

**PEMERIKSAAN KEKUATAN BATU DARI KUARI DI KOTA  
SAMARINDA UNTUK AGREGAT KASAR BETON**

*Strength Examination of Stone from Quarry in Samarinda City for  
Coarse Concrete Aggregate*

**TUGAS AKHIR**

*Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menempuh Ujian Sarjana Pada  
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur*



**DISUSUN OLEH:**

**MUHAMMAD IQBAL**

**1911102443110**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH KALIMANTAN TIMUR**

**2023**

**Pemeriksaan Kekuatan Batu dari Kuari di Kota Samarinda  
untuk Agregat Kasar Beton**

*Strength Examination of Stone from Quarry in Samarinda City for  
Coarse Concrete Aggregate*

**TUGAS AKHIR**

*Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menempuh Ujian Sarjana Pada  
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur*



**Disusun oleh:**

**Muhammad Iqbal**

**1911102443110**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH KALIMANTAN TIMUR  
2023**

**HALAMAN PERSETUJUAN**  
**PEMERIKSAAN KEKUATAN BATU DARI KUARI DI KOTA**  
**SAMARINDA UNTUK AGREGAT KASAR BETON**

*Strength Examination of Stone From Quarry in Samarinda City  
for Coarse Concrete Aggregate*

**TUGAS AKHIR**

Disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik  
pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur



Disusun Oleh:

**Muhammad Iqbal**  
**1911102443110**

Telah disetujui untuk dipertahankan dihadapan Tim penguji Skripsi  
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur

Persetujuan dosen pembimbing  
Dosen pembimbing



**Ir. Muhammad Noor Asnan ST.MT, I.PM**

NIDN. 1129126601

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**PEMERIKSAAN KEKUATAN BATU DARI KUARI DI KOTA**  
**SAMARINDA UNTUK AGREGAT KASAR BETON**

*Strength Examination of Stone From Quarry in Samarinda City for Coarse Concrete  
Aggregate*

Disusun Oleh:

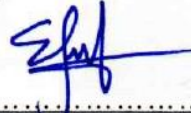
**Muhammad Iqbal**  
**1911102443110**

Telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur.

Pada hari : Senin

Tanggal : 03 Juli 2023

Adde Currie Siregar, S.T., M.T  
NIDN. 1106037802  
(Ketua Dewan Penguji)

  
.....

Ir. Muhammad Noor Asnan, S.T., M.T., I.PM  
NIDN. 1129126601  
(Anggota I Dewan Penguji & Dosen Pembimbing)

  
.....

Dr. Eng. Rusandi Noor, S.T., M.T  
NIDN. 1101049101  
(Anggota II Dewan Penguji)

  
.....

Disahkan

Ketua Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Sains dan Teknologi  
UMKT



Dr. Eng. Rusandi Noor, S.T., M.T  
NIDN. 1101049101

# **Pemeriksaan Kekuatan Batu dari Kuari di Kota Samarinda Untuk Agregat Kasar Beton**

Muhammad Iqbal<sup>1</sup>, Muhammad Noor Asnan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil

<sup>2</sup>Dosen Program Studi S1 Teknik Sipil

Email: [mhmadiqbal2@gmail.com](mailto:mhmadiqbal2@gmail.com)

## **ABSTRAK**

Wilayah di Kalimantan Timur telah resmi ditetapkan menjadi Ibu Kota Negara (IKN) baru Negara Kesatuan Republik Indonesia setelah disahkannya Undang-undang nomor 3 Tahun 2022 tentang ibu kota Negara baru. Pembangunan Infrastruktur di Kalimantan Timur berkembang pesat seiring mulai dibangunnya Ibu Kota Negara Indonesia di Kabupaten Penajam Paser Utara, sehingga dibutuhkan penggunaan material yang semakin meningkat. Penyiapan daerah penyangga Ibu Kota Negara yang meliputi perbatasan Penajam Paser Utara, Balikpapan, Samarinda dan Kutai Kartanegara berperan penting dengan adanya pembangunan Ibu Kota Negara di Kabupaten Penajam Paser Utara Provinsi Kalimantan Timur. Pada material lokal batu Suryanata, Besaung, dan Cermin diketahui nilai kuat tekan tertinggi rata-rata didapatkan pada lokasi batu Suryanata sebesar 60,78 MPa, kuat tekan rata-rata kedua didapatkan pada lokasi batu Cermin sebesar 49,18 MPa, sedangkan kuat tekan terendah rata-rata didapatkan pada lokasi batu Besaung sebesar 32,48 MPa. Hasil dari pembuatan beton menggunakan agregat kasar tertinggi Suryanata pada umur 7 hari sebesar 13,85 MPa, umur 14 hari sebesar 26,64 MPa dan umur 28 hari sebesar 16,50 MPa. Sehingga disimpulkan bahwa beton menggunakan agregat kasar dari Kuari Suryanata tidak direkomendasikan sebagai beton struktural.

**Kata Kunci :** *Batu Kapur, Agregat Kasar, Kuat Tekan.*

***Strength Examination of Stone From Quarry in Samarinda City  
for Coarse Concrete Aggregate***

Muhammad Iqbal<sup>1</sup>, Muhammad Noor Asnan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Student of Civil Engineering S1 Study Program*

<sup>2</sup>*Lecturer of Civil Engineering S1 Study Program*

Email: [mhmadiqbal2@gmail.com](mailto:mhmadiqbal2@gmail.com)

***ABSTRACT***

The area in East Kalimantan has been officially designated as the new National Capital (IKN) of the Unitary State of the Republic of Indonesia after the passage of Law number 3 of 2022 concerning the new national capital. Infrastructure development in East Kalimantan is growing rapidly as the construction of the State Capital of Indonesia begins in North Penajam Paser Regency, so that the use of materials is increasing. The preparation of the buffer zone for the National Capital which includes the borders of North Penajam Paser, Balikpapan, Samarinda and Kutai Kartanegara plays an important role with the development of the National Capital in North Penajam Paser Regency, East Kalimantan Province. In the local materials of Suryanata, Besaung, and Cermin stones, it is known that the highest average compressive strength value was obtained at the Suryanata stone location of 60.78 MPa, the second average compressive strength was obtained at the Cermin stone location of 49.18 MPa, while the lowest compressive strength the average obtained at the Besaung stone location is 32.48 MPa. The results of making concrete using Suryanata's highest coarse aggregate were 13.85 MPa at 7 days, 26.64 MPa at 14 days and 16.50 MPa at 28 days. So it was concluded that concrete using coarse aggregate from the Suryanata Quarry is not recommended as structural.

***Keywords : Limestone, Coarse Aggregate, Compressive Strength.***



## PRAKATA

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas akhir ini yang berjudul **“Pemeriksaan Kekuatan Batu Dari Kuari Di Kota Samarinda Untuk Agregat Kasar Beton”** sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur.

Pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih banyak untuk semua pihak yang telah banyak membantu dan penyusunan Tugas Akhir ini yaitu kepada.

1. Tuhan Yang Maha Esa Allah SWT yang selalu memberikan rezeki dan petunjuk serta meridhoi penulis dalam penelitiannya.
2. Orang tua tercinta bapak Eddy Sulaksono dan ibu Munthofiyah yang selalu mendoakan dan memberikan ridho dan dukungan kepada penulis.
3. Paman saya Setia Budi Utomo dan tante Nur Annie beserta keluarga yang selalu memfasilitasi dan memberikan dukungan penuh selama menunjang perkuliahan.
4. Bapak Prof. Dr. Bambang Setiaji, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur
5. Bapak Prof. Ir. Sartijo, M.T., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
6. Bapak Dr. Eng. Rusandi Noor, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil
7. Bapak Ir. Muhammad Noor Asnan, S.T., M.T., IPM., selaku Dosen Pembimbing penyusunan Tugas Akhir ini.
8. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur.
9. Bang vebrian dan yang telah banyak membantu memberikan masukan dan arahan selama pengerjannya tugas akhir.

10. Farhan, Bilal, Mulyati, Naafi'u, Niken dan Sahlan teman-teman yang selalu ada selama penyusunan Tugas Akhir ini.
11. Rekan-rekan sesama mahasiswa/mahasiswi S1 Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur.

Penulis membutuhkan saran dan kritik yang membangun untuk dapat memperbaiki penulisan ini agar menjadi lebih baik lagi. Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi masyarakat di dunia dan terutama bagi mahasiswa Teknik Sipil di Indonesia.

Samarinda 16 Juni 2023



Muhammad Iqbal



## DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i> .....	v
PRAKATA.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Luaran.....	3
BAB 2 LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.1.1 Penelitian Terdahulu.....	4
2.2 Dasar Teori.....	4
2.2.1 Batuan.....	4
2.2.2 Sifat Fisik Batu.....	10
2.2.3 Sifat Mekanik Batu.....	12
2.2.4 Pengertian Beton.....	13
2.2.5 Sifat-sifat Beton.....	13
2.2.6 Unsur penyusun beton.....	14
2.3 Material Beton.....	14
2.3.1 Semen Portland.....	14
2.3.2 Air.....	16
2.3.3 Agregat Kasar.....	17
2.3.4 Agregat Halus.....	18

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1 Lokasi Penelitian .....	21
3.2 Tahapan Penelitian .....	21
3.2.1 Tahap Persiapan Awal.....	21
3.2.2 Tahap Pengumpulan Studi <i>Literature</i> .....	26
3.2.3 Tahap Pengumpulan Bahan.....	26
3.2.4 Tahap Pemeriksaan Sifat Fisik Batu.....	28
3.2.5 Tahap Pembuatan Benda Uji Batu .....	30
3.2.6 Tahap Pengujian Sifat Mekanik Batu.....	31
3.2.7 Tahap Pengujian Material Untuk Pembuatan Beton .....	32
3.2.8 Tahap Perencanaan <i>Mix Design</i> .....	32
3.2.9 Tahap Pembuatan Benda Uji Beton .....	32
3.2.10 Tahap Perawatan Benda Uji .....	33
3.2.11 Tahap Pengujian Kuat Tekan Beton.....	33
3.2.12 Tahap Analisis Hasil Pengujian dan Pembahasan.....	33
3.3 Bagan Alir Penelitian .....	33
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Data dan Hasi Potensi dari Kuari .....	35
4.2 Data dan hasil Pengujian Sifat Fisik Batu .....	37
4.2.1 Data Pengujian Berat Jenis dan Berat Volume.....	38
4.2.2 Data Pengujian Kadar Air .....	55
4.2.3 Data Pengujian Penyerapan Air.....	57
4.2.4 Data Pengujian Keausan Dengan Mesin <i>Los Angeles</i> .....	58
4.3 Data dan Hasil Pengujian Sifat Mekanik Batu .....	61
4.3.1 Pengujian Kuat Tekan Batu (5 Cm) .....	62
4.3.2 Pengujian Kuat Tekan Batu (10 Cm) .....	68
4.4 Data Pengujian Material Beton .....	70
4.4.1 Semen .....	70
4.4.2 Pengujian Agregat Kasar .....	72
4.4.3 Pengujian Agregat Halus .....	75
4.5 <i>Mix design</i> .....	77
4.5.1 Data Rencana Campuran .....	77

4.6	Data Hasil Pengujian Beton.....	79
4.6.1	Pembuatan Benda Uji Beton .....	79
4.6.2	Pengujian <i>Slump Test</i> .....	80
4.6.3	Perawatan benda uji.....	80
4.6.4	Penimbangan benda uji.....	81
4.6.5	Pengujian kuat tekan beton.....	82
BAB 5 PENUTUP.....		85
5.1	KESIMPULAN .....	85
5.2	SARAN.....	85
DAFTAR PUSTAKA .....		87

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penelitian Semen .....	16
Gambar 3.1 Timbangan.....	22
Gambar 3.2 Arco.....	22
Gambar 3.3 Alat oven .....	22
Gambar 3.4 Loyang.....	23
Gambar 3.5 Alat Los Angeles.....	23
Gambar 3.6 <i>Mixer</i> .....	23
Gambar 3.7 Cetok .....	24
Gambar 3.8 Silinder .....	24
Gambar 3.9 Alat <i>Slump Test</i> .....	24
Gambar 3.10 Alat Uji Tekan.....	25
Gambar 3.11 Penggaris Alat Ukur .....	25
Gambar 3.12 Mesin Potong.....	25
Gambar 3.13 Peta Kota Samarinda .....	26
Gambar 3. 14 Lokasi Kuari Suryanata.....	27
Gambar 3. 15 Lokasi Kuari Cermin.....	28
Gambar 3. 16 Lokasi Kuari Besaung .....	28
Gambar 3. 17 Perencanaan Sampel Batu .....	31
Gambar 3.18 Diagram Alir .....	34
Gambar 4.1 Luas Perkiraan Kuari Suryanata.....	35
Gambar 4.2 Luas Perkiraan Kuari Cermin.....	36
Gambar 4.3 Luas Perkiraan Kuari Besaung .....	37
Gambar 4.4 Batu Suryanata .....	38
Gambar 4.5 Sampel Batu .....	62
Gambar 4.6 Sampel Batu Kubus .....	62
Gambar 4.7 Pengujian Batu 5cm .....	63
Gambar 4.8 Pengujian Batu 5cm bentuk Kubus .....	64
Gambar 4.9 Grafik Keruntuhan Batu 5 cm .....	68
Gambar 4.10 Pegujian Kuat Tekan Batu sebelum di uji.....	69
Gambar 4.11 Pengujian Kuat Tekan Batu Saat di uji .....	70
Gambar 4.12 Grafik Gradasi .....	74

Gambar 4.13 Grafik Gradasi Agregat Halus (Gradasi 1).....	77
Gambar 4.14 <i>Mixer</i> .....	79
Gambar 4.15 Uji <i>Slump Test</i> .....	80
Gambar 4.16 Perawatan Perendaman Sampel Beton.....	81
Gambar 4.17 Penimbangan Sampel Beton.....	81
Gambar 4.18 Pengujian Kuat Tekan Beton.....	83
Gambar 4.19 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton.....	84

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Gradasi Saringan Ideal Kasar .....	18
Tabel 2.2	Batas-batas Gradasi Agregat Halus .....	19
Tabel 3.1	Perencanaan Sampel Benda Uji Batu .....	31
Tabel 3.2	Rencana Pembuatan Benda uji .....	32
Tabel 4.1	Berat Jenis sebelum dipotong 5cm .....	39
Tabel 4.2	Berat jenis batu sebelum dipotong 10 cm.....	39
Tabel 4.3	Berat Jenis Batu Setelah dipotong 5 cm .....	40
Tabel 4.4	Berat Jenis Batu Setelah dipotong 10 cm .....	41
Tabel 4.5	Berat Volume Batu Sebelum dipotong 5 cm .....	42
Tabel 4.6	Berat Volume Batu Sebelum dipotong 10 cm .....	42
Tabel 4.7	Berat Volume Batu Setelah dipotong 5 cm .....	43
Tabel 4.8	Berat Volume Batu Setelah dipotong 10 cm .....	43
Tabel 4.9	Berat Jenis Batu Sebelum dipotong 5 cm.....	44
Tabel 4.10	Berat Jenis Batu Sebelum dipotong 10 cm.....	45
Tabel 4.11	Berat Jenis Batuu Setelah dipotong 5 cm .....	46
Tabel 4.12	Berat Jenis Batu Setelah dipotong 10 cm .....	47
Tabel 4.13	Berat Volume Batu Sebelum dipotong 5 cm .....	48
Tabel 4.14	Berat Volume Batu Sebelum dipotong 10 cm .....	48
Tabel 4.15	Berat Volume Batu Setelah dipotong 5 cm .....	49
Tabel 4.16	Berat Volume Batu Setelah dipotong 10 cm .....	49
Tabel 4.17	Berat Jenis Batu Sebelum dipotong 5 cm.....	50
Tabel 4.18	Berat Jenis Batu Sebelum dipotong 10 cm.....	51
Tabel 4.19	Berat Jenis Batu Setelah dipotong 5 cm .....	52
Tabel 4.20	Berat Jenis Sampel Batu Cermin setelah dipotong (10 cm) .....	52
Tabel 4.21	Berat Volume Batu Sebelum dipotong 5 cm .....	54
Tabel 4.22	Berat Volume Batu Sebelum dipotong 10 cm .....	54
Tabel 4.23	Berat Volume Batu Setelah dipotong 5 cm .....	55
Tabel 4.24	Berat Volume Batu setelah dipotong 10 cm.....	55
Tabel 4.25	Kadar Air Batu Suryanata .....	56
Tabel 4.26	Kadar Air Batu Besaung.....	56
Tabel 4.27	Kadar Air Batu Cermin .....	56

Tabel 4.28	Penyerapan Batu Suryanata .....	57
Tabel 4.29	Penyerapan Batu Besaung .....	57
Tabel 4.30	Penyerapan Batu Cermin .....	58
Tabel 4.31	Abrasi Batu Suryanata .....	59
Tabel 4.32	Abrasi Batu Besaung .....	60
Tabel 4.33	Abrasi Batu Cermin .....	61
Tabel 4.34	Kuat Tekan Batu 5cm .....	63
Tabel 4.35	Kuat Tekan Batu 10 cm .....	69
Tabel 4.36	Berat Jenis Semen .....	71
Tabel 4.37	Faktor Ikat Semen .....	71
Tabel 4.38	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Beton .....	72
Tabel 4.39	Kadar Air Agregat Kasar Beton .....	73
Tabel 4.40	Kadar Lumpur Agregat Kasar Beton .....	73
Tabel 4.41	Gradasi Agregat Kasar Beton .....	74
Tabel 4.42	Abrasi Agregat Kasar Beton .....	75
Tabel 4.43	Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus .....	75
Tabel 4.44	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus .....	76
Tabel 4.45	Uji Saringan Agregat Halus .....	77
Tabel 4.46	Perencanaan <i>Mix Design</i> .....	78
Tabel 4.47	Proporsi Benda Uji Beton .....	78
Tabel 4.48	Perencanaan Sampel Beton .....	79
Tabel 4.49	<i>Slump Test</i> Beton .....	80
Tabel 4.50	Berat Benda Uji Beton .....	82
Tabel 4.51	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton .....	83

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 Data Hasil Penelitian .....	90
Lampiran 2 Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian .....	94
Lampiran 3 Surat – surat Penelitian .....	105



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Wilayah di Kalimantan Timur telah resmi ditetapkan menjadi Ibu Kota Negara (IKN) baru Negara Kesatuan Republik Indonesia setelah disahkannya Undang-undang nomor 3 Tahun 2022 tentang Ibu Kota Negara baru (Erwanti & Waluyo, 2022). Lokasi Ibu Kota Negara Baru yang terletak di Kabupaten Penajam Paser Utara (PPU) dan di Kabupaten Kutai Kartanegara. Sebagai ibu kota baru yang kaya akan sumber daya alam tidak hanya akan mendukung fungsinya sebagai pusat administrasi pemerintahan, jumlah penduduk kota tersebut dipastikan nantinya akan meningkat. Di sekitar wilayah ibu kota akan tumbuh berbagai macam bidang kegiatan salah satunya adalah bidang infrastruktur yang terus berkembang (Nugroho, 2020).

Pembangunan Infrastruktur di Kalimantan Timur berkembang pesat seiring mulai dibangunnya Ibu Kota Negara Indonesia di Kabupaten Penajam Paser Utara, Sehingga dibutuhkan penggunaan material yang semakin meningkat. Ketersediaan bahan material yang selama ini banyak di datangkan dari luar pulau Sulawesi yaitu batu Palu dan Pasir Palu (Siregar, 2022). Penyiapan daerah penyangga Ibu Kota Negara yang meliputi perbatasan Penajam Paser Utara, Balikpapan, Samarinda dan Kutai Kartanegara berperan penting dengan adanya pembangunan Ibu Kota Negara di Kabupaten Penajam Paser Utara Provinsi Kalimantan Timur (Sari, 2022). Oleh karena itu perlu dilakukannya penelitian untuk memanfaatkan potensi material lokal yang ada di Provinsi Kalimantan Timur. Salah satu daerah yang memiliki potensi pertambangan batuan adalah Kota Samarinda. Dengan begitu melimpahnya potensi pertambangan batuan yang ada di kota samarinda menarik minat peneliti untuk melakukan pemeriksaan kekuatan batuannya.

Pada penelitian ini peneliti akan melakukan pengujian mutu batu lokal dari Jl Suryanata di Kelurahan Bukit Pinang Kecamatan Samarinda Ulu, Jl Batu Cermin Kelurahan Sempaja Utara Kecamatan Samarinda Utara dan Jl Batu Besaung Kelurahan Sempaja Utara Kecamatan Samarinda Utara Kota Samarinda. Kekayaan alam yang melimpah dengan kapasitas produksi material diwilayah

Suryanata, Batu Cermin dan Batu Besaung yang terletak tidak jauh dari pusat Kota Samarinda dan berjarak  $\pm 75$  km untuk menuju ke pusat IKN dengan jarak tempuh  $\pm 2$  jam memiliki potensi besar untuk pasokan material yang digunakan sebagai penunjang kebutuhan material pembangunan Ibu Kota Negara serta membantu menurunkan biaya mobilisasi material dan mengurangi resiko keterlambatan distribusi material ke lokasi proyek (Abdi, 2019). Batu yang akan digunakan sebagai material penyusun beton yang perlu digunakan pengujian salah satunya dengan uji kuat tekan untuk mengetahui kekuatan dari batu itu sendiri sebelum dipilih sebagai agregat kasar dalam campuran penyusun beton. Beton merupakan campuran antara semen Portland atau semen hidraulik, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat (SNI 03 – 2834 – 1993).

### **1.2 Rumusan Masalah**

Dari latar belakang yang diuraikan di atas maka rumusan masalah yang didapat pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana potensi batu Suryanata, Batu Cermin dan Batu Besaung?
2. Bagaimana kekuatan batu dari Suryanata, Batu Cermin dan Batu Besaung?
3. Bagaimana pengaruh kuat tekan beton dengan menggunakan agregat kasar yang tertinggi kuat tekan batu dari Kuari Suryanata, Batu Cermin dan Batu Besaung?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Dari rumusan masalah yang didapatkan maka tujuan penelitian ini yaitu:

1. Untuk menginformasikan potensi batu kuari Suryanata, kuari batu Cermin dan kuari batu Besaung.
2. Untuk mengidentifikasi kekuatan batu lokal dari kuari batu Suryanata, kuari batu Cermin dan kuari batu Besaung.
3. Untuk menganalisis kuat tekan beton maksimum terhadap kuat tekan batu.

### **1.4 Batasan Masalah**

Untuk membatasi permasalahan yang terkait dalam penelitian ini, maka penulis akan membatasi masalah yang akan dipaparkan yaitu:

1. Lokasi yang akan diidentifikasi kekuatan batu lokal dari Suryanata, Batu Cermin dan Batu Besaung Kota Samarinda.

2. Mencari informasi kekuatan batu lokal dari Suryanata, Batu Cermin dan Batu Besaung Kota Samarinda.
3. Seberapa besar potensi batu lokal dari Suryanata, Batu Cermin dan Batu Besaung Kota Samarinda yang dapat digunakan sebagai agregat kasar beton, dan
4. Mencari informasi kekuatan maksimum beton dari material lokal Kota Samarinda.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penulis berharap penelitian ini memberikan manfaat kepada pembaca maupun kepada peneliti selanjutnya, manfaat yang diharapkan peneliti yaitu:

1. Memberi pengetahuan kepada pembaca terhadap kekuatan dan potensi batu lokal yang ada di Kota Samarinda, dan
2. Memberikan referensi kepada pembaca atau kepada peneliti selanjutnya yang akan meneliti batu lokal di Provinsi Kalimantan Timur.

### **1.6 Luaran**

Luaran yang didapatkan dari penelitian ini yaitu:

1. Laporan Tugas Akhir, dan
2. Artikel Ilmiah

## **BAB 2**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

##### **2.1.1 Penelitian Terdahulu**

1. Menurut (Neville, 2011) "*properties of concrete*" teori bloem dan walker. Unsur pembentuk kekuatan beton ada tiga meliputi : 1) kekuatan dari mortar. 2) kekuatan antara mortar dengan agregat kasar 3) kekuatan dari agregat kasar.
2. (Aryaseta, 2022) dengan judul "**Studi Eksperimental Sifat Fisik dan Mekanik Batu Gamping**" hasil dari beberapa nilai parameter penting yang didapatkan antara lain Compressional Wave Modulus (M), Bulk Modulus (k), dan Shear Modulus ( $\mu$ ) adalah 58,72 GPa, 19,57 GPa, dan 29,36 GPa, berturut-turut.
3. (Zuraidah, 2006) dengan judul "**Penggunaan Pecahan Batu Kapur Puger Sebagai Alternatif Agregat Kasar Ditinjau Terhadap Kuat Tekan Beton**" hasil dari campuran menggunakan agregat kasar pecahan batu kapur 0%, 50%, 75% dan 100%. Pengujian menunjukkan bahwa penggunaan pecahan batu kapur dalam pembuatan beton menghasilkan kuat tekan rata – rata menurun sampai 5,46 % tidak berbeda jauh dibandingkan dengan beton yang menggunakan batu pecah sebagai agregat kasar.

#### **2.2 Dasar Teori**

##### **2.2.1 Batuan**

Batu adalah bahan alami yang terbuat dari mineral sejenis atau tidak sejenis yang terikat secara gembur ataupun padat (Tamanak, 2020). Batuan merupakan agregat keras alami yang terkumpul dan tersusun dari satu atau lebih mineral. Beberapa mineral yang membentuk suatu batuan disatukan oleh matriks mineral berupa semen. bahan baku utama yang ada di dalam bumi adalah batu. Batu yang terurai kemudian menjadi tanah dan tanah kemudian menjadi media utama dalam tempat tumbuhnya tanaman dan tempat tinggal dari berbagai jenis makhluk hidup di dunia ini. Secara umum batuan terbagi atas 3 bagian, yaitu : Batuan beku, batuan sedimen, batuan metamorf.

## 1. Batuan Beku

Batuan beku merupakan jenis batuan dimana proses pembentukannya terjadi dari magma yang telah mengalami pembekuan atau pendinginan. Batuan ini biasanya ada di dalam mantel atau kerak bumi. Berdasarkan cara terbentuknya sebagai berikut:

### a. Morfologi Batuan Beku

Morfologi atau cara terbentuknya batuan beku sertidaknya dibagi menjadi tiga macam yaitu intrusif, ekstrusif dan hipabisal. Mengenai ketiga batuan tersebut sebagai berikut ini:

- Intrusif

Batuan beku jenis intrusif merupakan batuan beku dimana proses pembentukannya terjadi di dalam kerak bumi atau di bawah permukaan bumi. Batuan ini merupakan bentuk dari pendinginan magma yang ada di dalam kerak bumi sehingga tekstur batuan beku biasanya bersifat kasar. Batuan beku yang memiliki tekstur butir kasar yang terletak pada kedalaman cukup di dalam kerak disebut sebagai *abyssal* sedangkan batuan beku *intrusif* yang proses terbentuknya sudah hampir berada di permukaan disebut sebagai *hypabyssal*.

- Ekstrusif

Berbeda dengan batuan beku intrusif, batuan beku ekstrusif ini terjadi di atas permukaan kerak bumi karena adanya pencairan magma di dalam mantel atau kerak bumi. Proses pembekuan dari batuan beku ini lebih cepat dibandingkan dengan proses pencairan batuan beku intrusif karena proses pembekuannya terjadi di atas permukaan bumi. Magma yang keluar dari dalam mantel atau kerak bumi ini melalui gunung berapi yang terdapat lubang dipuncaknya sehingga magma bisa keluar dan membentuk batuan yang lebih cepat membeku. Oleh karena itu tekstur dari batuan ini bersifat halus berpasir. Jenis batuan beku ekstrusif yang paling sering ditemukan adalah batu basalt. Beberapa batuan basalt bahkan membentuk sebuah pola yang unik seperti di Antrim, Irlandia utara.

- Hipabissal

Untuk jenis batuan beku hipabissal merupakan jenis batuan yang terbentuk diantara batuan plutonik dan vulkanik. Batuan ini terbentuk karena adanya proses naik turunnya magma di dalam mantel dan kerak bumi. Batuan hipabissal seringkali membentuk sebuah batuan pakolit, dike, sill, lakolit, dan lopolit.

b. Struktur Batuan Beku

Struktur batuan merupakan penampakan dari batuan yang bisa dilihat dari kedudukan lapisannya. Pada batuan beku seringkali hanya dapat dilihat langsung dari lapangannya langsung. Diantaranya adalah sebagai berikut:

- *Pillow* lava atau lava bantal dimana terjadi karena adanya pembekuan magma pada gunung di bawah laut yang membentuk menyerupai bantal.
- *Joint* struktur merupakan aliran lava yang berbentuk kekar-kekar dan tegak lurus sesuai dengan arah alirannya sehingga menghasilkan penampakan yang sangat memukau.
- *Massif*, merupakan jejak aliran lava yang keluar dari perut bumi namun tidak menunjukkan adanya tanda-tanda lubang atau aliran gas di dalamnya.
- *Vesikuler*, merupakan aliran lava yang mengalir dan dibersamai dengan adanya aliran gas sehingga arah dan teksturnya tidak teratur.
- *Xenolitis*, merupakan aliran lava yang dibersamai dengan masuknya batuan lain di dalamnya sehingga menunjukkan sebuah fragmen yang membentuk pecahan-pecahan.

2. Batuan Metamorf

Jenis batuan ketiga adalah batuan metamorf atau yang juga sering disebut sebagai batuan malihan. Batuan metamorf merupakan sebuah batuan yang mengalami perubahan atau transformasi dari batuan lainnya yang sudah ada sebelumnya dan dibersamai dengan adanya proses metamorfosa sehingga membentuk bentuk baru yang berbeda dengan jenis batuan sebelumnya. Jumlah dari batuan metamorf di dalam bumi ini cukup banyak dan

pembentukannya sangat mudah karena adanya kedalaman tempat yang sangat dalam, adanya tekanan udara yang sangat rendah atau tinggi dan tekanan dari batuan yang sudah ada di atasnya. Proses pembentukan batuan metamorf juga bisa terjadi karena adanya tabrakan lempeng benua yang bisa menyebabkan adanya tekanan horizontal, distorsi dan gesekan pada lempeng tersebut. Batuan metamorf juga bisa terbentuk karena adanya pemanasan dari magma yang ada di dalam perut bumi. Ada beberapa jenis batuan metamorf dan bisa dibedakan menjadi berikut ini:

a. Batuan Metamorfosis Kontak

Proses terjadinya batuan metamorf kontak adalah adanya suntikan magma yang mengenai pada batuan disekitarnya. Perubahan ini adalah perubahan besar dimana hampir batuan yang terkena suhu yang sangat tinggi akan melakukan proses metamorphosis. Karena adanya proses ini juga bisa merubah biji mineral yang ada di dalam batuan. Semakin dekat letak batu dengan magma akan semakin besar pula proses perubahannya dibandingkan dengan batuan yang letaknya jauh dari magma. Ketika batuan mengalami kontak dengan magma juga mengakibatkan permukaan mineralnya menjadi lebih keras. Istilah untuk menyebut batuan yang telah mengalami proses *metamorphosis* ini biasanya disebut dengan batu tanduk (*hornfless*).

b. Batuan Metamorf Regional

Batuan metamorf regional merupakan sebuah kumpulan batuan metamorf dalam ukuran yang cukup besar dan luas. Sebagian besar batuan di bawah kerak bumi merupakan batuan metamorf yang mengalami proses metamorphosis ketika terjadinya tabrakan lempeng benua ini. biasanya batuan metamorf ini akan ada disepanjang sabuk karena adanya tekanan suhu udara yang tinggi sehingga mengakibatkan batuanya mengalami perubahan struktur di dalamnya. untuk batuan metamorf regional ini contohnya adalah singkapan marmer yang sangat luas di Amerika Serikat.

c. Batuan Metamorf Katalakstik

Batuan ini terjadi karena adanya proses mekanisme deformasi mekanis.

Jadi, ketika ada dua lempeng yang saling bergesekan maka akan menghasilkan panas yang sangat tinggi, nah bagian yang masih mengalami gesekan tersebutlah yang akan mengalami perubahan struktur di dalamnya. batuan tersebut juga biasanya akan hancur terlebih dahulu karena adanya tumbukan atau gesekan tertentu yang sangat lama dan kuat. Pada proses ini tidak biasanya terjadi pada zona sempit dimana terjadi pergerakan sesar secara mendatar.

d. Batuan Metamorf Hidrotermal

Batuan ini terjadi karena adanya perubahan suhu dan tekanan udara yang sangat drastis karena adanya cairan hidrotermal. Contoh dari batuan ini adalah batuan basaltic dimana didalam batuan tersebut memang sangat kekurangan cairan hidrat. Hasil endapan dari batuan ini akan bercampur dengan unsur-unsur lainnya seperti *talk*, *klorit*, *tremolit*, *aktinolit* dan lainnya. biasanya jika endapan terdapat bijihnya berarti merupakan batuan metamorf hidrotermal.

e. Batuan Metamorf Tindihan

Seperti dengan namanya batuan metamorf tindihan ini merupakan hasil dari batuan yang tertimbun dalam kedalaman yang sangat dalam hingga mencapai perubahan suhu yang sangat drastis. Pada fase ini biasanya di dalam batu akan muncul sebuah mineral baru dan biasanya yang paling banyak dihasilkan adalah mineral zeolit. Batuan ini bisa berubah menjadi batuan metamorf regional jika terjadi perubahan suhu dan tekanan yang terjadi secara terus menerus.

f. Batuan Metamorf Dampak

Untuk batuan metamorf jenis ini terjadi karena adanya suatu kejadian seperti ketika meteor atau komet yang jatuh ke bumi hingga menyebabkan ledakan. Hal ini juga bisa terjadi karena adanya gempa bumi atau karena adanya letusan gunung api yang sangat besar. Karena adanya kejadian tersebut maka mengakibatkan tekanan yang sangat tinggi pada batuan-batuan yang terkena dampak dari kejadian tersebut. Tekanan ini mengakibatkan adanya perubahan mineral di batuan yang



sangat tinggi seperti koesit dan stishofit. Selain itu batuan juga bisa berubah bentuk menjadi kerucut yang terpecah-pecah.

### 3. Batuan Sedimen

Batuan sedimen adalah jenis batuan yang terjadi karena proses pengendapan materi hasil erosi atau pelarutan. Pada umumnya, batuan sedimen memiliki warna yang terang atau cerah, putih, kuning maupun abu-abu terang. Soal warna, hal ini sangat tergantung dari komposisi bahan yang membentuknya. Merujuk laman Museum Gunung Merapi Kabupaten Sleman, berikut jenis batuan sedimen menurut cara pembentukannya sebagai berikut:

#### a. Batuan sedimen dari medium pengendapannya

Menurut medium pengendapannya, batuan sedimen diklasifikasi menjadi; batuan sedimen aeris, glasial, aquatic, dan marine. Batuan sedimen aeris ialah batuan sedimen yang berasal dari pengendapan angin, contohnya tanah loss, tanah tuf, dan tanah pasir di gurun. Sedangkan batuan sedimen glasial berasal dari pengendapan es/gletser, misalnya moraine. Batuan sedimen aquatic merupakan batuan sedimen yang berasal dari pengendapan air. Contohnya yang banyak dikenal masyarakat mencakup breksi, konglomerat, batu pasir. Terakhir batuan sedimen marine, adalah batuan sedimen yang berasal dari pengendapan air laut misalnya batu gamping dan batu garam.

#### b. Batuan sedimen dari tempat pengendapannya

Berdasarkan tempat pengendapannya, batuan sedimen terbagi menjadi batuan sedimen teristis, limnis, continental, fluvial, dan glacial. Jenis batuan sedimen teristis adalah batuan yang tempat pengendapannya ada di darat. Sementara batuan sedimen limnis berasal dari hasil pengendapan di danau. Contohnya, tuff danau dan tanah liat danau. Jenis batuan sedimen continental yang diendapkan di laut, contohnya meliputi tanah loss, tanah merah, dan tanah gurun pasir. Jika sudah di darat, danau dan laut, maka batuan sedimen fluvial berasal dari hasil pengendapan di sungai. Kemudian batuan sedimen glacial adalah batuan sedimen yang diendapkan di tempat yang terdapat es atau salju.

c. Batuan sedimen dari cara pengendapannya

Selain klasifikasi berdasarkan medium dan tempat pengendapannya, batuan sedimen juga terbentuk dari cara pengendapan. Pertama ada batuan sedimen klastis, yakni batuan sedimen yang terbentuk dari pelapukan dan erosi dari jenis batuan lain yang kemudian molekulnya mengendap, bergabung dan mengeras menjadi satu. Contoh jenis batuan sedimen klastis adalah breksi dan batuan pasir. Adapula batuan sedimen kimia yang terbentuk dari proses pelapukan kimiawi yang kemudian mengalami pemisahan molekul zat. Molekul zat yang terpisah kemudian bersatu dengan molekul zat lainnya, dan akhirnya membentuk batuan. Kendati ada juga yang mengatakan bahwa batuan sedimen kimia adalah larutan di dalam air dan langsung diendapkan.

### 2.2.2 Sifat Fisik Batu

Sifat fisik batu dapat dilihat secara visual dari warna batu yang bervariasi yaitu putih susu, abu-abu muda hingga tua, coklat dan merah sampai kehitaman yang dipengaruhi oleh pengotor didalam batuan. Untuk mengetahui batu yang akan digunakan sebagai material perlu dilakukan pengujian sifat fisik sebagai awalan menentukan kekuatan maksimum dari sampel batu. Pengujian sifat fisik batu antara lain :

1. Berat Jenis

- *Apparent specific gravity* , yaitu *ratio* antara bobot isi kering batuan dengan bobot isi air.

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{W_o}{W_o - W_a} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan :

$W_o$  adalah berat sampel kering (gram).

$W_a$  adalah berat dalam air (gram)

- *True specific gravity* , yaitu *ratio* antara bobot isi basah batuan dengan bobot isi air.

$$\text{Berat jenis asli} = \frac{W_o}{W_s - W_a} \dots \dots \dots (2)$$

Dengan :

$W_o$  adalah berat sampel kering (gram).

$W_s$  adalah berat sampel kering permukaan (gram)

$W_a$  adalah berat dalam air (gram)

- Berat Jenis Kering Permukaan

$$\text{Berat jenis ssd} = \frac{W_s}{W_s - W_a} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan :

$W_s$  adalah berat sampel kering permukaan (gram)

$W_a$  adalah berat dalam air (gram)

## 2. Berat Volume

Berat volume merupakan berat benda uji dengan volume benda uji. Pengujian berat volume dapat ditentukan dengan menggunakan rumus berikut :

$$\text{Berat volume} = \frac{W_3}{V} \dots\dots\dots(4)$$

Dengan :

$W_3$  adalah berat benda uji (kg)

$V$  adalah volume benda uji ( $\text{cm}^3$ )

## 3. Kadar Air

- Kadar air asli (*natural water content*), yaitu *ratio* antara berat air asli yang ada dalam batuan dengan berat butiran batuan itu sendiri dalam %.

$$\text{Kadar air asli} = \frac{W_n - W_o}{W_o} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

Dengan :

$W_n$  adalah berat sampel asli (gram)

$W_o$  adalah berat sampel kering (gram)

- Kadar air jenuh (*saturated water content*), yaitu *ratio* antara berat air jenuh yang ada dalam batuan dengan berat butiran batuan itu sendiri

$$\text{dalam \%}. \text{Kadar air jenuh} = \frac{W_n - W_o}{W_o} \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

Dengan :

$W_n$  adalah berat sampel asli (gram)

$W_o$  adalah berat sampel kering (gram)

#### 4. Penyerapan

Berdasarkan (SNI 1969 : 2008) penambahan berat dari suatu agregat akibat air yang meresap ke dalam pori-pori, tetapi belum termasuk air yang tertahan pada permukaan luar partikel, dinyatakan sebagai persentase dari berat keringnya. Agregat dinyatakan kering ketika telah dijaga pada suatu temperature ( $110 \pm 5$ ) °C dalam rentan waktu cukup untuk menghilangkan seluruh kandungan air yang ada (sampai beratnya tetap). Dengan rumus penyerapan sebagai berikut :

$$\text{Penyerapan} = \frac{B-A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

Dengan :

A adalah berat benda uji kering oven (gram).

B adalah berat benda uji dalam air (gram).

#### 5. Abrasi

Menurut (SNI 03-2417-1991), agregat yang akan diuji adalah agregat yang lolos saringan no.12 (ukuran 1,18). *Los Angeles* adalah alat/mesin pengujian keausan suatu material dan didalam mesin tersebut diberi bola baja dengan ukuran 4-6 cm. Kemudian agregat dimasukkan kedalam mesin dan diputar sebanyak 100 kali sampai agregat didalamnya hancur. keausan agregat dibagi menjadi dua golongan yaitu :

- Nilai keausan kurang dari 40%, agregat kasar sangat disarankan dalam pekerjaan.
- Nilai keausan lebih dari 40%, agregat kasar tidak disarankan dalam pekerjaan. Untuk menghitung hasil pengujian, menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Keausan} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

Dengan :

A adalah berat benda uji semula (gram)

B adalah berat benda uji tertahan saringan No. 12 (1,70mm), (gram)

#### 2.2.3 Sifat Mekanik Batu

Berdasarkan (SNI 2825 : 2008) cara uji benda uji *uniaxial* suatu contoh batu dan harga kuat tekan benda uji batu dengan diameter minimum 47 mm. Nilai kuat

tekan batu bisa digunakan untuk memperkirakan kekuatan besarnya beban yang akan ditempatkan diatas sebuah pondasi batu tanpa mengakibatkan longsor atau rusak. Hasil dari pengujian ini dapat digunakan untuk mengetahui atau merencanakan dimensi suatu pondasi yang kuat aman terhadap beban pikulnya. Selain untuk perencanaan pondasi dapat digunakan juga untuk menentukan kualitas batu sebagai bahan urugan, pengujian terhadap kekekalan baik terhadap erosi maupun terhadap proses pelapukan. Sedangkan pada penelitian ini benda uji dibuat dengan kubus yang mengacu pada standard SNI 7656 – 2012.

Dengan rumus pengujian sebagai berikut :

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(9)$$

Dengan :

$f'c$  adalah kuat tekan benda uji ( $kg/cm^2$ )

P adalah besar beban maksimum (kg)

A adalah penampang benda uji ( $cm^2$ )

#### **2.2.4 Pengertian Beton**

Menurut SNI 2847:2013 beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ( $f'c$ ) pada usia 28 hari. Bahan penyusun beton seperti air, semen, agregat (Agregat kasar dan agregat halus) mempunyai fungsi dan pengaruh yang berbeda-beda. Kuat tekan adalah hal yang paling penting dari beton, bahan campuran yang baik akan menghasilkan mutu beton yang tinggi.

Proses pembuatan beton harus sesuai standard yang telah ditetapkan, perencanaan pembuatan beton harus dihitung dengan teliti dan benar supaya angka kuat tekan yang dihasilkan bernilai tinggi. Beton harus dapat diaduk, diangkut, dituangkan, dan dapat dipadatkan, tidak terjadi pemisahan material seperti kerikil, air maupun semen dari campuran beton. Beton keras yang bagus digunakan adalah beton yang kuat, kaku, tahan lama, kedap air, tahan aus, dan mengalami susut yang kecil (Tjokrodimulyo 1996 : 2).

#### **2.2.5 Sifat-sifat Beton**

Sifat beton tergantung dari sifat agregat, semen, air, dan juga perbandingan

bahan-bahan penyusunnya. Menurut pendapat dari (Surdia, 2005) cara yang tepat untuk membuat beton maksimal yang khas perlu dipilih material yang khas juga serta dicampur dengan benar. yaitu berupa semen, agregat dan air. Berdasarkan sifatnya, ragam beton dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu beton segar dan beton keras.

#### 1. Beton Segar

Beton Segar adalah beton dengan campuran semen, air, agregat (halus dan kasar) dan menambahkan atau tidaknya bahan tambah aditif (SNI 1972:2008). Syarat pembuatan beton segar adalah:

- a) Mampu mengeras dalam jangka waktu yang sangat lama. Seperti kestabilan, kekuatan maupun keawetan beton.
- b) Mampu berada dalam kondisi plastis. Seperti mampu dikerjakan tanpa perlu kondisi *bleeding* maupun *segregation*.

#### 2. Beton Keras

Beton keras adalah beton yang cukup kaku untuk menahan tekanan. Mempunyai sifat-sifat yang meliputi kekuatan tekan, regangan dan tegangan, rangkai dan susut, keawetan yang tinggi, reaksi terhadap temperatur, serta kekedapan terhadap air. Kualitas dari sebuah beton tergantung pada hasil kuat tekannya dan mutu yang akan digunakan. Pengujian untuk memastikan kualitas beton baik atau buruknya maka perlu dilakukan test kuat tekan, kuat tarik belah, kelenturan, pengujian perekatan beton dengan pembesian serta modulus elastisitasnya.

#### **2.2.6 Unsur penyusun beton**

Pada dasarnya bahan utama penyusun beton adalah terdiri dari Air, Semen, agregat halus dan agregat kasar. Sedangkan menurut (Neville, 2011) unsur kekuatan penyusun beton terdiri dari 3, yaitu :

1. Kekuatan dari batunya
2. Kekuatan dari mortar
3. Kekuatan dari ikatan antara batu dengan mortar.

### **2.3 Material Beton**

#### **2.3.1 Semen Portland**

Semen Portland adalah semen yang paling banyak digunakan secara umum

diseluruh dunia sebagai bahan dasar pembuatan beton yang berasal dari serbuk halus dari hasil pemanasan batu gamping dan mineral tanah liat dalam oven besar agar menjadi klinker. Standar untuk memproduksi semen portland untuk pekerjaan konstruksi di Indonesia adalah standar SII 0013–81 atau standard uji bahan bangunan Indonesia 1986. Semen portland menjadi salah satu material berbiaya rendah dan paling serbaguna dalam pembangunan konstruksi di Indonesia.

Semen harus sesuai dengan rencana kuat tekan dan spesifikasi yang telah ditentukan. Semen harus memiliki fungsi mengikat agregat-agregat hingga bermassa padat dan dapat mengisi bagian yang kosong dalam campuran agregat. Oleh karena itu, fungsi semen sebagai bahan pengikat sangatlah penting.

Pembuatan semen portland diproses dengan cara sebagai berikut:

1. Penambangan.
2. Pemecahan di pabrik pengolahan semen.
3. Pengadukan material.
4. Mencampur material penyusun beton.
5. Setelah itu membakar material penyusun beton.
6. Setelah pembakaran dilakukan pengadukan material kembali.
7. Kemudian menambahkan *gypsum*.
8. Pengemasan.

Semen portland diproduksi dengan cara mengoven karbonat (batu gamping) yang memiliki kandungan alumunia dengan komposisi yang direncanakan dan dioven dengan menggunakan tanur (oven besar dalam ruangan) dengan suhu diatas 1400°C hingga menjadi klinker, penggilingan klinker dan menambahkan sejumlah kecil bahan lainnya. Jenis semen portland yang umum digunakan adalah semen portland biasa (OPC). Semen khusus yang diproduksi agar semen cepat mengeras akan ditambahkan kalsium klorida.

Oksida	Notasi Pendek	Nama Umum	Berat (%)
Ca O <sub>4</sub>	C	Kapur	63
Si O <sub>2</sub>	S	Silika	22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A	Alumina	6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F	Ferrit Oksida	2,5
MgO	M	Magnesia	2,6
K <sub>2</sub> O	K	Potassium Oksida	0,6
Na <sub>2</sub> O	N	Sodium Oksida	0,3
SO <sub>2</sub>	S	Sulfur Oksida	2

**Gambar 2.1** Penelitian Semen

*Sumber : Sudrajat (2022)*

Jenis semen portland menurut standard SII 0031-81, yaitu :

1. Tipe I : Digunakan pada pekerjaan bangunan biasa pada umumnya dan bangunan yang tidak memungkinkan adanya kandungan sulfat dan munculnya panas hidrasi. Contohnya: jalan, gedung jembatan dan lain-lain.
2. Tipe II : Digunakan pada pekerjaan konstruksi bangunan yang mengandung sulfat dan panas hidrasi dalam kondisi sedang. Contohnya: Mercusuar, Dam, irigasi, dan bangunan yang berada diposisi dengan banyak mengandung sulfat dan panas hidrasi rendah.
3. Tipe III : Digunakan untuk pekerjaan konstruksi bangunan yang membutuhkan kuat tekan yang tinggi pada fase awal dimulainya waktu pengikatan beton. Contohnya: jembatan – jembatan, pondasi-pondasi berat, gedung pencakar langit dan lain-lain.
4. Tipe IV : Digunakan untuk pekerjaan konstruksi yang tidak menimbulkan panas, Contohnya: pengecoran dengan penyemprotan (*Setting Time Lama*)
5. Tipe V : Digunakan untuk pekerjaan konstruksi bangunan dengan kandungan sulfat yang tinggi. Contohnya: pabrik pengolahan limbah, konstruksi, ring pertambangan migas, jembatan, terowongan, dermaga, pembangkit tenaga nuklir dan lain-lain.

### 2.3.2 Air

Air berfungsi sebagai bahan untuk mencampur dan mengaduk material penyusun beton. Air yang baik untuk pembuatan beton adalah air yang dapat



diminum karena memenuhi syarat sebagai bahan penyusun beton. Air yang dimaksud adalah air yang bebas dari zat-zat organik yang terlarut dan terlalu banyak (Mindess, 2003).

Menurut SNI 03-6861.1-2002 persyaratan air untuk campuran beton adalah.

1. Air yang bersih.
2. Tidak berlumpur, berminyak maupun terdapat zat-zat asing terlarut yang dapat terlihat secara kasat mata.
3. Terdapat zat-zat tersuspensi kurang dari 0.02 kg/ltr.
4. Mengandung garam kurang dari 15 gr/l, terdapat klorida (Cl) tidak lebih dari 0,5 gram dan sulfat tidak lebih dari 1 gram sebagai SO<sub>3</sub>.
5. Penurunan kuat tekan beton yang menggunakan air yang diperiksa <10%, dan
6. Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat diatas air mengandung klorida >0,05 gram/liter.
7. Semua air yang tidak sesuai persyaratan harus diuji secara kimia.

Pencampuran semen dan air biasa disebut FAS adalah hal penting dalam pembuatan pasta semen. Campuran air dalam pembuatan beton secara berlebihan akan menyebabkan gelembung air menjadi banyak setelah proses hidrasi selesai sedangkan apabila air terlalu sedikit maka akan mempengaruhi kuat tekan beton. Kebutuhan air dalam campuran pembuatan beton harus berkaitan dengan penjelasan dibawah ini:

1. Bentuk agregat minimum : ukuran agregat apabila berbentuk kecil maka perlu dilakukan penambahan jumlah air.
2. Bentuk butiran agregat : kebutuhan air menurun apabila agregat berbentuk bulat dan lebih banyak air untuk batu pecah.
3. Gradasi agregat : apabila gradasi baik maka kebutuhan air akan menurun untuk kelecakan yang sama.
4. Kebersihan agregat : dalam hal ini yang umum adalah lumpur. Kadar air meningkat apabila jumlah kotoran pada agregat makin banyak.
5. Jumlah agregat : jumlah agregat terlalu banyak maka air yang digunakan meningkat begitupun sebaliknya.

### **2.3.3 Agregat Kasar**

Kerikil pecah yang batuaannya lebih dari 0,5 cm atau yang tertahan diayakan

0,475 cm adalah agregat kasar. Agregat kasar pada beton adalah kerikil pecah yang berasal dari batu-batuan atau batu pecah yang didapat secara manual ataupun mesin. Kerikil pecah yang baik digunakan dalam pembuatan beton adalah batuan yang keras, tidak mudah pecah, dan bentuk yang kasar, tidak mengandung lumpur diatas 1 % dan tidak mengandung zat-zat yang dapat merusak beton.

Menurut SNI 03-1970-1990 agregat kasar yaitu kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu secara manual ataupun dengan menggunakan mesin dengan ukuran butir 4,75 mm – 40 mm (Saringan No.4 – No 1 1/2 inch).

Agregat terbagi dari 3 macam apabila dilihat dari berat jenisnya, yaitu:

1. Batu Ringan  
Berat jenis  $< 2,5 \text{ gr/cm}^3$ .
2. Batu Normal  
Berat jenis  $2,5 \text{ gr/cm}^3 - 2,7 \text{ gr/cm}^3$ .
3. Batu Berat  
Berat jenis  $> 2,7 \text{ gr/cm}^3$ .

**Tabel 2.1** Gradasi Saringan Ideal Kasar

<b>Persen Butir Lewat Ayakan, Besar Butir Maksimal</b>			
<b>Lubang Ayakan (mm)</b>	<b>40 mm</b>	<b>20 mm</b>	<b>12,5 mm</b>
38,10	95 – 100	100	-
19,00	35 – 70	95 – 100	100
9,52	10 – 40	30 – 60	50 – 85
4,76	0 – 5	0 – 10	0 – 10

*Sumber : Penelitian (2023)*

#### **2.3.4 Agregat Halus**

Bahan penyusun beton terdiri dari 70%-80% agregat dari total volume beton, sehingga menjadi material penting dalam pembuatan beton (Mindess, 2003). Menurut (Nawy, 1998) Agregat halus harus bergradasi agar massa beton dapat berguna sebagai kesatuan yang utuh, rapat, homogen dan bervariasi dalam berperilaku.

Agregat halus disini adalah pasir, baik berupa pasir alami, atau dari hasil pembuatan secara manual maupun menggunakan mesin. Agregat halus memiliki

ukuran <4,75 mm (ASTM C 125–06). Menurut standar SK SNI T-15-1991-03 ada beberapa jenis pasir tergantung ukurannya seperti:

1. Pasir halus : < 1,2 mm
2. Silt : < 0,075 mm
3. Clay : < 0,002 mm

Berikut adalah pengertian lain dari agregat halus, yaitu :

- Agregat dengan butiran halus antara 0,2 cm – 0,5 cm.
- Berdasarkan standar SNI 02-6820-2002, agregat yang butiran maksimumnya sebesar 0,475 cm.
- Menurut Neville (2011), agregat dengan ukuran <0,05 cm adalah pasir alam maupun pasir hasil proses secara manual ataupun menggunakan mesin.

Berdasarkan Standar SNI 02-6820-2002 persyaratan agregat halus harus sesuai dengan penjelasan berikut ini:

- Pasir yang bagus adalah pasir dengan bentuk yang keras dan tajam
- Pasir tidak gampang pecah atau hancur terkena cuaca panas ataupun dingin dan dapat dibuktikan dengan menggunakan natrium sulfat dengan kehancuran pasir tidak lebih dari 10% berat total agregat halus.
- Mengandung kadar lumpur dibawah 5% (terhadap berat kering), jika melebihi 5% maka pasir wajib dicuci.

**Tabel 2. 2** Batas-batas Gradasi Agregat Halus

Diameter Saringan (mm)	Persen butir lolos ayakan			
	Zona 1 (Kasar)	Zona 2 (Agak Kasar)	Zona 3 (Agak Halus)	Zona 4 (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

*Sumber : Penelitian (2023)*

Pasir alam terbagi menjadi 3, yaitu :

1. Pasir gunung

Pasir yang didapat dengan cara menambang di kuari, galian bukit atau letusan gunung berapi, memiliki ciri berbentuk runcing dan berstektur halus.

2. Pasir sungai

Pasir yang berasal penggalian dan penambangan di sungai, memiliki bentuk dan ukuran berbeda-beda karena tergantung asal batuan dan besar kecilnya aliran sungai.

3. Pasir laut

Pasir laut berasal dari pesisir pantai dengan ukuran antara 0,55-2,5 mm.

## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan dan Struktur Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur.

#### **3.2 Tahapan Penelitian**

Tahapan metodologi penelitian adalah urutan-urutan yang akan dilaksanakan secara sistematis dan logis dengan menggunakan alat bantu ilmiah yang bertujuan untuk memperoleh kebenaran suatu objek permasalahan.

Secara garis besar pelaksanaan penelitian ini dengan tahap-tahap sebagai berikut :

- Tahap I : Tahap persiapan awal
- Tahap II : Tahap pengumpulan *studi literature*
- Tahap III : Tahap pengumpulan bahan
- Tahap IV : Tahap pemeriksaan sifat fisik bahan
- Tahap V : Tahap pembuatan benda uji
- Tahap VI : Tahap pengujian sifat mekanis benda uji
- Tahap VII : Tahap pengujian material untuk pembuatan beton
- Tahap VIII : Tahap perencanaan *mix design*
- Tahap IX : Tahap pembuatan benda uji beton
- Tahap X : Tahap perawatan benda uji beton
- Tahap XI : Tahap pengujian kuat tekan beton
- Tahap XII : Tahap analisis hasil pengujian dan pembahasan
- Tahap XIII : Tahap penarikan kesimpulan

##### **3.2.1 Tahap Persiapan Awal**

Tahap persiapan awal merupakan tahap mempersiapkan segala sesuatu yang terkait dengan masalah penelitian yang akan dilakukan. Tahap pertama adalah berupa menyiapkan peralatan untuk pembuatan benda uji maupun untuk pengujian. Peralatan yang akan digunakan diperiksa sebelumnya untuk mengetahui kelayakan alat dalam pelaksanaan penelitian. Pada penelitian ini alat-alat yang dibutuhkan antara lain :

1. Timbangan Digital

Alat ini berfungsi untuk mengetahui berat dari benda uji.



**Gambar 3.1** Timbangan  
*Sumber : Penelitian (2023)*

2. *Arco*

Alat ini berfungsi sebagai alat angkut barang atau material



**Gambar 3.2** Arco  
*Sumber : Penelitian (2023)*

3. *Mesin Oven*

Alat ini berfungsi untuk proses pemanasan dan pengeringan benda uji.



**Gambar 3.3** alat oven  
*Sumber : Penelitian (2023)*

4. Loyang *aluminium*

Alat ini digunakan sebagai wadah untuk benda uji.



**Gambar 3.4** Loyang  
*Sumber : Penelitian (2023)*

5. Mesin *Los Angeles*

Alat ini digunakan untuk pengujian keausan/abrasi agregat kasar.



**Gambar 3.5** alat *Los Angeles*  
*Sumber : Penelitian (2023)*

6. Mesin molen/*Mixer*

Alat ini digunakan untuk mengaduk material yang digunakan dalam proses pembuatan benda uji beton.



**Gambar 3.6** mixer  
*Sumber : Penelitian (2023)*

7. Cetok

Alat yang digunakan sebagai proses pembuatan sampel beton.



**Gambar 3.7** cetok

*Sumber : Penelitian (2023)*

8. Cetakan silinder uji 15 x 30 cm

Alat ini digunakan sebagai wadah campuran



**Gambar 3.8** silinder

*Sumber : penelitian (2023)*

9. *Slump test*

Alat yang digunakan sebagai proses pengujian nilai slump beton.



**Gambar 3.9** alat *slump test*

*Sumber : penelitian (2023)*



10. Mesin Kuat Tekan (*Compression Testing Machine*)

Alat ini digunakan untuk mengetahui kuat tekan benda uji.



**Gambar 3.10** alat uji tekan

*Sumber : penelitian (2023)*

11. Alat ukur(penggaris/jangka sorong)

Alat ini digunakan untuk mengukur panjang dan diameter benda uji



**Gambar 3.11** penggaris alat ukur

*Sumber : penelitian (2023)*

12. Mesin Potong (*Cutting Off*)

Alat ini berfungsi untuk memotong benda uji batu sesuai ukuran yang telah direncanakan.



**Gambar 3.12** mesin potong

*Sumber : penelitian (2023)*

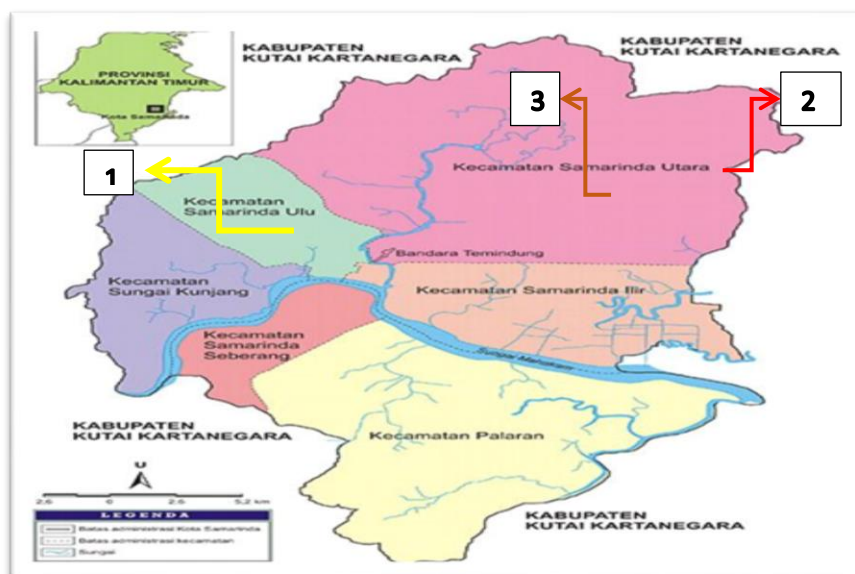
### 3.2.2 Tahap Pengumpulan Studi *Literature*

Tahap pengumpulan studi *literature* merupakan tahap mengumpulkan studi pustaka terkait penelitian yang akan dilakukan sebagai bahan referensi dan perbandingan pada penelitian yang dilakukan penulis. Studi *literature* bisa didapatkan dari berbagai sumber yang ada, baik seperti jurnal, buku dokumentasi, internet dan pustaka lainnya.

### 3.2.3 Tahap Pengumpulan Bahan

Tahap pengumpulan bahan merupakan tahap yang menjadi awal penelitian ini karena pada tahap ini penulis mencari batu yang digunakan sebagai bahan utama pada penelitian yang merupakan hasil dari kuari yang di dapatkan dari Kelurahan Air Putih Jl Suryanata, Jl Batu Cermin dan Jl Batu Besaung Sempaja Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur. Kota Samarinda memiliki luas wilayah sebesar 718,00 Km<sup>2</sup> Letak 00° 19' 02" LU - 00° 42' 34" LU dan 117° 03' 00" BT - 117° 18' 14" BT. Kota Samarinda memiliki 10 Kecamatan yang dilintasi oleh Sungai Mahakam dan anak Sungai Karang Mumus yang membelah Kota Samarinda, jumlah penduduk Kota Samarinda 928.644 jiwa dengan pertumbuhan penduduk 11% per tahun.

Pada penelitian ini penulis mengambil sampel batu dari kuari-kuari yang berada di Kota Samarinda untuk digunakan sebagai bahan penelitian yang akan dijelaskan setia p lokasi pengambilan batu dari kuari sebagai berikut:



**Gambar 3.13** Peta Kota Samarinda

*Sumber : penelitian (2023)*

Pada penelitian ini penulis mengambil sampel batu dari kuari-kuari yang berada di Kota Samarinda untuk digunakan sebagai bahan penelitian yang akan dijelaskan setiap lokasi pengambilan batu dari kuari sebagai berikut:

1. Kuari Air Putih Jl. Suryanata

Kuari Batu Suryanata yang terletak pada koordinat  $0,47498^{\circ}$  S,  $117,11736^{\circ}$  T. Pengambilan sampel untuk benda uji di ambil secara acak atau tidak dalam satu titik, sehingga sampel yang diambil bervariasi jenisnya. Kuari Suryanata dapat dilihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3. 14 Lokasi kuari Suryanata  
*Sumber : penelitian (2023)*

2. Kuari Batu Cermin Jl. Batu Cermin Sempaja Utara

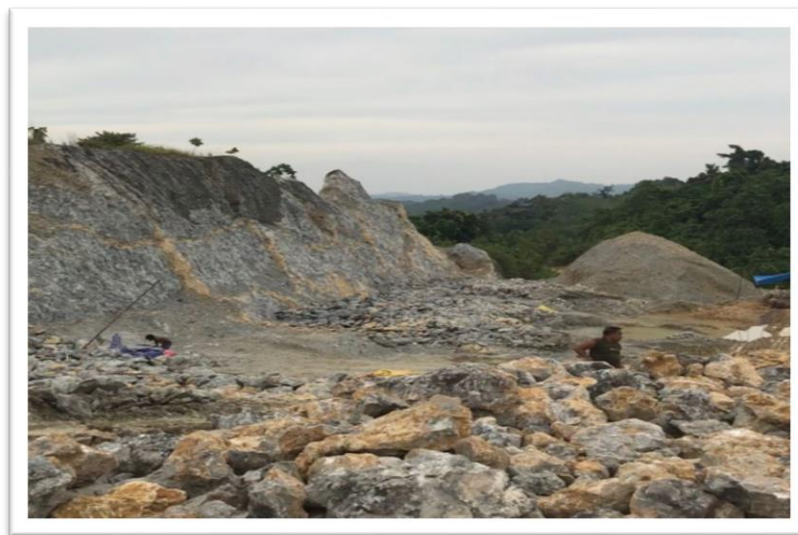
Pada kuari Batu Cermin yang terletak pada koordinat  $0,42671^{\circ}$  S,  $117,13686^{\circ}$  T. Pengambilan sampel untuk benda uji di ambil secara acak atau tidak dalam satu titik, sehingga sampel yang diambil bervariasi jenisnya. Kuari Cermin dapat dilihat pada Gambar 3.15.



Gambar 3. 15 Lokasi Kuari Cermin  
*Sumber : penelitian (2023)*

### 3. Kuari Batu Besaung Jl. Batu Besaung Sempaja Utara

Pada kuari Batu Besaung yang terletak pada koordinat  $0,40910^{\circ}$  S,  $117,14261^{\circ}$  T. Pengambilan sampel untuk benda uji di ambil secara acak atau tidak dalam satu titik, sehingga sampel yang diambil bervariasi jenisnya. Kuari Besaung dapat dilihat pada Gambar 3.16.



Gambar 3. 16 Lokasi Kuari Besaung  
*Sumber : penelitian (2023)*

#### 3.2.4 Tahap Pemeriksaan Sifat Fisik Batu

Pada tahap ini dilakukan 5 pemeriksaan sifat-sifat fisik batu antara lain adalah:

### 1. Berat Volume

Pemeriksaan berat volume batu kondisi sampel awal sebelum dipotong, dengan cara :

- a. Bersihkan batu dari tanah/debu yang menempel pada batu dengan cara disikat perlahan atau dicuci dengan air apabila benda menempel sangat padat.
- b. Timbang berat batu yang sudah bersih.
- c. Ukur volume batu yang sudah bersih, dengan menggunakan gelas ukur (ukur volume air yang bertambah setelah batu dimasukkan ke dalam wadah/gelas).

### 2. Berat Volume

Pemeriksaan berat volume batu kondisi setelah dipotong berbentuk kubus, dengan cara:

- a. Timbang berat sampel benda uji yang telah dipotong sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan
- b. Mengukur panjang tiap sisi benda uji (dengan rumus volume kubus)

### 3. Berat Jenis

Pemeriksaan berat jenis batu setelah periksa berat volume, dengan cara :

- a. Keringkan batu dengan kain sampai terlihat kering permukaannya.
- b. Timbang batu tersebut dalam air (menggunakan alat ukur berat jenis agregat kasar).

### 4. Kadar Air

Pemeriksaan kadar air pada agregat kasar, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Timbang dan catat berat benda uji agregat kasar pada kondisi awal sebelum di oven (W1)
- b. Masukkan benda uji kedalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  sampai berat tetap
- c. Setelah kering oven, timbang dan catat kembali berat benda uji (W2)
- d. Menghitung kadar air agregat

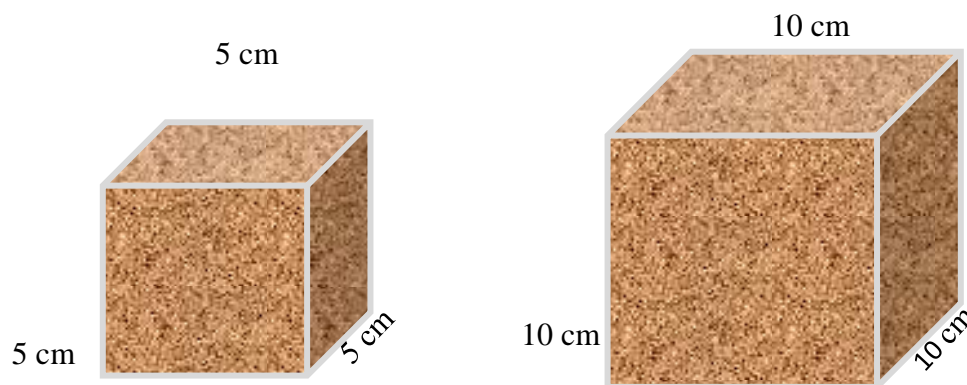
### 5. Penyerapan

Pemeriksaan penyerapan air pada agregat kasar, dengan cara sebagai berikut:

- a. Keringkan batu dengan kain sampai dengan terlihat kering permukaannya
  - b. Timbang dan catat berat agregat dalam keadaan kering permukaan
  - c. Masukkan agregat kasar kedalam oven selama 24 jam
  - d. Timbang dan catat kembali berat kering setelah di oven
  - e. Perhitungan penyerapan agregat
6. Abrasi
- Pemeriksaan ketahanan aus pada agregat kasar sesuai pedoman SNI 03-2417 1991 dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:
- a. Mempersiapkan peralatan dan bahan yang telah ditimbang, kemudian mencuci agregat dan di oven selama 24 jam.
  - b. Memasukkan benda uji kedalam mesin *los angeles* dengan penggunaan bola baja sebanyak 11 buah.
  - c. Menyalakan mesin dan *setting* untuk putaran sebanyak 500 kali.
  - d. Setelah putaran selesai, sampel dikeluarkan dari mesin *los angeles* kemudian melakukan penyaringan benda uji dengan menggunakan saringan No.12.
  - e. Agregat uji yang tertahan pada saringan dilakukan pencucian, selanjutnya dikeringkan dalam oven , dan kemudian ditimbang.
  - f. Perhitungan uji keausan agregat

### **3.2.5 Tahap Pembuatan Benda Uji Batu**

Pada tahap pembuatan benda uji merupakan tahap membuat sampel yang berasal dari kondisi awal berupa bongkahan batu dipotong menjadi berbentuk kubus dengan ukuran yang telah ditentukan yaitu 5 x 5 x 5 cm sebanyak 9 buah dan ukuran 10 x 10 x 10 cm sebanyak 9 buah, dengan jumlah keseluruhan 18 buah. Perencanaan variasi sampel benda uji pada batu dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.17 perencanaan sampel batu

Sumber : penelitian (2023)

Tabel 3.1 Perencanaan Sampel Benda Uji Batu

Benda Uji (kubus)	Pengujian Kuat Tekan (ukuran benda uji)		Jumlah Sampel
	5 x 5 x 5 Cm	10 x 10 x 10 Cm	
Material - Batu dari kuari Air Hitam Jl Suryanata	3	3	6
Material - Batu dari kuari Jl Batu Besaung Sempaja Utara	3	3	6
Material - Batu dari kuari Jl Batu Cermin Sempaja Utara	3	3	6
Total Benda Uji	9	9	18

Sumber : Data Peneliti (2023)

### 3.2.6 Tahap Pengujian Sifat Mekanik Batu

Pada tahap ini pengujian mekanik pada batu dilakukan dengan menguji kuat tekan batu yang telah disiapkan pada tahap sebelumnya. Kuat tekan sendiri dilakukan dengan cara memberikan gaya tekanan kepada batu sehingga terjadi perubahan bentuk yang diakibatkan oleh adanya tekanan tersebut kepada batu. Langkah-langkah yang dilakukan untuk pengujian kuat tekan batu adalah sebagai berikut :

1. Menimbang berat benda uji batu yang telah berbentuk kubus.
2. Mengukur panjang sisi pada masing-masing sampel benda uji.
3. Meletakkan benda uji pada mesin tekan dengan mengaturnya pada tombol kontrol yang terdapat pada mesin.

4. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan cara memberikan gaya tekan/beban pada benda uji hingga benda uji tersebut retak/hancur. Sehingga mendapatkan beban maksimum pada setiap benda uji. Lalu catat kuat tekan benda uji tersebut. Dan
5. Lakukan tahap 1- 4 pada benda uji berikutnya sampai selesai.

### 3.2.7 Tahap Pengujian Material Untuk Pembuatan Beton

Adapun dilakukan pemeriksaan terhadap material agregat kasar dari lokasi dengan hasil nilai uji kuat tekan tertinggi yaitu sebagai berikut.

1. Penentuan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dengan berat benda uji sebanyak 2500 gram.
2. Penentuan gradasi agregat kasar dengan berat benda uji sebanyak 1000 gram.
3. Penentuan kadar air agregat kasar dengan benda uji sebanyak 2000 gram.
4. Penentuan kadar lumpur agregat kasar dengan benda uji sebanyak 1500 gram.
5. Penentuan keausan agregat kasar dengan benda uji sebanyak 5000 gram.

### 3.2.8 Tahap Perencanaan *Mix Design*

Apabila semua data telah didapatkan setelah melalui pengujian material penelitian yang dilakukan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur, maka selanjutnya dapat dilakukan perencanaan komposisi campuran beton (*mix design*) dengan mengacu pada SNI 03-2834-2000. Tabel perencanaan *mix design* akan dijelaskan pada bab IV.

### 3.2.9 Tahap Pembuatan Benda Uji Beton

Pembuatan benda uji didasarkan mengikuti aturan perencanaan *mix design* beton dengan SNI 03-2834-2000 dengan mutu rencana 30 MPa. Benda uji dibuat berbentuk silinder dengan ukuran 15 x 30 cm. pembuatan sampel benda uji dengan total jumlah benda uji sebanyak 9 sampel benda uji.

**Tabel 3.2** Rencana Pembuatan benda uji beton

Benda Uji (Silinder)	Pengujian Kuat Tekan (Umur Beton)			Jumlah Benda Uji
	7 Hari	14 Hari	28 Hari	
<b>Material</b>				
1. Batu Suryanata 2. Pasir Ex. Palu 3. Air PDAM	3	3	3	9

*Sumber : penelitian (2023)*



### **3.2.10 Tahap Perawatan Benda Uji**

Perawatan benda uji beton dilakukan ketika permukaan beton yang telah terbuka telah mengalami fase pengerasan, dimaksudkan agar reaksi kimia dalam bahan campuran pembentuk beton akan berada pada keadaan yang stabil. Setelah benda uji dibuka dari silinder, selanjutnya dilakukakn perendaman terhadap benda uji menggunakan air PDAM Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur. Kemudian benda uji dididamkan didalam bak perendam hingga akan dilakukannya tahapan pengujian uji tekan beton.

### **3.2.11 Tahap Pengujian Kuat Tekan Beton**

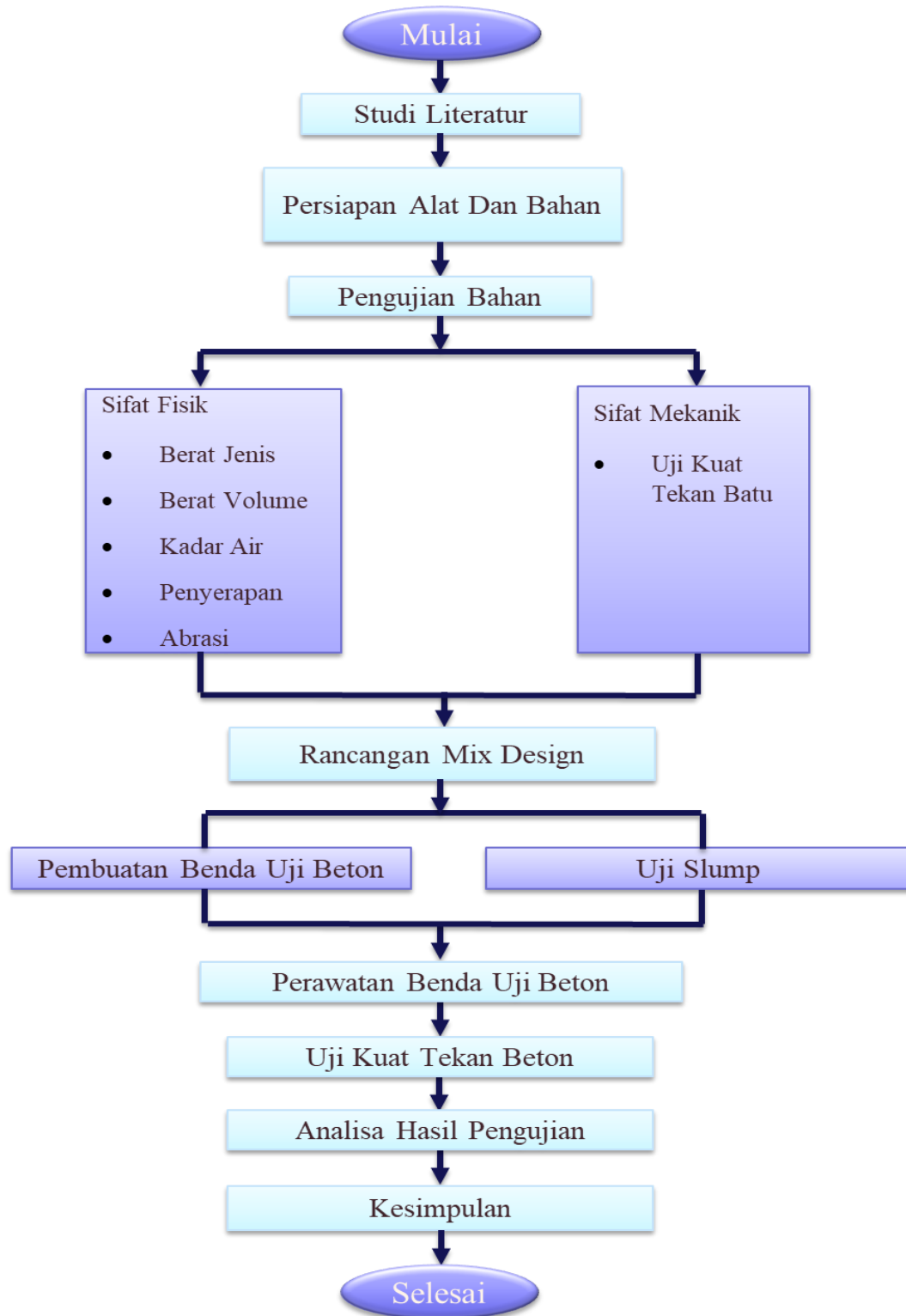
Kuat tekan beton ialah besarnya beban persatuan luas, mengacu pada besarnya beban yang menyebabkan benda uji beton runtuh bila dikenai gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh alat tekan (SNI 03-1974-1990). Pada penelitian ini pengujian kuat tekan dilaksanakan setelah beton berumur 7,14, dan 28 hari.

### **3.2.12 Tahap Analisis Hasil Pengujian dan Pembahasan**

Dari hasil pengujian kuat tekan beton didapatkan beban maksimum dari setiap benda uji beton, kemudian dilakukan analisis data untuk mengetahui kekuatan pada setiap benda uji beton silinder tersebut.

## **3.3 Bagan Alir Penelitian**

Secara garis besar diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 3.18 dibawah ini.



**Gambar 3.18** Diagram Alir  
*Sumber : penelitian (2023)*

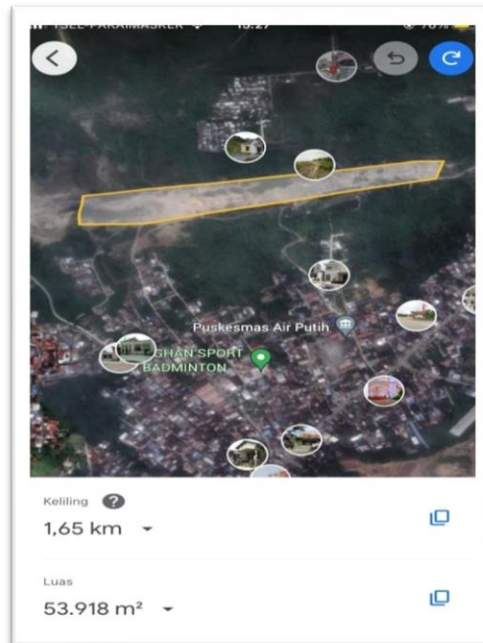
## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Data dan Hasi Potensi dari Kuari

##### 1. Kuari Suryanata

Peneliti melakukan pengamatan langsung secara visual pada lokasi mengenai luasan yang dibantu menggunakan aplikasi *google earth* dengan memberikan batasan sesuai pada koordinat lokasi kuari, sehingga bisa didapatkan luasan  $\pm 53.918 \text{ m}^2$  dengan perkiraan tinggi kuari rata-rata 11 m. Dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Luas Perkiraan Kuari Suryanata

*Sumber : Google Earth (2023)*

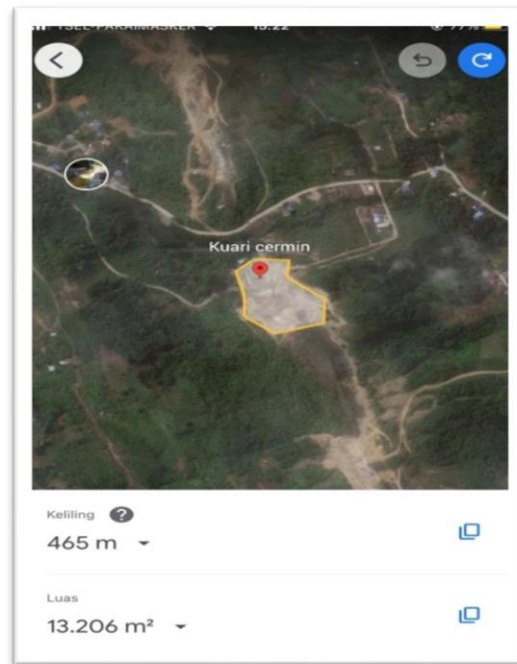
Untuk menentukan volume cadangan sumber daya batu dengan menggunakan perhitungan Luasan yang didapatkan dari *google earth* dikali dengan Tinggi rata-rata maka :  $V = L \times T$  rata-rata .....(10)

$$\begin{aligned} &= 53.918 \text{ m}^2 \times 11 \text{ m} \\ &= 593.098 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka cadangan sumber daya batu yang dapat diproduksi sebesar  $\pm 593.098 \text{ m}^3$

## 2. Kuari Cermin

Peneliti melakukan pengamatan langsung secara visual pada lokasi mengenai luasan yang dibantu menggunakan aplikasi *google earth* dengan memberikan batasan sesuai pada koordinat lokasi kuari, sehingga bisa didapatkan luasan  $\pm 13.206 \text{ m}^2$  dengan perkiraan tinggi kuari rata-rata 10 m. Dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Luas Perkiraan Kuari Cermin

Sumber : *Google Earth (2023)*

Untuk menentukan volume cadangan sumber daya batu dengan menggunakan perhitungan Luasan yang didapatkan dari *google earth* dikali dengan Tinggi rata-rata maka :  $V = L \times T$  rata-rata .....(11)

$$= 13.206 \text{ m}^2 \times 10 \text{ m}$$

$$= 132.060 \text{ m}^3$$

Maka cadangan sumber daya batu yang dapat diproduksi sebesar  $\pm 132.060 \text{ m}^3$ .

## 3. Kuari Besaung

Peneliti melakukan pengamatan langsung secara visual pada lokasi mengenai luasan yang dibantu menggunakan aplikasi *google earth* dengan memberikan batasan sesuai pada koordinat lokasi kuari, sehingga bisa

didapatkan luasan  $\pm 18.688 \text{ m}^2$  dengan perkiraan tinggi kuari rata-rata 6 m. Dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Luas Perkiraan Kuari Besaung  
 Sumber : *Google Earth (2023)*

Untuk menentukan volume cadangan sumber daya batu dengan menggunakan perhitungan Luasan yang didapatkan dari *google earth* dikali dengan Tinggi rata-rata maka :  $V = L \times T$  rata-rata .....(12)

$$= 18.688 \text{ m}^2 \times 6 \text{ m}$$

$$= 112.128 \text{ m}^3$$

Maka cadangan sumber daya batu yang dapat diproduksi sebesar  $\pm 112.128 \text{ m}^3$ .

#### 4.2 Data dan hasil Pengujian Sifat Fisik Batu

Pengujian sampel yang dilakukan merupakan bahan yang didapatkan dari 3 lokasi yang berbeda di Kota Samarinda terdiri dari lokasi kuari Suryanata dinamakan (BS), lokasi kuari besaung dinamakan (BB) dan lokasi kuari Cermin dinamakan (BC). Data dan hasil pengujian disajikan pada tabel dan gambar serta grafik dibawah ini.



**Gambar 4.4** Batu Suryanata  
*Sumber : penelitian (2023)*

#### 4.2.1 Data Pengujian Berat Jenis dan Berat Volume

##### 1. Suryanata

Pengujian berat jenis pada batu suryanata sebelum dipotong berbentuk kubus dengan ukuran 5 cm & 10 cm dapat dinyatakan dalam berat jenis berdasarkan berat kering dibagi berat kering permukaan dikurangi berat dalam air.

Dari data pengujian di peroleh :

##### a. Sampel 1 (5 cm)

$$\text{Berat kering (Bk)} = 4,286 \text{ gr}$$

$$\text{Berat SSD (Bj)} = 4,289 \text{ gr}$$

$$\text{Berat dalam air (Ba)} = 2,526 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis} &= \frac{\text{Berat Kering (Bk)}}{\text{Berat SSD (Bj)} - \text{Berat Dalam Air (Ba)}} \dots\dots\dots(13) \\ &= \frac{4,286}{4,289 - 2,526} \\ &= 2,431 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis SSD} &= \frac{\text{Berat SSD (Bj)}}{\text{Berat SSD (Bj)} - \text{Berat Dalam Air (Ba)}} \dots\dots\dots(14) \\ &= \frac{4,289}{4,289 - 2,526} \\ &= 2,433 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Semu} &= \frac{\text{Berat Kering } (B_k)}{\text{Berat Kering } (B_k) - \text{Berat Dalam Air } (B_a)} \dots\dots\dots(15) \\ &= \frac{4,286}{4,286 - 2,526} \\ &= 2,435 \end{aligned}$$

**Tabel 4.1** Berat Jenis sebelum dipotong 5cm

<b>Pengujian Berat Jenis Sampel Batu Suryanata sebelum dipotong (5cm)</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>Satuan</b>
Berat benda uji kering ( <i>B<sub>k</sub></i> )	4,286	2,889	4,314	3,830	Gram
Berat benda uji SSD ( <i>B<sub>j</sub></i> )	4,289	2,891	4,317	3,832	Gram
Berat benda uji dalam air ( <i>B<sub>a</sub></i> )	2,526	1,736	2,582	2,281	Gram
Berat Jenis $B_k/(B_j-B_a)$	2,431	2,501	2,486	2,473	-
Berat Jenis SSD $B_j/(B_j-B_a)$	2,433	2,503	2,488	2,475	-
Berat Jenis Semu $B_k/(B_k-B_a)$	2,435	2,506	2,491	2,477	-

Sumber : penelitian (2023)

Berdasarkan hasil dari pengujian berat jenis pada sampel batu asli sebelum dipotong kubus pada tabel 4.1 mendapatkan hasil rata-rata berat jenis bulk sebesar 2,473, berat jenis ssd sebesar 2,475 dan berat jenis semu 2,477. Dari pengujian berat jenis batu suryanata dinyatakan belum memenuhi syarat ASTM C 127 yaitu sebesar (2,50 - 2,80) dan standart tersebut sama dengan yang dinyatakan oleh Neville (2011).

**Tabel 4.2** Berat jenis batu sebelum dipotong 10 cm

<b>Pengujian Berat Jenis Sampel Batu Suryanata sebelum dipotong (10 cm)</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>Satuan</b>
Berat benda uji kering ( <i>B<sub>k</sub></i> )	10,659	10,612	10,636	10,636	Gram
Berat benda uji SSD ( <i>B<sub>j</sub></i> )	10,698	10,649	10,674	10,674	Gram
Berat benda uji dalam air ( <i>B<sub>a</sub></i> )	6,234	6,115	6,175	6,175	Gram
Berat Jenis $B_k/(B_j-B_a)$	2,388	2,341	2,364	2,364	-
Berat Jenis SSD $B_j/(B_j-B_a)$	2,397	2,349	2,372	2,373	-
Berat Jenis Semu $B_k/(B_k-B_a)$	2,409	2,360	2,384	2,384	-

Sumber : penelitian (2023)

Berdasarkan hasil dari pengujian berat jenis pada sampel batu asli sebelum dipotong kubus pada tabel 4.2 mendapatkan hasil rata-rata berat jenis bulk sebesar 2,364, berat jenis ssd sebesar 2,373, dan berat jenis semu 2,384.

Dari pengujian berat jenis batu suryanata dinyatakan belum memenuhi syarat ASTM C 127 yaitu sebesar (2,50 - 2,80) dan standart tersebut sama dengan yang dinyatakan oleh Neville (2011).

Pengujian berat jenis pada batu Suryanata setelah dipotong berbentuk kubus dengan ukuran 5 cm & 10 cm dapat dinyatakan dalam berat jenis berdasarkan berat kering dibagi berat kering permukaan dikurangi berat dalam air.

Dari data pengujian diperoleh :

a. Sampel 1 (5 cm)

$$\text{Berat kering (Bk)} = 378 \text{ gr}$$

$$\text{Berat SSD (Bj)} = 379 \text{ gr}$$

$$\text{Berat dalam air (Ba)} = 237 \text{ gr}$$

$$\text{Berat Jenis} = \frac{\text{Berat Kering (Bk)}}{\text{Berat SSD (Bj)} - \text{Berat Dalam Air (Ba)}} \dots\dots(15)$$

$$= \frac{378}{379-237}$$

$$= 2,662$$

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{\text{Berat SSD (Bj)}}{\text{Berat SSD (Bj)} - \text{Berat Dalam Air (Ba)}} \dots\dots(16)$$

$$= \frac{379}{379-237}$$

$$= 2,669$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{\text{Berat Kering (Bk)}}{\text{Berat Kering (Bk)} - \text{Berat Dalam Air (Ba)}} \dots\dots(17)$$

$$= \frac{378}{378-237}$$

$$= 2,681$$

**Tabel 4. 3** Berat Jenis Batu Setelah dipotong 5 cm

<b>Pengujian Berat Jenis Sampel Batu Suryanata setelah dipotong (5 cm)</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>Satuan</b>
Berat benda uji kering ( <i>Bk</i> )	0,378	0,337	0,379	0,365	Gram
Berat benda uji SSD ( <i>Bj</i> )	0,379	0,338	0,380	0,366	Gram
Berat benda uji dalam air ( <i>Ba</i> )	0,237	0,211	0,237	0,228	Gram
Berat Jenis $Bk/(Bj-Ba)$	2,662	2,654	2,650	2,655	-
Berat Jenis SSD $Bj/(Bj-Ba)$	2,669	2,661	2,657	2,663	-
Berat Jenis Semu $Bk/(Bk-Ba)$	2,681	2,675	2,669	2,675	-

Sumber : penelitian (2023)



Berdasarkan hasil dari pengujian berat jenis pada sampel batu setelah dipotong kubus pada tabel 4.3 mendapatkan hasil rata-rata berat jenis bulk sebesar 2,655, berat jenis ssd sebesar 2,663, dan berat jenis semu 2,675. Dari pengujian berat jenis batu suryanata setelah dipotong dinyatakan telah memenuhi syarat ASTM C 127 yaitu sebesar (2,50 - 2,80) dan standart tersebut sama dengan yang dinyatakan oleh Neville (2011).

**Tabel 4.4** Berat Jenis Batu Setelah dipotong 10 cm

<b>Pengujian Berat Jenis Sampel Batu Suryanata setelah dipotong (10 cm)</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>Satuan</b>
Berat benda uji kering ( $B_k$ )	3,020	3,165	3,093	3,093	Gram
Berat benda uji SSD ( $B_j$ )	3,023	3,168	3,096	3,096	Gram
Berat benda uji dalam air ( $B_a$ )	1,768	1,665	1,802	1,745	Gram
Berat Jenis $B_k/(B_j-B_a)$	2,406	2,106	2,391	2,301	-
Berat Jenis SSD $B_j/(B_j-B_a)$	2,415	2,108	2,399	2,307	-
Berat Jenis Semu $B_k/(B_k-B_a)$	2,412	2,110	2,396	2,306	-

*Sumber : penelitian (2023)*

Berdasarkan hasil dari pengujian berat jenis pada sampel batu setelah dipotong kubus pada tabel 4.4 mendapatkan hasil rata-rata berat jenis bulk sebesar 2,301, berat jenis ssd sebesar 2,307, dan berat jenis semu 2,306. Dari pengujian berat jenis batu suryanata dinyatakan belum memenuhi syarat ASTM C 127 yaitu sebesar (2,50 - 2,80) dan standart tersebut sama dengan yang dinyatakan oleh Neville (2011).

Pengujian berat volume pada sampel batu asli suryanata sebelum dipotong berbentuk kubus dengan ukuran 5 cm & 10 cm dapat dinyatakan dalam volume batu berdasarkan luas penampang wadah dikali dengan kenaikan air pada wadah. Kemudian dapat dinyatakan berat volume sampel asli berdasarkan berat sampel kering dibagi dengan volume batu.

Dari data pengujian diperoleh :

a. Sampel 1 (5 Cm)

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \dots\dots\dots(18) \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (29,5)^2 \\
 &= 638,15 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kenaikan air} &= \text{Tinggi air + benda uji (Vb)} - \text{Tinggi awal air} \\
 &(\text{Va})\dots\dots\dots(19) \\
 &= 17,9 - 15 \\
 &= 2,9 \text{ cm} \\
 \\
 \text{Volume batu} &= \text{Luas Penampang wadah (Vd)} \times \text{Kenaikan Air} \\
 &(\text{Vc})\dots\dots\dots(20) \\
 &= 683,15 \times 2,9 \\
 &= 1,981 \text{ cm}^2 \\
 \\
 \text{Berat Volume} &= \text{Berat Sampel kering (Vf)} \div \text{Volume batu} \\
 &(\text{Ve})\dots\dots\dots(21) \\
 &= 4,286 \div 1,981 \\
 &= 2,163 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.5** Berat Volume Batu Sebelum dipotong 5 cm

<b>Pengujian Berat Volume Sampel Batu Suryanata sebelum dipotong (5 Cm)</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi awal air (Va)	15	15	15	15	Cm
Tinggi air + benda uji (Vb)	17,9	17,2	18	17,7	Cm
Kenaikan air (Vb - Va) = (Vc)	2,9	2,2	3,0	2,7	Cm
Luas penampang wadah (Vd)	683,15	683,15	683,15	683,15	cm <sup>2</sup>
Volume Batu (Ve)	1,981	1,503	2,049	1,845	cm <sup>2</sup>
Berat Sampel Kering (Vf)	4,286	2,889	4,314	3,830	Gram
Berat Volume (Vf)/Ve)	2,163	1,922	2,105	2,064	gr/cm <sup>3</sup>

*Sumber : penelitian (2023)*

Berdasarkan hasil dari pengujian berat volume pada sampel batu sebelum dipotong kubus pada tabel 4.5 mendapatkan hasil rata-rata volume batu sebesar 1,845 cm<sup>2</sup> dan berat volume rata-rata sebesar 2,064 gr/cm<sup>3</sup>.

**Tabel 4.6** Berat Volume Batu Sebelum dipotong 10 cm

<b>Pengujian Berat Volume Sampel Batu Suryanata sebelum dipotong (10 Cm)</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi awal air (Va)	15	15	15	15	Cm
Tinggi air + benda uji (Vb)	20,9	20,7	20,8	21	Cm
Kenaikan air (Vb - Va) = (Vc)	5,9	5,7	5,8	6	Cm
Luas penampang wadah (Vd)	683,15	683,15	683,15	683,15	cm <sup>2</sup>
Volume Batu (Ve)	4,031	3,894	3,962	3,962	cm <sup>2</sup>
Berat Sampel Kering (Vf)	10,659	10,612	10,636	10,636	Gram
Berat Volume (Vf)/Ve)	2,645	2,725	2,684	2,685	gr/cm <sup>3</sup>

*Sumber : penelitian (2023)*

Berdasarkan hasil dari pengujian berat volume pada sampel batu sebelum dipotong kubus pada tabel 4.6 mendapatkan hasil rata-rata volume batu sebesar 3,962 cm<sup>2</sup> dan berat volume rata-rata sebesar 2,685 gr/cm<sup>3</sup>.

Pengujian berat volume pada batu suryanata setelah dipotong berbentuk kubus dengan ukuran 5 cm & 10 cm dapat dinyatakan dalam volume batu berdasarkan berat sampel dibagi volume batu.

Dari data pengujian diperoleh :

1. Sampel 1 (5 cm)

$$\begin{aligned} \text{Volume Batu} &= \text{Sisi I} \times \text{Sisi II} \times \text{Sisi III} \dots\dots\dots(22) \\ &= 5,32 \times 5,32 \times 5,32 \\ &= 150,57 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Volume} &= \text{Berat sampel} \div \text{Volume batu} \dots\dots\dots(23) \\ &= 378 \div 150,57 \\ &= 2,510 \text{ gr} \end{aligned}$$

**Tabel 4.7** Berat Volume Batu Setelah dipotong 5 cm

Pengujian Berat Volume Sampel Batu Suryanata setelah dipotong (5 Cm)	Sisi I	Sisi II	Sisi III	Berat Sampel (gram)	Volume (cm <sup>2</sup> )	Berat Volume (gram/cm <sup>3</sup> )
Batu Suryanata sampel 1 (cm)	5,32	5,32	5,32	378	150,57	2,510
Batu Suryanata sampel 2 (cm)	5,05	5,05	5,05	337	128,79	2,617
Batu Suryanata sampel 3 (cm)	5,35	5,35	5,35	379	153,13	2,475
Rata – rata				364,67	144,16	2,534

*Sumber : penelitian (2023)*

Berdasarkan hasil dari pengujian berat volume pada sampel batu setelah dipotong kubus pada tabel 4.7 mendapatkan hasil rata-rata volume batu sebesar 144,16 cm<sup>2</sup> dan berat volume rata-rata sebesar 2,534 gr/cm<sup>3</sup>.

**Tabel 4.8** Berat Volume Batu Setelah dipotong 10 cm

Pengujian Berat Volume Sampel Batu Suryanata setelah dipotong (10 Cm)	Sisi I	Sisi II	Sisi III	Berat Sampel (gram)	Volume (cm <sup>2</sup> )	Berat Volume (gram/cm <sup>3</sup> )
Batu Suryanata sampel 1 (cm)	10,3	10,3	10,3	3,020	1,092	2,764
Batu Suryanata sampel 2 (cm)	10,5	10,5	10,5	3,165	1,157	2,734
Batu Suryanata sampel 3 (cm)	10	10	10	3,225	1,000	3,225
Rata – rata				1,083	1,083	2,908

*Sumber : penelitian (2023)*

Berdasarkan hasil dari pengujian berat volume pada sampel batu setelah dipotong kubus pada tabel 4.7 mendapatkan hasil rata-rata volume batu sebesar 1,083 cm<sup>3</sup> dan berat volume rata-rata sebesar 2,908 gr/cm<sup>3</sup>.

## 2. Besaung

Pengujian berat jenis pada batu besaung sebelum dipotong berbentuk kubus dengan ukuran 5 cm & 10 cm dapat dinyatakan dalam berat jenis berdasarkan berat kering dibagi berat kering permukaan dikurangi berat dalam air.

Dari data pengujian diperoleh :

### a. Sampel 1 (5 cm)

$$\text{Berat kering (Bk)} = 4,129 \text{ gr}$$

$$\text{Berat SSD (Bj)} = 4,144 \text{ gr}$$

$$\text{Berat dalam air (Ba)} = 2,432 \text{ gr}$$

$$\text{Berat Jenis} = \frac{\text{Berat Kering (Bk)}}{\text{Berat SSD (Bj)} - \text{Berat Dalam Air (Ba)}} \dots\dots(24)$$

$$= \frac{4,129}{4,144 - 2,432}$$

$$= 2,412$$

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{\text{Berat SSD (Bj)}}{\text{Berat SSD (Bj)} - \text{Berat Dalam Air (Ba)}} \dots\dots(25)$$

$$= \frac{4,144}{4,144 - 2,432}$$

$$= 2,421$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{\text{Berat Kering (Bk)}}{\text{Berat Kering (Bk)} - \text{Berat Dalam Air (Ba)}} \dots\dots(26)$$

$$= \frac{4,129}{4,129 - 2,432}$$

$$= 2,433$$

**Tabel 4.9** Berat Jenis Batu Sebelum dipotong 5 cm

<b>Pengujian Berat Jenis Sampel Batu Besaung sebelum dipotong (5cm)</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>Satuan</b>
Berat benda uji kering ( <i>Bk</i> )	4,129	3,493	3,749	3,790	Gram
Berat benda uji SSD ( <i>Bj</i> )	4,144	3,501	3,769	3,805	Gram
Berat benda uji dalam air ( <i>Ba</i> )	2,432	2,054	2,186	2,224	Gram

<b>Pengujian Berat Jenis Sampel Batu Besaung sebelum dipotong (5cm)</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>Satuan</b>
Berat Jenis $Bk/(Bj-Ba)$	2,412	2,414	2,368	2,398	-
Berat Jenis SSD $Bj/(Bj-Ba)$	2,421	2,419	2,381	2,407	-
Berat Jenis Semu $Bk/(Bk-Ba)$	2,433	2,427	2,399	2,420	-

*Sumber : penelitian (2023)*

Berdasarkan hasil dari pengujian berat jenis pada sampel batu asli sebelum dipotong kubus pada tabel 4.9 mendapatkan hasil rata-rata berat jenis bulk sebesar 2,398, berat jenis ssd sebesar 2,407, dan berat jenis semu 2,420. Dari pengujian berat jenis batu besaung dinyatakan belum memenuhi syarat ASTM C 127 yaitu sebesar (2,50 - 2,80) dan standart tersebut sama dengan yang dinyatakan oleh Neville (2011).

**Tabel 4.10** Berat Jenis Batu Sebelum dipotong 10 cm

<b>Pengujian Berat Jenis Sampel Batu Besaung sebelum dipotong (10 cm)</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>Satuan</b>
Berat benda uji kering ( $Bk$ )	9,003	8,734	7,962	8,566	Gram
Berat benda uji SSD ( $Bj$ )	9,009	8,738	7,967	8,571	Gram
Berat benda uji dalam air ( $Ba$ )	5,577	5,420	4,992	5,330	Gram
Berat Jenis $Bk/(Bj-Ba)$	2,623	2,632	2,676	2,644	-
Berat Jenis SSD $Bj/(Bj-Ba)$	2,625	2,634	2,678	2,645	-
Berat Jenis Semu $Bk/(Bk-Ba)$	2,628	2,635	2,681	2,648	-

*Sumber : penelitian (2023)*

Berdasarkan hasil dari pengujian berat jenis pada sampel batu asli sebelum dipotong kubus pada tabel 4.10 mendapatkan hasil rata-rata berat jenis bulk sebesar 2,644, berat jenis ssd sebesar 2,645, dan berat jenis semu 2,648. Dari pengujian berat jenis batu besaung dinyatakan telah memenuhi syarat ASTM C 127 yaitu sebesar (2,50 - 2,80) dan standart tersebut sama dengan yang dinyatakan oleh Neville (2011).

Pengujian berat jenis pada batu Besaung setelah dipotong berbentuk kubus dengan ukuran 5 cm & 10 cm dapat dinyatakan dalam berat jenis berdasarkan berat kering dibagi berat kering permukaan dikurangi berat dalam air.

Dari data pengujian diperoleh :

- a. Sampel 1 (5 cm)

$$\begin{aligned}
 \text{Berat kering (Bk)} &= 314 \text{ gr} \\
 \text{Berat SSD (Bj)} &= 315 \text{ gr} \\
 \text{Berat dalam air (Ba)} &= 193 \text{ gr} \\
 \text{Berat Jenis} &= \frac{\text{Berat Kering (Bk)}}{\text{Berat SSD (Bj)} - \text{Berat Dalam Air (Ba)}} \dots\dots(27) \\
 &= \frac{314}{315 - 193} \\
 &= 2,574 \\
 \\
 \text{Berat Jenis SSD} &= \frac{\text{Berat SSD (Bj)}}{\text{Berat SSD (Bj)} - \text{Berat Dalam Air (Ba)}} \dots\dots(28) \\
 &= \frac{315}{315 - 193} \\
 &= 2,582 \\
 \\
 \text{Berat Jenis Semu} &= \frac{\text{Berat Kering (Bk)}}{\text{Berat Kering (Bk)} - \text{Berat Dalam Air (Ba)}} \dots\dots(29) \\
 &= \frac{314}{314 - 193} \\
 &= 2,595
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.11** Berat Jenis Batu Setelah dipotong 5 cm

<b>Pengujian Berat Jenis Sampel Batu Besaung setelah dipotong (5 cm)</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>Satuan</b>
Berat benda uji kering ( <i>Bk</i> )	0,314	0,342	0,322	0,326	Gram
Berat benda uji SSD ( <i>Bj</i> )	0,315	0,343	0,323	0,327	Gram
Berat benda uji dalam air ( <i>Ba</i> )	0,193	0,213	0,201	0,202	Gram
Berat Jenis $Bk/(Bj-Ba)$	2,574	2,631	2,639	2,615	-
Berat Jenis SSD $Bj / (Bj-Ba)$	2,582	2,638	2,648	2,623	-
Berat Jenis Semu $Bk/(Bk-Ba)$	2,595	2,651	2,661	2,636	-

Sumber : penelitian (2023)

Berdasarkan hasil dari pengujian berat jenis pada sampel batu setelah dipotong kubus pada tabel 4.11 mendapatkan hasil rata-rata berat jenis bulk sebesar 2,615, berat jenis ssd sebesar 2,623, dan berat jenis semu 2,636. Dari pengujian berat jenis batu besaung dinyatakan telah memenuhi syarat ASTM C 127 yaitu sebesar (2,50 - 2,80) dan standart tersebut sama dengan yang dinyatakan oleh Neville (2011).

Tabel 4. 12 Berat jenis batu setelah dipotong 10 cm

<b>Pengujian Berat Jenis Sampel Batu Besaung setelah dipotong (10 cm)</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>Satuan</b>
Berat benda uji kering ( <i>Bk</i> )	2,937	2,997	2,870	2,935	Gram
Berat benda uji SSD ( <i>Bj</i> )	2,934	3,000	2,871	2,935	Gram
Berat benda uji dalam air ( <i>Ba</i> )	1,674	1,733	1,662	1,690	Gram
Berat Jenis $Bk/(Bj-Ba)$	2,331	2,365	2,374	2,357	-
Berat Jenis SSD $Bj/(Bj-Ba)$	2,329	2,368	2,375	2,357	-
Berat Jenis Semu $Bk/(Bk-Ba)$	2,325	2,371	2,376	2,357	-

Sumber : penelitian (2023)

Berdasarkan hasil dari pengujian berat jenis pada sampel batu setelah dipotong kubus pada tabel 4.12 mendapatkan hasil rata-rata berat jenis bulk sebesar 2,357, berat jenis ssd sebesar 2,357, dan berat jenis semu 2,357. Dari pengujian berat jenis batu besaung dinyatakan belum memenuhi syarat ASTM C 127 yaitu sebesar (2,50 - 2,80) dan standart tersebut sama dengan yang dinyatakan oleh Neville (2011).

Pengujian berat volume pada sampel batu asli besaung sebelum dipotong berbentuk kubus dengan ukuran 5 cm & 10 cm dapat dinyatakan dalam volume batu berdasarkan luas penampang wadah dikali dengan kenaikan air pada wadah. Kemudian dapat dinyatakan berat volume sampel asli berdasarkan berat sampel kering dibagi dengan volume batu.

Dari data pengujian diperoleh :

a. Sampel 1 (5 Cm)

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \dots\dots\dots(30) \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (29,5)^2 \\ &= 638,15 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kenaikan air} &= \text{Tinggi air + benda uji (Vb)} - \text{Tinggi awal air (Va)} \dots\dots\dots(31) \\ &= 20,9 - 15 \\ &= 17,5 - 15 \\ &= 2,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume batu} &= \text{Luas Penampang wadah (Vd)} \times \text{Kenaikan Air (Vc)} \dots\dots\dots(32) \end{aligned}$$

$$= 683,15 \times 2,5$$

$$= 1,708 \text{ cm}^2$$

Berat Volume = Berat Sampel kering ( $V_f$ )  $\div$  Volume batu ( $V_e$ ).....(33)

$$= 4,129 \div 1,708$$

$$= 2,418 \text{ gr/cm}^3$$

**Tabel 4.13** Berat Volume Batu Sebelum dipotong 5 cm

<b>Pengujian Berat Volume Sampel Batu Besaung sebelum dipotong (5 Cm)</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi awal air ( $V_a$ )	15	15	15	15	Cm
Tinggi air + benda uji ( $V_b$ )	17,5	17,0	17,3	17,3	Cm
Kenaikan air ( $V_b - V_a = V_c$ )	2,5	2,0	2,3	2,3	Cm
Luas penampang wadah ( $V_d$ )	683,15	683,15	683,15	683,2	$\text{Cm}^2$
Volume Batu ( $V_e$ )	1,708	1,366	1,571	1,548	$\text{Cm}^2$
Berat Sampel Kering ( $V_f$ )	4,129	3,493	3,749	3,790	Gram
Berat Volume ( $V_f/V_e$ )	2,418	2,557	2,386	2,453	$\text{gr/cm}^3$

Sumber : penelitian (2023)

Berdasarkan hasil dari pengujian berat volume pada sampel batu sebelum dipotong kubus pada tabel 4.13 mendapatkan hasil rata-rata volume batu sebesar 1,548  $\text{cm}^2$  dan berat volume rata-rata sebesar 2,453  $\text{gr/cm}^3$ .

**Tabel 4.14** Berat Volume Batu Sebelum dipotong 10 cm

<b>Pengujian Berat Volume Sampel Batu Besaung sebelum dipotong (10 Cm)</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi awal air ( $V_a$ )	15	15	15	15	Cm
Tinggi air + benda uji ( $V_b$ )	19,6	19,4	19,0	19	Cm
Kenaikan air ( $V_b - V_a = V_c$ )	4,6	4,4	4,0	4	Cm
Luas penampang wadah ( $V_d$ )	683,15	683,15	683,15	683,15	$\text{cm}^2$
Volume Batu ( $V_e$ )	3,142	3,006	2,733	2,960	$\text{cm}^2$
Berat Sampel Kering ( $V_f$ )	9,003	8,734	7,962	8,566	Gram
Berat Volume ( $V_f/V_e$ )	2,865	2,906	2,914	2,895	$\text{gr/cm}^3$

Sumber : penelitian (2023)

Berdasarkan hasil dari pengujian berat volume pada sampel batu sebelum dipotong kubus pada tabel 4.14 mendapatkan hasil rata-rata volume batu sebesar 2,960  $\text{cm}^2$  dan berat volume rata-rata sebesar 2,895  $\text{gr/cm}^3$ .



Pengujian berat volume pada batu besaung setelah dipotong berbentuk kubus dengan ukuran 5 cm & 10 cm dapat dinyatakan dalam volume batu berdasarkan berat sampel dibagi volume batu.

Dari data pengujian diperoleh :

a. Sampel 1 (5 cm)

$$\begin{aligned} \text{Volume Batu} &= \text{Sisi I} \times \text{Sisi II} \times \text{Sisi III} \dots\dots\dots(34) \\ &= 4,98 \times 4,98 \times 4,98 \\ &= 123,51 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Volume} &= \text{Berat sampel} \div \text{Volume batu} \dots\dots\dots(35) \\ &= 314 \div 123,51 \\ &= 2,542 \text{ gr} \end{aligned}$$

**Tabel 4.15** Berat Volume Batu Setelah dipotong 5 cm

<b>Pengujian Berat Volume Sampel Batu Besaung setelah dipotong (5 Cm)</b>	<b>Sisi I</b>	<b>Sisi II</b>	<b>Sisi III</b>	<b>Berat Sampel I (gram)</b>	<b>Volume (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Berat Volume (gram/cm<sup>3</sup>)</b>
Batu Besaung sampel 1 (cm)	4,98	4,98	4,98	314	123,51	2,542
Batu Besaung sampel 2 (cm)	5,23	5,23	5,23	342	143,06	2,391
Batu Besaung sampel 3 (cm)	5,06	5,06	5,06	322	129,55	2,485
Rata – rata				326,00	132,04	2,473

*Sumber : penelitian (2023)*

Berdasarkan hasil dari pengujian berat volume pada sampel batu setelah dipotong kubus pada tabel 4.15 mendapatkan hasil rata-rata volume batu sebesar 132,04 cm<sup>2</sup> dan berat volume rata-rata sebesar 2,473 gr/cm<sup>3</sup>.

**Tabel 4.16** Berat Volume Batu Setelah dipotong 10 cm

<b>Pengujian Berat Volume Sampel Batu Besaung setelah dipotong (10 Cm)</b>	<b>Sisi I</b>	<b>Sisi II</b>	<b>Sisi III</b>	<b>Berat Sampel (gram)</b>	<b>Volume (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Berat Volume (gram/cm<sup>3</sup>)</b>
Batu Besaung sampel 1 (cm)	9,80	9,80	9,80	2,931	941	3,114
Batu Besaung sampel 2 (cm)	10,5	10,5	10,5	2,997	1,157	2,589
Batu Besaung sampel 3 (cm)	10,7	10,7	10,7	2,870	1,225	2,343
Rata – rata				2,932	1,108	2,682

*Sumber : penelitian (2023)*

Berdasarkan hasil dari pengujian berat volume pada sampel batu setelah dipotong kubus pada tabel 4.16 mendapatkan hasil rata-rata volume batu

sebesar 1108 cm<sup>2</sup> dan berat volume rata-rata sebesar 2,682 gr/cm<sup>3</sup>.

### 3. Cermin

Pengujian berat jenis pada batu cermin sebelum dipotong berbentuk kubus dengan ukuran 5 cm & 10 cm dapat dinyatakan dalam berat jenis berdasarkan berat kering dibagi berat kering permukaan dikurangi berat dalam air.

Dari data pengujian diperoleh :

a. Sampel 1 (5 cm)

$$\text{Berat kering (Bk)} = 6,615 \text{ gr}$$

$$\text{Berat SSD (Bj)} = 6,626 \text{ gr}$$

$$\text{Berat dalam air (Ba)} = 3,805 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis} &= \frac{\text{Berat Kering (Bk)}}{\text{Berat SSD (Bj)} - \text{Berat Dalam Air (Ba)}} \dots\dots (36) \\ &= \frac{6,615}{6,626 - 3,805} \\ &= 2,345 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis SSD} &= \frac{\text{Berat SSD (Bj)}}{\text{Berat SSD (Bj)} - \text{Berat Dalam Air (Ba)}} \dots\dots(37) \\ &= \frac{6,626}{6,626 - 3,805} \\ &= 2,349 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Semu} &= \frac{\text{Berat Kering (Bk)}}{\text{Berat Kering (Bk)} - \text{Berat Dalam Air (Ba)}} \dots(38) \\ &= \frac{6,615}{6,615 - 3,805} \\ &= 2,354 \end{aligned}$$

**Tabel 4.17** Berat Jenis Batu Sebelum dipotong 5 cm

Pengujian Berat Jenis Sampel Batu Cermin sebelum dipotong (5cm)	I	II	III	Rata-rata	Satuan
Berat benda uji kering ( <i>Bk</i> )	6,615	5,288	6,687	6,197	Gram
Berat benda uji SSD ( <i>Bj</i> )	6,626	6,459	6,692	6,592	Gram
Berat benda uji dalam air ( <i>Ba</i> )	3,805	3,884	4,110	3,933	Gram
Berat Jenis $Bk/(Bj-Ba)$	2,345	2,054	2,590	2,329	-
Berat Jenis SSD $Bj/(Bj-Ba)$	2,349	2,508	2,592	2,483	-
Berat Jenis Semu $Bk/(Bk-Ba)$	2,354	3,766	2,595	2,905	-

Sumber : penelitian (2023)

Berdasarkan hasil dari pengujian berat jenis pada sampel batu asli sebelum dipotong kubus pada tabel 4.17 mendapatkan hasil rata-rata berat jenis bulk sebesar 2,329, berat jenis ssd sebesar 2,483 dan berat jenis semu 2,905. Dari pengujian berat jenis batu besaung dinyatakan belum memenuhi syarat ASTM C 127 yaitu sebesar (2,50 - 2,80) dan standart tersebut sama dengan yang dinyatakan oleh Neville (2011).

**Tabel 4.18** Berat Jenis Batu Sebelum dipotong 10 cm

<b>Pengujian Berat Jenis Sampel Batu Cermin sebelum dipotong (10 cm)</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>Satuan</b>
Berat benda uji kering ( <i>Bk</i> )	8,649	8,788	11,462	9,633	Gram
Berat benda uji SSD ( <i>Bj</i> )	8,653	8,793	11,506	9,651	Gram
Berat benda uji dalam air ( <i>Ba</i> )	5,405	5,453	6,884	5,914	Gram
Berat Jenis $Bk/(Bj-Ba)$	2,663	2,631	2,480	2,591	-
Berat Jenis SSD $Bj/(Bj-Ba)$	2,664	2,633	2,489	2,595	-
Berat Jenis Semu $Bk/(Bk-Ba)$	2,666	2,635	2,504	2,602	-

*Sumber : penelitian (2023)*

Berdasarkan hasil dari pengujian berat jenis pada sampel batu asli sebelum dipotong kubus pada tabel 4.18 mendapatkan hasil rata-rata berat jenis bulk sebesar 2,591, berat jenis ssd sebesar 2,595, dan berat jenis semu 2,602. Dari pengujian berat jenis batu besaung dinyatakan telah memenuhi syarat ASTM C 127 yaitu sebesar (2,50 - 2,80) dan standart tersebut sama dengan yang dinyatakan oleh Neville (2011).

Pengujian berat jenis pada batu cermin setelah dipotong berbentuk kubus dengan ukuran 5 cm & 10 cm dapat dinyatakan dalam berat jenis berdasarkan berat kering dibagi berat kering permukaan dikurangi berat dalam air.

Dari data pengujian diperoleh :

a. Sampel 1 (5 cm)

Berat kering (*Bk*) = 338 gr

Berat SSD (*Bj*) = 339 gr

Berat dalam air (*Ba*) = 206 gr

Berat Jenis =  $\frac{\text{Berat Kering (Bk)}}{\text{Berat SSD (Bj)} - \text{Berat Dalam Air (Ba)}}$  .....(39)

$$= \frac{338}{339-206}$$

$$= 2,541$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis SSD} &= \frac{\text{Berat SSD } (B_j)}{\text{Berat SSD } (B_j) - \text{Berat Dalam Air } (B_a)} \dots\dots\dots(40) \\ &= \frac{339}{339-206} \\ &= 2,549 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Semu} &= \frac{\text{Berat Kering } (B_k)}{\text{Berat Kering } (B_k) - \text{Berat Dalam Air } (B_a)} \dots\dots\dots(41) \\ &= \frac{338}{338-206} \\ &= 2,561 \end{aligned}$$

**Tabel 4.19** Berat jenis batu setelah dipotong 5 cm

<b>Pengujian Berat Jenis Sampel Batu Cermin setelah dipotong (5 cm)</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>Satuan</b>
Berat benda uji kering ( <i>B<sub>k</sub></i> )	0,338	0,366	0,320	0,341	Gram
Berat benda uji SSD ( <i>B<sub>j</sub></i> )	0,339	0,367	0,367	0,358	Gram
Berat benda uji dalam air ( <i>B<sub>a</sub></i> )	0,206	0,226	0,196	0,209	Gram
Berat Jenis <i>B<sub>k</sub>/(B<sub>j</sub>-B<sub>a</sub>)</i>	2,541	2,596	1,871	2,336	-
Berat Jenis SSD <i>B<sub>j</sub>/(B<sub>j</sub>-B<sub>a</sub>)</i>	2,549	2,603	2,146	2,433	-
Berat Jenis Semu <i>B<sub>k</sub>/(B<sub>k</sub>-B<sub>a</sub>)</i>	2,561	2,614	2,581	2,585	-

Sumber : penelitian (2023)

Berdasarkan hasil dari pengujian berat jenis pada sampel batu setelah dipotong kubus pada tabel 4.19 mendapatkan hasil rata-rata berat jenis bulk sebesar 2,336, berat jenis ssd sebesar 2,433, dan berat jenis semu 2,585. Dari pengujian berat jenis batu besaung dinyatakan belum memenuhi syarat ASTM C 127 yaitu sebesar (2,50 - 2,80) dan standart tersebut sama dengan yang dinyatakan oleh Neville (2011) untuk berat jenis bulk dan berat jenis ssd, sedangkan berat jenis telah memenuhi syarat.

**Tabel 4.20** Berat Jenis Sampel Batu Cermin setelah dipotong (10 cm)

<b>Pengujian Berat Jenis Sampel Batu Cermin setelah dipotong (10 cm)</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>Satuan</b>
Berat benda uji kering ( <i>B<sub>k</sub></i> )	3,140	2,888	3,168	3,065	Gram
Berat benda uji SSD ( <i>B<sub>j</sub></i> )	3,141	2,891	3,170	3,067	Gram
Berat benda uji dalam air ( <i>B<sub>a</sub></i> )	1,836	1,659	1,856	1,784	Gram
Berat Jenis <i>B<sub>k</sub>/(B<sub>j</sub>-B<sub>a</sub>)</i>	2,406	2,344	2,411	2,387	-
Berat Jenis SSD <i>B<sub>j</sub>/(B<sub>j</sub>-B<sub>a</sub>)</i>	2,407	2,347	2,412	2,389	-
Berat Jenis Semu <i>B<sub>k</sub>/(B<sub>k</sub>-B<sub>a</sub>)</i>	2,408	2,350	2,415	2,391	-

Sumber : penelitian (2023)

Berdasarkan hasil dari pengujian berat jenis pada sampel batu setelah dipotong kubus pada tabel 4.20 mendapatkan hasil rata-rata berat jenis bulk sebesar 2,387, berat jenis ssd sebesar 2,389, dan berat jenis semu 2,391. Dari pengujian berat jenis batu besaung dinyatakan belum memenuhi syarat ASTM C 127 yaitu sebesar (2,50 - 2,80) dan standart tersebut sama dengan yang dinyatakan oleh Neville (2011).

Pengujian berat volume pada sampel batu asli cermin sebelum dipotong berbentuk kubus dengan ukuran 5 cm & 10 cm dapat dinyatakan dalam volume batu berdasarkan luas penampang wadah dikali dengan kenaikan air pada wadah. Kemudian dapat dinyatakan berat volume sampel asli berdasarkan berat sampel kering dibagi dengan volume batu.

Dari data pengujian diperoleh :

a. Sampel 1 (5 Cm)

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \dots\dots\dots(42) \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (29,5)^2 \\ &= 638,15 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kenaikan air} &= \text{Tinggi air+benda uji (Vb)} - \text{Tinggi awal air} \\ &(\text{Va}) \dots\dots\dots(43) \\ &= 20,9 - 15 \\ &= 19,3 - 15 \\ &= 4,3 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume batu} &= \text{Luas Penampang wadah (Vd)} \times \text{Kenaikan Air} \\ &(\text{Vc}) \dots\dots\dots(44) \\ &= 638,15 \times 4,3 \\ &= 2,938 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Volume} &= \text{Berat Sampel kering (Vf)} \div \text{Volume batu} \\ &(\text{Ve}) \dots\dots\dots(45) \\ &= 6,615 \div 2,938 \\ &= 2,252 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

**Tabel 4. 21** Berat Volume Batu Sebelum dipotong 5 cm

<b>Pengujian Berat Volume Sampel Batu Cermin sebelum dipotong (5 Cm)</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi awal air ( $V_a$ )	15	15	15	15	Cm
Tinggi air + benda uji ( $V_b$ )	19,3	19,2	19,4	19,3	Cm
Kenaikan air ( $V_b - V_a = V_c$ )	4,3	4,2	4,4	4,3	Cm
Luas penampang wadah ( $V_d$ )	683,15	683,15	683,15	683,2	cm <sup>2</sup>
Volume Batu ( $V_e$ )	2,938	2,869	3,006	2,938	cm <sup>2</sup>
Berat Sampel Kering ( $V_f$ )	6,615	5,288	6,687	6,197	Gram
Berat Volume ( $V_f/V_e$ )	2,252	1,843	2,225	2,107	gr/cm <sup>3</sup>

Sumber : penelitian (2023)

Berdasarkan hasil dari pengujian berat volume pada sampel batu sebelum dipotong kubus pada tabel 4.21 mendapatkan hasil rata-rata volume batu sebesar 2,938 cm<sup>2</sup> dan berat volume rata-rata sebesar 2,107 gr/cm<sup>3</sup>.

**Tabel 4. 22** Berat Volume Batu Sebelum dipotong 10 cm

<b>Pengujian Berat Volume Sampel Batu Cermin sebelum dipotong (10 Cm)</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi awal air ( $V_a$ )	15	15	15	15	Cm
Tinggi air + benda uji ( $V_b$ )	19,8	20,1	21,3	20	Cm
Kenaikan air ( $V_b - V_a = V_c$ )	4,8	5,1	6,3	5	Cm
Luas penampang wadah ( $V_d$ )	683,15	683,15	683,15	683,15	cm <sup>2</sup>
Volume Batu ( $V_e$ )	3,279	3,484	4,304	3,689	cm <sup>2</sup>
Berat Sampel Kering ( $V_f$ )	8,649	8,788	11,462	9,633	Gram
Berat Volume ( $V_f/V_e$ )	2,638	2,522	2,663	2,608	gr/cm <sup>3</sup>

Sumber : penelitian (2023)

Berdasarkan hasil dari pengujian berat volume pada sampel batu sebelum dipotong kubus pada tabel 4.22 mendapatkan hasil rata-rata volume batu sebesar 3,689 cm<sup>2</sup> dan berat volume rata-rata sebesar 2,608 gr/cm<sup>3</sup>.

Pengujian berat volume pada batu cermin setelah dipotong berbentuk kubus dengan ukuran 5 cm & 10 cm dapat dinyatakan dalam volume batu berdasarkan berat sampel dibagi volume batu.

Dari data pengujian diperoleh :

a. Sampel 1 (5 cm)

$$\begin{aligned} \text{Volume Batu} &= \text{Sisi I} \times \text{Sisi II} \times \text{Sisi III} \dots \dots \dots (46) \\ &= 5,03 \times 5,03 \times 5,03 \\ &= 127,26 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Berat Volume} = \text{Berat sampel} \div \text{Volume batu} \dots \dots \dots (47)$$

$$= 338 \div 127,26$$

$$= 2,656 \text{ gr}$$

**Tabel 4.23** Berat Volume Batu Setelah dipotong 5 cm

Pengujian Berat Volume Sampel Batu Cermin setelah dipotong (5 Cm)	Sisi I	Sisi II	Sisi III	Berat Sampel (gram)	Volume (cm <sup>2</sup> )	Berat Volume (gram/cm <sup>3</sup> )
Batu Cermin sampel 1 (cm)	5,03	5,03	5,03	338	127,26	2,656
Batu Cermin sampel 2 (cm)	5,15	5,15	5,15	366	136,59	2,680
Batu Cermin sampel 3 (cm)	4,98	4,98	4,98	320	123,51	2,591
Rata – rata				341,33	129,12	2,642

*Sumber : penelitian (2023)*

Berdasarkan hasil dari pengujian berat volume pada sampel batu setelah dipotong kubus pada tabel 4.23 mendapatkan hasil rata-rata volume batu sebesar 129,12 cm<sup>2</sup> dan berat volume rata-rata sebesar 2,642 gr/cm<sup>3</sup>.

**Tabel 4.24** Berat Volume Batu setelah dipotong 10 cm

Pengujian Berat Volume Sampel Batu Cermin setelah dipotong (10 Cm)	Sisi I	Sisi II	Sisi III	Berat Sampel (gram)	Volume (cm <sup>2</sup> )	Berat Volume (gram/cm <sup>3</sup> )
Batu Cermin sampel 1 (cm)	10,4	10,4	10,4	3,140	1,124	2,791
Batu Cermin sampel 2 (cm)	10,3	10,3	10,3	2,888	1,092	2,643
Batu Cermin sampel 3 (cm)	10,3	10,3	10,3	3,168	1,092	2,899
Rata – rata				3,065	1,103	2,778

*Sumber : Penelitian (2023)*

Berdasarkan hasil dari pengujian berat volume pada sampel batu setelah dipotong kubus pada tabel 4.7 mendapatkan hasil rata-rata volume batu sebesar 1,103 cm<sup>2</sup> dan berat volume rata-rata sebesar 2,778 gr/cm<sup>3</sup>.

#### 4.2.2 Data Pengujian Kadar Air

Kadar air batu dapat dinyatakan dalam kadar air berdasarkan berat batu dalam keadaan alami ke keadaan kering oven. Dari pengujian diperoleh :

##### 1) Suryanata

Pengujian kadar air batu Suryanata pada tabel 4.25 didapatkan nilai kadar air menggunakan rumus perhitungan berat awal dikurang berat kering dibagi berat awal dan dikali 100% maka didapatkan nilai kadar air sebesar 0,450%

**Tabel 4.25** Kadar Air Batu Suryanata

KADAR AIR BATU SURYANATA			
Pengujian		Hasil	Satuan
Berat Awal	(W1)	2000	g
Berat Kering	(W2)	1991	g
Total Kadar Air	$\frac{w1 - w2}{w1} \times 100\%$	0,450	%

*Sumber : Penelitian (2023)*

Dari hasil pada tabel 4.25 kadar air batu suryanata dinyatakan telah memenuhi spesifikasi standart ASTM C 556-89 (0% - 3%) yaitu didapatkan sebesar 0,45%.

## 2) Besaung

Pengujian kadar air batu Besaung pada tabel 4.26 didapatkan nilai kadar air menggunakan rumus perhitungan berat awal dikurang berat kering dibagi berat awal dan dikali 100% maka didapatkan nilai kadar air sebesar 0,818%

**Tabel 4.26** Kadar Air Batu Besaung

KADAR AIR BATU BESAUNG			
Pengujian		Hasil	Satuan
Berat Awal	(W1)	2200	g
Berat Kering	(W2)	2182	g
Total Kadar Air	$\frac{w1 - w2}{w1} \times 100\%$	0,818	%

*Sumber : Penelitian (2023)*

Dari hasil pada tabel 4.25 kadar air batu besaung dinyatakan telah memenuhi spesifikasi standart ASTM C 556-89 (0% - 3%) yaitu didapatkan sebesar 0,818%.

## 3) Cermin

Pengujian kadar air pada batu Cermin didapatkan nilai kadar air menggunakan rumus perhitungan berat awal dikurang berat kering dibagi berat awal dan dikali 100% maka didapatkan nilai kadar air sebesar 0,690%

**Tabel 4.27** Kadar Air Batu Cermin

KADAR AIR BATU CERMIN			
Pengujian		Hasil	Satuan
Berat Awal	(W1)	2188	g
Berat Kering	(W2)	2173	g
Total Kadar Air	$\frac{w1 - w2}{w1} \times 100\%$	0,69	%

*Sumber : Penelitian (2023)*



Dari hasil pada tabel 4.25 kadar air batu cermin dinyatakan telah memenuhi spesifikasi standart ASTM C 556-89 (0% - 3%) yaitu didapatkan sebesar 0,69%.

#### 4.2.3 Data Pengujian Penyerapan Air

Penyerapan batu dapat dinyatakan dalam penyerapan batu dalam keadaan alami ke keadaan basah. Dari pengujian diperoleh :

##### 1) Suryanata

Pengujian Penyerapan pada batu Suryanata didapatkan nilai penyerapan menggunakan rumus perhitungan berat ssd dikurang berat kering oven dibagi berat kering oven dikali 100% maka didapatkan nilai penyerapan air sebesar 0,959%

**Tabel 4.28** Penyerapan Batu Suryanata

PENYERAPAN BATU SURYANATA			
Pengujian		Hasil	Satuan
Berat Kering Oven	(W1)	1981	g
Berat SSD	(W2)	2000	g
Total Penyerapan Air	$\frac{w2 - w1}{w1} \times 100\%$	0,95911	%

*Sumber : Penelitian (2023)*

Dari hasil pada tabel 4.28 penyerapan air batu suryanata dinyatakan belum memenuhi spesifikasi standart ASTM C 127 sebesar (2% - 7%) dan standart tersebut sama dengan yang dinyatakan oleh SNI 03 – 1970-1990.

##### 2) Besaung

Pengujian penyerapan pada batu Besaung didapatkan nilai penyerapan menggunakan rumus perhitungan berat ssd dikurang berat kering oven dibagi berat kering oven dikali 100% maka didapatkan nilai penyerapan air sebesar 1,133%

**Tabel 4.29** Penyerapan Batu Besaung

PENYERAPAN BATU BESAUNG			
Pengujian		Hasil	Satuan
Berat Kering Oven	(W1)	2029	g
Berat SSD	(W2)	2052	g
Total Penyerapan Air	$\frac{w2 - w1}{w1} \times 100\%$	1,13356	%

*Sumber : Penelitian (2023)*

Dari hasil pada tabel 4.29 penyerapan air batu suryanata dinyatakan belum memenuhi spesifikasi standart ASTM C 127 sebesar (2% - 7%) dan standart tersebut sama dengan yang dinyatakan oleh SNI 03 – 1970-1990.

### 3) Cermin

Pengujian penyerapan pada batu Cermin didapatkan nilai penyerapan menggunakan rumus perhitungan berat ssd dikurang berat kering oven dibagi berat kering oven dikali 100% maka didapatkan nilai penyerapan air sebesar 0,959%.

**Tabel 4.30** Penyerapan Batu Cermin

PENYERAPAN BATU CERMIN			
Pengujian		Hasil	Satuan
Berat Kering Oven	(W1)	1981	g
Berat SSD	(W2)	2000	g
Total Penyerapan Air	$\frac{w2 - w1}{w1} \times 100\%$	0,95911	%

*Sumber : Penelitian (2023)*

Dari hasil pada tabel 4.30 penyerapan air batu suryanata dinyatakan belum memenuhi spesifikasi standart ASTM C 127 sebesar (2% - 7%) dan standart tersebut sama dengan yang dinyatakan oleh SNI 03 – 1970-1990.

#### 4.2.4 Data Pengujian Keausan Dengan Mesin *Los Angeles*

##### 1) Suryanata

Pengujian keausan agregat pada batu Suryanata menggunakan grade B mendapatkan nilai sebesar 3,666 gram yang tertahan disaringan no.12 kemudian dihitung dengan menggunakan rumus benda uji awal dikurang benda uji tertahan no 12 dikali 100% mendapatkan hasil keausan agregat suryanata sebesar 26,68 %

Tabel 4.31 Abrasi Batu Suryanata

Ukuran Saringan				Gradasi dan berat benda uji	
Lolos Saringan		Tertahan Saringan		Gradasi B (Gram)	
Mm	Inci	Mm	Inci		
75	3	63	2 ½	-	
63	2 ½	50	2	-	
50	2	37,5	1 ½	-	
37,5	1 ½	25	1	-	
25	1	19	¾	2500	
19	¾	12,5	½	2500	
12,5	½	9,5	3/8	-	
9,5	3/8	6,3	¼	-	
6,3	¼	4,75	No.4	-	
4,75	No.4	2,36	No.8	-	
Total (gram)				W1	5000
Jumlah Bola Baja				-	11
Berat Bola Baja (gram)				-	4584 ± 25
Berat Benda Uji Tertahan No.12 (gram)				W2	3666
Nilai Keausan (%)				$\frac{W1-W2}{W1} \times 100\%$	26,68

Sumber : Penelitian (2023)

Dari hasil pada tabel 4.31 *los angeles* batu suryanata dinyatakan pada penelitian tersebut telah memenuhi spesifikasi standart SNI 03 – 2417-1991 yaitu sebesar <40%.

## 2) Besaung

Pengujian keausan agregat pada batu besaung menggunakan grade B mendapatkan nilai sebesar 3,575 gram yang tertahan disaringan no.12 kemudian dihitung dengan menggunakan rumus benda uji awal dikurang benda uji tertahan no 12 dikali 100% mendapatkan hasil keausan agregat besaung sebesar 28,5 %

Tabel 4.32 Abrasi Batu Besaung

Ukuran Saringan				Gradasi dan berat benda uji	
Lolos Saringan		Tertahan Saringan		Gradasi B (Gram)	
Mm	Inci	Mm	Inci		
75	3	63	2 ½	-	
63	2 ½	50	2	-	
50	2	37,5	1 ½	-	
37,5	1 ½	25	1	-	
25	1	19	¾	2500	
19	¾	12,5	½	2500	
12,5	½	9,5	3/8	-	
9,5	3/8	6,3	¼	-	
6,3	¼	4,75	No.4	-	
4,75	No.4	2,36	No.8	-	
Total (gram)				W1	5000
Jumlah Bola Baja				-	11
Berat Bola Baja (gram)				-	4584 ± 25
Berat Benda Uji Tertahan No.12 (gram)				W2	3575
Nilai Keausan (%)				$\frac{W1-W2}{W1} \times 100\%$	28,5

Sumber : Penelitian (2023)

Dari hasil pada tabel 4.32 Abrasi batu besaung dinyatakan pada penelitian tersebut telah memenuhi spesifikasi standart SNI 03 – 2417-1991 yaitu sebesar <40%.

### 3) Cermin

Pengujian keausan agregat pada batu Cermin menggunakan grade B mendapatkan nilai sebesar 3,245 gram yang tertahan disaringan no.12 kemudian dihitung dengan menggunakan rumus benda uji awal dikurang benda uji tertahan no 12 dikali 100% mendapatkan hasil keausan agregat cermin sebesar 35,1 %

Tabel 4.33 Abrasi Batu Cermin

Ukuran Saringan				Gradasi dan berat benda uji	
Lolos Saringan		Tertahan Saringan		Gradasi B (Gram)	
Mm	Inci	Mm	Inci		
75	3	63	2 ½	-	
63	2 ½	50	2	-	
50	2	37,5	1 ½	-	
37,5	1 ½	25	1	-	
25	1	19	¾	2500	
19	¾	12,5	½	2500	
12,5	½	9,5	3/8	-	
9,5	3/8	6,3	¼	-	
6,3	¼	4,75	No.4	-	
4,75	No.4	2,36	No.8	-	
Total (gram)				W1	5000
Jumlah Bola Baja				-	11
Berat Bola Baja (gram)				-	4584 ± 25
Berat Benda Uji Tertahan No.12 (gram)				W2	3245
Nilai Keausan (%)				$\frac{W1-W2}{W1} \times 100\%$	35,1

Sumber : Penelitian (2023)

Dari hasil pada tabel 4.33 Abrasi batu suryanata dinyatakan pada penelitian tersebut telah memenuhi spesifikasi standart SNI 03 – 2417-1991 yaitu sebesar <40%

### 4.3 Data dan Hasil Pengujian Sifat Mekanik Batu

Setelah dilakukan pengujian sifat fisik pada sampel batu dari sebelum dipotong dan setelah dipotong sehingga berbentuk kubus ukuran 5 cm dan 10 cm, Selanjutnya dilakukan pengujian sifat mekanik batu dengan dilakukan uji kuat tekan.



**Gambar 4.5** Sampel Batu  
*Sumber : Penelitian (2023)*



**Gambar 4.6** Sampel Batu Kubus  
*Sumber : Penelitian (2023)*

#### 4.3.1 Pengujian Kuat Tekan Batu (5 Cm)

Setelah batu dipotong dalam bentuk kubus dengan ukuran 5x5x5 cm kemudian dilakukan pengujian mekanik dengan menggunakan alat kuat tekan beton. Sehingga dapat dituliskan dengan rumus menurut SNI 1974-2011 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Penampang} &= \text{Sisi} \times \text{Sisi} \dots\dots\dots(48) \\
 &= 5 \times 5 \\
 &= 25 \text{ Cm}^2
 \end{aligned}$$

Dari data pengujian diperoleh sampel BS 1 :

$$\text{Nilai kuat tekan (MPa)} = \frac{\text{Beban Tekan (N)}}{\text{Luas penampang}} \dots\dots\dots(49)$$

$$= \frac{317,100}{28,30}$$

$$= 42,68 \text{ MPa}$$

$$\text{Konversi benda uji } 15 \times 15 \text{ cm} = \frac{\text{Rata-rata kuat tekan (Mpa)}}{\text{Angka koreksi}} \dots\dots\dots(50)$$

$$= \frac{68,80}{1,06}$$

$$= 64,90 \text{ MPa}$$

**Tabel 4.34** Kuat Tekan Batu 5cm

Kode Sampel	Dimensi (Cm)	Angka koreksi	Luas Penampang	Bacaan Dial (kN)	Beban Tekan (N)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata (Mpa)	Konversi benda uji 15 x 15 cm
BS (Suryanata)	1	5,32	1,06	28,30	120,8	120800	42,68	64,90
	2	5,05		25,50	306,2	306200	120,07	
	3	5,35		28,62	124,9	124900	43,64	
BC (Cermin)	1	5,03	1,06	25,30	69,4	69400	27,43	44,12
	2	5,15		26,52	165,4	165400	62,36	
	3	4,98		24,80	125,3	125300	50,52	
BB (Besaung)	1	4,98	1,06	24,80	71,7	71700	28,91	33,52
	2	5,23		27,35	128,6	128600	47,02	
	3	5,06		25,60	78,5	78500	30,66	

*Sumber : Penelitian 2023*

Hasil dari uji kuat tekan batu ukuran 5 cm tertinggi yaitu pada kuari Suryanata dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 68,80 MPa, pada kuari Cermin dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 44,12 MPa dan pada kuari besaung mendapatkan nilai kuat tekan rata-rata terendah yaitu sebesar 35,53 MPa. Dari hasil kuat ini menjadi dasar penentu agregat kasar yang akan dibuat benda uji beton.



**Gambar 4.7** Pengujian Batu 5cm

*Sumber : Penelitian (2023)*





**Gambar 4.8** Pengujian Batu 5cm bentuk Kubus




*Sumber : Penelitian (2023)*




- Pola Kehancuran


Tabel 4. 35 Keretakan Batu Ukuran 5 cm

Kode	Model Benda Uji Ukuran 5cm	Keterangan
BS (1)	 <p data-bbox="512 1205 930 1238">Benda Uji Suryanata Sampel (1)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memiliki warna visual abu-abu</li> <li>- Kehancuran setelah diuji menyeluruh</li> <li>- Terbelah berkeping</li> <li>- Kuat tekan yang di hasilkan 42,68 MPa</li> </ul>
BS (2)	 <p data-bbox="512 1697 930 1731">Benda Uji Suryanata sampel (2)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memiliki warna visual putih terang</li> <li>- Kehancuran setelah diuji tidak menyeluruh</li> <li>- Berkeping kecil</li> <li>- Kuat tekan yang di hasilkan 120,07 MPa</li> </ul>



<p>BS (3)</p>		<p>Pola Keretakan Tegak Lurus</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memiliki warna visual abu-abu putih</li> <li>- Kehancuran setelah diuji tidak menyeluruh</li> <li>- Berkeping kecil</li> <li>- Kuat tekan yang di hasilkan 43,64 MPa</li> </ul>
<p>BC (1)</p>		<p>Pola Keretakan Tegak Lurus</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memiliki warna visual abu-abu putih</li> <li>- Kehancuran setelah diuji tidak menyeluruh</li> <li>- Berkeping kecil</li> <li>- Kuat tekan yang di hasilkan 27,43 MPa</li> </ul>
<p>BC (2)</p>		<p>Pola Keretakan Geser</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memiliki warna visual putih terang</li> <li>- Kehancuran setelah diuji menyeluruh pada bagian bawah</li> <li>- Berkeping kecil</li> <li>- Kuat tekan yang di hasilkan 62,36 MPa</li> </ul>

<p>BC (3)</p>	 <p style="text-align: center;">Benda Uji Cermin Sampel (3)</p>	<p>Pola Keretakan Tegak Lurus</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memiliki warna visual putih terang</li> <li>- Kehancuran setelah diuji tidak menyeluruh</li> <li>- Berkeping kecil</li> <li>- Kuat tekan yang di hasilkan 50,52 MPa</li> </ul>
<p>BB (1)</p>	 <p style="text-align: center;">Benda Uji Besaung Sampel (1)</p>	<p>Pola Keretakan Tegak Lurus</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memiliki warna visual putih terang</li> <li>- Kehancuran setelah diuji menyeluruh</li> <li>- Berkeping kecil</li> <li>- Kuat tekan yang di hasilkan 28,91 MPa</li> </ul>
<p>BB (2)</p>	 <p style="text-align: center;">Benda Uji Besaung Sampel (2)</p>	<p>Pola Keretakan Geser</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memiliki warna visual abu-abu gelap</li> <li>- Kehancuran setelah diuji tidak menyeluruh</li> <li>- Berkeping kecil</li> <li>- Kuat tekan yang di hasilkan 47,02 MPa</li> </ul>

BB (3)	 <p style="text-align: center;">Benda Uji Besaung Sampel (3)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memiliki warna visual kuning ke abu-abuan</li> <li>- Kehancuran setelah diuji terbelah</li> <li>- Berkeping</li> <li>- Kuat tekan yang di hasilkan 30,66 MPa</li> </ul>
-----------	---	--

*Sumber : Penelitian 2023*

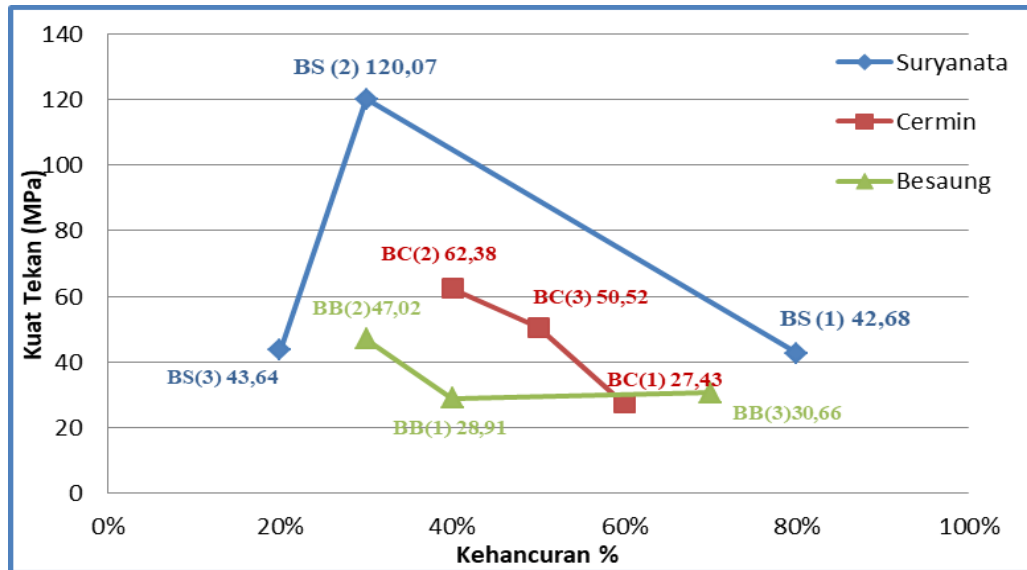
Pola keretakan pada batu dari kuari suryanata, kuari cermin dan kuari besaung specimen 1 dan 3 dengan model benda uji ukuran 5 cm adalah pola tegak lurus atau dominan keruntuhan tekan sedangkan pada specimen 2 adalah pola geser atau dominan keruntuhan tarik. Berdasarkan pengamatan visual maka didapatkan karakteristik kehancuran batu mencapai 70 % pada specimen BB 3 (5 cm). Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 4.36 diatas.

**Tabel 4. 36** Kehancuran Batu 5 cm

Lokasi	Specimen	Kuhancuran Batu (%)	Kuat Tekan (Mpa)
Suryanata	1	80%	42,68
	2	30%	120,07
	3	20%	43,64
Cermin	1	60%	27,43
	2	40%	62,38
	3	50%	50,52
Besaung	1	40%	28,91
	2	30%	47,02
	3	70%	30,66

*Sumber : Penelitian 2023*

Dari hasil pada tabel 4.36 dapat disimpulkan bahwa semakin besar persentase kehancuran pada specimen maka karakteristik getas pada batu tidak saling berhubungan. Hal ini berkaitan dengan lokasi sampel yang diambil. Pada pengambilan batu di kuari suryanata, kuari cermin dan kuari besaung banyak ditemukan specimen yang mengandung pasir.



Gambar 4.9 Grafik Keruntuhan Batu 5 cm

Sumber : Penelitian (2023)

Dari gambar grafik 4.9 dapat dilihat bahwa hubungan antara tingkat kehancuran batu yang tinggi tidak selalu kuat tekannya rendah sedangkan kehancuran batu yang rendah tidak selalu kuat tekannya tinggi. Maka batu tersebut memiliki kandungan pasir yang tinggi sehingga batu dapat dikatakan tidak padat.

#### 4.3.2 Pengujian Kuat Tekan Batu (10 Cm)

Setelah batu dipotong dalam bentuk kubus dengan ukuran 10x10x10 cm kemudian dilakukan pengujian mekanik dengan menggunakan alat kuat tekan beton.

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Penampang} &= \text{Sisi} \times \text{Sisi} \dots\dots\dots(51) \\
 &= 10 \times 10 \\
 &= 100 \text{ Cm}^2
 \end{aligned}$$

Dari data pengujian diperoleh sampel BS 1 :

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai kuat tekan (MPa)} &= \frac{\text{Beban Tekan (N)}}{\text{Luas penampang}} \dots\dots\dots(52) \\
 &= \frac{446,700}{106,1} \\
 &= 42,11 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Konversi benda uji 15x15 cm} &= \frac{\text{Rata-rata kuat tekan (Mpa)}}{\text{Angka koreksi}} \dots\dots\dots(53) \\
 &= \frac{52,76}{1,03} \\
 &= 51,22 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.37** Kuat Tekan Batu 10 cm

Kode Sampel	Dimensi (Cm)	Angka Koreksi	Luas Penampang	Bacaan Dial (kN)	Beban Tekan (N)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata (Mpa)	Konversi benda uji 15 x 15 cm
BS (Suryanata)	1	10,3	1,03	106,1	446,7	446700	42,11	51,22
	2	10,2		104,0	601,1	601100	57,78	
	3	10		100,0	583,9	583900	58,39	
BC (Cermin)	1	10,4	1,03	108,2	553,3	553300	51,16	50,08
	2	10,3		106,1	559,5	559500	52,74	
	3	10,3		106,1	539,5	539500	50,85	
BB (Besaung)	1	9,8	1,03	96,0	264,7	264700	27,56	28,56
	2	10,5		110,3	182,8	182800	16,58	
	3	10,7		114,5	505,1	505100	44,12	

*Sumber : Penelitian (2023)*

Hasil dari uji kuat tekan batu ukuran 10 cm tertinggi yaitu pada kuari Suryanata dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 52,76 MPa, pada kuari besaung mendapatkan nilai kuat tekan rata-rata terendah yaitu sebesar 29,42 MPa dan pada kuari cermin mendapatkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 51,58 MPa. Hasil ini menjadi perbandingan dari pengujian kuat tekan batu ukuran 5cm sebagai penentu agregat kasar beton.



**Gambar 4.10** Pegujian Kuat Tekan Batu sebelum di uji

*Sumber : Penelitian (2023)*



Gambar 4.11 Pengujian Kuat Tekan Batu Saat di uji  
*Sumber Penelitian (2023)*

**Tabel 4. 38** Hasil Kuat Tekan Batu Rata-rata Setelah dikonversi 15 x 15 cm

Kuari	Sampel		rata-rata (MPa)
	5 x 5 x 5 cm (MPa)	10 x 10 x 10 cm (MPa)	
Suryanata	68,80	52,76	60,78
Cermin	46,77	51,58	49,18
Besaung	35,53	29,42	32,48

*Sumber : Penelitian (2023)*

Berdasarkan hasil pada tabel 4.36 maka diketahui kuat tekan rata-rata pada masing-masing lokasi yaitu kuat tekan tertinggi dari kuari suryanata sebesar 60,78 MPa, kuat tekan kedua dari kuari cermin 49,18 MPa dan kuat tekan terendah dari kuari besaung sebesar 32,48 MPa.

#### 4.4 Data Pengujian Material Beton

##### 4.4.1 Semen

Berat jenis semen

- Semen : 64 dan 15 gram
- Minyak : 0,4 dan 0,7 mm
- Berat Cawan : 119 gram
- Berat Cawan + Minyak : 322 dan 341 gram
- Berat Minyak + Semen : 383 dan 343 gram
- Suhu ms : 19,5 C°

**Tabel 4.39** Berat Jenis Semen

Pengujian		I	II
Berat Semen	B	64	15
Volume Awal	V1	0,4	0,7
Volume Akhir	V2	18	18,1
Berat Jenis Semen	$\frac{B}{(V2 - V1)} \times D$	3,63	0,86
		2,25	

Sumber : Penelitian (2023)

**Tabel 4.40** Faktor Ikat Semen

Waktu Penurunan Air (Menit)	Penurunan Tiap 15 Menit (mm)
45	43
60	44
75	42
90	41
105	38
120	36
135	35
150	33
165	32
180	31
195	24
210	28
225	27
240	26
255	25
270	24
285	23
300	21
315	19
330	16
315	14
330	12
345	10
360	8
375	6
390	4
405	0

Sumber : Suderajat (2023)

Dengan menggunakan :

- Semen : 250 gram
- Kadar Air : 31%

Dilihat dari tabel 4.37 pengujian waktu ikat semen, maka dibutuhkan waktu 405 menit agar semen mencapai kekerasan total.

#### 4.4.2 Pengujian Agregat Kasar

##### 1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar dilakukan dengan menggunakan benda uji sebanyak 2000 gram. Dapat dilihat pada tabel 4.41 dibawah ini :

**Tabel 4.41** Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Beton

<b>PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN BATU SURYANATA</b>					
<b>Pengujian</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>Satuan</b>	
Berat Kering oven (W1)	1981	1981	1981	gr	
Berat SSD (W2)	2000	2000	2000	gr	
Berat Dalam Air (W3)	1218	1218	1218	g	
Berat Jenis Bulk $\frac{W1}{W2 - W3}$	2,533	2,533	2,533	gr/cm <sup>3</sup>	
Berat Jenis SSD $\frac{W2}{W2 - W3}$	2,558	2,558	2,558	gr/cm <sup>3</sup>	
Berat Jenis Semu $\frac{W1}{W1 - W3}$	2,596	2,596	2,596	gr/cm <sup>3</sup>	
Penyerapan Air $\frac{W2 - W1}{W1} \times 100\%$	0,959	0,959	0,959	%	

*Sumber : Penelitian (2023)*

Berdasarkan pada pengujian berat jenis agregat kasar beton pada tabel 4,38 didapatkan hasil berat jenis bulk sebesar 2,535 berat jenis ssd sebesar 2,558 dan berat jenis semu sebesar 2,596. Dinyatakan pada penelitian tersebut telah memenuhi spesifikasi berat jenis agregat kasar dari ASTM C 127 yaitu sebesar (2,50 – 2,80). Sedangkan hasil dari pengujian penyerapan air yaitu sebesar 0,959 % dinyatakan tidak memenuhi spesifikasi standart SNI 03 – 1970-1990 sebesar (2% - 7%).



2. Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Pengujian kadar air agregat kasar dilakukan dengan menggunakan benda uji sebanyak 2000 gram. Dapat dilihat pada tabel 4.42 dibawah ini :

**Tabel 4.42** Kadar Air Agregat Kasar Beton

KADAR AIR BATU SURYANATA			
Pengujian		Hasil	Satuan
Berat Awal	(W1)	2000	g
Berat Kering	(W2)	1991	g
Total Kadar Air	$\frac{w1 - w2}{w1} \times 100\%$	0,45	%

*Sumber : Penelitian (2023)*

Berdasarkan hasil pada tabel 4.42 kadar air agregat kasar dinyatakan telah memenuhi spesifikasi standart ASTM C 556-89 (0% - 3%) yaitu didapatkan sebesar 0,45%.

3. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Pengujian kadar lumpur agregat kasar dilakukan dengan menggunakan benda uji sebanyak 1500 gram. Dapat dilihat pada tabel 4.43 dibawah ini :

**Tabel 4.43** Kadar Lumpur Agregat Kasar Beton

KADAR LUMPUR BATU SURYANATA			
Pengujian		Hasil	Satuan
Berat Kering Oven Sebelum dicuci	(W1)	1500	g
Berat Kering Oven Setelah dicuci	(W2)	1488	g
Total Kadar Lumpur	$\frac{w1 - w2}{w1} \times 100\%$	0,800	%

*Sumber : Penelitian (2023)*

Hasil pada pengujian kadar lumpur mendapatkan hasil sebesar 0,8 %. Dinyatakan pada penelitian tersebut telah memenuhi spesifikasi kadar lumpur dari SNI 03- 4142 -1996 (maksimal 1%).

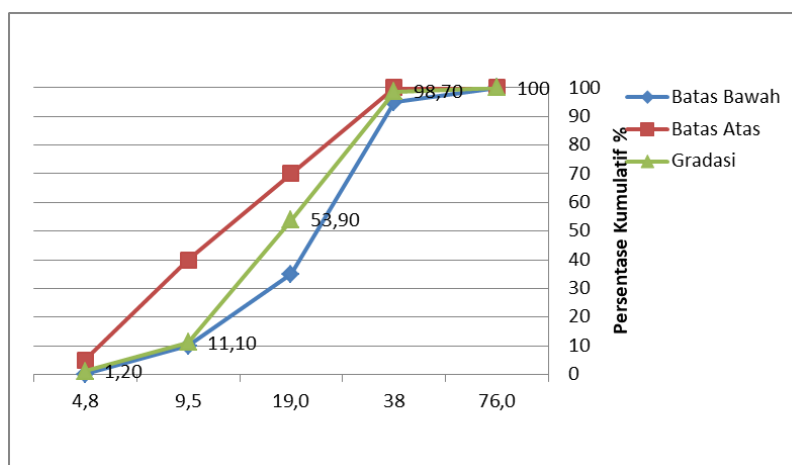
4. Pengujian Gradasi Agregat Kasar

Pengujian gradasi agregat kasar dilakukan dengan menggunakan benda uji sebanyak 2000 gram. Dapat dilihat pada tabel 4.44 dibawah ini :

**Tabel 4.44** Gradasi Agregat Kasar Beton

Saringan	Berat Tertahan (gram)	Jumlah Berat Tertahan (gram)	Jumlah Persen	
			Tertahan	Lewat
				<b>100</b>
37,5 (1 ½")	13	13	1,30	98,70
19,10 (¾")	448	461	46,10	53,90
9,52 (⅜")	428	889	88,90	11,10
No. 4	99	988	98,80	1,20
PAN	12	1000		

*Sumber : Penelitian (2023)*

**Gambar 4.12** Grafik Gradasi

*Sumber : Penelitian (2023)*

Hasil pada pengujian gradasi agregat kasar beton hasil yang didapat pada grafik berada pada angka tengah antara batas atas dan batas bawah.

#### 5. Pengujian Keausan Agregat Kasar

Pengujian keausan agregat kasar dilakukan dengan menggunakan benda uji sebanyak 5000 gram. Untuk pengujian keausan agregat kasar sampel pengujian yang dipakai yaitu dari hasil pengujian batu yang telah diuji tekan dan agregat kasar yang diambil dari kuari secara acak tidak hanya disatu titik. Dapat dilihat pada Tabel 4.43 dibawah ini :

**Tabel 4.45** Abrasi Agregat Kasar Beton

Ukuran Saringan				Gradasi dan berat benda uji
Lolos Saringan		Tertahan Saringan		Gradasi B (Gram)
Mm	Inci	Mm	Inci	
75	3	63	2 ½	-
63	2 ½	50	2	-
50	2	37,5	1 ½	-
37,5	1 ½	25	1	-
25	1	19	¾	2500
19	¾	12,5	½	2500
12,5	½	9,5	3/8	-
9,5	3/8	6,3	¼	-
6,3	¼	4,75	No.4	-
4,75	No.4	2,36	No.8	-
Total (gram)			W1	5000
Jumlah Bola Baja			-	11
Berat Bola Baja (gram)			-	4584 ± 25
Berat Benda Uji Tertahan No.12 (gram)			W2	3666
Nilai Keausan (%)		$\frac{W1-W2}{W1} \times 100\%$		26,68

Sumber : Penelitian (2023)

Dari hasil pada pengujian *los angeles* batu suryanata dinyatakan pada penelitian tersebut telah memenuhi spesifikasi standart SNI 03 – 2417-1991 yaitu sebesar <40% dan standart tersebut sama dengan yang dinyatakan oleh SNI 2417-2008.

#### 4.4.3 Pengujian Agregat Halus

Pengujian agregat halus pasir Palu menggunakan metode pengujian SNI 03-1970-1990, SNI 03 4142-1996 dan ASTM C 136-06, IDT.

**Tabel 4.46** Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

No. Contoh		Ukuran Maksimum Agregat No. 4 (4.75 mm)		Satuan
		I	II	
Berat Kering Benda Uji + Wadah	W <sub>1</sub>	937.9	903.3	Gram
Berat Wadah	W <sub>2</sub>	437.9	403.3	Gram
Berat Kering Benda Uji Awal	W <sub>3</sub> = W <sub>1</sub> - W <sub>2</sub>	500.0	500.0	Gram
Berat Kering Benda Uji Sesudah Pencucian + Wadah	W <sub>4</sub>	935.1	903.0	Gram

No. Contoh	Ukuran Maksimum Agregat No. 4 (4.75 mm)		Satuan
	I	II	
Berat Kering Benda Uji Sesudah Pencucian $W_5 = W_4 - W_2$	497.2	499.7	Gram
Persen Lolos Saringan No.200 (0.075 mm) $W = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times 100\%$	0.56	0.06	%
Rata – rata $(I + II)/2$	0.31		%

Sumber : Vebrian dkk (2021)

**Tabel 4.47** Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Pengujian Berat Jenis & Penyerapan	A	B	Satuan
Berat benda uji kering - permukaan jenuh (SSD) 500	500	500	Gram
Berat benda uji kering -oven Bk	493.1	493.1	Gram
Berat piknometer diisi air (25°) B	679.8	672.5	Gram
Berat piknometer + bendauji (SSD) + air (25° C) Bt	985.3	978.1	Gram

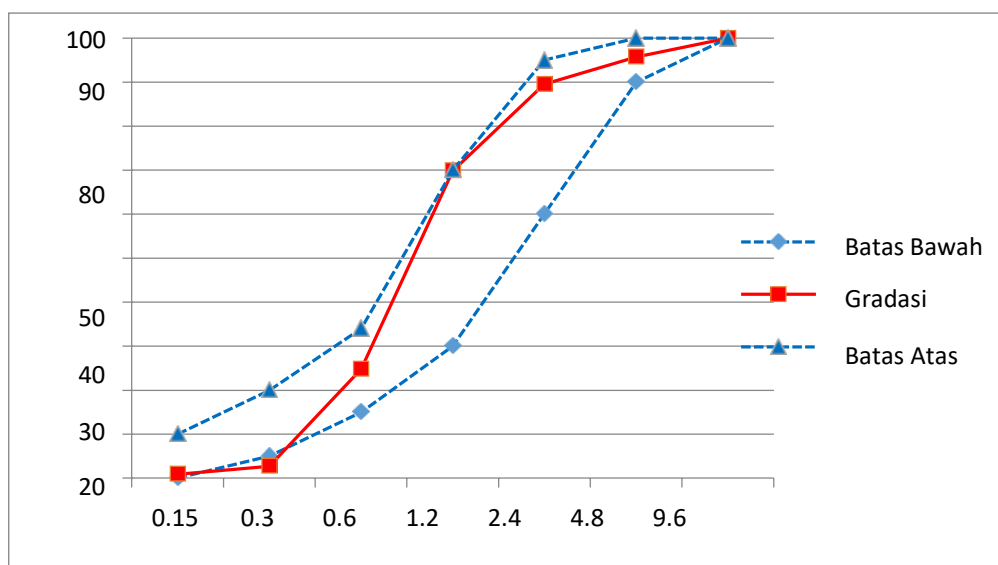
Pengujian Berat Jenis & Penyerapan	A	B	Rata - Rata	Satuan
Berat jenis (Bulk) $\frac{Bk}{B + 500 - Bt}$	2.54	2.54	2.54	-
Berat jenis kering permukaan jenuh $\frac{500}{B + 500 - Bt}$	2.57	2.57	2.57	-
Berat jenis semu (apparent) $\frac{B}{B + Bk - Bt}$	2.63	2.63	2.63	-
Penyerapan (absorption) $\frac{500 - Bk}{Bk} \times 100\%$	1.40	1.40	1.40	%

Sumber : Vebrian dkk (2021)

**Tabel 4.48** Uji Saringan Agregat Halus

Saringan	Berat Tertahan (gram)	Jumlah Berat Tertahan (gram)	Jumlah Persen		
			Tertahan	Lewat	Lewat thd seluruh contoh
9.52 (3/8")	-	-	0.00	100.00	
No. 4	21.3	21.3	4.26	95.74	
No. 8	31.1	52.4	10.48	89.52	
No. 16	98.3	150.7	30.14	69.86	
No. 30	225.4	376.1	75.22	24.78	
No. 40	-	-	-	-	
No. 50	110.3	486.4	97.28	2.72	
No. 80	-	-	-	-	
No. 100	9.0	495.4	99.08	0.92	
No. 200	4.6	500.0	100.00	0.00	
PAN	0.0	500.0	100.00	0.00	

Sumber : Vebrian dkk (2021)

**Gambar 4.13** Grafik Gradasi Agregat Halus (Gradasi 1)

## 4.5 Mix design

### 4.5.1 Data Rencana Campuran

*Mix design* menggunakan SNI 03 2834 2000 di dalam melakukan perancangan mix design hal pertama yang dilakukan ialah :

1. Mutu Beton (kuat tekan)  $f_c'$  : 30 MPa
2. Agregat kasar yang dipakai : batu pecah lokal ex. Suryanata
3. Agregat halus yang dipakai : pasir ex. Palu

4. Diameter agregat maksimum : 20 mm
5. Tipe semen yang dipakai : tipe 1
6. Struktur yang akan dibuat : jalan
7. Kualitas pekerjaan : sedang

**Tabel 4.49** Perencanaan *Mix Design*

FORMULIR PERENCANAAN ADUKAN BETON					
SNI 03 2834 2000					
No	Uraian	Tabel Grafik Perhitungan	Nilai		
1	Kuat tekan yang diisyaratkan (benda uji silinder)	MPa	30		
2	Deviasi standar (s)	-	-		
3	Nilai tambah (m)	-	-		
4	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan	-	-		
5	Jenis semen	PCC	Tipe 1		
6	Jenis agregat (HALUS/KASAR)	Diketahui	Alami/Pecah		
7	Faktor air semen	Grafik 1	0,51		
8	Faktor air semen maksimum	-	-		
9	Slump	Ditetapkan	60-180 mm		
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	20 mm		
11	Kadar air bebas	Diketahui	205		
12	Jumlah semen	Diketahui	402,0		
13	Jumlah Semen maksimum	-	-		
14	Jumlah semen minimum	-	-		
15	Faktor air semen yang disesuaikan	-	-		
16	Susunan besar butir agregat halus	Ditetapkan	Zona 2		
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	-	-		
18	Persen agregat	Grafik 2			
	Agregat Halus		45%		
	Agregat Kasar		55%		
19	Berat jenis relative, agregat (kering permukaan)	Ditetapkan	2,55		
20	Berat isi beton	Grafik 3	2218		
21	Kadar agregat gabungan	20 - 12 - 11	1611,04		
22	Kadar agregat halus	18 x 21	724,97		
23	Kadar agregat kasar	21 - 22	886,07		
24	Proporsi campuran				
	Volume/ Silinder 0.0053	Semen (kg)	Air (L)	Agregat Kondisi Jenuh Kering	
	Jumlah Silinder 3			Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)
	Volume / Adukan 0.0053 x 3 = 0,0159				
	Faktor konversi 0,0159 x 1,2 = 0,0191				
25	Tiap m <sup>3</sup>	401,96	205	724,97	886,07
	Tiap campuran uji 0.0159	2,13	1,09	3,84	4,70
26	Koreksi proporsi campuran 0.0191	7,67	3,91	13,83	16,90

*Sumber : Penelitian (2023)*

Pada perencanaan mix design didapatkan hasil proporsi beton per 3 sampel yaitu dapat dilihat pada tabel 4.47 dibawah ini.

**Tabel 4.50** Proporsi Benda Uji Beton

Semen (kg)	Air (L)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)
7,668	3,91	13,829	16,902

*Sumber : Penelitian (2023)*

## 4.6 Data Hasil Pengujian Beton

### 4.6.1 Pembuatan Benda Uji Beton

Proses pembuatan benda uji beton akan menggunakan alat *Mixer Concrete Machine* dan bahan campurannya sesuai dengan perhitungan *mix design*.



**Gambar 4.14** Mixer

*Sumber : Penelitian (2023)*

Dalam proses pembuatan benda uji sekali mixer akan membuat 3 sampel sekaligus sesuai dengan proporsi campuran dan sesuai dengan umur yang telah ditentukan. Beton yang selesai diproduksi kemudian disusun rapi dan diberi identitas.

Pada pembuatan beton umur 7 hari dibuat pada tanggal 29 Mei 2023 diuji pada tanggal 6 Juni 2023, beton umur 14 hari dibuat pada tanggal 18 Mei 2023 diuji pada tanggal 2 Juni 2023 dan beton umur 28 hari dibuat pada tanggal 20 Mei 2023 diuji pada tanggal 18 Juni 2023.

**Tabel 4.51** Perencanaan Sampel Beton

Benda Uji (Silinder)	Pengujian Kuat Tekan (Umur Beton)			Jumlah Sampel	
	Lokasi	7 Hari	14 Hari		28 Hari
Batu dari kuari Suryanata		3	3	3	9

*Sumber : Penelitian (2023)*

#### 4.6.2 Pengujian *Slump Test*

Pengujian *slump test* dilakukan untuk mengetahui seberapa kental adukan beton dalam mixer yang akan diproduksi agar mencapai kuat tekan rencana yaitu 30 MPa. Pengujian slump dilakukan dengan cara mengukur tinggi puncak keruntuhan beton dengan tinggi kerucut abrams. Slump rencana pada penelitian ini menggunakan slump 60-180 mm dan pengukurannya akan dilakukan setiap pembuatan beton tiap 3 sampel benda uji (beton silinder).



**Gambar 4.15 Uji Slump**

*Sumber : Penelitian (2023)*

**Tabel 4.52 Slump Test Beton**

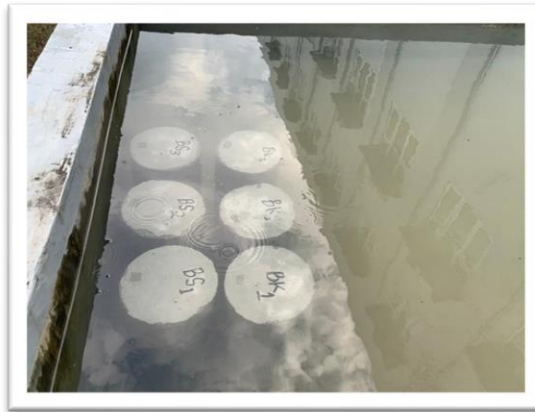
No	Umur Beton (Hari)	Slump Rencana (mm)	Hasil Slump yang diperoleh (mm)
1	7	60-180	105
2	14	60-180	95
3	28	60-180	95

*Sumber : Penelitian (2023)*

#### 4.6.3 Perawatan benda uji

Setelah proses pembuatan sampel benda uji beton dilakukan perawatan terhadap benda uji dengan cara perawatan curing pada kolam perendaman beton.





Gambar 4.16 Perawatan Perendaman Sampel Beton  
*Sumber : Penelitian (2023)*

#### 4.6.4 Penimbangan benda uji

Proses penimbangan beton dilakukan setelah beton sudah kering dan siap untuk diuji kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 4.17



Gambar 4. 17 Penimbangan Sampel Beton  
*Sumber : Penelitian (2023)*

**Tabel 4.53** Berat Benda Uji Beton

No	Umur Beton	Berat Benda Uji (kg)	Rata-rata (kg)
1	7 Hari	12,680	12,617
2		12,705	
3		12,465	
1	14 Hari	12,705	12,630
2		12,505	
3		12,680	
1	28 Hari	12,825	12,713
2		12,675	
3		12,640	

Sumber : Penelitian (2023)

#### 4.6.5 Pengujian kuat tekan beton

Berdasarkan SNI 03 - 1974-1990 pengujian kuat tekan beton dapat diperoleh menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Penampang} &= \pi \times r^2 \dots\dots\dots(54) \\
 &= \frac{22}{7} \times (7,5)^2 \\
 &= 176,786 \text{ cm}^2 \\
 &= 17678,6 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dari data pengujian diperoleh :

$$\begin{aligned}
 \text{Sampel BS 1 umur 7 hari (MPa)} &= \frac{\text{Bacaan dial (kN)} \times 1000 \text{ (N)}}{\text{Luas penampang}} \dots\dots\dots(55) \\
 &= \frac{317,1 \times 1000}{17678,6} \\
 &= 17,94 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Hasil dari pengujian beton dapat dilihat pada tabel 4.54 dibawah ini.



**Gambar 4.18** Pengujian Kuat Tekan Beton

*Sumber : Penelitian (2023)*

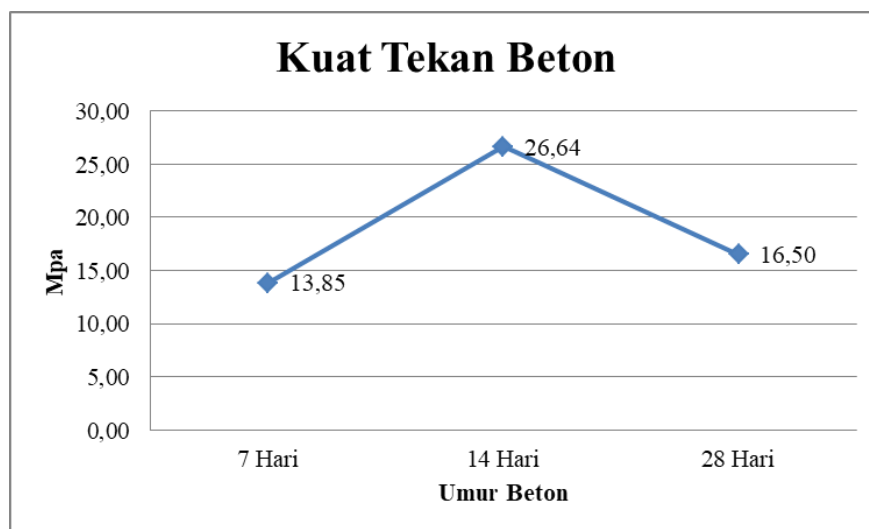
**Tabel 4.54** Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

No	Luas Penampang (cm <sup>2</sup> )	Bacaan Dial (kN)	Kuat Tekan (MPa)
<b>Pengujian Umur 7 Hari</b>			
BS 1	17678,6	317,1	17,94
BS 2		202,9	11,48
BS 3		214,3	12,12
<b>Rata-rata</b>		244,8	13,85
<b>Pengujian Umur 14 Hari</b>			
BS 1	17678,6	438,1	24,78
BS 2		460,3	26,04
BS 3		514,4	29,10
<b>Rata-rata</b>		470,9	26,64
<b>Pengujian Umur 28 Hari</b>			
BS 1	17678,6	355,2	20,09
BS 2		243,1	13,75
BS 3		277,0	15,67
<b>Rata-rata</b>		291,77	16,50

*Sumber : Penelitian (2023)*

Berdasarkan hasil pembuatan benda uji beton pada umur 7 hari didapatkan berat rata-rata beton sebesar 12,617 kg atau 2,380 m<sup>3</sup> sedangkan pada umur 14 hari didapatkan berat rata-rata beton sebesar 12,630 kg atau 2,383 m<sup>3</sup> dan pada umur 28 hari didapatkan berat rata-rata sebesar 12,713 atau 2,398 m<sup>3</sup>. Pada pengujian slump rata-rata beton umur 7 hari didapatkan nilai slump sebesar 105 mm sedangkan pada umur 14 dan 28 hari didapatkan nilai slump sebesar 95 mm.

Berdasarkan pengujian kuat tekan beton pada umur 7 hari rata-rata nilai yang didapatkan yaitu sebesar 244,8 kN atau 13,85 MPa dan pada umur 14 hari mendapat hasil kuat tekan rata-rata dengan nilai 470,9 kN atau 26,64 MPa sedangkan pada umur 28 hari mendapatkan hasil kuat tekan rata-rata 291,77 kN atau 16,50 MPa. Berdasarkan SNI 6880-2016 beton dapat digunakan sebagai beton struktural apabila minimal kuat tekan beton sebesar 17 MPa, sedangkan beton dengan kuat tekan dibawah 17 MPa tidak dapat digunakan sebagai beton struktural.



**Gambar 4.19** Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton  
*Sumber : Penelitian (2023)*

Pengujian kuat tekan beton dengan mutu rencana sebesar 30 MPa pada beton umur 7 hari mendapatkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 13,85 MPa dan pada umur 14 hari mendapatkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 26,64 MPa dan pada beton umur 28 hari mendapatkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 16,50 MPa.

Penyebab terjadinya penurunan mutu beton yaitu : 1) penggunaan agregat kasar yang digunakan merupakan batu yang dipecah secara manual untuk per 3 sampelnya yang tidak diambil pada tempat yang sama, kemudian dari proses pembuatan sampel beton yang dilakukan secara tidak bersamaan atau tidak dalam satu adukan untuk berbagai variasi umur betonnya. 2) Tidak homogenya jenis agregat kasar. 3) Agregat kasar yang digunakan merupakan jenis batu gamping atau kapur sehingga semakin banyak penggunaan dari batu kapur dapat membuat beton keropos atau korosif.

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang diperoleh pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Kuari Suryanata yang memiliki cadangan material  $\pm 539,098 \text{ M}^3$  jarak tempuh dari Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur 3,7 km dengan memiliki kekuatan batu rata-rata sebesar 60,78 MPa dan kekuatan beton umur 28 hari sebesar 16,50 MPa. Berdasarkan dari hasil tersebut beton dengan menggunakan agregat dari kuari Suryanata tidak direkomendasikan untuk digunakan pada pekerjaan beton Struktural, Kuari Cermin yang memiliki cadangan material  $\pm 132.060 \text{ M}^3$  jarak tempuh dari Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur 8,9 Km dengan memiliki kekuatan batu rata-rata sebesar 49,18 MPa dan Kuari Besaung yang memiliki cadangan material  $\pm 112.128 \text{ M}^3$  jarak tempuh dari Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur 10 Km dengan memiliki kekuatan batu sebesar 32,48 MPa.
2. Hasil nilai kuat tekan maksimum pengujian batu didapatkan dari kuari Suryanata sebesar 60,78 MPa, nilai kuat tekan batu maksimum kedua dari kuari cermin sebesar 49,18 MPa dan nilai kuat tekan batu maksimum ketiga dari kuari besaung sebesar 32,48 MPa.
3. Kuat tekan beton menggunakan batu Suryanata didapatkan hasil maksimum sebesar 16,50 MPa. Sehingga beton menggunakan agregat kasar dari Kuari Suryanata tidak direkomendasikan sebagai beton struktural.

#### **5.2 SARAN**

Adapun beberapa saran dari peneliti yaitu:

1. Untuk mengetahui secara pasti ketersediaan cadangan material yang ada dilokasi kuari perlu dilakukan penelitian lebih lanjut secara geologi.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk pembuatan beton menggunakan mutu dan umur rencana yang berbeda agar mendapatkan kuat tekan maksimum pada beton.

3. Pada penelitian selanjutnya diharapkan melakukan pengujian kekuatan pada mortar agar diketahui kekuatannya.
4. Untuk kedepannya laboratorium dapat menyediakan alat khusus pada pemotongan batu dikarenakan bentuk batu yang tidak presisi mengakibatkan hasil potongan batu yang tidak begitu sempurna ketika di uji kuat tekan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, F. N., Alkas, J., & Setiawan, A. (2019). Uji Kelayakan Agregat Muara Wahau, Santan, Senoni, Batu Besaung sebagai Material Subbase. *Proseding Seminar Nasional Teknologi V*, 148–156.
- Arafuru, (2020), "Sifat Beton Keras dan Beton Segar Beserta 15 Karakteristik yang Dimilikinya", <https://arafuru.com/material/lihat-sifat-dan-karakteristik-dari-beton>, Diakses tanggal 3 Maret 2022.
- Aryaseta, B., Wardhani, P. C., & Zainab, S. (2022). Studi Eksperimental Sifat Fisik dan Mekanik Batu Gamping. *KERN : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 8(1), 37–42. <https://doi.org/10.33005/kern.v8i1.64>.
- ASTM C 125-06, *Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates*. American Society for Testing and Material.
- ASTM C 127, *Standart test method for total specific gravity and absorption of coarse aggregate*. American Society for Testing and Material.
- ASTM C 136-06, *Standart test method for Siese Analysis of Fine and Coarse Agregates*. Annual Books of ASTM standarts, USA, 2002.
- ASTM C 142, *Standart test methode for materials, specific gravity and absorption of coarse aggregate*. Annual Books of ASTM standarts, USA, 2002.
- Erwanti, F. L. P., & Waluyo, W. (2022). Catatan Kritis Pembentukan Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2022 tentang Ibu Kota Negara serta Implikasi Hukum yang Ditimbulkan. *Sovereignty: Jurnal Demokrasi Dan Ketahanan Nasional*, 1 (1), 44–56.
- Mindess, S., Young, J.F., Darwin, D., 2003, *Concrete*, Second Edition, Prentice Hall, Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey.
- Nawy, Edward G (2008). "Beton Bertulang". Bandung : Refika Aditama.
- Neville, A. M. (2011). *Properties of Concrete*. Harlow: Pearson Educatio Limited,

2011.

- Nugroho, H. (2020). Pemindahan Ibu Kota Baru Negara Kesatuan Republik Indonesia ke Kalimantan Timur: Strategi Pemenuhan Kebutuhan dan Konsumsi Energi. *Bappenas Working Papers*, 3(1), 33–41. <https://doi.org/10.47266/bwp.v3i1.53>.
- Resti, A., Hidayat, M., Kamil, I., Samarinda, P. N., Timur, K., Beton, K. T., & Beton, K. L. (2021). *P-25 Perbandingan Kuat Tekan Dan Lentur Beton Terhadap Agregat Palu Comparison Of Concrete Compresssive And Flexible Strength Using Aggregate In West Kutai Toward Palu*.
- Sari, G. K. (2022). Integrasi Pembangunan Ibu Kota Negara Baru Dan Daerah Penyangganya. *STANDAR: Better Standard Better Living*, 1(2), 27–32.
- SII 0031-81. Klasifikasi Agregat dan Bahan Bangunan. Badan Standar Nasional Indonesia.
- Siregar, A. C., Yatnikasari, S., & Agustina, F. (2022). *Pemanfaatan Material Lokal Laterite Simpang Pasir Kasar Dalam Campuran Beton Normal*. 3, 89–94.
- SK SNI T-15-1991-03, (1991). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Badan Standar Nasional Indonesia.
- Surdia, Tata & Shinroku,Saito, (2005), Pengetahuan Bahan Teknik, Cetakan keenam, Jakarta :Pradnya Paramita.
- SNI 02-6820-2002 (2002). Spesifikasi Agregat Hasil untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran dengan Bahan Dasar Semen. Badan Standar Nasional Indonesia.
- SNI 03-2417-1991, (1991). Metode Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi *Los Angeles*, Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 2417-2008, (2008). Cara Uji Keausan Agregrat dengan Mesin Abrasi *Los Angeles*. Bahan Standarisasi Nasional, tanpa penerbit, Indonesia.
- SNI 03-1968-1990. (1990). Metode pengujian analisis saringan Agregat halus dan



kasar. Bandung: Badan Standardisasi Indonesia.

SNI 03-1970-1990, (1990). Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. Badan Standar Nasional Indonesia.

SNI 03-1974-1990, (1990). Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder. Badan Standardisasi Nasional Indonesia.

SNI 03-2834-2000, (2000). Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal, Badan Standardisasi Nasional.

SNI 03-4810-1998, (1998). Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji di Lapangan. 1–8.

SNI 03-6861.1-2002, (2002). Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam). Badan Standar Nasional Indonesia.

SNI 1972-2008, (2008). Cara Uji Slump Beton. Badan Standar Nasional Indonesia.

SNI 2417-2008, (2008). Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi *Los Angeles*. Badan Standardisasi Nasional, tanpa penerbit, Indonesia.

SNI 7656-2012, (2012). Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat, dan Beton Massa. Badan Standar Nasional Indonesia.

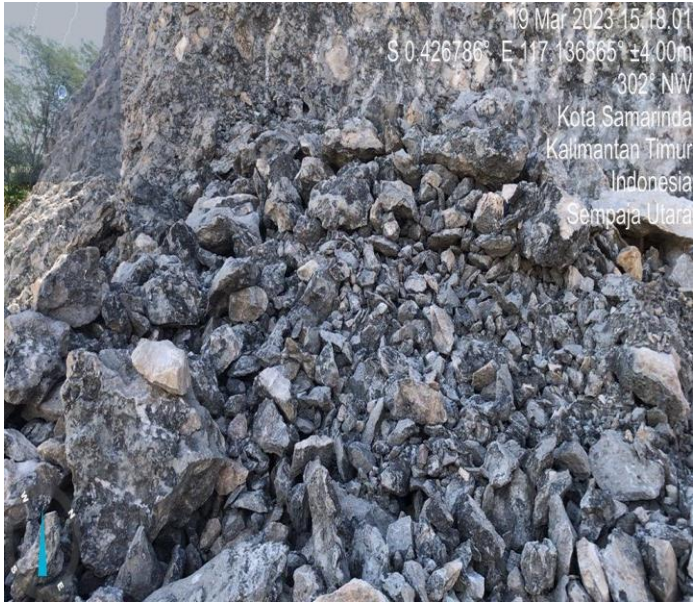
Tamanak, M. A., Berhitu, T., Ode, D. G., & Cahyono, Y. D. G. (2020). Pengaruh Pelapukan Terhadap Kekuatan Batuan Andesit. *Seminar Teknologi Kebumihan Dan Kelautan (SEMITAN II) Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS)*, 599–604.

Tjokrodinuljo, K., (2012), “Teknologi Beton”, penerbit KMTS FT UGM.

Zuraidah, S. (2006). Penggunaan pecahan batu kapur puger sebagai alternatif agregat kasar ditinjau terhadap kuat tekan beton. *Jurnal Rekayasa Perencanaan*, 3(1).

## **Lampiran 1** Data Hasil Penelitian

Tabel Data Informasi Kuari

Kuari	Keterangan
 <p data-bbox="528 1137 767 1173" style="text-align: center;"><b>Kuari Suryanata</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1018 443 1321 656">➤ Jarak tempuh dari kampus Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur sejauh 3.7 km (<math>\pm</math> 9 menit).</li> <li data-bbox="1018 663 1337 763">➤ Kuat tekan batu rata-rata sebesar 60.78 Mpa.</li> <li data-bbox="1018 770 1353 871">➤ Kuat tekan beton rata-rata sebesar 16.50 MPa.</li> <li data-bbox="1018 878 1345 1021">➤ Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut terhadap menurunnya kuat tekan beton.</li> <li data-bbox="1018 1028 1358 1205">➤ Untuk digunakan sebagai material agregat kasar beton perlu diadakannya alat pemecah batu.</li> </ul>
 <p data-bbox="549 1917 746 1953" style="text-align: center;"><b>Kuari Cermin</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1018 1290 1329 1503">➤ Jarak tempuh dari kampus Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur sejauh 8.9 km (<math>\pm</math> 18 menit).</li> <li data-bbox="1018 1509 1337 1610">➤ Kuat tekan batu rata-rata sebesar 49.18 Mpa.</li> <li data-bbox="1018 1617 1361 1760">➤ Perlu dilakukannya pengujian lebih lanjut untuk mengetahui kuat tekan beton</li> <li data-bbox="1018 1767 1358 1944">➤ Untuk digunakan sebagai material agregat kasar beton perlu diadakannya alat pemecah batu.</li> </ul>



**Kuari Besaung**

- Jarak tempuh dari kampus Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur sejauh 10 km ( $\pm$  21 menit).
- Kuat tekan batu rata-rata sebesar 32.48 Mpa.
- Perlu dilakukannya pengujian lebih lanjut untuk mengetahui kuat tekan beton.
- Untuk digunakan sebagai material agregat kasar beton perlu diadakannya alat pemecah batu.

### Data Hasil *Mix Design* Beton

FORMULIR PERENCANAAN ADUKAN BETON					
SNI 03 2834 2000					
No	Uraian	Tabel Grafik Perhitungan	Nilai		
1	Kuat tekan yang diisyaratkan (benda uji silinder)	MPa	30		
2	Deviasi standar (s)	-	-		
3	Nilai tambah (m)	-	-		
4	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan	-	-		
5	Jenis semen	PCC	Tipe 1		
6	Jenis agregat (HALUS/KASAR)	Diketahui	Alami/Pecah		
7	Faktor air semen	Grafik 1	0,51		
8	Faktor air semen maksimum	-	-		
9	Slump	Ditetapkan	60-180 mm		
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	20 mm		
11	Kadar air bebas	Diketahui	205		
12	Jumlah semen	Diketahui	402,0		
13	Jumlah Semen maksimum	-	-		
14	Jumlah semen minimum	-	-		
15	Faktor air semen yang disesuaikan	-	-		
16	Susunan besar butir agregat halus	Ditetapkan	Zona 2		
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	-	-		
18	Persen agregat	Grafik 2			
	Agregat Halus		45%		
	Agregat Kasar		55%		
19	Berat jenis relative, agregat (kering permukaan)	Ditetapkan	2,55		
20	Berat isi beton	Grafik 3	2218		
21	Kadar agregat gabungan	20 - 12 - 11	1611,04		
22	Kadar agregat halus	18 x 21	724,97		
23	Kadar agregat kasar	21 - 22	886,07		
24	Proporsi campuran				
	Volume/ Silinder 0.0053	Semen (kg)	Air (L)	Agregat Kondisi Jenuh Kering	
	Jumlah Silinder 3			Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)
	Volume / Adukan 0.0053 x 3 = 0,0159				
	Faktor konversi 0,0159 x 1,2 = 0,0191				
25	Tiap m3	401,96	205	724,97	886,07
	Tiap campuran uji 0.0159	2,13	1,09	3,84	4,70
26	Koreksi proporsi campuran 0,0191	7,67	3,91	13,83	16,90

Data Hasil Proporsi *Mix Design* Beton

Semen (kg)	Air (L)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)
7,668	3,91	13,829	16,902

## Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (5Cm)

Kode Sampel	Dimensi (Cm)	Angka koreksi	Luas Penampang	Bacaan Dial (kN)	Beban Tekan (N)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata (Mpa)	Konversi benda uji 15 x 15 cm
BS (Suryanata)	1	5,32	1,06	28,30	120,8	120800	42,68	64,90
	2	5,05		25,50	306,2	306200	120,07	
	3	5,35		28,62	124,9	124900	43,64	
BC (Cermin)	1	5,03	1,06	25,30	69,4	69400	27,43	44,12
	2	5,15		26,52	165,4	165400	62,36	
	3	4,98		24,80	125,3	125300	50,52	
BB (Besaung)	1	4,98	1,06	24,80	71,7	71700	28,91	33,52
	2	5,23		27,35	128,6	128600	47,02	
	3	5,06		25,60	78,5	78500	30,66	

## Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Batu (10) cm

Kode Sampel	Dimensi (Cm)	Angka Koreksi	Luas Penampang	Bacaan Dial (kN)	Beban Tekan (N)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata (Mpa)	Konversi benda uji 15 x 15 cm
BS (Suryanata)	1	10,3	1,03	106,1	446,7	446700	42,11	51,22
	2	10,2		104,0	601,1	601100	57,78	
	3	10		100,0	583,9	583900	58,39	
BC (Cermin)	1	10,4	1,03	108,2	553,3	553300	51,16	50,08
	2	10,3		106,1	559,5	559500	52,74	
	3	10,3		106,1	539,5	539500	50,85	
BB (Besaung)	1	9,8	1,03	96,0	264,7	264700	27,56	28,56
	2	10,5		110,3	182,8	182800	16,58	
	3	10,7		114,5	505,1	505100	44,12	

## Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

No	Luas Penampang (Cm <sup>2</sup> )	Bacaan Dial (kN)	Kuat Tekan (MPa)
Pengujian Umur 7 Hari			
BS 1	17678,6	317,1	17,94
BS 2		202,9	11,48
BS 3		214,3	12,12
<b>Rata-rata</b>		244,8	13,85

No	Luas Penampang (Cm <sup>2</sup> )	Bacaan Dial (kN)	Kuat Tekan (MPa)
Pengujian Umur 14 Hari			
BS 1	17678,6	438,1	24,78
BS 2		460,3	26,04
BS 3		514,4	29,10
<b>Rata-rata</b>		470,9	26,64
Pengujian Umur 28 Hari			
BS 1	17678,6	355,2	20,09
BS 2		243,1	13,75
BS 3		277,0	15,67
<b>Rata-rata</b>		291,77	16,50

Data Hasil Pengujian Abrasi Agregat Kasar

Ukuran Saringan				Gradasi dan berat benda uji
Lolos Saringan		Tertahan Saringan		Gradasi B (Gram)
Mm	Inci	Mm	Inci	
75	3	63	2 ½	-
63	2 ½	50	2	-
50	2	37,5	1 ½	-
37,5	1 ½	25	1	-
25	1	19	¾	2500
19	¾	12,5	½	2500
12,5	½	9,5	3/8	-
9,5	3/8	6,3	¼	-
6,3	¼	4,75	No.4	-
4,75	No.4	2,36	No.8	-
Total (gram)			W1	5000
Jumlah Bola Baja			-	11
Berat Bola Baja (gram)			-	4584 ± 25
Berat Benda Uji Tertahan No.12 (gram)			W2	3666
Nilai Keausan (%)	$\frac{W1-W2}{W1} \times 100\%$			26,68

## **Lampiran 2** Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian



Batu pada lokasi kuari Cermin



Sampel batu 10 cm asli lapangan



Sampel batu Cermin 10 cm sebelum dipotong kubus





Sampel batu (BC) 1 setelah dipotong 10 cm



Sampel batu (BC) 1 setelah dipotong 10 cm



Uji kuat tekan batu 10 cm



Keretakan uji kuat tekan batu 10 cm



Sampel batu 5 cm sebelum dipotong



Sampel batu 5 cm



Sampel batu 5 cm



Uji kuat tekan batu 5 cm



Keretakan uji kuat tekan 5 cm



Keretakan uji kuat tekan batu 5 cm



Sampel beton 7 hari



Sampel beton 14 hari



Sampel beton 28 hari



Uji kuat tekan beton



Beton setelah diuji tekan



Keretakan beton



Pengujian *los angeless*



Pengujian berat volume sebelum dipotong 10 cm



Pengujian gradasi agregat kasar



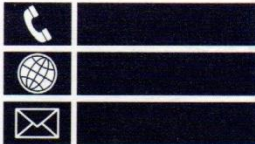
Pengujian berat jenis setelah dioven



Penimbangan berat kering batu 10 cm

### **Lampiran 3** Surat-surat Penelitian





بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

### SURAT KETERANGAN

Nomor: 066-20/KET/FST/A.5/C/2023

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Isnaini Zulkarnain, S.T., M.T  
NIDN : 1103128104  
Jabatan : Kepala Bidang Pembelajaran Praktik

Menerangkan bahwa mahasiswa atas nama:

Nama : Muhammad Iqbal  
NIM : 1911102443110  
Program Studi : S1 Teknik Sipil  
Judul Penelitian : Pemeriksaan Kekuatan Batu dari Kuari di Kota Samarinda untuk Agregat Kasar Beton

Untuk melaksanakan Penelitian di Laboratorium Bahan dan Material Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur.

Kegiatan tersebut dilaksanakan pada 24 Februari s/d 21 Mei 2023 (Jadwal terlampir).

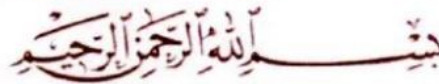
Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

**Samarinda, 18 Agustus 2023**

**Kepala Bidang Pembelajaran Praktik  
Fakultas Sains dan Teknologi,**



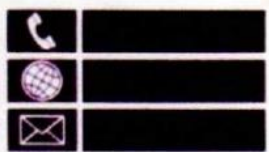
**Isnaini Zulkarnain, S.T., M.T**  
**NIDN.1103128104**



LEMBAR KONSULTASI  
TUGAS AKHIR  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Nama : Muhammadi Iqbal  
NIM : 1911102443110  
Judul : Pemeriksaan Kekuatan Batu Dari Kuari Di Kota Samarinda Untuk Agregat Kasar Beton

No	Hari, tanggal	Uraian	Tanda tangan
1	27/1 23	Pengarahan Tema TUGAS Akhir	<i>My</i>
2	30/1 23	Penentuan lokasi penelitian	<i>My</i>
3	30/1 23	Studi literatur	<i>My</i>
4	5/2 23	Pengajuan Judul penelitian	<i>My</i>
5	8/2 23	Acc Judul penelitian	<i>My</i>
6	16/2 23	- Rumusan masalah - Tujuan masalah	<i>My</i>
7	22/2 23	- Bab II, Tinjauan pustaka - Bab III, Bagan alir	<i>My</i>
8	28/2 23	- Bab II - Bab III - Acc seminar Proposal	<i>My</i>
9	2/3 23	Pengujian sifat fisik sampel	<i>My</i>
10	13/3 23	Pembuatan benda uji	<i>My</i>
11	23/5 23	Analisis hasil kuat tekan batu	<i>My</i>
12	25/5 23	metode rencana mix design.	<i>My</i>



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

No	Hari/ Tanggal	Uraian	Tanda tangan
13	12/6 23	Bab IV hasil & pembahasan	
14	17/6 23	Bab IV Pembahasan Bab V Kehimpunan	
15	18/6 23	BAB IV Acc BAB V Acc	
16	19/6 23	Acc Seminar Hasil	



Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil

Dr. Eng. Kusandi Noor, S.T., M.T  
NIDN. 1101049101

Samarinda, 18 Juni 2023

Dosen Pembimbing



Ir. Muhammad Noor Asnan, S.T., M.T., I.PM  
NIDN. 1129126601

# Skripsi: Pemeriksaan Kekuatan Batu Dari Kuari Di Kota Samarinda Untuk Agregat Kasar Beton

*by* Muhammad Iqbal

---

**Submission date:** 24-Jul-2023 02:10PM (UTC+0800)

**Submission ID:** 2135928097

**File name:** Skripsi\_Muhammad\_Iqbal\_Autosaved.docx (5.63M)

**Word count:** 18360

**Character count:** 100065

---

# Skripsi: Pemeriksaan Kekuatan Batu Dari Kuari Di Kota Samarinda Untuk Agregat Kasar Beton

## ORIGINALITY REPORT

<b>20%</b>	<b>21%</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

<b>1</b>	<b>dspace.umkt.ac.id</b> Internet Source	<b>9%</b>
<b>2</b>	<b>e-jurnal.unisda.ac.id</b> Internet Source	<b>3%</b>
<b>3</b>	<b>ilmugeografi.com</b> Internet Source	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>www.batualam-aryastone.com</b> Internet Source	<b>2%</b>
<b>5</b>	<b>id.berita.yahoo.com</b> Internet Source	<b>2%</b>
<b>6</b>	<b>repository.ubb.ac.id</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>www.coursehero.com</b> Internet Source	<b>1%</b>

Exclude quotes  Off

Exclude matches  < 1%

Exclude bibliography  On