BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Beton terdiri dari bahan campuran semen, kerikil, pasir, air dan bahan tambah. Penggunaan bahan tambah berupa serat alam yakni serat sabut kelapa diharapkan dapat memperbaiki sifat mekanik beton terkhususnya beton normal. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui komposisi penambahan serat sabut kelapa yang meningkatkan nilai kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur pada beton. Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan merancang komposisi campuran beton untuk masing-masing tambahan serat serabut kelapa kemudian membuat sampel beton berbentuk silinder dan balok untuk kemudian dilakukan pengujian terhadap beton.

Dengan kemajuan teknologi konstruksi dewasa ini, penggunaan beton sebagai salah satu pilihan konstruksi bangunan sipil lebih dikenal luas di bandingkan dengan bahan konstruksi lain seperti kayu dan baja. Pemanfaatan beton untuk konstruksi bangunan sangat luas. tidak hanya pada konstruksi bangunan gedung tetapi juga pada konstruksi jalan dan prasarana lainnya. Pilihan penggunaan beton sebagai bahan konstruksi ini di karenakan beton mempunyai beberapa kelebihan yang tidak dimiliki oleh bahan lain, di antaranya beton relatif murah karena bahan penyusunnya didapat dari bahan lokal, mudah dalam pengerjaan dan perawatannya, mudah dibentuk sesuai kebutuhan, tahan terhadap

perubahan cuaca, lebih tahan terhadap api dan korosi (Krisbiyantoro, 2016). Adapun kelebihan dan kekurangan beton adalah sebagai berikut.

Kelebihan beton adalah dapat mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi. Selain itu beton juga memiliki kekuatan yang mumpuni, tahan terhadap temperatur yang tinggi dan biaya pemeliharaan yang murah.

Sedangkan kekurangannya adalah bentuk yang telah dibuat sulit diubah tanpa kerusakan. Pada struktur beton, jika ingin dilakukan penghancuran maka akan mahal karena tidak dapat dipakai lagi.

Beton memiliki kuat tekan yang tinggi namun lemah dalam tariknya. Jika struktur itu langsung dan tidak diberi perkuatan yang cukup akan mudah gagal. Menurut perkiraan kasar, nilai kuat tariknya sekitar 9%-5% kuat tekannya. Maka dari itu perkuatan sangat diperlukan dalam struktur beton. Perkuatan yang umum adalah dengan menggunakan tulang baja yang jika dipadukan sering disebut dengan beton bertulang.

Berdasar penelitian oleh Tri Wahyudi pada tahun 2014, serabut kelapa merupakan serat yang dapat menyerap air. Serabut kelapa dapat digunakan sebagai bahan campuran dengan semen. Serabut kelapa mempunyai kemampuan kuat tarik yang baik, sehingga penggunaan bahan campuran serabut kelapa diharapkan dapat memberikan kelebihan dari masing- masing bahan, sehingga menghasilkan serat yang memiliki mutu yang baik. Serabut kelapa memiliki sifat ulet, dapat menyerap air, dan mempunyai tingkat keawetan yang baik jika tidak berhubungan langsung dengan cuaca sehingga bahan tersebut sangat baik digunakan sebagai bahan campuran pembuatan

semen serat. Apabila serat semen tidak akan terlalu pegas dan akan mempunyai kelenturan serta tidak akan berjatuhan.

Provinsi Sulawesi Selatan memiliki kekayaan alam yang melimpah. Salah satunya adalah bahan atau material yang dapat dijadikan sebagai bahan yang menjadi agregat sebagai bahan pengisi campuran beton yaitu sabut kelapa yang berasal dari Kab. Pinrang Kec. Duampanua bisa menjadi alternatif sebagai material tambah pada campuran beton yang bisa dijangkau oleh masyarakat sekitar daerah tersebut. Di desa kaliang dapat menghasilkan buah kelapa ± 10.000 buah setiap tahunnya, menurut masyarakat setempat.

Agregat-agregat yang akan digunakan baik agregat halus dan agregat kasar sebagian berasal dari Parepare dan juga material tambah yang berupa sabut kelapa berasal dari Pinrang.

Dari permasalahan diatas maka saya mengambil kesimpulan, melakukan penelitian dengan judul "**Pengaruh Penambahan Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton".**

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh penambahan sabut kelapa terhadap kuat tekan beton?
2. Bagaiman pengaruh penambahan sabut kelapa terhadap kuat lentur?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan sabut kelapa terhadap kuat tekan beton.
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan sabut kelapa terhadap kuat lentur.

D. Batasan Masalah

Studi ini perlu dibatasi agar dapat dilakukan secara efektif dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Adapun lingkup studi terbatas pada :

1. Tidak memperhitungkan tentang analisa ekonomi, efektifitas pekerjaan serta perhitungan analisa biaya
2. Mutu Beton f'c = 25 MPa
3. Penelitian menggunkan benda uji berupa silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm, dan balok dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm
4. Pengujian yang akan di laksanakan pada penelitian ini yaitu:
    a. Kuat Tekan
    b. Kuat Lentur

E. Manfaat Penelitian

1. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang teknologi beton dengan bahan tambah sabut kelapa.
2. Uji coba penggunaan sabut kelapa sebagai bahan tambah pada campuran beton untuk keperluan konstruksi di masa depan diharapkan dapat meningkatkan nilai guna dan nilai jual sabut kelapa.

F. Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan yang dapat disajikan sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang penulisan, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, serta sistematika penulisian.

BAB II : KAJIAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang dasar-dasar teori mengenai pemanfaatan sabut kelapa terhadap kuat tekan beton.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini berisi gambaran umum penelitian, waktu dan lokasi penelitian, diagram alir penelitian serta tahapan penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas secara keseluruhan tentang hasil penelitian yang telah dilakukan

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan logis berdasarkan analisis data, temuan dan bukti yang disajikan sebelumnya, yang menjadi dasar untuk menyusun suatu saran sebagai suatu usulan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori Beton

Dalam konstruksi, beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi aggregat dan pengikat semen. Bentuk paling umum dari beton adalah beton semen Portland, yang terdiri dari agregat mineral (biasanya kerikil dan pasir), semen dan air.

Beton merupakan pencampuran dari semen, agregat halus, agregat kasar dan air dengan suatu perbandingan tertentu. Perbandingan ini tentu saja tidak sembarangan dikarenakan kekuatan yang diinginkan, karakteristik bahan dan fungsi bangunan menjadi salah satu faktor yang dipertimbangkan dalam pembuatan beton.

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.

Beton terdiri atas agregat, semen dan air yang dicampur bersama-sama dalam keadaan plastis dan mudah untuk dikerjakan. Karena sifat ini menyebabkan beton mudah untuk dibentuk sesuai dengan keinginan pengguna. Sesaat setelah pencampuran, pada adukan terjadi reaksi kimia yang pada umumnya bersifat

hidrasi dan menghasilkan suatu pengerasan dan pertambahan kekuatan. Menurut Tjokrodimuljo (1996), beton pada dasarnya adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan agregat halus serta kadang-kadang ditambahkan *additive*. Pada saat keras, beton diharapkan mampu memikul beban sehingga sifat utama yang harus dimiliki oleh beton adalah kekuatannya. Kekuatan beton terutama dipengaruhi oleh banyaknya air dan semen yang digunakan atau tergantung pada faktor air semen dan derajat kekompakannya. Adapun faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah perbandingan berat air dan semen, tipe dan gradasi agregat, kualitas semen, dan perawatan (*curing*).

1. Pengertian Beton Serat

Beton serat merupakan campuran beton ditambah serat. Bahan serat dapat berupa serat asbestos, serat plastik (*poly-propyline*), atau potongan kawat baja, serat tumbuh-tumbuhan (rami, sabut kelapa, bambu, ijuk) (Trimulyono, 2004)

Beton serat adalah bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktail daripada beton biasa.

Beton serat adalah beton yang dalam pembuatannya ditambahkan serat kedalamnya, yang betujuan untuk meningkatkan kuat tarik beton agar tahan terhadap gaya tarik yang diakibatkan pengaruh iklim, temperatur dan perubahan cuaca yang dialami oleh permukaan yang luas. Penambahan serat itu sendiri dapat mereduksi retak-retak yang mungkin timbul akibat perubahan cuaca tersebut.

Dalam pembagian beton serat, jenis beton serat dapat kita bedakan menjadi 2

jenis, yaitu beton serat alami dan beton serat buatan. Serat alami umumnya terbuat dari bermacam-macam tumbuhan. Karena sifat umumnya mudah menyerap dan melepaskan air, serat alami mudah lapuk sehingga tidak dianjurkan digunakan pada beton bermutu tinggi atau untuk penggunaan khusus. Yang termasuk serat alam antara lain rami, ijuk, sabut kelapa dan lain-lain.

Serat buatan umumnya dibuat dari senyawa-senyawa polimer. Mempunyai ketahanan tinggi terhadap perubahan cuaca. Mempunyai titik leleh, kuat tarik, dan kuat lentur tinggi. Digunakan untuk beton bermutu tinggi dan yang akan digunakan secara khusus.

Dalam sifat fisik beton, penambahan serat menyebabkan perubahan terhadap sifat beton tersebut. Dibandingkan dengan beton yang bermutu sama tanpa serat, maka beton dengan serat membuatnya menjadi lebih kaku sehingga memperkecil nilai slump serta membuat waktu ikat awal lebih cepat juga. Sedangkan dalam sifat mekanisnya, penambahan serat sampai batas optimum umumnya meningkatkan kuat tarik dan kuat lentur, tetapi menurunkan kekuatan tekan.

2. Keunggulan dan Kelemahan Beton Serat

Adapun kelebihan dan kekurangan penggunaan beton serat adalah sebagai berikut.

Kelebihan penggunaan serat sebagai bahan tambah pada beton adalah:

a. dapat meningkatkan kuat lentur beton,

b. kemungkinan terjadi segregasi kecil,

c. daktilitas (kemampuan menyerap energi) juga meningkat,

d. tahan benturan,

e. retak-retak yang terjadi dapat direduksi,

f. beton menjadi lebih kaku, dan

g. meningkatkan kuat tarik, kuat tekan dan kuat desak beton. Kekurangan penggunaan serat sebagai bahan tambah pada beton adalah:

a. 8u777ui8biaya menjadi lebih mahal karena adanya penambahan material yang berupa serat dan proses pengerjaan lebih sulit dari beton biasa.

B. Bahan Penyusun Beton

Dalam kontruksi beton adalah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengkitan semen. Bentuk umun pada beton adalah beton semen portland, yang terdiri agregat mineral. Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya pada umumnya mengandung rongga udara sekitar 1% - 2 %, pasta semen (semen dan air sekitar 25% - 40%) dan agregat (agregat halus dan agregat kasar sekitar 7 (60% - 75%) dari berat campuran dari beton (Tri Mulyono, 2005). Beton didefinisikan sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya (Nawy, 2010). Dengan demikian perlu diketahui masing-masing komponen beton sebelum mempelajari beton secara keseluruhan.

1. Semen

Semen portland adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis dengan gips sebagai bahan tambahan.

Perubahan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentase 4 komponen utama semen dapat menghasilkan beberapa jenis semen sesuai dengan tujuan pemakaiannya. Standar industri di Amerika (ASTM) maupun di Indonesia (SNI) mengenal 5 jenis semen, yaitu :

a. Jenis I, yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.
b. Jenis II, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
c. Jenis III, yaitu semen portland yang dalam penggunaannnya menuntut persyaratan Kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi.
d. Jenis IV, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya menuntut panas hidrasi yang rendah.
e. Jenis V, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat yang sangat baik.

Portland Composite Cement (PCC) adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut memiliki kadar total 6 % hingga 35% dari massa semen portland komposit.

1. S = *blast furnace slag*
2. D = *silica fume*
3. P = *natural pozzolana*
4. Q = *natural calcined pozzolana*

5. V = *siliceous fly ash* (*e.g. pfa*)

6. W = calcareous pfa (*e.g. high lime pfa*)

7. T = *burnt shale*

8. L = *limestone*

9. M = a *composite cement*

Selain itu, Berdasarkan British Standard Cements yang baru (BS EN 197-1), PCC dibagi atas dua jenis berdasarkan kandungan clinker yang ada, yaitu:

Tabel 2.1 *Tipe Portland Composite Cement* (Sumber : SNI 15 7064:2004)

Tipe PCC	Kandungan Cliker (%)	Kandungan lainnya
CEM II/A-M	80 -94	6 – 20
CEM II/B-M	65 – 79	25 – 35

2. Air

Air merupakan bahan penyusun beton yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen, yang juga berfungsi sebagai pelumas antara butiran-butiran agregat agar dapat dikerjakan dan dipadatkan. Proses hidrasi dalam beton segar membutuhkan air kurang lebih 25% dari berat semen yang digunakan, tetapi dalam kenyataan jika nilai faktor air semen kurang dari 35% beton segar menjadi tidak dapat dikerjakan dengan sempurna sehingga setelah mengeras beton yang dihasilkan menjadi keropos dan memiliki kekuatan yang rendah. Kelebihan air dari proses hidrasi diperlukan untuk syarat-syarat kekentalan (*consistency*) agar dapat dicapai suatu kelecakan (*workability*) yang baik. Kelebihan air ini selanjutnya akan menguap atau tertinggal di dalam beton sehingga menimbulkan pori-pori (*capillary poreous*) di dalam beton yang sudah mengeras.

3. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% dari volume mortar atau beton. Pemilihan agregat merupakan bagian yang sangat penting karena karakteristik agregat akan sangat mempengaruhi sifat-sifat mortar atau beton (Tjokrodimuljo, 1996).

Tabel 2.2 *Batas – batas gradasi agreat halus* (Sumber : SK SNI S - 18 - 1990 - 03, 1990)

Ukuran Saringan	Persentase Berat yang Lolos Saringan			
	Gradasi Zone I	Gradasi Zone II	Gradasi Zone III	Gradasi Zone IV
9,60 mm	100	100	100	100
4,80 mm	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40 mm	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20 mm	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60 mm	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30 mm	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15 mm	0-10	0-10	0-10	0-15

Tabel 2.3 *Batas – batas gradasi agreat kasar* (Sumber : SK SNI S - 18 - 1990 - 03, 1990)

Ukuran Saringan	Persentase Berat yang Lolos Saringan	
	5 mm sampai 38 mm	5 mm sampai 18 mm
38,0 mm	90-100	100
19,0 mm	35-70	90-100
9,6 mm	10-40	50-85
4,8 mm	0-5	0-10

Ukuran agregat dalam prakteknya secara umum digolongkan ke dalam 3 kelompok yaitu :

a. Batu, jika ukuran butiran lebih dari 40 mm.

b. Kerikil, jika ukuran butiran antara 5 mm sampai 40 mm.

c. Pasir, jika ukuran butiran antara 0,15 mm sampai 5 mm.

Butiran yang lebih kecil dari 0,15 mm dinamakan “silt” atau tanah (Tjokrodimuljo, 1996).

Tabel 2.4 *Persyaratan kekerasan agreat kasar* (Sumber : *SNI 1974:2011*)

Kekuatan Beton	Maksimum bagian yang hancur dengan Mesin Los Angeles, Lolos Ayakan 1,7 mm (%)
Kelas I (sampai 10 MPa)	50
Kelas II (10MPa-20MPa)	40
Kelas III (di atas 20 MPa)	27

C. Serat Sabut Kelapa

Sabut kelapa merupakan bagian terluar buah kelapa yang membungkus tempurung kelapa. Ketebalan sabut kelapa berkisar 5-6 cm yang terdiri atas lapisan terluar (exocarpium) dan lapisan dalam (endocarpium). Endocarpium mengandung serat-serat halus yang dapat digunakan sebagai bahan pembuat tali, karung, pulp, karpet, sikat, keset, isolator panas dan suara, filter, bahan pengisi jok kursi/mobil dan papan hardboard. Satu butir buah kelapa menghasilkan 0,4 kg sabut yang mengandung 30% serat. Komposisi kimia sabut kelapa terdiri atas selulosa, lignin, pyroligneous acid, gas, arang, ter, tannin, dan potasium (Rindengan, et al., 1995). India dan Sri Lanka adalah produsen terbesar produk-produk dari sabut dengan volume ekspor tahun 2000 masing-masing 55.352 ton dan 127.296 ton dan masing-masing terdiri atas 6 dan 7 macam produk. Pada saat yang sama, Indonesia hanya mengekspor satu jenis produk (berupa serat mentah) dengan volume 102 ton. Angka ini menurun tajam dibandingkan ekspor tertinggi pada tahun 1996 yang mencapai 866 ton (Ditjenbun, 2002; BPS, 2002). Sabut kelapa jika diurai akan menghasilkan serat sabut (cocofibre) dan serbuk sabut

(cococoir). Namun produk inti dari sabut adalah serat sabut. Dari produk cocofibre akan menghasilan aneka macam derivasi produk yang manfatnya sangat luar biasa. Menurut Choir Institute, kelebihan serat sabut kelapa antara lain anti ngengat, tahan terhadap jamur dan membusuk, memberikan insulasi yang sangat baik terhadap suhu dan suara, tidak mudah terbakar, flame-retardant, tidak terkena oleh kelembaban dan kelembaban, alot dan tahan lama, resilient, mata kembali ke bentuk konstan bahkan setelah digunakan, totally statis, mudah dibersihkan serta mampu menampung air 3x dari beratnya.

Serabut kelapa adalah bahan berserat dengan ketebalan sekitar 5 cm, merupakan bagian terluar dari buah kelapa. Serat yang dapat diekstrasi diperoleh 40% serabut berbulu dan 60% serat matras. Dari 100 gram serabut yang diabstrasikan diperoleh sekam 70 bagian, serat matras 18 bagian, dan serat berbulu 12 bagian. Dari segi teknis sabut kelapa memiliki sifat-sifat yang menguntungkan, antara lain mempunyai panjang 15 - 30 cm, tahan terhadap serangan mikroorganisme, pelapukan dan pekerjaan mekanis (gosokan dan pukulan) dan lebih ringan dari serat lain. Diberbagai negara serat sebagai penguat dan peningkat sifat deformasi beton bukan lagi barang asing. Beton diperkuat serat maka beban deformasi akan dialihkan ke serat. Peranan serat sebagai penahan retakan yang menjalar untuk menjebak ujung retakan agar lambat melintasi matrik dengan demikian regangan retakan ultimit komposit meningkat drastis dibandingkan beton tanpa serat. Mutu serat ditentukan oleh warna, persentase kotoran, kadar air, dan proporsi berat antar serat panjang dan serat pendek. Serat sabut kelapa yang bermutu tinggi berwarna cerah cemerlang dengan

persentase berat kotoran tidak lebih dari 2% dan tidak mengandung lumpur.



Gambar 2.1 Serat Sabuat Kelapa (Sumber: Google gambar serat sabut kelapa)

D. Kuat Tekan

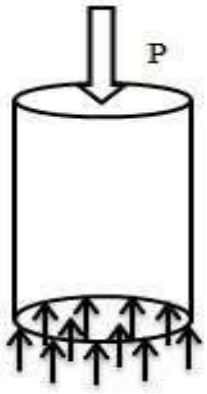
Kuat tekan beton merupakan kekuatan tekan maksimum yang dapat dipikul beton persatuan luas. Kuat tekan beton normal antara 20 – 40 MPa. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh : faktor air semen (water cement ratio = w/c), sifat dan jenis agregat, jenis campuran, kelecakan (workability), perawatan (curing) beton dan umur beton.

1. Faktor Air semen

Faktor air semen (water cement ratio = w/c) sangat mempengaruhi kuat tekan beton. Semakin kecil nilai w/c nya maka jumlah airnya sedikit yang akan menghasilkan kuat tekan beton yang besar.

D.A Abrams pada tahun 1918 menyatakan bahwa untuk material yang diberikan, kekuatan beton hanya tergantung pada satu faktor saja, yaitu faktor air semen dari pasta. Ini dinyatakan

Beton merupakan kekuatan tekan maksimum yang dapat dipikul beton per satuan luas.



Gambar 2.2 Pengujian Kuat Tekan (Sumber: jurnal sipil statik vol 3 no 5 mei 2015)

Berdasarkan SNI 1974:2011, nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus :

$f'c = \frac{P}{A}$ .....(1)

dimana :

f'c = Kuat Tekan Beton (N/mm2)

P = Beban Maksimum (N)

A = Luas Penampang yang Menerima Beban (mm2)

w/c= Faktor air semen.

Jika perbandingan panjang (L) terhadap diameter (D) benda uji kurang dari 1.8, koreksi hasil yang diperoleh dengan mengalikan dengan faktor koreksi.

2. Sifat dan jenis agregat

Sifat dan jenis agregat yang digunakan juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Semakin tinggi tingkat kekerasan agregat yang digunakan akan dihasilkan kuat tekan beton yang tinggi. Selain itu susunan besar butiran agregat yang baik

dan tidak seragam dapat memungkinkan terjadinya interaksi antar butir sehingga rongga antar agregat dalam kondisi optimum yang menghasilkan beton padat dan kuat tekan yang tinggi.

3. Jenis Campuran

Jenis campuran beton akan mempengaruhi kuat tekan beton. Jumlah pasta semen harus cukup untuk melumasi seluruh permukaan butiran agregat dan mengisi rongga-rongga diantara agregat sehingga dihasilkan beton dengan kuat tekan yang diinginkan.

4. Perawatan (*curing*)

Untuk memperoleh beton dengan kekuatan seperti yang diinginkan, maka beton yang masih muda perlu dilakukan perawatan dengan tujuan agar proses hidrasi pada semen berjalan dengan sempurna. Pada proses hidrasi semen dibutuhkan kondisi dengan kelembaban tertentu. Apabila beton terlalu cepat mengering, akan timbul retak-retak pada permukaannya. Retak-retak ini akan menyebabkan kekuatan beton turun, juga akibat kegagalan mencapai reaksi hidrasi kimiawi penuh.

5. Umur Beton

Kuat tekan beton mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya umur beton. Kuat tekan beton dianggap mencapai 100 % setelah beton berumur 28 hari. Menurut SNI T-15-1991, perkembangan kekuatan beton dengan bahan pengikat PC type 1 berdasarkan umur beton disajikan pada Tabel 5 sebagai berikut:

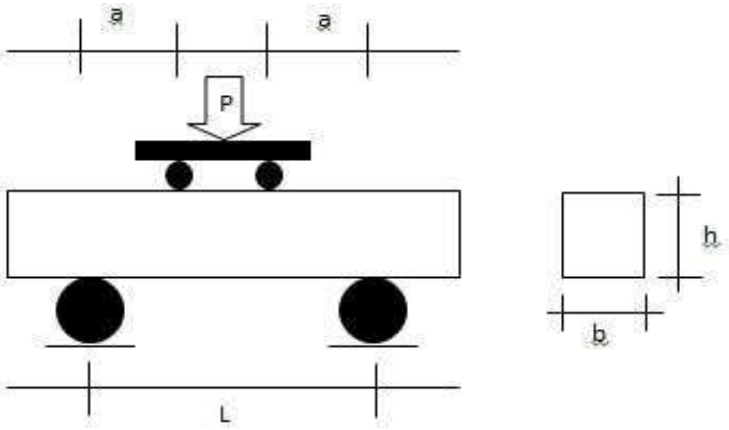
Tabel 2.5 Perkembangan Kekuatan Beton dengan bahan pengikat PC type 1 (Sumber **:** Sunario, 2008 dalam (Laboratorium Balai Besar Pulp dan Kertas)

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
PC Type 1	0.44	0.65	0.88	0.95	1.0	-	-

E. Kuat Lentur

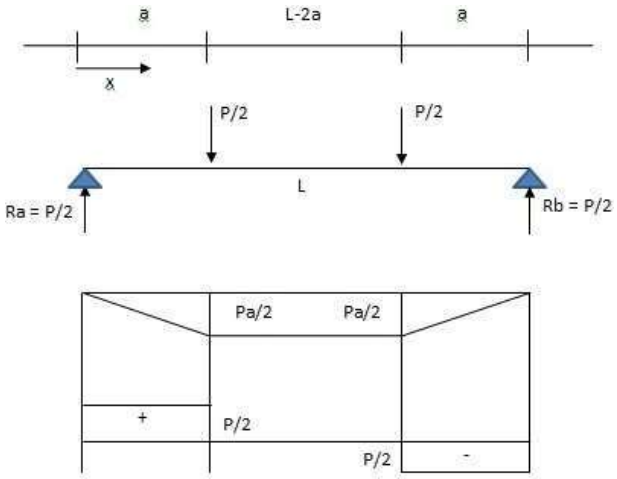
Kuat tarik lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah yang dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI 03-4431-1997). Sebuah balok yang diberi beban akan mengalami deformasi, dan oleh sebab itu timbul momen-momen lentur sebagai perlawanan dari material yang membentuk balok tersebut terhadap beban luar. Tegangan yang timbul selama mengalami deformasi tidak boleh melebihi tegangan lentur ijin untuk bahan dari beton itu. Momen eksternal harus ditahan oleh bahan dari beton, dan harga maksimum yang dapat dicapai sebelum balok mengalami keruntuhan atau patah sama dengan momen penahan internal dari balok. Sistem pembebanan pada pengujian tarik lentur, yaitu benda uji dibebani sedemikian rupa sehingga hanya akan mengalami keruntuhan akibat lentur murni

seperti Gambar 2.



Gambar 2.3 Pengujian Kuat Tarik Lentur (Sumber: jurnal sipil statik vol 3 no 5 mei 2015)

Rumus kuat tarik lentur diperlihatkan pada Persamaan 3.:



Gambar 2.4 Diagram Momen (M) dan Gaya Lintang (Q) (Sumber: jurnal sipil statik vol 3 no 5 mei 2015)

Dimana: $\sigma_l = \frac{P.a}{b.h^2}$ ……(2)

dengan pengertian:

σ_l adalah kuat lentur benda uji (MPa)

P adalah beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji (pembacaan dalam ton sampai 3 angka di belakang koma)

L adalah jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)

b adalah lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h adalah lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

a adalah jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sudut dari bentang (mm)

F. Kajian Hasil Penelitian Terdahulu

Berikut ini akan dijelaskan mengenai hasil penelitian-penelitian sebelumnya dengan topik atau masalah yang sama guna memperoleh informasi tentang penelitian-penelitian sejenis atau yang ada kaitannya dengan penelitian yang sama.

1. Penelitian berjudul Pengaruh Penambahan Sabut Kelapa Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Sebagai Peredam Suara oleh Marpaung dan Karolina, 2014.

   Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan memanfaatkan limbah pertanian dalam hal ini sabut kelapa sebagai bahan pengisi pada beton terhadap kuat tekan, dan kuat tarik beton, dan untuk mengetahui perbedaan kuat tekan, kuat tarik dan peredaman suara dari beton normal dengan beton yang ditambah dengan sabut kelapa. Pada penelitian ini serabut kelapa yang digunakan adalah serabut kelapa yang di cacah sepanjang 3 cm dan direndam air selama 24 jam kemudian dikeringkan. Variasi persentase serabut kelapa yang digunakan adalah 5%, 10%, 15% dan 20%. Untuk mengetahui nilai kuat tekan beton maka dibuat benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm

masing-masing sebanyak 5 buah untuk benda uji beton normal dan untuk beton dengan penambahan serabut kelapa. Setelah umur beton 24 jam, cetakan silinder dibuka dan mulai dilakukan perendaman selama 28 hari. Dari hasil penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa penggunaan serabut kelapa pada campuran beton dengan variasi 5%,10%, 15% dan 20% dapat menurunkan nilai slump. Hal ini disebabkan oleh bahan tambahan yang tinggi mengakibatkan volume udara dan faktor air semennya turun hal ini sesuai dengan sifat serabut kelapa yang memiliki daya serap air tinggi. Penggunaan serabut kelapa pada campuran beton dengan variasi 5%,10%, 15% dan 20% dari volume beton berdampak terhadap penurunan nilai kuat tekan menjadi dari beton normal mengalami penurunan nilai kuat tekan 25.9 kg/cm^2, 22.49 kg/cm^2, 17.46 kg/cm^2, 12.59 kg/cm^2, 7.9 kg/cm^2. Diakibatkan karena serabut kelapa yag memiliki berbagai kandungan yang dapat mengubah karakteristik beton.

2. Penelitian berjudul Pengaruh Pemanfaatan Sabut Kelapa Sebagai Material Serat Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton oleh Rustendi, 2004.

   Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penambahan serat sabut kelapa pada adukan beton terhadap peningkatan kuat tekannya, penambahan serat sabut kelapa pada adukan beton terhadap peningkatan kuat tariknya, dan besar nilai berat jenis beton setelah ditambahkan serat sabut kelapa. Pada penelitian ini serabut kelapa yang digunakan adalah serabut kelapa dengan panjang 2 cm dan direndam air selama 24 jam kemudian dikeringkan. Variasi persentase serabut kelapa yang digunakan adalah 5%, 10% dan 15% dari volume beton.

Untuk mengetahui nilai kuat tekan beton maka dibuat benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Benda uji dibuat sebanyak 16 buah untuk benda uji beton normal dan untuk beton dengan penambahan serabut kelapa. Setelah umur beton 24 jam, cetakan silinder dibuka dan mulai dilakukan perendaman selama 28 hari. Dari hasil penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa penambahan serat tempurung kelapa pada

adukan beton akan menurunkan kuat tekannya. Makin besar persentase tempurung kelapa yang ditambahkan makin besar pula penurunannya. Penambahan serat tempurung kelapa pada adukan beton akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kuat tariknya. Dari beberapa persentase yang dicoba yaitu 5%, 10%, dan 15% persentase terbesar memberikan efek terbesar pula. Karena ada sebagian massa/volume agregat kasar yang tereliminasi oleh serat tempurung kelapa, maka berat jenis betonnya menjadi berkurang.

3. Penelitian berjudul Analisa Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa Dalam Presentase Tertentu Pada Beton Mutu Tinggi oleh Prahara, Liong dan Rachmansyah, 2015.

   Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan serat serabut kelapa dengan persentase kandungan 1,5 %, 2 %, 2,5 %, dan 3 % pada beton mutu tinggi terhadap kemampuan beton menahan gaya tekan dan gaya tarik melalui proses pengujian kuat tekan dan kuat tarik. Pada penelitian ini serabut kelapa yang digunakan adalah serabut kelapa dengan panjang 5 cm dan direndam air selama 24 jam kemudian dikeringkan. Variasi kandungan serat

serabut kelapa yakni 1,5 %, 2 %, 2,5 %, dan 3 % yang ditambahkan superplasticizer sebanyak 1,5 %. Benda uji yang dibuat berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan, serta benda uji berbentuk balok dengan ukuran lebar 15 cm, tinggi 15 cm, dan panjang 75 cm untuk pengujian kuat tarik. Benda uji yang dibuat sebanyak 5 buah untuk masing-masing tipe campuran dan variabel umur, sehingga total banda uji yang diproduksi adalah 50 buah sampel silinder dan 50 buah sampel balok. Setelah umur beton 24 jam, cetakan silinder dibuka dan mulai dilakukan perendaman selama 28 hari. Dari hasil penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa penambahan serat serabut kelapa pada campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan beton. Dari persentase penambahan yang diteliti yakni 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3% beton dengan kandungan serat serabut kelapa sebanyak 1,5% menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton tanpa penambahan serat serabut kelapa maupun beton dengan persentase campuran lainnya. Penambahan serat serabut kelapa pada campuran beton dapat meningkatkan kuat tarik beton. Dari persentase penambahan yang diteliti yakni 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3% beton dengan kandungan serat serabut kelapa sebanyak 2% menghasilkan nilai kuat tarik yang lebih tinggi dibandingkan beton tanpa penambahan serat serabut kelapa maupun beton dengan persentase campuran lainnya.

4. Prahara, dkk. (2015) telah melakukan penelitian mengenai "Analisa Pengaruh Penggunaan Serat Sabut Kelapa Dalam Presentase Tertentu Pada Beton Mutu Tinggi". Pada penelitian ini serat sabut kelapa digunakan sebagai bahan

tambah pada beton mutu tinggi dengan kuat tekan rencana sebesar 40 MPa yang dihitung berdasarkan standar metode ACI 211.1. Variasi penambahan serat sabut kelapa yang digunakan yakni 1,5%, 2%, 2,5%,dan 3% dari berat semen dan ditambah *superplaticizer* sebanyak 1,5%. Dari pengujian kuat tekan beton umur 28 hari didapat penambahan serat sabut kelapa optimum pada 1,5%. Pada persentase tersebut didapat peningkatan kuat tekan dari 40,4 MPa menjadi 44,1 MPa, dan juga didapat peningkatan kuat tarik dari 2,99 MPa menjadi 3,2 MPa. Sedangkan pada uji kuat tarik penambahan serat sabut kelapa optimum pada 2%. Pada persentasi tersebut kuat tarik beton meningkat dari 2,99 MPa menjadi 3,58 MPa, tetapi terjadi penurunan pada kuat desak dari 40,4 MPa menjadi 37,53 MPa.

5. Zulkifly, dkk. (2013) telah melakukan penelitian mengenai "Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton Normal". Penelitian ini menggunakan serat sabut kelapa sebagai bahan tambah pada beton normal yang mengacu pada SK SNI T-15-1990-003 tentang "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal". Pada penelitian ini beton direncanakan dengan kuat tekan f'c = 20 MPa. Serat sabut kelapa dipotong dengan panjang 7 cm, dan variasi konsentrasi penambahan serat sabut kelapa yang digunakan 0%, 0,3%, 0,60%, 0,90%, 1,2% dari berat total beton. Dari pengujian kuat tekan beton umur 28 hari didapat penambahan serat sabut kelapa optimal pada 0,3% dari berat total beton. Dari penambahan serat sabut kelapa 0,3% memberikan peningkatan kuat tekan sebesar 2,11%, yaitu dari 19,96 MPa menjadi 20,38 MPa.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian-penelitian terdahulu yaitu penelitian ini meneliti tentang kuat tekan dan daya serap beton dengan bahan tambah sabut kelapa sebagai material serat. Panjang sabut kelapa yang digunakan dalam penelitian ini adalah 4 cm. Persentase sabut kelapa yang digunakan adalah 0.5%, 1,5% dan 2,5% dari berat beton normal. Penelitian ini menggunakan metode perencanaan campuran beton (*mix design*) sesuai dengan standar SNI-03-2834-2000 dengan umur rencana 28 hari.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah *Laboratory Research* (Penelitian Laboraturium), dimana menggunakan metode kuantitatif yang merupakan metode penelitian yang banyak menuntut penggunaan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampilan dari hasilnya disertai dengan gambar, table, grafik, atau tampilan lainnya. Kemudian data hasil penelitian dianalisis sesuai dengan prosedur pengujian dilaboratorium. Strategi penelitian ini menggunakan strategi penelitian eksperimen yaitu untuk membandingkan antara dua variasi dengan mengurangi atau menyisihkan variasi yang lain.

B. Lokasi Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Struktur & Bahan Program Studi Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare. Durasi penelitian ini sampai dengan penyusunan Tugas Akhir diselenggarakan selama 2 (dua) bulan, proses penelitian ini dilaksanakan kisaran bulan September – oktober 2021

C. Benda Uji

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berupa benda uji kuat tekan dan kuat lentur, yang berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan, serta balok berukuran (60x15x15) cm untuk pengujian kuat lentur. Total benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah 44 benda uji.

a. Kuat Tekan

Tabel 3.1 Jumlah Benda Uji

Umur	**Jumlah Benda Uji**				
(Hari)	BN	0,5%	1,5%	2,5%	Jumlah
7	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah	12 buah
14	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah	12 buah
28	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah	12 buah
Total					**36 buah**

b. Kuat Lentur

Tabel 3.2 Uji Lentur

Umur	**Jumlah Benda Uji**				
(Hari)	BN	0,5%	1,5%	2,5%	Jumlah
28	2 buah	2 buah	2 buah	2 buah	8 buah
Total					**8 buah**

D. Persiapan Bahan Dan Alat Penelitian

Penelitian ini menggunakan bahan yang terdiri dari :

1. Semen PCC. Semen: yang akan digunakan adalah semen portland tipe I yang terdapat di pasaran Kota Parepare dengan merek dagang Semen Tonasa.
2. Air: yang akan digunakan adalah air bersih yang tersedia di Laboratorium Bahan dan Beton, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare.
3. Agregat halus: yang akan digunakan adalah pasir dari Sungai di Kabupaten Pinrang, dimana pasir tersebut mempunyai bentuk yang bulat, bersih, butir-butir yang halus dan mempunyai gradasi yang baik (zona II).
4. Agregat kasar ,Agregat yang digunakan adalah agregat alami yang berupa agregat (kerikil).
5. Material tambahan yang berupa sabut kelapa yang berasal dari desa Kaliang Kec. Duampanua Kab.Pinrang

Penelitian ini menggunakan alat-alat yang terdiri dari :

1. Cetakan silinder
2. Oven
3. Piring logam
4. Mesin Siever
5. Saringan
6. Timbangan

7. Gelas ukur

8. Ember

9. Kerucut abraham

10. Mixer

11. Sekop

12. Kaliper

13. Universal Testing Machine (UTM)

14. Kolam penampung

Alat Bantu:

a. Cetok semen

b. Piknometer

c. Pengukur waktu

d. Ember dan talam

e. Mistar/Meteran

Proses Pengolahan Sabut Kelapa

a. Persiapan bahan

Pada tahap persiapan, yaitu sabut direndam selama 3 hari sehingga bagian gabusnya membusuk dan mudah terpisah dari seratnya, kemudian disajikan.

b. Pelunakan sabut

Pelunakan sabut secara tradisional dilakukan secara manual, yaitu dengan cara memukul sabut dengan palu sehingga sabut kelapa menjadi lebih terurai. Pada tahap ini sudah dihasilkan hasil samping berupa butiran gabus.

c. Kemudian serabut kelapa dipotong dengan ukuran sekitar 3 cm dengan menggunakan gunting.

E. Prosedur Standar Penelitian

Penelitian diawali dengan pengujian bahan material untuk menentukan layak atau tidaknya sebuah material digunakan. Selanjutnya dilakukan pengolahan data hasil uji material untuk menentukan mix design. Setelah itu dilakukanlah pencampuran beton dan dicetak dalam sebuah cetakan silinder. Dua hari kemudian cetakan dilepas dan benda uji di keringkan selama 24 jam. Setelah itu barulah dilakukan perendaman sesuai dengan jumlah hari penelitian yang direncanakan. Setelah hari perendaman berakhir, benda uji dikeringkan 24 jam. Setelah itu dilakukanlah pengujian kuat tekan benda uji dengan alat Universal Testing Machine (UTM). Kemudian hasil dari uji kuat tekan yang dilakukan akan diolah dan dianalisis.

1. Perencanna campuran (Mix design)

pada penelitian ini, metode yang di gunakan adalah metode SNI 03-2834-2000 dimana system perancangan ini merupakan gabungan perancangan cara inggris atau dikenal dengan metode departemen pekerjaan umum yang tertuang dalam SK SNI T-15-1990-03 tata cara pembuatan rencana campuran beton normal merupakan adopsi dari cara departement *of environment* (DOE), *building research estabilishment*, dan *britian*

Data sifat-sifat bahan/karakteristik agregat yang akan dipergunakan dalam produksi beton. Ada beberapa metode rancangan campuran antara lain:

1) Cara DOE (Develoment of Environment)

a. Tahap (I). Tentukan Air Gratis/Rasio Semen Diperlukan untuk Kekuatan

1) Entah menggunakan tertentu margin atau perhitungan margin untuk diberikan proporsi barang cacat dan deviasi standar statistik .

2) Dapatkan target berarti kekuatan dengan menambahkan marjin untuk yang dibutuhkan kekuatan karakteristik .

3) Jika entrainment udara ditentukan, menghitung artifisial menaikkan target diubah berarti kekuatan .

4) Entah menerima tertentu air bebas/semen atau mendapatkan air gratis maksimum/semen yang akan memberikan target berarti kekuatan untuk beton yang dibuat dari diberikan jenis agregat kasar dan dari semen dengan yang diberikan sifat .

b. Tahap (II). Menentukan Kadar Air Gratis Diperlukan untuk workability

1) Entah menggunakan ditentukan kadar air bebas atau memperoleh kadar air bebas minimum, yang akan memberikan yang diinginkan workability untuk beton dibuat dengan diberikan jenis agregat halus, agregat kasar jenis dan ukuran maksimum agregat kasar.

2) Jika kadar air bebas telah ditentukan untuk workability, menyesuaikan kadar air bebas diperlukan jika entrainment udara yang ditentukan, dan menyesuaikan lebih lanjut jika mengurangi bahan tambahan air ditentukan.

c. Tahap (III). Menentukan Kadar Semen Diperlukan

1) Dapatkan minimum konten semen, yang diperlukan untuk kekuatan, dengan membagi kadar air bebas diperoleh pada Tahap (II) dengan air bebas/semen diperoleh di Tahap (I)
2) Periksa isi semen minimum, yang diperlukan untuk kekuatan, terhadap isi semen maksimum yang diizinkan, dan memberikan peringatan jika mantan melebihi kedua.
3) Periksa isi semen minimum, yang diperlukan untuk kekuatan, terhadap isi semen minimum, yang diperbolehkan untuk daya tahan, dan mengadopsi mana yang lebih besar untuk menjadi kadar semen dalam campuran.
4) Bagilah kadar air bebas oleh kandungan semen yang digunakan dalam campuran untuk mendapatkan air bebas dimodifikasi / semen.

d. Tahap (IV). Menentukan Konten Agregat Jumlah
1) Mendapatkan nilai untuk keseluruhan kepadatan agregat .
2) Dapatkan fraksional volume agregat dengan mengurangi volume air proporsional bebas dan semen dari satuan volume.
3) Hitung total agregat dengan membagi volume agregat dengan kepadatan agregat.

e. Tahap (V). Menentukan Konten Fine Agregat
1) Baik menggunakan nilai yang ditentukan dari persentase agregat halus , atau mendapatkan persentase agregat halus, yang akan memberikan yang diinginkan workability untuk beton dibuat

dengan yang diberikan gradasi agregat halus , ukuran maksimum agregat kasar dan air bebas/semen diperoleh Tahap (III).

2) Hitung isi agregat kasar dan halus dari total agregat diperoleh pada Tahap (IV) dan persentase agregat halus.

2) SNI 03-2834-2000 (Standar Nasional Indonesia)

Proses perancangan mengikuti langkah-langkah berikut :

1. Menetapkan kuat tekan beton (f'c) pada umur 28 hari

   Kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari adalah 50 MPa.

2. Menetapkan nilai deviasi standar (S)

Tabel 3.3 Nilai Deviasi Standar untuk berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan (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	7,0
Tanpa Kendali	8,4

Deviasi standar dihitung berdasarkan volume pembetonan yang akan dibuat dan mutu pekerjaan. Nilai deviasi standar yang digunakan dalam perencanaan campuran ini sebesar 7 Mpa yaitu tingkat pengendalian mutu pekerjaan jelek karena belum mempunyai pengalaman sebelumnya.

3. Menghitung nilai tambah

   Nilai tambah dapat dihitung menggunakan persamaan 3.3, adapun hasilnya sebagai berikut ini.

M = 1,64 x 7 = 11,48 MPa ≈ 12 Mpa

4. Menghitung kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan (f'cr) menggunakan persamaan 3.4, maka

   f'cr = f'c + M

   = 50 + 12

   f'cr = 62 Mpa

5. Jenis semen yang telah ditetapkan adalah semen portland komposit yang penggunaannya tidak memakai persyaratan khusus, jadi sama seperti semen tipe 1.
6. Jenis agregat halus yang digunakan yaitu alami, menggunakan pasir merapi.
7. Jenis agregat kasar yang digunakan yaitu batu pecah clereng ukuran maksimal 20 mm.
8. Menentukan nilai faktor air semen dengan cara menggunakan grafik "hubungan antara kuat tekan rata-rata dan faktor air semen berdasarkan umur benda uji dan jenis semen" sebagai berikut ini.
   a. Perkiraan kekuatan tekan diketahui dari jenis semen, jenis agregat, bentuk benda uji yang digunakan dan umur beton pada kekuatan tekan.

Tabel 3.4 Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) beton dengan faktor air semen 0,5 dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia (Sumber: SNI 03-2834-2000)

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa)				
		Pada Umur (hari)				Bentuk Benda Uji
		3	7	28	91	
Semen Portland Tipe 1	Batu tidak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Tahan Sulfat Tipe II, V	Batu tidak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen Portland 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	

Dari tabel diatas didapatkan kekuatan tekannya yaitu sebesar 37 MPa.

b. Setelah itu, lihat pada tabel 8 yaitu tentang hubungan antara kuat tekan rata-rata dan faktor air semen dengan benda uji berbentuk silinder.

c. Buat garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen 0,5 sampai memotong kurva dengan warna merah, selanjutnya buat garis lurus ke kanan dari angka kuat tekan 37 MPa sampai garis tersebut menyentuh garis warna merah.

d. Lalu buat garis lengkung melalui titik perpotongan dari sub. Butir b secara proporsional.

e. Kemudian buat garis lurus ke kanan dari angka fcr sebesar 62 MPa sampai menyentuh garis lengkung (kurva baru) yang sudah dibuat atau ditentukan dari sub butir c, diatas .

f. Selanjutnya buat garis lurus ke bawah melalui titik perpotongan tersebut. Kemudian dari garis tersebut didapatkan nilai fas sebesar 0,31.

9. Menentukan nilai faktor air semen maksmimum

Setelah ditentukan nilai fas dari gambar diatas, kemudian dilanjutkan dengan menentukan faktor air semen (fas) maksimum yang dapat ditentukan dari Tabel 9.

Tabel 3.5 Persyaratan fas dan Jumlah Semen Minimum Untuk Berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus (Sumber: SNI 03-2834-2000)

Jenis Pembetonan	**Jumlah Semen Minimum per m^3 beton (Kg)**	**Nilai fas Maksimum**
Beton di dalam ruang bangunan		
a. keadaan keliling non-korosif	275	0,6
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan		
a. tidak terlindung dari hujan danterik matahari langsung	325	0,6
b.terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,6
Beton masuk ke dalam tanah		
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Tabel 3.10
Beton yang kontinu berhubungan dengan air tawar dan air laut		Tabel 3.11

Nilai faktor air semen maksimum yang didapat dari Tabel 9 adalah sebesar 0,6 yaitu jenis pembetonan di dalam ruang bangunan dengan

keadaan keliling non korosif.

10. Menetapkan nilai *slump*

    Tinggi *slump* perencanaan yang ditetapkan adalah sebesar 30-60 mm.

11. Menetapkan ukuran besar butir agregat maksmimum

    Ukuran besar butir agregat maksimum yang digunakan yaitu sebesar 20 mm.

12. Menetapkan nilai kadar air bebas

    Kadar air bebas dapat ditentukan dari Tabel 3.10, dengan menggunakan data ukuran agregat maksimum, jenis batuan, dan *slump* rencana. Setelah didapatkan hasil perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton, kemudian jumlah kebutuhan air dapat dihitung menggunakan persamaan 3.3.

Tabel 3.6 Perkiraan Kebutuhan Air per Meter Kubik Beton (Sumber: SNI 03-2834-2000)

Ukuran Maksimum Agregat (mm)	Jenis Batuan	*Slump* (mm)			
		0 – 10	10 – 30	30 – 60	60 – 180
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

$W = \frac{2}{3} Wh + \frac{1}{3} Wk$

$= \frac{2}{3} \times 180 + \frac{1}{3} \times 210$

$= 190$ kg

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai kadar air bebasnya adalah sebesar 190 kg

13. Menghitung kebutuhan semen

    Jumlah kebutuhan semen dihitung berdasarkan persamaan 3.7.

    $$\text{Wsemen} = \frac{\text{Wair}}{\text{Fas}}$$

    $$= \frac{190}{0{,}31}$$

    Wsemen = 612,9 kg

    Dari perhitungan diatas didapatkan jumlah kebutuhan semennya adalah sebesar 612,9 kg.

14. Menetapkan kebutuhan semen yang digunakan

    Setelah menghitung kebutuhan semen dengan persamaan 3.7, maka perlu dicari kebutuhan semen minimum dengan melihat Tabel 9. Dari tabel tersebut didapatkan nilai kebutuhan semen minimumnya adalah sebesar 325 kg. Jika kebutuhan semen yang diperoleh dari perhitungan ternyata lebih sedikit dari pada kebutuhan semen minimum berdasarkan Tabel 9, maka yang digunakan adalah kebutuhan semen dengan nilai yang terbesar dari kedua cara tersebut.

15. Menentukan persentase agregat halus dan kasar

    Persentase jumlah agregat ditentukan oleh besar ukuran maksimum agregat kasar, nilai *slump*, faktor air semen, dan daerah gradasi agregat halus. Untuk menentukan persentase jumlah agregat halus karena ukuran butir maksimum yang digunakan yaitu 20 mm dan slump yang

digunakan adalah sebesar 30-60 mm. Selain itu, digunakan gradasi daerah nomor 2 yang dihasilkan dari pengujian modulus halus butir agregat halus.

a. Tarik garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen yang sudah didapatkan sebelumnya sebesar 0,31 sampai memotong kurva bagian atas pada daerah gradasi
b. Kemudian dari titik perpotongan batas lengkung kurva atas dan batas lengkung kurva bawah pada daerah gradasi, ditarik garis mendatar ke kiri sampai memotong sumbu tegak.
c. Dari penarikan garis atas dan garis bawah tersebut didapatkan angka yaitu sebesar 36,5 dan 29,5.
d. Nilai persentase agregat halus dan agregat kasar dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini.

$$\%AH = \frac{36,5+29,5}{2}$$

$$= 33\ \%$$

$$\%AK = 100\% - \%AH$$

$$= 100\% - 33\%$$

$$\%AK = 67\%$$

Dari perhitungan di atas didapatkan nilai persentase agregat halus (%AH) sebesar 33% dan agregat kasar (%AK) sebesar 67%.

16. Menghitung berat jenis SSD agregat gabungan.

Berat jenis SSD agregat halus dan agregat kasar dapat diketahui dari pengujian berat jenis agregat halus dan agregat kasar yang sudah ada.

Dari pengujian berat jenis tersebut didapatkan angka berat jenis agregat halus (BJ_{AH}) yaitu sebesar 2,6 dan berat jenis agregat kasar (BJ_{AK}) yaitu sebesar 2,58. Setelah didapatkan berat jenis kedua agregat tersebut, kemudian berat jenis agregat gabungan dapat dihitung.

$BJ_{gabungan}$ = %AH x BJ_{AH} + %AK x BJ_{AK}

= 33% x 2,58 + 67% x 2,6

= 2,587

Dari perhitungan diatas didapatkan berat jenis agregat gabungannya ($BJ_{gabungan}$) yaitu sebesar 2,587.

17. Menentukan berat isi beton

Berat isi beton basah ditentukan berdasarkan dengan memasukkan berat jenis agregat gabungan dan kadar air bebas.

a. Buat kurva baru sesuai dengan berat jenis agregat gabungan secara proporsional dengan memperhatikan kurva sebelah atas dan bawahnya yang sudah ada.
b. Lalu tarik garis tegak lurus ke atas dari nilai kadar air yang digunakan yaitu 190 kg/m^3 sampai memotong kurva baru berat jenis gabungan tersebut.
c. Kemudian dari titik potong tersebut, ditarik garis mendatar kearah kiri sampai memotong sumbu tegak.
d. Dari penarikan garis tersebut didapatkan nilai berat isi beton adalah

sebesar 2358 kg/m^3.

18. Menghitung proporsi campuran beton

Proporsi campuran yang dihitung adalah proporsi campuran kebutuhan material penyusun beton. Proporsi agregat dan untuk menghitung proporsi agregat kasar.

W_{AH} = ($W_{isi\ beton\ basah} - W_{semen} - W_{air}$) x %AH

= (2,358 - 612,9 - 190) x 33%

= 513,182 kg/m^3

W_{AK} = ($W_{isi\ beton\ basah} - W_{semen} - W_{air}$) x %AK

= (2,358 - 612,9 - 190) x 67%

= 1041,915 kg/m^3

Dari perhitungan diatas didapatkan berat agregat halus (W_{AH}) adalah sebesar 513,182 kg/m^3 dan berat agregat kasar (W_{AK}) adalah sebesar 1041,915 kg/m^3.

19. Proporsi Campuran untuk 1 m^3 beton :

a. Semen Portland = 612,9 kg/m^3

b. Air = 190 kg/m^3

c. Agregat Halus = 513,182 kg/m^3

d. Agregat Kasar = 1041,915 kg/m^3

F. Teknik Pengumpulan Data

1. Pengumpulan Data Sekunder

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

2. Pengumpulan Data Primer

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

G. Teknik Analisis Data

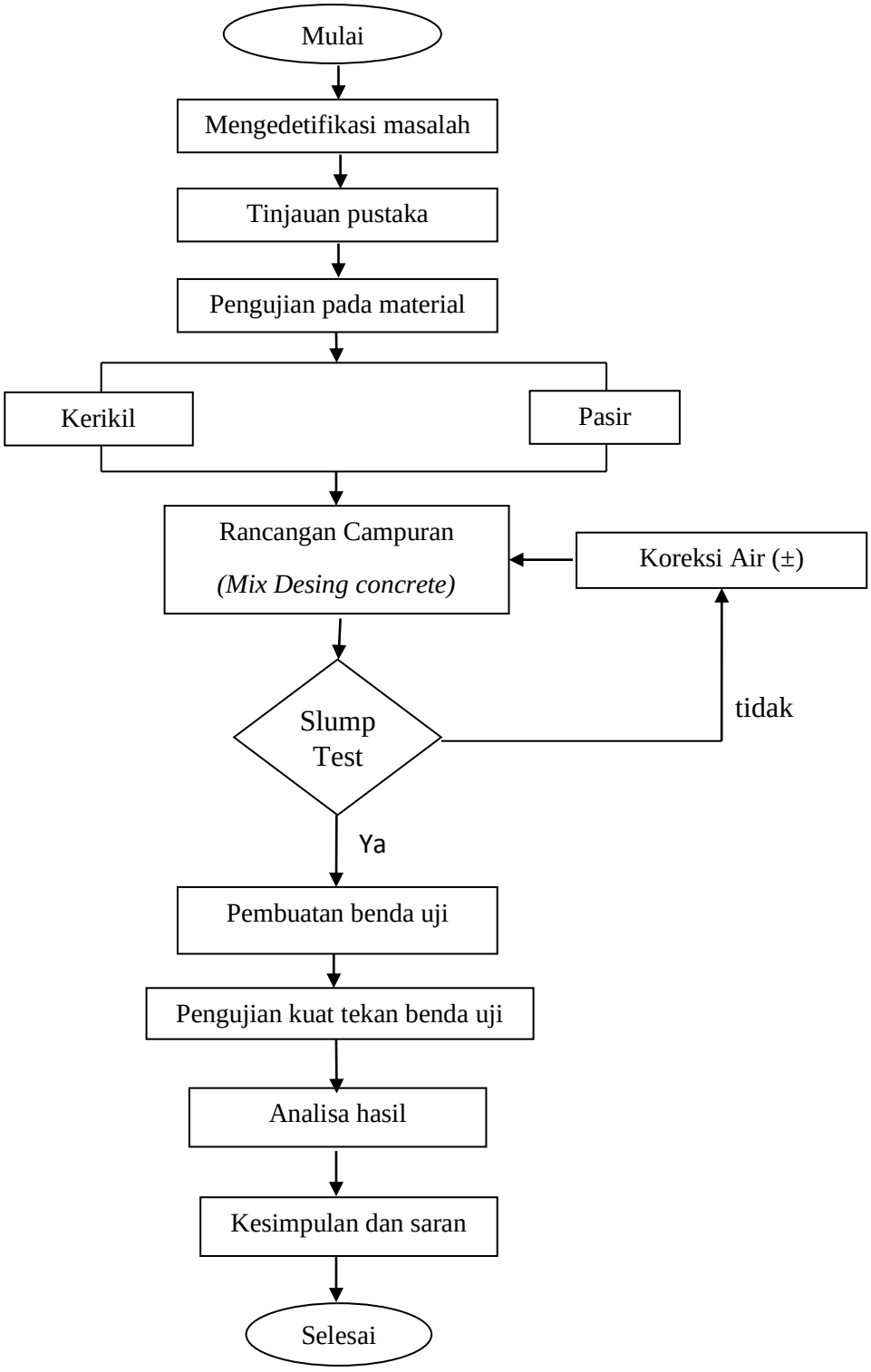
1. Evaluasi Karakteristik Bahan

Evaluasi dilakukan terhadap bahan/material penyusun beton yaitu semen, agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir) dan air dan material tambah berupa sabut kelapa.

2. Analisa Kuat Tekan Beton, Uji Lentur dan Tarik Belah

Analisa yang dilakukan dengan membandingkan hasil data kuat tekan beton dari masing-masing variasi campuran melalui grafik, sehingga kita dapat mengetahui pengaruh yang dihasilkan pada tiap-tiap umur beton yang direncanakan.

H. Diagram Penelitian



Gambar 3.1 Bagan Alir Tahapan 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. Rekapitulasi hasil pengujian material agregat kasar (sumber: hasil olah data)

No	Jenis pengujian	Hasil	Syarat	Keterangan
1	Kadar air	1,39%	0,5 - 2%	Memenuhi
2	Kadar lumpur	0,73%	Maksimal 1%	Memenuhi
3	Berat jenis	2,69	1,6 – 3,3	Memenuhi
4	Absorsi	1,57%	Maksimal 4%	Memenuhi
5	Berat volume lepas	1,61 Kg/liter	1,6 –1,9Kg/liter	Memenuhi
6	Berat volume padat	1,78 Kg/liter	1,6 –1,9Kg/liter	Memenuhi
7	Pemeriksaan keausan	11,8%	Maksimal 50%	Memenuhi

Dari hasil pengujian material agregat kasar pada beton normal untuk kadar air 1,39%, kadar lumpur 0.73%, berat jenis 2.69, absorsi 1.57%, berat volume lepas 1.61 kg/liter, berat volume padat 1.78 kg/liter dan keausan 11.8%. 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 Rekapitulasi hasil pengujian pada material agregat halus (sumber: hasil olah data)

No	Jenis pengujian	Hasil	Syarat	Keterangan
1	Kadar air	4,24%	2% - 5%	Memenuhi
2	Kadar lumpur	3,90%	Maksimal 5%	Memenuhi
3	Berat jenis	2,53	1,6 – 3,3	Memenuhi
4	Absorsi	1,9%	0,2% - 2%	Memenuhi
5	Berat volume lepas	1,49 Kg/liter	1,4 –1,9Kg/liter	Memenuhi
6	Berat volume padat	1,67 Kg/liter	1,4 –1,9Kg/liter	Memenuhi
7	Kadar Organik	No. 3	< No.3	Memenuhi

Dari hasil pengujian material agregat halus pada beton normal untuk kadar air 4.24%, kadar lumpur 3.90%, berat jenis 2.53, absorsi 1.9%, berat volume lepas 1.49 kg/liter, berat volume padat 1.67 kg/liter dan kadar organik terdapat pada warna no.3. Jadi dari hasil pengujian yang didapat bahwa agregat halus 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 : 2,53 kg/m^3

Berat jenis kerikil : 2,69 kg/m^3

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

Modulus halus butir pasir : 2,974 mm

Ukuran maksimum agregat : 20 mm

Kering permukaan Split/Kerikil (SSD) : 1,78 kg/m^3

Kuat dasar rencana (fc') : 25 MPa = 250 kg/m^2

Jenis konstruksi : Balok dan Kolom

b. Berdasarkan SNI 03-2834-2000

1) Standar deviasi (Sr): 60 MPa

Tabel 4.3 Deviasi standar sebagai ukuran mutu pelaksanaan (sumber: SNI 03-2834-2000)

Isi pekerjaan		Deeviasi standar (Mpa)		
Sebutan	Volume Beton (m3)	Baik Sekali	Baik	Dapat Diterima
Kecil	< 1000	45 < S <55	55 < S < 65	66 < S < 85
Sedang	1000-3000	35 < S < 45	45 < S < 55	65 < S < 75
Besar	> 3000	25 < S < 35	35 < S < 45	45 < S < 65

2) Nilai tambah (margin):

M = 1,64 × Sr (untuk Sr >4 MPa)

= 1,64 × 60

= 9,84 kg/m^2

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

Fcr = f'c+ M

= 25,0 + 9,84

= 348,4 kg/m^2

4) Volume Air yang diperlukan tiap m³ 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 m³ 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
Y1 = 25,0 mm
Y2 = 19,6 mm

X1 = 198 lt
X2 = 208 lt

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 = 19,05 mm
Y1 = 25,0 mm
Y2 = 19,6 mm
X1 = 1,5 %
X2 = 2,0 %

Ditanyakan:

X = ?

Maka:

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

$$X = 1{,}5 + \left(\left(\frac{(19{,}05 - 25{,}0)}{(19{,}6 - 25{,}0)} \right) \times (2{,}0 - 1{,}5) \right)$$

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

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 hasan 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 4.4 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/cm^2)	
	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/cm^2 yang berada diantara 350 dan 280 maka nilai FAS 2:

Diketahui:

Y = 348,4 kg/cm^2 X1 = 0,45
Y1 = 350 kg/cm^2 X2 = 0,54
Y2 = 280 kg/cm^2

Ditanyakan:

X = ?

Maka:

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

$$X = 0{,}45 + \left(\left(\frac{(348{,}4 - 350)}{(280 - 350)}\right) \times (0{,}54 - 0{,}45)\right)$$

$$X = 0{,}452$$

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 = $\frac{\text{W air}}{\text{FAS}} = \frac{207{,}3 \text{ lt}}{0{,}45}$ = 458,48 kg/m^3 = 0,458 ton

$$\text{Volume semen} = \frac{\text{W semen (ton)}}{\text{BJ semen}} = \frac{0{,}460}{3{,}15} = 0{,}146 \text{ m}^3$$

7) Berat kerikil tiap 1 m^3 beton

Tabel 4.5 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 = 20 mm
Y1 = 3,0 mm
Y2 = 2,8 mm
X1 = 0,59
X2 = 0,61

Ditanyakan:

X = ?

Maka:

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

$$X = 0{,}59 + \left(\left(\frac{(20 - 3{,}0)}{(2{,}8 - 3{,}0)} \right) \times (0{,}61 - 0{,}59) \right)$$

$$X = 0{,}593$$

Berat kering tusuk SSD = 1,780 kg/lt

W kerikil = V kerikil × SSD = 0,593 × 1,780 = 1,055 ton = 1054,819 kg

Volume semen = $\frac{\text{W kerikil (ton)}}{\text{BJ kerikil}} = \frac{1,055}{2,69}$ = 0,392 m^3

8) Berat pasir tiap 1 m^3 beton

V. Semen = 0,146 m^3

V. Kerikil = 0,392 m^3

V. Air = 0,207 m^3

V. Udara = 0,020 m^3

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

= 1 – (0,146 + 0,392 + 0,207 + 0,020)

= 0,2357 m^3

W. pasir = V. Pasir × BJ Pasir

= 0,2357 × 2,53 = 0,595 ton

= 595,420 kg

9) Kebutuhan campuran bahan untuk 1 m^3 beton

W semen = 458,480 kg/m^3

W pasir = 595,420 kg/m^3

W kerikil = 1054,819 kg/m^3

W air = 207,3 lt/m^3

Perbandingan berat = semen : pasir : kerikil : air = 1 : 1,30 : 2,30 : 0,45

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 m^3

Volume total silinder = 0,1909 m^3

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

Volume tambahan = 0,0477 m^3

Volume total = silinder + tambahan = 0,2386 m^3

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 m^3

Volume total balok = 0,108 m^3

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

Volume tambahan = 0,027 m^3

Volume total = 0,135 m^3

Tabel 4.6 *Mix Design* silinder menggunakan Beton Normal
(sumber: hasil olah data)

Bahan beton	Berat 1 sampel silinder
Air	1,37 lt
Semen	3,04 kg
Agregat halus	3,95 kg
Agregat kasar	6,99 kg

Berdasarkan hasil yang di dapat di laboratorium untuk perancangan campuran (*Mix design)* dengan menggunakan Beton Normal untuk 1 (satu) sampel silinder yaitu, air 1,37 lt, semen 3,04 kg, agregat halus 3,95 kg, agregat kasar 6,99 kg,

Tabel 4.7 *Mix Design* balok menggunakan Beton Normal
(sumber: hasil olah data)

Bahan beton	Berat 1 sampel balok
Air	3,50 lt
Semen	7,74 kg
Agregat halus	10,05 kg
Agregat kasar	17,80 kg

Berdasarkan hasil yang didapat di laboratorium untuk perancangan campuran (*Mix design)* dengan menggunakan 0,5 penambahan sabut kelapa untuk 1 (satu) sampel balok yaitu, air 3,50 lt, semen 7,74 kg, agregat halus 10,05 kg, agregat kasar 17,80 kg dan sabut kelapa 0,009 kg,

C. Pengujian Nilai Slump

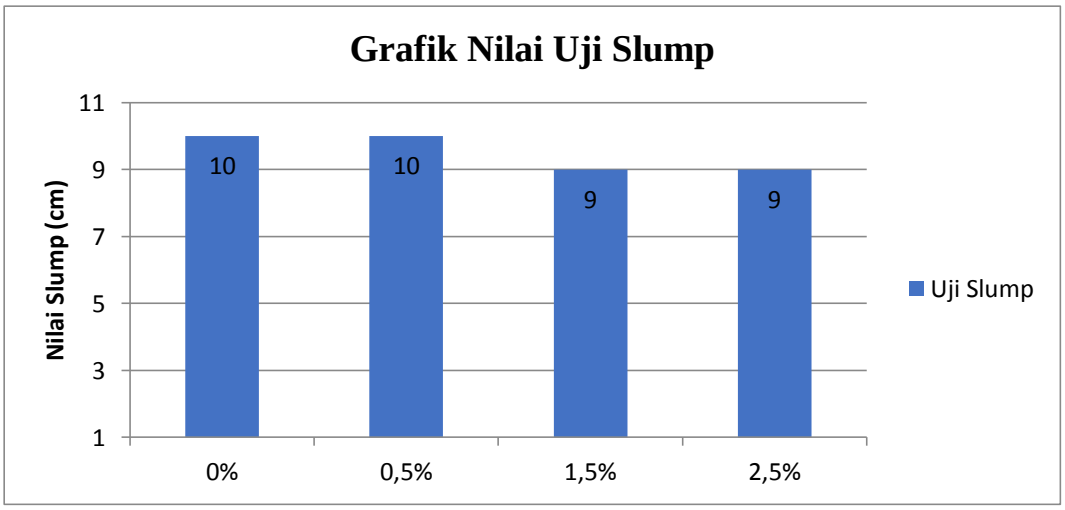
Uji slump adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui besaran kekentalan (*viscocity)* adukan beton segar. Kekakuan dalam suatu campuran beton menunjukkan berapa banyak air yang digunakan. Untuk itu uji slump menunjukkan apakah campuran beton kekurangan, kelebihan, atau cukup air.

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 4.8 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

Pada tabel di atas menjelaskan bahwa slump rencana yang digunakan yaitu 7,5 cm – 15 cm, dari hasil pengujian slump yang telah dilakukan maka dapat 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% 10 cm, 0,5% 10 cm, 1,5% 9 cm, dan 2,5% 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, 14 dan 28 hari dengan mutu beton yang direncanakan (f'c) sebesar 25 MPa sebanyak 36 sampel dengan menggunakan metode SNI 03-2834-2000, yang terdiri dari 4 (empat) variasi campuran, yaitu BN (Beton Normal), 0,5% Penambahan Sabut Kelapa, 1,5% Penambahan Sabut Kelapa dan 2,5% Penambahan Sabut Kelapa. Untuk masing-masing variasi campuran dibuat 9 (Sembilan) sampel untuk kuat tekan dengan luas penampang rata-rata 17662,5 mm^2. Hasil pengujian adalah sebagai berikut:

1. BN (Beton Normal)

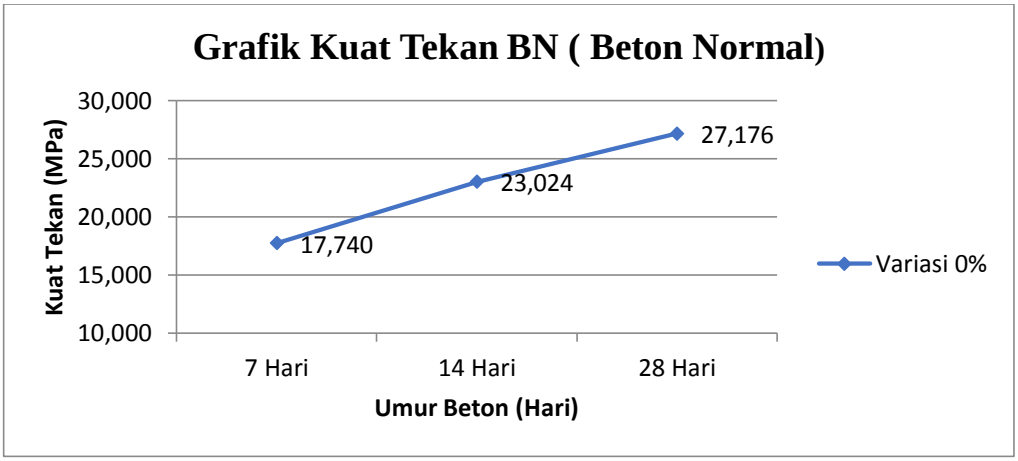
Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada BN (Beton Normal) yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari adalah sebagai berikut.

Tabel 4.9 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	12,125	300	16,985	17,740
7	12,290	320	18,117	
7	12,145	320	18,117	
14	12,295	400	22,647	23,024
14	12,215	420	23,779	
14	12,070	400	22,647	

28	12,195	460	26,044	27,176
28	12,110	460	26,044	
28	12,155	520	29,441	

Tabel di atas menjelaskan bahwa, kuat tekan rata-rata BN (Beton Normal) yang didapat pada umur 7 hari sebesar 17,740 MPa, umur 14 hari sebesar 23,024 MPa, dan umur 28 hari sebesar 27,176 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 14 hari mengalami kenaikan sebesar 21,6% atau 21,420 MPa dari umur beton 7 hari, pada umur beton 28 hari mengalami kenaikan sebesar 21,2% atau 27,176 MPa dari umur beton 14 hari.

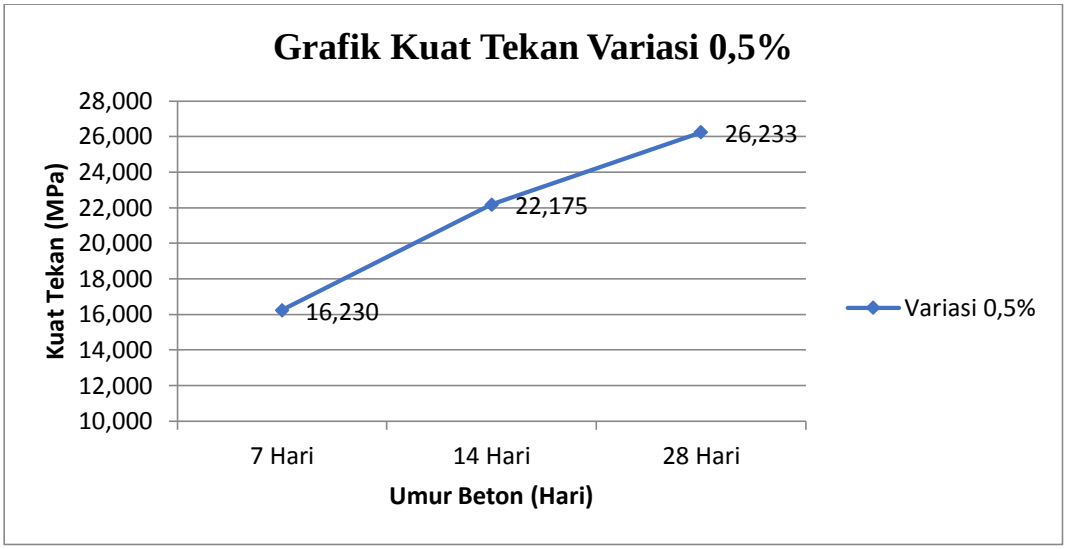
2. **0,5% Penambahan Sabut Kelapa**

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata dengan menggunakan 0,5% Penambahan Sabut Kelapa yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari adalah sebagai berikut:

Tabel 4.10 Hasil pengujian kuat tekan beton uji silinder dengan menggunakan 0,5% Penambahan Sabut Kelapa
(sumber: hasil olah data)

Umur (hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Kuat tekan (Mpa)	Kuat tekan rata (Mpa)
7	12,095	250	14,154	16,230
7	12,105	300	16,985	
7	11,910	310	17,551	
14	12,165	415	23,496	22,175
14	12,070	385	21,798	
14	12,185	375	21,231	
28	12,225	380	21,515	26,233
28	12,100	550	31,139	
28	12,070	460	26,044	

Tabel di atas menjelaskan bahwa, kuat tekan rata-rata dengan menggunakan 0,5% Penambahan Sabut Kelapa yang didapat pada umur 7 hari sebesar 16,230 MPa, umur 14 hari sebesar 22,175 MPa, dan umur 28 sebesar 26,233 MPa.



Gambar 4.5 Grafik hasil uji kuat tekan 0,5% Penambahan Sabut Kelapa. (sumber: hasil olah data)

Grafik di atas menjelaskan bahwa kuat tekan beton dengan 0,5% Penambahan Sabut Kelapa dari umur beton 14 hari mengalami kenaikan sebesar 26,8% atau 22,175 MPa dari umur beton 7 hari, pada umur beton 28 hari mengalami kenaikan sebesar 15,5% atau 26,233 MPa dari umur beton 14 hari.

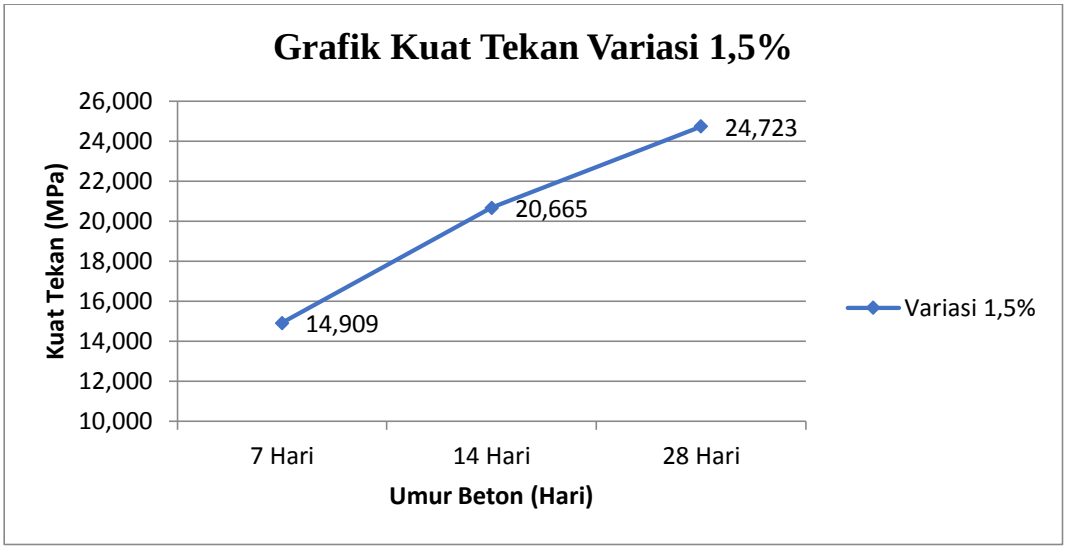
3. **1,5% Penambahan Sabut Kelapa**

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata dengan menggunakan 1,5% Penambahan Sabut Kelapa yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari adalah sebagai berikut:

Tabel 4.11 Hasil pengujian kuat tekan beton uji silinder dengan menggunakan 1,5% Penambahan Sabut Kelapa
(sumber: hasil olah data)

Umur (hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Kuat tekan (Mpa)	Kuat tekan rata (Mpa)
7	11,930	255	14,437	14,909
7	11,810	270	15,287	
7	11,890	265	15,004	
14	12,140	395	22,364	20,665
14	12,050	375	21,231	
14	12,260	325	18,401	
28	12,075	455	25,761	24,723
28	12,045	395	22,364	
28	11,900	460	26,044	

Tabel di atas menjelaskan bahwa, kuat tekan rata-rata dengan menggunakan 1,5% Penambahan Sabut Kelapa yang didapat pada umur 7 hari sebesar 14,909 MPa, umur 14 hari sebesar 20,665 MPa, dan umur 28 sebesar 24,723 MPa.



Gambar 4.6 Garafik hasil uji kuat tekan 1,5% Penambahan Sabut Kelapa.
(sumber: hasil olah data)

Grafik di atas menjelaskan bahwa kuat tekan beton dengan 1,5% Penambahan Sabut Kelapa dari umur beton 14 hari mengalami kenaikan sebesar 27,9% atau 20,665 MPa dari umur beton 7 hari, pada umur beton 28 hari mengalami kenaikan sebesar 16,4% atau 24,723 MPa dari umur beton 14 hari.

4. **2,5% Penambahan Sabut Kelapa**

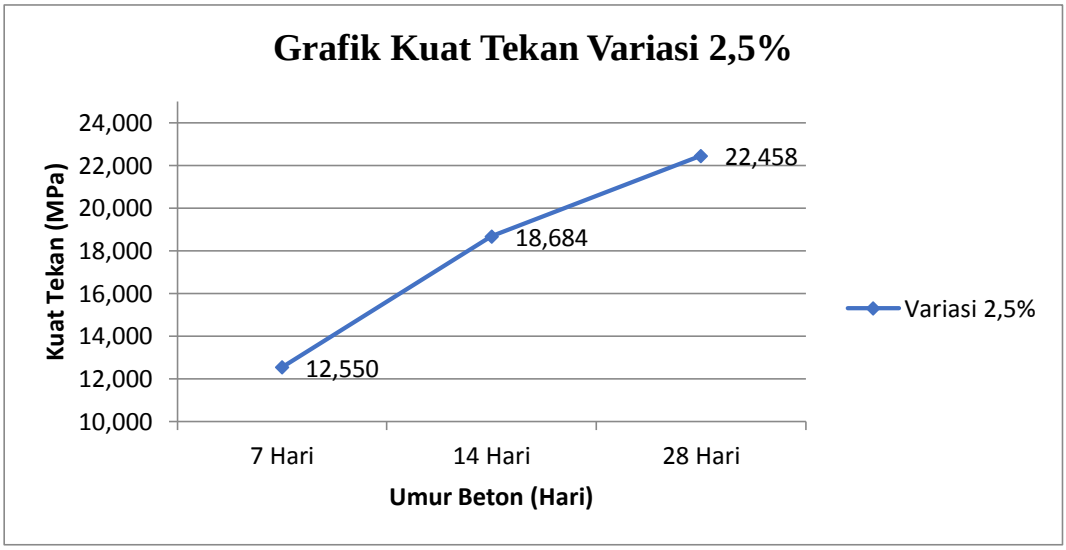
Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata dengan menggunakan 2,5% Penambahan Sabut Kelapa yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari adalah sebagai berikut:

Tabel 4.12 Hasil pengujian kuat tekan beton uji silinder dengan menggunakan 2,5% Penambahan Sabut Kelapa
(sumber: hasil olah data)

Umur (hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Kuat tekan (Mpa)	Kuat tekan rata (Mpa)
7	12,040	215	12,173	12,550

7	12,015	230	13,022	
7	11,950	220	12,456	
14	12,045	330	18,684	18,684
14	12,075	340	19,250	
14	12,100	320	18,117	
28	12,055	430	24,345	22,458
28	12,010	385	21,798	
28	11,880	375	21,231	

Tabel di atas menjelaskan bahwa, kuat tekan rata-rata dengan menggunakan 2,5% Penambahan Sabut Kelapa yang didapat pada umur 7 hari sebesar 12,550 MPa, umur 14 hari sebesar 18,684 MPa, dan umur 28 sebesar 22,458 MPa.

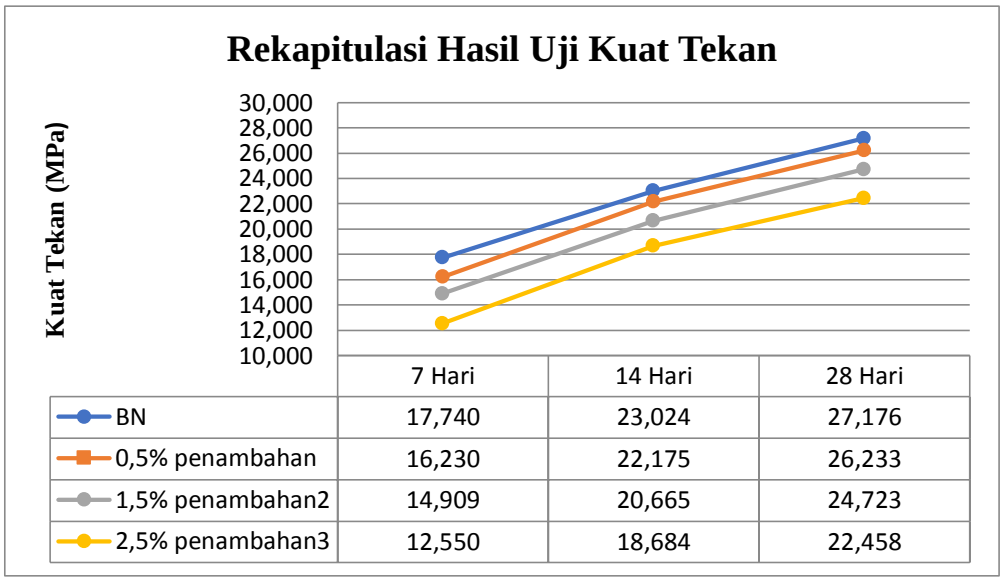


Gambar 4.7 Grafik hasil uji kuat tekan 2,5% Penambahan Sabut Kelapa.

(sumber: hasil olah data)

Grafik di atas menjelaskan bahwa kuat tekan beton dengan 2,5% Penambahan Sabut Kelapa dari umur beton 14 hari mengalami kenaikan sebesar

32,8% atau 18,684 MPa dari umur beton 7 hari, pada umur beton 28 hari mengalami kenaikan sebesar 16,8% atau 22,458 MPa dari umur beton 14 hari.



	7 Hari	14 Hari	28 Hari
BN	17,740	23,024	27,176
0,5% penambahan	16,230	22,175	26,233
1,5% penambahan2	14,909	20,665	24,723
2,5% penambahan3	12,550	18,684	22,458

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 27,176 MPa, 0,5% Penambahan Sabut Kelapa sebesar 26,233 Mpa, 1,5% Penambahan Sabut Kelapa sebesar 24,723 MPa dan 2,5% Penambahan Sabut Kelapa sebesar 22,485 MPa.

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 25 MPa sebanyak 8 sampel dengan menggunakan metode SNI 03-2834-2000, yang terdiri dari 4 (empat) variasi campuran, yaitu BN

(Beton Norma, 0,5% Penambahan Sabut Kelapa, 1,5% Penambahan Sabut Kelapa dan 2,5% Penambahan Sabut Kelapa. Untuk masing-masing variasi campuran dibuat 2 sampel. Hasil pengujian adalah sebagai berikut:

1. **BN (Beton Normal)**

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

Tabel 4.13 Hasil pengujian kuat lentur sampel 1 balok dengan menggunakan BN (Beton Normal).
(sumber: hasil olah data)

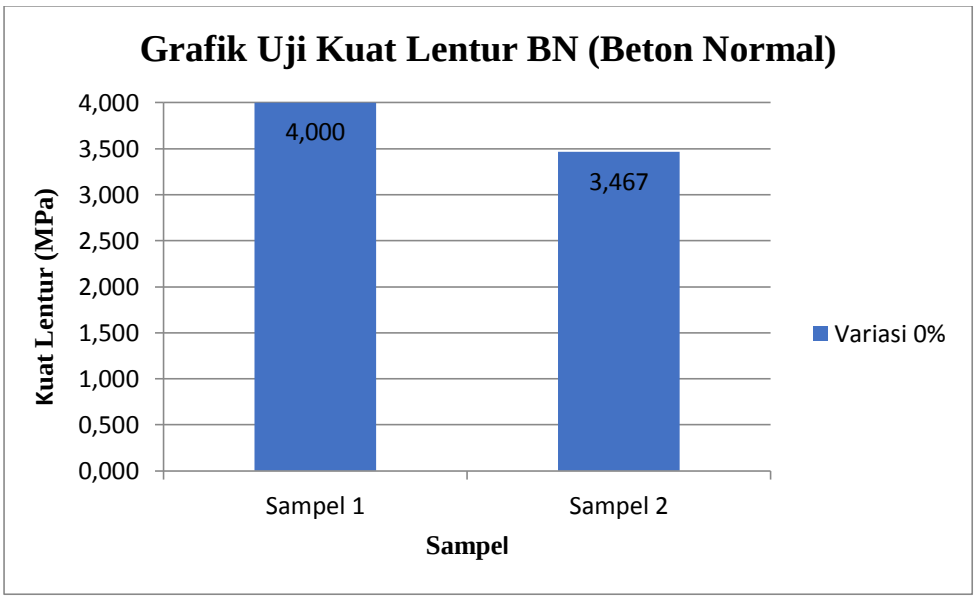
Detik	Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	*Modulus of Rapture* (MPa)	KET.
1	28	32,895	0	0,000	
2	28	32,895	3	0,800	
3	28	32,895	15	4,000	Patah
Maksimum			15	4,000	

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 0,800 MPa, dan detik ketiga sebesar 4,000 MPa. Dengan *Modulus of Rapture* maksimum pada detik ketiga sebesar 4,000 MPa.

Tabel 4.14 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	33,105	0	0,000	
2	28	33,105	2	0,533	
3	28	33,105	13	3,467	Patah
Maksimum			13	3,467	

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 0,533 MPa, dan detik ketiga sebesar 3,467 MPa. Dengan *Modulus of Rapture* maksimum pada detik ketiga sebesar 3,467 MPa.



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

Grafik di atas menjelaskan bahwa kuat lentur dengan BN (Beton Normal) sampel 1 sebesar 4,000 MPa dan sampel 2 sebesar 3,467 MPa. Sampel 2 mengalami penurunan dari sampel 1 sebesar 3,467 MPa. Dan nilai rata-rata yang di dapatkan yaitu 3,733 MPa

2. **0,5% Penambahan Sabut Kelapa**

Berdasarkan hasil penelitian, kuat lentur rata-rata dengan menggunakan 0,5% Penambahan Sabut Kelapa yang didapat pada pengujian 28 hari adalah sebagai berikut :

Tabel 4.15 Hasil pengujian kuat lentur sampel 1 balok dengan menggunakan 0,5% Penambahan Sabut Kelapa
(sumber: hasil olah data)

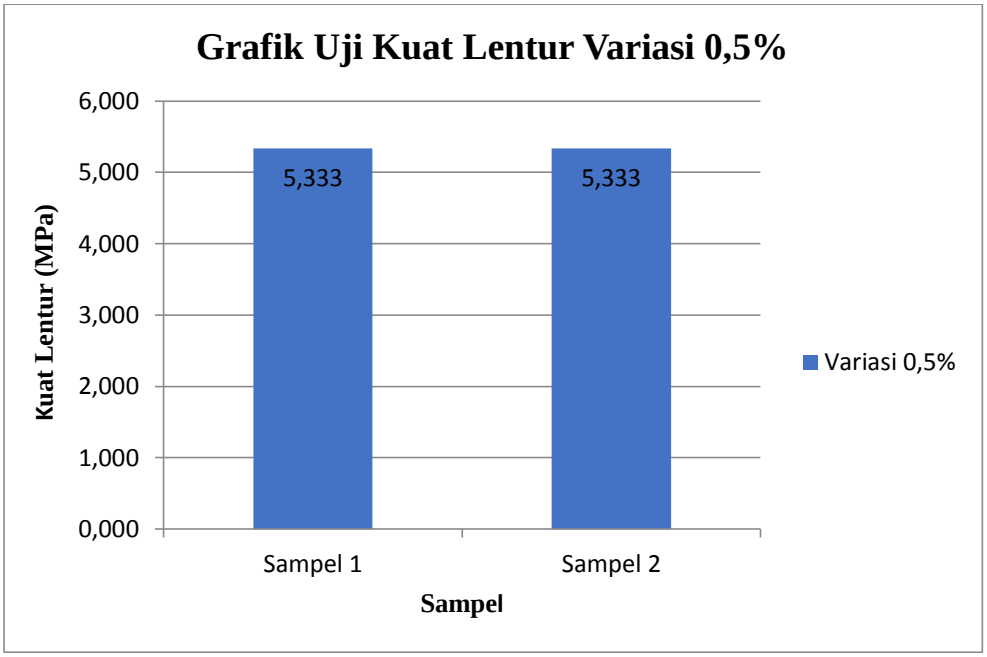
Detik	Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	*Modulus of Rapture* (MPa)	KET.
1	28	32,305	0	0,000	
2	28	32,305	6	1,600	
3	28	32,305	20	5,333	Patah
Maksimum			20	5,333	

Tabel di atas menjelaskan bahwa hasil uji kuat lentur sampel 1 balok dengan menggunakan 0,5% Penambahan Sabut Kelapa pada detik pertama sebesar 0,000 MPa, detik kedua sebesar 1,600 MPa, dan detik ketiga sebesar 5,333 MPa. Dengan *Modulus of Rapture* maksimum pada detik ketiga sebesar 5,333 MPa.

Tabel 4.16 Hasil pengujian kuat lentur sampel 2 balok dengan menggunakan 0,5% Penambahan Sabut Kelapa
(sumber: hasil olah data)

Detik	Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	*Modulus of Rapture* (MPa)	KET.
1	28	31,855	0	0,000	
2	28	31,855	11	2,933	
3	28	31,855	20	5,333	Patah
Maksimum			20	5,333	

Tabel di atas menjelaskan bahwa hasil uji kuat lentur sampel 2 balok dengan menggunakan 0,5% Penambahan Sabut Kelapa 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 4.10 Grafik hasil uji lentur dengan 0,5% Penambahan Sabut Kelapa. (sumber: hasil olah data)

Grafik di atas menjelaskan bahwa kuat lentur dengan 0,5% Penambahan Sabut Kelapa sampel 1 sebesar 5,333 MPa dan sampel 2 sebesar 5,333 MPa. Sampel 1 dan sampel 2, tidak mengalami kenaikan atau penurunan. Dan nilai rata-rata yang di dapatkan yaitu 5,333 MPa

3. **1,5% Penambahan Sabut Kelapa**

Berdasarkan hasil penelitian, kuat lentur rata-rata dengan menggunakan 1,5% Penambahan Sabut Kelapa yang didapat pada pengujian 28 hari adalah sebagai berikut :

Tabel 4.17 Hasil pengujian kuat lentur sampel 1 balok dengan menggunakan 1,5% Penambahan Sabut Kelapa (sumber: hasil olah data)

Detik	Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	*Modulus of Rapture* (MPa)	KET.
1	28	32,120	0	0,000	
2	28	32,120	9	2,400	

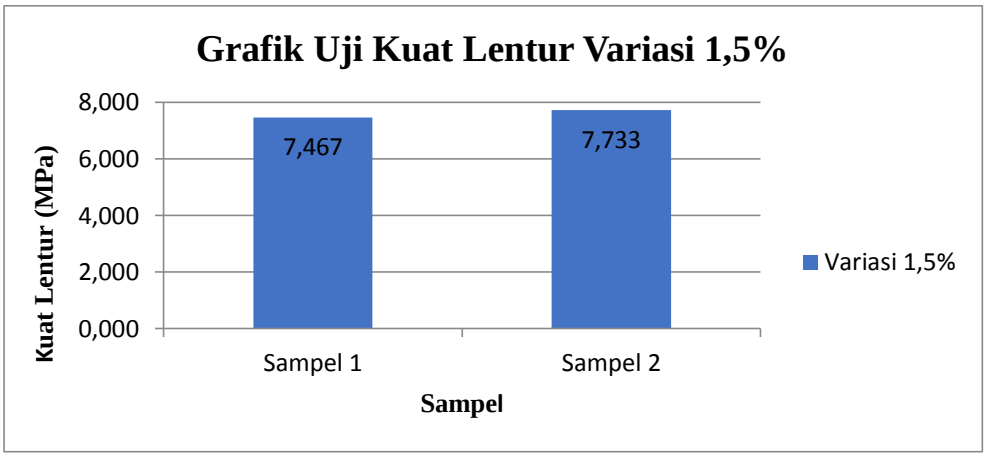
3	28	32,120	28	7,467	Patah
Maksimum			28	7,467	

Tabel di atas menjelaskan bahwa hasil uji kuat lentur sampel 1 balok dengan menggunakan 1,5 Penambahan Sabut Kelapa pada detik pertama sebesar 0,000 MPa, detik kedua sebesar 2,400 MPa, dan detik ketiga sebesar 7,467 MPa. Dengan *Modulus of Rapture* maksimum pada detik ketiga sebesar 7,467 MPa.

Tabel 4.18 Hasil pengujian kuat lentur sampel 2 balok dengan menggunakan 1,5% Penambahan Sabut Kelapa
(sumber: hasil olah data)

Detik	Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	*Modulus of Rapture* (MPa)	KET.
1	28	32,455	0	0,000	
2	28	32,455	15	4,000	
3	28	32,455	29	7,733	Patah
Maksimum			29	7,733	

Tabel di atas menjelaskan bahwa hasil uji kuat lentur sampel 2 balok dengan menggunakan 1,5 Penambahan Sabut Kelapa pada detik pertama sebesar 0,000 MPa, detik kedua sebesar 4,000 MPa, dan detik ketiga sebesar 7,733 MPa. Dengan *Modulus of Rapture* maksimum pada detik ketiga sebesar 7,733 Mpa.



Gambar 4.11 Grafik hasil uji lentur dengan 1,5% Penambahan Sabut Kelapa.
(sumber: hasil olah data)

Grafik di atas menjelaskan bahwa kuat lentur dengan 1,5% Penambahan Sabut Kelapa sampel 1 sebesar 7,467 MPa dan sampel 2 sebesar 7,733 MPa. Sampel 2 mengalami kenaikan dari sampel 1 sebesar 7,733 MPa. Dan nilai rata-rata yang di dapatkan yaitu 7,600 MPa

4. 2,5% Penambahan Sabut Kelapa

Berdasarkan hasil penelitian, kuat lentur rata-rata dengan menggunakan 2,5% Penambahan Sabut Kelapa yang didapat pada pengujian 28 hari adalah sebagai berikut :

Tabel 4.19 Hasil pengujian kuat lentur sampel 1 balok dengan menggunakan 2,5% Penambahan Sabut Kelapa
(sumber: hasil olah data)

Detik	Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	*Modulus of Rapture* (MPa)	KET.
1	28	33,020	0	0,000	
2	28	33,020	16	4,267	
3	28	33,020	36	9,333	Patah
Maksimum			35	9,333	

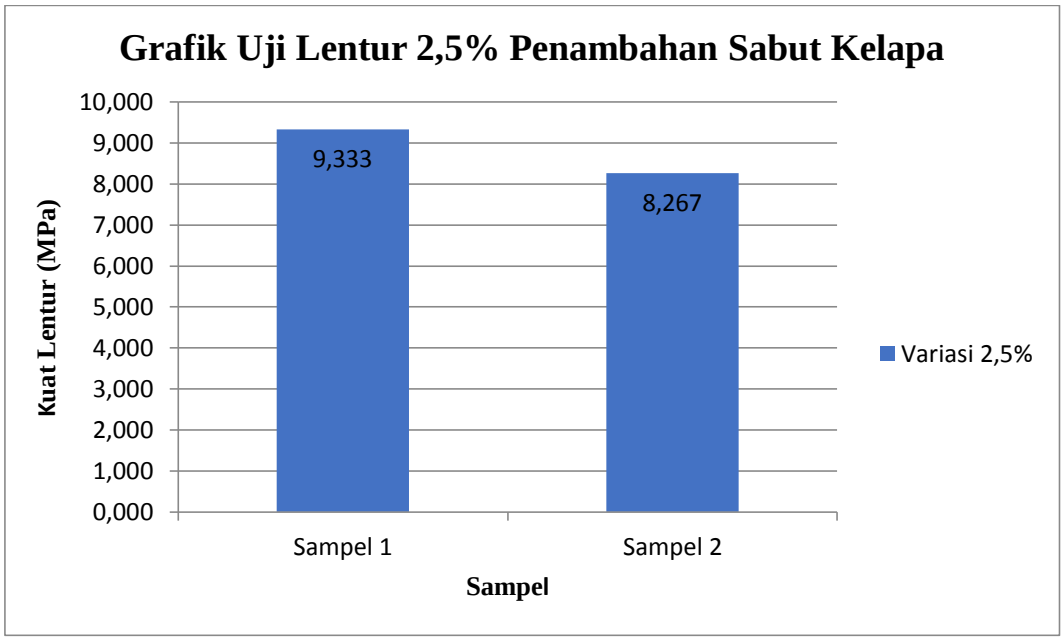
Tabel di atas menjelaskan bahwa hasil uji kuat lentur sampel 1 balok dengan menggunakan 2,5% Penambahan Sabut Kelapa pada detik pertama sebesar 0,000 MPa, detik kedua sebesar 4,267 MPa, dan detik ketiga sebesar 9,333 MPa. Dengan *Modulus of Rapture* maksimum pada detik ketiga sebesar 9,333 MPa.

Tabel 4.20 Hasil pengujian kuat lentur sampel 2 balok dengan menggunakan 2,5% Penambahan Sabut Kelapa
(sumber: hasil olah data)

Detik	Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	*Modulus of Rapture* (MPa)	KET.
1	28	31,960	0	0,000	
2	28	31,960	11	2,933	

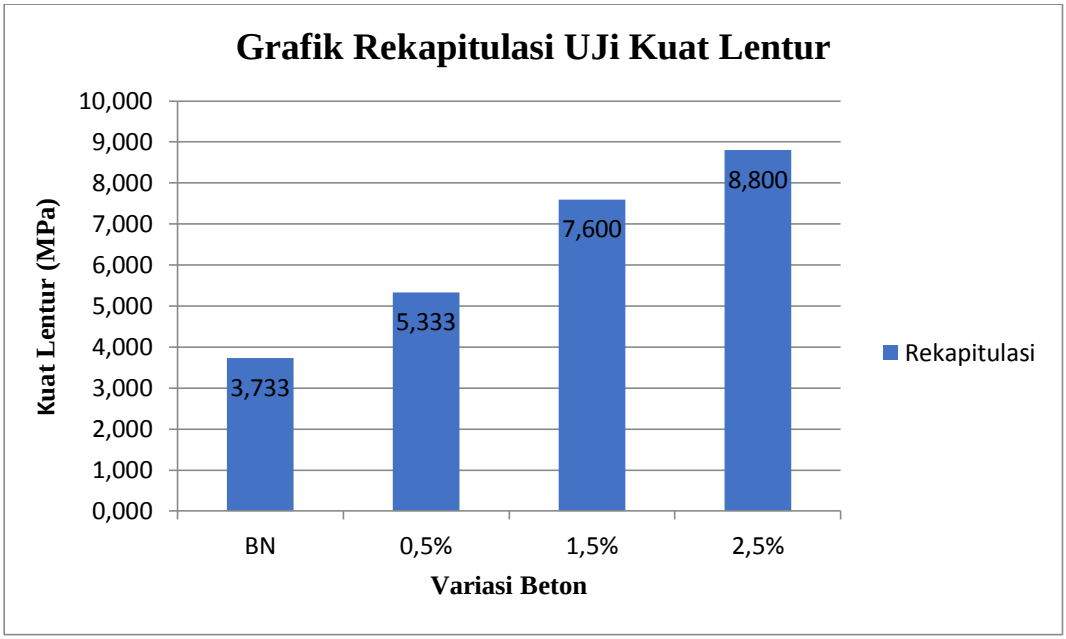
3	28	31,960	31	8,267	Patah
Maksimum			31	8,267	

Tabel di atas menjelaskan bahwa hasil uji kuat lentur sampel 2 balok dengan menggunakan 2,5% Penambahan Sabut Kelapa pada detik pertama sebesar 0,000 MPa, detik kedua sebesar 2,933 MPa, dan detik ketiga sebesar 8,267 MPa. Dengan *Modulus of Rapture* maksimum pada detik ketiga sebesar 8,267 MPa.



Gambar 4.12 Grafik hasil uji lentur dengan 2,5% Penambahan Sabut Kelapa. (sumber: hasil olah data)

Grafik di atas menjelaskan bahwa kuat lentur dengan 2,5% Penambahan Sabut Kelapa sampel 1 sebesar 7,467 MPa dan sampel 2 sebesar 7,733 MPa. Sampel 2 mengalami kenaikan dari sampel 1 sebesar 7,733 MPa. Dan nilai rata-rata yang di dapatkan yaitu 8,800 MPa



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

Grafik di atas menjelaskan bahwa semakin bertambahnya sabut kelapa pada campuran beton, maka semakin meningkat kuat lentur yang di dapatkan. Dan nilai kuat lentur rata-rata pada BN (Beton Normal) sebesar 3,733 MPa, 0,5% Penambahan Sabut Kelapa sebesar 5,333 Mpa, dan mengalami kenaikan sebesar 30% dari variasi beton normal, 1,5% Penambahan Sabut Kelapa sebesar 7,600 MPa, dan mengalami kenaikan sebesar 29.8% dari variasi beton 0,5%, dan 2,5% Penambahan Sabut Kelapa sebesar 8,800 MPa, mengalami kenaikan sebesar 13,6 % dari variasi beton 1,5%

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian dari Beton Normal dan Penambahan Sabut Kelapa sebesar 0,5%, 1,5%, dan 2,5% 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) sebesar 27,176 MPa, 0,5% Penambahan Sabut Kelapa sebesar 26,233 MPa, 1,5% Penambahan Sabut Kelapa sebesar 24,723 MPa, dan 2,5% Penambahan Sabut Kelapa sebesar 22,458 MPa.
2. Kuat Lentur rata-rata pada umur 28 hari dengan penggunaan Bn (Beton Normal) sebesar 3,733 MPa, 0,5% Penambahan Sabut Kelapa sebesar 5,333 MPa, 1,5% Penambahan Sabut Kelapa sebesar 7,600 MPa, dan 2,5% Penambahan Sabut Kelapa 8,800 MPa.

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 tambahan seperti sabut kelapa.
2. Perlu melakukan penambahan variasi sabut kelapa terhadap pembuatan beton.

3. Mengetahui sifat karakteristik beton sabut kelapa, seperti; kuat tarik, modulus elastisitas, kuat lekat terhadap tulangan, permeabilitas dan keawetannya, serta kemungkinan beton sabut kelapa ini diaplikasikan sebagai beton struktural atau beton nonstructural.
4. Pada Pemotongan Serabut kelapa sepanjang 4 cm nilai kuat tekan mengalami penurunan, sehingga disarankan untuk tidak melakukan pemotongan pada serabut kelapa

DAFTAR PUSTAKA

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

Karolina 2014. Penambhanan sabut kelapa pada campuran beton terhadap kuat tekan dan sebagai peredam suara

Krisbantoro 2016. Pemanfaatan beton untuk konstruksi sangat luas

Marpaung, R. R. (2014). Pengaruh Penambahan Sabut Kelapa Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan dan Sebagai Peredam Suara. Jurnal Teknik Sipil USU, 3(1).

Marpaung Dan Kalorina 2014. Pengaruh penambahan sabut kelapa pada campuran beton terhadap kuat tekan dan peredam suara

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

Rachmansyah. Analisis penambahan sabut kelapa dalam persentase tertentu pada beton mutu tinggi

Rustendi. (2004) . Pengaruh penambahan serat sabut kelapa pada adukan beton akan menurunkan kuat tekan beton

Rindangan , et, al, 1995. India dan Sri Langka dari sabut kelapa dengan volume expor tahun 2000

Sudarmoko, Munir S. 1998. Pengaruh penambahan serat sabut kepa terhadap kuat tekan beton dan daya serap air batu cetak beton (bataton) jurnal media teknik UGM, XX(2)

Standar penelitian dari Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare

Sunario 2008. Perkembangan kekuatan beton dengan bahan pengikat pc type

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 1974 : 2011. Persyaratan kekerasan agregat kasar

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

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

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

SNI 15 7064 : 2004. Tipe portland composit cement

SNI 1974:2011. Nilai kuat tekan dapat di hitung

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.

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