

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Beton merupakan material utama yang digunakan dalam pembuatan bangunan. Beton sendiri terdiri dari semen, agregat (agregat kasar, agregat halus) dan air. Dalam pembuatan beton dengan mutu tertentu perlu ditentukan jumlah semen dan agregat serta air yang sesuai. Pencampuran air dan semen akan menjadi pasta yang berfungsi untuk merekatkan agregat - agregat dalam beton. Jumlah pasta pada pembuatan beton sekitar 30-40% dari volume dan berat total beton. Sedangkan jumlah agregat sebesar 60-70%, (Riyono, 2022).

Pembangunan di bidang konstruksi yang terus berjalan membutuhkan berbagai macam kebutuhan diantaranya adalah kebutuhan beton, demikian pula kebutuhan material pembentuknya. Dalam usaha untuk mengurangi tingkat kerusakan lingkungan akibat penambangan batu kali secara terus menerus, perlu dicari bahan alternatif pengisi beton dari sisi material terutama dari limbah industri maupun limbah hasil pertanian yang telah banyak dilakukan sebagai pengganti atau pengganti sebagian agregat kasar untuk mengurangi jumlah agregat kasar berupa pecahan batu kali tanpa mengurangi kuat tekan beton

Limbah biji enau yang banyak dijumpai di tempat-tempat penghasil kolang-kaling atau jatuh disekitar pohon aren akibat pembusukan buah. Saat ini pengolahan limbah biji enau masih belum bisa diolah secara maksimal, sehingga masih banyak biji enau yang dibuang.

Guna meningkatkan nilai ekonomis dari limbah tersebut, maka perlu difikirkan dan penelitian cara pemanfaatan lainnya, salah satunya adalah pemanfaatan limbah biji enau kering sebagai pengganti sebagian agregat kasar pada pembuatan beton. Permasalahannya, seberapa besar pengaruh penggunaan biji enau sebagai pengganti sebagian agregat kasar bila dibandingkan dengan pecahan batu kali secara keseluruhan dalam pembuatan beton.

Penelitian ini dilaksanakan dalam upaya mencari alternatif pengganti bahan dasar beton yang berupa batu pecah, diganti sebagian dengan biji enau. Penelitian ini memfokuskan pada penentuan optimasi pengaruh penggunaan biji salak sebagai bahan pengganti sebagian agregat kasar terhadap kuat tekan beton.

Diharapkan dari penelitian ini dapat berguna dan bermanfaat serta dengan mengkombinasikan campuran beton dengan mengganti sebagian agregat kasar dengan biji enau kering dapat menciptakan atau menghasilkan beton dengan mutu yang baik dan ekonomis.

B. Rumusan Masalah

1. Berapa besar nilai kuat tekan beton yang dihasilkan dengan penambahan limbah biji enau kering untuk mengganti sebagian agregat kasar?
2. Seberapa besar pengaruh penambahan limbah biji enau kering sebagai pengganti sebagian agregat kasar dengan variasi campuran 5%, 10% dan 15%?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui nilai kuat tekan beton yang dihasilkan dengan menggunakan limbah biji enau kering sebagai pengganti sebagian agregat kasar.
2. Untuk mengetahui pengaruh penggantian limbah biji enau kering sebagai pengganti sebagian agregat kasar dengan variasi persentase 5%, 10% dan 15%.

D. Batasan Masalah

Agar dapat terarah sesuai dengan tujuan yang diharapkan mengenai penelitian tentang pengaruh limbah biji salak kering terhadap campuran beton, maka digunakan batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian hanya dilakukan di laboratorium struktur dan bahan Universitas Muhammadiyah Parepare.
2. Kuat tekan rencana yang akan diuji adalah 25 mpa
3. Variasi penambahan biji enau 5%, 10% dan 15%.
4. Umur pengujian 28 hari.
5. Penelitian ini hanya meninjau terhadap kuat tekan beton.
6. Nilai ekonomis tidak dihitung.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk Peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat menambah khasanah studi tentang kuat tekan beton, studi transportasi pada umumnya dan juga merupakan salah satu

syarat kelulusan Program Strata Satu (S1) Jurusan Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Parepare.

2. Untuk Praktisi

Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai salah satu referensi penelitian bagi pihak-pihak yang berkenaan dengan materi studinya dan juga diharapkan mampu mendorong penelitian berikutnya yang lebih sempurna bagi para mahasiswa, akademisi, dan pemerhati masalah angkutan pada umumnya.

F. Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan yang dapat disajikan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang teori teori yang menyangkut tentang penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan mengenai metode metode yang akan digunakan dalam penelitian baik dari jenis penelitiannya, tahapan, bagan alir serta lain sebagainya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton

Beton merupakan bahan bangunan yang umumnya digunakan saat ini dalam setiap pembangunan. Baik itu pembangunan gedung, jalan, jembatan, bendungan, dan berbagai macam bendungan lainnya yang ada di lingkungan kita. Hal ini disebabkan oleh berbagai macam pertimbangan, mulai pertimbangan kekuatan bahan, sumber bahan, proses pengerjaan, perawatan, dan sebagainya. Oleh karena itu, perlu diketahui apa sebenarnya beton itu.

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lain, agregat kasar, agregat halus, dan air, dengan atau tanpa campuran tambahan yang membentuk massa padat (SNI 03-2834-2000).

Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi 2200-2500 kg/m² menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah yang tidak menggunakan bahan tambahan (SNI 03-2834-2000). Faktor-faktor yang mempengaruhi mutu beton (Wuryati, S, dan Candra, 2001), antara lain :

1. Mutu bahan batuan.
 - a. Jenis/mutu semen.
 - b. Faktor air semen.
 - c. Gradasi/susunan butir bahan batuan.
 - d. Pelaksanaan pembuatan beton.
 - e. *Curing* (perawatan/pematangan) beton.

B. Sifat-sifat Beton

Untuk keperluan perencanaan struktur beton, maka pengetahuan tentang sifat-sifat beton diketahui. Sifat-sifat tersebut antara lain (Mulyono,2004) :

1. *Durability* (Keawetan)

Durability (Keawetan) merupakan kemampuan beton bertahan seperti kondisi yang direncanakan tanpa terjadi korosi dalam waktu yang direncanakan.

2. Kuat Tekan

Kuat tekan beton ditentukan berdasarkan pembebanan uniksial benda uji silinder beton berdiameter 150 mm, tinggi 300 mm dengan satuan Mpa (N/m^2) untuk standar ACI maupun SNI 91. Sedangkan *British* Standar uji yang digunakan adalah kubus dengan sisi ukuran 150 mm.

3. Kuat Tarik

Kuat tarik beton jauh lebih kecil dibandingkan kuat tekannya, yaitu sekitar 10%-15% dari tekannya. Kuat tarik merupakan sifat yang penting untuk memprediksi retak dan defleksi balok.

4. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas beton adalah perbandingan antara kuat tekan beton dengan regangan beton biasanya pada 25% - 50% dari kuat tekan beton.

5. Rangka dan Susut

Rangkak (*Creep*) merupakan salah satu sifat dimana beton mengalami deformasiterus menerus waktu dibawah beban yang dipikul. Susut (*Shrinkage*) merupakan perubahan volume yang tidak berhubungan dengan pembebanan.

2. *Workability*

Workability adalah sifat-sifat adukan beton atau mortar yang ditentukan oleh kemudahan dalam pencampuran, pengangkutan, pengecoran, pemadatan, dan finishing. Atau besarnya kerja yang dibutuhkan untuk menghasilkan kompaksi penuh. Salah satu cara yang paling sering dilakukan untuk kecelakaan beton adalah dengan *slump test*.

- a. Banyaknya air yang dipakai dalam campuran beton.
- b. Penambahan semen kedalam adukan beton.
- c. Gradasi campuran agregat kasar dan agregat halus.
- d. Pemakaian butir-butir agregat yang bulat.
- e. Cara pemadatan beton dan jenis alat yang digunakan.

3. Sifat Kedap Air

Gelembung udara yang terbentuk selama atau setelah selesai pencetakan beton akan membentuk rongga-rongga yang diakibatkan oleh air yang menguap, rongga udara ini akan membuat air masuk kedalam beton. Untuk mengantisipasi terjadinya rongga udara yang mengakibatkan masuknya air kedalam beton, maka beton harus dibuat sepadat mungkin. Beberapa faktor yang mempengaruhi sifat air beton (Wuryati, S, dan Candra, 2001), antara lain :

- a. Mutu dan porositas agregat.
- b. Umur beton, kepadatan air akan berkurang dengan adanya perkembangan umur.
- c. Gradasi, gradasi harus dipilih sedemikian agar beton dapat mudah dikerjakan dengan baik dengan jumlah air yang minimal.

- d. Perawatan, perawatan beton merupakan faktor yang sangat penting untuk mendapatkan beton kedap air.

C. Bahan Pembentukan Beton

Bahan yang dipakai dalam pembuatan atau penyusunan beton terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air.

1. Semen

Semen merupakan bahan berbutir halus hasil gilingan, yang bukan merupakan pengikat, tapi menjadi bersifat pengikat sebagai hasil hidrasi (yaitu reaksi kimia antara semen dan air). Semen hidrolik dihasilkan yang biasanya paling banyak dipakai adalah semen Portland. Semen Portland dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling secara bersama-sama dengan bahan utamanya. Campuran dari semen dan air saja disebut pasta semen sedangkan jika ditambahkan campuran pasir disebut mortar.

Menurut SNI 15-2049-2004 dan ASTM C-150-1998, semen Portland diklasifikasikan dalam 5 tipe: (Portland, 2000)

- a. Jenis I : Semen Portland jenis umum (*normal Portland cement*) yaitu jenis semen Portland untuk penggunaan dalam konstruksi beton secara umum yang tidak memerlukan sifat-sifat khusus, misalnya untuk pembuatan trotoar dan pasangan bata.
- b. Jenis II : Semen jenis umum dengan perubahan-perubahan (*modified Portland cement*) memiliki panas hidrasi lebih rendah yang dapat

mengurangi terjadinya retak-retak pengerasan dan keluarnya panas lebih lambat dari pada semen jenis I. Semen ini digunakan untuk bangunan tebal seperti pilar berukuran besar, dan bangunan drainase.

- c. Jenis III : Semen Portland dengan kekuatan awal tinggi (*high heat Portland cement*). Jenis ini memperoleh kekuatan besar dalam waktu singkat sehingga dapat digunakan dalam perbaikan bangunan dalam perbaikan bangunan beton yang perlu segera digunakan atau yang acuannya perlu segera dilepas.
- d. Jenis IV : Semen Portland dengan panas hidrasi yang rendah (*low heat Portland cement*) merupakan jenis khusus untuk penggunaan yang membutuhkan hidrasi serendah-rendahnya. Digunakan untuk bangunan beton seperti bendungan.
- e. Jenis V : Semen Portland tahan sulfat (*sulfate resisting cement*) merupakan jenis khusus untuk digunakan pada bangunan-bangunan yang kena sulfat, seperti pada tanah atau air yang tinggi kadar alkalinya. Pengerasan berjalan lebih lambat dari pada semen Portland biasa.

Semen Portland adalah semen hidrolis dengan menggiling terak semen Portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambah berupa satu atau lebih Kristal senyawa kalsium sulfat dan ditambahkan dengan bahan tambahan lain (SNI 15-2049-2004). Semen Portland jenis I memenuhi persyaratan SNI 15-2049-2004.

2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar (aduk) dan beton. Agregat aduk beton dapat juga didefinisikan sebagai bahan yang dipakai sebagai pengisi bahan yang dipakai sebagai pengisi atau pengkurus, dipakai bersama dengan bahan perekat, dan membentuk suatu massa yang keras, padat bersatu, yang disebut adukan beton. Fungsi agregat dalam beton mengisi sebagian besar volume beton yaitu antara 50% sampai 80%, sehingga sifat-sifat dan mutu agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat dan mutu beton (Wuryati, S, dan Candra, 2001).

a. Agregat halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (SNI 03-2834-2000). Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Spesifikasi karakteristik agregat halus (pasir) dapat dilihat pada tabel 2.1 dan 2.2

Tabel 2.1 Spesifikasi Karakteristik Agregat Halus (pasir) (*Sumber : ASTM American Society For and Testing Material*)

No	Karakteristik Agregat Halus	Interval	Spesifikasi (ASTM)
1	Kadar llumpur	<5 %	C117
2	Kadar organic	<No.3	C558
3	Kadar air	3-5%	C29
4	Berat volume1	.4-1.9.kg/ltr	C127
5	Absorpsi0.	2-2%	C127
6	Berat jenis SSD	1.6-3.2	C104
7	Modulus Kehalusan	2.2-3.1	C131

Tabel 2.2 Persyaratan Gradasi Pasir (Sumber : (SNI 03-2834-2000, 2000)

Lubang ayakan (mm)	Persen butir yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
9.5	100	100	100	100
4.75	90-100	90-100	90-100	90-100
2.36	60-95	75-100	85-100	95-100
1.18	30-70	55-90	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20	8-30	12	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan :

- 1) Daerah I = pasir kasar
- 2) Daerah II = pasir agak kasar
- 3) Daerah III = pasir agak halus
- 4) Daerah IV = pasir halus

b. Agregat kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran antara 5mm – 40mm (SNI 03-2834-2000, 2000).

Agregat kasar diperoleh dari alam dan juga dari proses memecahkan batu alam. Agregat alami dapat diklasifikasikan ke dalam sejarah terbentuknya peristiwa geologi, yaitu agregat beku, agregat sediment dan agregat metamorf, yang kemudian dibagi menjadi kelompok-kelompok yang lebih kecil. Agregat pemecah diperoleh dengan memecah batu menjadi berukuran butiran sesuai yang diinginkan dengan cara meledakan, memecah, menyaring, dan seterusnya.

Karakteristik agregat kasar yang dapat mempengaruhi sifat-sifat dan mutu beton adalah :

- 1) Gradasi, mempengaruhi kekuatan.
- 2) Kadar air, mempengaruhi perbandingan air semen.
- 3) Kebersihan, mempengaruhi kekuatan dan keawetan.

Spesifikasi karakteristik agregat kasar (batu pecah) dapat dilihat pada tabel.

Tabel 2.3 Persyaratan Gradasi Batu Pecah (*Sumber : SNI 03-2834-2000, 2000*)

No	Karakteristik Agregat Kasar	Interval	Spesifikasi
1	Kadar lumpur	<1 %	C117
2	Kadar Air	0.5 - 2%	C558
3	Berat Volume	1.6-1.9 kg/ltr	C29
4	Absorpsi	0.2 - 4.6%	C127
5	Berat Jenis SSD	1.6 - 3.2	C127
6	Modulus Kehalusan	5.5 - 8.5	C104
7	Keausan	15 – 50%	C131

c. Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran agregat. Dapat juga disebut pengelompokan agregat dengan ukuran yang berbeda sebagai persentasi dari total agregat atau persentase kumulatif butiran yang lebih kecil atau lebih besar dari masing-masing seri bukaan saringan. Gradasi agregat juga berguna untuk menentukan proporsi agregat halus terhadap total agregat. Gradasi yang baik pada agregat. Dapat menghasilkan beton yang padat, sehingga volume rongga berkurang dari penggunaan semen Portland berkurang pula. Susunan beton

yang padat dapat menghasilkan beton dengan kekuatan yang besar (Wuryati, S, dan Candra, 2001).

Untuk membentuk apakah gradasi agregat memenuhi spesifikasi atau tidak, diperlukan suatu pemahaman bagaimana ukuran partikel dan gradasi agregat diukur. Gradasi agregat ditentukan oleh analisa saringan, dimana contoh agregat harus melalui satu set saringan.

Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase berat masing-masing contoh yang lolos pada saringan tertentu. Persentase ini ditentukan dengan menimbang agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan. Agregat kasar dan halus ditimbang berdasarkan jumlah/berat sesuai perhitungan mix desing.

d. Air

Fungsi dari air disini antara lain adalah sebagai bahan pencampuran dan pengaduk antara semen dan agregat. Pada umumnya air yang dapat diminum memenuhi persyaratan sebagai air pencampur beton, air ini harus bebas dari padatan teruspensi ataupun padatan terlarut yang terlalu banyak dan bebas dari material organik.

Kadar air bebas adalah jumlah air yang dicampur ke dalam beton untuk mencapai konsisten tertentu, tidak termasuk air yang diserap oleh agregat (SNI 03-2834-2000, 2000).

Menurut (Tjokrodimuljo, 1996), pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gr/ltr.

2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) tidak lebih dari 15gr/ltr.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/ltr.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/ltr.

Fungsi utama penggunaan air ialah agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumasi campuran agar mudah pengerjaannya. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar, minyak, gula atau bahan kimia lainnya, bila dipakai untuk campuran beton akan sangat menurunkan kekuatan dan dapat juga mengubah sifat-sifat semen dan perlu diingat bahwa jumlah air yang dibutuhkan berpengaruh terhadap tingkat kelecakan dan kekuatan beton.

D. Perancangan Campuran Adukan Beton (*Mix Design*)

1. Tujuan perancangan campuran adukan beton (mix design)
 - a. Untuk menentukan campuran beton dari data-data yang telah diperoleh dari pengujian agregat.
 - b. Untuk mengetahui cara pencampuran material beton yang akan diaduk.
 - c. Untuk menentukan berapa perbandingan dari bahan-bahan untuk menghasilkan mutu beton yang diinginkan.
2. Dasar Teori

Perancangan campuran adukan beton (mix design) dimaksudkan untuk mendapatkan kuat tekan dan tarik belah yang tinggi sesuai dengan perencanaan serta mendapatkan beton yang sebaik-baiknya sesuai dengan bahan dasar yang

tersedia dan keinginan pembuat bangunan, yaitu kuat tekan dan tarik belah yang disyaratkan, mudah dikerjakan, awet dan murah.

Setelah memperoleh data-data karakteristik agregat melalui pengujian agregat maka data-data untuk rancangan campuran adukan beton normal telah tersedia. Pada perencanaan, beton dapat digunakan beberapa cara, salah satunya yang sering digunakan adalah dengan cara “SNI” (Standar Nasional Indonesia) yang diterbitkan oleh Balitbang Kimpraswil (2003) dimana perencanaan adukan dapat menggunakan table dan grafik.

3. Langkah Kerja

a. Perhitungan nilai deviasi standar (S)

Deviasi standar S tidak dapat dihitung, karena tidak mempunyai data pengalaman hasil pengujian contoh beton sebelumnya.

b. Perhitungan nilai tambah margin (m)

Karena pelaksanaan tidak mempunyai pengalaman sebelumnya, maka berdasar Tabel (Balitbang Kimpraswil 2003) untuk kuat tekan beton yang direncanakan (f_c') sebesar 20 mpa ditetapkan margin sebesar 7,0 mpa.

Tabel 2.4 Nilai tambah Mpa (*Sumber : Balitbang Kimpraswi, 2003*)

Kuat tekan yang disyaratkan f_c' (Mpa)	Nilai tambah (Mpa)
< 21	7,0
21 – 35	8,5
>35	10,0

c. Penetapan kuat tekan beton yang diisyaratkan (f_c') pada umur tertentu. Kuat tekan beton yang disyaratkan pada umur 28 hari sebesar 20Mpa.

d. Perhitungan kuat tekan rata-rata perlu (f'_c).

$$F'_{cr} = f'_c + m \dots \dots \dots (1)$$

e. Penetapan jenis semen Portland

Dipilih semen *Portland composit* cement untuk penggunaan umum mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

- 1) Mempunyai panas hidrasi rendah sampai sedang
- 2) Tahan terhadap serangan sulfat
- 3) Kekuatan tekan awal kurang namun kekuatan akhir lebih tinggi

f. Jenis agregat

- 1) Agregat halus = Pasir
- 2) Agregat kasar = Batu pecah

g. Penetapan nilai Faktor Air semen (FAS)

Faktor air semen yang diperlukan untuk mencapai kuat tekan dan tarik belah rata-rata yang ditargetkan didasarkan:

- 1) Hubungan kuat tekan dan faktor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan.
- 2) Untuk lingkungan khusus, faktor air semen maksimum harus memenuhi SNI 03-1915-1992 tentang spesifikasi beton tahan sulfat dan SNI 03-2914-1994 tentang spesifikasi beton bertulang kedap air.

h. Penetapan nilai slump.

Karena belum memiliki data pengalaman sebelumnya, maka sebagai petunjuk awal digunakan tabel (Balitbang Kimpraswil, 2003). Diasumsikan

produk beton ini akan digunakan untuk membuat elemen-elemen beton berupa pelat, balok, kolom. Berdasarkan tabel diperoleh nilai *slump* sebesar 7,5 cm (75mm) sampai 15 cm (150 mm).

Tabel 2.5 Penetapan nilai *slump* adukan beton (*Sumber : Balitbang Kimpraswil, 2003*)

Pemakaian Beton (Berdasarkan Jenis Struktur Yang Dibuat)	Maks (cm)	Min (cm)
Dinding, plat, fondasi dan fondasi telapakbertulang	12,5	5,0
Fondasi telapak bertulang, kaison, dan struktur di bawah tanah	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom, dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan massal	7,5	2,5

- i. Penetapan besar butiran agregat maksimum

Ditetapkan berdasarkan hasil uji analisis saringan agregat kasar besar butir agregat maksimum yang digunakan sebesar 20 mm.

- j. Penetapan jumlah air yang diperlukan (W_{air})

Jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton diperkirakan berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat dan nilai *slump* yang ditunjukkan pada tabel (Balitbang Kimpraswil, 2003)

Dihitung menurut rumus berikut:

$$\frac{2}{3} \times Wh + \frac{1}{3} \times Wk \dots \dots \dots (2)$$

Dengan:

Wh = adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

Wk = adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

k. Penetapan jenis agregat halus

Tabel 2.6 Penetapan jenis agregat halus (*Sumber : Balitbang Kimpraswil, 2003*)

Lubang (mm)	Persenberat Butiran Yang Lewat Ayakan Jenis Agregat Halus			
	Kasar	Agak kasar	Agak halus	Halus
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0,10	0,10	0,10	0-15

E. Biji Enau (*Arenga Pinata Meer*)

Tanaman aren yang memiliki nama latin *arenga pinnata*, adalah salah satu tanaman yang berasal dari famili *Palmae* yang tumbuh subur di daerah lembab di sekitar khatulistiwa, terutama di daerah Asia Tenggara. Inovasi dalam pembuatan campuran beton ini dengan fungsi sebagai agregat kasar dan menggantikannya dengan biji enau. Dengan persentase variasi yang akan kami pakai adalah 5%, 10% dan 15% dari jumlah agregat kasar yang akan digunakan.



Gambar 2.1 Biji Enau (*Arenga Pinata Meer*)
Sumber: Dokumentasi pribadi

F. Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan kemampuan beton untuk menerima tekanan yang berupa gaya tekan per satuan luasnya. Kuat tekan beton dapat diketahui dengan pengujian dengan menggunakan sampel beton berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Kuat tekan beton dapat diketahui dalam umur 28 hari dan dinyatakan dalam satuan Mpa. Selama 28 hari, beton disimpan dan dirawat dengan suhu dan kelembaban yang tetap.

Perhitungan nilai kuat tekan dapat digunakan rumus :

$$f'c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (3)$$

Dengan :

$F'c$ = Kuat tekan beton (Mpa)

P = Beban aksial (N)

A = Luas penampang benda uji (mm^2)

Menurut SNI 2847:2013, Untuk beton struktur, Kuat tekan $f'c$ tidak boleh kurang dari 17 MPa. Nilai maksimum $f'c$ tidak dibatasi kecuali bilamana dibatasi oleh ketentuan standar tertentu.

G. Pengujian Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah dilakukan dengan membebani silinder sepanjang tinggi silinder, sehingga diperoleh kekuatan tarik maksimum yang menyebabkan beton tersebut hancur/ terbelah. Kuat tank belah benda uji silinder beton adalah nilai kuat tarikbeton. Kuat tekan beton dapat diketahui dalam umur 28 hari dan dinyatakan dalam satuan Mpa. Selama 28 hari, beton disimpan dan dirawat dengan suhu dan kelembaban yang tetap.

Rumus-rumus perhitungan yang digunakan dalam metode pengujian kuat Tarik Belah beton dalam *mega pascal* (MPa) adalah sebagai berikut:

$$F_{ct} = \frac{2P}{\pi \cdot d \cdot L} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana :

F_{ct} = Kuat Tarik Belah (Mpa)

P = Beban pada waktu belah (N)

d = Diameter benda Uji silinder

L = Panjang Benda Uji silinder

π = Phi

H. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Beton

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan beton yang dikemukakan oleh para ahli diantaranya adalah L. J. Murdock dkk. (1991) yaitu :

1. Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.
2. Jenis lekak-lekuk bidang permukaan agregat. Kenyataannya menunjukkan bahwa penggunaan agregat akan menghasilkan beton dengan kuat desak maupun kuat tarik lebih besar dari pada penggunaan kerikil halus dari sungai.
3. Efisiensi dari perawatan (curing) kehilangan kekuatan sampai sekitar 40% dapat terjadi bila pengeringan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting dalam pekerjaan lapangan dan waktu pembuatan benda uji.
4. Suhu pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat tekan akan tetap rendah untuk waktu yang lama.

5. Umur pada keadaan yang normal kekuatan beton bertambah dengan umumnya.

I. Penelitian Terdahulu

1. Andi Sulfanita (2021), melakukan penelitian *Investigation of the Effect of using Salak Seeds as Coarse Aggregate in Concrete*. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kekuatan dari masing-masing komposisi beton yang dihasilkan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penggunaan biji salak dengan persentase 5% dan 10% memberikan nilai kuat tekan 28 hari yang memenuhi kuat tekan standar desain. Sedangkan persentase biji salak 15% dan 20% tidak menghasilkan kuat tekan yang direncanakan nilai. Oleh karena itu, biji salak cocok digunakan sebagai pengganti agregat kasar dengan persentase kurang dari 10%. Semakin tinggi substitusi campuran pada beton biji salak, maka semakin rendah kuat tekan beton tersebut konkret. Hasil penelitian ini dapat dikembangkan dalam penelitian beton hijau yang memanfaatkan limbah.
2. Dewi Sri Rahayu (2018) dalam penelitiannya yaitu Pengaruh penambahan serbuk biji salak sebagai filler semen terhadap kuat tekan beton. Hasil dari pengujian belum dapat mencapai nilai kuat tekan yang ditargetkan yaitu dapat melebihi nilai kuat tekan beton normal, akan tetapi pada beton variasi 2% di peroleh hasil yang memenuhi persyaratan kuat tekan. Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan limbah biji salak kering sebagai agregat kasar. Peneliti terdahulu menggunakan benda uji silinder ukuran diameter (d) 15 cm, tinggi 30 cm dengan umur pengujian 7 dan 28 hari untuk menguji kuat tekan beton.

3. Sabrian Rizky Fernanda (2020),meneliti tentang Pemanfaatan limbah biji salak dan tongkol jagung sebagai campuran beton yang menghasilkan kuat tekan dan kuat tarik mutu tinggi ramah lingkungan. Dengan tujuan mengurangi limbah pertanian di Indonesia, menciptakan beton mutu tinggi ramah lingkungan dan menjadikan konstruksi di Indonesia yang berinovasi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan diperoleh kesimpulan kuat tekan dan kuat tarik total rata – rata pencampuran abu tongkol jagung dan biji salak masih berada dibawah rata – rata beton normal namun masih bisa dijadikan beton konvensional.
4. Ma'mum Riyono (2022), melakukan penelitian tentang pengaruh kuat tekan beton dengan limbah biji salak kering sebagai pengganti sebagian agregat kasar. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh kuat tekan beton dengan bahan tambah limbah biji salak kering sebagai pengganti sebagian agregat kasar dengan mutu beton K250, dengan menggunakan variasi persentase 0,5%, 1,0%, 1,5%, dan 2,0%. Setelah dilakukan penelitian dan pengujian terhadap sampel beton, maka didapatkan hasil bahwa penggantian sebagian agregat kasar dengan limbah biji salak kering dengan mutu beton K250 menimbulkan penurunan pada kuat tekan beton umur 28 hari. Untuk penelitian yang akan datang disarankan agar limbah biji salak kering yang dipakai adalah bijih salak kering yang sudah dalam kondisi kering tetap, sehingga apabila bercampur dengan bahan lain tidak kembali ke bentuk awal terutama bila bercampur dengan air.

5. Hendrian Budi Bagus Kuncoro (2021), melakukan penelitian tentang studi eksperimental pengaruh abu sekam padi terhadap sifat mekanik beton serat bambo. Dalam penelitian ini mengkaji pengaruh abu sekam padi sebagai bahan pengganti semen dan serat bambu sebagai bahan penambah pada beton terhadap sifat mekanik beton serat bambu dan untuk mengetahui nilai dari sifat mekanik beton yang terbesar dari penggunaan variasi abu sekam padi 0%, 8%, 9% dan 10% terhadap berat semen dengan penambahan serat bambu betung. Hasil penelitian yang dilakukan dari penggunaan beton serat dan abu sekam padi diperoleh hasil kuat tekan rata-rata beton serat dan abu sekam padi 0%, 8%, 9% dan 10% secara berurutan sebesar 23,96 MPa, 18,83 Mpa, 20,48 MPa, dan 16,15 MPa. Untuk hasil rata-rata kuat lentur balok beton serat dan abu sekam padi 0%, 8%, 9% dan 10% secara berurutan sebesar 2,893 MPa, 2,351 MPa, 2,569 MPa, dan 2,129 Mpa. Untuk hasil rata-rata kuat tarik belah beton serat dan abu sekam padi 0%, 8%, 9% dan 10% secara berurutan sebesar 2,689 MPa, 2,252 MPa, 2,410 MPa, dan 2,073 MPa. Data pengujian sifat mekanis dari beton serat bambu dan abu sekam padi ini menunjukkan komposisi abu sekam padi 9% adalah komposisi yang optimal untuk penggunaan beton sebagai pengganti semen.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen, yaitu penelitian di laboratorium yang bertujuan untuk menyelidiki sebab akibat antara satu sama lain dan membandingkan hasilnya. Proses penelitian dilakukan dengan melakukan serangkaian pengujian terhadap karakteristik bahan yang digunakan dengan persyaratan yang ditentukan.

B. Lokasi dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Teknik sipil Universitas Muhammadiyah Parepare teknik mengumpulkan data yang diterapkan adalah pengamatan di laboratorium dengan melakukan serangkaian pengujian sampel dan direncanakan selama dua bulan pada bulan September – Oktober 2023.

C. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Alat pemeriksaan agregat, terdiri dari :
 - a. Satu set mesin uji *Los Angeles*.
 - b. Satu set uji saringan saringan (*Sieve*) standard ASTM.
 - c. Satu set mesin getar untuk saringan (*Sieve Shacker*).
2. Oven dan pengatur suhu.
3. Timbangan.

4. Talang.
5. Mesin pengaduk.
6. Cetakan benda uji.
7. Stop Watch.
8. Alat pemadat.
9. *Compresing Testing Maching* (CTM).

D. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Agregat kasar (*split*)

Agregat kasar, yang digunakan pada penelitian ini yaitu agregat dari Kulinjang Desa Tuara, Kec. Enrekang, Kab. Enrekang.

2. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini yaitu agregat dari Kulinjang Desa Tuara, Kec. Enrekang, Kab. Enrekang.

3. Limbah biji enau

Limbah biji enau kering yang diambil dari Kulinjang Desa Tuara, Kec. Enrekang, Kab. Enrekang.

4. Air

Air yang digunakan adalah air dari Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Parepare.

E. Metode Pengumpulan Data

1. Data primer

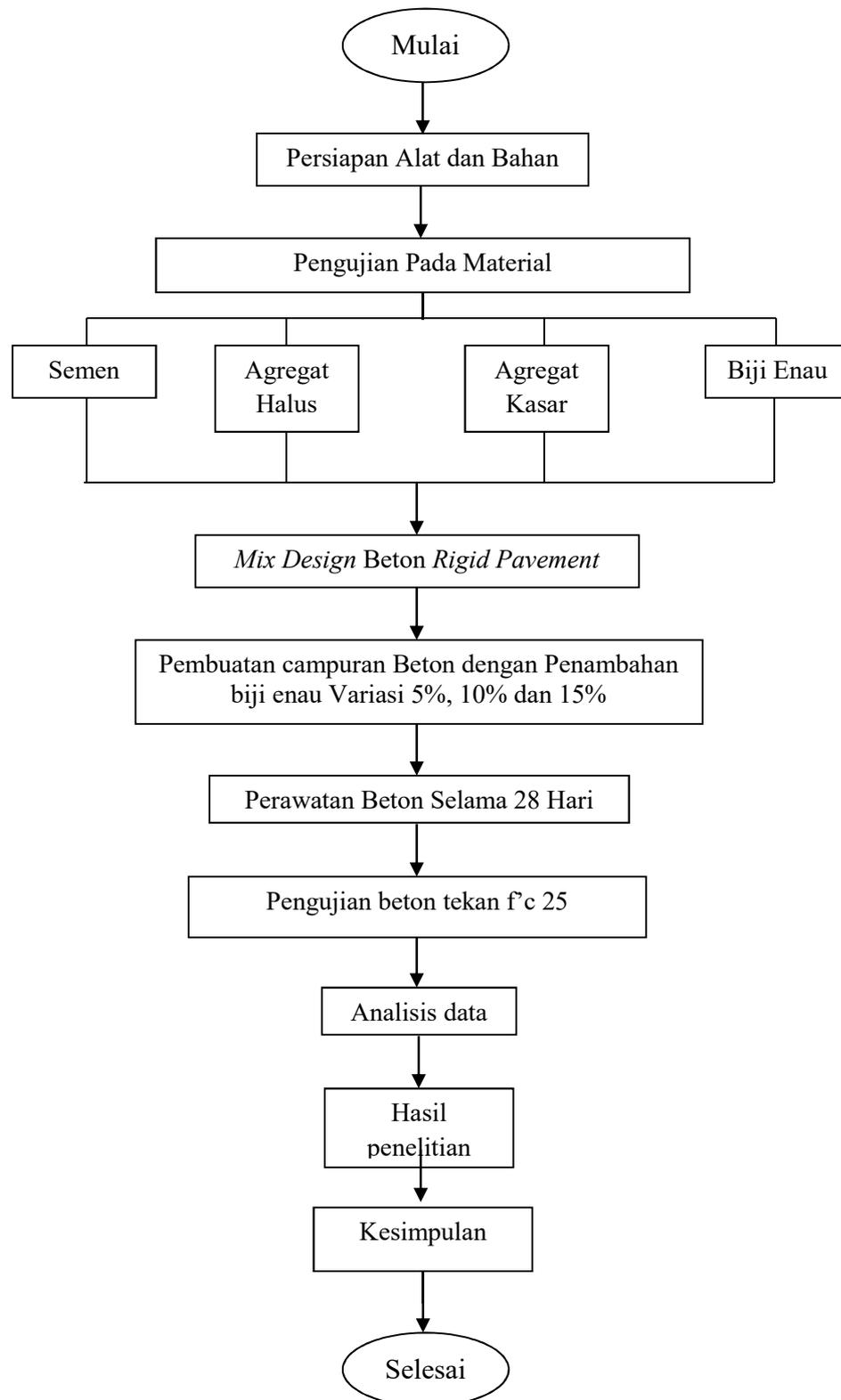
Data yang diperoleh melalui eksperimen di Laboratorium Struktur dan Bahan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare. Penelitian ini berfokus pada variasi campuran dari biji enau yang akan dijadikan sebagai penambahan sebagian agregat kasar. Jumlah sampel yang dibutuhkan pada setiap variasi adalah:

Tabel 3.1 Variasi campuran keramik

Perbandingan	Variasi	Umur (Hari)	Beton/ Variasi	Jumlah
Agregat Kasar 100% Biji Enau 0%	0%	7	3	9
		14	3	
		28	3	
Agregat Kasar 95% Biji Enau 5%	5%	7	3	9
		14	3	
		28	3	
Agregat Kasar 90% Biji Enau 10%	10%	7	3	9
		14	3	
		28	3	
Agregat Kasar 85 % Biji Enau 15 %	15%	7	3	9
		14	3	
		28	3	
Jumlah				36

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.



Gambar 3.1 Bagan alir penelitian (*flow chart*)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat berdasarkan pada SNI (Standar Nasional Indonesia) dilakukan terhadap agregat kasar, agregat halus dan agregat Biji Enau. Hasil rekapitulasi masing-masing pengujian ditunjukkan dalam tabel di bawah ini.

1. Agregat Kasar

Tabel 4.1 Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar (Kerikil)

NO	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KETERANGAN
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 1%	0,8%	1,00%	0,90%	Memenuhi
2	Keausan	Maks 50%	18,7%	16,9%	17,8%	Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	1,14%	1,42%	1,28%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1,67	1,63	1,65	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1,86	1,86	1,86	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4 %	2,99%	3,09%	3,04%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2,91	2,76	2,83	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2,68	2,54	2,61	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,76	2,62	2,69	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	6,0 - 8,0	6,72	6,72	6,72	Memenuhi

Dari pengujian agregat kasar diatas didapatkan hasil sebagai berikut.

a. Kadar Lumpur

Kadar lumpur pada agregat kasar menunjukkan persentase lumpur yang terkandung dalam agregat. Dalam standar pengujian, kadar lumpur maksimum yang diizinkan adalah 1%. Berdasarkan hasil pengamatan, kadar lumpur dari dua kali pengujian berturut-turut adalah 0,8% dan 1,00%, dengan rata-rata 0,90%. Nilai ini masih di bawah batas maksimum yang diizinkan, sehingga agregat memenuhi syarat..

b. Keausan Agregat

Keausan agregat menunjukkan tingkat keausan agregat saat diuji dalam kondisi tertentu. Batas keausan maksimum yang diizinkan adalah 50%. Hasil pengamatan menunjukkan nilai keausan masing-masing 18,7% dan 16,9%, dengan rata-rata 17,8%. Nilai ini jauh di bawah batas maksimum, sehingga agregat dinyatakan memenuhi syarat.

c. Kadar Air

Kadar air agregat menunjukkan persentase air yang terkandung dalam agregat. Batas kadar air yang diizinkan adalah antara 0,5% hingga 2%. Hasil pengamatan menunjukkan kadar air 1,14% dan 1,42%, dengan rata-rata 1,28%. Nilai ini berada dalam interval yang diizinkan, sehingga agregat dinyatakan memenuhi syarat pada campuran beton.

d. Berat Volume

Dari pengujian berat volume agregat baik dalam kondisi lepas maupun padat memenuhi syarat yang ditentukan. Untuk kondisi lepas, hasil

pengamatan menunjukkan berat volume masing-masing sebesar 1,67 kg/liter dan 1,63 kg/liter, dengan rata-rata 1,65 kg/liter. Nilai ini berada dalam batas berat volume yang diizinkan, yaitu antara 1,6 hingga 1,9 kg/liter, sehingga agregat dalam kondisi lepas dinyatakan memenuhi syarat. Sementara itu, untuk kondisi padat, hasil pengamatan menunjukkan berat volume masing-masing sebesar 1,86 kg/liter, dengan rata-rata 1,86 kg/liter. Nilai ini juga berada dalam batas berat volume yang diizinkan, yaitu antara 1,6 hingga 1,9 kg/liter.

Oleh karena itu, agregat dalam kondisi padat dinyatakan memenuhi syarat. Secara keseluruhan, baik agregat dalam kondisi lepas maupun padat memenuhi persyaratan yang ditetapkan, menunjukkan bahwa kualitas agregat tersebut sesuai dengan standar yang diinginkan dijadikan bahan campuran beton.

e. Absorpsi

Absorpsi menunjukkan kemampuan agregat untuk menyerap air, yang diukur sebagai persentase berat air yang diserap dibandingkan dengan berat kering agregat. Batas absorpsi maksimum yang diizinkan adalah 4%. Hasil pengamatan menunjukkan nilai absorpsi 2,99% dan 3,09%, dengan rata-rata 3,04%. Nilai ini masih di bawah batas maksimum, sehingga agregat dinyatakan memenuhi syarat bahan campuran beton

f. Berat Jenis

Dari pengujian berat jenis spesifik nyata menunjukkan berat jenis agregat dalam kondisi sebenarnya, dengan batas yang diizinkan antara 1,6

hingga 3,3. Hasil pengamatan menunjukkan berat jenis nyata sebesar 2,91 dan 2,76, dengan rata-rata 2,83, yang berada dalam interval yang diizinkan sehingga agregat dinyatakan memenuhi syarat. Berat jenis dasar kering, yang menunjukkan berat jenis agregat dalam kondisi kering, juga memiliki batas yang diizinkan antara 1,6 hingga 3,3.

Hasil pengamatan menunjukkan berat jenis dasar kering sebesar 2,68 dan 2,54, dengan rata-rata 2,61, yang berada dalam interval yang diizinkan sehingga agregat dinyatakan memenuhi syarat. Selain itu, berat jenis kering permukaan, yang menunjukkan berat jenis agregat setelah dikeringkan di permukaan, memiliki batas yang diizinkan antara 1,6 hingga 3,3. Hasil pengamatan menunjukkan berat jenis kering permukaan sebesar 2,76 dan 2,62, dengan rata-rata 2,69, yang berada dalam interval yang diizinkan sehingga agregat dinyatakan memenuhi syarat. dapat dijadikan bahan campuran beton.

g. Modulus Kehalusan

Modulus kehalusan menunjukkan ukuran butiran agregat, yang diukur dengan metode saringan. Batas modulus kehalusan yang diizinkan adalah antara 6,0 hingga 8,0. Hasil pengamatan menunjukkan nilai modulus kehalusan 6,72 untuk kedua pengamatan, dengan rata-rata 6,72. Nilai ini berada dalam interval yang diizinkan, sehingga agregat dinyatakan memenuhi syarat..

2. Agregat Halus

Tabel 4.2 Rekapitulasi pengujian agregat halus (Pasir Sungai)

NO	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KETERANGAN
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 5%	2,8%	5,0%	3,88%	Memenuhi
2	Kadar organik	< No. 3	No. 2	No. 2	No. 2	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5%	2,04%	2,88%	2,46%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1,77	1,63	1,70	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1,88	1,84	1,86	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2% - 2%	7,41%	2,82%	5,11%	Tidak
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2,65	2,61	2,63	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2,22	2,43	2,32	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,38	2,50	2,44	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1,50 - 3,80	2,95	2,94	2,95	Memenuhi

Dari pengujian agregat halus diatas didapatkan hasil sebagai berikut:

a. Kadar Lumpur

Dari pengujian kadar lumpur agregat halus diatas didapatkan Uji I menunjukkan kadar lumpur sebesar 2,8%, yang berada di bawah batas maksimal 5%. Uji II menunjukkan kadar lumpur sebesar 5,0%, yang tepat berada pada batas maksimal. Rata-rata kadar lumpur dari kedua uji ini adalah 3,88%.

Hasil menunjukkan bahwa pasir sungai memiliki kadar lumpur yang bervariasi namun tetap dalam batas yang diperbolehkan. Kadar lumpur yang tinggi dapat mempengaruhi kualitas beton, namun hasil rata-rata 3,88% masih memenuhi standar sehingga pasir ini layak digunakan.

b. Kadar Organik

Dari pengujian tingkat kadar organik agregat halus diatas didapatkan kedua uji menunjukkan kadar organik pada tingkat No. 2, yang berada di bawah batas maksimal No. 3. Kadar organik yang lebih rendah dari No. 3 menandakan bahwa pasir sungai tidak mengandung banyak bahan organik yang dapat merusak kekuatan dan daya tahan beton. Oleh karena itu, pasir ini dianggap sesuai untuk penggunaan konstruksi.

c. Kadar Air

Dari pengujian kadar air diatas diketahui Uji I menunjukkan kadar air sebesar 2,04%, sedikit di atas batas minimum 2%. Uji II menunjukkan kadar air sebesar 2,88%, berada di tengah-tengah interval 2% - 5%. Rata-rata kadar air adalah 2,46%. Kadar air dalam pasir penting untuk proses pengikatan semen. Kadar air yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat mempengaruhi kualitas beton. Hasil menunjukkan bahwa kadar air pasir ini berada dalam batas yang diperbolehkan, sehingga cocok untuk penggunaan konstruksi.

d. Berat Volume

Dari pengujian berat volume rongga agregat kasar diketahui hasil uji kondisi lepas, pada Uji I menunjukkan berat volume sebesar 1,77 kg/liter. Uji II menunjukkan berat volume sebesar 1,63 kg/liter. Rata-rata berat volume

adalah 1,70 kg/liter. Berat volume dalam kondisi lepas menunjukkan densitas pasir saat tidak dipadatkan. Nilai yang berada dalam interval 1,4 - 1,9 kg/liter menunjukkan bahwa pasir memiliki kerapatan yang sesuai untuk aplikasi konstruksi.

Hasil uji Kondisi Padat, diketahui Uji I menunjukkan berat volume sebesar 1,88 kg/liter. Uji II menunjukkan berat volume sebesar 1,84 kg/liter. Rata-rata berat volume adalah 1,86 kg/liter. Berat volume dalam kondisi padat menunjukkan densitas pasir saat dipadatkan. Nilai yang berada dalam interval 1,4 - 1,9 kg/liter menunjukkan bahwa pasir memiliki kerapatan yang baik untuk aplikasi konstruksi dan akan memberikan stabilitas yang baik pada campuran beton.

e. Absorpsi

Dari pengujian I menunjukkan nilai absorpsi sebesar 7,41%, yang jauh di atas interval 0,2% - 2%. Uji II menunjukkan nilai absorpsi sebesar 2,82%, yang sedikit di atas interval. Rata-rata nilai absorpsi adalah 5,11%. Nilai absorpsi yang tinggi menunjukkan pasir memiliki kemampuan menyerap air yang tinggi, yang dapat mengganggu proporsi air dalam campuran beton. Dengan nilai rata-rata 5,11%, pasir ini tidak memenuhi standar yang diharapkan untuk aplikasi konstruksi.

f. Berat Jenis

Dari pengujian berat jenis nyata didapatkan hasil Berat jenis Nyata Uji I menunjukkan berat jenis sebesar 2,65. Uji II menunjukkan berat jenis sebesar 2,61. Rata-rata berat jenis adalah 2,63. Berat jenis nyata menunjukkan massa

jenis pasir yang sebenarnya. Nilai dalam kisaran 1,6 - 3,3 menunjukkan bahwa pasir ini cukup padat dan sesuai untuk konstruksi.

Berat jenis Dasar Kering dari pengujian Uji I menunjukkan berat jenis sebesar 2,22. Uji II menunjukkan berat jenis sebesar 2,43. Rata-rata berat jenis adalah 2,32. Berat jenis dasar kering menunjukkan densitas pasir saat dalam kondisi kering. Nilai ini berada dalam batas yang diizinkan, menunjukkan pasir ini stabil dan cocok untuk penggunaan konstruksi.

Berat jenis Kering Permukaan dari pengujian Uji I menunjukkan berat jenis sebesar 2,38. Uji II menunjukkan berat jenis sebesar 2,50. Rata-rata berat jenis adalah 2,44. Berat jenis kering permukaan menunjukkan densitas pasir saat permukaan kering. Nilai yang berada dalam interval 1,6 - 3,3 menunjukkan bahwa pasir ini memenuhi syarat dan cocok untuk aplikasi konstruksi.

g. Modulus Kehalusan

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat kasar SNI, interval untuk modulus kehalusan yaitu Uji I menunjukkan modulus kehalusan sebesar 2,95. Uji II menunjukkan modulus kehalusan sebesar 2,94. Rata-rata modulus kehalusan adalah 2,95. Modulus kehalusan menunjukkan distribusi ukuran partikel pasir. Nilai yang berada dalam interval 1,50 - 3,80 menunjukkan bahwa pasir ini memiliki distribusi ukuran partikel yang baik dan sesuai untuk penggunaan dalam campuran beton.

B. Perencanaan Adukan Beton (Mix Design)

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

Tabel 4.3 Mix desain berdasarkan SNI 7656:2012

1	Mutu Beton	25 Mpa
2	Slump	75 – 100 mm
3	Ukuran agregat maksimum	20
4	Berat kering oven Ag. Kasar	1,856
5	Berat jenis semen tanpa tambahan udara	3,08
6		
7	Modulus Kehalusan Ag. Halus	2,95
8	Berat jenis (SSD) Ag. Halus	2,44
9	Berat jenis (SSD) Ag. Kasar	2,69
10	Penyerapan air Ag. Halus	5,11%
11	Penyerapan air Ag. Kasar	3,04%
12	Kadar Air Ag. Halus	2,46%
13	Kadar Air Ag. Kasar	1,28%
14	Berat Volume limbah biji enau	0,77

Maka didapatkan perbandingan kebutuhan semen, kerikil, pasir, dan air untuk 1 m³ adalah :

Tabel 4.3 Tabel Kebutuhan Bahan untuk Pembuatan Benda Uji Silinder Beton

Bahan	Koreksi terhadap kadar air (kg)	Perkiraan massa beton (kg)	Volume apsolut (kg)
Semen	28,46	23,11	23,11
Pasir	32,22	32,41	29,32
Kerikil	59,90	62,28	62,28
Air	13,71	11,14	11,14

Rumus Perhitungan Deta

1. Volume Silinder:

$$V1 = 0,25 \times \pi \times d^2 \times h$$

d adalah diameter silinder (0,15 m)

h adalah tinggi silinder (0,3 m)

$$\begin{aligned} V1 &= 0,25 \times \pi \times 0,15^2 \times 0,3 \\ &= 0,005301438 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2. Volume Total Silinder:

$$V \text{ total silinder} = 0,005301438 \times 9 = 0,047712938 \text{ m}^3$$

3. Penambahan Volume (15% dari volume total silinder):

$$\text{Volume tambahan} = 0,047712938 \times 15\% = 0,007156941 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{total}} = 0,047712938 + 0,007156941 = 0,054869879 \text{ m}^3$$

4. Kebutuhan Bahan Berdasarkan Tabel:

a. Semen:

$$W_{\text{semen}} = 0,054869879 \times 28,46 = 1,560571 \text{ kg}$$

b. Pasir:

$$W_{\text{pasir}} = 0,054869879 \times 32,22 = 1,767033 \text{ kg}$$

c. Kerikil:

$$W_{\text{kerikil}} = 0,054869879 \times 59,90 = 3,290351 \text{ kg}$$

d. Air:

$$W_{\text{air}} = 0,054869879 \times 13,71 = 0,752931 \text{ kg}$$

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, untuk memproduksi 9 buah benda uji silinder beton dengan diameter 0,15 meter dan tinggi 0,3 meter, serta penambahan volume sebesar 15% untuk mengantisipasi kekurangan bahan, dibutuhkan total volume beton sebesar 0,054869879 meter kubik. Kebutuhan bahan yang diperlukan mencakup 1,560571 kg semen, 1,767033 kg pasir, 3,290351 kg kerikil, dan 0,752931 kg air. Perhitungan ini memastikan bahwa volume dan proporsi bahan yang digunakan cukup untuk mencapai kekuatan dan kualitas beton yang diinginkan, sesuai dengan spesifikasi dan koreksi terhadap kadar air yang telah ditentukan.

1. Beton Normal

Spesifikasi Silinder Beton:

silinder beton : 1

Diameter (d) : 0,15 meter

Tinggi (h) : 0,3 meter

Perhitungan Volume Silinder:

a. Volume satu silinder beton (V):

$$V = 0,25 \times \pi \times d^2 \times h$$

$$V = \pi \times (0.152)^2 \times 0.3$$

$$V = \pi \times (0.075)^2 \times 0.3$$

$$V = \pi \times 0.005625 \times 0.3$$

$$V = 0.005301438 \text{ m}^3$$

b. Volume total silinder:

$$\text{Volume total silinder} = 0.005301438 \text{ m}^3$$

1) Penambahan volume (15%):

$$\text{Volume tambahan} = 0.005301438 \times 0.15$$

$$\text{Volume tambahan} = 0.000795216 \text{ m}^3$$

2) Volume total dengan penambahan:

$$\text{Volume total} = \text{Volume total silinder} + \text{Volume tambahan}$$

$$\text{Volume total} = 0.005301438 + 0.000795216$$

$$\text{Volume total} = 0.006096653 \text{ m}^3$$

Tabel 4.4 Kebutuhan Material untuk 1 Silinder Beton:

Material	Kebutuhan per m ³ Beton (kg)	Kebutuhan per silinder beton (kg)	Kebutuhan untuk 9 silinder(kg)
Semen	421,25	2,57	23,11
Pasir	590,62	3,60	32,41
Kerikil	1135,14	6,92	62,28
Air	203,00	1	9

2. Beton dengan Variasi Biji Enau 5%

Volume Kerikil:

a. Volume kerikil:

$$V_{\text{Kerikil}} = \{1135.14\} \{1856.4\}$$

$$V_{\text{Kerikil}} = 0.611 \text{ m}^3$$

b. Volume biji enau 5%:

$$V_{\text{Biji Enau 5\%}} = V_{\text{Kerikil}} \times 0.05V$$

$$V_{\text{Biji Enau 5\%}} = 0.611 \times 0.05V$$

$$VBiji\ Enau\ 5\% = 0.031\ m^3$$

c. Berat biji enau 5%:

$$WBiji\ Enau\ 5\% = VBiji\ Enau\ 5\% \times BV_{Biji\ Enau}$$

$$WBiji\ Enau\ 5\% = 0.031 \times 774.23W$$

$$WBiji\ Enau\ 5\% = 23.671\ kgW$$

Tabel 4.5 Kebutuhan Material untuk 1 Silinder Beton dengan Biji Enau 5%:

Material	Kebutuhan per m ³ Beton (kg)	Kebutuhan per silinder beton (kg)	Kebutuhan untuk 9 silinder(kg)
Semen	421,25	2,57	23,11
Pasir	590,62	3,60	32,41
Kerikil	1135,14	6,92	62,28
Limbah biji Enau 10%	23,67	0,14	1,30
Air	203,00	1	9

3. *Beton* dengan Variasi Biji Enau 10%

Volume Kerikil:

a. Volume kerikil tetap sama: 0.611 m³

b. Volume biji enau 10%:

$$VBiji\ Enau\ 10\% = VKerikil \times 0.10V$$

$$VBiji\ Enau\ 10\% = 0.611 \times 0.10V$$

$$VBiji\ Enau\ 10\% = 0.061\ m^3$$

c. Berat biji enau 10%:

$$WBiji\ Enau\ 10\% = VBiji\ Enau\ 10\% \times BV_{Biji\ Enau}$$

$$WBiji\ Enau\ 10\% = 0.061 \times 774.$$

$$WBiji\ Enau\ 10\% = 47.343\ kg$$

Tabel 4.6 Kebutuhan Material untuk 1 Silinder Beton dengan Biji Enau 10%:

Material	Kebutuhan per m ³ Beton (kg)	Kebutuhan per silinder beton (kg)	Kebutuhan untuk 9 silinder(kg)
Semen	421,25	2,57	23,11
Pasir	590,62	3,60	32,41
Kerikil	1135,14	6,92	62,28
Limbah biji Enau 10%	47,34	0,29	2,60
Air	203,00	1	9

4. Beton dengan Variasi Biji Enau 15%

Volume Kerikil:

a. Volume kerikil tetap sama: 0.611 m³

b. Volume biji enau 15%:

$$VBiji\ Enau\ 15\% = VKerikil \times 0.15V$$

$$VBiji\ Enau\ 15\% = 0.611 \times 0.15V$$

$$Biji\ Enau\ 15\% = 0.092m^3$$

c. Berat biji enau 15%:

$$WBiji\ Enau\ 15\% = VBiji\ Enau\ 15\% \times BV_{Biji\ Enau}$$

$$WBiji\ Enau\ 15\% = 0.092 \times 774.23$$

$$WBiji\ Enau\ 15\% = 71.014\ kg$$

Tabel 4.7 Kebutuhan Material untuk 1 Silinder Beton dengan Biji Enau 15%:

Material	Kebutuhan per m ³ Beton (kg)	Kebutuhan per silinder beton (kg)	Kebutuhan untuk 9 silinder(kg)
Semen	421,25	2,57	23,11
Pasir	590,62	3,60	32,41
Kerikil	1135,14	6,92	62,28
Limbah biji Enau 15%	71,01	0,43	3,90
Air	203,00	1	9

Untuk memproduksi benda uji silinder beton dengan berbagai variasi penggunaan biji enau, dilakukan perhitungan detail untuk kebutuhan material. Perhitungan ini melibatkan beton normal dan variasi beton dengan biji enau sebanyak 5%, 10%, dan 15%. Pada beton normal, untuk memproduksi 9 silinder dengan diameter 0,15 meter dan tinggi 0,3 meter, diperlukan total volume beton sebesar $0,054869879 \text{ m}^3$. Kebutuhan materialnya adalah 23,11 kg semen, 32,41 kg pasir, 62,28 kg kerikil, dan 11,14 kg air.

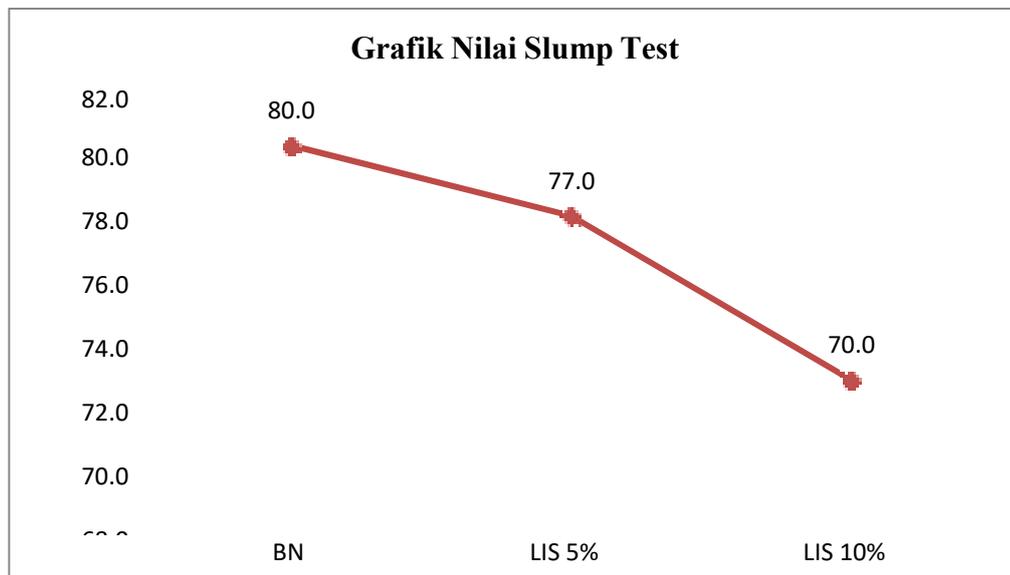
Pada beton dengan variasi biji enau 5%, volume kerikil yang digunakan adalah $0,611 \text{ m}^3$. Dari volume ini, 5% digantikan dengan biji enau, menghasilkan volume biji enau sebesar $0,031 \text{ m}^3$ dan berat biji enau 23,67 kg. Kebutuhan material per silinder untuk variasi ini adalah 2,57 kg semen, 3,60 kg pasir, 6,92 kg kerikil, 0,14 kg biji enau, dan 1,24 kg air. Untuk beton dengan variasi biji enau 10%, volume kerikil tetap sama tetapi 10% digantikan dengan biji enau, menghasilkan volume biji enau $0,061 \text{ m}^3$ dan berat biji enau 47,34 kg. Kebutuhan material per silinder untuk variasi ini adalah 2,57 kg semen, 3,60 kg pasir, 6,92 kg kerikil, 0,29 kg biji enau, dan 1,24 kg air.

Pada beton dengan variasi biji enau 15%, volume kerikil tetap $0,611 \text{ m}^3$ tetapi 15% digantikan dengan biji enau, menghasilkan volume biji enau $0,092 \text{ m}^3$ dan berat biji enau 71,01 kg. Kebutuhan material per silinder untuk variasi ini adalah 2,57 kg semen, 3,60 kg pasir, 6,92 kg kerikil, 0,43 kg biji enau, dan 1,24 kg air. Penambahan biji enau sebagai substitusi parsial kerikil dalam campuran beton mempengaruhi kebutuhan material secara keseluruhan.

Penambahan ini dilakukan untuk mengevaluasi dampaknya terhadap kualitas dan karakteristik beton

C. Nilai Slump

Pada penelitian ini, pemeriksaan nilai slump yang dilakukan diperoleh hasil seperti gambar dibawah ini. Secara umum dapat dikatakan bahwa semakin tinggi jumlah variasi Biji Enau dicampurkan ke dalam adukan beton, maka nilai *workability* akan semakin menurun.



Gambar 4.1 Hubungan antara variasi campuran dengan nilai slump

Dari pengujian slump diatas, tampak bahwa nilai slump turun dengan bertambahnya jumlah Biji Enau dalam campuran, hal ini dikarenakan Biji Enau yang tidak memiliki permukaan yang beraturan dan berongga sehingga pada saat dilakukan pencampuran, rongga pada Biji Enau saling mengisi atau saling mengikat sehingga nilai slump atau kelecikan pada campuran beton berkurang.

D. Kuat Tekan

Setelah melakukan pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan benda uji tersebut. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji berumur 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan sebanyak 9 sampel. Yang terdiri dari 3 variasi campuran biji enau yaitu 0%, 5%, 10% dan 15%. Untuk masing-masing variasi campuran dibuat 3 sampel untuk kuat tekan silinder dengan ukuran benda uji 15 x 30 cm. Sebelum melakukan uji kuat tekan beton maka terlebih dahulu melakukan penimbangan benda uji untuk setiap variasi yang akan dijadikan sampel uji.

Adapun hasil dari pengujian kuat tekan yang terdiri dari beton normal dan 4 variasi campuran Biji Enau dengan 3 hari perawatan adalah sebagai berikut:

1. Beton normal (0% Biji Enau)

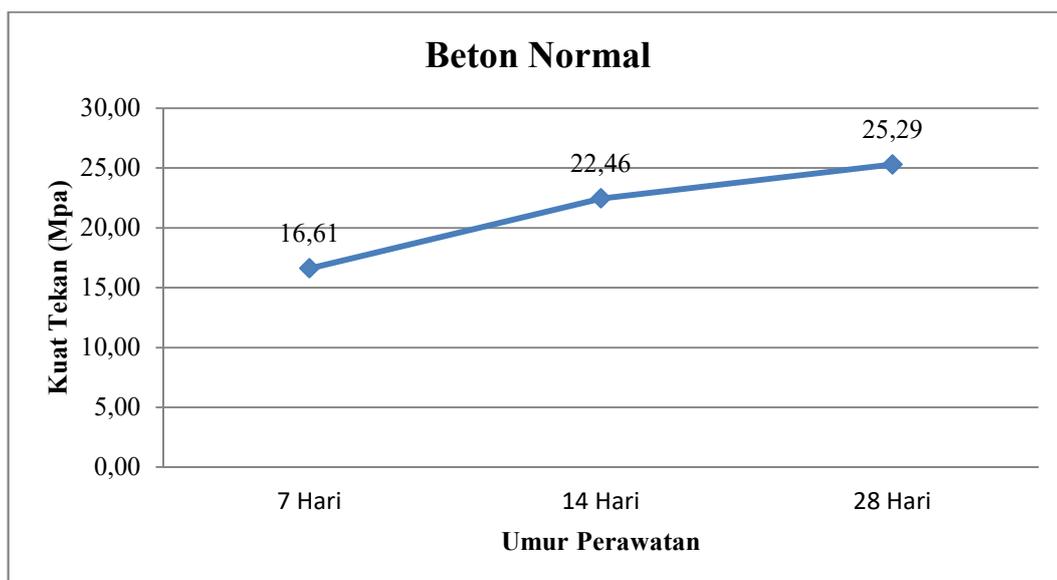
Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton normal yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4.5 Rekap hasil kuat tekan beton normal

No	Umur	Berat (kg)	Beban (KN)	Kuat tekan f_c (Mpa)
1	7 Hari	12,230	295	16,702
2	14 Hari	12,270	390	22,081
3	28 Hari	12,475	450	25,478

hasil uji kuat tekan beton normal pada tiga usia pengujian yang berbeda: 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Pada umur 7 hari, sampel beton memiliki berat 12,230 kg dan mampu menahan beban sebesar 295 kN,

menghasilkan kuat tekan sebesar 16,702 MPa. Setelah 14 hari, berat sampel sedikit meningkat menjadi 12,270 kg dan beban yang dapat ditahan meningkat signifikan menjadi 390 kN, menghasilkan kuat tekan sebesar 22,081 MPa. Pada usia 28 hari, sampel beton memiliki berat 12,475 kg dan mampu menahan beban tertinggi sebesar 450 kN, dengan kuat tekan mencapai 25,478 MPa. Peningkatan kuat tekan ini menunjukkan bahwa beton semakin kuat seiring bertambahnya waktu, yang merupakan karakteristik umum dari beton yang sedang mengeras dan menguat seiring waktu, memenuhi kuat tekan yang diinginkan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.1 Grafik pengujian kuat tekan beton normal

Peningkatan kuat tekan beton dari hari ke hari dapat dijelaskan sebagai berikut berdasarkan data yang Anda berikan: Dari 7 hari ke 14 hari: Kuat tekan beton meningkat dari 16,61 MPa menjadi 22,46 MPa. Ini menunjukkan peningkatan sebesar 5,85 MPa dalam periode 7 hari. Dari 14 hari ke 28 hari: Kuat tekan beton meningkat dari 22,46 MPa menjadi 25,29

MPa. Peningkatan ini adalah sebesar 2,83 MPa selama 14 hari. Peningkatan ini menggambarkan proses pengerasan beton seiring berjalannya waktu, di mana beton mencapai kekuatan maksimalnya sekitar 28 hari setelah pengecoran.

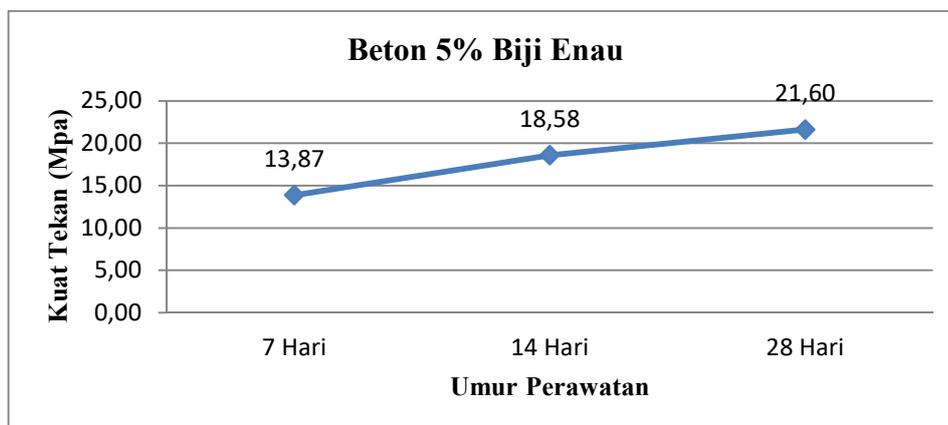
2. Variasi 5% Biji Enau

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

Tabel 4.6 Rekap hasil kuat tekan beton variasi 5% Biji Enau

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f_c (MPa)
1	7 Hari	12,121	245	13,87
2	14 Hari	11,970	328	18,58
3	28 Hari	12,041	381	21,60

Tabel di atas menunjukkan hasil pengujian kuat tekan beton dengan variasi 5% Biji Enau pada berbagai umur beton, yaitu 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Pada umur 7 hari, berat beton adalah 12,121 kg dengan beban maksimum yang diterima sebesar 245 kN, menghasilkan kuat tekan sebesar 13,87 MPa. Pada umur 14 hari, berat beton sedikit menurun menjadi 11,970 kg, namun beban yang diterima meningkat menjadi 328 kN, menghasilkan kuat tekan sebesar 18,58 MPa. Pada umur 28 hari, berat beton kembali meningkat menjadi 12,041 kg dengan beban maksimum 381 kN, menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 21,60 MPa. Dari data ini, terlihat bahwa kuat tekan beton meningkat seiring dengan bertambahnya umur beton, menunjukkan proses pengerasan dan penguatan yang berlangsung dengan baik, memenuhi kuat tekan yang diinginkan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.2 Grafik pengujian kuat tekan variasi 5% Biji Enau

Pada pengujian beton dengan campuran 5% biji enau, hasil yang diperoleh menunjukkan peningkatan kuat tekan seiring bertambahnya umur beton. Pada umur 7 hari, kuat tekan beton tercatat sebesar 13,87 MPa. Ini menunjukkan bahwa pada tahap awal, beton sudah memiliki kekuatan yang cukup signifikan meskipun belum mencapai kekuatan optimalnya. Pada umur 14 hari, kuat tekan beton meningkat menjadi 18,58 MPa, yang menunjukkan bahwa proses hidrasi semen masih berlangsung aktif, meningkatkan kekuatan beton secara signifikan.

Pada umur 28 hari, kuat tekan beton mencapai 21,60 MPa, mendekati kekuatan maksimal yang diharapkan untuk campuran beton tersebut. Kenaikan ini mencerminkan bahwa penggunaan 5% biji enau dalam campuran beton memberikan kontribusi positif terhadap perkembangan kekuatan beton, meskipun mungkin ada faktor lain yang mempengaruhi hasil akhirnya. Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa beton dengan campuran biji enau memiliki potensi yang baik dalam aplikasi konstruksi, asalkan proporsi dan kualitas material dijaga dengan baik.

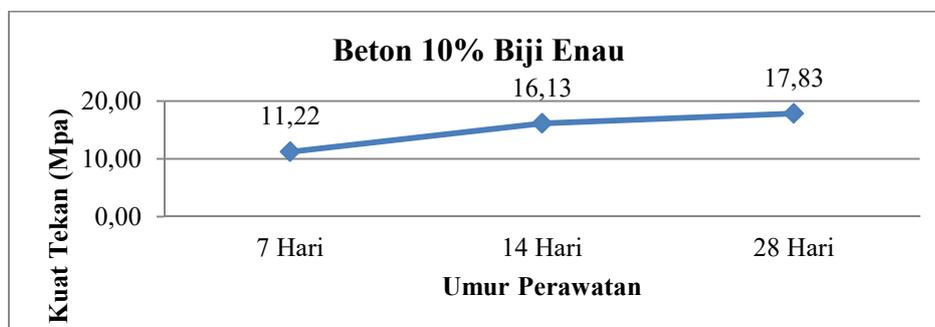
3. Variasi 10% Biji Enau

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton variasi 10% Biji Enau yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4.7 Rekap hasil kuat tekan beton variasi 10% Biji Enau

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f_c (MPa)
1	7 Hari	11.940	198	11,22
2	14 Hari	12.060	285	16,13
3	28 Hari	11.903	315	17,83

Pada pengujian sampel uji dengan 10% biji enau, Tabel tersebut menunjukkan hasil uji kuat tekan beton pada umur 7, 14, dan 28 hari. Pada 7 hari, beton seberat 11,940 kg menahan beban 198 kN dengan kuat tekan 11,22 MPa. Pada 14 hari, beratnya 12,060 kg dengan beban 285 kN dan kuat tekan 16,13 MPa. Pada 28 hari, beratnya 11,903 kg dengan beban 315 kN dan kuat tekan 17,83 MPa. Ini menunjukkan bahwa beton semakin kuat seiring bertambahnya umur, tidak memenuhi kuat tekan yang diinginkan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.4 Grafik pengujian kuat tekan variasi 10%

Hasil uji kuat tekan beton dengan tambahan variasi 10% biji enau menunjukkan peningkatan yang signifikan seiring dengan waktu pematangan. Pada umur 7 hari, beton mencapai kuat tekan sebesar 11,22 MPa, yang menunjukkan inisiasi proses hidrasi dan pembentukan kekuatan awal. Peningkatan yang lebih lanjut terlihat pada umur 14 hari dengan mencapai 16,13 MPa, menandakan peningkatan yang berkelanjutan dalam struktur dan kekuatan beton. Pada akhir periode uji, yaitu 28 hari, beton mencapai kuat tekan maksimum sebesar 17,83 MPa. Variasi ini mengindikasikan bahwa tambahan biji enau 10% secara positif mempengaruhi karakteristik mekanik beton, dengan kemungkinan kontribusi dari sifat-sifat material tambahan dalam proses hidrasi dan pembentukan matriks beton. Evaluasi lanjutan dapat memberikan wawasan tambahan tentang potensi aplikasi teknik ini dalam konstruksi berkelanjutan dan pengembangan material.

4. Variasi 15% Biji Enau

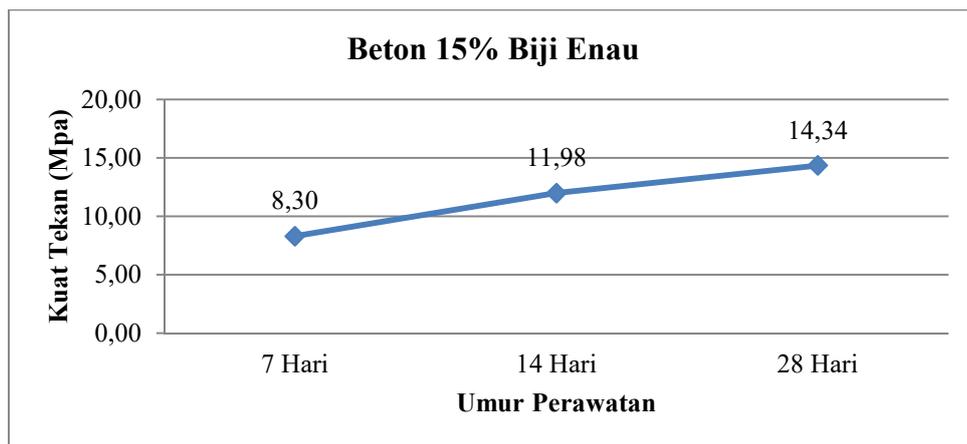
Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton variasi 10% Biji Enau yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4.8 Rekap hasil kuat tekan beton variasi 15% Biji Enau

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f_c (MPa)
1	7 Hari	12,05	146	8,30
2	14 Hari	12.11	211	11,98
3	28 Hari	12,08	253	14,34

Data yang disajikan adalah hasil uji kuat tekan silinder beton dengan variasi 10% biji enau pada berbagai umur pengujian. Pada umur 7 hari, berat rata-rata silinder beton adalah 12.05 kg dengan beban maksimum yang dapat ditahan mencapai 146 kN, menghasilkan kuat tekan beton sebesar 8.30 MPa. Pada umur 14 hari, berat rata-rata sedikit meningkat menjadi 12.11 kg dengan beban maksimum 211 kN, yang menghasilkan kuat tekan beton mencapai 11.98 MPa. Pada umur 28 hari, berat rata-rata adalah 12.08 kg dengan beban maksimum 253 kN, menghasilkan kuat tekan beton mencapai 14.34 MPa.

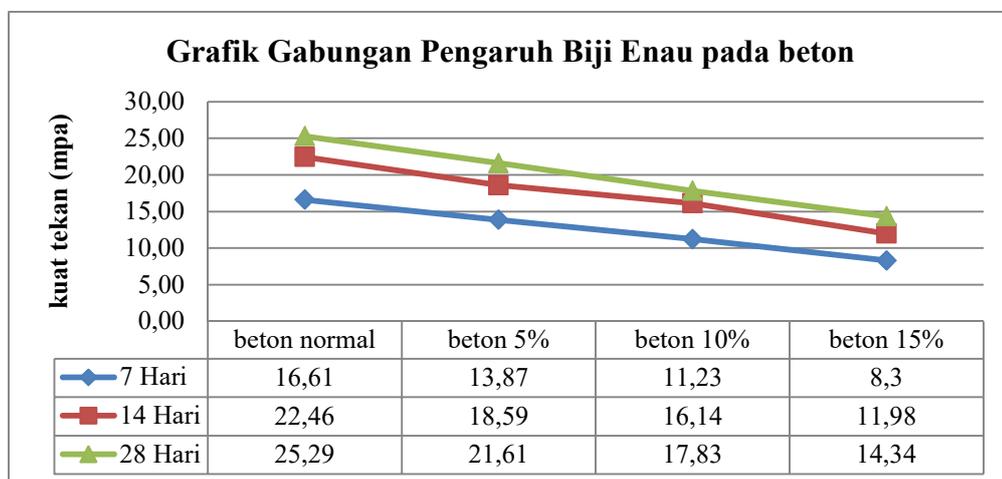
Hasil ini menunjukkan adanya peningkatan kuat tekan beton seiring dengan bertambahnya umur pengujian, yang dapat diinterpretasikan sebagai indikasi bahwa variasi 15% biji enau memiliki pengaruh yang negatif terhadap sifat mekanis beton dalam hal kuat tekan pada umur yang berbeda-beda tersebut, tidak memenuhi kuat tekan yang diinginkan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.4 Grafik pengujian kuat tekan variasi 15% Biji enau

hasil uji kekuatan tekan silinder beton dengan variasi 15% biji enau. Hasil uji ini menggambarkan kekuatan tekan dalam megapascal (MPa) pada berbagai periode pemantapan beton. Pada umumnya, data ini digunakan untuk memahami bagaimana evolusi kekuatan tekan beton seiring dengan waktu pada kondisi tertentu. Berdasarkan data yang diberikan, kekuatan tekan beton adalah 8,30 MPa setelah 7 hari, meningkat menjadi 11,98 MPa setelah 14 hari, dan mencapai 14,34 MPa setelah 28 hari. Data ini penting untuk mengevaluasi performa beton dalam proyek konstruksi, memastikan beton mencapai kekuatan yang dibutuhkan sesuai dengan persyaratan teknis yang telah ditetapkan..

Berikut adalah grafik hubungan persentase campuran Biji Enau terhadap kuat tekan beton :



Gambar 5. Rekapitulasi variasi benda uji

Studi ini menyajikan hasil pengujian kuat tekan beton dengan variasi persentase limbah biji enau dalam campuran, dilakukan pada umur beton 7, 14, dan 28 hari setelah pencampuran. Hasilnya menunjukkan bahwa

penambahan limbah biji enau secara konsisten mengurangi kekuatan mekanis beton. Pada umur 7 hari, beton yang tidak mengandung limbah biji enau mencapai kuat tekan rata-rata 16.61 MPa, sedangkan beton dengan 15% limbah biji enau hanya mencapai 8.3 MPa. Penurunan ini terus terlihat pada umur 14 hari, di mana beton normal mencapai 22.46 MPa sementara beton dengan 15% limbah biji enau hanya mencapai 11.98 MPa. Meskipun ada sedikit peningkatan pada umur 28 hari, dengan beton normal mencapai 25.29 MPa dan beton 15% limbah biji enau mencapai 14.34 MPa, penurunan signifikan dari kekuatan beton normal tetap terlihat.

Penurunan kuat tekan beton akibat limbah biji enau dapat dijelaskan oleh sejumlah faktor. Limbah organik seperti biji enau cenderung memiliki struktur yang berbeda dan dapat mempengaruhi ikatan antara agregat dan matriks semen dalam beton. Akibatnya, ini dapat mengurangi kekuatan ikatan antarpartikel dalam beton, mengakibatkan penurunan kuat tekan secara keseluruhan. Selain itu, adanya zat-zat kimia atau mineral dalam limbah biji enau juga dapat mengganggu proses hidrasi semen, yang esensial untuk pembentukan struktur kuat dalam beton.

Dalam konteks keberlanjutan dan pengelolaan limbah, penggunaan limbah biji enau dalam beton dapat dianggap sebagai upaya untuk mengurangi limbah organik yang dihasilkan oleh industri. Namun, hasil studi ini menunjukkan bahwa penggunaan limbah biji enau perlu dipertimbangkan dengan hati-hati, terutama dalam aplikasi yang membutuhkan beton dengan kekuatan mekanis yang tinggi seperti konstruksi struktural. Evaluasi lebih

lanjut mengenai batas optimal persentase limbah biji enau yang dapat ditambahkan tanpa mengorbankan kekuatan beton perlu dilakukan untuk mendukung pengembangan praktis dan berkelanjutan dalam industri beto

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Studi ini menyajikan hasil pengujian kuat tekan beton dengan variasi persentase limbah biji enau dalam campuran, dilakukan pada umur beton 7, 14, dan 28 hari setelah pencampuran. Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan limbah biji enau secara konsisten mengurangi kekuatan mekanis beton. Pada umur 7 hari, beton yang tidak mengandung limbah biji enau mencapai kuat tekan rata-rata 16.61 MPa, sedangkan beton dengan 15% limbah biji enau hanya mencapai 8.3 MPa. Penurunan ini terus terlihat pada umur 14 hari, di mana beton normal mencapai 22.46 MPa sementara beton dengan 15% limbah biji enau hanya mencapai 11.98 MPa. Meskipun ada sedikit peningkatan pada umur 28 hari, dengan beton normal mencapai 25.29 MPa dan beton 15% limbah biji enau mencapai 14.34 MPa, penurunan signifikan dari kekuatan beton normal tetap terlihat. Perkembangan kuat tekan beton menunjukkan peningkatan secara signifikan seiring dengan bertambahnya umur beton, yang diukur pada interval waktu tertentu seperti 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Proses hidrasi semen yang terjadi pada awal pencampuran dan pematangan beton selama periode tersebut berkontribusi secara langsung terhadap peningkatan kuat tekan ini. Meskipun terdapat variasi dalam penggunaan limbah biji enau dalam campuran beton, proses-proses tersebut tetap berpengaruh, meskipun dengan dampak yang mungkin

berbeda tergantung pada proporsi dan karakteristik limbah yang digunakan.

2. Dari hasil tersebut, terlihat bahwa penambahan limbah biji enau menyebabkan penurunan kuat tekan beton secara signifikan, terutama pada persentase yang lebih tinggi. Hal ini dapat disebabkan oleh struktur limbah organik yang berbeda dan kemungkinan gangguan terhadap proses hidrasi semen dalam beton. perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut. Berdasarkan data, pada umur 28 hari, hanya campuran beton normal (tanpa biji enau) yang mencapai kuat tekan di atas 25 MPa. Variasi dengan 5%, 10% dan 15% biji enau tidak mencapai kuat tekan rencana. Sehingga, untuk mencapai target kuat tekan 25 MPa, dapat dipertimbangkan untuk menggunakan campuran dengan penambahan zat aditif, atau melalui penyesuaian proporsi material yang lebih rendah dari yang di rencanakan dan proses pembuatan beton yang lebih optimal untuk meningkatkan kuat tekan. Evaluasi tambahan mengenai kelayakan teknis dan ekonomis perlu dilakukan sebelum menerapkan limbah biji enau secara luas dalam konstruksi beton.

B. Saran

1. Berdasarkan hasil analisis terhadap pengaruh limbah biji enau terhadap kuat tekan beton, diperlukan langkah-langkah optimasi yang tepat untuk memaksimalkan kualitas campuran. Perlu dilakukan optimasi proporsi campuran beton dengan mempertimbangkan penambahan limbah biji enau sehingga dapat mengkompensasi pengurangan kekuatan yang terjadi.
2. Evaluasi ulang terhadap proporsi semen, pasir, dan agregat (kerikil) sangat

dianjurkan untuk memastikan bahwa kuat tekan beton tetap terjaga atau bahkan meningkat sesuai dengan standar yang diinginkan. Dengan melakukan optimasi ini, diharapkan dapat menghasilkan campuran beton yang optimal dalam kinerja mekanisnya, menjaga keberlanjutan penggunaan limbah biji enau, serta mendukung efisiensi dalam konstruksi bangunan secara keseluruhan.

3. Disarankan untuk mempertimbangkan penggunaan alternatif limbah organik atau material pengganti lain yang memiliki dampak yang lebih minimal terhadap sifat mekanis beton. Langkah ini akan membantu mengurangi penurunan kuat tekan yang disebabkan oleh limbah biji enau, sehingga memungkinkan untuk tetap mencapai kekuatan yang diinginkan dalam aplikasi konstruksi.
4. Selain itu, uji lebih lanjut dengan material lain perlu dilakukan untuk membandingkan hasilnya terhadap beton dengan limbah biji enau. Hal ini akan memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai opsi material alternatif yang dapat mengoptimalkan performa beton tanpa mengorbankan kekuatan strukturalnya. Dengan melakukan pendekatan ini, diharapkan dapat ditemukan solusi yang lebih baik dalam memanfaatkan limbah organik dalam konstruksi beton, menjaga keberlanjutan lingkungan, dan meningkatkan efisiensi penggunaan material konstruksi secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C 33-92 tentang Standard Specification for Concrete Aggregate.* (1982). United States: ASTM
- SNI-15-1990-032 tentang Persyaratan Gradasi Batu Pecah.* (1990). Bandung: Badan Standar Nasional.
- SNI 03-2834-2000 tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.* (2002). Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Kimpraswil tentang Metoda, Tata Cara dan Spesifikasi Beton, Semen, Perkerasan Jalan Beton Semen.* (2003). Jakarta: Balitbang.
- Fernanda, S.R., Lay, R. A. S. & Latif, W. (2018). Pemanfaatan Limbah Biji Salak dan Tongkol Jagung Sebagai Campuran Beton yang Menghasilkan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Mutu Tinggi Ramah Lingkungan. *Potensi.* 3(2): 1-8.
- Kimpraswil tentang Pedoman/Petunjuk Teknik dan Manual: Air Minum Perkotaan.* (2003). Jakarta: Balitbang.
- Kuncoro, H. B. B., Darwis, Z. & Rahmat, A. A. (2021). Studi Eksperimental Pengaruh Abu Sekam Padi Terhadap Sifat Mekanik Beton Serat Bambu. *Fondasi.* 10(2): 134-143.
- ASTM tentang Standards For Medical Computing.* (1990). United States: ASTM
- Badan Standar Nasional tentang Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal.* (2000). Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standar Nasional tentang Semen Portland SNI 15-2049-2004.* (2004). Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Rahayu, D. (2018). Pengaruh Penambahan Serbuk Biji Salak Sebagai Filler Semen Terhadap Kuat Tekan Beton. *Potensi.* 3(2): 1-8.
- Riyono, M., Lestari, W. & Juara, A. (2022). Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Limbah Biji Salak Kering Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar. *Teras.* 12(1): 19-28.
- Sulfanita, A., Dirawan, G. D., & Ali, M. I. (2021). Investigation of the Effect of using Salak Seeds as Coarse Aggregate in Concrete. *Asian Journal.* 9(3): 172-178.
- Tjokrodinuljo, Kardiyono tentang Teknologi Beton.* (1996). Yogyakarta: Nafiri
- Wuryati, S., & Candra, R tentang *Teknologi beton.* (2001). Yogyakarta : Kanisius.