



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 1 (2026) pp: 4847-4869

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Analisis Lapisan Perkerasan Jalan Beton *Flextural Strength* (FS) 45 Menggunakan Material *Quarry* Pematang Sapang

Muhammad Dwi Hibatullah¹, Sazuatmo² Elly Tri Pujiastuti³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Universitas Prof.Dr Hazairin,SH Bengkulu

mdwihibat18@gmail.com¹ sazuatmo68@gmail.com² ellyfirman@gmail.com³

Abstrak

Perkerasan kaku (*rigid pavement*) merupakan salah satu jenis perkerasan yang banyak digunakan pada konstruksi jalan karena memiliki kekuatan struktural tinggi, mampu menahan beban lalu lintas berat, serta memiliki umur layan yang relatif panjang dengan kebutuhan pemeliharaan yang lebih rendah dibandingkan perkerasan lentur. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kelayakan material dari *Quarry Pematang Sapang* dalam perencanaan campuran beton dengan *flexural strength* (FS) 45 untuk pekerjaan perkerasan jalan beton di Provinsi Bengkulu. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif melalui pengujian laboratorium. Tahapan penelitian meliputi pemeriksaan karakteristik agregat kasar dan agregat halus, analisis gradasi, pengujian abrasi, kadar lumpur, dan penyerapan air, serta perancangan campuran beton berdasarkan SNI 03-2834-2000. Pengujian kuat lentur dilakukan mengacu pada SNI 4431:2011, sedangkan pengujian kuat tekan mengacu pada SNI 1974:2011. Benda uji yang digunakan berupa balok berukuran 15×15×60 cm untuk uji lentur dan silinder 15×30 cm untuk uji tekan, dengan pengujian pada umur 7 dan 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa agregat kasar memiliki nilai abrasi 23,10% dan nilai penyerapan yang masih memenuhi spesifikasi teknis. Komposisi campuran optimum per m³ beton terdiri atas semen 396 kg, air 190 liter, agregat kasar 1288 kg, dan agregat halus 526 kg, dengan nilai slump rata-rata 8,25 cm sesuai dengan rencana 7,5–10 cm. Nilai kuat lentur rata-rata mencapai 3,67 MPa pada umur 7 hari dan meningkat menjadi 4,55 MPa pada umur 28 hari. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa material *Quarry Pematang Sapang* memenuhi persyaratan teknis untuk perkerasan beton FS 45.

Kata Kunci: Perkerasan Kaku, *Flexural Strength*, Kuat Lentur, *Job Mix Design*, Agregat.

1. Latar Belakang

Lapisan perkerasan jalan beton telah menjadi standar mutu lapisan kaku untuk mendukung beban lalu lintas yang besar dan arus lalu lintas padat. Perkerasan jalan merupakan suatu bagian penting pada perencanaan jalan raya. Jenis perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) merupakan yang tepat sebagai perkerasan di negara kita saat ini yang banyak digunakan, dikarenakan cukup kuat dan juga lebih awet dibanding perkerasan lentur.

Jenis beton yang umum digunakan dalam perkerasan ini adalah beton *flextural strength* (fs) dan *compressive strength of concrete* (fc'). Kedua jenis beton ini memiliki karakteristik yang berbeda sehingga penggunaannya pun disesuaikan dengan kebutuhan pekerjaan. Dalam khusus ini, penggunaan material sangat berpengaruh dalam rancangan *Job Mix Desain* yang digunakan.

Quarry pematang sapang merupakan salah satu penyuplai material untuk pekerjaan perkerasan jalan di Provinsi Bengkulu. Beton *flextural strength* (fs) masih termasuk pekerjaan yang baru ditangani di Provinsi Bengkulu, untuk itu perlu dilakukan *review* kelayakan material untuk mendesain campuran beton jenis ini.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Transportasi Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH Bengkulu. Seluruh rangkaian kegiatan penelitian, mulai dari pembuatan benda uji, proses perawatan, hingga pengujian material dilakukan di laboratorium tersebut. Pemilihan lokasi penelitian didasarkan

Analisis Lapisan Perkerasan Jalan Beton *Flextural Strength* (FS) 45 Menggunakan Material *Quarry Pematang Sapang*

pada ketersediaan fasilitas dan peralatan laboratorium yang memadai serta sesuai dengan standar pengujian material perkerasan jalan. Secara geografis, lokasi pelaksanaan penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1 yang merupakan peta lokasi laboratorium Fakultas Teknik Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH Bengkulu berdasarkan citra Google Maps tahun 2024.

Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di laboratorium batching plant milik PT. Rodateknindo Purajaya yang berada di Kelurahan Padang Serai Kota Bengkulu. Pemilihan Lokasi ini dikarenakan laboratorium batching plant milik PT. Rodateknindo Purajaya memiliki peralatan yang dibutuhkan untuk pengujian ini yaitu berupa alat uji lentur beton.

Waktu Penelitian

Pengujian dilakukan selama 1 minggu untuk pembuatan sampel. Pengujian tekan dan lentur dilakukan setelah umur benda uji 7 hari dan 28 hari. *Job Mix Formula (JMF)* yang digunakan untuk pengujian ini mengacu pada *JMF* paket pekerjaan Preservasi Jalan Kerkap-Sp. Nakau. Pekerjaan ini telah berjalan berlangsung pada 20 Maret 2024 sampai dengan 20 Desember 2024, sehingga memungkinkan untuk mengikuti proses pekerjaan selama penelitian ini.

Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian adalah bagan yang menggambarkan tentang kegiatan penelitian. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Metode Penelitian Yang Digunakan

Pada penelitian ini digunakan pendekatan penelitian analisis kuantitatif yakni dengan mengkorelasikan hasil pengujian kuat lentur beton terhadap maerial yang digunakan. Data yang didapat akan dianalisis untuk mendapatkan nilai korelasi. Jumlah benda uji yang digunakan untuk pengujian kuat lentur berupa *beam* dengan dimensi 60 x 15 x 15 cm sebanyak 10 buah untuk umur 7 hari dan 10 buah untuk umur 28 hari. Pengujian tekan beton menggunakan benda uji berupa silinder dengan dimensi 15 x 30 cm. pengujian dilakukan pada umur 7 dan 28 hari dengan masing-masing sebanyak 10 benda uji. Pengujian kuat lentur beton (*flexural strength*) menggunakan metode SNI 4431:2011 sedangkan untuk kuat lentur menggunakan metode SNI 1974:2011.

Metode Analisis Data

Pada penelitian ini digunakan pendekatan penelitian kuantitatif dengan menggunakan perangkat lunak *Microsoft excel*. Data yang didapat akan dianalisis untuk mendapatkan nilai kuat lentur beton.

Metode Pengumpulan data

3.6.1. Data Primer

Data primer merupakan data yang didapat dari hasil pengamatan dan pengujian langsung. Data primer yang diperlukan untuk penelitian ini adalah data hasil pengujian beton berupa data berat, dimensi, hasil uji tekan dan uji lentur beton. Selanjutnya data primer ini akan diolah dengan didukung data-data sekunder.

3.6.2. Pembuatan Sampel Beton

Pengambilan sampel beton menggunakan metode SNI 2458 : 2008 bagian pertama dan terakhir diambil dalam selang waktu tidak lebih dari 15 menit.

1. Masing-masing contoh uji beton segar diangkut ke tempat pengujian atau pada benda-benda uji yang dicetak. Contoh-contoh uji harus dikombinasikan dan dicampur kembali sesuai waktu minimum yang disyaratkan untuk menjamin keseragamannya.
2. Untuk uji slump atau uji kadar udara, atau keduanya, dilakukan dalam 5 menit setelah memperoleh bagian akhir contoh uji komposit beton segar. Selesaikan pengujian-pengujian ini secara cepat dan efisien, baru mulai mencetak benda-benda uji untuk pengujian kekuatan dalam waktu 15 menit setelah pengambilan contoh uji beton segar.

Pembuatan benda uji harus dilakukan secepat mungkin, selanjutnya lindungi benda uji tersebut dari pengaruh matahari langsung, angin, dan pengaruh lain yang dapat menimbulkan penguapan cepat, serta terjadinya

kontaminasi yang dapat mempengaruhi mutu beton. Sampel beton yang digunakan berupa silinder dengan ukuran 15 x 30 cm sebanyak 20 buah dan balok dengan ukuran 15 x 15 x 60 cm sebanyak 20 buah.

3.6.3. Pengujian Workabilitas

Untuk melaksanakan pengujian slump beton diperlukan peralatan sebagai berikut :

1. Cetakan dari logam tebal minimal 1,2 mm berupa kerucut terpancung (cone) dengan diameter bagian bawah 203 mm, bagian atas 102 mm, dan tinggi 305 mm; bagian bawah dan atas setakan terbuka;
2. tongkat pemadat dengan diameter 16 mm, panjang 600 mm, ujung dibulatkan dibuat dari baja yang bersih dan bebas dari karat;
3. pelat logam dengan permukaan yang kokoh, rata dan kedap air;
4. sendok cekung tidak menyerap air;
5. mistar ukur.

Pengambilan benda uji harus dari contoh beton segar yang mewakili campuran beton. Untuk melaksanakan pengujian slump beton harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Basahilah cetakan dan pelat dengan kain basah;
2. letakan cetakan di atas pelat dengan kokoh;
3. isilah cetakan sampai penuh dengan beton segar dalam 3 lapis; tiap lapis berisi kira-kira 1/3 isi cetakan; setiap lapis ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 tusukan secara merata; tongkat harus masuk sampai lapisan bagian bawah tiap-tiap lapisan; pada lapisan pertama penusukan lapisan tepi tongkat dimiringkan sesuai dengan kemiringan cetakan;
4. segera setelah selesai penusukan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat dan semua sisa benda uji yang jatuh di sekitar cetakan harus disingkirkan; kemudian cetakan diangkat perlahan-lahan tegak lurus ke atas; seluruh pengujian mulai dari pengisian sampai cetakan diangkat harus selesai dalam jangka waktu 2,5 menit;
5. balikkan cetakan dan letakkan perlahan-lahan di samping benda uji. ukurlah slump yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji.

Pengukuran slump harus segera dilakukan dengan cara mengukur tegak lurus antara tepi atas cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji. Untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti dilakukan dua kali pemeriksaan dengan adukan yang sama dan dilaporkan hasil rata-rata

3.6.4. Pengujian Kuat Lentur Beton

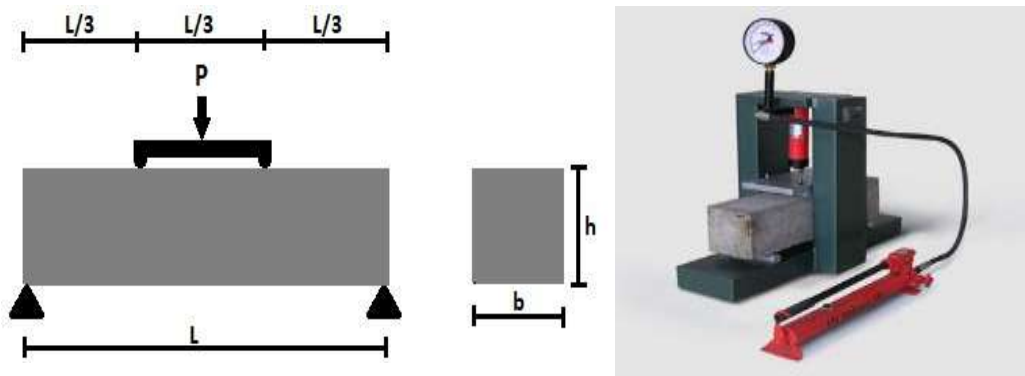
Pembuatan benda uji harus memenuhi ketentuan yang berlaku. Pengambilan adukan beton untuk pembuatan benda uji harus menggunakan sendok aduk atau sekop sedemikian rupa sehingga tidak terjadi segregasi. Penuangan adukan beton ke dalam cetakan benda uji dilakukan secara hati-hati, kemudian dipadatkan.

Pembuatan benda uji harus memenuhi ketentuan SNI 03-2493-1991 mengenai metode pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium. Persiapan uji dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut.

- a. Siapkan benda uji dan lakukan beberapa hal sebagai berikut:
 - 1) Ukur dan catat dimensi penampang benda uji dengan jangka sorong minimum di 3 (tiga) tempat.
 - 2) Ukur dan catat panjang benda uji pada keempat rusuknya.
 - 3) Timbang dan catat berat masing-masing benda uji.
 - 4) Buat garis-garis melintang sebagai tanda dan petunjuk titik-titik perletakan, titik-titik pembebanan dan titik-titik sejauh 5% dari jarak bentang di luar titik perletakan.
 - 5) Tempatkan benda uji yang telah selesai diukur, timbang dan beri tanda pada tumpuan pada tempat yang tepat dengan sisi atas benda uji pada waktu pengecoran berada di bagian samping alat penekan.
- b. Siapkan mesin tekan beton dan lakukan tahapan sebagai berikut.
 - 1) Pasang 2 (dua) buah perletakan dengan lebar bentang 3 kali jarak titik-titik pembebanan dan pasang alat pembebanan sehingga mesin tekan beton berfungsi sebagai alat uji lentur.
 - 2) Atur pembebanan dan skala pembacaannya.
 - 3) Tempatkan benda uji yang sudah diberi tanda di atas perletakan sedemikian sehingga tanda tumpuan yang dibuat pada benda uji, tepat pada pusat tumpuan dari alat uji, dengan kedudukan sisi atas benda uji pada waktu pengecoran berada pada bagian samping alat penekan dan menyentuh benda uji pada sepertiga bentang titik tumpuan.

- 4) Siapkan formulir uji seperti contoh pada lampiran. Pengujian dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut. Hidupkan mesin uji tekan beton yang telah dipersiapkan, tunggu kira-kira 30 detik.
- c. Letakkan benda uji pada tumpuan dan atur benda uji sehingga siap untuk pengujian.
- d. Atur pembebanannya untuk menghindari terjadi benturan.
- e. Atur katup-katup pada kedudukan pembebanan dan kecepatan pembebanan pada kedudukan yang tepat sehingga jarum skala bergerak secara perlahan-lahan dan kecepatannya 8 kg/cm² -10 kg/cm² tiap menit.
- f. Kurangi kecepatan pembebanan pada saat-saat menjelang patah yang ditandai dengan kecepatan gerak jarum pada skala beban agak lambat, sehingga tidak terjadi kejut.
- g. Hentikan pembebanan dan catat beban maksimum yang menyebabkan patahnya benda uji, pada formulir uji seperti contoh pada lampiran.
- h. Ambil benda uji yang telah selesai diuji, yang dapat dilakukan dengan menurunkan plat perletakan benda uji atau menaikkan alat pembebanannya.
- i. Ukur dan catat lebar dan tinggi tampang lintang patah dengan ketelitian 0,25 mm sedikitnya pada 3 tempat dan ambil harga rata-ratanya.
- j. Ukur dan catat jarak antara tampang lintang patah dari tumpuan luar terdekat pada 4 tempat di bagian tarik pada arah bentang dan ambil harga rata-ratanya.

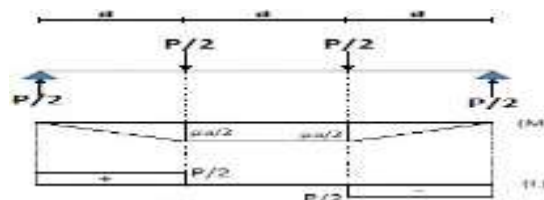
Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton tanpa tulangan berpenampang 15 cm x 15 cm dengan panjang 60 cm untuk memikul tegangan Tarik lentur akibat momen lentur yang diletakkan pada dua perletakan. Satuan untuk menyatakan kuat lentur beton dinyatakan dalam satuan Mega Pascal (MPa). Pengujian kuat lentur beton diperlihatkan pada Gambar 3.1. Pada pengujian kuat lentur beton, pembebanan balok benda uji diberikan pada tiap titik pertigaan bentang balok beton. Pembebanan pada balok beton dilakukan hingga balok beton mengalami keruntuhan.



Gambar 3.2 Pengujian kuat lentur

Sumber : SNI 4431 : 2011

Bidang gaya dalam yang terjadi akibat pembebanan pada titik pertigaan bentang balok beton ditunjukkan pada Gambar 3.2. Pada diagram gaya dalam menunjukkan bahwa momen lentur maksimum terjadi pada sepertiga bentang yang berada di tengah.



Gambar 3.3 Diagram Momen (M) dan Gaya Lintang (L)

Sumber : SNI 4431 : 2011

3.6.5. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang didapatkan dari pihak lain, seperti *Desain Mix Formula (DMF)* dan *Job Mix Formula (JMF)*. Data-data ini dapat diperoleh dari PT. Rodateknindo Purajaya selaku kontraktor pelaksana pada pekerjaan Preservasi Jalan Kerkap-Sp. Nakau yang juga menggukakan material dari *quarry* Pematang Sapang.

3. Hasil dan Diskusi

4.1 Pemeriksaan Agregat Kasar

4.1.2 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Hasil pemeriksaan uji berat jenis dan penyerapan untuk agregat kasar dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Pengujian Penyerapan Air Agregat Kasar		I	II	Satuan	Ket.
		A	B		
Berat benda uji kering open	Bk	500	500	Gram	
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj	520	522	Gram	
Berat benda uji didalam air	Ba	299	302	Gram	
Perhitungan Pengujian Penyerapan Air Agregat Kasar		A	B	Rata - rata	Satuan
Berat jenis	$\frac{Bk}{(Bj - Ba)}$	2,26	2,27	2,27	-
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{(Bj - Ba)}$	2,35	2,37	2,36	-
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{(Bk - Ba)}$	2,49	2,53	2,51	-
Penyerapan (absorption)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	4,00	4,40	4,20	%

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium tahun 2025.

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Berat jenis (Bulk Specific Gravity)} &= \frac{Bk}{(Bj - Ba)} \\
 &= \frac{500}{(520 + 299)} \\
 &= 2,26
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{uji1 + uji2}{2} \\
 &= \frac{2,26 + 2,27}{2}
 \end{aligned}$$

$$= 2,265$$

$$2. \text{ BJ kering permukaan jenuh (SSD)} = \frac{Bj}{(Bj - Ba)} = \frac{520}{520 - 299} = 2,35$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{uji1 + uji2}{2} = \frac{2,35 + 2,37}{2} = 2,36$$

$$3. \text{ Berat Jenis Semu (Apparent)} = \frac{Bk}{\frac{Bk - Ba}{500}} = \frac{500 - 299}{500} = 2,49$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{uji1 + uji2}{2} = \frac{2,49 + 2,53}{2} = 2,51$$

$$4. \text{ Penyerapan (Absorption)} = \frac{(Bj - Bk)}{Bk} \times 100\% = \frac{(520 - 500)}{500} \times 100\% = 4,00\%$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{uji1 + uji2}{2} = \frac{4,00 + 4,40}{2} = 4,20\%$$

Keterangan :

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

Ba = Berat dalam air (gram)

Bj = Berat benda uji kondisi SSD (gram)

Hasil pengujian berat jenis yang dapat dilihat pada tabel 4.1. Hasil pengujian penyerapan agregat kasar juga tidak boleh lebih kecil daripada 3% sesuai dengan spesifikasi yang tertuang dalam SNI nomor 1969 tahun 2008. Penyerapan dari agregat kasar yang diuji adalah rata-rata sebesar 5,16%. Hal ini menunjukkan bahwa agregat ini memenuhi spesifikasi yang disyaratkan dan dapat digunakan untuk pengujian berikutnya.

4.1.3 Berat Isi Air Agregat Kasar

Pemeriksaan isi agregat kasar bertujuan untuk mengetahui berat agregat dalam satuan satu meter kubik. Hasil pengujian tertera pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil pemeriksaan berat isi agregat kasar

LEPAS / GEMBUR		I	II
A. Berat tempat + benda uji	(kg)	21,873	21,935
B. Berat tempat	(kg)	5,790	5,790
C. Berat benda uji	(kg)	16,083	16,145
D. Isi Tempat	(dm ³)	14,080	14,080
E. Berat isi benda uji	(kg/dm ³)	1,142	1,147
F. Berat isi benda uji rata - rata	(kg/dm ³)	1,144	
PADAT		I	II
A. Berat tempat + benda uji	(kg)	25,524	25,530
B. Berat tempat	(kg)	5,790	5,790
C. Berat benda uji	(kg)	19,734	19,740
D. Isi Tempat	(dm ³)	14,080	14,080
E. Berat isi benda uji	(kg/dm ³)	1,402	1,402
F. Berat isi benda uji rata - rata	(kg/dm ³)	1,402	

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium tahun 2025

Contoh perhitungan :

$$1. \text{ Berat isi gembur} = \frac{\text{Berat benda uji}}{\text{isi tempat}} = \frac{16,083 \text{ kg}}{14,080 \text{ dm}^3}$$

$$= 1,142 \text{ kg/dm}^3$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{uji1+uji2}{2} = \frac{1,142+1,147}{2}$$

$$= 1,144 \text{ kg/dm}^3$$

$$2. \text{ Berat isi Padat} = \frac{\text{Berat benda uji}}{\text{isi tempat}} = \frac{25,524 \text{ kg}}{14,080 \text{ dm}^3}$$

$$= 1,402 \text{ kg/dm}^3$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{uji1+uji2}{2} = \frac{1,402+1,402}{2}$$

$$= 1,402 \text{ kg/dm}^3$$

4.1.4 Berat Isi Air Agregat Kasar

Pemeriksaan gradasi agregat kasar bertujuan untuk mengetahui ukuran agregat. Hasil pengujian tertera pada tabel 4.2.

Tabel 4.3 Hasil pemeriksaan gradasi agregat kasar

Berat Bahan Kering : 2708 gram					
Saringan	Berat Tertahan (gram)	Jumlah Berat Tertahan (gram)	Jumlah Persen		
			Tertahan	Lewat	Lewat thd seluruh contoh
70.20 (3")					
63.50 (2 1/2")					
50.80 (2")		-	-	100,00	100,00
36.10 (1 1/2")	-	-	-	100,00	100,00
25.40 (1")	-	-	-	100,00	100,00
19.10 (3/4")	1.288,00	1.288,00	47,56	52,44	52,44
12.70 (1/2")	555,00	1.843,00	68,06	31,94	31,94
9.52 (3/8")	366,00	2.209,00	81,57	18,43	18,43
No. 4	256,00	2.465,00	91,03	8,97	8,97
No. 8	122	2.587,00	95,53	4,47	4,47
No. 16	42	2.629,00	97,08	2,92	2,92
No. 30	31	2.660,00	98,23	1,77	1,77
No. 40	-	-	-	-	-
No. 50	23	2.683,00	99,08	0,92	0,92
No. 80	-	-	-	-	-
No. 100	18	2.701,00	99,74	0,26	0,26
No. 200	-	-	-	-	-
PAN	7	2.708,00	100,00	-	-

Fines Modulus = 7,29

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium tahun 2025

Perhitungan hasil analisa saringan dilakukan pada setiap nomor saringan, sehingga didapat persen tertahan dari tiap nomor saringan. Berikut contoh langkah perhitungannya :

Menghitung jumlah berat tertahan per nomor saringan :

- 1) Jumlah Berat Tertahan Saringan (3/4") $= A_{\text{Saringan (1")}} + C_{\text{Saringan (3/4")}}$
 $= 0 + 1288$
 $= 1288 \text{ gram}$
- 2) Jumlah Berat Tertahan Saringan (1/2") $= A_{\text{Saringan (3/4")}} + C_{\text{Saringan (1/2")}}$
 $= 1288 + 555$
 $= 1843 \text{ gram}$
- 3) Jumlah Berat Tertahan Saringan (3/8") $= A_{\text{Saringan (1/2")}} + C_{\text{Saringan (3/8")}}$
 $= 1843 + 366$
 $= 2209 \text{ gram}$

Menghitung jumlah persen Tertahan per nomor saringan :

- 1) Jumlah Persen Tertahan Saringan (3/4") $= \frac{A}{B} \times (100 \%)$
 $= \frac{1288}{2708} \times (100 \%)$

$$= 47,56\%$$

$$\begin{aligned} 2) \text{ Jumlah Persen Tertahan Saringan (1/2'')} &= \frac{A}{B} \times (100 \%) \\ &= \frac{1843}{2708} \times (100 \%) \\ &= 68,06\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \text{ Jumlah Persen Tertahan Saringan (3/8'')} &= \frac{A}{B} \times (100 \%) \\ &= \frac{2209}{2708} \times (100 \%) \\ &= 81,57\% \end{aligned}$$

Menghitung jumlah berat Lolos per nomor saringan :

$$\begin{aligned} 1) \text{ Jumlah Berat Lolos Saringan (3/4'')} &= 100 - D_{\text{Saringan (3/4'')}} \\ &= 100 + 47,56 \\ &= 52,44\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \text{ Jumlah Berat Lolos Saringan (1/2'')} &= 100 - D_{\text{Saringan (1/2'')}} \\ &= 100 + 68,06 \\ &= 31,94\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \text{ Jumlah Berat Lolos Saringan (3/8'')} &= 100 - D_{\text{Saringan (3/8'')}} \\ &= 100 + 81,57 \\ &= 18,43\% \end{aligned}$$

Dengan :

- A = jumlah berat tertahan saringan (gram)
- B = berat benda uji total (gram)
- C = berat tertahan saringan (gram)
- D = persen tertahan saringan (%)

4.1.5 Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi *Los Angeles*

Nilai keausan dinyatakan dalam persen yang merupakan hasil perbandingan antara selisih berat benda uji semula dan berat benda uji tertahan saringan No.12 dibagi dengan berat benda uji semula. Agregat yang baik adalah agregat yang memiliki nilai keausan yang kecil, karena menandakan agregat tersebut keras. Hasil pengujian keausan pengujian ini dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Pemeriksaan keausan agregat dengan mesin *Los Angeles*

Benda Uji	500 putaran	
Saringan		

Lewat	Tertahan	Berat Sebelum (a)	Berat Sesudah (b)
50,8 mm (2 ”)	37,5 mm (1 ½ ”)		
37,5 mm (1 ½ ”)	25,4 mm (1 ”)		
25,4 mm (1 ”)	19,0 mm (¾ “)		
19,0 mm (¾ “)	12,5 mm (½ ”)	2500	
12,5 mm (½ ”)	9,5 mm (⅜ “)	2500	
9,5 mm (⅜ “)	6,3 mm (¼ ”)		
6,3 mm (¼ ”)	4,75 mm (no.4)		
Jumlah Berat		5000	
Berat Tertahan Saringan No. 12			3845 gr
Nilai Keausan		23,10%	

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium tahun 2025

Adapun langkah perhitungan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Keausan} &= \frac{a-b}{a} \times 100 \% \\
 &= \frac{5000-3845}{5000} \times 100 \% \\
 &= 23,10\%
 \end{aligned}$$

Dengan :

- a = berat benda uji semula (gram)
- b = berat benda uji tertahan saringan No.12 (gram)

Nilai abrasi untuk beton adalah tidak boleh lebih besar dari 30%. Hasil pengujian material dari quarry Pematang Sapang adalah sebesar 23,10%. Hal ini menunjukkan material yang digunakan memenuhi syarat untuk agregat beton.

4.2 Pemeriksaan Agregat Halus

1.2.1 Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Hasil pemeriksaan uji berat jenis dan penyerapan untuk agregat halus dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus

Pengujian Penyerapan Air Agregat Halus		A	B	Satuan	Satuan
Berat benda uji kering - permukaan jenuh (SSD)	500	500	500	Gram	
Berat benda uji kering - oven	Bk	485,9	482,7	Gram	
Berat piknometer diisi air (25° C)	B	677,0	677,0	Gram	
Berat piknometer + benda uji (SSD) + air (25° C)	Bt	973,9	975,5	Gram	

Perhitungan Pengujian Penyerapan Air Agregat Kasar		A	B	Rata - rata	Satuan
Berat jenis (Bulk)	$\frac{Bk}{(B + 500 - Bt)}$	2,39	2,40	2,39	-
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{500}{(B + 500 - Bt)}$	2,46	2,48	2,47	-
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{(B + Bk - Bt)}$	2,57	2,62	2,60	-
Penyerapan (absorption)	$\frac{500 - Bk}{Bk} \times 100 \%$	2,90	3,58	3,24	%

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium tahun 2025.

Contoh perhitungan :

a. Berat jenis (*Bulk Specific Gravity*)

$$= \frac{Bk}{(B+500-Bt)}$$

$$= \frac{485,9}{(677+500-973,9)}$$

$$= 2,39$$

Rata-rata

$$= \frac{uji1+uji2}{2}$$

$$= \frac{2,39+2,40}{2}$$

$$= 2,395$$

b. BJ kering permukaan jenuh (SSD)

$$= \frac{500}{(B+500-Bt)}$$

$$= \frac{500}{(677+500-973,9)}$$

$$= 2,46$$

Rata-rata

$$= \frac{uji1+uji2}{2}$$

$$= \frac{2,46+2,48}{2}$$

$$= 2,47$$

c. Berat Jenis Semu (*Apparent*)

$$= \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)}$$

$$= \frac{485,9}{(677+485,9-973,9)}$$

$$= 2,57$$

Rata-rata

$$= \frac{uji1+uji2}{2}$$

$$= \frac{2,57+2,62}{2}$$

$$= 2,60$$

d. Penyerapan (*Absorption*)

$$= \frac{(500-Bk)}{Bk} \times 100\%$$

$$= \frac{(500-485,9)}{485,9} \times 100\%$$

$$= 2,90 \%$$

Rata-rata

$$= \frac{uji1+uji2}{2}$$

$$= \frac{2,39+3,58}{2}$$

$$= 3,24$$

Keterangan :

- Bk = Berat benda uji kering oven (gram)
 B = Berat Piknometer + air (gram)
 Bs = Berat benda uji kondisi SSD (gram)
 Bt = Berat piknometer + benda uji kondisi SSD + air (gram)

1.2.2 Berat Isi Air Agregat Halus

Pemeriksaan isi agregat kasar bertujuan untuk mengetahui berat agregat dalam satuan satu meter kubik. Hasil pengujian tertera pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil pemeriksaan berat isi agregat halus

LEPAS / GEMBUR	I	II
A. Berat tempat + benda uji (kg)	5,225	5,190
B. Berat tempat (kg)	1,887	1,887
C. Berat benda uji (kg)	3,338	3,303
D. Isi Tempat (dm ³)	2,722	2,722
E. Berat isi benda uji (kg/dm ³)	1,226	1,213
F. Berat isi benda uji rata - rata (kg/dm ³)	1,220	
PADAT	I	II
A. Berat tempat + benda uji (kg)	6,002	5,997
B. Berat tempat (kg)	1,887	1,887
C. Berat benda uji (kg)	4,115	4,110
D. Isi Tempat (dm ³)	2,722	2,722
E. Berat isi benda uji (kg/dm ³)	1,512	1,510
F. Berat isi benda uji rata - rata (kg/dm ³)	1,511	

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium tahun 2025

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Berat isi} &= \frac{\text{Berat benda uji}}{\text{isi tempat}} \\ &= \frac{3,338 \text{ kg}}{2,722 \text{ dm}^3} \\ &= 1,226 \text{ kg/dm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{uji1+uji2}{2} \\ &= \frac{1,226+1,213}{2} \\ &= 1,220 \text{ kg/dm}^3 \end{aligned}$$

1.2.3 Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus

Pemeriksaan analisis saringan terhadap agregat akan menghasilkan perbandingan komposisi fraksi agregat yang dibutuhkan dalam suatu campuran (*mix design*) sesuai dengan spek yang telah disyaratkan. Hasil pengujian saringan dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil pemeriksaan gradasi agregat halus

Berat Bahan Kering : 2227,0 gram					
Saringan	Berat Tertahan (gram)	Jumlah Berat Tertahan (gram)	Jumlah Persen		
			Tertahan	Lewat	Lewat thd seluruh contoh
36.10 (1 1/2")					
25.40 (1")					
19.10 (3/4")					
12.70 (1/2")					
9.52 (3/8")	-	-	0,00	100,00	100,00
No. 4	265,0	265,0	11,90	88,10	88,10
No. 8	388,0	653,0	29,32	70,68	70,68
No. 16	445,0	1098,0	49,30	50,70	50,70
No. 30	568,0	1666,0	74,81	25,19	25,19
No. 40	0,0	-	-	-	-
No. 50	345,0	2011,0	90,30	9,70	9,70
No. 80	0,0	-	-	-	-
No. 100	176,0	2187,0	98,20	1,80	1,80
No. 200	23,0	2210,0	99,24	0,76	0,76
PAN	17,0	2227,0	100,00	0,00	0,00

Fineness Modulus = 3,54

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium tahun 2025.

Perhitungan dilakukan pada setiap nomor saringan, sehingga didapat persen tertahan dari tiap nomor saringan. Berikut contoh perhitungannya :

Menghitung jumlah berat tertahan per nomor saringan :

- 1) Jumlah Berat Tertahan Saringan (no. 4) $= A_{\text{Saringan (3/8")}} + C_{\text{Saringan (no.4)}}$
 $= 0 + 265$
 $= 265 \text{ gram}$
- 2) Jumlah Berat Tertahan Saringan (no. 8) $= A_{\text{Saringan (no.4)}} + C_{\text{Saringan (no.8)}}$
 $= 265 + 388$
 $= 653 \text{ gram}$
- 3) Jumlah Berat Tertahan Saringan (no. 16) $= A_{\text{Saringan (no.8)}} + C_{\text{Saringan (no.16)}}$
 $= 653 + 445$
 $= 1098 \text{ gram}$

Menghitung jumlah persen Tertahan per nomor saringan :

- 1) Jumlah Persen Tertahan Saringan (no. 4) $= \frac{A}{B} x (100 \%)$
 $= \frac{265}{2227} x (100 \%)$
 $= 11,90\%$
- 2) Jumlah Persen Tertahan Saringan (no. 8) $= \frac{A}{B} x (100 \%)$
 $= \frac{653}{2227} x (100 \%)$
 $= 29,32\%$
- 3) Jumlah Persen Tertahan Saringan (no. 16) $= \frac{A}{B} x (100 \%)$
 $= \frac{1098}{2227} x (100 \%)$
 $= 49,30\%$

Menghitung jumlah berat Lolos per nomor saringan :

- 1) Jumlah Berat Lolos Saringan (3/4") $= 100 - D_{\text{Saringan (no.4)}}$
 $= 100 + 11,90$
 $= 88,10\%$
- 2) Jumlah Berat Lolos Saringan (1/2") $= 100 - D_{\text{Saringan (no.8)}}$
 $= 100 + 29,32$
 $= 70,68\%$

$$\begin{aligned}
 3) \quad \text{Jumlah Berat Lolos Saringan (3/8'')} &= 100 - D_{\text{Saringan (no.16)}} \\
 &= 100 + 49,30 \\
 &= 50,70\%
 \end{aligned}$$

Dengan :

- A = jumlah berat tertahan saringan (gram)
- B = berat benda uji total (gram)
- C = berat tertahan saringan (gram)
- D = persen tertahan saringan (%)

1.2.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus akan untuk mengetahui jumlah partikel yang lolos saringan nomor 200 dengan ketentuan maksimal 5,0%. Hasil pengujian saringan dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.7 Hasil pemeriksaan gradasi agregat halus

No. Contoh	Ukuran Maksimum Agregat No. 4 (4.75 mm)		Satuan	
	I	II		
Berat Kering Benda Uji + Wadah	W_1	500,0	500,0	Gram
Berat Wadah	W_2	129,7	130,1	Gram
Berat Kering Benda Uji Awal	$W_3 = W_1 - W_2$	370,3	369,9	Gram
Berat Kering Benda Uji Sesudah Pencucian + Wadah	W_4	486	490,0	Gram
Berat Kering Benda Uji Sesudah Pencucian	$W_5 = W_4 - W_2$	356,3	359,9	Gram
Persen Bahan Lolos Saringan No.200 (0.075 mm)				%
$W_6 = \frac{(W_3 - W_5)}{W_3} \times 100\%$		3,78	2,70	
Rata - rata	$(I + II)/2$	3,24		%

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium tahun 2025.

Dari hasil pengujian didapatkan kadar lumpur rata-rata adalah 3,24%. Hasil ini tidak melebihi syarat yang di tetapkan yaitu maksimal 5% dan material ini dapat digunakan untuk pengujian selanjutnya.

4.3 Rancangan Campuran Awal Beton

Rancangan campuran beton adalah rancangan komposisi beton yang akan dibuat agar mendapatkan komposisi beton yang ekonomis dan memenuhi persyaratan kelecakan, kekuatan, dan durabilitas/ ketahanan. Komposisi/jenis beton yang akan diproduksi biasanya tergantung pada beberapa hal yaitu:

- 1) Sifat-sifat mekanis beton keras yang diinginkan yang ditentukan oleh perencana struktur.
- 2) Sifat-sifat beton segar yang diinginkan yang dikendalikan oleh jenis konstruksi, teknik penempatan/ pengecoran, dan pemindahan.
- 3) Tingkat pengendalian (kontrol) di lapangan.

Untuk mendapatkan komposisi campuran beton tersebut perlu dilakukan proses yang dimulai dari suatu perancangan campuran dan kemudian diikuti oleh pembuatan campuran awal. Sifat-sifat yang dihasilkan dari campuran kemudian diperiksa terhadap persyaratan yang ada, dan jika perlu, dilakukan penyesuaian/ perubahan komposisi sampai didapat hasil yang memuaskan.

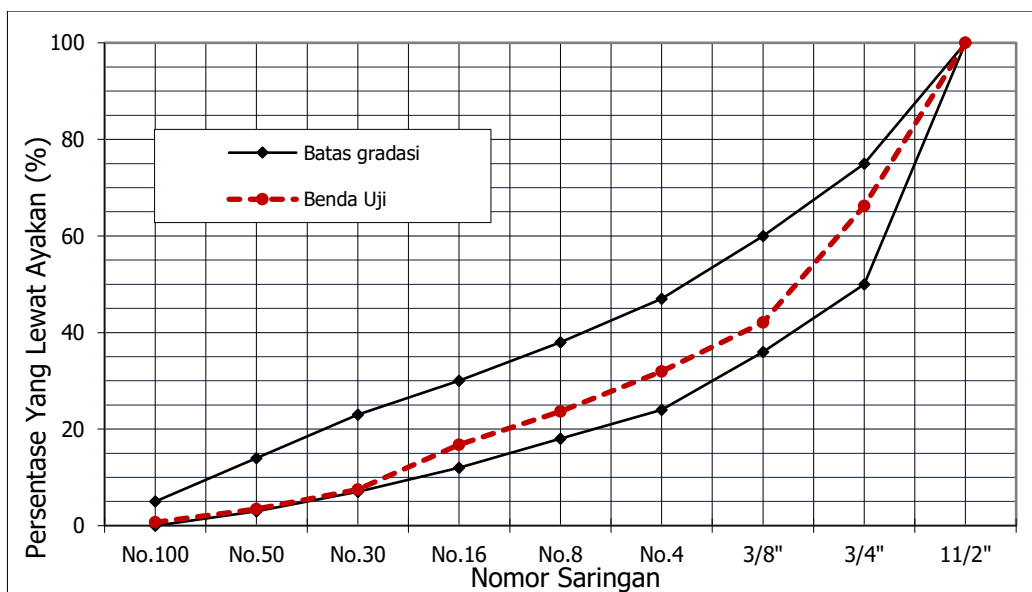
Dari hasil pengujian material dilakukan gradasi percobaan sebagai berikut :

Tabel 4.8 Gradasi Gabungan agregat

No. Sieve	Gradasi Asli % Lolos		Gradasi Campuran %		Total	Spec
	Pasir	Split (1/2 inchi)	Pasir	Split (1/2 inchi)		
	Sungai Seblat	Pematang Sapang	30%	70%		
1 1/2"	100	100	30	70	100	100
3/4"	100	52,44	30	37	66,7	50 - 75
3/8"	100	18,43	30	12,90	42,9	36 - 60
No. 4	88,10	8,97	26,43	6,28	32,7	24 - 47
No. 8	70,68	4,47	21,20	3,13	24,3	18 - 38
No. 16	50,70	2,92	15,21	2,04	17,3	12 - 30
No. 30	25,19	0,26	7,56	0,18	7,7	7 - 23
No. 50	9,70	0,92	2,91	0,65	3,6	3 - 14
No. 100	1,80	0,26	0,54	0,18	0,7	0 - 5

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium tahun 2025.

Secara grafis dapat ditampilkan sebagai berikut :



Gambar 4.1 Grafik gradasi gabungan agregat.

Sumber : Hasil analisis perhitungan tahun 2025.

Dapat dilihat bahwa agregat yang digunakan memenuhi secara gradasinya. Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan komposisi campuran. Langkah selanjutnya untuk membuat rancangan campuran awal sebagai berikut :

1. Pemilihan Angka Slump

Slump menentukan kelecakan adukan campuran beton. Nilai slump dapat dipilih dari tabel 4.9 berikut untuk berbagai jenis pengerjaan konstruksi.

Tabel 4.9 Nilai Slump untuk Berbagai Jenis Pekerjaan Konstruksi

Jenis Konstruksi	Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding fondasi, footing, sumuran, dinding basement	75	25
Dinding dan balok	100	25
Kolom	100	25
Perkerasan dan lantai	75	25
Beton dalam jumlah besar (misalnya DAM)	50	25

Sumber : SNI 03 2834 : 2000

Dalam penelitian ini digunakan jenis konstruksi perkerasan beton semen dengan nilai slump maksimum 75 mm dan minimum 25 mm atau dapat disederhanakan menjadi 50 ± 25 mm.

2. Pemilihan Ukuran Maksimum Agregat Kasar

Dasar pemilihan ukuran maksimum agregat biasanya dikaitkan dengan dimensi struktur. Akan tetapi, karena material yang akan digunakan telah dilakukan pengujian gradasi dapat dilihat ukuran maksimum agregat adalah tertahan 3/4 inch dan lolos saringan 1,5 inch. Artinya ukuran rata-rata agregat terbesar adalah 1 inch atau bila dikonversikan menjadi 2,54 cm dapat dibulatkan menjadi 2,5 cm.

3. Estimasi Kebutuhan Air Pancampur dan Kandungan Udara

Jumlah air yang dibutuhkan tidak banyak terpengaruh oleh jumlah kandungan semen dalam campuran. Tabel 4.10 memperlihatkan informasi mengenai kebutuhan air pancampur untuk berbagai nilai slump dan ukuran maksimum agregat.

Tabel 4.10 Kebutuhan Air Pencampuran dan Udara untuk Berbagai Nilai Slump dan Ukuran maksimum Agregat

Jenis Beton	Slump (mm)	Air (Kg/m ³)						
		10	12,5	20	25	40	50	75
Tanpa Penambahan Udara	25-50	205	200	185	180	160	155	140
	75-100	225	215	200	190	175	170	155
	150-175	240	230	210	200	185	175	170
	Udara Yang Tersekap (%)	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3
Dengan Penambahan Udara (air entrained concrete)	25-50	180	175	165	160	150	140	135
	75-100	200	190	180	175	160	155	150
	150-175	215	205	190	180	170	165	160
	Kandungan Udara Yang Disarankan(%)	8,0	7,0	6,0	5,0	4,5	4,0	3,5

Sumber : SNI 03 2834 : 2000

Dalam Penelitian ini kami menentukan rencana air adukan sebesar 190 kg/m³ dengan 1,5% udara yang terperangkap.

4. Pemilihan Nilai Perbandingan Air Semen

Hubungan rasio air semen dan kekuatan beton yang dihasilkan digunakan dalam pencampuran. Hubungan rasio dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hubungan Rasio Air Semen dan Kuat Tekan Beton

Kuat Tekan Beton umur 28 hari (MPa)	Rasio Air Semen (dalam Perbandingan Berat)	
	Tanpa Penambahan Udara	Dengan Penambahan Udara
48	0,33	-
40	0,41	0,32
35	0,48	0,40
28	0,57	0,48
20	0,68	0,59
14	0,82	0,74

Sumber : SNI 03 2834 : 2000

Dalam Penelitian ini, kuat tekan rencana adalah 35 MPa. Nilai kuat beton yang digunakan pada tabel 4.11 di atas adalah nilai kuat tekan beton rata-rata yang dibutuhkan, yaitu:

$$F_{S_r} = 0,43 (f_c')^{0,68}$$

$$4,5 = 0,43 (f_c')^{0,68}$$

$$(f_c')^{0,68} = \frac{4,5}{0,43}$$

$$(f_c')^{0,68} = 10,465$$

$$f_c' = \sqrt[0,68]{10,465}$$

$$f_c' = 31,6 \text{ MPa}$$

Tabel 4.12 Klasifikasi Standar Deviasi untuk Berbagai Kondisi Pengerjaan

Kondisi Pengerjaan	Standar Deviasi (MPa)	
	Lapangan	Laboratorium
Sempurna	< 3	< 1,5
Sangat Baik	3 - 3,5	1,5 - 1,75
Baik	3,5 - 4	1,75 - 2
Cukup	4 - 5	2 - 2,5
Kurang Baik	> 5	> 2,5

Sumber : SNI 03 2834 : 2000

Dalam Penelitian ini kami menentukan rencana kondisi pengerjaan cukup baik dengan standar deviasi di laboratorium adalah sebesar 2 - 2,5. Untuk kuat tekan rencana maka :

$$f_m = f_c' + 1,34 S_d$$

$$f_m = 31,6 + 1,34 S_d$$

$$f_m = 31,6 + 1,34 (2,5)$$

$$f_m = 31,6 + 3,35$$

$$f_m = 34,95 \text{ MPa atau digenapkan menjadi } 35 \text{ MPa}$$

Keterangan:

F_{S_r} = Kuat Lentur Rencana

f_m = nilai kuat tekan beton rata-rata

f_c' = nilai kuat tekan karakteristik (yang disyaratkan)

S_d = standar deviasi (didapat berdasarkan tabel 4.12)

Nilai 1,34 menyebabkan kemungkinan error pada penelitian tidak melebihi 5 %.

5. Perhitungan Kandungan Semen

Berat semen yang dibutuhkan per m³ sama dengan jumlah berat air pencampur (Langkah 3) dibagi dengan nilai rasio air semen (Langkah 4). Berat semen yang dibutuhkan per m³ penelitian ini = 190 kg/ 0,48 = 395,83 kg.

6. Estimasi Kandungan Agregat Kasar dan Modulus Agregat Halus

Tabel 4.10 memperlihatkan bahwa pada derajat kelecakan tertentu (slump = 75-100 mm), volume agregat kasar yang dibutuhkan per satuan volume beton adalah fungsi daripada ukuran maksimum agregat kasar dan modulus kehalusan agregat halus.

Tabel 4.13 Volume Agregat Kasar Per Satuan Volume Beton

Ukuran Maksimum Agregat Kasar (mm)	Volume Agregat Kasar (<i>Dry Rodded</i>) Per Satuan Volume untuk Berbagai Nilai Modulus Kehalusan Pasir			
	2,4	2,6	2,8	3,0
10	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
20	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
40	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Sumber : SNI 03 2834 : 2000

Berdasarkan tabel 4.13, volume agregat kasar (dalam satuan m³) per 1 m³ beton adalah sama dengan fraksi volume yang didapat dari tabel 4.14. Volume ini kemudian dikonversikan menjadi berat kering agregat kasar dengan mengalikannya dengan berat isi kering dari agregat yang dimaksud, volume agregat kasar dapat diperoleh dengan mengoreksi nilai yang ada pada tabel 3.6.

Tabel 4.14 Faktor Koreksi Tabel 4.13 untuk Nilai Slump yang Berbeda

Slump (mm)	Faktor Koreksi Untuk Berbagai Ukuran Maksimum Agregat				
	10 mm	12,5 mm	20 mm	25 mm	40 mm
25 - 50	1,08	1,06	1,04	1,06	1,09
75 - 100	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
150-175	0,97	0,98	1,00	1,00	1,00

Sumber : SNI 03 2834 : 2000

Dalam Penelitian ini karena modulus kehalusan agregat halus adalah 0.71. Dengan koreksi data, didapat rasio volume agregat kasar (*dry rodded*) per satuan volume senilai 0,71.

7. Koreksi Kandungan Air Pada Agregat

Urutan rancangan beton dilakukan berdasarkan kondisi agregat yang SSD. Oleh karena itu, untuk *trial mix*, air pencampur yang dibutuhkan dalam campuran bisa diperbesar atau diperkecil tergantung dengan kandungan air bebas pada agregat. Sebaliknya, untuk mengimbangi perubahan air tersebut, jumlah agregat harus diperkecil atau diperbesar.

8. Perhitungan Perencanaan Campuran Beton
 - 1) Kategori jenis struktur : perkerasan beton semen
 - 2) Rencana slump : 7,5 - 10 cm
 - 3) Rencana kuat tekan beton : 35 MPa
 - 4) Modulus kehalusan agregat halus berdasarkan tabel 4,7, modulus kehalusan agregat halus pada percobaan ini adalah 3,54.
 - 5) Ukuran maksimum agregat kasar berdasarkan tabel 4.3. Ukuran maksimum agregat kasar adalah 2,5 cm dimana semua agregat lolos dalam saringan 1,5 inch dan tertahan di 3/4 inch.
 - 6) *Specific gravity* agregat kasar kondisi ssd berdasarkan tabel 4.1, *specific gravity* agregat kasar ssd yaitu 2,36.
 - 7) *Specific gravity* agregat halus kondisi ssd berdasarkan tabel 4.5, *specific gravity* agregat kasar ssd yaitu 2,47.
 - 8) Berat volume/ isi agregat kasar berdasarkan tabel 4.2, berat volume/ isi agregat kasar yaitu 1,402 kg/l = 1402 kg/m³.

Perhitungan Komposisi Unsur Beton:

- 9) Rencana air adukan untuk 1 m³ beton : berdasarkan tabel 4.10 tanpa penambahan udara = 190 kg.
- 10) Persentase udara yang terperangkap : berdasarkan tabel 4.10 tanpa penambahan udara = 1,5%
- 11) W/C rasio : berdasarkan tabel 4.11 = 0,48
- 12) W/C rasio maksimum = 0,48
- 13) Berat semen yang diperlukan : (9) / (11) = 190 / 0,48 = 395,83 kg
- 14) Volume agregat kasar perlu/ m³ beton : berdasarkan tabel 4.13 dan 4.14 = 0,71
- 15) Berat agregat kasar perlu : (14)x[2400-(9)-(13)] = 0,71 x 1814,2 = 1288,1 kg
- 16) Volume semen : 0,001 x (13) / 3,15 = 0,001 x 395,83 / 2,4 = 0,165 m³
- 17) Volume air : 0,001 x (9) = 0,001 x 190 = 0,19 m³
- 18) Volume agregat kasar : 0,001x(15)/(6) = 0,001 x 995,42 / 2,36 = 0,421 m³
- 19) Volume udara : (10) = 0,015 m³
- 20) Volume agregat halus perlu /m³ beton : 1- [(16)+(17)+(118)+(19)] = 1 - [0,165 + 0,19 + 0,421 + 0,015] = 0.209
- 21) Agregat halus SSD : [1-(14)]x[2400-(9)-(13)] = 0,29 x 1814,2 = 526,1 kg

Komposisi Berat Unsur Adukan / m³ Beton :

- 22) Semen = 395,83 kg dibuat 396 kg
- 23) Air = 190 kg
- 24) Agregat kasar SSD = 1288,1 kg dibuat 1288 kg
- 25) Agregat halus SSD = 526,1 kg dibuat 526 kg

4.4 Pemeriksaan Campuran Beton

Setelah didapatkan rencana campuran awal dilakukan pengujian pencampuran material. Komposisi yang digunakan untuk campuran sesuai dengan tabel 4.15 sebagai berikut :

Tabel 4.15 Komposisi Campuran Beton

No	Material	Sumber Material	Proporsi Bahan / M ³		Proporsi Bahan Untuk 8 Beam	
			Berat (kg)	Volume (m ³)	Berat (kg)	Kumulatif Berat (kg)
1	Semen (<i>Portland Cement</i>)	Merk Semen Merdeka Tipe PCC	396	0,32	37,25	37,25
2	Pasir	Pasir Sungai Seblat	526,11	0,35	49,52	86,77
3	Batu Pecah (1-2)	Ex. Pematang Sapang	1288,06	0,92	121,23	208,00

4	Air	Setempat	190,00	0,19	17,88	225,88
---	-----	----------	--------	------	-------	--------

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025.

Setelah dilakukan pencampuran dilakukan pengukuran sisa air dan kelecakan campuran. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada tabel 4.16.

Tabel 4.16 Hasil Uji Slump

Pengujian	Hasil (cm)		Rata-rata
	A	B	
Tinggi Kerucut	30	30	30
Tinggi beton setelah kerucut dilepas	21,5	22	21,75
Keruntuhan	8,5	8	8,25
Sisa Air	-	-	-

Sumber : Hasil Pengujian, 2025.

Diperoleh slump rata-rata sebesar 8,25 centimeter dengan slump rencana adalah 7,5 – 10 cm. Hasil slump yang diperoleh masih dalam rentang yang direncanakan. Untuk sisa air tidak ada, artinya tidak perlu pengurangan jumlah air yang diperlukan. Campuran beton ini kemudian dicetak dalam cetakan beam dengan dimensi 50 x 15 x 15 cm dan didiamkan selama satu hari.

Setelah cetakan dibuka, sampel direndam dalam air. Lamanya perendaman adalah 28 hari untuk kemudian diuji lentur pada umur 7 hari dan 28 hari.

4.5 Pengujian Kuat Lentur Beton

Pengujian kuat lentur beton untuk mengetahui kekuatan lentur yang mampu ditopang oleh beton itu sendiri. Pengujian dilakukan saat sampel berumur 7 hari dan 28 hari dengan masing-masing 4 sampel. Adapun hasil pengujian sampel tertera pada tabel 4.17 untuk umur 7 hari dan 4.18 untuk umur 28 hari. Pengujian kuat lentur menggunakan alat uji kuat lentur beton di laboratorium milik PT. Rodateknindo Purajaya.



a. Penimbangan Sampel



b. Uji Lentur

Gambar 4.2 Pengujian kuat lentur beton.

Sumber : Dokumentasi penelitian tahun 2025.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kesimpulan bahwa komposisi campuran beton dengan mutu kuat lentur (Flexural Strength/FS) 45 yang menggunakan material dari Quarry Pematang Sapang terdiri atas semen PCC merek Merdeka sebanyak 396 kg, pasir ex Sungai Air Seblat sebesar 526 kg, batu pecah ukuran 1–2 ex Pematang Sapang sebanyak 1.288 kg, serta air setempat sebanyak 190 liter. Komposisi tersebut dirancang untuk memenuhi persyaratan kuat lentur beton pada pekerjaan perkerasan kaku. Hasil pengujian kuat lentur beton yang dilakukan pada umur 7 hari dan 28 hari menunjukkan bahwa pada slump 8,5 cm diperoleh nilai kuat lentur masing-masing sebesar 3,6 MPa dan 3,5 MPa pada umur 7 hari, serta 4,6 MPa dan 4,5 MPa pada umur 28 hari. Sementara itu, pada slump 8,0 cm diperoleh nilai kuat lentur sebesar 3,9 MPa dan 3,7 MPa pada umur 7 hari, serta 4,5 MPa dan 4,6 MPa pada umur 28 hari. Secara keseluruhan, rata-rata kuat lentur beton yang dihasilkan adalah sebesar 3,67 MPa pada umur 7 hari dan meningkat menjadi 4,55 MPa pada umur 28 hari. Hasil tersebut menunjukkan bahwa campuran beton yang direncanakan telah memenuhi target kuat lentur yang diharapkan pada umur 28 hari dan layak digunakan untuk aplikasi perkerasan beton.

Referensi

- 1 Ali, Ismanto Wahab dkk. 2024. Penggunaan Serat *Polypropylene* Untuk Meningkatkan Kuat Lentur Beton Pada Perkerasan Kaku. *Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil* Volume 7. No. 1 Juni 2024 Halaman:13-26.
- 2 ASTM, C., 2002. *Asm C78/C78M -18: Standard Test Method for Flexural Strengthth of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)* ASTM International. USA.
- 3 ASTM C39/C39M, 2003. *Standard Test Method for Compressive Strengthth of Cylindrical Concrete Specimens 1. ASTM Standard Book.*
- 4 Ali, Ismanto Wahab dkk. 2024. Penggunaan Serat *Polypropylene* Untuk Meningkatkan Kuat Lentur Beton Pada Perkerasan Kaku. *Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil* Volume 7. No. 1 Juni 2024 Halaman:13-26.
- 5 Farlianti, Sari, 2019. Kajian Kuat Lentur Beton Terhadap Kuat Tekan Beton ($F_c' = 25$ Mpa) Menggunakan Pasir Sungai Musi. *Jurnal Teknik Teknik* Vol 6 No.1 Agustus 2019.
- 6 Kementerian PUPR, 2017. Konsep Dasar dan Konstruksi Perkerasan Kaku. Modul 1 Konsep Dasar Konstruksi Perkerasan Kaku. Bandung.
- 7 Kurniati, Dwi dan Imam Trianggoro Saputro. 2024. Evaluasi Kuat Lentur Beton Bertulang Bambu. *Jurnal Karkasa* Volume 10 No. 2 2024.
- 8 Kusuma, Santos Surya, dkk. 2024. Pengaruh Penggunaan *Polyethylene Terephthalate* sebagai Agregat Halus terhadap Kuat Lentur Beton. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Sipil* Volume 8 No. 2 (2024) pp. 249 – 254.
- 9 Muliadi, Sofyan, Yusti Hajar. 2018. Pengaruh Kuat Lentur Beton Terhadap Penambahan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Teras Jurnal*, Vol 8, No 2, September 2018.
- 10 Pane, Fanto-Pardomuan dkk 2015. Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton Dengan Variasi Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Statik* Vol.3 No.5 Mei 2015 (313-321).
- 11 Pranoto, Yudi dkk. 2021. Studi Kuat Lentur Beton Dengan Bahan Tambah Serat Abaka. *Teras Jurnal*, Vol 11, No 1, Maret 2021.
- 12 Rahmat dkk. 2017. Kajian Kuat Lentur Beton Pada Perkerasan Kaku Jalan Tol Balikpapan-Samarinda. *Media Ilmiah Teknik Sipil* Volume 6 Nomor 1 Desember 2017 Hal. 50-60.
- 13 SNI 1974, 2011. SNI 1974-2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. Badan Standardisasi Nasional Indonesia. Jakarta.
- 14 SNI 2458, 2008. Tata Cara Pengambilan Beton Contoh Beton Segar (SNI 2458:2008). Standar Nasional Indonesia (SNI). Jakarta.
- 15 SNI 2847, 2019. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (SNI 2847:2019). Standar Nasional Indonesia (SNI). Jakarta.
- 16 SNI 4431, 2011. SNI 4431-2011 Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan. Badan Standar Nasional Indonesia. Jakarta.
- 17 Sofyan dan David Sarana. 2021. Studi Eksperimental Kuat Lentur Beton Serat Sisal. *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)* Volume 05 Nomor 01 Mei 2022.
- 18 Suryani, Anggi, Dewi, Sri-Hartati Dewi, Harmiyati, 2018. *The Correlation Of Bending Strengthth And Compressive Strengthth of Concrete*. *Jurnal Saintis*. Volume 18 Nomor 2, Oktober 2018, 43-54.
- 19 Vilanova, A., Fernandez-Gomez, J., and Landsberger, G.A., 2011. *Evaluation of the mechanical properties of self compacting concrete using current estimating models: Estimating the modulus of elasticity, tensile strengthth, and modulus of rupture of self compacting concrete*. *Construction and Building Materials*, 25 (8), 3417–3426.
- 20 Widiyanto, T.W., dkk. 2023. Kuat Lentur Beton Menggunakan Agregat Batu Petangis dan Pasir Semboja dengan Penambahan Botol Plastik. *Jurmateks : Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Sipil* Volume 6 Nomor 2 Tahun 2023.