detik ketiga sebesar 2,667 MPa.



Gambar 4.12. Grafik hasil uji kuat lentur dengan 25% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar. (sumber: hasil olah data)

Grafik di atas menjelaskan bahwa kuat lentur dengan 25% Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar sampel 1 sebesar 7,467 MPa dan sampel 2 sebesar 7,733 MPa. Sampel 2 mengalami kenaikan dari sampel 1 sebesar 2,667 MPa.



Gamabar 4.13 Grafik rekapitulasi Hasil Uji Lentur
(sumber: hasil olah data)

Grafik di atas menjelaskan bahwa nilai kuat lentur rata pada variasi Beton Normal sebesar 5,333 Mpa yang patah pada detik ketiga, variasi 5% Tempurung kelapa, kuat lentur sebesar 4,000 Mpa yang patah pada detik ke empat,variasi 15% Tempurung kelapa, kuat lentur sebesar 4,000 Mpa yang patah pada detik ketiga, dan variasi 25% Tempurung kelapa,kuat lentur sebesar 2,667 Mpa yang patah pada detik ketiga.

Kuat lentur rata-rata pada variasi 5% mengalami penurunan sebesar 25% terhadap beton normal, variasi 15% mengalami penurunan juga sebesar 25% terhadap beton normal sedankan variasi 25% mengalami penurunan sebesar 50% terhadap beton normal.

Dari penjelasan diatas ditarik kesimpulan bahwa variasai 5% dan 15% kuat tarik yg di hasilkan sama, dan mengalami penurunan yang siknipikan pana 25% tempurung kelapa.

F. Analisis Hasil Dan Pembahasan

Setelah dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat lentur dapat di ketahui bahwa :

1. Kuat Tekan

Pada grafik kuat tekan dapat dijelaskan bahwa beton umur 7 hari mengalami penurunan kuat tekan dari beton normal sebesar 2,831 MPa pada beton variasi 5% Tempurung kelapa, 3,774 MPa pada beton variasi 15% Tempurung kelapa dan 5,756 MPa pada beton variasi 25% Tempurung kelapa.

Pada beton umur 21 hari mengalami penurunan kuat tekan dari beton normal sebesar 5,473 MPa pada beton variasi 5% Tempurung kelapa, 6,511 MPa pada beton variasi 15% Tempurung kelapa dan 8,398 MPa pada beton variasi 25% Tempurung kelapa.

Pada beton umur 28 hari mengalami penurunan kuat tekan dari beton normal sebesar 6,888 MPa pada beton variasi 5% Tempurung kelapa, 7,455 MPa pada beton variasi 15% Tempurung kelapa dan 9,436 MPa pada beton variasi 25% Tempurung kelapa.

Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa kuat tekan beton dengan persentase 5%,15%,25% berdampak pada penurunan kuat tekan beton,sehingga penampahan tempurung kelapa dapat di gunakan padah kontruksi plat lantai.

2. Kuat lentur

Pada grafik kuat lentur menjelaskan bahwa nilai kuat lentur rata pada variasi Beton Normal sebesar 5,333 Mpa yang patah pada detik ketiga, variasi 5% Tempurung kelapa, kuat lentur sebesar 4,000 Mpa yang patah pada detik ke empat,variasi 15% Tempurung kelapa, kuat lentur sebesar 4,000 Mpa yang patah pada detik ketiga, dan variasi 25% Tempurung kelapa,kuat lentur sebesar 2,667 Mpa yang patah pada detik ketiga.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian dari Beton Normal dan Tempurung Kelapa ebagai pengganti agregat kasar sebesar 5%, 15%, dan 25% yang telah dilakukan di Laboratorium maka, dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kuat Tekan maksimum pada umur 28 hari dengan penggunaan BN (Beton Normal) rata-rata sebesar 21,892 MPa, 5% Menggunakan Tempurung Kelapa rata-rata sebesar 13,211 MPa, 15% Menggunakan Tempurung Kelapa sebesar 12,644 MPa, dan 25% Menggunakan Tempurung Kelapa sebesar 10,663 MPa. Kuat Lentur rata-rata pada umur 28 hari dengan penggunaan Bn (Beton Normal) sebesar 3,467 MPa, 5% Menggunakan Tempurung Kelapa sebesar 4,000 MPa, 15% Menggunakan Tempurung Kelapa sebesar 4,000 MPa, dan 25% Menggunakan Tempurung Kelapa 2,667 MPa.

   Nilai kuat lentur rata pada variasi Beton Normal sebesar 5,333 Mpa yang patah pada detik ketiga, variasi 5% Tempurung kelapa, kuat lentur sebesar 4,000 Mpa yang patah pada detik ke empat,variasi 15% Tempurung kelapa, kuat lentur sebesar 4,000 Mpa yang patah pada detik ketiga, dan variasi 25% Tempurung kelapa,kuat lentur sebesar 2,667 Mpa yang patah pada detik ketiga,sehingga dapat disimpulkan 25% tempurung kelapa sebagai pengganti agregatkasar paling berpengaruh terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton.

2. Dari hasil penggantian agregat kasar dengan menggunakan Tempurung kelapa dalam campuran maka kuat tekan beton mengalami penurunan, seperti hasil yang didapatkan yaitu dari pencampurun tempurung kelapa sebesar 5% mengalami penurunan sebesar 6,888 MPa dari beton normal. Pada pencampuruan tempurung kelapa sebesar 15% mengalami penurunan sebesar 7,455 MPa dari beton normal. Begitu pula dengan pencapuruan sebesar 25% mengalami penurunan sebesar 9,436 MPa dari beton normal.

   Kuat lentur rata-rata pada variasi 5% mengalami penurunan sebesar 25% terhadap beton normal, variasi 15% mengalami penurunan juga sebesar 25% terhadap beton normal sedankan variasi 25% mengalami penurunan sebesar 50% terhadap beton normal.

   Sehingga presentase penggantian agregat kasar pada kuat tekan dan kuat lentur beton yang mendekati beton normal 5% dan 15%.

B. Saran

Berikut beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan tempurung kelapa:

1. Pada percobaan selanjutnya sebaiknya dilakukan test tarik belah terhadap beton dengan agregat kasar nya diganti dengan tempurung kelapa.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan tempurung kelapa dengan mutu tertentu agar hasil yang didapatkan lebih terkontrol

DAFTAR PUSTAKA

Akbar, Fauzul, dkk,. (2014). “Penggunaan Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton K-100.” Jurnal Mahasiswa Teknik. Vol.1 No. 1.

Abibullah. A. (2021). “Pengaruh Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton,” Jurnal Karajata Engineering, e-ISSN: 2775-5266., Vol. 1, hlm. 32-40.

Badan Standardisasi Nasional Indonesia, (2000). “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. SNI 03-2834-2000,” Jakarta: Badan Standardisasi Nasional., pp. 1–36.

Badan Standarisasi Nasional Indonesia, (1990). “Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus, SNI 03-1970-1990”. Jakarta

Bintoro. A. Y, Limantara. A. D, Winarto. S. (2018). “Evaluasi Kekuatan Concblock Dengan Agregat Halus dan Agregat Kasar Dari Tempurung Kelapa,” JURMATEKS, e ISSN 2621 – 7686., Vol. 1, hlm. 160-171.

D.A Abrams 1918. Mengatakan bahwa untu material yang di berikan kekuatan beton hanya tergantung pada satu faktor saja.

Irawan. D, Khatulistiani. U. (2021). “Substitusi Agregat Kasar Menggunakan Pecahan Tempurung Kelapa Pada Campuran Beton Normal,” Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi, ISSN 2615-0824., vol. 9, hlm. 061-070.

Jacky. J, Elnov. D, Debrinda. A. R, Fernando. R, Rachmansyah. R. (2018). “Pengaruh Pecahan Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar Dalam Campuran Beton,” Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer., vol. 07, hlm. 157-166.

Juanita dan Sulfah Anjarwati.” Kajian Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Beton Ringan.” Prosiding Seminar Hasil Penelitian. Fakultas Teknik Universitas muhammadiyah purwokerto. 2014.

Lumbangaol. P, Panjaitan. Y. (2021). “Pengaruh Penggunaan Limbah Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Beton Normal,” Jurnal Teknik Sipil., vol. 1, hlm. 25-31.

Mulyadi1. A, Suanto. P, Meiza. R. (2020). “Analisis Kuat Tarik Belah Beton Pada Standar Kuat Tekan K200 Dengan Menggunakan Limbah Pecahan

Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar," Jurnal Teknik Sipil UNPAL, ISSN.2089-2942., vol. 10, hlm. 69-76.

Mulyono, T. Teknologi Beton. Yogyakarta: Andi (2005).

Nawati. N, Tumingan. T, Tistro. (2019). "Pengaruh Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Tambah Terhadap Agregat Kasar Dalam Campuran Beton Normal," Jurnal Teknologi Sipil., vol. 3, hlm. 16-20.

Nawy, E.G, 1998. Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar. Cetakan II, Bandung: PT. Refika Aditama.

Nawy. (2010). Prospek Pengolahan Hasil Samping Buah Kelapa, (1), 55–63

Rustendi, Iwan. "Pengaruh Pemanfaatan Tempurung Kelapa Sebagai Material Serat Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Berton." Jurnal. Vol. 12 No. 2 (2004).

Serang. M. A, Pertiwi. D. (2021). "Pengaruh Pecahan Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar dan Flyash Sebagai Pengisi Pada Campuran Beton Ditinjau dari Kuat Tekan Beton," Prosiding Seminar Teknologi Perencanaan, Perancangan, Lingkungan dan Infrastruktur., hlm. 45-50.

Siregar, Syafiatun dan Nurmaidah. "Pengaruh Penggunaan Tempurung Kelapa Sebagai Penambah Agregat Kasar Mutu Beton F'C17 Mpa Terhadap Kuat Tekan Beton." Jurnal Education Building. Vol. 2 No. 1 (2016).

SK SNI S-18-1990-03. Batas-batas gradiasi agregat halus

SK SNI S-18-1990-03. Batas-batas gradiasi agregat kasar

SNI 03-4431-1997. Kuat tarik lentur kemampuan balok beton di letakkan pada 2 perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji

SNI 15 7064 : 2004. Tipe portland composit cement

SNI 1974 : 2011. Persyaratan kekerasan agregat kasar

SNI 1974:2011. Nilai kuat tekan dapat di hitung

SNI-03-2834-2000. Menggunakan metode pencampuran beton Mix Design

Suarnita, I, W dan Nicodemus, R. "Analisis Kuat Tekan Beton Ringan Tempurung Kelapa." Jurnal SMARTek. Vol. 7 No. 3 (2009).

Suarnita, I. W. (2017). "Karakteristik Beton Ringan Dengan Menggunakan

Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar," SMARTek, ISSN 1693-0460., vol. 8, hlm. 22-33.

Sunario 2008. Perkembangan kekuatan beton dengan bahan pengikat pc type

Tjokrolimuljo 1996. Beton pada dasarnya terdidri dari agregat kasar dan agregat halus

Tri Mulyono 2004. Beton merupakan campuran beton di tambah serat

Tri Mulyono 2005. Beton di analisis sebagai sekumpulan instruksi mekanis dan kimiawi dari material pembentukannya.

Wang Chu-Kwa, Charles G.S. 1993. Desain Beton Bertulang – Jilid I. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Winter, G. dan Nilson, A.H., 1993. Perencanaan Beton Bertulang. Jakarta: PT. Pradny