

PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON MENGGUNAKAN TULANGAN BAMBU BETUNG (DENDROCALAMUS ASPER) DENGAN KOMBINASI BATU SUNGAI DAN PASIR GUNUNG

TESTING THE COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE USING BAMBOO BETUNG (DENDROCALAMUS ASPER) REINFORCEMENT WITH A COMBINATION RIVER ROCK AND MOUNTAIN SAND

Sri Susilawati^{1*}, Fahrudin Lahay², Ilmih Auliyah³

^{1,2,3} Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tompotika Luwuk

sri.wati979@gmail.com¹

fahrudinfly4@gmail.com²

ilmihauliyah589@gmail.com³

Abstrak

Beton merupakan bahan bangunan yang umumnya diperkuat dengan tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerja sama dan mampu membantu kelemahannya, namun dalam penggunaan baja sebagai tulangan sering dijumpai beberapa kelemahan diantaranya cepat panas, berkarat dan resiko terjadinya korosi, selain itu material pembuatan baja tulangan adalah produk olahan hasil tambang yang pada akhirnya akan habis. Untuk itu dibutuhkan material alternatif yang memiliki mutu yang sama dengan baja tulangan, salah satu material yang cukup potensial dalam menggantikan baja tulangan adalah bambu. Penggunaan bambu sebagai material konstruksi selama ini masih bersifat sekunder. Hal ini disebabkan karena masih minimnya pengetahuan masyarakat mengenai sifat-sifat mekanik dan fisik struktur bambu. Bambu yang digunakan adalah bambu jenis betung yang akan dibentuk dengan ukuran tulangan d10, untuk meningkatkan daya rekat bambu terhadap beton, maka akan dilakukan dua perlakuan terhadap bambu yang pertama bambu akan dililit dengan kawat bendrat, kedua bambu akan dipasangkan klem pipa. Dengan menggunakan komposisi campuran mutu beton $f'c$ 18,68 Mpa (K 225) dengan benda uji berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Jumlah sampel yang dibuat yaitu 4 sampel beton tanpa tulangan, 4 sampel beton bertulang bambu yang dililit kawat bendrat dan 4 sampel beton bertulang bambu yang dipasangkan klem pipa. Pengujian dilakukan pada saat umur beton 28 hari. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa nilai kuat tekan rata-rata beton normal $f'c = 21,42$ Mpa = K 258,12 Kg/cm², beton bertulang bambu yang dililit kawat bendrat 19,94 Mpa = K 240,23 Kg/cm² dan beton bertulang bambu yang pasangkan klem pipa sebesar $f'c$ 17,25 Mpa = K 207,86 Kg/cm².

Kata kunci: Bambu Betung, Tulangan, dan Kuat Tekan

Abstract

Concrete is a building material which is generally reinforced with steel reinforcement as a material that can work together and is able to overcome its weaknesses, however, when using steel as reinforcement, several weaknesses are often found, including heating quickly, rusting and the risk of corrosion, besides that the material for making steel reinforcement is a processed product. mining products that will eventually run out. For this reason, alternative materials are needed that have the same quality as reinforcing steel. One material that has potential to replace reinforcing steel is bamboo. The use of bamboo as a construction material is still secondary. This is due to the lack of public knowledge regarding the mechanical and physical properties of bamboo structures. The bamboo used is betung type bamboo which will be formed with reinforcement size d10, to increase the adhesion of bamboo to concrete, two treatments will be carried out on the bamboo, first the bamboo will be wrapped with bendrat wire, secondly the bamboo will be fitted with pipe clamps. Using a concrete mix composition of $f'c$ 18.68 Mpa (K 225) with a test object in the form of a cylinder with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm. The number of samples made were 4 samples of concrete without reinforcement, 4 samples of bamboo reinforced concrete wrapped around wire ties and 4 samples of bamboo reinforced concrete with pipe clamps attached. Tests were carried out when the concrete was 28 days old. From the research results

it was found that the average compressive strength value of normal concrete $f_c = 21.42 \text{ Mpa} = K 258.12 \text{ Kg/cm}^2$, bamboo reinforced concrete wrapped around bendrat wire $19.94 \text{ Mpa} = K 240.23 \text{ Kg/cm}^2$ and bamboo reinforced concrete with pipe clamps of $f_c 17.25 \text{ Mpa} = K 207.86 \text{ Kg/cm}^2$. Abstract ditulis dalam bahasa Inggris yang berisikan isu-isu pokok, tujuan penelitian, metode/pendekatan dan hasil penelitian.

Keywords: *Betung Bamboo, Reinforcement, and Compressive Strength*

PENDAHULUAN

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. (Dipohusodo, 1994)

Nilai kuat tekan beton relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, pada penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, umumnya beton diperkuat dengan tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerja sama dan mampu membantu kelemahannya, komponen struktur beton dengan kerja sama seperti itu disebut beton bertulang baja. Dalam perkembangannya, didasarkan pada tujuan peningkatan kemampuan kekuatan komponen, sering dijumpai beton dan tulangan bersama-sama ditempatkan pada bagian dimana keduanya menahan gaya tekan. (Dipohusodo, 1994).

Penggunaan beton bertulang baja pada bangunan memiliki beberapa kelemahan diantaranya cepat panas, berkarat dan resiko terjadinya korosi, selain itu material pembuatan baja tulangan adalah produk olahan hasil tambang yang pada akhirnya akan habis. Untuk itu dibutuhkan material alternatif yang memiliki mutu yang sama dengan baja tulangan, namun didapat dari bahan-bahan yang lebih ekonomis, ramah lingkungan dan tersedia dalam jumlah yang banyak. Salah satu material yang potensial dalam rangka menggantikan baja tulangan adalah bambu. Luas hutan bambu alam (non budi daya) di Indonesia mencapai 723.000 ha. Sementara itu, luas hutan tanaman (budi daya) bambu mencapai 1,4 juta ha. Potensi volume bambu saat ini mencapai 10, 4 juta ton bambu. Berdasarkan tingkat keragaman jenis, Indonesia tergolong sangat kaya akan jenis bambu. Terdapat 118 jenis bambu asli Indonesia dan 17 jenis bambu berasal dari luar Indonesia. (Arinasa, 2005) dalam (Abdulah, 2014).

Bambu yang paling cocok digunakan dalam konstruksi yaitu bambu betung, buluhnya yang lebih tebal dibandingkan dengan bambu jenis lain dianggap lebih kuat dan awet sehingga diharapkan mampu untuk menggantikan fungsi tulangan baja secara maksimal. Selain tulangan, kualitas beton juga didukung oleh kualitas agregat menurut (Yunus, 2017) "Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat - sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan bagian penting dalam pembuatan beton". Untuk itu data - data pengaruh suatu agregat terhadap kuat tekan beton sangat dibutuhkan dalam perencanaan pembangunan. Misalnya data pengaruh penggunaan agregat kasar batu Sungai Masama dan agregat halus pasir Gunung Labotan terhadap kuat tekan beton, karena penggunaan agregat kasar batu Sungai Waru Masama dan agregat halus pasir Gunung Labotan telah berlangsung cukup lama pada sebagian masyarakat Kecamatan Masama dan Lamala. Hal ini karena kedua agregat tersebut harganya relatif lebih murah, mudah didapatkan, dan masih tersedia dalam jumlah yang banyak. Agregat kasar Sungai Waru Masama terdapat di sepanjang aliran sungai, berdasarkan perhitungan menggunakan aplikasi Mapit GIS luas Sungai Waru mencapai 852,581 m². Untuk kuantitas dari pasir gunung juga cukup banyak, didasarkan pada pengamatan visual struktur tanah Desa Labotandan sekitarnya tersusun dari material tersebut.

Penelitian Morisco yang dilakukan pada tahun 1999 dalam Maria Veronika Jahuranto, (2017) mendapatkan bahwa kuat tarik bambu memiliki kekuatan yang mendekati kekuatan baja struktur.

Friska Silitonga (2011) melakukan penelitian mengenai perilaku balok komposit bambu betung-beton dengan bambu diisi di dalam balok beton. Penelitian ini mengenai komposit balok bambu-beton. Dimana bambu bulat utuh digunakan sebagai pengganti tulangan. Bambu yang digunakan adalah bambu betung, karena sifatnya yang keras, berdiameter besar, berding tebal dan memiliki kuat tarik dan elastisitas yang cukup tinggi. Perencanaan balok komposit dengan metode kuat batas (ultimate strength design). Diameter bambu 11 cm dengan tebal 2 cm, beton mutu K175 dimensi 23 cm x 35 cm dan menggunakan paku 4,2 inchi sebagai penghubung geser. Panjang bentang balok adalah 3 m dan dibuat 2 sampel. Dari hasil pengujian diperoleh beban runtuh sampel pertama adalah 14 Ton dan balok kedua 13,5 Ton sedangkan secara teoritis beban runtuhnya adalah 10,5 Ton. Maka perbandingan hasil penelitian dan teoritis untuk sampel pertama adalah 1,333 dan sampel kedua 1,286. Dari hasil pengamatan tidak terjadi slip antara kedua bidang kontak hal ini menunjukkan penghubung geser cukup kuat membentuk aksi komposit. Dari hasil penelitian ini diharapkan bambu betung dapat digunakan sebagai bahan alternatif pengganti tulangan, terutama pada konstruksi rumah dan jembatan di daerah terpencil. Selain harganya yang relatif murah dan terjangkau juga sangat mudah ditemukan dan jumlahnya yang cukup melimpah.

Ria Fahrina dan Indra Gunawan, (2014) melakukan penelitian bambu digunakan sebagai pengganti tulangan untuk balok beton bertulang. Bambu yang digunakan adalah bambu betung yang kemudian dikeringkan selama 7 hari. Dilakukan pengujian fisik bambu dan beton seperti kadar air bambu, kuat tarik bambu sejajar serat, kuat tekan beton, kuat lekat bambu terhadap beton dan kuat lentur balok beton bertulangan bambu dengan umur masing-masing beton 28 hari. Setelah dilakukan pengujian kuat lentur, kemudian dibandingkan nilai kuat lentur balok bertulang secara teori dengan eksperimen. Dari hasil penelitian diperoleh nilai kadar air bambu sebesar 18,29%, kuat tekan beton rata-rata sebesar 28,5771 MPa, kuat tarik bambu sejajar serat sebesar 350,9741 MPa dengan kuat leleh bambu sebesar 247,42 MPa, kuat lekat bambu terhadap beton sebesar 0,341 Mpa, dan kuat lentur balok bertulang bambu sebesar 3,8735 MPa.

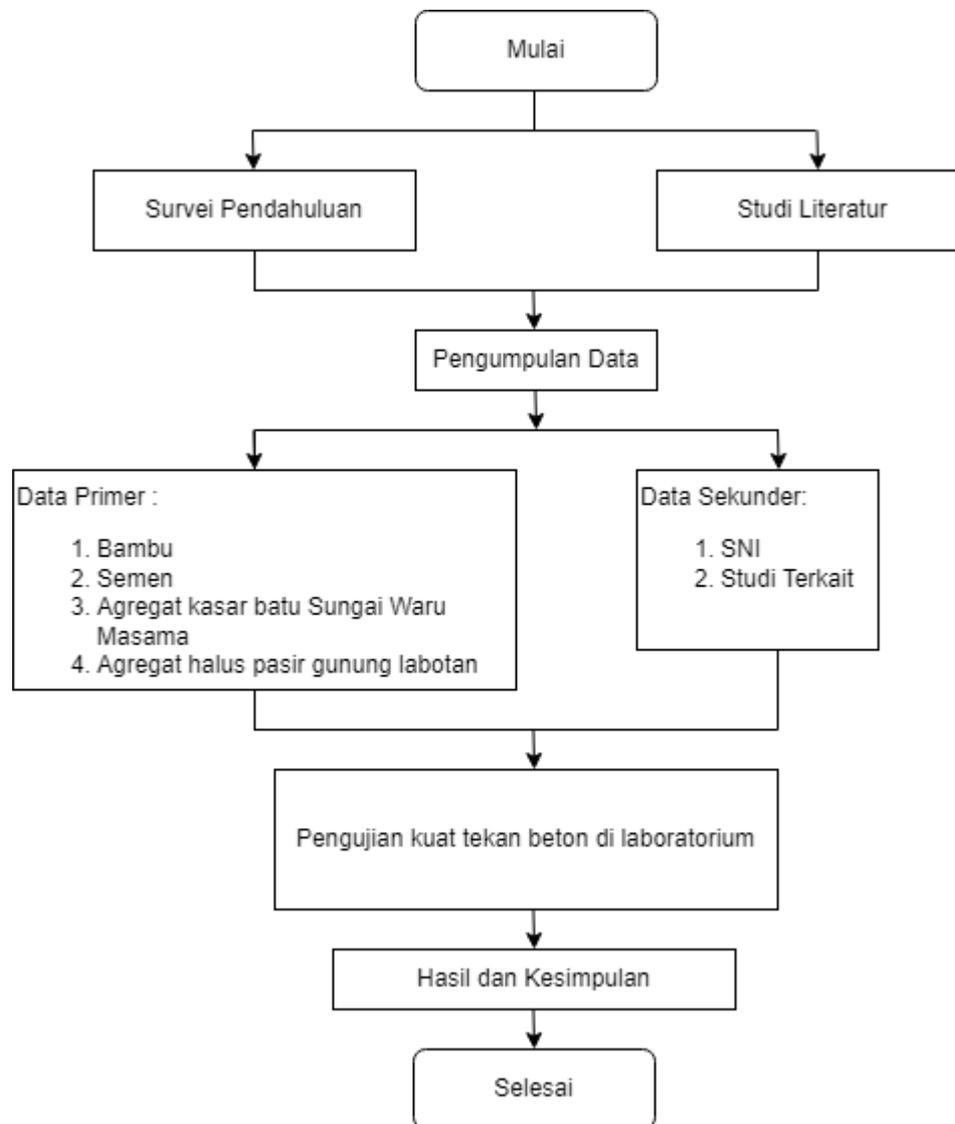
Melihat potensi yang ada maka penulis tertarik melakukan penelitian tentang Pengujian Kuat Tekan Beton Menggunakan Tulangan Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper*) Dengan Kombinasi Batu Sungai Dan Pasir Gunung yang dilakukan pada laboratorium Dinas PUPR untuk mengetahui kualitas material tersebut.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dengan menggunakan material agregat kasar batu Sungai Waru Masama dan agregat halus pasir Gunung Labotan tanpa tulangan bambu.
2. Untuk mengetahui nilai kuat tekan beton menggunakan bambu betung sebagai pengganti tulangan baja.

METODE PENELITIAN

Urutan langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan pada penulisan ini dapat dilihat pada bagan alir penelitian seperti gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Survei pendahuluan dilakukan sebelum penelitian dilaksanakan dengan tujuan untuk mengetahui kondisi awal dan karakteristik lokasi penelitian serta untuk memperkirakan waktu dan biaya yang akan terpakai dalam penelitian nantinya.

Studi literatur dilakukan dengan tujuan melengkapi dan mendukung data-data yang diperoleh dalam penelitian di lapangan. Dalam studi literatur ini didapatkan teori-teori dan prinsip-prinsip yang akan digunakan dalam pelaksanaan penelitian. Literatur yang digunakan adalah sumber-sumber yang membahas tentang agregat, air, semen, kuat tekan beton dengan maupun tanpa tulangan dan penelitian sejenis yang pernah dilakukan sebelumnya. Hasil studi literatur ini diharapkan dapat menjadi pedoman dalam melaksanakan penelitian dan dalam membuat kesimpulan akhir.

Data utama yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu hasil pengujian material agregat kasar batu Sungai Waru Masama dan agregat halus pasir Gunung Labotan yang dilakukan di laboratorium Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Kabupaten Banggai. Sedangkan data pendukung yaitu Standar Nasional Indonesia terkait pengujian kuat tekan beton.

Sebelum melakukan penelitian, ada beberapa pengujian awal yang dilakukan untuk menentukan sifat dari material yang akan digunakan dalam perencanaan campuran beton. Tujuan pengujian ini ialah untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran baik agregat halus dan agregat kasar dalam proporsi campuran beton.

Pertama-tama melakukan pemeriksaan kadar lumpur. Berdasarkan SNI kandungan lumpur pada material maksimal adalah 3%, dan apabila kadar lumpur material melebihi tiga persen maka material harus di cuci terlebih dahulu. Kemudian pemeriksaan kotoran organik dalam agregat. Kandungan kotoran organik yang ada dalam agregat diperiksa dengan cara mencampurkan pasir dengan larutan NaOH (3%) dan air ke dalam botol, kemudian botol dikocok lalu mendinginkan selama 24 jam, setelah 24 jam warna air pada botol dibandingkan dengan warna yang terdapat pada organic Plate. Berdasarkan pemeriksaan laboratorium diperoleh hasil bahwa pasir gunung Desa Labotan masuk dalam warna standar No. 2 yaitu warna agak merah muda yang artinya kondisi agregat tersebut masih layak digunakan. Selanjutnya memeriksa berat isi agregat kasar dan halus dimaksudkan untuk menentukan perbandingan volume dalam proporsi campuran mix design. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar dimaksudkan untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu dari agregat kasar, serta angka penyerapan dari agregat kasar. Serta besarnya angka penyerapan air dalam menentukan proporsi campuran. Pada pemeriksaan nilai keausan batu Sungai Waru Masama didapatkan bahwa nilai keausan rata – rata sebesar 30,58 %, hal ini menunjukkan bahwa agregat tersebut baik digunakan sebagai bahan campuran beton karena memiliki standar yang ditetapkan di SNI bahwa nilai keausan suatu material yang baik harus kurang dari 40 %.

Perhitungan rancangan campuran beton menggunakan metode SNI 03-2834-2000 dimana komposisi campuran beton dihitung berdasarkan data-data pemeriksaan bahan penyusun beton dan spesifikasi yang diinginkan. Dalam pengujian ini komposisi campuran beton yang akan digunakan adalah 30% pasir 70% kerikil karena campuran ini paling sesuai dengan spesifikasi gradasi agregat kasar dan agregat halus yang akan digunakan. Dari hasil percobaan diperoleh nilai Slump rata-rata untuk campuran 30% pasir 70% kerikil yaitu 10 cm, yang berarti sesuai dengan yang disyaratkan yaitu 8-12 cm.

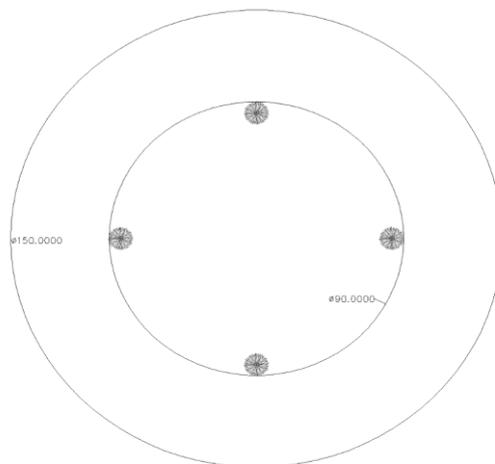
Variasi benda uji

a. Beton tanpa tulangan

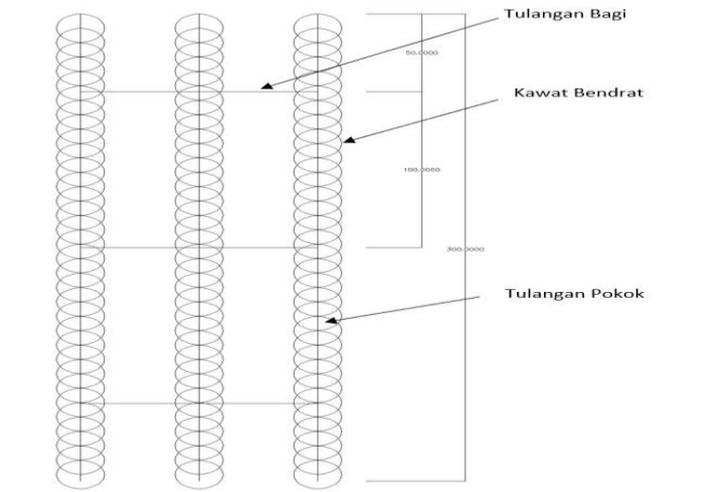
Benda uji akan dibuat dari campuran semen, air, agregat batu Sungai Waru Masama dan agregat halus pasir Gunung Labotan tanpa menggunakan tulangan

b. Beton dengan tulangan bambu yang dililit kawat bendrat

Benda uji dibuat dengan material yang direncanakan dikombinasikan dengan tulangan bambu berdiameter 10 mm sebagai tulangan pokok dengan jumlah 4 tulangan , bambu akan dililit dengan kawat bendrat untuk meningkatkan daya lekat antar bambu dan beton. untuk tulangan baginya akan digunakan besi polos diameter 8 mm, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2 dan 3 dibawah ini.

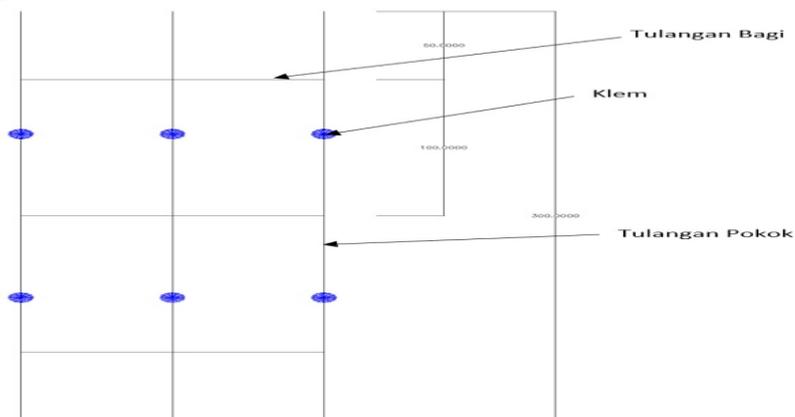


Gambar 2. Tampak Atas Penulangan Bambu.



Gambar 3. Tampak Samping Penulangan Bambu Yang Dililit Kawat Bendrat.

- c. Beton dengan tulangan bambu yang dipasangkan klem pipa
 Perbedaan benda uji ini dibandingkan dengan benda uji sebelumnya terletak di material yang dipakai untuk meningkatkan daya lekat bambu dan beton. Dimana untuk variasi jenis ini menggunakan klem pipa yang akan dipasang pada tulangan pokok pada jarak setiap 100 mm. untuk tulangan baginya akan digunakan besi polos diameter 8 mm lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Tampak Samping Penulangan Bambu Yang Menggunakan Klem Pipa

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Bahan Material :

1. Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus (SNI 03-1968-1990)

Pada penelitian di laboratorium untuk agregat halus menggunakan saringan Nomor 1½”, ¾”, ⅜”, No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, dan No. 100. Untuk agregat kasar menggunakan saringan Nomor 1½”, ¾”, ⅜”, dan No. 4 Berdasarkan hasil pengujian laboratorium diperoleh persentase lolos saringan sebagai berikut :

- a. Analisa saringan agregat halus

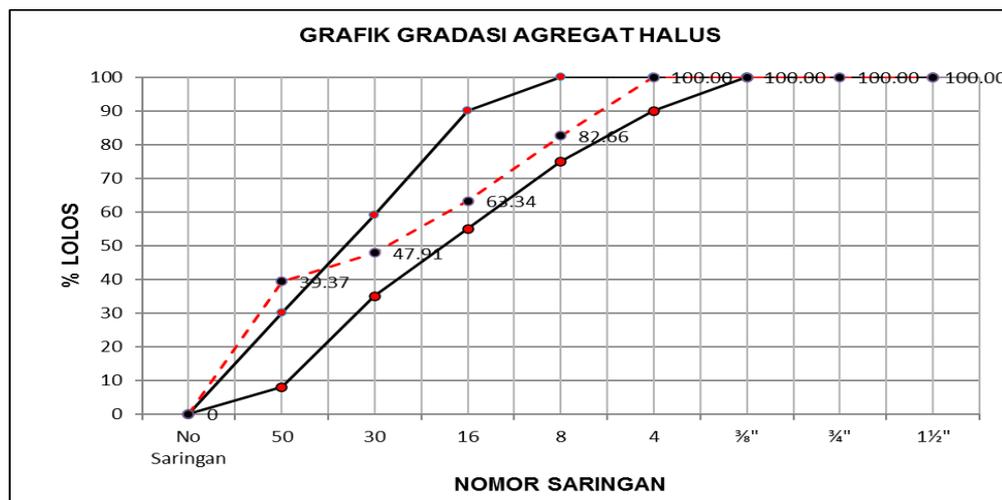
Contoh perhitungan saringan No. 16

$$\text{Komulatif tertahan} = \frac{\text{Sampel 1} + \text{sampel 2}}{2} + \text{komulatif tertahan saringan 8}$$

$$= \frac{285 + 321}{2} + 272 = 575 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentasertahan} &= \frac{\text{Komulatif tertahan tiap ayakan}}{\text{Berat total benda uji}} \times 100\% \\ &= \frac{575}{1569} \times 100\% = 36.65\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase lolos} &= 100\% - \% \text{ tertahan} \\ &= 100\% - 36,65\% \\ &= 63,35\% \end{aligned}$$



Gambar 5. Grafik gradasi agregat halus (Sumber: hasil penelitian, 2023)

Dalam penentuan batas gradasi tidak boleh lebih dari tiga nilai gradasi yang keluar dari batas nilai spesifikasi gradasi. Pada pengujian analisa saringan dan grafik agregat halus pasir Gunung Labotan termasuk spesifikasi butiran No. 2. (pasir sedang).

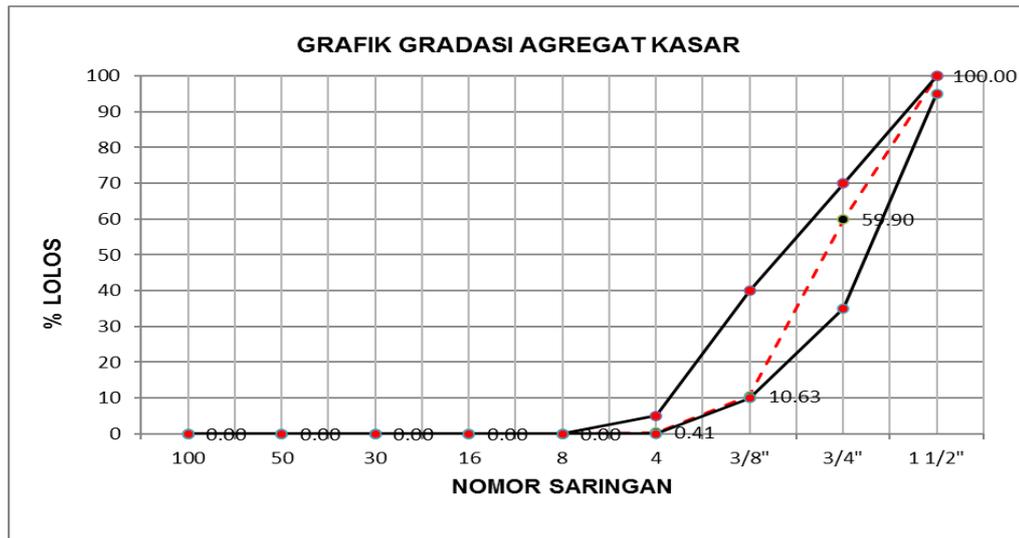
b. Analisa saringan agregat kasar

Contoh perhitungan saringan No. 3/4''

$$\begin{aligned} \text{Komulatif tertahan} &= \frac{\text{Sampel 1} + \text{sampel 2}}{2} \\ &= \frac{1142 + 1115}{2} + 272 = 1129 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentasertahan} &= \frac{\text{Komulatif tertahan tiap ayakan}}{\text{Berat total benda uji}} \times 100\% \\ &= \frac{1129}{2814} \times 100\% = 40,10\% \end{aligned}$$

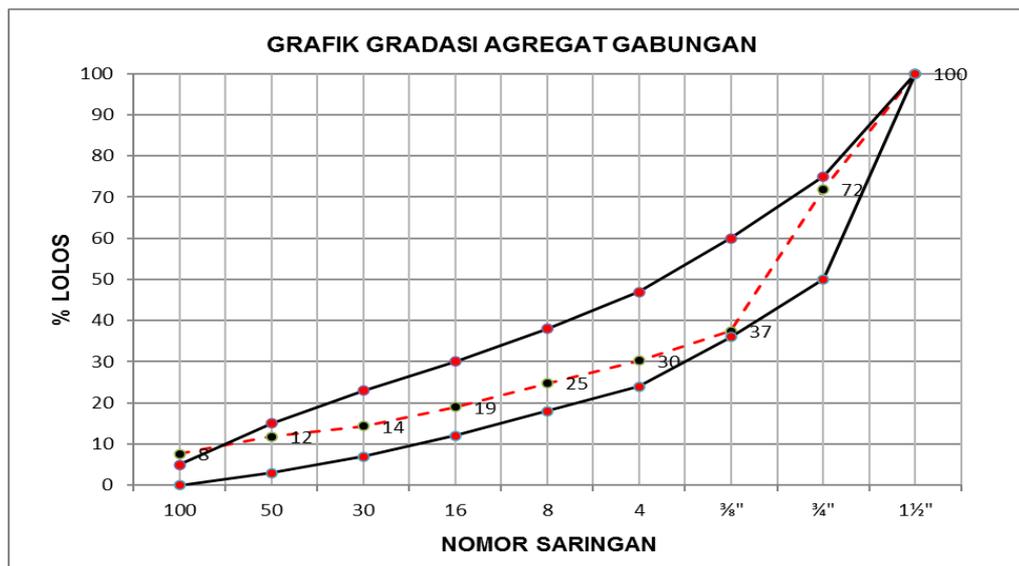
$$\begin{aligned}
 \text{Persentase lolos} &= 100 \% - \% \text{ tertahan} \\
 &= 100 \% - 40,10 \% \\
 &= 59,90 \%
 \end{aligned}$$



Gambar 6. Grafik gradasi agregat kasar (Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

Dari hasil pengujian analisa saringan dan grafik, untuk analisa saringan agregat kasar diperoleh batas gradasi benda uji termasuk spesifikasi butiran maksimum 40 mm.

Pada penelitian ini proposi agregat yang akan digunakan yaitu 30 % pasir dan 70% kerikil. Berdasarkan tabel 1 dan tabel 2 maka diperoleh distribusi agregat gabungan seperti pada tabel 3:



Gambar 7. Grafik gradasi agregat gabungan (Sumber: Hasil penelitian, 2023)

2. Pemeriksaan Kadar Lumpur (SNI 03-4141-1996)

a. Kadar lumpu agregat halus

Berdasarkan pengujian laboratorium diperoleh nilai kada rlumpur sebagai berikut:

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\%$$

Dimana : $V_1 = \text{Tinggi pasir} = 8,9\text{cm}$

$V_2 = \text{Tinggi lumpur} = 0,3 \text{ mm}$

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\%$$

$$= \frac{0,3}{8,9 + 0,3} \times 100\% = 3,26 \%$$

Tabel 4. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus

Pemeriksaan		I	II
Skala Pembacaan Lumpur	V_2 (cm)	0.30	0.20
Skala Pembacaan Pasir	V_1 (cm)	8.90	8.70
Kadar Lumpur	$V_2/(V_1+V_2) \times 100 \%$	3.26	2.25
Kadar Lumpur Rata-rata (%)		2.75	

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

Dari hasil percobaan pasir gunung Desa Labotan yang akan digunakan sebagai agregat halus diperoleh kadar lumpur rata-rata sebesar $2,75 \% < 3 \%$, maka pasir gunung Desa Labotan dapat digunakan untuk campuran beton.

b. Agregat kasar

Berdasarkan pengujian laboratorium diperoleh nilai kadar lumpur untuk agregat kasar sebagai berikut:

$$\text{Bahan lolos saringan No. 200} = \frac{A - B}{A} \times 100\%$$

$$= \frac{2951 - 2950}{2951} \times 100\% = 0,034 \%$$

Agregat yang dikatakan kadar lumpurnya itu agregat yang lolos dari saringan No. 200 Untuk lebih jelasnya perhitungan kadar lumpur agregat kasar dapat dilihat pada tabel. 5

Tabel 5. Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar

Pemeriksaan	I	II
Berat Kering Benda Uji Sebelum Dicuci	2951	2842
Berat Kering Benda Uji Setelah Dicuci	2950	2839
Persen bahan Lolos Saringan No. 200 (%)	0.034	0.106
Persen bahan Lolos Saringan No. 200 Rata-rata (%)	0.070	

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

Dari hasil percobaan agregat kasar batu Sungai Waru Masama diperoleh kadar lumpur rata-rata sebesar $0,070\% < 3\%$, maka agregat kasar batu Sungai Waru Masama dapat digunakan untuk campuran beton.

3. Pemeriksaan Kotoran Organik Dalam Pasir (SNI 03-2816-1992)

Berdasarkan pemeriksaan laboratorium diperoleh hasil bahwa pasir gunung Desa Labotan masuk dalam warna standar No. 2 yaitu warna agak merah muda yang artinya kondisi agregat tersebut masih layak digunakan.

4. Pemeriksaan Berat Isi Agregat (SNI 03-4808-1998)

Adapun hasil pemeriksaan berat isi agregat adalah sebagai berikut

a. Agregat Kasar

$$\text{Berat isi} = \frac{W}{V} \text{ (gr / cm}^3\text{)}$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } V &= \text{Volume Mold (cm}^3\text{)} \\ &= 2777,7 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

1). Perhitungan berat isi lepas

Diketahui data-data sebagai berikut :

- Berat Mold (W_1) = 2508 gram
- Berat Mold + Sampel (W_2) = 7142 gram
- Berat Sampel (W_3) = $W_2 - W_1$ = 4634 gram
- Volume Mold (V) = 2777,7 cm^3

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Berat Isi Sampel} &= \frac{W_3}{V} \\ &= \frac{4634}{2777,7} = 1,668 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{\text{Berat isi sampel 1} + \text{berat isi sampel 2}}{2} \\ &= \frac{1,668 + 1,647}{2} = 1,658 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

2). Perhitungan berat isi padat

Diketahui data-data sebagai berikut :

- Berat Mold + Sampel (W_2) = 7537 gram
- Berat Sampel (W_3) = $W_2 - W_1$ = 5029 gram
- Volume Mold (V) = 2777,7 cm^3

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Berat Isi Sampel} &= \frac{W_3}{V} \\ &= \frac{5029}{2777,7} = 1,810 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{\text{Berat isi sampel 1} + \text{berat isi sampel 2}}{2}$$

$$= \frac{1,810 + 1,843}{2} = 1,827 \text{ gr/cm}^3$$

untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Berat isi agregat kasar

Pemeriksaan			Lepas		Padat	
			I	II	I	II
Berat Mold	W ₁	(gr)	2508	2508	2508	2508
Berat Mold + Benda Uji	W ₂	(gr)	7142	7083	7537	7626
Berat Benda Uji W ₃ =	W ₂ - W ₁	(gr)	4634	4575	5029	5118
Volume Mold	V	(cm ³)	2777.7	2777.7	2777.7	2777.7
Berat Isi Agregat	W ₃ /V	(gr/cm ³)	1.668	1.647	1.810	1.843
Berat Isi Rata-rata (gr/cm ³)			1.658		1.827	
			1.742			

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

b. Agregat Halus

$$\text{Berat isi} = \frac{W}{V} \text{ (gr / cm}^3\text{)}$$

Dimana : V = Volume Mold (cm³) = 2777,7 cm³

1). Perhitungan berat isi lepas

Diketahui data-data sebagai berikut:

- Berat Mold (W₁) = 2508 gram
- Berat Mold + Sampel (W₂) = 6237 gram
- Berat Sampel (W₃) = W₂-W₁ = 3729 gram
- Volume Mold (V) = 2777,7 cm³

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Berat Isi Sampel} &= \frac{W_3}{V} \\ &= \frac{3729}{2777,7} = 1,342 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{\text{Berat isi sampel 1} + \text{berat isi sampel 2}}{2} \\ &= \frac{1,342 + 1,362}{2} = 1,352 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

2). Perhitungan berat isi padat

Diketahui data-data sebagai berikut :

- Berat Mold (W_1) = 2508 gram
- Berat Mold + Sampel (W_2) = 6966 gram
- Berat Sampel (W_3) = $W_2 - W_1$ = 4458 gram
- Volume Mold (V) = 2777,69 cm^3

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Berat Isi Sampel} &= \frac{W_3}{V} \\ &= \frac{4458}{2777,7} = 1.605 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{\text{Berat isi sampel 1} + \text{berat isi sampel 2}}{2} \\ &= \frac{1,605 + 1,619}{2} = 1,612 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

Tabel 7. Berat isi agregat halus

Pemeriksaan			Lepas		Padat	
			I	II	I	II
Berat Mold	W_1	(gr)	2508	2508	2508	2508
Berat Mold + Benda Uji	W_2	(gr)	6237	6291	6966	7005
Berat Benda Uji	$W_3 = W_2 - W_1$	(gr)	3729	3783	4458	4497
Volume Mold	V	(cm^3)	2777.7	2777.7	2777.7	2777.7
Berat Isi Agregat	W_3/V	(gr/cm^3)	1.342	1.362	1.605	1.619
Berat Isi Rata-rata (gr/cm^3)			1.352		1.612	
			1.482			

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

c. Semen

$$\text{Berat isi} = \frac{W}{V} \text{ (gr / cm}^3\text{)}$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } V &= \text{Volume Mold (cm}^3\text{)} \\ &= 2777,7 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

1). Perhitungan berat isi lepas

Diketahui data-data sebagai berikut:

- Berat Mold (W_1) = 2508 gram
- Berat Mold + Sampel (W_2) = 5263 gram
- Berat Sampel (W_3) = $W_2 - W_1$ = 2755 gram
- Volume Mold (V) = 2777,7 cm^3

Sehingga :

$$\text{Berat Isi Sampel} = \frac{W_3}{V}$$

$$= \frac{2755}{2777,7} = 0,992 \text{ gr/cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{\text{Berat isi sampel 1} + \text{berat isi sampel 2}}{2} \\ &= \frac{0,992 + 0,990}{2} = 0,992 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

2). Perhitungan berat isi padat

Diketahui data-data sebagai berikut :

- Berat Mold (W_1) = 2508 gram
- Berat Mold + Sampel (W_2) = 5569 gram
- Berat Sampel (W_3) = $W_2 - W_1$ = 3061 gram
- Volume Mold (V) = 2777,7 cm^3

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Berat Isi Sampel} &= \frac{W_3}{V} \\ &= \frac{3061}{2777,7} = 1,102 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{\text{Berat isi sampel 1} + \text{berat isi sampel 2}}{2} \\ &= \frac{1,102 + 1,126}{2} = 1,114 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

Tabel 8. Berat isi semen

Pemeriksaan			Lepas		Padat	
			I	II	I	II
Berat Mold	W_1	(gr)	2508	2508	2508	2508
Berat Mold + Benda Uji	W_2	(gr)	5263	5259	5569	5635
Berat Benda Uji	$W_3 = W_2 - W_1$	(gr)	2755	2751	3061	3127
Volume Mold	V	(cm^3)	2777.7	2777.7	2777.7	2777.7
Berat Isi Agregat	W_3/V	(gr/cm^3)	0.992	0.990	1.102	1.126
Berat Isi Rata-rata (gr/cm^3)			0.991		1.114	
			1.052			

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

Berat isi suatu agregat akan semakin tinggi ketika dipadatkan, Hal ini disebabkan karena pori-pori yang semakin sedikit karena sebagian besar ruang ditempati oleh agregat. Dalam pembuatan *Mix Design* berat isi yang di gunakan adalah berat isi lepas.

5. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (SNI 03-1969-1990)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu dari agregat kasar, serta angka penyerapan dari agregat kasar. Serta besarnya angka penyerapan air dalam menentukan proporsi campuran.

Berat contoh kering oven (Bk) = 2763 gram

Berat contoh kering permukaan (Bj) = 2804 gram

Berat contoh dalam air (Ba) = 1821 gram

- Berat jenis curah (*bulk spesifik gravity*) = $\frac{Bk}{Bj - Ba}$

$$= \frac{2763}{2804 - 1821} = 2,811$$

- Berat jenis kering permukaan (SSD) = $\frac{Bj}{Bj - Ba}$

$$= \frac{2804}{2804 - 1821} = 2,852$$

- Berat jenis semu (*apparetn spesifik gravity*) = $\frac{Bk}{Bk - Ba}$

$$= \frac{2763}{2763 - 1821} = 2,933$$

- Penyerapan air = $\frac{(Bj - Bk)}{Bk} \times 100\%$

$$= \frac{(2804 - 2763)}{2763} \times 100\% = 1,484 \%$$

Tabel 9. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Pemeriksaan		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	(gr) Bk	2763	3579	3171
Berat contoh kering permukaan	(gr) Bj	2804	3635	3219.5
Berat contoh dalam air	(gr) Ba	1821	2316	2068.5
Berat jenis bulk (Bj. Ov.)	Bk / (Bj-Ba)	2.811	2.713	2.762
Berat jenis bulk SSD (Bj. SSD)	Bk / (Bk-Ba)	2.852	2.756	2.804
Berat jenis semu (Bj. App.)	Bk / (Bk-Ba)	2.933	2.834	2.883
Penyerapan air (%)	(Bj-Bk) / Bk) x 100 %	1.484	1.565	1.524

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa penyerapan air rata – rata yang terjadi pada agregat kasar adalah sebesar 1,524 %.

6. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (SNI 03-1970-1990)

Data dari Laboratorium

Berat contoh kering oven (Bk) = 489,2 gram

Berat contoh kering permukaan (B) = 696,4 gram

Berat contoh dalam air (Bt) = 1005,5 gram

- Berat jenis curah (*bulk spesifik gravity*) = $\frac{Bk}{B + 500 - Bt}$

- Berat jenis kering permukaan (SSD)
$$= \frac{489,2}{696,4 + 500 - 1005,5} = 2,56$$
- Berat jenis semu (*apparent specific gravity*)
$$= \frac{500}{B + 500 - Bt} = \frac{500}{696,4 + 500 - 1005,5} = 2,619$$
- Berat jenis semu (*apparent specific gravity*)
$$= \frac{Bk}{B + Bk - Bt} = \frac{489,2}{696,4 + 489,2 - 1005,5} = 2,716$$
- Penyerapan air
$$= \frac{(500 - Bk)}{Bk} \times 100\%$$

$$= \frac{(500 - 489,2)}{489,2} \times 100\% = 2,208 \%$$

Tabel 10. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus

Berat contoh kering oven	(gr) Bk	489.2	485.7	487.45
Berat botol + air	(gr) B	696.4	697.6	697
Berat contoh + botol + air	(gr) Bt	1005.5	1001.1	1003.3
Berat jenis bulk (Bj. Ov.)	Bk / (B + 500 - Bt)	2.56	2.47	2.517
Berat jenis bulk SSD (Bj. SSD)	500 / (B + 500 - Bt)	2.619	2.545	2.582
Berat jenis semu (Bj. App.)	Bk / (B + Bk - Bt)	2.716	2.666	2.691
Penyerapan air (%)	(500-Bk) / Bk) x 100 %	2.208	2.944	2.576

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa penyerapan air yang terjadi pada agregat halus rata-rata sebesar 2,576 %.

7. Pemeriksaan Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles (SNI 03-2417-1991)

Pada pemeriksaan nilai keausan batu Sungai Waru Masama didapatkan bahwa nilai keausan rata – rata sebesar 30,58 %, hal ini menunjukkan bahwa agregat tersebut baik digunakan sebagai bahan campuran beton karena memiliki standar yang ditetapkan di SNI bahwa nilai keausan suatu material yang baik harus kurang dari 40 %. Adapun rumus yang digunakan dalam perhitungan keausan agregat yaitu sebagai berikut.

$$\text{Keausan} = \frac{(a - b)}{a} \times 100\%$$

Dimana a = Berat benda uji semula (gram)

b = Berat benda uji tertahan saringan No. 12 (gram)

Pengujian ini menggunakan cara A dimana dari hasil pengujian diketahui bahwa:

Berat benda uji semula = 5000 gram
 Berat benda uji tertahan saringan No. 12 = 3459 gram
 Sehingga :

$$\text{Keausan} = \frac{(a - b)}{a} \times 100\%$$

$$\text{Keausan} = \frac{(5000 - 3459)}{5000} \times 100\% = 30,82 \%$$

Tabel 11. Pemeriksaan keausan agregat dengan mesin *Abrasi Los Angeles*

Gradasi Pemeriksaan Saringan		I		II	
		Berat Contoh	Berat Contoh	Berat Contoh	Berat Contoh
Lolos	Tertahan	(a)	(b)	(a)	(b)
1½" (37,5 mm)	1" (25,4 mm)	1250	1250		
1" (25,4 mm)	¾" (19,0 mm)	1250	1250		
¾" (19,0 mm)	½" (12,5 mm)	1250	1250		
½" (12,5 mm)	⅜" (9,5 mm)	1250	1250		
A. Berat Contoh		5000.00	5000.00		
B. Berat tertahan Saringan No.12		3459	3483		
Keausan (%) (A-B) / (A) x 100%		30.82	30.34		
Keausan Rata-rata (%)		30.58		Memenuhi spesifikasi (<40%)	

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

Campuran Beton

1. Perencanaan Campuran Beton (*Mix Desain*)

Dalam pengujian ini komposisi campuran beton yang akan digunakan adalah 30% pasir 70% kerikil karena campuran ini paling sesuai dengan spesifikasi gradasi agregat kasar dan agregat halus yang akan digunakan. Untuk lebih jelas hasil perhitungan perencanaan campuran beton untuk tiap m³ disajikan dalam tabel. 12

Tabel 12. Komposisi campuran beton 30 % pasir dan 70 % kerikil

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan beton yang disyaratkan pada umur 28 hari	18,68	MPa
2	<i>Deviasi standart</i> (s)	7	MPa

3	Nilai tambah (m)	11,48	MPa
4	Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan (MPa)	30,16	MPa
5	Jenis semen	Tipe I (Tonasa)	-
6	Jenis agregat kasar	Alami	-
7	Faktor air semen (fas)	0,5	-
8	Faktor air semen maksimum	0,60	-
9	Nilai <i>slump</i>	10 ± 2	mm
10	Ukuran maksimum kerikil	40,00	mm
11	Kebutuhan air	185,00	Ltr/m ³
12	Kebutuhan semen	370	Kg
13	Kebutuhan semen minimum	325	Kg
14	Penyesuaian jumlah air atau fas	185,00	Ltr/m ³
15	Pasir masuk dalam daerah <i>gradasi</i>	Daerah <i>gradasi</i> No. 4	-
16	Presentase pasir terhadap agregat campuran	30,00	%
17	Presentase kerikil 3-4 terhadap agregat campuran	70,00	%
18	Berat jenis campuran dari data material	2,74	
19	Berat beton (Kg/m ³)	2570	Kg/m ³
20	Kebutuhan campuran pasir dan kerikil	1891	Kg/m ³
21	Kebutuhan pasir	604,05	Kg/m ³
22	Kebutuhan kerikil	1410,05	Kg/m ³

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

Hasil rancangan komposisi campuran beton f'c 18,68 MPa untuk campuran beton 30 % pasir dan 70 % kerikil disajikan dalam tabel 13.

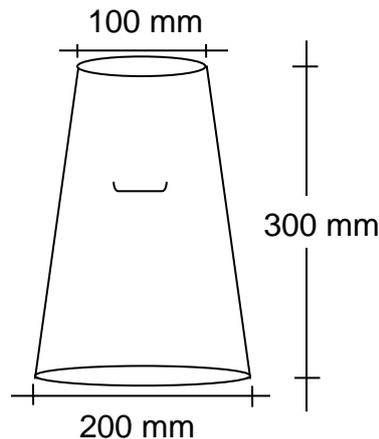
Tabel 13. Hasil komposisi campuran beton 30 % pasir dan 70 % kerikil

Proporsi campuran material kondisi SSD	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	Kerikil (Kg)	Air (Liter)
Tiap m ³ beton	370.00	604.50	1410.50	185.00
Rasio	1	1.634	3.812	0.500
Perbandingan volume	0.352	0.408	0.810	0.185

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

2. Pemeriksaan *Slump* beton

Dari hasil percobaan diperoleh nilai *Slump* rata-rata untuk campuran 30% pasir 70% kerikil yaitu 10 cm, yang berarti sesuai dengan yang disyaratkan yaitu 8-12 cm. Hal ini berarti proporsi campuran beton tersebut dapat digunakan dalam pelaksanaan *Mix Design*. Sketsa tinggi cetakan yang digunakan dalam pengujian *Slump* dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Sketsa cetakan yang digunakan dalam pengujian *Slump* beton (SNI 03-1972-1990)

Pemeriksaan Kuat Tekan Beton

Adapun hasil pengujian kuat tekan betondengan proporsi campuran 30% pasir, 70% kerikil tanpa tulangan dan menggunakan tulangan bambu adalah sebagai berikut
Contoh perhitungan :

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{A}$$

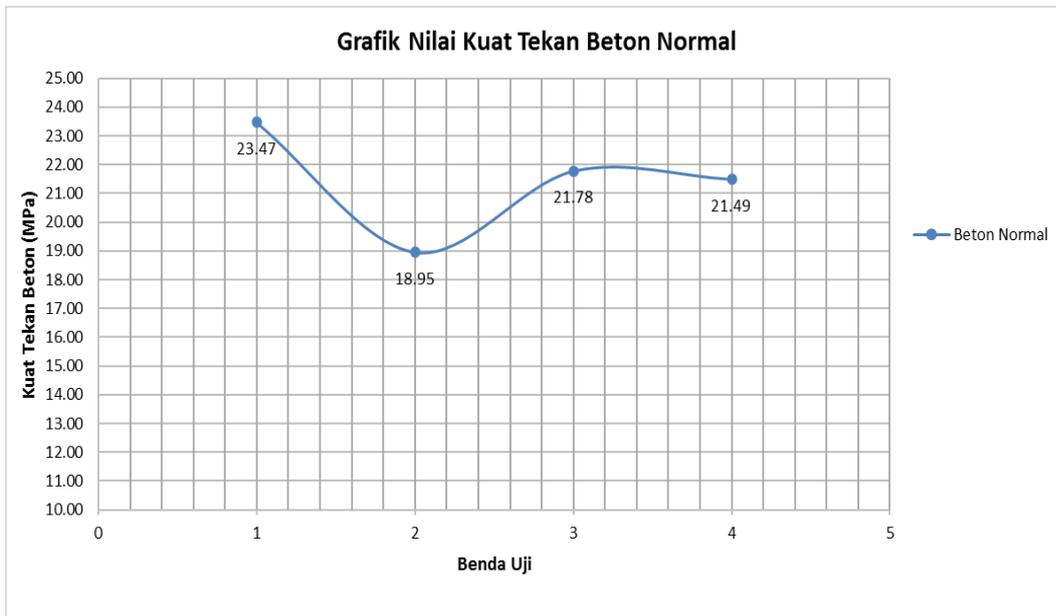
Ket: P = beban maksimum (kg)
A = luas penampang (cm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \left(\frac{1}{4}\right) \times \left(\frac{22}{7}\right) \times 15^2 \\ &= 176,79 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

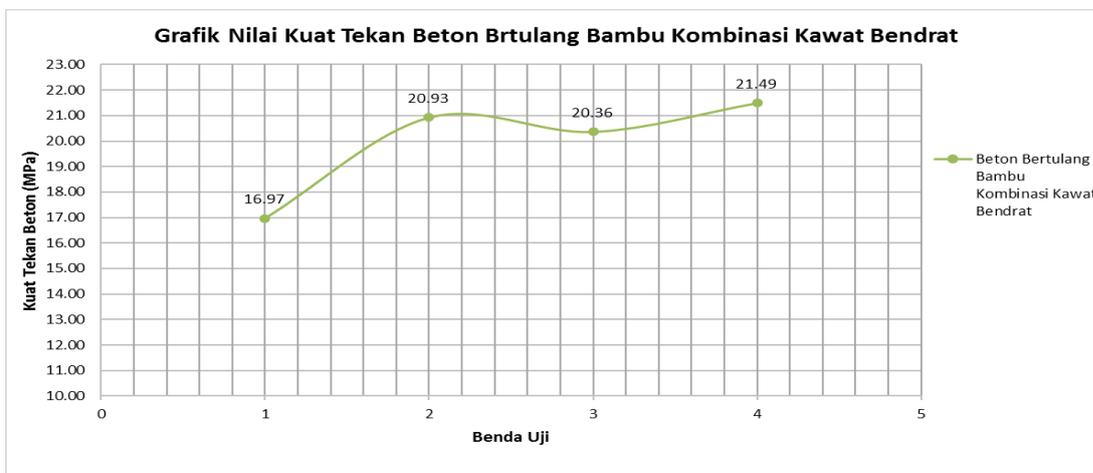
$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan : } \sigma_c &= \frac{P}{A} = \frac{415 \text{ KN}}{176,79 \text{ cm}^2} = \frac{415 \cdot 10^3 \text{ N}}{176,79 \cdot 10^2 \text{ mm}^2} \\ &= 23,47 \text{ N/mm}^2 = 23,47 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{Kuat tekan karakteristik (K-)} = \frac{23,47 \times 10}{0,83} = 282,83 \text{ kg/cm}^2$$

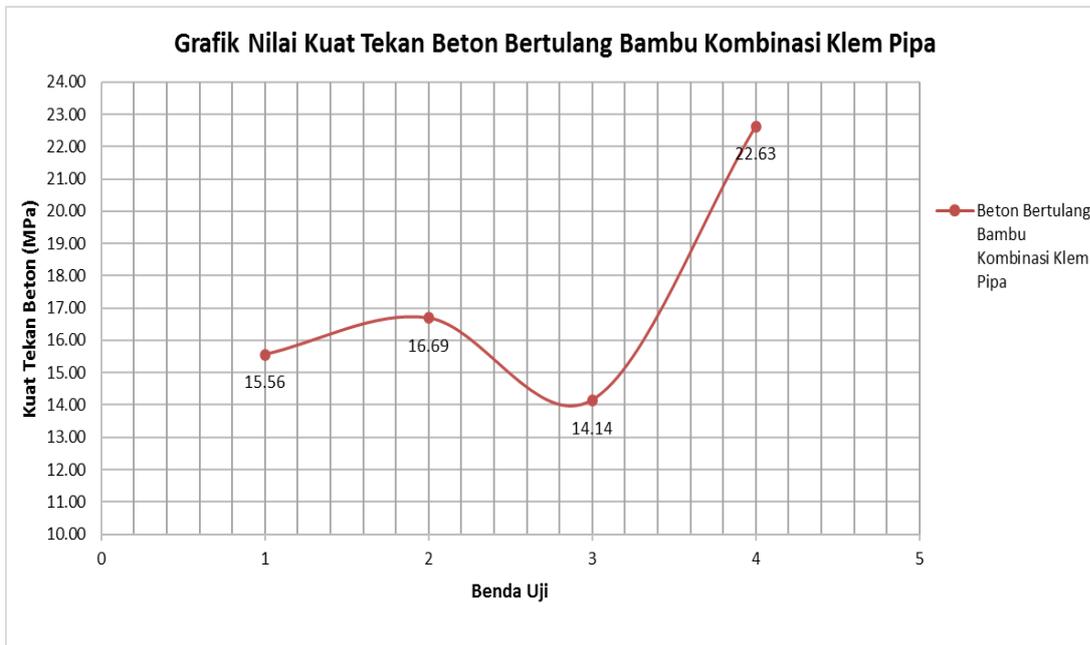
Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada grafik pada gambar 16, 17, 18.



Gambar 16. Grafik nilai kuat tekan beton normal (Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

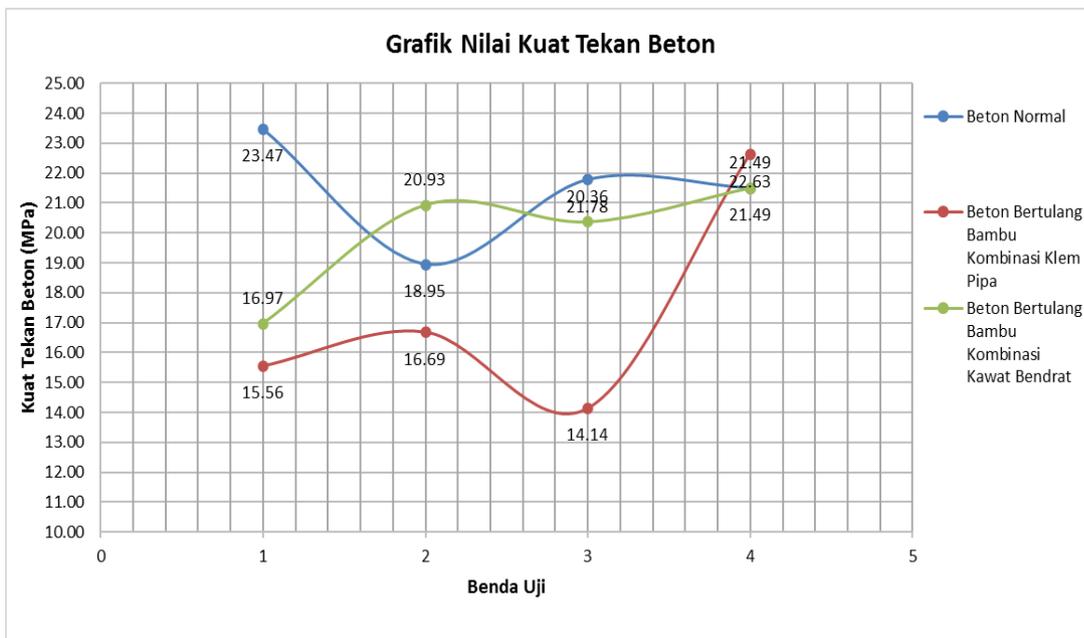


Gambar 17. Grafik kuat tekan beton menggunakan tulangan yang dililit dengan kawat bendrat (Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)



Gambar 18. Grafik kuat tekan beton menggunakan tulangan yang dipasang klem pipa
(Sumber: Hasil penelitian, 2022)

Perbandingan kuat tekan beton tanpa tulangan dan beton bertulang bambu dapat dilihat pada gambar 19.



Gambar 19. Grafik nilai kuat tekan beton (Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

Dari hasil pengujian kuat tekan beton di dapatkan bahwa beton tanpa tulangan dan beton bertulang bambu yang dililit kawat bendrat mencapai nilai kuat tekan komposisi campuran yaitu $f'c$ 18,68 Mpa (K 225 kg/cm^2) sedangkan untuk beton yang dipasangkan klem pipa tidak mencapai kuat tekan tersebut. Beton tanpa tulangan mencapai nilai kuat tekan beton rata – rata $f'c$ 21,42 Mpa (K 258,12 kg/cm^2), sehingga material agregat kasar batu Sungai Waru Masama dan agregat halus pasir Gunung Labotan dapat digunakan sebagai material campuran beton. Untuk beton dengan tulangan bambu yang dililit kawat bendrat

dapat mencapai nilai kuat tekan rata – rata $f'c$ 19,94 Mpa (K 240,23 kg/cm²) sedangkan beton bertulang bambu yang dikombinasikan klem pipa mencapai nilai kuat tekan rata – rata $f'c$ 17,25 Mpa (K 207,86 kg/cm²). Perbedaan nilai kuat tekan beton di sebabkan karena rongga rongga kecil yang disebabkan penambahan klem pipa dan kawat bendrat pada beton bertulang bambu.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian laboratorium yang telah di bahas sebelumnya dapat disimpulkan bahwa

1. Kuat tekan beton dengan menggunakan material agregat kasar batu Sungai Waru Masama dan agregat halus pasir Gunung Labotan tanpa tulangan bambu mencapai kuat tekan rata – rata $f'c$ = 21,42 Mpa = K 258,12 kg/cm² dimana kuat tekannya lebih besar dari kuat tekan komposisi campuran $f'c$ 18,68 Mpa (K 225 Kg/cm²). Sehingga material agregat kasar batu Sungai Waru Masama dan agregat halus pasir Gunung Labotan dapat digunakan sebagai material campuran beton.
2. Kuat tekan beton menggunakan tulangan bambu Betung yang dililit menggunakan kawat bendrat mencapai kuat tekan rata – rata sebesar $f'c$ 19,94 Mpa = K 240,23 kg/cm² dan Kuat tekan beton bertulang bambu yang dipasangkan klem pipa mencapai kuat tekan rata – rata sebesar $f'c$ 17,25 Mpa = K 207,86 kg/cm². Perbedaan nilai kuat tekan beton di sebabkan karena terbentuknya rongga rongga kecil yang disebabkan penambahan klem pipa dan kawat bendrat pada beton bertulang bambu.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulah, P. d. (2014). Identifikasi Dan Zonasi Kawasan Untuk Pengembangan Industri Bambu Di Bali. Bogor: Kementrian Kehutanan.
- Agus Setia Budi, K. A. (2013). Model Balok Beton Bertulang Bambu Sebagai Pengganti Tulangan Baja. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7, 243.
- Anonim. Pedoman Proposal Tugas Akhir. Luwuk: Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Tompotika, 2015.
- Anonim. Praktikum Uji Bahan Kontruksi. Palu: Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako
- Asroni, A. (2010). Balok dan Pelat Beton Bertulang. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Aulia, M. D. (t.thn.). Studi Eksperimental Permeabilitas Dan Kuat Tekan Beton K-450. Majalah Ilmiah UNIKOM Vol.10, No. 2.
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. SNI 03-1968-1990. Pengujian Saringan Agregat Kasar Dan Halus.
- Badan Standarisasi Nasional. 1996. SNI 03-4141-1996. Pemeriksaan kadar lumpur agregta halus.
- Badan Standarisasi Nasional. 1992. SNI 03-2816-1992. pemeriksaan kotoran organik dalam agregat halus
- Badan Standarisasi Nasional. 1998. SNI 03-4804-1998. pemeriksaan berat isi agregat.
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. SNI 03-1969-1990. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar
- Badan Standarisasi Nasional. 1991. SNI 03-2417-1991.menguji keausan agregat dengan mesin abrasi los angeles.
- Badan Standarisasi Nasional. 1993. SNI 03-2834-1993. perencanaan campuran beton
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. SNI 03-1972-1990. Pengujian nilai slump beton
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. SNI 03-1973-1990. Pemeriksaan berat isi beton.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Banggai . (2021). Kecamatan Masama Dalam Angka. Kabupaten Banggai: Badan Pusat Statistik Kabupaten Banggai.

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Banggai. (2021). Kecamatan Lamala Dalam Angka 2021. Kabupaten Banggai: Badan Pusat Statistik Kabupaten Banggai.
- Dipohusodo, I. (1994). Struktur Beton Bertulang. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Gobel, F. M. (2019). Nilai Kuat Tekan Beton Pada Slum Beton Tertentu. Radial –Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi.
- Gunawan, R. F. (2014). Pemanfaatan Bambu Betung Bangka Sebagai Pengganti Tulangan Balok Beton Bertulang Bambu. Jurnal Fropil, 56.
- Hadma, R. L. (2017). Tinjauan Kuat Tekan Dan Kuat Lentu Dinding Panel Beton Ringan Dengan Perkuatan Tulangan Wiremesh. Skripsi Tidak Diterbitkan. Universitas Muhamadia Surakarta.
- Hardagung, H. T. (2014). Kajian Nilai Slump, Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Dengan Bahan Tambahan Filler Abu Batu Paras. E-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL.
- Maria Veronika Jahuranto, D. N. (2017). Uji Tarik dan Pengaruh Variasi Pola Pilinan Bambu terhadap Kuat Lekat Balok Beton. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 3.
- Monsley W. H. & Bungey J. H. 1989. Perencanaan Beton Bertulang. Erlangga, Jakarta.
- Muis, A. (2013). Perhitungan Struktur Beton Bertulang. Jurnal Skripsi Okkk, 2.
- Nawawi, I. (2017). Uji Cabut Tulangan Bambu Dengan Variasi Jarak Kait Dalam Klem Selang. Malang: Universitas Brawijaya Fakultas Teknik Malang.
- Pade, M. M. (2013). Pemeriksaan Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Beragregat Kasar Batu Ringan Ape Dari Regat Kasar Batu Ringan Ape Dari. Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.7, 480.
- Pangaribuan, H. d. (2013). Pengaruh Batu Cadas (Batu Trass) Sebagai Bahan Pembentuk Beton Terhadap Kuat Tekan Beton. Jurnal Inersia, 12.
- Partama, I. G. (2019). Hubungan Kuat Tekan Beton Antara Hasil Uji Tekan Kubus Dan Uji Tekan Silinder Pada Beton Dengan Agregat Pulau Timor.jurnal gradien, 19.
- Pujo Aji, R. P. (2010). Pengendalian Mutu Beton. Surabaya: ITSPress Surabaya.
- Sudiarsa, I. K. (2016). Pengujian Kuat Tekan Beton Menggunakan Material Batu Kapur Sebagai Agregat Kasar Dan Pasir Laut Sebagai Agregat Halus. Skripsi Tidak Di Terbitkan. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tompotika Luwuk
- Tumonglo, N. Y. (2020). Pengawetan Bambu Dengan Menggunakan Larutan Boraks Boriks. SAINTIS.
- Witarsa, U. (n.d.). Pengembangan Bambu untuk mendorong perekonomian. DLHK Banten.
- Yunus, M. (2017). Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton Yang Menggunakan Pasir Laut Sebagai Agregat Halus Di Kabupaten Fakfak Provinsi Papua Barat.Jurnal Inovtek Polbeng, 2.