

SKRIPSI

**PENGARUH PEMANFAATAN PASIR LAUT SEBAGAI PENGGANTI
SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN DAN TARIK
BELAH BETON MUTU TINGGI**

Di ajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1
pada Program Studi Teknik Sipil



**DISUSUN OLEH:
MUHAMMAD HOLIKUL BAHARI AMANDA KUSUMA
2020D1B104**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM**

2024

SKRIPSI

**PENGARUH PEMANFAATAN PASIR LAUT SEBAGAI PENGGANTI
SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN DAN TARIK
BELAH BETON MUTU TINGGI**

Di ajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1
pada Program Studi Teknik Sipil



**DISUSUN OLEH:
MUHAMMAD HOLIKUL BAHARI AMANDA KUSUMA
2020D1B104**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM**

2024

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PENGARUH PEMANFAATAN PASIR LAUT SEBAGAI PENGGANTI
SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN DAN TARIK
BELAH BETON MUTU TINGGI

Disusun Oleh:

MUHAMMAD HOLIKUL BAHARI AMANDA KUSUMA

2020D1B104

Mataram, 5/9 2024

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Eng. Hariyadi, S.T., M. Eng.
NIDN.0027107301

Nurul Hidayati, S.T., M. Eng
NIDN. 0815049401

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Dr. H. Aji Syallendra Ubaidillah, ST., M.Sc.
NIDN. 0806027101

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

SKRIPSI

PENGARUH PEMANFAATAN PASIR LAUT SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN DAN TARIK BELAH BETON MUTU TINGGI

Disusun Oleh :

MUHAMMAD HOLIKUL BAHARI AMANDA KUSUMA
2020D1B104

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada Hari/Tanggal : Jum'at, 26 Juli 2024
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I : Dr. Eng. Hariyadi, S.T., M.Eng. (.....)
2. Penguji II : Nurul Hidayati, S.T., M. Eng (.....)
3. Penguji III : Maya Saridewi Pascanawaty, S.T., M.T. (.....)

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Mataram

Dr. H. Aji Syaillendra Ubaidillah, ST.,M.Sc
NIDN : 0806027101

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul:

“PENGARUH PEMANFAATAN PASIR LAUT SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN DAN TARIK BELAH BETON MUTU TINGGI”

Benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide dan hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam tugas akhir ini dan disebut dalam daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa saya melakukan kecurangan penjiplakan plagiasi, maka saya siap menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat tanpa tekanan dari pihak mana pun dan dengan kesadaran penuh terhadap tanggung jawab dan konsekuensi.

Juli 2024



Muhammad Holik Bahari Amanda Kusuma
2020D1B104



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT**

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

**SURAT PERNYATAAN BEBAS
PLAGIARISME**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MUHAMMAD HOLIFUL BAHARI AMANDA KUSUMA.....
 NIM : 2020018104.....
 Tempat/Tgl Lahir : Selong, 15 APRIL 2002.....
 Program Studi : TEKNIK SIPIL.....
 Fakultas : TEKNIK.....
 No. Hp : 0853 3764 9867.....
 Email : bholful@gmail.com.....

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi/KTI/Tesis* saya yang berjudul :

PENGARUH PEMANFAATAN PASIR LAUT SEBAGAI PENGISANTY SEBAGIAN AGREGAT HAUS
 TERHADAP KUAT TEKAN DAN TARIK BLOK BETON MULTU TINGGI

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. *4/6*

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari Skripsi/KTI/Tesis* tersebut terdapat indikasi plagiarisme atau bagian dari karya ilmiah milih orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dan disebutkan sumber secara lengkap dalam daftar pustaka, saya **bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum** sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

Demikain surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Mataram, Rabu, 14 September 2024

Penulis



MUHAMMAD HOLIFUL BAHARI AMANDA KUSUMA
 NIM. 2020018104

Mengetahui,
 Kepala UPT, Perpustakaan UMMAT



Skandar, S.Sos., M.A.
 NIDN. 0802048904

*pilih salah satu yang sesuai



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT**

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MUHAMMAD HOLIKUL BAHARI, AMANDA KUSUMA
 NIM : 2020018104
 Tempat/Tgl Lahir : SELONG, 15 APRIL 2002
 Program Studi : TEKNIK SIPIL
 Fakultas : TEKNIK
 No. Hp/Email : 0853 3764 9967 / bholikal@gmail.com
 Jenis Penelitian : Skripsi KTI Tesis

Menyatakan bahwa demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Mataram hak menyimpan, mengalih-media/format, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Repository atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama *tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta* atas karya ilmiah saya berjudul:

PENGARUH REHABILITASI PASIR LAUT SEBAGAI PENGANTI SEBAGIAN AGREGAT HAWIS
 TERHADAP KUAT TEKAN DAN TARIK SELAH BETON MUDA TINGGI

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.
 Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Mataram, Rabu 4 September 2024
 Penulis



MUHAMMAD HOLIKUL BAHARI, AMANDA KUSUMA
 NIM. 2020018104

Mengetahui,
 Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



Iskandar, S.Sos., M.A.
 NIDN. 0802048904

MOTTO

"Siapa yang meniti jalan untuk mencari ilmu, Allah akan memudahkan baginya
jalan ke surga"
(HR. Muslim)

"Kekuatan tidak hanya diukur dari kehebatan fisik semata, tetapi oleh semangat
yang ada di dalam diri"
(Optimus Prime)



PERSEMBAHAN

Puji syukur dihaturkan kehadiran Allah SWT atas segala limpahan karunia-Nya sehingga penulisan dapat diselesaikan dengan baik dan tepat. Dengan rasa bangga, karya ini, penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta sebagai tanda bukti sayang dan cinta yang tiada terhingga, Bapak Zainul Fikri dan pintu surgaku Ibu Maryam yang sudah membesarkan, memberi kasi sayang, dan selalu memberikan dukungan pelajaran berharga kepada saya dalam segala hal yang saya lakukan.
2. Bapak Dr. Eng. Hariyadi, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing dan penguji I yang selalu membimbing saya dengan kesabaran membagi ilmu pengetahuan kepada saya sepanjang penyusunan skripsi ini, sehingga mampu menyelesaikan karya ini dengan baik. Terima kasih banyak.
3. Ibu Nurul Hidayati, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing dan penguji II yang selalu membimbing saya dengan kesabaran memberi semangat dan motivasi kepada saya dan teman-teman sehingga dapat menyelesaikan karya ini dengan baik. Terima kasih banyak.
4. Ibu Maya Saridewi Pascanawaty, S.T., M.T. selaku dosen penguji III yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun untuk saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. My Best Partner Arinis. Terima kasih atas segala waktu yang telah diluangkan untuk mendengarkan, memberi dukungan, semangat, dan tenaga dalam penyusunan skripsi ini. Semoga keberkahan selalu menyertai langkahmu.
6. Terima kasih kepada teman-teman saya: Roy, Alang, Rajib, Lidya, Ebotz, dan Angga, yang telah memberikan dukungan sejak SMP.
7. Teman-teman mahasiswa teknik sipil khususnya kelas C angkatan 2020 terima kasih teman-teman atas bantuan dan dukungannya.
8. Terima kasih kepada teman yang telah ikut membantu selama proses penelitian ini kepada Gede Anangga, Diki Sugara, Andria Winata, Imam Hanafi dan Doni. Serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.
9. Terakhir, terima kasih kepada diri sendiri atas perjuangan yang telah dilakukan hingga saat ini.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum, Warahmatullahi. Wabarakatuh

Alhamdulillah, dengan segala puji syukur kehadiran Allah SWT. Atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, akhirnya penyusunan skripsi ini dapat berjalan lancar dan terselesaikannya tepat pada waktunya. Pada tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi dalam rangka menyelesaikan Program Studi pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram. Adapun judul tugas akhir saya adalah “PENGARUH PEMANFAATAN PASIR LAUT SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN DAN TARIK BELAH BETON MUTU TINGGI” Terselesaikannya skripsi ini tidak lepas atas keikutsertaan pihak-pihak yang dengan tulus dan ikhlas membantu dalam penyusunan skripsi ini. Dalam kesempatan ini, penyusun mengucapkan terima kasih setulus-tulusnya atas terselesaikannya skripsi ini untuk kedua Orang tua, saudara serta keluarga yang selalu mendoakan yang terbaik untuk penulis dan telah memberikan motivasi serta dukungan yang terus-menerus dalam meluangkan waktu maupun memberikan materi dalam proses penyelesaian tugas akhir ini. Ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Drs. Abdul Wahab, M.A. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Bapak Dr. Aji Syailendra Ubaidillah, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Bapak Adryan Fitrayudha, ST.,M.T selaku Kaprodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram
4. Bapak Dr. Eng. Haryadi, ST., M.Eng. selaku dosen pembimbing I dan Ibu Nurul Hidayati, ST., M.Eng. selaku dosen pembimbing II yang selalu memberikan arahan, meluangkan banyak waktu dan memberikan bimbingan sampai tugas akhir ini selesai.
5. Sahabat, teman-teman dan kerabat yang membantu saya dalam melaksanakan penelitian, semua pihak terkait yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu

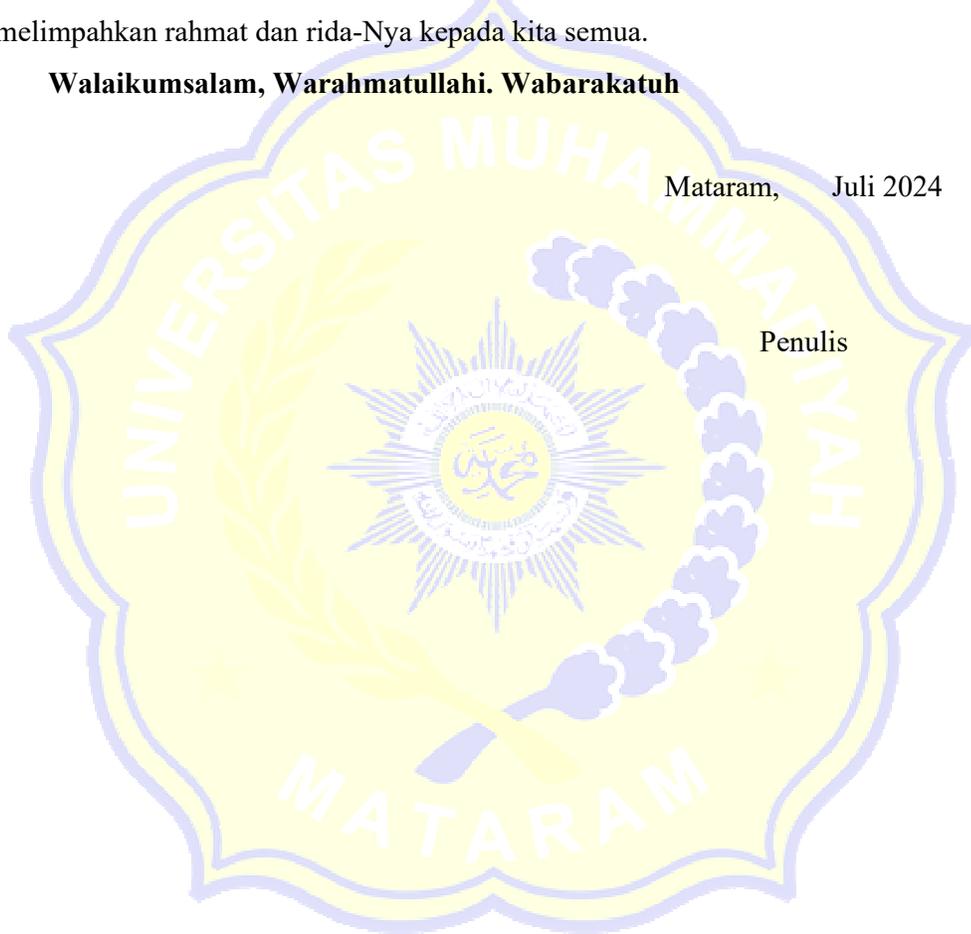
yang telah begitu besar jasanya dalam membantu dan memberikan dukungan yang sangat berharga ini sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa tidak ada orang yang sempurna, penulis masih melakukan kesalahan dalam penyusunan skripsi. Oleh karena itu, penulis meminta maaf atas kesalahan yang dilakukan penulis. Peneliti berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat dijadikan referensi demi pengembangan ke arah yang lebih baik. Semoga Allah Swt. Senantiasa melimpahkan rahmat dan rida-Nya kepada kita semua.

Walaikumsalam, Warahmatullahi. Wabarakatuh

Mataram, Juli 2024

Penulis



ABSTRAK

Beton adalah bahan konstruksi umum yang kualitasnya bergantung pada parameter seperti kuat tekan dan kuat tarik belah. Untuk mengurangi dampak lingkungan dari penggunaan pasir sungai, penelitian ini mengevaluasi pemanfaatan pasir laut sebagai pengganti sebagian agregat halus. Meskipun pasir laut mengandung garam, perlakuan khusus dapat mengurangi kadar garamnya dan diharapkan dapat meningkatkan kualitas beton mutu tinggi. Tujuan penelitian adalah untuk menilai pengaruh penggunaan pasir laut terhadap kekuatan mekanis beton dan menentukan persentase optimum pasir laut dalam campuran beton mutu tinggi.

Penelitian ini menggunakan metode pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat geser dengan variasi kandungan pasir laut dalam campuran beton sebesar 0%, 25%, 50%, dan 100%. Pengujian dilakukan dengan *Compression Testing Machine* (CTM).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pasir laut menurunkan kekuatan mekanis beton. Kuat tekan berkurang dari 43,09 MPa menjadi 29,91 MPa, kuat tarik belah menurun dari 4,23 MPa menjadi 1,21 MPa, dan kuat geser turun dari 10,23 MPa menjadi 5,97 MPa dengan peningkatan persentase pasir laut. Sehingga dapat disimpulkan, meskipun pasir laut bisa digunakan, penggunaannya dalam jumlah besar mengurangi kekuatan mekanis beton. Persentase optimum harus diatur untuk menyeimbangkan keberlanjutan dan kekuatan struktural.

Kata kunci : beton mutu tinggi, pasir laut, agregat, kuat tekan, kuat tarik belah,

Kata Kunci: Kuat Tekan, Beton

ABSTRACT

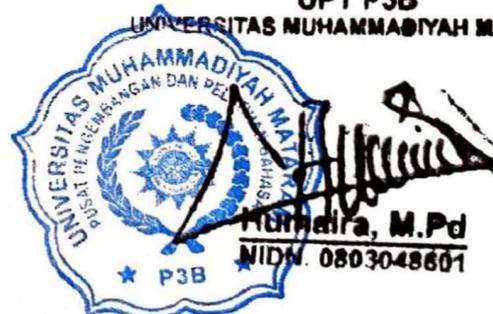
Concrete is a widely used construction material whose quality is determined by factors such as compressive strength and split tensile strength. To mitigate the environmental effects of river sand extraction, this study examines the use of sea sand as a partial replacement for fine aggregate. While sea sand naturally contains salt, appropriate treatment can lower its salt content, potentially improving the performance of high-strength concrete. This research investigates the compressive strength, split tensile strength, and shear strength of concrete with varying proportions of sea sand in the mix—0%, 25%, 50%, and 100%. The tests were conducted using a Compression Testing Machine (CTM) to evaluate the mechanical properties. The aim is to understand the impact of sea sand on the strength of concrete and identify the optimal proportion for use in high-strength concrete mixes. The results show that increasing the sea sand content in the mix reduces the mechanical strength of the concrete. Compressive strength dropped from 43.09 MPa to 29.91 MPa, split tensile strength decreased from 4.23 MPa to 1.21 MPa, and shear strength fell from 10.23 MPa to 5.97 MPa as the sea sand content increased. In conclusion, while sea sand can be used in concrete, its use in large quantities negatively impacts mechanical strength. Therefore, the proportion of sea sand should be carefully regulated to achieve a balance between environmental sustainability and maintaining the structural integrity of the concrete.

Keywords: High-Strength Concrete, Sea Sand, Fine Aggregate, Compressive Strength, Split Tensile Strength, Shear Strength.

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA
MATARAM

KEPALA
UPT P3B

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

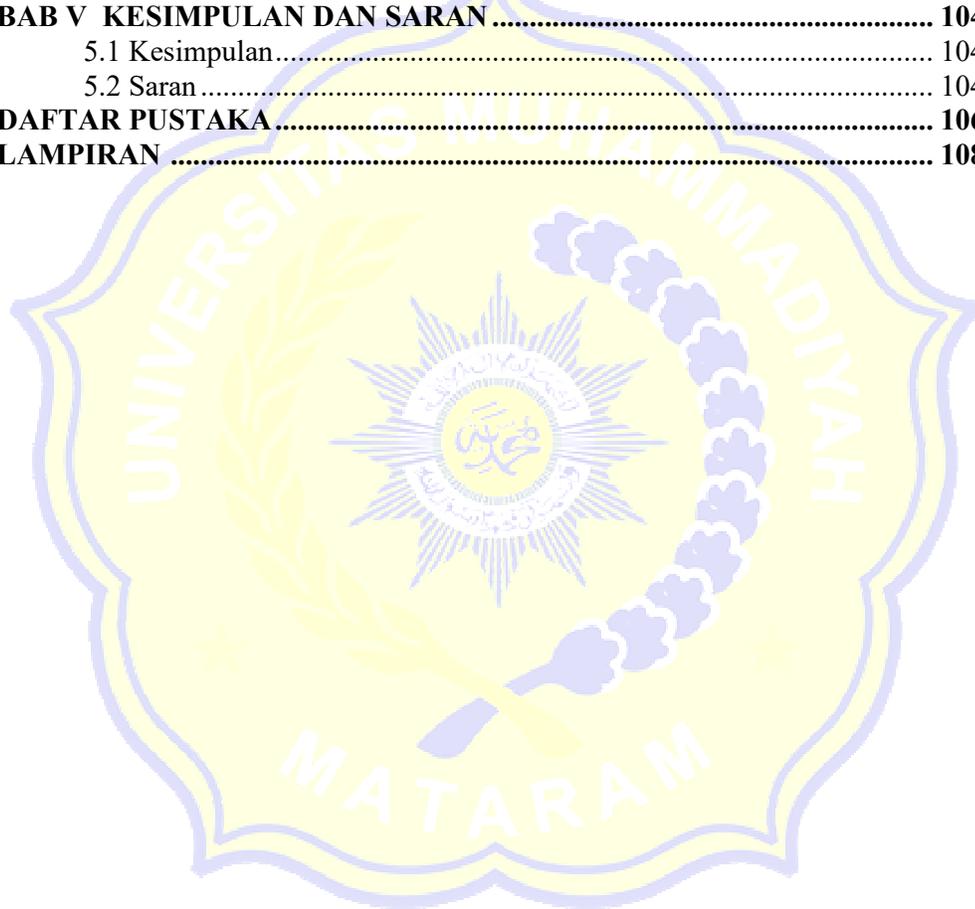


DAFTAR ISI

HALAMAN DEPAN	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	v
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
MOTTO	vii
PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMBANG DAN NOTASI	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Landasan Teori	8
2.2.1 Analisis beton.....	8
2.2.1.1 Beton normal.....	10
2.2.1.2 Beton mutu tinggi.....	11
2.2.2 Bahan penyusun beton	12
2.2.3 Air	16
2.2.4 Pasir laut.....	17
2.2.5 Superplasticizer	17
2.2.6 Kuat tekan beton	21
2.2.7 Kuat tarik belah beton	24
2.2.8 Kuat geser beton.....	26
2.2.9 Pengujian fisik.....	27
2.2.9.1 Berat volume agregat	27
2.2.9.2 Kadar lumpur pada agregat	28
2.2.9.3 Pengujian kadar garam.....	29

2.2.9.4 Kadar air pada agregat	29
2.2.9.5 Analisa saringan pada agregat.....	30
2.2.9.6 Analisa berat jenis pada agregat.....	30
2.2.9.7 Analisa abrasi menggunakan mesin los angles	32
2.2.9.8 Slump Test	34
2.2.9.9 Faktor air semen.....	36
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	38
3.1 Lokasi Penelitian.....	38
3.2 Persiapan Penelitian.....	38
3.2.1 Bahan penelitian.....	38
3.2.2 Alat penelitian.....	41
3.3 Metode Analisa Data	49
3.3.1 Metode pengujian.....	49
3.3.1.1 Uji agregat.....	50
3.3.1.2 Pengujian kadar lumpur pada agregat	51
3.3.1.3 Pengujian kadar air pada agregat	53
3.3.1.4 Pengujian berat jenis pada agregat.....	53
3.3.1.5 Pengujian analisa saringan pada agregat.....	55
3.3.1.6 Pengujian abrasi dengan los angels machine	56
3.4 Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)	57
3.4.1 Kebutuhan benda uji	58
3.4.2 Tahapan pemeriksaan slump test	60
3.4.3 Tahapan pemeriksaan berat volume beton.....	61
3.4.4 Tahapan pembuatan benda uji.....	61
3.4.5 Tahapan perawatan benda uji.....	63
3.5 Tahapan Pengujian Benda Uji	64
3.5.1 Pengujian kuat tekan beton	64
3.5.2 Pengujian kuat tarik belah beton.....	65
3.5.3 Pengujian kuat geser beton	67
3.6 Bagan Alir Penelitian.....	69
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	71
4.1 Hasil Pengujian Agregat	71
4.1.1 Pengujian kadar air pada agregat	71
4.1.2 Pengujian kadar lumpur pada agregat.....	73
4.1.3 Pengujian volume agregat.....	75
4.1.4 Pengujian saringan agregat	77
4.1.4.1 Hasil saringan pengujian agregat halus.....	77
4.1.4.2 Hasil saringan pengujian agregat kasar.....	80
4.1.4.3 Hasil pengujian saringan agregat halus (pasir laut)	84
4.1.4.4 Gradasi Campuran Agregat.....	87
4.1.5 Pengujian berat jenis agregat	88
4.1.5.1 Hasil pengujian berat jenis agregat halus.....	88
4.1.5.2 Hasil pengujian berat jenis agregat kasar.....	89

4.1.5.3 Hasil pengujian berat jenis pada agregat halus pasir laut	90
4.1.6 Pengujian abrasi dengan mesin los angles	91
4.1.7 Perencanaan campuran beton (mix design)	92
4.1.8 Pengujian kadar garam agregat halus pasir laut.....	94
4.1.9 Nilai slump test	95
4.1.10 Pengujian kuat tekan	95
4.1.11 Pengujian kuat tarik belah.....	97
4.1.12 Pengujian kuat geser	99
4.1.13 Gabungan nilai tekan dengan kuat tarik dan kuat geser.....	101
4.1.14 Gabungan nilai kuat tarik dan kuat geser.....	103
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	104
5.1 Kesimpulan.....	104
5.2 Saran	104
DAFTAR PUSTAKA	106
LAMPIRAN	108



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Agregat Halus	13
Tabel 2.2 Klasifikasi Gradasi Agregat Kasar.....	14
Tabel 2.3 Kimia Superplasticizer	19
Tabel 2.4 Informasi Produk Superplastisizer	20
Tabel 2.5 Ukuran Benda Uji Kuat Tekan.....	24
Tabel 2.6 Nilai Konversi Umur Beton	24
Tabel 2.7 Nilai Konversi Umur Beton Kuat Tarik Belah	26
Tabel 2.8 Batas Toleransi Nilai Slump	36
Tabel 2.9 Syarat Workability	36
Tabel 3.1 Daftar Jumlah Sampel Variabel Beton	58
Tabel 3.2 Tabel Jumlah Kebutuhan Material Benda Uji Per sample.....	59
Tabel 3.3 Tabel Jumlah Kebutuhan Material Benda Uji Keseluruhan Sampel.....	59
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kandungan Air Agregat Halus	71
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kandungan Air Agregat Kasar	72
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kandungan Air Agregat Halus Pasir Laut.....	72
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kandungan Kadar Lumpur Agregat Halus	73
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kandungan Kadar Lumpur Agregat Kasar	74
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kandungan Kadar Lumpur Agregat Halus Pasir Laut	74
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Berat Satuan Agregat Halus	75
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Berat Satuan Agregat Kasar	76
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Berat Satuan Agregat Halus Pasir Laut	76
Tabel 4.10 Gradasi Saringan Agregat Halus.....	78
Tabel 4.11 Gradasi Saringan Agregat Kasar.....	81
Tabel 4.12 Gradasi Saringan Agregat Halus (Pasir Laut).....	84
Tabel 4.13 Hasil pengujian berat jenis agregat halus.....	88
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar	89
Tabel 4.15 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus Pasir Laut	90
Tabel 4.16 Hasil Pengujian Abrasi Menggunakan Mesin Los Angeles.....	91

Tabel 4.17 Daftar Campuran Mix Design Beton Mutu Tinggi.....	93
Tabel 4.18 Daftar Campuran Mix Design Per Sampel Beton Mutu Tinggi.....	94
Tabel 4.19 Tabel Pengujian Slump Test	95
Tabel 4.20 Tabel Hasil Pengujian Kuat Tekan	96
Tabel 4.21 Tabel Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.....	98
Tabel 4.22 Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser	99



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Gradasi Campuran ASTM C33.....	15
Gambar 2.2 Pembebanan Pada Pengujian Kuat Tekan Beton.	23
Gambar 2.3 Pembebanan Pada Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	25
Gambar 2.4 Sketsa Pengujian Pada Kuat Geser Beton.....	26
Gambar 2.5 Peralatan Abrasi Mesin Los Angeles	34
Gambar 2.6 Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton dan FAS Beton Dengan Benda Uk Uji Silinder (15 c 30 cm)	37
Gambar 3.1 Semen Portland	39
Gambar 3.2 Agregat Halus Dari Pasir Laut	39
Gambar 3.3 Agregat Kasar.....	40
Gambar 3.4 Air.....	40
Gambar 3.5 Superplasticizer	41
Gambar 3.6 Timbangan.....	42
Gambar 3.7 Saringan atau Ayakan.....	42
Gambar 3.8 Wadah pencampur beton.....	43
Gambar 3.9 Cepang.....	43
Gambar 3.10 Wadah.....	44
Gambar 3.11 Cetakan beton.....	44
Gambar 3.12 Keranjang pemeriksa berat jenis	45
Gambar 3.13 Piknometer	45
Gambar 3.14 Oven	46
Gambar 3.15 Kerucut Abrams	46
Gambar 3.16 Sieve Shaker Machine.....	47
Gambar 3.17 Los Angeles Abrasion Machine	47
Gambar 3.18 Compression Testing Machine.....	48
Gambar 3.19 Cetakan Beton Double L	48
Gambar 3.20 Fraktometer Salinitas	49
Gambar 3.21 Skema Pengujian Kuat Tekan Beton Berbentuk Silinder	64
Gambar 3.22 Setup Alat Pengajuan Kuat Geser	68

Gambar 3.23 Diagram Alir Penelitian	70
Gambar 4.1 Grafik Pengujian Agregat Halus	79
Gambar 4.2 Grafik Pengujian Agregat Halus	83
Gambar 4.2 Grafik Agregat Halus Pasir Laut.....	86
Gambar 4.4 Grafik Gradasi Campuran Pasir Sungai	87
Gambar 4.5 Grafik Gradasi Campuran Dengan Pasir Laut.....	87
Gambar 4.6 Hasil Pengujian Kadar Garam Melalui Fraktometer Salinitas	94
Gambar 4.7 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton.....	97
Gambar 4.8 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.....	99
Gambar 4.9 Grafik Hasil Pengujian Kuat Geser Beton	100
Gambar 4.10 Grafik Hubungan Kuat Tekan Dengan Kuat Tarik Beton.....	101
Gambar 4.11 Grafik Hubungan Kuat Tekan Dengan Kuat Geser Beton.....	102
Gambar 4.12 Grafik Gabungan Kuat Geser Dengan Kuat Tarik Belah Beton	103

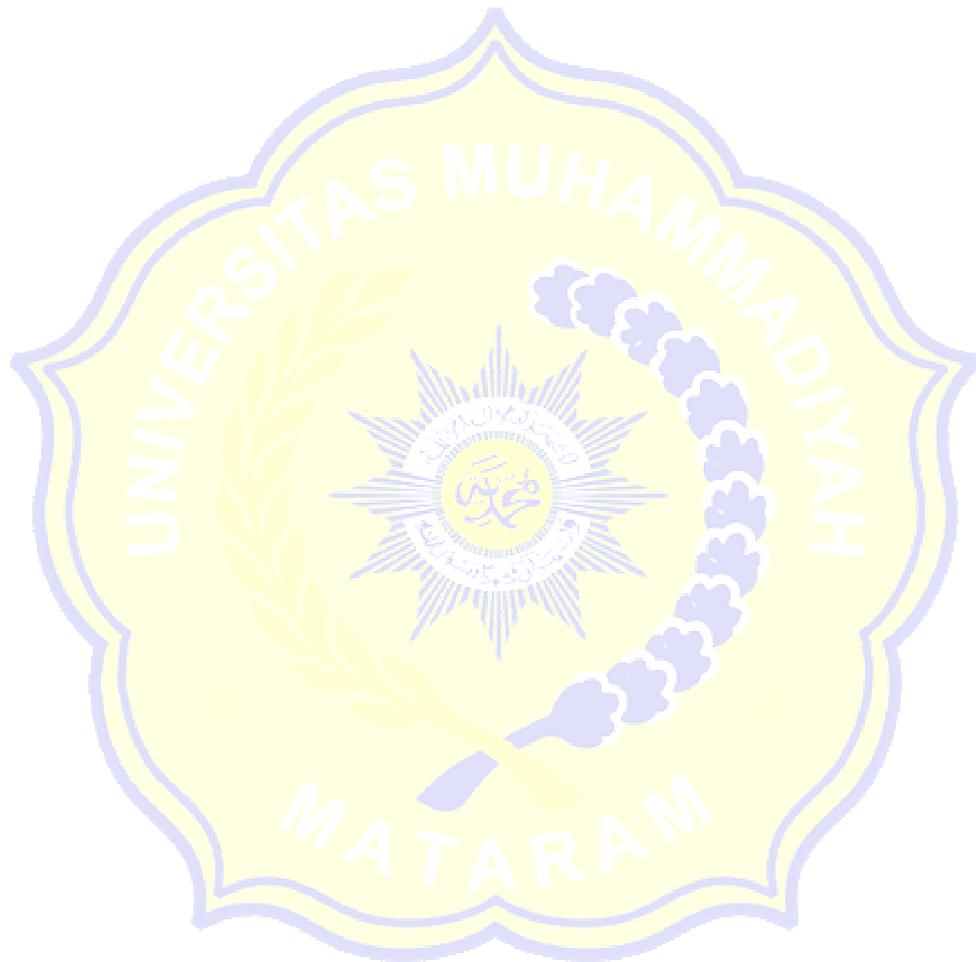


DAFTAR LAMBANG DAN NOTASI

A	: luas penampang yang diberi tekanan, (mm^2)
a	: Berat Cawan (gr)
B	: Berat benda uji kering permukaan SSD (gr)
$BNMT$: Beton Normal Mutu Tinggi
$BPLMT$: Beton Pasir Laut Mutu Tinggi
$BNMT - KG$: Beton Normal Mutu Tinggi Kuat Geser
$BPLMT - KG$: Beton Pasir Laut Mutu Tinggi Kuat Geser
b	: lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)
C	: Berat benda uji dalam air (gr)
D	: diameter silinder beton (mm)
FM	: Fineness Modulus Atau Modulus Halus Butir
FAS	: Faktor Air Semen
f_t	: kuat tarik belah beton pada umur 28 hari (N/mm^2)
f_s	: kuat geser (MPa)
f_c	: kuat tekan, (N/mm^2)
h	: lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)
S	: Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gr)
L	: tinggi silinder beton (mm)
P	: gaya maksimum dari mesin tekan, (N)
V	: Volume (m^3)
$V1$: Volume Pasir (ml)
$V2$: Volume Lumpur (ml)
$W1$: Berat Wadah atau Silinder (kg)
$W2$: Berat Wadah + Benda Uji (kg)
$W3$: Berat Benda Uji (kg)

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran I : Hasil Pengujian
- Lampiran II : Foto Dokumentasi
- Lampiran III : Lembar Administrasi
- Lampiran IV : Lembar Asistensi



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton adalah salah satu bahan konstruksi yang paling umum digunakan dalam bangunan maupun infrastruktur. Keberhasilan suatu proyek konstruksi sangat bergantung pada kualitas beton yang digunakan. Salah satu parameter kualitas beton yang penting adalah kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Kuat tekan dan kuat tarik belah beton dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti rasio semen, rasio agregat, jenis semen, dan agregat halus, agar mengurangi penggunaan pasir sungai yang menyebabkan lingkungan sekitar sungai lebih mudah terkena banjir sehingga diperlukan pengganti agregat jenis pasir sungai yang biasa digunakan pada campuran beton. Pasir laut dimungkinkan untuk digunakan dengan mengadakan perlakuan khusus untuk kandungan garamnya dapat berkurang (Joedono & Wahyudi, 2017). Salah satu pengganti jenis agregat halus yang digunakan dalam produksi beton adalah pasir laut.

Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi di Indonesia ini terus menerus mengalami peningkatan. Hal ini tidak lepas dari tuntutan dan kebutuhan masyarakat terhadap fasilitas infrastruktur yang semakin maju, seperti jembatan dengan bentang panjang dan lebar, bangunan gedung bertingkat tinggi terutama untuk kolom dan beton pracetak, dan fasilitas lainnya. Perencanaan fasilitas-fasilitas tersebut mengarah kepada digunakannya beton mutu tinggi yang mencakup kekuatan, ketahanan dan keawetan, masa layan dan efisiensi. Dengan beton mutu tinggi dimensi dari struktur dapat diperkecil sehingga berat struktur menjadi lebih ringan. Hal tersebut menyebabkan beban yang diterima fondasi secara keseluruhan menjadi lebih kecil pula. Jika ditinjau dari segi ekonomi hal tersebut tentu akan lebih menguntungkan. Di samping itu untuk bangunan bertingkat tinggi dengan semakin kecilnya dimensi struktur kolom pemanfaatan ruangan akan semakin maksimal. Porositas yang dihasilkan beton mutu tinggi juga lebih rapat, sehingga akan menghasilkan beton yang relatif lebih awet dan tahan sulfat karena tidak dapat ditembus oleh air dan bakteri perusak beton. Oleh sebab itu penggunaan beton

bermutu tinggi tidak dapat dihindarkan dalam perencanaan dan perancangan struktur bangunan.

Beton mutu tinggi merupakan beton dengan perlakuan khusus yang tidak dapat selalu dicapai hanya dengan penggunaan material konvensional tanpa penambahan bahan tambah khusus. Beton mutu tinggi biasanya digunakan untuk bahan bangunan struktur seperti struktur bangunan gedung bertingkat tinggi, struktur jembatan, dan memerlukan beton dengan kuat tekan lebih dari 40 MPa (Luga and Atis, 2016). Beton kualitas tinggi (*High Strength Concrete*) yang tercantum di (SNI 03-6468-2000) adalah beton yang kuat tekannya lebih besar dari 41,4 MPa.

Pasir laut merupakan butiran halus dan bulat, serta mengandung kadar garam yang kurang baik pada beton. Penggunaan pasir laut sebagai pengganti agregat halus yang digunakan dalam beton untuk meningkatkan kemampuan deformasi dan mengurangi penggunaan agregat halus pasir sungai dalam campuran beton. Pasir laut yang memiliki kandungan besi ini dapat difungsikan sebagai pengganti sebagian agregat halus. Dengan demikian, beton bisa diproduksi dengan meminimalkan penggunaan pasir sungai, menghasilkan beton yang lebih tahan lama dengan sifat-sifat mekanis yang lebih unggul, termasuk kekuatan tekan dan tarik yang lebih tinggi.

Beton yang menggunakan pasir laut sebagai salah satu komponennya memiliki karakteristik yang unik. Pasir laut, meskipun mengandung garam, memberikan kekuatan mekanis yang baik pada beton setelah proses hidrasi, serta menawarkan daya tahan yang tinggi terhadap korosi. Selain itu, butiran halus dan bulat dari pasir laut membantu meningkatkan stabilitas dimensi beton setelah pengerasan. Penggunaannya juga mendukung keberlanjutan lingkungan dengan mengurangi tekanan ekstraksi terhadap sumber daya alam. Selain itu, variasi warna pasir laut dapat memberikan nilai estetika yang menarik pada beton. Ketersediaan yang melimpah dari pasir laut menjadikannya sebagai opsi yang lebih mudah dan berkelanjutan dalam menyediakan bahan baku untuk industri konstruksi.

Pengganti sebagian agregat halus pada campuran beton dengan penggunaan pasir laut yang memiliki kandungan besi dan berpotensi untuk meningkatkan kuat tekan, kuat tarik belah beton dan kuat geser. Oleh karena itu, penelitian ini akan

dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan pasir laut sebagai pengganti sebagian agregat halus terhadap kuat tekan, kuat tarik belah beton dan kuat geser. Dengan demikian, skripsi ini metode pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah beton dan kuat geser akan digunakan untuk mengukur kekuatan beton dengan mengganti sebagian agregat halus menggunakan pasir laut pada campuran beton. Hasil dari penelitian ini akan memberikan informasi tentang kelayakan penggunaan pemanfaatan pasir laut pada beton mutu tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada uraian latar belakang sebelumnya, penulis merumuskan beberapa masalah yang akan dibahas, yaitu:

- a. Bagaimana pengaruh pemanfaatan pasir laut sebagai pengganti sebagian agregat halus terhadap kuat tekan beton mutu tinggi?
- b. Bagaimana pengaruh campuran sebagai agregat halus pasir laut terhadap kuat tarik belah beton mutu tinggi?
- c. Bagaimana pengaruh campuran sebagai agregat halus pasir laut terhadap kuat geser beton mutu tinggi?
- d. Bagaimana perbandingan perubahan antara kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, dan kuat geser beton?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

- a. Mengetahui pengaruh pemanfaatan pasir laut sebagai pengganti sebagian agregat halus terhadap kuat tekan.
- b. Menentukan pengaruh campuran sebagian agregat halus pasir laut terhadap kuat tarik belah beton mutu tinggi.
- c. Menentukan pengaruh campuran sebagian agregat halus pasir laut terhadap kuat geser beton mutu tinggi.
- d. Menentukan perbandingan perubahan antara kuat tekan, kuat tarik belah beton, dan kuat geser

1.4 Batasan Masalah

Untuk Batasan masalah yang ada pada penelitian ini yaitu:

- a. Alat-alat yang digunakan pada pengujian kuat tekan, tarik belah, dan kuat geser penelitian ini adalah Compression Testing Machine dan Los Angeles Abrasion Machine
- b. Pengujian dilakukan dengan menggunakan bahan-bahan yang telah dikumpulkan langsung dari lokasi penelitian seperti semen, pasir laut, agregat kasar dan air
- c. Variasi yang digunakan pada penelitian ini ialah 25% pasir laut, 50% pasir laut dan 100% pasir laut
- d. Kuat tekan ($f'c$) rencana yang digunakan pada beton mutu tinggi sebesar 42 MPa
- e. Pasir laut yang digunakan adalah pasir laut hitam yang berada di pantai Labuhan Haji yang memiliki kandungan besi.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- a. Memberikan informasi mengenai pengaruh pemanfaatan pasir laut sebagai pengganti sebagian agregat halus terhadap kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat geser pada beton mutu tinggi.
- b. Mendukung pengembangan industri. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar pengembangan industri beton yang lebih baik dan inovatif. Industri beton mutu tinggi yang mengikuti perkembangan teknologi dan penelitian akan mampu memenuhi permintaan pasar yang semakin meningkat.
- c. Menambah referensi untuk penelitian selanjutnya. Penelitian ini dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya dalam menggunakan pemanfaatan pasir laut sebagai pengganti sebagian agregat halus pada beton mutu tinggi. Hal ini dapat membantu pengembangan teknologi dan inovasi dalam produksi beton mutu tinggi yang lebih efektif dan efisien.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Beton adalah elemen penting dalam pekerjaan konstruksi karena dapat dibentuk dengan mudah sesuai dengan kebutuhan proyek konstruksi. Beton merupakan elemen dalam konstruksi yang terdiri dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan bahan tambahan lainnya (Zulkarnain, 2021). Selain karena mudahnya pembentukannya, penggunaan beton yang cukup masif dalam dunia konstruksi juga dikarenakan biaya dan perawatannya yang ekonomis.

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, alasan beton banyak digunakan pada proyek pembangunan yaitu karena beton memiliki kelebihan berupa memiliki ketahanan terhadap suhu yang tinggi, mudah dibentuk menyesuaikan kebutuhan di lapangan, dapat menahan beban berat, biaya perawatan yang terjangkau, dan masih banyak lagi. Selain itu, beton juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu Ketika sudah terbentuk, akan sulit untuk mengubah bentuknya lagi, membutuhkan ketelitian yang tinggi saat proses pengerjaannya, memiliki beban sendiri yang berat, dan lainnya.

Menurut dari hasil penelitian Tata, dkk. “Studi karakteristik agregat pasir pantai Mongoli, Sosowomo, dan Loto dalam komposisi beton” (2017), yang melakukan penelitian penggunaan pasir pantai Mangoli, Sosowomo dan Loto mendapatkan hasil pengujian kuat tekan yang cukup baik pada pasir Loto, yaitu sebesar 22,84 MPa, dengan perbandingan variasi FAS yang berbeda di mana FAS 0,4 yang meningkatkan nilai kuat tekan beton yaitu sebesar 26,64 MPa, sehingga terjadi peningkatan sebesar 16,64% dari FAS 0,48 yaitu sebesar 22,84 MPa.

Dumiyati “Analisis penggunaan pasir pantai Sampur sebagai agregat halus terhadap kuat tekan beton” (2015), melakukan penelitian analisis penggunaan pasir pantai Sampur sebagai agregat halus terhadap kuat tekan beton. Dari penelitian, hasil yang didapat yaitu kuat tekan dengan pasir pantai dicuci didapat 22,14 MPa, yang disiram sebesar 17,52 MPa, dan tanpa perlakuan sebesar 16,36 MPa.

Atmaja “Analisa kuat tekan beton menggunakan agregat halus pasir pantai Bunga dan pasir sungai” (2021), melakukan penelitian analisa kuat tekan beton menggunakan agregat halus pasir pantai bunga dan pasir sungai dengan mutu rencana 24 MPa pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Pada pasir pantai Desa Indrayaman kuat tekan rata-rata pada umur 7 hari didapat 18,34 MPa dan pasir pantai Desa Sei Balai yaitu 17,92 MPa. Untuk umur 14 hari pada pasir pantai Desa Indrayaman didapat rata-rata 22,66 MPa dan pasir pantai Desa Sei Balai yaitu 22,24 MPa. Untuk umur 28 hari didapat kuat tekan rata-rata 25,23 MPa dan 25,06 MPa.

Tata (2019) melakukan penelitian terkait sifat mekanik beton dengan campuran pasir pantai dan air laut, Agregat halus dari pasir pantai sebagai komponen beton telah banyak digunakan di daerah kepulauan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan sifat mekanis beton campuran pasir pantai dengan variasi quarry yang berbeda. Tiga sumber pasir pantai yang berbeda yaitu: Loto, Kusu dan Akelamo dengan FAS yang bervariasi, juga diteliti hubungan terhadap tingkat salinitasnya. Benda uji selinder ukuran 150x300 diuji pada umur beton 28 hari. Dari hasil penelitian dihasilkan kuat tekan beton masing-masing menunjukkan pasir Loto mempunyai nilai kuat tekan lebih tinggi dari pasir Kusu dan Akelamo. Ditinjau dari hasil penelitian menunjukkan tidak terjadi perbedaan yang signifikan dari ketiga sumber pantai. Kuat tekan beton dengan bahan campur air tawar dibanding air laut pada pasir Loto, Akelamo, dan Kusu menunjukkan lebih kuat dengan selisih 2,04%, 3,09 % dan 2,16%.

Rumingga (2022) melakukan penelitian terkait pengaruh pemanfaatan pasir laut sebagai campuran agregat halus pada beton normal. Metode yang digunakan pada peneliti ini menggunakan metode rancangan campuran beton biasa dan acuan SNI 03-7656-2012, Metode Rancangan Campuran Beton Biasa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan campuran agregat halus beton dengan pasir laut dan pasir gunung mengakibatkan penurunan mutu beton, walaupun pada variasi campuran 25% dan 50% memenuhi standar untuk beton normal. Pasir laut, sebagai agregat, dapat menurunkan kualitas mutu beton sehingga tidak memenuhi spesifikasi agregat halus yang diperlukan untuk beton normal. Selain itu, dari hasil pengujian juga disimpulkan bahwa kuat geser beton menurun seiring variasi

campuran, dengan nilai tertinggi terjadi pada campuran 0% dan terendah pada campuran 100%. Meskipun terjadi penurunan, kuat geser semua varian campuran masih sesuai dengan standar normal, dengan penurunan antara 20% dan 85% dari nilai kuat tekan beton.

Rifki dkk, (2023) melakukan penelitian tentang karakteristik beton dengan campuran pasir pantai sebagai agregat halus dengan hasil pengujian beton dilakukan setelah mencapai usia 28 hari. Hasil uji kekuatan beton menunjukkan bahwa beton dengan pasir sungai (benda uji A) memiliki kuat tekan rata-rata 17,08 MPa, sementara beton dengan pasir pantai yang telah dicuci (benda uji B) memiliki kuat tekan rata-rata 12,40 MPa, dan beton dengan pasir pantai yang tidak dicuci dengan penambahan komposisi pasir pantai (benda uji D) menghasilkan kuat tekan rata-rata 13,12 MPa. Beton dengan pasir pantai yang telah dicuci (benda uji B) mengalami penurunan sebesar 9,4% dari beton dengan pasir sungai (benda uji A). Sementara itu, beton dengan pasir pantai yang dicuci dengan penambahan komposisi pasir pantai dan pengurangan kerikil (benda uji C) mengalami penurunan kuat tekan sebesar 27,4% dari benda uji A dan 19,86% dari benda uji B, menunjukkan bahwa penambahan komposisi pasir pantai tanpa mencucinya akan menurunkan kuat tekan beton. Pada beton dengan pasir laut tanpa dicuci dan penambahan komposisi pasir pantai (benda uji D), nilai kekuatan beton turun sebesar 23,18% dari benda uji A (beton normal dengan pasir sungai) dan 15,25% dari benda uji B (beton dengan pasir laut yang dicuci). Nilai *Slump* untuk beton dengan pasir sungai (benda uji A) sebesar 15, beton dengan pasir pantai yang dicuci (benda uji B) sebesar 9, beton dengan pasir laut yang dicuci dan penambahan komposisi pasir pantai (benda uji C) sebesar 10, dan nilai *Slump* beton dengan pasir laut yang tidak dicuci dengan penambahan komposisi pasir dan pengurangan kerikil (benda uji D) sebesar 10. Berdasarkan nilai *Slump*, beton dengan pasir sungai (benda uji A) dapat digunakan dalam bentuk bangunan seperti plat, balok, kolom, dan dinding. Beton dengan pasir pantai yang dicuci (benda uji B) cocok untuk digunakan sebagai fondasi telapak tidak bertulang, *caisson*, dan struktur di bawah tanah. Pengujian beton dengan pasir pantai yang dicuci dengan penambahan

komposisi pasir laut dan pengurangan kerikil (benda uji C) dapat diterapkan pada jenis bangunan seperti dinding, plat fondasi, dan fondasi telapak bertulang.

Letak perbedaan dari penelitian yang sudah di jelaskan sebelumnya terkait hal penggunaan pemanfaatan pasir laut ialah dari kandungan pasir laut, pasir laut yang akan digunakan sebagai penelitian saat ini menggunakan pasir laut yang mengandung kandungan besi yang berlokasi di pantai labuhan haji lombok timur beserta pada penambahan alat proses penelitian ini salah satu nya pada uji mesin Los Angeles dan juga penambahan *admixture Superplasticizer* dalam mutu beton tinggi untuk pengujian pada penelitian ini.

2.2 Landasan Teori

Secara garis besar akan disajikan landasan teori yang lebih jelas untuk memberikan arahan yang kuat dalam penyelesaian permasalahan yang timbul dalam studi kasus atau penelitian yang sedang dilakukan.

2.2.1 Analisis beton

Menurut SNI-03-2847-2002, beton merupakan campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton disusun dari agregat kasar dan agregat halus.

Beton adalah bahan serupa dengan batu yang diperoleh dengan mencampur semen, pasir, agregat lain, dan air dicampur dalam proporsi tertentu dan campuran dibiarkan mengeras dalam cetakan dengan bentuk yang diinginkan. Salah satu kekuatan beton ialah memakai bahan kekuatan tinggi. Jika dibuat dengan baik, kuat tekannya mirip dengan kekuatan tekan batuan alam (Tjokrodimuljo, 2007).

Beton sangat banyak digunakan karena keunggulannya dibandingkan bahan bangunan lainnya. Secara khusus, keunggulan beton adalah:

- a. Ketersediaan material dasar
- b. Kemudahan untuk digunakan
- c. Kemampuan beradaptasi
- d. Ketahanan yang tinggi

Selain memiliki keunggulan seperti yang disebutkan sebelumnya, beton juga memiliki kekurangan sebagai berikut:

- a. Berat sendiri yang besar
- b. Kekuatan tarik yang rendah
- c. Cenderung mudah retak
- d. Struktur beton sulit dipindahkan

Beton biasa adalah beton dengan massa jenis 2200-2500 kg/m³ dengan agregat alam yang dihancurkan atau tidak dihancurkan dan tanpa bahan tambahan. Kekuatan beton tipikal adalah 20-35 MPa pada umur 28 hari (Permen PU, 2005). Penggunaan *grade* normal banyak digunakan untuk struktur sederhana seperti apartemen dan gedung yang tidak terlalu tinggi yang persyaratan kuat tekannya adalah kekuatannya yang rendah dan sifat khusus yang terbatas. Sifat khusus yang diinginkan termasuk ketahanan terhadap serangan kimia, ketahanan air, dan ketahanan terhadap faktor lingkungan dimana beton digunakan.

Menurut Tjokrodimuljo (1996), macam-macam beton sebagai berikut:

- a. Beton normal
Merupakan beton yang cukup berat, dengan berat volume 2400 kg/m³ dengan nilai kuat tekan 15 – 40 MPa dan dapat menghantar panas.
- b. Beton ringan
Merupakan beton dengan berat kurang dari 1800 kg/m³. Nilai kuat tekannya lebih kecil dari beton biasa dan kurang baik dalam menghantarkan panas.
- c. Beton massa
Beton massa adalah beton yang dituang dalam volume besar yaitu perbandingan antara volume dan luas permukaannya besar. Biasanya dianggap beton massa jika dimensinya lebih dari 60 cm.
- d. Fero semen
Foresmen adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan memberikan kepada mortar semen suatu tulangan yang berupa anyaman. Fero semen dapat diartikan beton bertulang.
- e. Beton serat
Beton serat adalah beton komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Bahan serat dapat berupa serat asbes, serat

tumbuh-tumbuhan (rami, bambu, ijuk), serat *plastic (polypropylene)* atau potongan kawat logam.

f. Beton non pasir

Beton non pasir adalah suatu bentuk sederhana dan jenis beton ringan yang diperoleh menghilangkan bagian halus agregat pada pembuatannya. Rongga dalam beton mencapai 20 – 25 %.

g. Beton siklop

Beton ini sama dengan beton biasa, bedanya digunakan agregat dengan ukuran besar-besar. Ukurannya bisa mencapai 20 cm. Namun, proporsi agregat yang lebih besar tidak boleh lebih dari 20 %.

h. Beton hampa (*Vacuum Concrete*)

Beton ini dibuat seperti beton biasa, namun setelah tercetak padat kemudian air sisa reaksi disedot dengan cara khusus, disebut cara vakum (*vacuum method*). Dengan demikian air yang tinggal hanyalah air yang dipakai sebagai reaksi dengan semen sehingga beton yang diperoleh sangat kuat.

i. Mortar

Mortar sering disebut juga mortel atau spesi ialah adukan yang terdiri dari pasir, bahan perekat, kapur dan PC.

Sifat pada beton yang menonjol adalah kuat tekannya, maka dari itu dalam pembuatan beton sifat ini yang ditargetkan. Dalam teori teknologi beton menurut (Mulyono, 1996), kekuatan beton yang dihasilkan dipengaruhi oleh:

1. Rasio semen terhadap air.
2. Rasio semen terhadap agregat
3. Grading, tekstur permukaan, bentuk, dan kekuatan dari partikel agregat
4. Ukuran maksimum agregat

2.2.1.1 Beton normal

Pada penelitian skripsi ini salah satu jenis beton yang digunakan sebagai perbandingan selain beton menggunakan agregat halus yakni pasir laut adalah beton normal dengan mutu tinggi. Adapun pengertian dari beton normal sebagai berikut.

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan split sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara 2200 kg/m³ – 2400 kg/m³ dengan kuat tekan sekitar 15 – 40 MPa (European Environment Agency, 2019).

Menurut Badan Standarisasi Nasional (2002) beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, tanpa bahan tambahan membentuk masa padat, sedangkan yang di maksud beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi 2200-2500 kg/m³. Terdapat juga agregat halus (pasir) alam sebagai hasil disintegrasi secara alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm, sedangkan agregat kasar (kerikil) sebagai hasil disintegrasi dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm (Prayuda, 2018).

2.2.1.2 Beton mutu tinggi

Sesuai dengan perkembangan pada teknologi beton saat ini, ternyata kriteria beton mutu tinggi juga selalu berubah sesuai dengan kemajuan tingkat mutu yang telah dicapai. Pada tahun 1950an, beton dengan kuat tekan 30 MPa sudah dikategorikan sebagai beton mutu tinggi. Pada tahun 1960an hingga awal 1970an, kriterianya lebih lazim menjadi 40 MPa. Saat ini, disebut mutu tinggi untuk kuat tekan diatas 50 MPa, dan 80 MPa sebagai beton mutu sangat tinggi, sedangkan 120 MPa bisa dikategorikan sebagai beton bermutu ultra tinggi.

Beton mutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan beton normal biasa. menurut PD T-04-2004-C tentang tata cara pembuatan dan pelaksanaan beton berkekuatan tinggi, yang tergolong beton bermutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan antara 40 – 80 MPa. Beton mutu tinggi (high strength concrete) yang tercantum dalam SNI 03-6468-2000 didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih besar atau sama dengan 41,4 MPa.

Beton mutu tinggi bermanfaat pada pracetak dan pratekan. Pada bangunan tinggi mengurangi beban mati. Kelemahannya adalah kegetasannya. Produksi beton mutu tinggi memerlukan pemasok untuk mengoptimisasikan 3 aspek yang

mempengaruhi kekuatan beton : pasta semen, agregat, dan lekatan semen-agregat. Ini perlu perhatian pada semua aspek produksi, yaitu pemilihan material, mix design, penanganan dan penuangan. Kontrol kualitas adalah bagian yang penting dan memerlukan kerja sama penuh antara pemasok, perencana dan kontraktor (Nugraha & Antoni, 2007).

Penambahan cairan *superplastizicer* untuk mendapatkan mutu beton yang tinggi, cairan sikacim *concrete additive* merupakan obat beton / *admixture high range water reducing* yang diformulasikan khusus untuk industri beton pracetak; untuk memenuhi kebutuhan pembukaan bekisting lebih cepat dan pencapaian kuat tekan awal lebih tinggi (PT. Sika Indonesia, 2022).

2.2.2 Bahan penyusun beton

1) Agregat

Pada SNI 03-287-2013, agregat didefinisikan sebagai bahan granul, seperti pasir, kerikil, batu pecah, dan cangkung besi kiln, yang digunakan dengan bahan pengikat untuk membentuk beton atau *hidrosemen*. Agregat merupakan salah satu bahan pengisi dalam beton, namun peranan agregat dalam beton sangat penting. Kandungan agregat dalam beton mencapai sekitar 70% pada 75% dari total volume beton (Tjokrodimuljo, 2009).

a. Agregat Halus

Agregat halus menurut SNI 03-2847-2913 adalah pasir alam yang dihasilkan dari peluruhan “alami” batuan atau pasir industri penggalian dan memiliki ukuran butir 5.0 mm. Pasir dalam campuran beton sangat penting untuk *workability*, kekuatan dan *durabilitas* beton yang dihasilkan. Kualitas pasir harus dikontrol untuk hasil beton yang seragam. Oleh karena itu, sebagai agregat halus, pasir harus memenuhi kadar dan persyaratan yang ditentukan. Menurut Tjokrodimuljo (2009), agregat halus (pasir) adalah batuan dengan ukuran butir antara 0,15 dan 5 mm. Agregat halus dapat ditambang dari tanah, dasar sungai, dan pantai.

Menurut PBI (1971) Syarat-syarat agregat halus (pasir) adalah sebagai berikut:

- a) Agregat halus terdiri dari butiran-butiran tajam dan keras, serta tidak mudah pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti panas matahari dan hujan.
- b) Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% terhadap jumlah berat agregat kering, Apabila kandungan lumpur lebih dari 5%, agregat halus harus di cuci terlebih dahulu.
- c) Agregat halus terdiri dari butiran-butiran yang keanekaragaman besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan harus memenuhi syarat sebagai berikut:
- Sisa di atas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat.
 - Sisa di atas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat.
 - Sisa di atas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80-90% berat
- Pasir sebagai agregat halus harus memenuhi kadar dan persyaratan yang ditentukan. Batas-batas gradien partikel halus dapat disajikan seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir Yang Lolos Ayakan			
	Pasir Kasar	Pasir Agak Kasar	Pasir Agak Halus	Pasir 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	35-90	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 : Tjokrodinuljo, 2012)

b. Agregat Kasar (Batu Pecah)

Agregat kasar adalah kerikil hasil pemecah batuan secara alami atau berupa batu pecah dari industri batu pecah, dengan ukuran butir antara 5

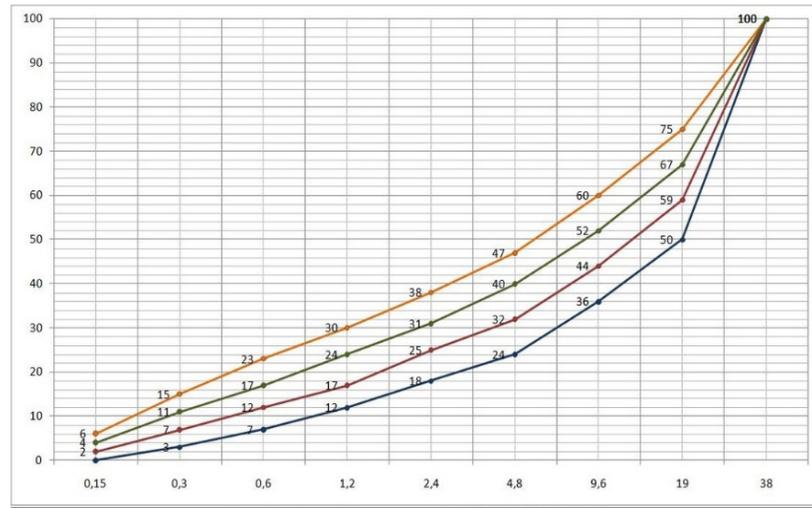
sampai 40 mm. Distribusi ukuran agregat kasar diklasifikasikan dalam Tabel Batas Kadar Agregat Kasar Seperti yang disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Persen Lolos Kumulatif
9,50	100
4,75	95-100
2,36	80-100
1,18	50-85
0,60	25-60
0,30	5-30
0,15	0-10

(Sumber : ASTM C33 2003)

Menurut SNI 1969:2008, agregat kasar adalah agregat yang mempunyai ukuran butir antara No. 4 (4,75 mm) sampai 40 mm (1,5 inch). Gradasi (Pembagian/distribusi butir, grading) ialah distribusi ukuran butir agregat. Agregat diayak berurutan menurut ayakan standar, yang disusun mulai dari ayakan terbesar di bagian paling atas. Agregat diletakkan di bagian teratas. Setelah cukup lama ayakan digetarkan, berat agregat yang tertahan pada setiap ayakan. Grafik gradasi campuran disajikan pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Grafik Gradasi Campuran ASTM C33
(Sumber: SNI 03-2834-2000)

2) Semen

Semen adalah suatu bahan kimia yang halus berfungsi sebagai pengikat agregat. Bahan baku dalam semen adalah bahan baku yang mengandung oksida seperti bahan kapur, silika, alumina, dan oksida besi. Di sini semen menjadi perekat yang mengikat agregat kasar dan halus menjadi massa yang padat dan padat tersebut melalui proses hidrasi. Semen diklasifikasikan sebagai pengikat hidrolik karena semen bertindak sebagai perekat ketika ditambahkan air.

Berbagai jenis semen menghasilkan panas yang berbeda-beda. Juga dengan kelanjutan pelepasan panas yang berbeda. Maka perlu diketahui untuk struktur semen tersebut digunakan. Semakin besar dan berat penampang struktur beton, semakin sedikit pula panas hidrasi yang diinginkan. Adapun jenis-jenis semen Portland sebagai berikut:

- a) Semen tipe I : Semen portland untuk penggunaan umum untuk semua tujuan.
- b) Semen tipe II : Relatif sedikit pelepasan panas. Digunakan sebagai struktur besar
- c) Semen tipe III : Mencapai kekuatan tinggi pada umur 3 hari

- d) Semen tipe IV : Dipakai pada bendungan beton, karena mempunyai sifat panas hidrasi rendah.
- e) Semen tipe V : Dipakai untuk beton-beton yang akan ditempatkan dilingkungan dengan konsentrasi sulfat yang tinggi.

2.2.3 Air

Air adalah bahan dasar pembuatan beton yang paling murah. Fungsi air dalam beton adalah untuk membuat semen bereaksi dan sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat. Untuk membuat semen bereaksi hanya dibutuhkan air sekitar 25-30 % dari berat semen. Tetapi pada kenyataan di lapangan apabila faktor air semen atau berat air dibagi berat semen kurang dari 0,35 maka adukan sulit dikerjakan, sehingga umumnya faktor air semen lebih dari 0,40 yang mana terdapat kelebihan air yang tidak bereaksi dengan semen. Kelebihan air inilah yang berfungsi sebagai pelumas agregat, sehingga membuat adukan mudah dikerjakan. Tetapi seiring dengan semakin mudahnya pengerjaan, maka akan menyebabkan beton menjadi porous atau terdapat banyak rongga, maka kuat tekan beton itu sendiri akan menurun. (Sutrisno, 2017)

Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap:

- a. Sifat *workability* adukan beton.
- b. Besar kecilnya nilai susut beton.
- c. Kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan kekuatan selang beberapa waktu.
- d. Perawatan terhadap adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Air digunakan sebagai bahan pencampur dan pengaduk beton untuk mempermudah pekerjaan. Menurut peraturan beton bertulang Indonesia (1971) pada SNI 03-2847-2002. Pemakaian air untuk beton tersebut sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Air harus bersih.
- b. Tidak mengandung lumpur.

- c. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton seperti asam, zat organik.
- d. Tidak mengandung minyak dan alkali.
- e. Tidak mengandung senyawa asam.

2.2.4 Pasir laut

Pasir laut, sebagai salah satu jenis agregat halus yang digunakan dalam beton struktural, memiliki karakteristik yang memengaruhi kualitas dan keandalan struktur beton yang dihasilkan. Pasir ini berasal dari pesisir pantai dengan butiran yang halus dan bulat akibat gesekan alami. Namun, kandungan garam yang tinggi pada pasir laut menjadi kelemahan utama, karena garam ini cenderung menyerap air dari udara, menjadikan pasir selalu agak basah. Hal ini dapat menyebabkan masalah pengembangan ketika pasir laut digunakan dalam konstruksi bangunan.

Karakteristik kualitas agregat halus sangat vital dalam menentukan kualitas struktur beton. Pasir laut, walaupun memiliki kandungan garam yang tinggi, masih menjadi pilihan karena ketersediaannya yang besar. Namun, penggunaannya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan oleh lembaga terpercaya. Salah satu kelemahan utama pasir laut adalah ketidakcocokannya untuk digunakan dalam beton bertulang, karena dapat menyebabkan korosi pada baja tulangan beton.

Pasir laut dapat dibedakan berdasarkan dua kondisi utama yaitu yang tidak dipengaruhi oleh pasang surut dan yang terendam oleh pasang surut laut. Pasir laut yang tidak dipengaruhi oleh air pasang memiliki kandungan kadar garam yang lebih rendah daripada yang terpengaruh oleh air pasang. Standar ini perlu diikuti untuk mencegah efloresensi dan masalah korosi yang mungkin timbul (BSI, 1972).

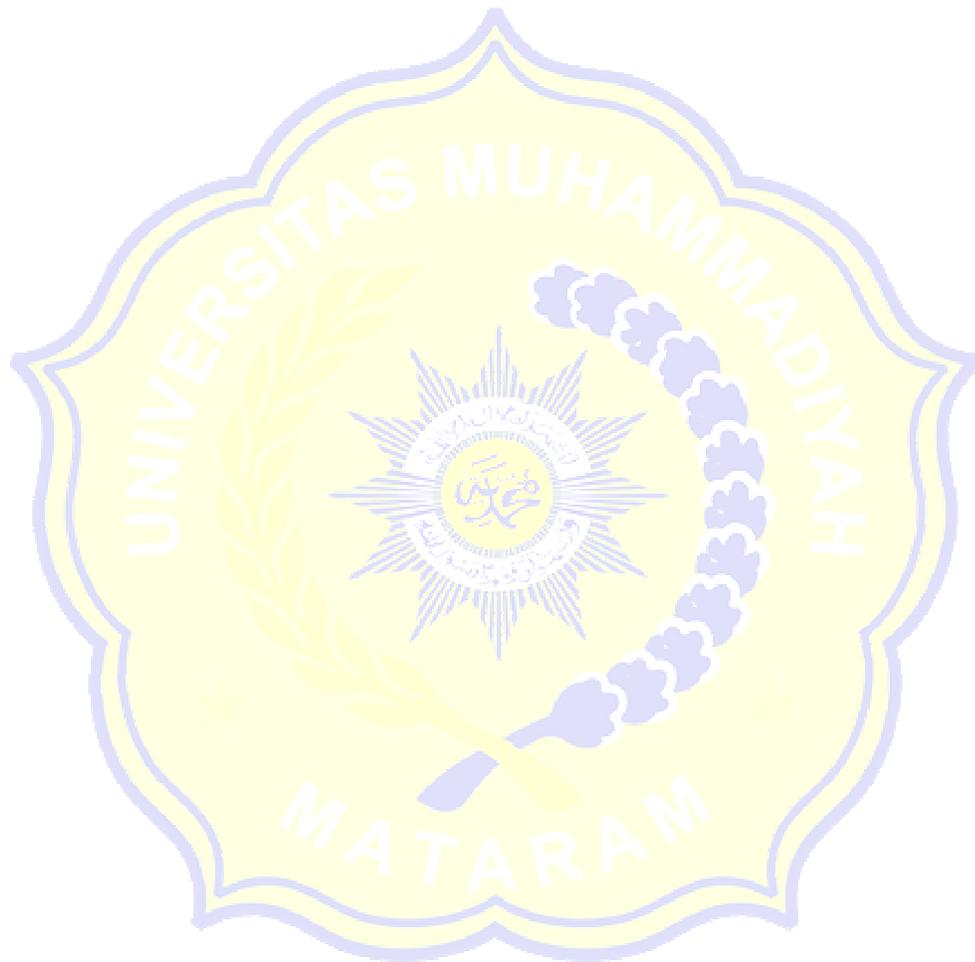
Ada dua karakteristik utama pasir laut yang dapat membuatnya cocok sebagai komponen struktural, yaitu distabilisasi butiran pasir untuk mengurangi kandungan garamnya, serta karakteristik butiran yang kasar dengan gradasi yang bervariasi, asalkan kandungan garamnya tidak melebihi batas yang ditetapkan (Mangerongkonda, 2007).

2.2.5 Superplasticizer

Superplasticizer merupakan bahan tambah yang digunakan dalam campuran beton untuk meningkatkan kekuatan dan kualitas beton. *Superplasticizer* dapat

membantu mengurangi jumlah air yang dibutuhkan dalam campuran beton tanpa mengurangi konsistensi campuran. Hal ini dapat meningkatkan kuat tekan beton mutu tinggi.

Superplasticizer merupakan bahan tambah pengurang air yang besar yang merupakan bahan tambah kimia dalam klasifikasi SNI 03-2495-1991. Berikut adalah tabel kimia *superplasticizer*:



Tabel 2.3 Kimia *Superplasticizer*.

Kelas	Asal	Biaya Relatif
<i>Lignosulfonat</i>	Diperoleh dari proses netralisasi, pengendapan, dan fermentasi dari limbah cair yang diperoleh selama produksi bubur kertas dari kayu	1
<i>Sulfonat melamin formaldehida (SMF)</i>	Diproduksi dengan resinifikasi normal dari melamin-formaldehida	2
<i>Sulfonat naftalena formaldehida (SNF)</i>	Diproduksi dari naftalena dengan sulfanasi oleum atau SO ₃ ; reaksi formaldehida selanjutnya menyebabkan polimerisasi dan asam sulfonat dinetralkan dengan natrium hidroksida atau kapur	3
<i>Polikarboksilat (PCE)</i>	Mekanisme radikal bebas menggunakan inisiator peroksida digunakan untuk proses polimerisasi dalam sistem ini	4

(Sumber: Rixom and Maivaganam, 2003)

Ada beberapa jenis *superplastisizer* yang tersedia sebagai berikut :

- a. *Sodium lignosulfonate*, Bahan tambah ini biasanya digunakan dalam campuran beton dengan kandungan fly ash atau slag yang tinggi. *Sodium lignosulfonate* dapat meningkatkan waktu pengaturan beton dan memperbaiki sifat mekaniknya.
- b. *Polycarboxylate ether*, Bahan tambah ini dapat meningkatkan kekuatan beton dan kualitasnya secara signifikan. *Polycarboxylate ether* dapat membantu mengurangi jumlah air dalam campuran beton, yang pada akhirnya dapat meningkatkan kekuatan tekan beton.
- c. *Naphthalene sulfonate formaldehyde*, Bahan tambah ini digunakan dalam campuran beton yang memerlukan waktu pengaturan yang cepat. *Naphthalene sulfonate formaldehyde* dapat membantu meningkatkan kekuatan beton dan juga memperbaiki sifat mekaniknya.

Tabel 2.4 Informasi Produk *Superplastisizer*

INFORMASI PRODUK	INFORMASI APLIKASI
Bahan dasar kimia	<i>Modifed Naphthalene Formaldehyde sulfonate</i>
Kemasan	900 ml
Umur penyimpanan	12 bulan dari tanggal produksi, jika disimpan dengan baik dalam kemasan aslinya dengan keasdaan tidak rusak dan segel belum terbuka.
Kondisi penyimpanan	Simpan pada kondisi kering dengan suhu antara +5 °C - + 30 °C. Lindungi dari sinar matahari langsung dan embun.
Tampilan / warna	Cairan / coklat tua
Massa jenis	1.17 ± 0.01 kg/l (pada suhu +20 °C)

(Sumber: SikaCim Concrete Additive, 2022)

Dari beberapa jenis superplastisizer diatas jadi dapat diketahui dalam penelitian ini menggunakan *Superplasticizer* dengan jenis bahan dasar kimia *Naphthalene sulfonate formaldehyde*, sesuai yang tertera dalam kemasan produk.

Adapun Kelebihan dan kekurangan *superplasticizer* antara lain,

- a. Kelebihan *Superplasticizer*
 - a) Meningkatkan kemampuan aliran beton: *Superplasticizer* meningkatkan kemampuan aliran beton, sehingga mudah dicetak atau disemprot, dan hasilnya memiliki permukaan yang halus.
 - b) Meningkatkan daya rekat *Superplasticizer* membantu meningkatkan daya rekat antara beton dan bahan lain seperti baja, kayu, atau kaca.
 - c) Menurunkan biaya produksi: Dalam beberapa kasus, *superplasticizer* dapat menggantikan sebagian semen, yang dapat menurunkan biaya produksi.
 - d) Menyediakan keuntungan ekonomi jangka panjang: *Superplasticizer* dapat menghasilkan beton dengan kekuatan awal

yang lebih tinggi, sehingga dapat memperpanjang umur bangunan dan mengurangi biaya perbaikan.

- b. Kekurangan *Superplasticizer*
 - a) Harga yang mahal: *Superplasticizer* sering kali lebih mahal daripada aditif beton lainnya, sehingga dapat meningkatkan biaya pada produksi.
 - b) Potensial retak: Jika terlalu banyak *superplasticizer* ditambahkan ke dalam campuran beton, dapat menyebabkan retak atau kerusakan pada beton saat mengering.
 - c) Perlu penanganan khusus: *Superplasticizer* dapat menjadi beracun jika terhirup atau terkena kulit, sehingga memerlukan penanganan khusus saat digunakan.
 - d) Diperlukan perhitungan yang akurat: Penggunaan *superplasticizer* memerlukan perhitungan yang akurat dan hati-hati dalam mencampur dengan beton, agar tidak melebihi jumlah yang diperlukan dan menyebabkan masalah pada beton.

2.2.6 Kuat tekan beton

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menahan beban tekan sebelum terjadi kerusakan permanen ataupun pecah, Secara teknis, kuat tekan beton dapat didefinisikan sebagai tekanan maksimum yang dapat ditahan oleh beton sebelum mencapai kerusakan permanen atau pecah, Satuan yang umum digunakan untuk mengukur kuat tekan beton adalah satuan *Megapascal* (MPa). Kuat tekan beton dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis campuran beton, proporsi bahan, waktu pengerasan, kelembaban, dan pengaruh lingkungan di sekitarnya.

Kuat tekan beton merupakan salah satu parameter penting yang digunakan dalam perencanaan dan perancangan struktur beton untuk memastikan keamanan dan ketahanannya. Alat yang di gunakan uji kuat tekan beton ialah alat *Compression Testing Machine* yang dimana alat uji kuat tekan beton ini secara merusak (*Destructive Test*) dan pengujian menggunakan alat inilah yang paling mendekati nilai kuat tekan beton sebenarnya dimana pengujian ini harus dilakukan di laboratorium dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine*.

Pemeriksaan kuat tekan beton dilakukan untuk mengetahui secara pasti akan kekuatan tekan beton ringan pada umur 28 hari yang sebenarnya apakah sesuai dengan yang telah disyaratkan. Pada mesin uji tekan benda ini diletakkan dan diberikan beban sampai benda runtuh, yaitu pada saat beban maksimum bekerja (Mulyono, 2004).

Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar SNI 03-1974-1990. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi ($f'c$) yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan. Kekuatan karakteristik, kekuatan tekan, tegangan dan regangan, susut dan rangkang, reaksi terhadap temperatur, keawetan dan kededapan terhadap air.

Karakteristik pada beton yang menunjukkan kekuatan tekan yang sangat tinggi menjadi fokus dalam proses pembuatan beton. Pada saat pembuatan beton yang untuk. Dalam teori teknologi beton, kekuatan beton yang dihasilkan dipengaruhi oleh:

- a. Rasio semen terhadap air
- b. Rasio semen terhadap agregat
- c. Ukuran maksimum agregat
- d. *Grading*, tekstur permukaan bentuk, kekuatan dan partikel agregat.

Pemeriksaan kuat tekan beton dilakukan untuk mengetahui secara pasti akan kekuatan tekan beton ringan pada umur 28 hari yang seharusnya sesuai dengan yang direncanakan atau tidak. Pada mesin uji tekan benda diletakkan dan diberikan beban sampai benda runtuh, yaitu pada saat beban maksimum bekerja.

Pemeriksaan berat volume agregat beton sehingga mendapatkan persamaan yang disajikan pada persamaan 2-1 (SNI 1973:2008).

$$\text{Berat Volume Beton} = \frac{(W2 - W1)}{v} \quad (2-1)$$

Dengan,

$W1$: Berat wadah (kg)

$W2$: Berat wadah + Benda (kg)

V : Volume (m^3)

Kuat tekan beton dapat dihitung menggunakan persamaan yang disajikan pada persamaan 2-2 (SNI 1974 : 2011).

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (2-2)$$

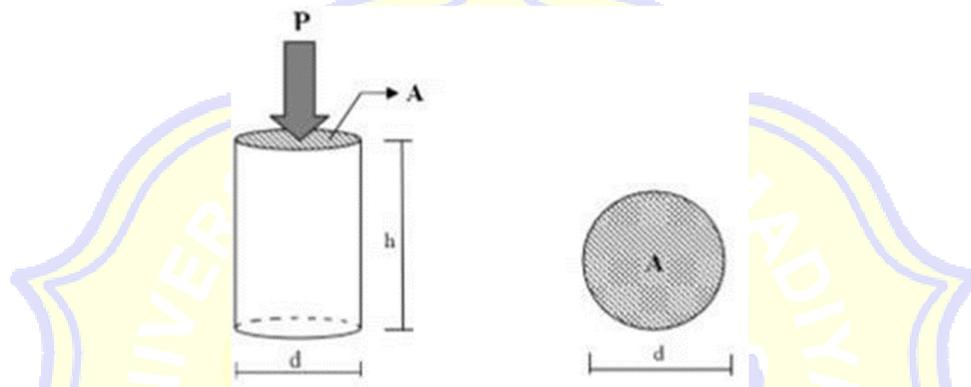
Dengan,

P : gaya maksimum dari mesin tekan, (N)

A : luas penampang yang diberi tekanan, (mm²)

$f'c$: kuat tekan, (N/mm²)

Berikut ilustrasi pengujian kuat tekan beton. Pembebanan pada pengujian kuat tekan beton disajikan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Pembebanan Pada Pengujian Kuat Tekan Beton.

(Sumber: SNI 03-1974-1990)

Pada perancangan komponen struktur beton bertulang, beton diasumsikan hanya menerima beban tekan saja. Dengan demikian, mutu beton selalu dikaitkan dengan kemampuannya dalam memikul beban tekan. Penentuan kuat tekan beton yang diperoleh dari benda uji silinder berbeda dengan kuat tekan beton yang diperoleh dari benda uji kubus. Ada beberapa referensi yang memberikan hubungan antara kuat tekan silinder dengan kuat tekan kubus. Ukuran benda uji kuat tekan disajikan pada Tabel 2.5, nilai konversi umur beton disajikan pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Ukuran Benda Uji Kuat Tekan

Jenis Cetakan Contoh Uji	Ukuran Bagian Dalam Cetakan (mm)
Kubus	100 x 100 x 100 150 x 150 x 150
Balok	500 x 100 x 100 600 x 150 x 150
Silinder	Diameter 150 dan Tinggi 300 Diameter 100 dan Tinggi 200

(Sumber: SNI,1990)

Tabel 2.6 Nilai Konversi Umur Beton

No	Umur Benda Uji Beton	Nilai Konversi Beton
1	3 hari	0,40
2	7 hari	0,65
3	14 hari	0,88
4	21 hari	0,95
5	28 hari	1,00

(Sumber: PBI,1971)

2.2.7 Kuat tarik belah beton

Kuat tarik belah beton, dikenal juga sebagai kekuatan tarik beton, yang dimana kemampuan beton untuk menahan tekanan atau gaya tarik sebelum retak atau pecah. Kemampuan ini ditentukan oleh bahan pengganti sebagian agregat halus yang digunakan dalam campuran beton dan proses pengerasannya. Untuk mengukur kekuatan tarik beton, umumnya digunakan tes tarik belah beton.

Pada saat tes tarik beton melibatkan penerapan gaya tarik pada sampel beton yang diujikan hingga sampel pecah. Hasilnya dinyatakan dalam satuan tekanan, seperti satuan MPa.

Kuat tarik belah benda uji silinder beton adalah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan pada mesin uji tekan. Selama uji kuat tarik belah beton, gaya tarik secara perlahan diterapkan pada sampel beton hingga mencapai kegagalan dalam bentuk retak atau belah. Selama proses ini, tegangan yang dihasilkan diukur dan dicatat. Kuat tarik

belah beton dinyatakan sebagai tegangan maksimum yang terjadi sebelum terjadinya kegagalan.

Hasil kuat tekan dan kuat tarik belah beton tidak mengalami perbandingan lurus. Upaya memperbaiki mutu kuat tekan beton hanya mengalami sedikit peningkatan dari nilai kuat tariknya. Perkiraan kasarnya nilai kuat tarik bahan beton normal hanya berkisar antara 9%-15% dari kuat tekannya (Dipohusodo, 1994).

Berdasarkan Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton, maka untuk mendapatkan nilai kuat tarik masing-masing benda uji menggunakan persamaan yang disajikan pada persamaan 2-3 (SNI 03- 2491-2002).

$$f't = \frac{2P}{\pi LD} \quad (2-3)$$

Dengan,

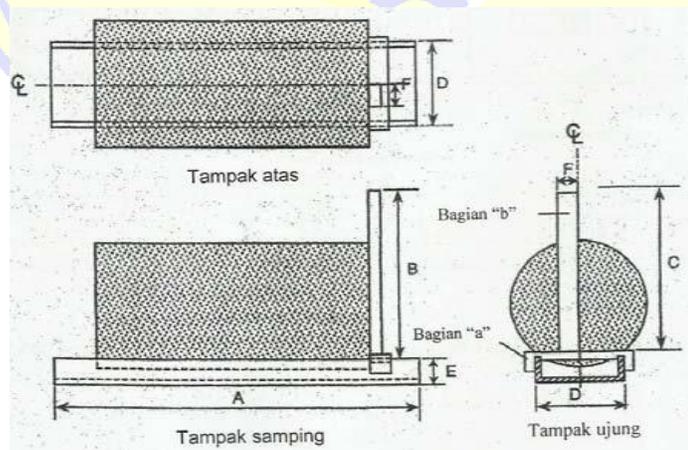
$f't$: kuat tarik belah beton pada umur 28 hari (N/mm^2)

P : beban maksimum (N)

L : tinggi silinder beton (mm)

D : diameter silinder beton (mm)

Berikut Ilustrasi pembebanan untuk pengujian kuat tarik belah beton pada benda uji silinder. Pembebanan pada pengujian kuat tarik belah beton yang disajikan pada Gambar 2.3, nilai konversi umur beton kuat tarik belah yang disajikan pada Tabel 2.7



Gambar 2.3 Pembebanan Pada Pengujian Kuat Tarik Belah Beton
(Sumber: SNI 03-2491-2002)

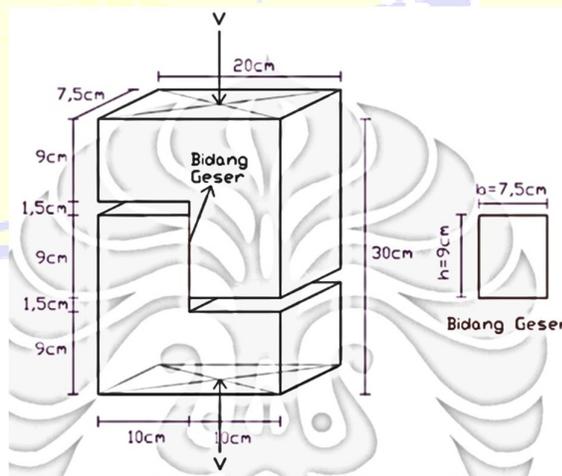
Tabel 2.7 Nilai Konversi Umur Beton Kuat Tarik Belah

No	Umur Benda Uji Beton	Nilai Konversi Beton
1	3 hari	0,40
2	7 hari	0,65
3	14 hari	0,88
4	21 hari	0,95
5	28 hari	1,00

(Sumber: PBI, 1971)

2.2.8 Kuat geser beton

Kuat geser beton merupakan salah satu sifat beton yang diperkeras. Retak terjadi akibat gaya yang diterapkan pada beton melebihi kekuatan geser maksimum yang dapat ditahan beton. Tegangan geser dibuat dengan gaya gesekan antara satu partikel dengan partikel lainnya. Tegangan geser ini disebutkan karena gaya geser langsung. Kuat geser sulit untuk ditentukan secara eksperimental relatif terhadap kekuatan mekanik lainnya karena sulit untuk memisahkan geser dari kekuatan lain. Kuat geser pada berbagai penelitian eksperimental menunjukkan variasi 20% - 85% dibandingkan kuat tekan. (Nawy, 1998). Gambar sketsa pengujian kuat geser beton disajikan pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Sketsa Pengujian Pada Kuat Geser Beton

(Sumber: JSCE-E540, 1995)

Ukuran sampel gunting *double L-cut* adalah 30cm x 20cm x 7,5cm. Anda dapat melihat retakan di area yang dilingkari pada gambar di atas. Bagian tersebut diperkuat dengan penguat sehingga area 9cm x 7,5cm bebas dari retakan. *Hardener* tipis SNI

Berdiameter 0,8cm digunakan sebagai *hardener*. Karena penutup beton yang digunakan adalah 0,20cm, distribusi agregat yang seragam dapat diharapkan. Rumus nilai pada kuat geser berdasarkan uji laboratorium disajikan pada persamaan 2-4 (JSCE-E540,1995).

$$f's = \frac{V}{A} = \frac{P}{bh} \quad (2-4)$$

Dengan,

$f's$: kuat geser (MPa)

V : beban maksimum (N)

A : Luasan pada benda uji

b : lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h : lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

2.2.9 Pengujian fisik

2.2.9.1 Berat volume agregat

Berat Volume Agregat adalah suatu perbandingan berat agregat kering dengan volume. Pada saat menghitung campuran beton untuk menentukan volume padat dari bagian-bagian yang dipilih, perlu diketahui volume/ruang yang ditempati oleh partikel agregat, apakah partikel tersebut memiliki pori atau tidak. Berat volume agregat ini merupakan istilah yang digunakan dalam industri konstruksi dan pemindahan tanah untuk menggambarkan hubungan antara berat agregat dan volume yang ditempati oleh agregat. Agregat adalah bahan seperti pasir, kerikil atau batu pecah yang digunakan dalam konstruksi untuk membuat beton atau campuran lainnya.

Definisi berat volume agregat dapat dinyatakan dalam beberapa satuan, seperti ton per meter kubik (t/m^3) atau kilogram per liter (kg/l). Ini memberikan informasi tentang seberapa berat agregat dalam volume tertentu.

Adapun persamaan yang dipakai dalam menghitung berat volume agregat yang disajikan pada persamaan 2-5 (SNI 03-4804-1998).

$$W3 = W2 - W1 \quad (2-5)$$

Dengan,

$W1$: Berat Wadah atau Silinder (kg)

$W2$: Berat Wadah + Benda Uji (kg)

$W3$: Berat Benda Uji (kg)

2.2.9.2 Kadar lumpur pada agregat

Kadar lumpur pada agregat adalah persentase massa lumpur atau material halus yang terkandung dalam sampel agregat. Lumpur atau material halus tersebut biasanya terdiri dari partikel-partikel kecil seperti lempung, debu, atau material organik yang dapat menempel pada permukaan agregat. Kadar lumpur agregat sering diukur dalam industri konstruksi dan teknik sipil untuk memastikan kualitas agregat yang digunakan dalam pembuatan beton, aspal, atau material konstruksi lainnya. Kadar lumpur agregat biasanya dinyatakan dalam persentase, dan semakin tinggi kadar lumpur, semakin tinggi pula kontaminasi dalam agregat tersebut. Kadar lumpur agregat yang tinggi dapat mempengaruhi kualitas campuran konstruksi, seperti kekuatan, kepadatan, dan kerja beton.

Oleh karena itu, dalam proyek konstruksi, penting untuk mengukur dan memantau kadar lumpur agregat guna memastikan agregat yang digunakan memenuhi persyaratan spesifikasi yang ditetapkan. Kadar lumpur agregat dihitung dengan membandingkan massa lumpur dengan massa total agregat. Sampel agregat diambil, kemudian lumpur dan kontaminan lainnya dihilangkan melalui proses pencucian dan penyaringan. Setelah itu, sampel agregat dikeringkan dan ditimbang untuk mendapatkan massa kering agregat. Massa lumpur yang tertinggal setelah proses pengeringan kemudian diukur dan dibandingkan dengan massa kering agregat.

Berdasarkan SNI 03-4142-1996 Kadar lumpur pada agregat halus dapat dihitung dengan persamaan yang disajikan pada persamaan 2-6

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{v2}{v1 + v2} \times 100 \% \quad (2-6)$$

Dengan,

$V1$: Volume Pasir (ml)

$V2$: Volume Lumpur (ml)

Sedangkan kadar lumpur pada agregat kasar dapat dihitung menggunakan persamaan yang disajikan pada persamaan 2-7 (SNI 03-4142-1996).

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{b-c}{c-a} \times 100 \% \quad (2-7)$$

Dengan,

a : Berat Cawan (gr)

b : Berat Cawan + Berat Benda Uji sebelum di cuci (gr)

c : Berat Cawan + Berat Benda Uji setelah di oven (gr)

2.2.9.3 Pengujian kadar garam

Pengujian kadar garam bertujuan untuk menentukan jumlah garam dalam agregat yang diuji. Garam dapat mempengaruhi kualitas beton karena sifatnya yang menyerap air dan dapat menyebabkan korosi pada tulangan. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan refraktometer salinitas (Angga, 2022). Berdasarkan Australian Standard AS (2009), kadar garam (NaCl) dalam agregat beton polos harus kurang dari 0,15% dari berat semen yang digunakan.

2.2.9.4 Kadar air pada agregat

Kadar air agregat mengacu pada jumlah air yang terkandung dalam bahan agregat yang digunakan dalam konstruksi. Kadar air agregat dinyatakan sebagai persentase berat air terhadap berat total agregat. Untuk mengukur kadar air agregat, sampel agregat diambil dan dikeringkan dengan metode tertentu untuk menghilangkan semua kelembaban. Kemudian, berat kering agregat diukur dan dibandingkan dengan berat basah awalnya. Perbedaan antara berat basah dan berat kering mewakili berat air dalam agregat. Kadar air agregat kemudian dihitung dengan membagi berat air oleh berat kering dan mengalikannya dengan 100%.

Berdasarkan SNI 03-1971-2011 syarat kadar air agregat halus yaitu bernilai antara 3%-5%, dari tabel pengujian di atas nilai kadar air yaitu sebesar 3,31%, sehingga agregat halus memenuhi syarat uji kadar air agregat. Adapun persamaan

yang digunakan untuk mencari kadar air pada tiap agregat yang disajikan pada persamaan 2-8

$$\text{Kadar air} = \frac{b-c}{c-a} \times 100\% \quad (2-8)$$

Dengan,

a : Berat Cawan (gr)

b : Berat Cawan + Berat Benda Uji sebelum di cuci (gr)

c : Berat Cawan + Berat Benda Uji setelah di oven (gr)

2.2.9.5 Analisa saringan pada agregat

Agregat beton dapat berasal dari bahan alami, buatan (batu pecah) maupun bahan sisa produk tertentu. Selain persyaratan teknis yang harus dipenuhi, hal lain yang perlu diperhatikan dalam pemilihan jenis agregat adalah faktor ekonomisnya. Persyaratan teknis agregat beton ini mengacu pada peraturan beton bertulang Indonesia, (SNI 03-2834-2000).

Persyaratan gradasi agregat ini menentukan ukuran dan distribusi partikel agregat yang harus memenuhi standar tertentu dan mengacu pada SNI 03-1968-1990. Berdasarkan (SNI 03-1968-1990). Analisa saringan agregat ialah penentuan persentase berat butiran yang lolos dari saringan yang telah ditentukan kemudian angka – angka persentase tersebut digunakan pada grafik pembagian butir agregat. Cara ini biasanya dilakukan untuk memastikan agregat yang akan dimanfaatkan telah sesuai berdasarkan spesifikasi yang direncanakan. Cara mencari modulus butir kehalusan digunakan persamaan yang disajikan pada persamaan 2-9 (SNI 03-1968-1990).

$$FM = \frac{\sum \% \text{Kumulatif bertahan}}{100} \quad (2.9)$$

Dengan,

FM : *Fineness Modulus*

2.2.9.6 Analisa berat jenis pada agregat

Dalam penggunaannya, berat jenis curah adalah suatu sifat yang pada umumnya digunakan dalam menghitung volume yang ditempati oleh agregat dalam berbagai campuran yang mengandung agregat termasuk beton semen, beton aspal dan campuran lain yang diproporsikan atau dianalisis berdasarkan volume absolut.

Berat jenis curah yang ditentukan dari kondisi jenuh kering permukaan digunakan apabila agregat dalam keadaan basah yaitu pada kondisi penyerapannya sudah terpenuhi. Sedangkan berat jenis curah yang ditentukan dari kondisi kering oven digunakan untuk menghitung ketika agregat dalam keadaan kering atau diasumsikan kering. Berat jenis semu adalah kepadatan relatif dari bahan padat yang membuat partikel pokok tidak termasuk ruang pori di antara partikel tersebut dapat dimasuki oleh air (SNI 03-2834-2000).

Angka penyerapan digunakan untuk menghitung perubahan berat dari suatu agregat akibat air yang menyerap ke dalam pori di antara partikel pokok dibandingkan dengan pada saat kondisi kering, ketika agregat tersebut dianggap telah cukup lama kontak dengan air sehingga air telah menyerap penuh. Standar laboratorium untuk penyerapan akan diperoleh setelah merendam agregat yang kering ke dalam air selama (24+4) jam. Agregat yang diambil dari bawah muka air tanah akan memiliki nilai penyerapan yang lebih besar bila tidak dibiarkan mengering. Sebaliknya, beberapa jenis agregat mungkin saja mengandung kadar air yang lebih kecil bila dibandingkan dengan yang pada kondisi terendam selama 15 jam. Untuk agregat yang telah kontak dengan air dan terdapat air bebas pada permukaan partikelnya, persentase air bebasnya dapat ditentukan dengan mengurangi penyerapan dari kadar air total (SNI 03-2834-2000).

Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

a. Untuk agregat kasar yang disajikan pada persamaan 2-10 sampai dengan persamaan 2-13

$$\text{a) Berat Jenis } Bulk = \frac{A}{(B-C)} \quad (2-10)$$

$$\text{b) Berat Jenis } SSD = \frac{B}{(B-C)} \quad (2-11)$$

$$\text{c) Berat Jenis Semu} = \frac{A}{(A-C)} \quad (2-12)$$

$$\text{d) Presentase Penyerapan} = \left[\frac{(B-A)}{A} \right] \times 100 \% \quad (2-13)$$

Dengan:

A : Berat benda uji setelah dioven (gr)

B : Berat benda uji kering permukaan SSD (gr)

C : Berat benda uji dalam air (gr)

- b. Untuk agregat halus yang disajikan pada persamaan 2-14 sampai dengan persamaan 2-17,

a) Berat Jenis SSD = $\frac{A}{(B+S-C)}$ (2-14)

b) Berat Jenis *Bulk* = $\frac{S}{(B+S-C)}$ (2-15)

c) Berat Jenis Semu = $\frac{A}{(B+A-C)}$ (2-16)

d) Presentase Penyerapan = $\left[\frac{S-A}{A} \right] \times 100\%$ (2-17)

Dengan:

S : Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gr)

A : Berat benda uji setelah dioven (gr)

B : Berat piknometer yang berisi air (gr)

C : Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas bacaan (gr)

2.2.9.7 Analisa abrasi menggunakan mesin los angles

Dalam penggunaannya, berat jenis curah adalah suatu sifat yang pada umumnya digunakan dalam menghitung volume yang ditempati oleh agregat dalam berbagai campuran yang mengandung agregat termasuk beton semen, beton aspal dan campuran lain yang diproporsikan atau dianalisis berdasarkan volume absolut. Berat jenis curah yang ditentukan dari kondisi jenuh kering permukaan digunakan apabila agregat dalam keadaan basah yaitu pada kondisi penyerapannya sudah terpenuhi. Sedangkan berat jenis curah yang ditentukan dari kondisi kering oven digunakan untuk menghitung ketika agregat dalam keadaan kering atau diasumsikan kering. Berat jenis semu adalah kepadatan relatif dari bahan padat yang membuat partikel pokok tidak termasuk ruang pori di antara partikel tersebut dapat dimasuki oleh air (SNI 03-2834-2000).

Uji abrasi menggunakan Mesin Los Angeles merupakan metode pengujian yang digunakan untuk menentukan kekuatan abrasi atau ketahanan aus pada agregat kasar seperti batu pecah, kerikil, atau pasir. Metode ini umumnya digunakan dalam

industri konstruksi untuk mengevaluasi kualitas dan daya tahan agregat yang digunakan dalam campuran beton.

Proses uji abrasi dengan Mesin Los Angeles ini melibatkan pengujian agregat dalam drum berputar yang dilengkapi dengan bola baja dan beban agregat. Agregat tersebut terus-menerus tergesek dan saling bertabrakan selama jangka waktu tertentu, menciptakan kekuatan abrasi yang mempengaruhi integritas dan keausan agregat.

Selama uji abrasi, agregat yang diuji mengalami gaya gesekan, tumbukan, dan goresan antar partikel yang menyebabkan keausan dan pecahan. Hasil uji tersebut biasanya dinyatakan dalam bentuk persentase kehilangan berat agregat setelah proses pengujian. Semakin tinggi persentase kehilangan berat, semakin rendah ketahanan aus agregat tersebut.

Metode uji abrasi dengan Mesin Los Angeles guna membantu dalam mengevaluasi kekuatan agregat dan kemampuannya untuk bertahan dalam lingkungan yang mengalami tekanan dan gesekan berulang, seperti contoh pada struktur jalan raya yang sering terkena lalu lintas kendaraan. Dengan informasi ini, para kontraktor dapat memilih agregat yang sesuai dengan kebutuhan proyek konstruksi mereka.

Persamaan yang dipakai dalam mencari nilai keausan pada uji abrasi ini yang disajikan pada persamaan 2-18 (SNI 03-2834-2000).

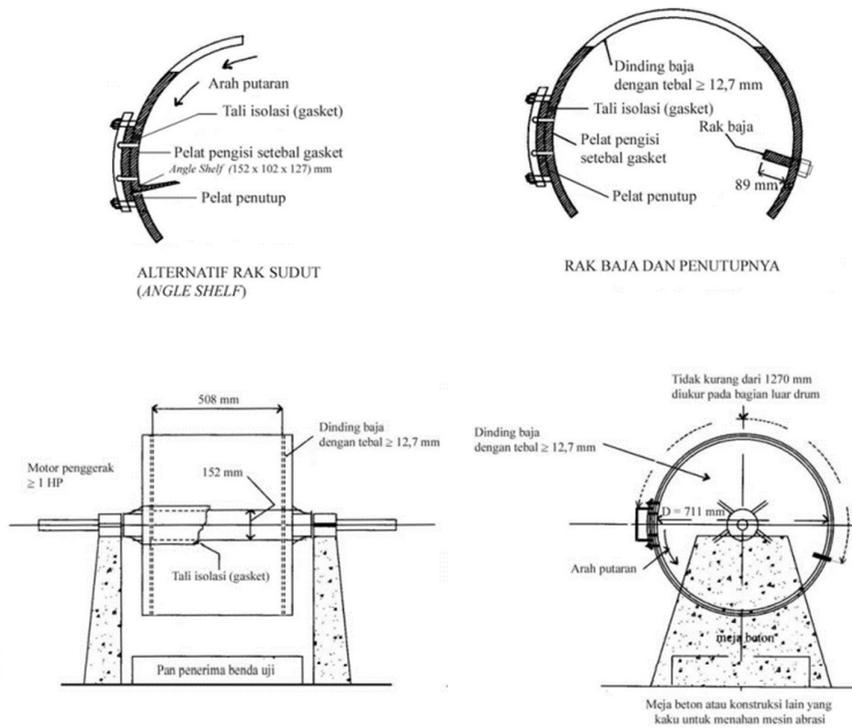
$$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100 \% \quad (2-18)$$

Dengan,

a : berat benda uji semula (gr)

b : berat benda uji tertahan saringan No.12 (1,70 mm)

Peralatan Abrasi Mesin *Los Angeles* disajikan pada Gambar 2.6



Gambar 2.5 Peralatan Abrasi Mesin Los Angeles
(Sumber : SNI 2417 ,2008)

2.2.9.7 Slump Test

Slump beton ialah besaran kekentalan plastisitas dan kohesif dari beton segar. Pengambilan nilai *slump* dilakukan untuk masing-masing campuran baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan campuran sebagian agregat halus dengan pasir laut. Pengujian *slump* dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan kedalam wadah kerucut terpancung. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan adalah 1/3 dari tinggi kerucut. Masing-masing lapisan harus dipadatkan dengan cara penusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan dengan menggunakan sendok semen. Kemudian kerucut diangkat keatas secara vertikal dan *slump* dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dengan tinggi beton setelah wadah diangkat.

Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat keenceran adukan pada beton. Makin cair adukan maka makin mudah cara pengerjaannya.

Untuk mengetahui keenceran suatu adukan beton biasanya dengan dilakukan pengujian *slump*. Semakin tinggi nilai *slump* berarti adukan beton makin mudah untuk dikerjakan. (SNI 1971, 2008). Dalam praktik, ada tiga macam tipe *slump* yang terjadi sebagai berikut:

- a. *Slump* sebenarnya, terjadi apabila penurunannya seragam tanpa ada nya yang runtuh.
- b. *Slump* geser, terjadi bila separuh puncaknya bergeser dan tergelincir kebawah pada bidang miring.
- c. *Slump* runtuh, terjadi bila kerucut runtuh semuanya.

Berdasarkan Metode Pengujian *Slump Test*, maka untuk mendapatkan nilai rata rata pada pengujian ini digunakan persamaan yang disajikan pada persamaan 2-19 (SNI 1971, 2008).

$$\text{Slump rata-rata} = \frac{\text{Slump Tertinggi} + \text{Slump Terendah}}{2} \quad (2-19)$$

Mengenai cara Uji Slump Beton, mengacu pada SNI “Standar Nasional Indonesia”

Berikut penggunaan *Slump* untuk Beton (SNI 1971 ,2008) :

- a. Konsistensi dari beton harus diperiksa dengan pemeriksaan *slump*
- b. Kekentalan adukan beton diperiksa dengan pengujian *slump*, dimana nilai *slump* harus dalam batasan yang disyaratkan dalam (SNI-1971-2008) tentang Cara uji beton dan pada saat yang sama pada percobaan silider
- c. Beton dengan mutu kekuatan yang baik, yang akan menghasilkan hasil akhir yang bebar keropos, ataupun berongga-rongga (honey-comb). Kekuatan dan penyelesaian yang memenuhi syarat batas *slump*, bila dipakai pompa beton, *slump* harus 100 mm sampai dengan 150 mm.

Nilai toleransi terhadap *slump* yang didasarkan dari nilai slump maksimum yang diharapkan dalam campuran beton dengan batas toleransi nilai *slump* disajikan pada Tabel 2.8 dan Syarat *Workability* disajikan pada Tabel 2.9

Tabel 2.8 Batas Toleransi Nilai *Slump*

Nilai <i>Slump</i> Maksimum Tertulis Dalam Spesifikasi [inci (mm)]	Toleransi [inci (mm)]
3 (76) atau lebih kecil	0 – 15 (0 – 38)
Lebih besar dari 3 (76)	0 – 2,5 0 – 63)
Nilai <i>Slump</i> Maksimum Tidak Tertulis Dalam Spesifikasi	
Lebih kecil dari atau sama dengan 2 (50)	± 0,5 (13)
2 – 4 (50 – 100)	± 1,0 (25)
Lebih besar dari 4 (100)	± 1,5 (38)

(Sumber: SNI 1971 ,2008)

Tabel 2.9 Syarat Workability

No	Elemen Struktur	<i>Slump</i> Max (cm)	<i>Slump</i> Min (cm)
1	Plat Pondasi, Pondasi Tapak Bertulang	12,5	5,0
2	Pondasi Tapak tidak bertulang, kaisan dan konstruksi di bawah tanah	9,0	2,5
3	Plat (lantai), balok, kolom, dan dinding	15,0	7,5
4	Jalan beton bertulang	7,5	5,0
5	Pembetonan Massal	7,5	2,5

(Sumber : SNI 1971 , 2008)

2.2.9.7 Faktor air semen

Faktor air semen adalah perbandingan berat antara air dan semen di dalam campuran adukan beton. Fungsi faktor air semen yaitu sebagai berikut:

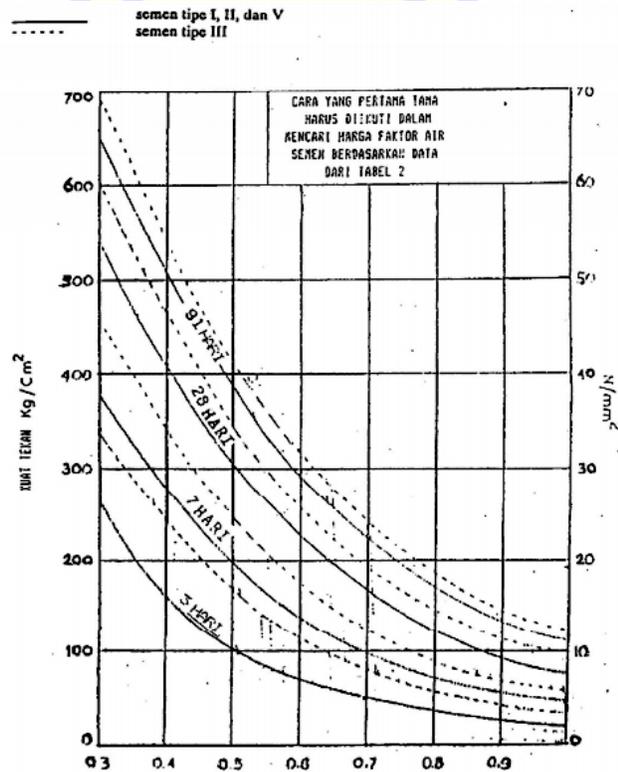
- a. Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan
- b. Memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton (workability).

Semakin tinggi nilai faktor air semen mengakibatkan penurunan mutu kekuatan beton. Namun faktor air semen yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Umumnya faktor air semen yang diberikan minimum 0,4 dan maksimum 0,65 (Mulyono, 2004).

FAS (Koefisien Air Semen) adalah perbandingan berat air dalam campuran beton dengan berat semen. Rasio berat air terhadap berat semen yang digunakan dapat di persamaan kan sebagai persamaan 2-20 (SNI 03 – 2834 – 2000)

$$FAS = \frac{\text{berat air}}{\text{jumlah semen}} \quad (2-20)$$

Berdasarkan SNI 03 – 2834 – 2000 hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen untuk benda uji silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm dapat dilihat pada grafik hubungan kuat tekan beton dan fas beton dengan benda uji silinder (15 x 30 cm) disajikan pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton dan FAS Beton Dengan Benda Uji Silinder (15 x 30 cm)

(Sumber: SNI ,2000)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram. Jalan. Kiai Haji. Ahmad Dahlan No.1, Pagesangan, Kec. Mataram, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat. Dimana kegiatan yang dilakukan oleh peneliti pada laboratorium tersebut yakni melakukan pengujian fisik terhadap agregat, pembuatan sampel dan pengujian betonnya.

3.2 Persiapan Penelitian

3.2.1 Bahan penelitian

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

a. Semen portland

Semen adalah suatu bahan yang mempunyai sifat adhesif dan kohesif yang mampu melekatkan fragmen-fragmen mineral menjadi suatu kesatuan massa yang padat. Dalam SNI 15-2049-(2004) dijelaskan bahwa Semen portland juga dapat didefinisikan sebagai semen hidrolis yang asal terciptanya dihasilkan dari penggilingan kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan senyawa kalsium sulfat bentuk kristal serta bahan-bahan lain. Fungsi utama semen pada beton adalah mengikat butir-butir agregat sehingga membentuk suatu massa padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat dan pada penelitian ini digunakan Semen Bosowa. Gambar semen portland dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Semen Portland
(sumber: dokumentasi pribadi, 2024)

b. Agregat halus

Agregat Halus adalah agregat berupa pasir sungai sebagai hasil disintegrasi 'alami' batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (SNI - 2002). Agregat halus yang digunakan sebagian di sini ialah pasir laut. Gambar agregat halus pasir laut dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Agregat Halus Dari Pasir Laut
(sumber: dokumentasi pribadi, 2024)

c. Agregat kasar

Agregat Kerikil sebagai hasil disintegrasi 'alami' dari batuan atau berupa batu pemecah pecah yang diperoleh dari industri batu dan mempunyai ukuran butir di antara 5 mm sampai 40 mm (SNI - 2002). Gambar agregat kasar dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Agregat Kasar
(sumber: dokumentasi pribadi, 2024)

d. Air

Air adalah cairan pelarut yang berasal dari unsur kimia H_2O . Peranan air berpengaruh penting terhadap struktur beton, mulai dari masa pembuatan hingga kuat tekan beton itu sendiri. Fungsi utama air pada pembuatan beton adalah sebagai media reaktor untuk melarutkan semen untuk mengikat campuran komponen yang membuatnya. ke atas. struktur beton. Banyaknya air yang digunakan dalam produksi beton bisa mempengaruhi kekuatan struktur beton itu sendiri jika kelebihan air mengurangi kuat tekan beton tersebut. Kotoran yang berlebihan dalam campuran air bisa dapat merusak waktu pengikatan yang lama dan stabilitas volume (perubahan panjang) beton dan juga menyebabkan korosi pada tulangan. Gambar air dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Air
(sumber: dokumentasi pribadi, 2024)

e. Superplasticizer

Dalam penelitian digunakan bahan tambah superplasticizer untuk menghasilkan campuran beton mutu tinggi. Sifat Superplasticizer tersusun atas asam sulfonat yang berfungsi menghilangkan gaya permukaan pada partikel semen sehingga lebih menyebar, melepaskan air yang terikat pada kelompok partikel semen, untuk menghasilkan viskositas/kekentalan adukan pasta semen atau beton segar yang lebih rendah. Gambar Superplasticizer dengan merek SikaCim CONCRETE dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Superplasticizer
(sumber: dokumentasi pribadi ,2024)

3.2.2 Alat penelitian

Peralatan yang digunakan dalam proses pembuatan beton ini adalah

a. Timbangan Digital (Weight Balance Digital)

Timbangan Digital adalah alat ukur yang bisa memudahkan untuk mengukur berat atau massa suatu benda. Dan pada penelitian ini timbangan digital digunakan untuk mengukur berat bahan dan benda uji yang akan di uji. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.6 Timbangan
(sumber: dokumentasi pribadi, 2024)

b. Saringan Atau Ayakan

Saringan atau Ayakan pada penelitian ini digunakan untuk menganalisis saringan gradasi pada Agregat Kasar dan Agregat Halus. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.7 Saringan atau Ayakan
(sumber: dokumentasi pribadi, 2024)

c. Wadah pencampur beton

Wadah ini berfungsi sebagai tempat untuk membuat atau mencampur semua benda uji. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.8 berikut.



Gambar 3.8 Wadah pencampur beton
(sumber: dokumentasi pribadi, 2024)

d. Alat pengaduk beton atau cepang

Alat ini digunakan untuk mencampur atau mengaduk semua bahan pada campuran beton untuk pembuatan benda uji. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.9 berikut.



Gambar 3.9 Cepang
(sumber: dokumentasi pribadi, 2024)

e. Wadah

Wadah atau pan berfungsi sebagai tempat penampung benda uji, seperti agregat kasar dan agregat halus yang akan di uji. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.10 berikut.



Gambar 3.10 Wadah
(sumber: dokumentasi pribadi, 2024)

f. Cetakan beton silinder uk 15cm x 30cm

Cetakan beton yang berbentuk silinder ini digunakan untuk pembuatan benda uji beton. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.11 berikut.



Gambar 3.11 Cetakan beton
(sumber: dokumentasi pribadi, 2024)

g. Keranjang pemeriksaan berat jenis kerikil

Alat ini berfungsi untuk memeriksa berat jenis pada agregat kasar. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.12 berikut.



Gambar 3.12 Keranjang pemeriksa berat jenis
(sumber: dokumentasi pribadi, 2024)

h. Piknometer

Piknometer adalah alat yang digunakan untuk menentukan berat jenis pada agregat halus (pasir). Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.13 berikut.



Gambar 3.13 Piknometer
(sumber: dokumentasi pribadi, 2024)

i. Oven

Alat yang digunakan untuk melakukan pada proses sterilisasi, pemanasan, dan pengeringan alat atau media pada kondisi kering. Prinsip kerja dari oven ini adalah melakukan pemanasan secara tertutup sehingga suhu dan waktunya bisa diatur. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.14 berikut.



Gambar 3.14 Oven
(sumber: dokumentasi pribadi, 2024)

j. Kerucut Abrams

Kerucut abrams adalah cetakan yang berbentuk kerucut terpancung dengan diameter bawah $203 \pm 3,2$ mm, diameter atas $102 \pm 3,2$ mm dan tinggi $305 \pm 3,2$ mm. Dan bagian atas bawahnya terbuka, alat ini berfungsi untuk memeriksa dan menentukan ukuran derajat kekentalan adukan pada beton segar. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.15 berikut.



Gambar 3.15 Kerucut Abrams
(sumber: dokumentasi pribadi, 2024)

k. *Sieve Shaker Machine*

Alat yang digunakan untuk memisahkan partikel kasar pada agregat yang akan di uji atau butiran granul dengan cara menyaring hingga memperoleh partikel yang paling halus. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.16 berikut.



Gambar 3.16 Sieve Shaker Machine
(sumber: dokumentasi pribadi, 20024)

1. *Los Angeles Abrasion Machine*

Alat ini digunakan untuk menentukan abrasi dan ketahanan benturan pada agregat kasar dan dengan persentase penurunan berat pada agregat kasar. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.17 berikut.



Gambar 3.17 *Los Angeles Abrasion Machine*
(sumber: dokumentasi pribadi, 2024)

m. Alat *Compression Testing Machine*

Alat yang digunakan untuk melakukan pengujian utama yaitu Kuat tekan Beton dan Kuat tarik Belah Beton dimana alat ini digunakan sebagai penilaian pada saat tegangan pada material/object telah mencapai batas ketahanan pada material yang diuji, pada saat material mencapai batas yang dapat ditahannya tentunya material tersebut akan mengalami kerusakan, retakan ataupun hancur. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.18 berikut.



Gambar 3.18 *Compression Testing Machine*
(sumber: dokumentasi pribadi, 2024)

n. Cetakan *Double L* (20 cm x 7,5 cm x 30 cm)

Cetakan beton yang berbentuk S atau *Double L* ini digunakan untuk pembuatan benda uji geser beton. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.19 berikut.



Gambar 3.19 Cetakan Beton *Double L*
(sumber: dokumentasi pribadi, 2024)

o. Refraktometer Salinitas

Refraktometer salinitas digunakan untuk mengetahui tingkat salinitas benda yang akan di uji dengan sampel berupa larutan seperti mencari kadar garam pada penelitian ini. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.19 berikut.



Gambar 3.20 Fraktometer Salinitas
(sumber: dokumentasi pribadi, 2024)

3.3 Metode Analisa Data

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen pada penelitian ini dapat dilakukan dengan beton rencana mutu beton K 500 dan kuat tekan rencana 42 MPa sebagai kontrol dengan beton yang akan di eksperimen. Kedua beton tersebut akan diuji dengan pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton. Dari hasil pengamatan terhadap penelitian beton yang dieksperimenkan, diharapkan dapat mengetahui pengaruh Agregat halus dengan bahan pengganti pasir laut terhadap kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton mutu tinggi.

3.3.1 Metode pengujian

Pengujian material dilakukan untuk mendapatkan *mix design*. Pengujian material bertujuan untuk mengetahui sifat atau karakteristik yang terdapat dalam material tersebut sesuai dengan panduan dan standar pada SNI 03 – 2843 – 2000. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pengujian material penyusun beton

3.3.1.1 Uji agregat

Tujuan pengujian berat volume agregat adalah untuk menentukan berat satuan agregat halus dan kasar, yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat bahan kering dan volumenya. Agregat berupa pasir dan kerikil merupakan bahan pengisi beton. Agregat halus memiliki ukuran partikel maksimal 4 mm, sedangkan agregat kasar memiliki ukuran partikel maksimal 7,5 cm.

Peralatan yang digunakan:

- a) Timbangan dengan ketelitian 0,1 % berat contoh
- b) Wadah dengan kapasitas cukup besar untuk mengeringkan contoh agregat
- c) Tongkat pemadat yang berdiameter 15 mm, panjang 60 cm dengan ujungnya bulat terbuat dari baja tahan karat
- d) Mistar perata
- e) sekop
- f) Silinder berukuran 15 x 30 cm
- g) Oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$

Bahan yang digunakan:

- a) Agregat Kasar
- b) Agregat Halus Dari Pasir Laut

Prosedur kerja:

Masukkan agregat ke dalam wadah sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas wadah sesuai, keringkan dengan oven pada suhu $110 \pm 5 ^\circ\text{C}$ sampai berat menjadi tetap sehingga dapat digunakan sebagai benda uji.

- a. Pemeriksaan agregat dengan cara lepas
 - a) Menimbang dan mencatat berat silinder (W1)
 - b) Masukkan benda uji dengan hati-hati dengan ketinggian di atas silinder dengan menggunakan sekop sampai penuh
 - c) Ratakan permukaan benda uji sampai benar-benar rata
 - d) Timbang silinder yang sudah berisi benda uji (W2)
 - e) Hitung berat benda uji (W3)

b. Pemeriksaan kadar garam pasir laut

Untuk pemeriksaan kadar garam ini dilakukan untuk mengetahui berapa jumlah garam yang terkandung dalam pasir. Adapun langkah-langkah kerjanya yaitu:

- a) Persiapan alat dan bahan yang diperlukan, seperti refraktometer salinitas, aquades, pasir pantai yang akan diuji, dan air mineral (lebih baik menggunakan air minum)
- b) Siapkan 2 sampel pasir pantai yang akan diuji dan direndam dengan larutan air
- c) Pisahkan pasir pantai yang sudah direndam air dengan mengambil air hasil rendaman untuk diuji kadar garamnya
- d) Kemudian siapkan alat refraktometer salinitas dan cek dengan cairan aquades untuk dikalibrasi
- e) Cek apakah garis batas sudah berada dititik 0
- f) Setelah selesai dikalibrasi, maka selanjutnya dilakukan pengujian kadar garam dengan cairan yang sudah direndam dalam agregat yang akan diuji
- g) Teteskan cairan ke kaca refraktometer dan lihat berapa nilai salinitasnya pada lensa ukur
- h) Lebih baik untuk memperjelas angka bacaan pada lensa ukur dilakukan di tempat yang terang atau terkena sinar matahari.

c. Pemeriksaan agregat dengan cara pemadatan

- a) Menimbang dan mencatat berat silinder (W1)
- b) Silinder diisi dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal, setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan setinggi 1/3 benda cetakan secara menyeluruh atau merata
- c) Permukaan silinder diratakan sampai benar – benar rata
- d) Timbang berat silinder yang telah diisi benda uji (W2)
- e) Menghitung berat benda uji (W3)

3.3.1.2 Pengujian kadar lumpur pada agregat

Untuk mencari kadar persentase lumpur pada agregat (kasar dan halus). Menurut SK SNI S-04-1989-F untuk agregat halus maksimal 5 % tidak boleh

mengandung lumpur (bagian yang lolos saringan 0,060 mm) lebih dari 5 %, apabila lebih dari 5 % maka pasir harus dicuci dan untuk agregat kasar maksimal 1 %.

Peralatan yang digunakan:

- a) Gelas ukur
- b) Timbangan dengan ketelitian 0,1 %
- c) Wadah
- d) Oven dengan suhu $(10 \pm 5) ^\circ\text{C}$

Bahan yang digunakan:

- a) Agregat Halus untuk cara endapan
- b) Agregat Kasar untuk cara cucian
- c) Air bersih dan bebas dari bahan – bahan yang mengandung cairan asam, oli, garam, dan bahan organik lainnya atau bahan-bahan lain yang berbahaya

Prosedur kerja:

- a. Cara Endapan untuk agregat halus
 - a) Benda uji dimasukkan ke dalam gelas ukur
 - b) Tambahkan air ke dalam gelas ukur guna melarutkan lumpur
 - c) Setelah itu gelas ukur dikocok sebanyak 60 x hingga merata
 - d) Kemudian gelas ukur disimpan pada tempat datar dan endapkan selama 24 jam
 - e) Ukur volume (V1) dan volume lumpur (V2)
- b. Cara Cucian untuk agregat kasar
 - a) Timbang berat wadah (a)
 - b) Timbang berat wadah dan benda uji dalam keadaan kering (b)
 - c) Masukkan benda uji ke dalam wadah dan dicuci beberapa kali hingga airnya jernih
 - d) Kemudian timbang berat wadah dan benda uji yang sudah dicuci
 - e) Benda uji dikeringkan ke dalam oven selama 24 jam
 - f) Lalu keluarkan benda uji dari oven

3.3.1.3 Pengujian kadar air pada agregat

Tujuan pengujian ini adalah untuk memperoleh angka persentase dari kadar air yang ada pada agregat kasar maupun halus. Hasil pengujian kadar air agregat sapat digunakan dalam pekerjaan perencanaan proporsi campuran dan pengendalian mutu beton. Kadar air agregat adalah besarnya perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan agregat dalam keadaan kering dan dinyatakan dalam persen (%).

Peralatan yang digunakan:

- a) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gr
- b) Wadah tahan panas yang cukup besar untuk benda uji di dalam oven
- c) Oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$

Bahan yang digunakan:

- a) Agregat kasar
- b) Agregat halus

Prosedur Kerja:

- a) Timbang berat cawan lalu catat hasilnya (a)
- b) Masukkan benda uji ke dalam cawan, timbang berat cawan dan benda uji (b)
- c) Benda uji yang berada di dalam cawan dimasukkan oven dan dikeringkan selama 24 jam
- d) Hitung kadar air rata-rata pada tiap percobaan benda uji

3.3.1.4 Pengujian berat jenis pada agregat

Pengujian berat jenis agregat ini bertujuan untuk mengetahui cara memeriksa berat jenis maupun SSD pada agregat halus (pasir) dan pada agregat kasar (kerikil). Dan kondisi benda uji yang digunakan adalah pasir kering oven.

Peralatan yang digunakan:

- a) Piknometer
- b) Keranjang pemeriksaan berat jenis pada kerikil
- c) Wadah
- d) Timbangan dengan ketelitian 0,1 %
- e) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$

f) Kain Lap

g) Corong

Bahan yang digunakan:

a) Agregat Kasar

b) Agregat Halus (Pasir Laut)

Prosedur Kerja:

- a. Pengujian berat jenis pada kerikil
 - a) Merendam kerikil di dalam air selama 24 jam, lalu diangkat dan dilap satu demi satu sehingga kondisi kering permukaan (SSD)
 - b) Menimbang sebanyak 3500 gram atau 3,5 kg
 - c) Menimbang dalam air
 - d) Memasukkan kerikil ke dalam wadah dan menimbangnya dalam air
 - e) Setelah itu masukkan ke dalam oven selama 24 jam
 - f) Timbang dan catat hasil penimbangan,
- b. Pengujian berat jenis pada pasir
 - a) Ayak pasir menggunakan saringan dengan nomor 4,75 mm. Pada proses pengayakan tersebut terdapat kerikil atau batuan kecil yang masih tertinggal di atas ayakan, yang nantinya akan dipisahkan.
 - b) Setelah itu rendamkan pasir di dalam air selama 24 jam, lalu diangkat dan dikeringkan di dalam ruangan sehingga kondisi kering permukaan (SSD)
 - c) Timbang pasir SSD, Pada pengujian berat jenis pasir, berat pasir yang dibutuhkan adalah 500 gram pasir SSD
 - d) Setelah itu masukkan kondisi pasir SSD menggunakan corong ke dalam piknometer yang sudah disiapkan
 - e) Masukkan air 90 % dari piknometer
 - f) Digoyang-goyangkan secara perlahan piknometer yang berisi benda uji guna menghilangkan gelembung air. Jika langkah selanjutnya adalah kita akan menambahkan kembali air sampai garis tanda batas bacaan gelembung sudah terlihat hilang,
 - g) Diamkan selama 15-20 menit setelah itu Timbang dan cara berat piknometer beserta benda uji

- h) Kemudian setelah kita menimbanginya, keluarkan air dan pasir tersebut dari piknometer dan pindahkan ke cawan kosong
- i) Masukkan pasir tadi kedalam oven pada suhu 105° *celcius* kurang lebih 24 jam
- j) Jika sudah 24 jam, keluarkan sampel pasir kita tadi dari dalam oven dan timbang serta catat hasilnya

3.3.1.5 Pengujian analisa saringan pada agregat

Tujuan pengujian pada analisa saringan adalah untuk mencari butir pada gradasi. Data distribusi butiran pada agregat diperlukan dalam perencanaan campuran beton. Pengujian penentuan gradasi ini dilakukan pada agregat kasar dan agregat halus.

Peralatan yang digunakan:

- a) Piknometer
- b) Timbangan dari neraca dengan ketelitian 0,1 % dari berat benda yang di uji
- c) Seperangkat saringan
- d) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu (110 ± 5) °C
- e) Mesin *Sieve Shaker*
- f) Wadah / Pan
- g) Kuas
- h) Sendok

Bahan yang digunakan:

- a) Agregat Kasar = 1000 gr
- b) Agregat Halus = 500 gr

Prosedur Kerja:

- a) Benda uji semula-mula dikeringkan terlebih dahulu di dalam oven selama 24 jam
- b) Setelah itu benda uji dimasukkan ke dalam mesin penggetar (*Sieve Shaker*) selama 15 menit
- c) Timbang dan catat hasil yang diperoleh dari mesin penggetar tadi

3.3.1.5 Pengujian abrasi dengan los angels machine

Untuk mengevaluasi ketahanan agregat kasar seperti batu pecah terhadap abrasi atau keausan. Selama pengujian, tabung diputar selama sejumlah putaran tertentu, yang dapat bervariasi tergantung pada persyaratan pengujian atau spesifikasi yang berlaku. Pada setiap putaran, agregat dan bola baja saling berbenturan dan mengalami gesekan, yang mensimulasikan kondisi keausan yang terjadi pada agregat di jalan raya seiring waktu. Hasil uji abrasi Los Angeles digunakan untuk mengevaluasi kekuatan agregat dan kemampuannya untuk menahan abrasi. Nilai hasil Los Angeles yang tinggi menunjukkan tingkat keausan yang lebih besar, sementara nilai hasil Los Angeles yang rendah menunjukkan ketahanan yang lebih baik terhadap abrasi.

Peralatan yang digunakan:

- a) *Los Angeles Abrasion Machine*
- b) Mesin terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter dalam 711 mm (28 inci) panjang dalam 508 mm (20 inci); silinder bertumpu pada dua poros pendek yang tak menerus dan berputar pada poros mendatar; silinder berlubang untuk memasukkan benda uji; penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu; di bagian dalam silinder terdapat bilah baja melintang penuh setinggi 89 mm (3,5 inci)
- c) Saringan No.12 (1,70 mm) dan saringan-saringan lainnya
- d) Timbangan, dengan ketelitian 0,1% terhadap berat contoh atau 5 gram
- e) Bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4,68 cm (1 27/32 inci) dan berat masing-masing antara 390 gram sampai dengan 445 gram
- f) Oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$
- g) Alat bantu kuas dan pan

Bahan yang digunakan:

- a) Agregat Kasar (kerikil) ukuran $\frac{1}{2}$ inch 2500 gram dan $\frac{3}{4}$ inch 2500 gram

Prosedur Kerja:

- a) Cuci dan keringkan benda uji pada temperatur $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat tetap
- b) Pisahkan agregat ke dalam fraksi-fraksi yang dikehendaki dengan cara penyaringan dan lakukan penimbangan
- c) Gabungkan kembali fraksi-fraksi agregat sesuai grading yang dikehendaki
- d) Catat benda uji dengan ketelitian mendekati 1 gram
- e) Setelah itu benda uji dan bola baja dimasukkan ke dalam mesin abrasi Los Angeles
- f) Putaran mesin dengan kecepatan 30 rpm sampai dengan 33 rpm; jumlah putaran gradasi A, gradasi B, gradasi C dan gradasi D adalah 500 putaran dan untuk gradasi E, gradasi F dan gradasi G adalah 1000 putaran
- g) setelah selesai pemutaran, keluarkan benda uji dari mesin kemudian saring dengan saringan No.12 (1,70 mm) butiran yang tertahan di atasnya dicuci bersih, selanjutnya dikeringkan dalam oven pada temperatur $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat tetap;
- h) jika material contoh uji homogen, pengujian cukup dilakukan dengan 100 putaran, dan setelah selesai pengujian disaring dengan saringan No.12 (1,70 mm) tanpa pencucian. Perbandingan hasil pengujian antara 100 putaran dan 500 putaran agregat tertahan diatas saringan No.12 (1,70 mm) tanpa pencucian tidak boleh lebih besar dari 0,20
- i) metode pada butir 8) tidak berlaku untuk pengujian material dengan metode ASTM C 535-96 yaitu Standard Test Method for Resistance to Degradation of Large-Size Coarse aggregate by Abrasion and impact in the Los Angeles Machine.

3.4 Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)

Perencanaan campuran beton dimaksudkan untuk mengetahui komposisi atau proporsi bahan-bahan penyusun atau campuran pada beton. Proporsi bahan-bahan penyusun beton ini ditentukan melalui sebuah perencanaan beton (mix design). Hal ini dilakukan agar proporsi campuran dalam penelitian ini berdasarkan pada

Standar Nasional yaitu SNI 03-2843-2000 tentang cara pembuatan campuran beton normal. Daftar campuran *mix design* disajikan pada Tabel 4. 17 dan Tabel 4. 18 *Mix design* per sampel.

3.4.1 Kebutuhan benda uji

Dalam Penelitian ini akan dibuat benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton.

Tabel 3.1 Daftar Jumlah Sampel Variasi Beton

No	Variasi Campuran	Jumlah Benda Uji		
		Kuat Tekan	Kuat Tarik	Kuat Geser
1	Beton Normal Mutu Tinggi	3	3	3
2	Beton MT Campuran Pasir Laut 25%	3	3	3
3	Beton MT Campuran Pasir Laut 50%	3	3	3
4	Beton MT Campuran Pasir Laut 100%	3	3	3
Jumlah Sampel		36		

Tabel 3.2 Tabel Jumlah Kebutuhan Material Benda Uji Per sampel

variasi	pasir sungai (kg)	pasir laut (kg)	semen (kg)	kerikil (kg)	plastisizer (ml)	air (Ltr)
BNMT	3,30	0	2,97	6,13	22,253	1,06823
BPLMT 25%	2,48	0,83	2,97	6,13	22,253	1,06823
BPLMT 50%	1,65	1,65	2,97	6,13	22,253	1,06823
BPLMT 100%	0	2,73	2,97	7,19	22,253	1,06823
BNMT - KG	2,80	0	2,52	5,21	18,894	0,9600
BPLMT - KG 25%	2,10	0,70	2,52	5,21	18,894	0,9600
BPLMT - KG 50%	1,40	1,40	2,52	5,21	18,894	0,9600
BPLMT - KG 100%	0	2,32	2,52	6,11	18,894	0,9600

Dengan

BNMT : Beton Normal Mutu Tinggi

BPLMT : Beton Pasir Laut Mutu Tinggi

BNMT - KG : Beton Normal Mutu Tinggi Kuat Geser

BPLMT - KG : Beton Pasir Laut Mutu Tinggi Kuat Geser

Tabel 3.3 Tabel Jumlah Kebutuhan Material Benda Uji Keseluruhan Sampel

No.	Benda Uji	Jumlah Benda Uji	Kebutuhan Material			
			Semen (Kg)	Air (Liter)	Pasir (Kg)	Kerikil (Kg)
1	BNMT	6	17,80	6,41	19,82	36,80
2	BPLMT 25%	6	17,80	6,41	14,86	36,80
3	BPLMT 50%	6	17,80	6,41	9,91	36,80
4	BPLMT 100%	6	17,80	6,41	16,37	43,17
5	BNMT - KG	3	7,56	2,87	8,41	15,62
6	BPLMT - KG 25%	3	7,56	2,87	8,41	15,62
7	BPLMT - KG 50%	3	7,56	2,87	8,41	15,62
8	BPLMT - KG 100%	3	7,56	2,87	6,95	18,33
TOTAL		36	101,44	37,13	93,15	218,77

Dengan

BNMT : Beton Normal Mutu Tinggi

BPLMT : Beton Pasir Laut Mutu Tinggi

BNMT - KG : Beton Normal Mutu Tinggi Kuat Geser

BPLMT - KG : Beton Pasir Laut Mutu Tinggi Kuat Geser

3.4.2 Tahapan pemeriksaan *slump test*

Tujuan pemeriksaan pada *Slump Test* adalah untuk menentukan ukuran derajat kekentalan adukan pada beton segar, sehingga dapat diketahui kemudahan untuk dikerjakan. Cara uji *slump* beton bertujuan untuk menyediakan langkah kerja bagi para pengguna untuk menentukan nilai *slump test* dari beton semen hidrolis plastis. Hasil dari *slump test* beton ini digunakan dalam pekerjaan, perencanaan campuran beton dan pengendalian mutu beton pada pelaksanaan pembeconan.

Pengujian Slump dilakukan dengan menggunakan Kerucut Abrams dimana kerucut abrams ini merupakan cetakan yang berbentuk kerucut terpancung dengan diameter bawah $203 \pm 3,2$ mm, diameter atas $102 \pm 3,2$ mm dan tinggi $305 \pm 3,2$ mm. Dan bagian atas bawahnya terbuka.

Peralatan yang digunakan:

- a) Kerucut Abrams
- b) Tongkat baja dengan diameter 16 mm dan panjangnya 600 mm, ujung dari tongkat baja ini lalu dibulatkan
- c) Plat baja yang kedap air
- d) Sekop

Bahan yang digunakan:

- a) Adukan beton segar yang diambil dari adukan

Prosedur Kerja:

- a) Periksa dan bersihkan peralatan yang akan digunakan
- b) Masukkan beton dalam cetakan sampai penuh dalam 3 lapis, tiap apis berisi $\pm 1/3$ isi cetakan, tiap lapis dipadatkan dengan tongkat baja sebanyak 25 kali tumbukan secara semasa dengan arah vertikal
- c) Setelah penuh, ratakan permukaan beton segar dalam cetakan
- d) Diamkan selama 30 detik sambil membersihkan semua kelebihan beton segar di sekitar cetakan
- e) Angkat cetakan perlahan-lahan pada arah vertikal
- f) Tempatkan kerucut Abrams pada posisi terbalik di samping adukan
- g) Taruh tongkat baja di atas kerucut dalam posisi horizontal

- h) Ukurlah slump yang terjadi dengan menentukan beda tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji
- i) Apabila nilai slump sudah mencapai nilai rencana, lakukan pembuatan benda uji silinder beton, jika belum tercapai slump yang diinginkan, tambahkan sisa air dan lakukan pengadukan kembali

3.4.3 Tahapan pemeriksaan berat volume beton

Menentukan berat volume beton berbentuk balok atau silinder yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat benda uji dengan volumenya.

Peralatan yang digunakan:

- a) Timbangan dengan ketelitian 0,1
- b) Tongkat pemadat dengan diameter 6 mm, panjang 60 cm,
- c) Mistar Perata
- d) Slinder besi diameter 15 cm, tinggi 30 cm
- e) Cetakan berbentuk silinder 15 x 30 cm
- f) Timbangan

Bahan yang digunakan:

- a) Contoh beton segar sesuai kapasitas takaran
- b) Benda uji beton

Prosedur kerja:

- a) Timbangan dan catat berat takaran (W_1)
- b) Isi takaran dengan benda uji 3 lapis,
- c) Tiap lapis dipadatkan 25x tusukan secara merata. Ratakan benda uji dengan perat,
- d) Tentukan benda uji (W_3), sehingga mendapatkan persamaan di (2-5)

3.4.4 Tahapan pembuatan benda uji

Menentukan berat volume beton berbentuk balok atau silinder yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat benda uji dengan volumenya.

- a. Benda uji kuat tekan dan kuat tarik belah

Untuk mendapatkan kuat tekan yang direncanakan menurut SNI 03-1974-1990 maka dilakukan persiapan sebagai berikut:

- a) Benda uji dibuat dari bahan campuran beton (agregat kasar, agregat halus, semen, air, dan bahan tambah yang dipakai adalah serbuk kuning)
- b) Isilah cetakan dengan adukan beton dalam 3 lapis, tiap-tiap lapis dipadatkan dengan 25 x tusukan secara merata; pada saat melakukan pemadat tidak boleh mengenai dasar cetakan; pada saat pemadatan lapisan kedua serta ketiga tongkat pemadat boleh masuk kira-kira 25,4 mm kedalam lapisan di bawahnya.
- c) Setelah selesai melakukan pemadatan, ketuklah sisi cetakan perlahan-lahan sampai rongga bekas tusukan tertutup, ratakan permukaan beton dan tutuplah segera dengan bahan yang kedap air serta tahan karat, kemudian biarkan beton dalam cetakan 24 jam dan letakkan pada tempat yang bebas dari getaran.
- d) Setelah 24 jam, bukalah cetakan dan keluarkan benda uji. Untuk perencanaan campuran beton, rendamlah benda uji dalam bak perendaman yang berisi air pada *temperature* 25°C disebutkan untuk pematangan (curing) selama waktu yang dihendaki. Untuk pengendalian mutu beton pada pelaksanaan pembetonan, pematangan disesuaikan dengan persyaratan.

b. Benda uji kuat geser

Untuk mendapatkan kuat geser yang direncanakan maka dilakukan persiapan sebagai berikut:

- a) Menyiapkan material yaitu pasir, agregat dan semen
- b) Menyiapkan cetakan *double L* dengan ukuran bekisting 30 cm x 20 cm x 7,5 cm.
- c) Menyiapkan dan menimbang bahan-bahan yang akan digunakan dengan proporsi yang telah ditentukan.
- d) Membuat campuran adukan beton dengan material yang telah disiapkan sesuai variasi campuran.
- e) Mengukur nilai *slump* setiap variasi campuran,
- f) Melakukan penulangan pada cetakan yang telah disiapkan.

- g) Memasukkan dan memadatkan beton segar yang telah dicampur ke dalam cetakan yang telah disiapkan dengan tongkat penumbuk (25 kali setiap lapisan) dan meratakannya dengan sendok besi.

3.4.5 Tahapan perawatan benda uji

Proses curing dilaksanakan dengan cara merendam beton dalam bak yang berisi air sampai waktu pengetesan. Proses perawatan (curing) ini dilakukan sehari atau 24 jam setelah proses pencetakan beton. Langkah-langkah proses perawatan (curing):

- a. Setelah 24 jam dari proses pencetakan beton, cetakan beton dibuka secara perlahan-lahan dan beton uji silinder beton diambil.
- b. Benda uji silinder beton diletakkan dalam suatu bak air, dan dibiarkan sampai sehari sebelum waktu pengetesan untuk dikeluarkan dari bak (pengeringan).
- c. Pada waktu pengetesan, benda uji yang telah dikeluarkan dari bak dan mongering ditimbang beratnya. Setelah itu diukur dimensinya.
- d. Kemudian benda uji di capping/diratakan dengan larutan belerang pada bidang tidak rata.
- e. Permukaan yang di capping dari benda uji diletakkan di atas, dan benda uji siap dites. (Saputra & Hepiyanto, 2017).

Menurut Neville (2002), terdapat empat hal yang mempengaruhi proses penguapan yang dapat menyebabkan kehilangan air pada beton, yaitu:

- a. Kelembaban relatif semakin besar nilai kelembaban relatif, maka semakin sedikit kehilangan air yang terjadi.
- b. Temperatur udara dan beton temperatur udara dan beton sangat mempengaruhi proses penguapan yang terjadi pada beton. Semakin tinggi temperatur maka kehilangan air yang terjadi semakin banyak.
- c. Kecepatan udara proses penguapan juga dipengaruhi oleh adanya angin. Kecepatan angin yang besar akan mempercepat proses penguapan yang terjadi.
- d. Temperatur beton perbedaan diantara temperatur udara dan beton juga mempengaruhi terhadap kehilangan air.

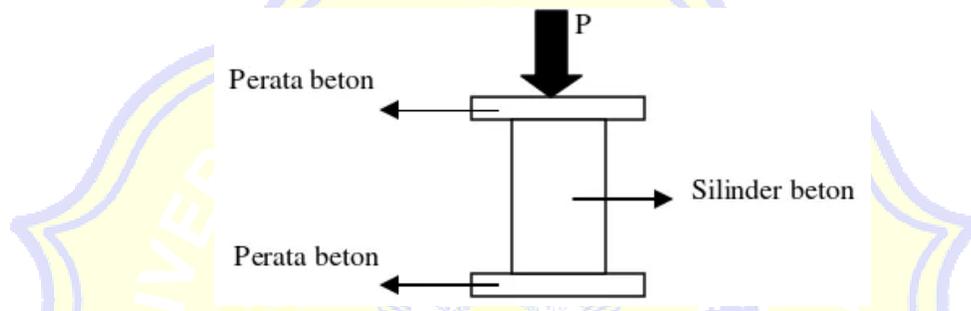
Dalam perawatan beton cara dan bahan serta alat yang digunakan akan menentukan sifat dari beton keras yang dibuat, terutama dari sisi kekuatannya.

Didalam pengujian ini digunakan dua cara perawatan yang berbeda yaitu direndam dan *curing compound*. Kekuatan resultan dari *temperature* konstan pada setting dan perawatan pada *temperature* yang tinggi mengakibatkan kekuatan awal lebih tinggi tetapi kekuatan jangka panjang yang lebih rendah.

3.5 Tahapan Pengujian Benda Uji

3.5.1 Pengujian kuat tekan beton

Prosedur pengujian kuat tekan dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine*. Sketsa pengujian dapat dilihat pada gambar 3.21



Gambar 3.21 Skema Pengujian Kuat Tekan Beton Berbentuk Silinder
(Sumber: Departemen pekerjaan umum ,1990)

Cara pengujian tekan beton menurut SNI 03-1974-1990 Untuk melaksanakan pengujian kuat tekan beton harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut:

- Ambil benda uji yang akan ditentukan kekuatannya dari bak perendaman, kemudian bersihkan dari kotoran yang menempel pada kain,
- Tentukan berat dan ukuran benda uji,
- Lapislah (*capping*) permukaan atas beton apabila permukaan beton tidak rata menggunakan mortar belerang,
- Letakkan benda uji pada mesin secara sentris. Sesuai dengan tempat yang tepat pada mesin tes kuat tekanan,
- Jalankan benda uji atau mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/m³ per detik,
- Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji,

g. Pengujian kuat tekan beton dengan bahan tambah kuningin ini dilakukan pada saat beton berumur 28 hari.

Pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm. Besarnya beban (P) dapat diketahui dengan pembacaan jarum yang ditunjukkan oleh mesin kuat tekan yaitu angka tertinggi yang ditunjukkan sebelum sampel yang berbentuk silinder pecah atau hancur dan kekuatannya dapat dihitung dengan persamaan yang disajikan pada persamaan 2-2

3.5.2 Pengujian kuat tarik belah beton

Pengujian tarik belah juga dilakukan dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine*. Sketsa pengujian dapat dilihat pada Gambar 2.4 Pembebanan pada pengujian kuat tarik belah beton.

Cara pengujian tarik beton menurut SNI 03-2491-2012 Untuk melaksanakan pengujian kuat tarik belah beton harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut:

- a. Pemberian tanda pada benda uji tarik garis tengah pada setiap sisi ujung silinder benda uji dengan mempergunakan peralatan bantu yang sesuai hingga dapat memastikan bahwa kedua garis tengah tadi berada dalam bidang aksial yang sama. Sebagai alternatif dapat digunakan alat bantu penandaan garis tengah berbentuk T pada kedua ujung benda tersebut terdiri dari 3 bagian sebagai berikut:
 - a) Sebuah baja kanal C-100 yang kedua flensya sudah diratakan dengan mesin.
 - b) Bagian alas dari perlengkapan berbentuk T yang diberi alur yang sesuai dengan tebal kedua flens baja kanal dengan celah persegi empat untuk perletakkan batang tegaknya.
 - c) Bagian tegak dari alat perlengkapan berbentuk T terpasang tegak lurus pada alas bagian tegak tersebut diberi celah yang memanjang, untuk memudahkan pembuatan tanda garis tengah pada kedua ujung benda uji.
- b. Peralatan bantu ini terdiri dari tiga bagian, sebagai berikut:
 - a) Bagian alas tempat untuk meletakkan bantalan kayu pembebanan bagian bawah dan benda uji silinder,

- b) Pelat atau batang bantu penekanan yang memenuhi persyaratan, baik ukuran maupun kerataannya,
- c) Dua buah bagian tegak yang kegunaannya untuk meletakkan benda uji pada posisi uji lengkap dengan pelat atau batang penekan tambahan dan bantalan batu pembebanannya.
- c. Tentukan diameter benda uji dengan ketelitian sampai 0,25 mm yang merupakan harga rata-rata dari tiga kali pengukuran diameter pada kedua ujung dan bagian tengah benda uji, pengukuran dilakukan pada garis tanda yang dibuat pada benda uji. Tentukanlah panjang benda uji dengan ketelitian hingga 2,5 mm yang merupakan harga rata-rata dari paling sedikit dua buah pengukuran pada bidang yang diberi tanda garis pada kedua ujung benda uji.
- d. Perletakkan benda uji pada posisi uji dengan berpedoman pada tanda garis tengah pada kedua ujung, sebagai berikut:
- a) Letakkan sebuah dari dua bantalan bantu pembebanan yang terbuat dari kayu lapis pada tengah-tengah pelat menekan bagian-bagian bawah dari mesin uji.
 - b) Letakkan benda uji di atas bantalan batu dari kayu lapis tersebut sedemikian rupa hingga tanda garis tengah pada benda uji terlihat tegak lurus terhadap titik tengah dan bantalan kayu lapis.
 - c) Letakkan bantalan kayu lapis lainnya memanjang di atas silinder sedemikian rupa hingga bagian tengahnya tepat berpotongan dengan tanda garis tengah yang ada pada ujung silinder.
 - d) Atur posisi pengujian hingga tercapai kondisi sebagai berikut:
 - Proyeksi dari bidang yang ditandai dengan oleh garis tengah pada kedua ujung benda uji tepat berpotongan dengan titik tengah meja penekanan bagian atas dari mesin meja penguji.
 - Bila digunakan pelat atau batang penekan tambahan, titik tengahnya dan titik tengah-tengah benda uji pada posisi uji, harus berada tepat di bawah titik tengah meja penekan bagian atas dari mesin penguji.
- e. Perletakkan benda uji pada posisi uji dengan menggunakan peralatan bantu benda uji. Cara meletakkannya adalah sebagai berikut:

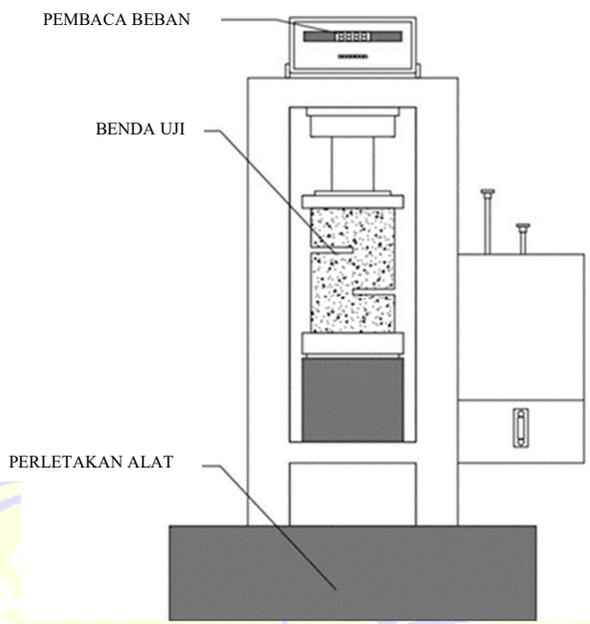
- a) Letakkan bantalan-bantalan bantu pembebanan dari kayu lapis, benda uji dan peralatan tambahan penekan (batang atau pelat penekan tambahan) secara sentris dengan menggunakan peralatan bantu perletakkan benda uji.
- b) Titik tengah pelat penekan tambahan dan titik tengah benda uji pada posisi uji harus berada tepat di bawah titik tengah penekan bagian atas.

Pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm. Besarnya beban (P) yang ditunjukkan oleh mesin kuat yaitu angka tertinggi yang ditunjukkan sebelum sampel yang berbentuk silinder pecah atau hancur dan didapatkan kekuatan tarik belah dengan menggunakan persamaan di 2-3.

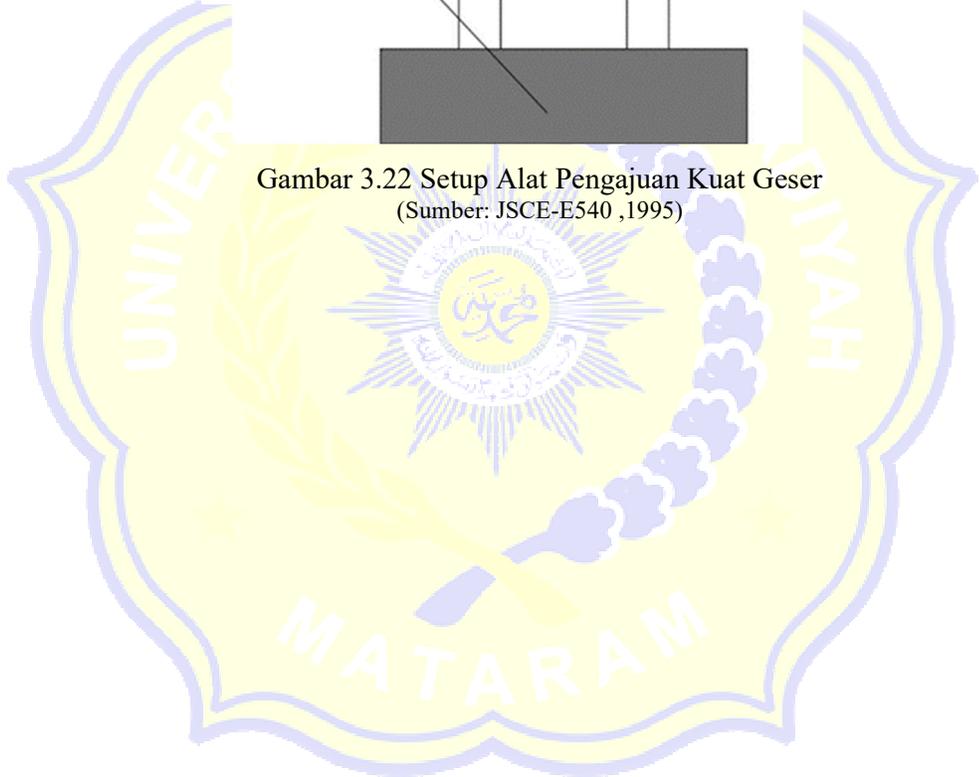
3.5.3 Pengujian kuat geser beton

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kuat geser beton setelah 28 hari. Pengujian ini menggunakan benda uji berbentuk L ganda dengan ukuran (20 cm x 7,5 cm x 30 cm). Jumlah benda uji yang digunakan untuk pengujian kuat geser ini adalah 3 buah untuk setiap variasi. Pengujian kuat geser dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Sampel geser dua L (20 cm x 7,5 cm x 30 cm) yang akan diuji menurut umur perlakuan diambil dari lokasi perlakuan satu hari sebelum pemberian penelitian.
- b. Timbang benda uji dan catat berat benda uji.
- c. Masukkan benda uji ke tengah penguji tekanan beton.
- d. Pengoperasian penguji kompresi beton, melakukan pembebanan merata hingga bidang geser benda uji menjadi hancur dengan menggunakan gambar yang disajikan pada Gambar 3.22.

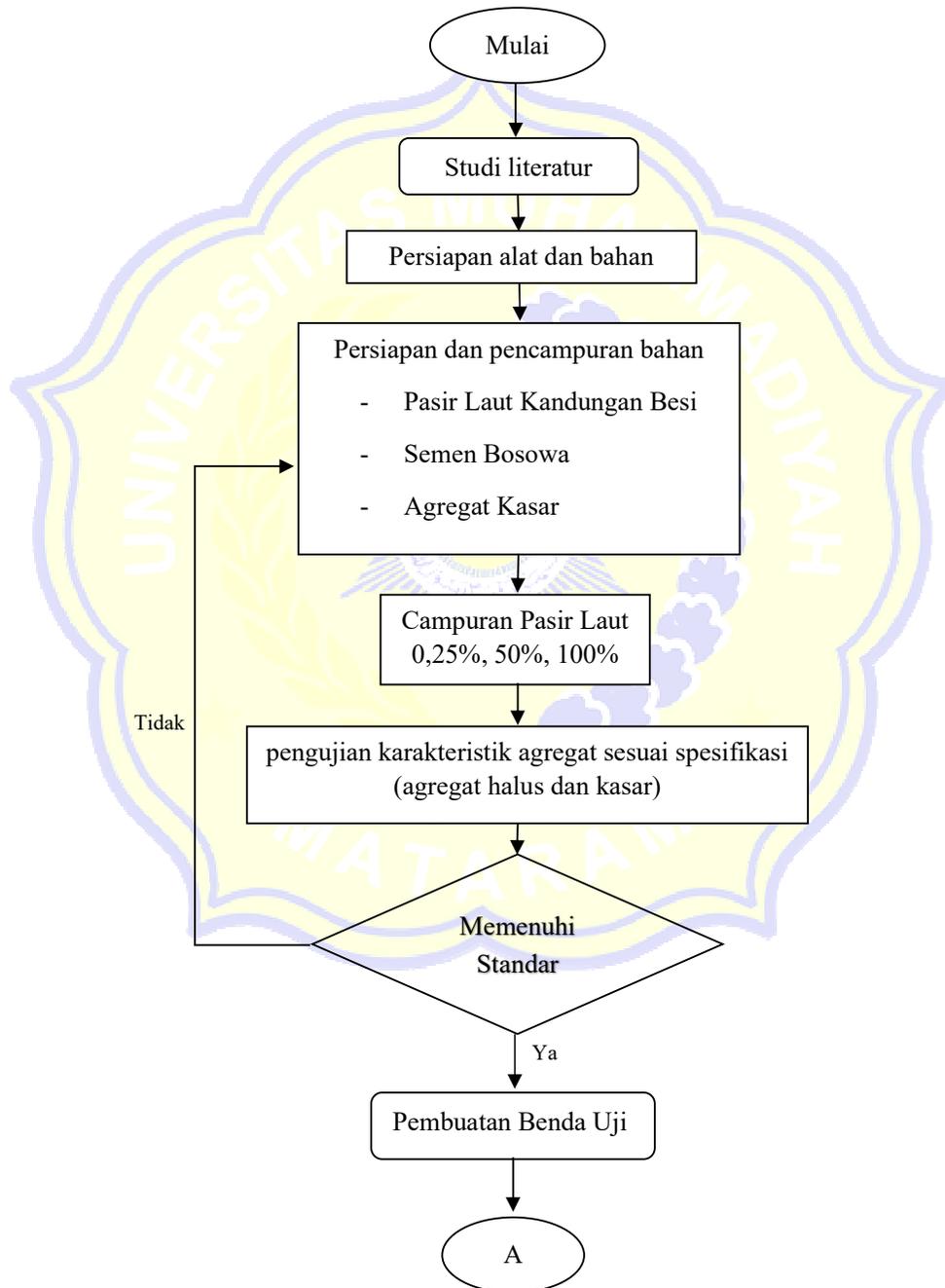


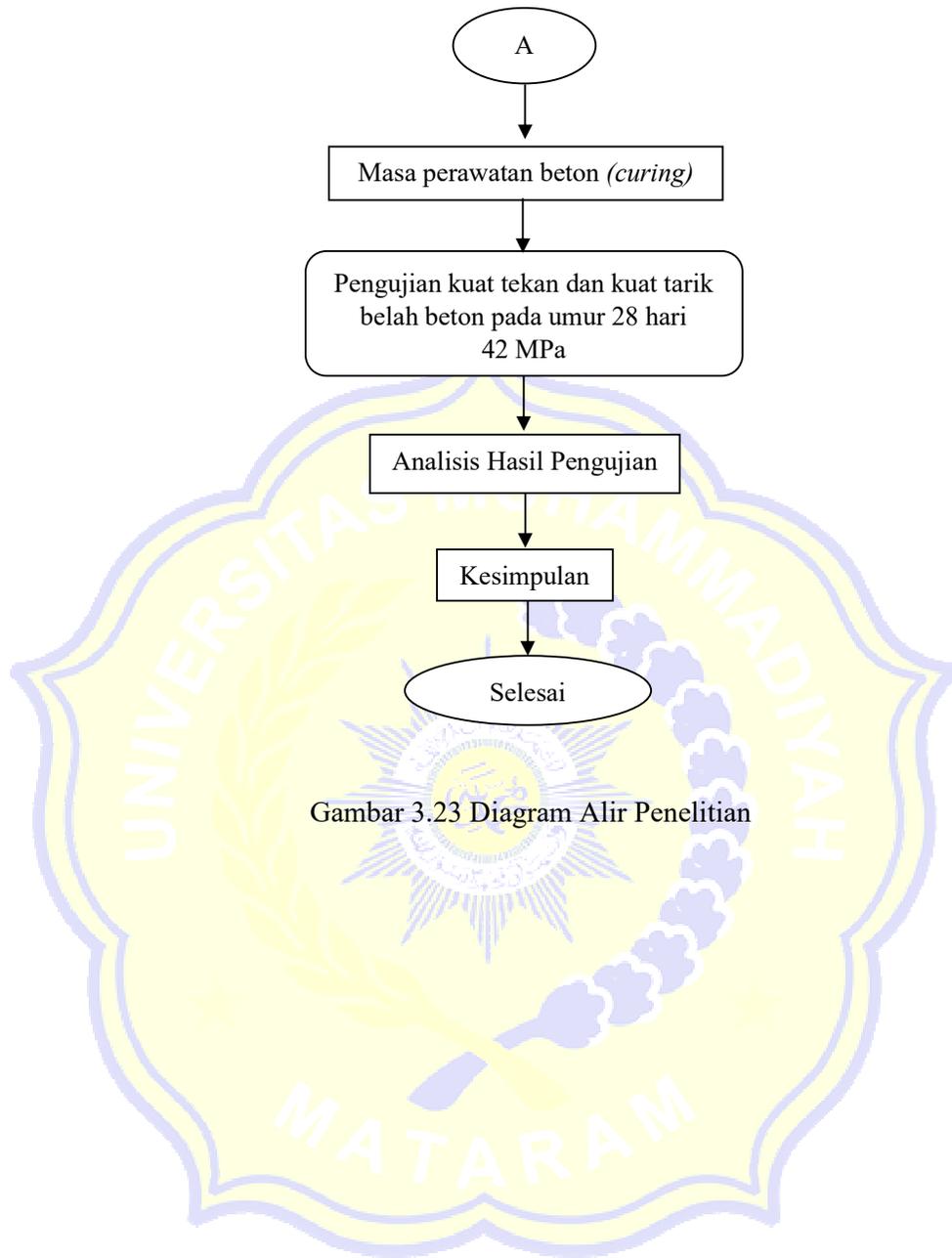
Gambar 3.22 Setup Alat Pengujian Kuat Geser
(Sumber: JSCE-E540 ,1995)



3.6 Bagan Alir Penelitian

Dalam penyelesaian terhadap penelitian ini diperlukan tahapan pengerjaan penelitian supaya dapat memudahkan peneliti untuk memahami setiap tahapan dari pelaksanaan penelitian yang dilakukan. Berikut ini adalah bagan alir yang akan digunakan dalam tahapan penelitian dapat disajikan pada Gambar 3.23





Gambar 3.23 Diagram Alir Penelitian

BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Agregat

4.1.1 Pengujian kadar air pada agregat

Untuk pengujian kadar air menggunakan acuan pada SNI 1971-2011, yang dimulai dari penimbangan berat cawan, agregat sebelum dikeringkan dan agregat setelah dikeringkan kemudian dikalikan dengan 100% untuk mengetahui berapa persentasenya. Untuk data pengujian kadar air agregat halus terdapat pada Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kandungan Air Agregat Halus

No.	Uraian	Satuan	Benda Uji	
			I	II
1	Berat Cawan	Gram	82	82
2	Berat Cawan + Benda Uji	Gram	582	582
3	Berat Benda Uji (<i>W1</i>)	Gram	500	500
4	Berat Cawan + Benda Uji Kering <i>Oven</i>	Gram	572	572
5	Berat Benda Uji Kering <i>Oven</i> (<i>W2</i>)	Gram	490	490
6	Kadar Air (%) $((W1-W2)/W2 \times 100\%)$	%	2,04	2,04
7	Kadar Air Rata - rata	%	2,04	

(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Dari hasil pengujian tabel 4.1 didapatkan nilai kadar air agregat halus yang dimana pada sampel I sebesar 2,04% dan pada sampel II sebesar 2,04% lalu didapat rata-rata sebesar 2,04%. Dari data tersebut dapat diketahui persentase kadar air agregat halus lebih kecil dari 5%, maka menurut SNI 03-1971-1990, agregat halus yang diuji dikategorikan layak untuk digunakan sebagai bahan campuran beton.

Data hasil pengujian kandungan air pada agregat kasar disajikan pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kandungan Air Agregat Kasar

No.	Uraian	Satuan	Benda Uji	
			I	II
1	Berat Cawan	Gram	82	82
2	Berat Cawan + Benda Uji	Gram	582	582
3	Berat Benda Uji ($W1$)	Gram	500	500
4	Berat Cawan + Benda Uji Kering Oven	Gram	568,4	569,2
5	Berat Benda Uji Kering Oven ($W2$)	Gram	486,4	487,2
6	Kadar Air (%) $((W1-W2)/W2 \times 100\%)$	%	2,796	2,627
7	Kadar Air Rata – rata	%	2,71	

(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Dari hasil pengujian tabel 4.2 didapat nilai kadar air agregat kasar pada sampel I sebesar 2,796%, pada sampel II sebesar 2,712% dan didapat rata – rata dari sampel I dan II sebesar 2,627%. Dari hasil rata – rata tersebut dapat diketahui kadar air agregat kasar kurang dari 5%, maka menurut SNI 03-1971-1990 nilai kadar air agregat kasar aman untuk digunakan sebagai bahan campuran beton.

Untuk data hasil pengujian kandungan air pada agregat halus pasir laut disajikan pada Tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kandungan Air Agregat Halus Pasir Laut

No.	Uraian	Satuan	Benda Uji	
			I	II
1	Berat Cawan	Gram	82	82
2	Berat Cawan + Benda Uji	Gram	500	500
3	Berat Benda Uji ($W1$)	Gram	582	582
4	Berat Cawan + Benda Uji Kering Oven	Gram	573,2	580,6
5	Berat Benda Uji Kering Oven ($W2$)	Gram	491,2	498,6
6	Kadar Air (%) $((W1-W2)/W2 \times 100\%)$	%	1,79	0,28
7	Kadar Air Rata - rata	%	1,04	

(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Dari hasil pengujian tabel 4.3 didapat nilai kadar air pasir laut pada sampel I sebesar 1,77%, pada sampel II sebesar 1,79% dan didapat rata-rata sebesar 0,28%. Dari data tersebut, dapat disimpulkan nilai kadar air pasir pantai lebih kecil dari 5%, jadi agregat pasir laut layak digunakan sebagai bahan campuran beton.

4.1.2 Pengujian kadar lumpur pada agregat

Untuk hasil pengujian kadar lumpur agregat dilakukan dengan cara menggunakan metode pengeringan, dengan menggunakan acuan pengujian dari SNI 03-4142-1996. Berikut merupakan data hasil pengujian kadar lumpur agregat halus dan kasar.

Data hasil pengujian kandungan kadar lumpur pada agregat halus disajikan pada Tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kandungan Kadar Lumpur Agregat Halus

No.	Uraian	Satuan	Pengujian	
			I	II
1	Cawan	Gram	82	82
2	Cawan + Benda Uji	Gram	582	582
3	Benda Uji (A)	Gram	500	500
4	Cawan + Benda Uji Kering <i>Oven</i>	Gram	579,2	559
5	Benda Uji Kering <i>Oven</i> (B)	Gram	497,2	477
6	Kadar Lumpur (%) $((A-B)/B \times 100\%)$	%	0,56	4,82
7	Rata - rata	%	2,69	

(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Dari hasil pengujian tabel 4.4 didapat nilai kadar lumpur agregat halus pada sampel I sebesar 9,31%, pada sampel II sebesar 7,431% dan didapat rata-rata sebesar 8,37%. Dari nilai rata-rata tersebut dapat diambil kesimpulan yang mana menurut SK SNI S-04-1989-F, kadar lumpur agregat halus <5%, jadi agregat halus yang diuji sudah memenuhi kriteria pemakaian untuk campuran beton.

Data hasil pengujian kandungan kadar lumpur pada agregat kasar disajikan pada Tabel 4.5 di bawah ini.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kandungan Kadar Lumpur Agregat Kasar

No.	Uraian	Satuan	Pengujian	
			I	II
1	Cawan	Gram	82	82
2	Cawan + Benda Uji	Gram	572,6	581,6
3	Benda Uji (<i>A</i>)	Gram	500	500
4	Cawan + Benda Uji Kering <i>Oven</i>	Gram	573	578
5	Benda Uji Kering <i>Oven</i> (<i>B</i>)	Gram	491	496
6	Kadar Lumpur (%) $((A-B)/B \times 100\%$	%	1,83	0,73
7	Rata - rata	%	1,28	

(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Dari hasil pengujian tabel 4.5 didapat nilai persentase kadar lumpur agregat kasar pada sampel I sebesar 1,83%, pada sampel II sebesar 0,73% dan didapat rata-rata dari kedua sampel tersebut sebesar 1,28%. Dari data tersebut dapat diambil kesimpulan yang mana menurut SK SNI S-04-1989-F, kadar lumpur agregat kasar tidak boleh lebih dari 1%, jadi agregat tidak memenuhi kriteria pemakaian untuk campuran. Untuk mengurangi kadar lumpur pada agregat kasar yang diuji dapat dilakukan dengan cara mencuci agregat kasar yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton.

Untuk data hasil pengujian kandungan kadar lumpur pada agregat halus pasir laut disajikan pada Tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kandungan Kadar Lumpur Agregat Halus Pasir Laut

No.	Pemeriksaan	Satuan	Benda Uji	
			I	II
1	Cawan	Gram	41,9	41,2
2	Cawan + Benda Uji Kering <i>oven</i>	Gram	541,9	541,2
3	Benda Uji (<i>W1</i>)	Gram	500	500
4	Cawan + Benda Uji cuci kering <i>oven</i>	Gram	541,3	540,1
5	Benda Uji Cuci Kering <i>Oven</i> (<i>W2</i>)	Gram	499,4	498,9
6	Kadar Lumpur $((W1-W2)/W2 \times 100\%)$	%	0,12	0,22
7	Rata - rata	%	0,17	

(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Dari hasil pengujian tabel 4.6 didapat nilai kadar lumpur agregat halus pasir laut pada sampel I sebesar 0,12%, pada sampel II sebesar 0,22% dan didapat rata-rata sebesar 0,17%. Dari nilai rata-rata tersebut dapat diambil kesimpulan yang

mana menurut SK SNI S-04-1989-F, kadar lumpur agregat halus <5%, jadi agregat halus yang diuji sudah memenuhi kriteria pemakaian untuk campuran beton.

4.1.3 Pengujian volume agregat

Untuk pengujian pada berat volume satuan lepas dan padat yang hendak diujikan ke agregat halus, agregat kasar, dan pasir laut menggunakan acuan metode pengujian dari SNI 03-4804-1998. Untuk pengujiannya sendiri dilakukan dengan menggunakan mould yang memiliki kapasitas volume 7 Kg, dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 16 cm.

Data hasil pengujian berat satuan lepas dan padat agregat halus disajikan pada Tabel 4.7 di bawah ini.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Berat Satuan Agregat Halus

No.	Uraian	Lepas		Padat	
		I	II	I	II
1	Berat Mould	4000	4000	4000	4000
2	Mould + Benda Uji	8400	8400	8800	8800
3	berat Benda Uji (2-1)	4400	4400	4800	4800
4	Mould + Air	7000	7000	7000	7000
5	Berat Air/ Volume Mould (4-1)	3000	3000	3000	3000
6	Berat Isi (3/5)	1,467	1,467	1,600	1,600
7	Rata - rata	1,467		1,600	

(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Dari hasil pengujian tabel 4.7 didapat nilai berat satuan lepas pada sampel I sebesar 1,476 Kg/liter, pada sampel II sebesar 1,476 Kg/liter dan didapat rata-ratanya sebesar 1,476. Untuk berat satuan padat agregat halus pada sampel I didapat sebesar 1,600, pada sampel II didapat sebesar 1,600 dan dari kedua sampel tersebut dapat diambil rata-rata dengan nilai 1,600, yang mana menurut SNI 03-1973-1998 batas minimum nilai berat isi agregat halus dan kasar yaitu sebesar 04-1,9 Kg/m³. Jadi dapat disimpulkan bahwa agregat halus yang diuji sudah memenuhi syarat berat isi bahan campuran beton.

Data hasil pengujian berat satuan lepas dan padat agregat kasar disajikan pada Tabel 4.8 di bawah ini.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Berat Satuan Agregat Kasar

No.	Uraian	Satuan	Lepas		Padat	
			I	II	I	II
1	Berat Mould	Gram	4000	4000	4000	4000
2	Mould + Benda Uji	Gram	8000	8000	8600	8600
3	berat Benda Uji (2-1)	Gram	4000	4000	4600	4600
4	Mould + Air	Liter	7000	7000	7000	7000
5	Berat Air/ Volume Mould (4-1)	Liter	3000	3000	3000	3000
6	Berat Isi (3/5)	Kg/liter	1,333	1,333	1,533	1,533
7	Rata - rata	Kg/liter	1,333		1,533	

(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Dari hasil pengujian tabel 4.8 didapat nilai berat satuan lepas pada sampel I sebesar 1,333, pada sampel II didapat sebesar 1,333 dan didapat rerata dari kedua sampel tersebut sebesar 1,333. Kemudian untuk berat satuan padat pada sampel I didapat sebesar 1,533, pada sampel II sebesar 1,533 dan didapat rerata sebesar 1,533. Menurut SNI 03-1973-1998, batas minimum berat isi agregat halus dan kasar yaitu 0,4-1,9 Kg/m³. Jadi dapat disimpulkan agregat kasar yang diuji sudah memenuhi syarat berat isi sebagai bahan campuran beton.

Untuk data hasil pengujian berat satuan lepas dan padat agregat halus pasir laut disajikan pada Tabel 4.9 di bawah ini.

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Berat Satuan Agregat Halus Pasir Laut

No.	Uraian	Satuan	Lepas		Padat	
			I	II	I	II
1	Berat Mould	Gram	4000	4000	4000	4000
2	Mould + Benda Uji	Gram	8338,5	8401,2	9096,4	9095,8
3	berat Benda Uji (2-1)	Gram	4338,5	4401,2	5096,4	5095,8
4	Mould + Air	Liter	7000	7000	7000	7000
5	Berat Air/ Volume Mould (4-1)	Liter	3000	3000	3000	3000
6	Berat Isi (3/5)	Kg/liter	1,446	1,467	1,699	1,699
7	Rata - rata	Kg/liter	1,457		1,699	

(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Dari hasil pengujian tabel 4.9 dapat diketahui nilai berat satuan lepas pada sampel I sebesar 1,446, pada sampel II sebesar 1,467 dan didapat rata-rata dari

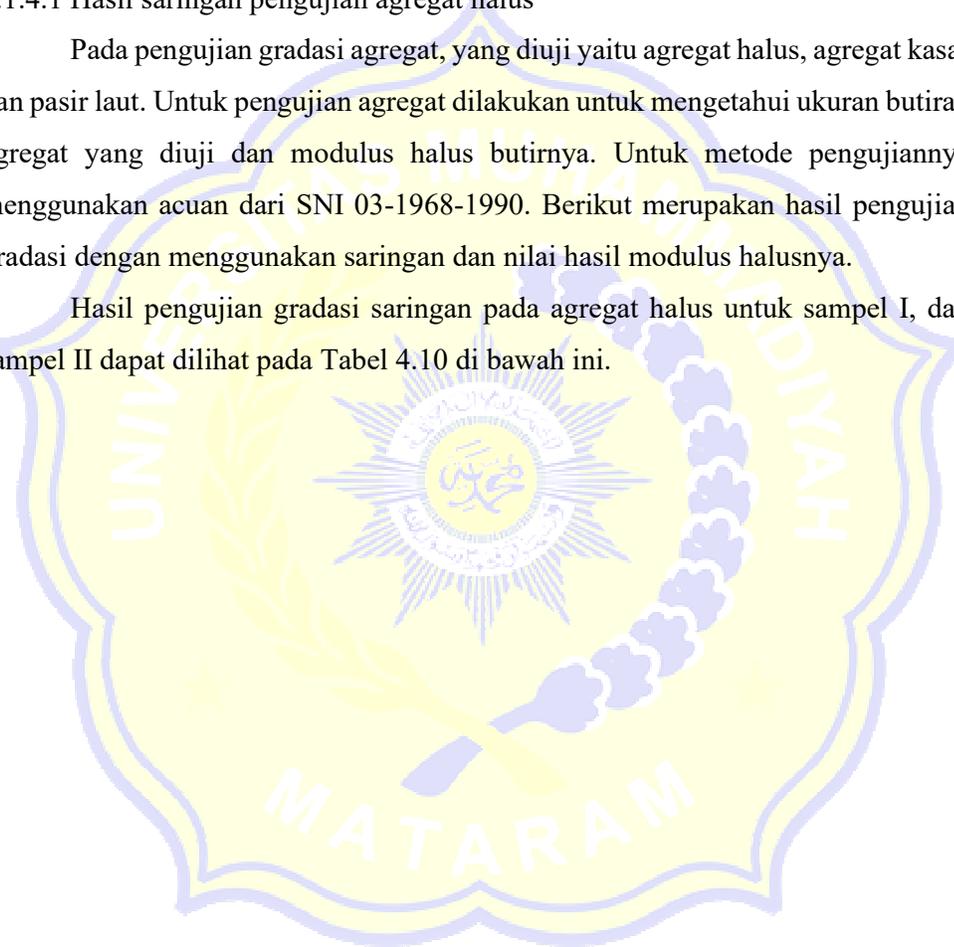
kedua sampel yaitu sebesar 1,457. Untuk berat satuan padat pada sampel I didapat dengan nilai 1,699, pada sampel II didapat sebesar 1,699 dan didapat rata-rata dari kedua sampel tersebut sebesar 1,699. Menurut SNI 03-1973-1998, batas minimum berat isi agregat kasar dan halus yaitu 0,4-1,9 Kg/m³. Jadi dapat disimpulkan, pasir laut yang diuji sudah memenuhi syarat berat isi sebagai bahan campuran beton.

4.1.4 Pengujian saringan agregat

4.1.4.1 Hasil saringan pengujian agregat halus

Pada pengujian gradasi agregat, yang diuji yaitu agregat halus, agregat kasar dan pasir laut. Untuk pengujian agregat dilakukan untuk mengetahui ukuran butiran agregat yang diuji dan modulus halus butirnya. Untuk metode pengujiannya menggunakan acuan dari SNI 03-1968-1990. Berikut merupakan hasil pengujian gradasi dengan menggunakan saringan dan nilai hasil modulus halusnya.

Hasil pengujian gradasi saringan pada agregat halus untuk sampel I, dan sampel II dapat dilihat pada Tabel 4.10 di bawah ini.



Tabel 4.10 Gradasi Saringan Agregat Halus

Sampel I							
No. Saringan		Berat tertahan	Jumlah berat tertahan	Jumlah persen		Batas Bawah	Batas Atas
				Tertahan	Lewat		
Inch	mm	Gram	Gram	%	%	%	%
3/8"	9,52	0	0	0	100	100	100
No. 4	4,75	59,8	0	0	100	90	100
No. 8	2,36	180,8	180,8	9,04	90,96	75	90,67
No. 16	1,18	260,7	441,5	22,07	77,93	55	77,71
No. 30	0,6	573,3	1014,8	50,73	49,27	35	49,07
No. 50	0,3	500,1	1514,9	75,74	24,26	8	23,87
No.100	0,15	347,5	1862,4	93,11	6,89	0	6,72
No.200	0,075	0	0	-	-		
Jumlah		1922,2		250,695			
Sampel II							
No. Saringan		Berat tertahan	Jumlah berat tertahan	Jumlah persen		Batas Bawah	Batas Atas
				Tertahan	Lewat		
Inch	mm	Gram	Gram	%	%	%	%
3/8"	9,52	0	-	-	100	100	100
No. 4	4,75	56,4	0	0	100	90	100
No. 8	2,36	192,3	192,3	9,61	90,39	75	90,67
No. 16	1,18	257,9	450,2	22,5	77,5	55	77,71
No. 30	0,6	572,6	1022,8	51,12	48,88	35	49,07
No. 50	0,3	508,2	1531	76,53	23,47	8	23,87
No.100	0,15	338,5	1869,5	93,45	6,55	0	6,72
No.200	0,075	0	0	-	-		
Jumlah		1925,9		253,21			
Jumlah rata-rata persen tertahan		251,95					

(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Rata-rata persen lewat saringan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Rata - rata lewat} = \frac{\sum \% \text{ Lewat} + \sum \% \text{ Lewat}}{2}$$

$$\text{Persen lewat saringan No.4} = (100+100)/2 = 100\%$$

$$\text{Persen lewat saringan No.8} = (90,96+90,39)/2 = 90,67\%$$

$$\begin{aligned} \text{Persen lewat saringan No.16} &= (77,93+77,50)/2 &&= 77,71\% \\ \text{Persen lewat saringan No.30} &= (49,27+48,88)/2 &&= 49,07\% \\ \text{Persen lewat saringan No.50} &= (24,26+23,47)/2 &&= 23,87\% \\ \text{Persen lewat saringan No.100} &= (6,89+6,55)/2 &&= 6,72\% \\ \text{Persen lewat saringan No.200} &= (0+0)/2 &&= 0\% \end{aligned}$$

Fineness modulus dapat dihitung menggunakan rumus:

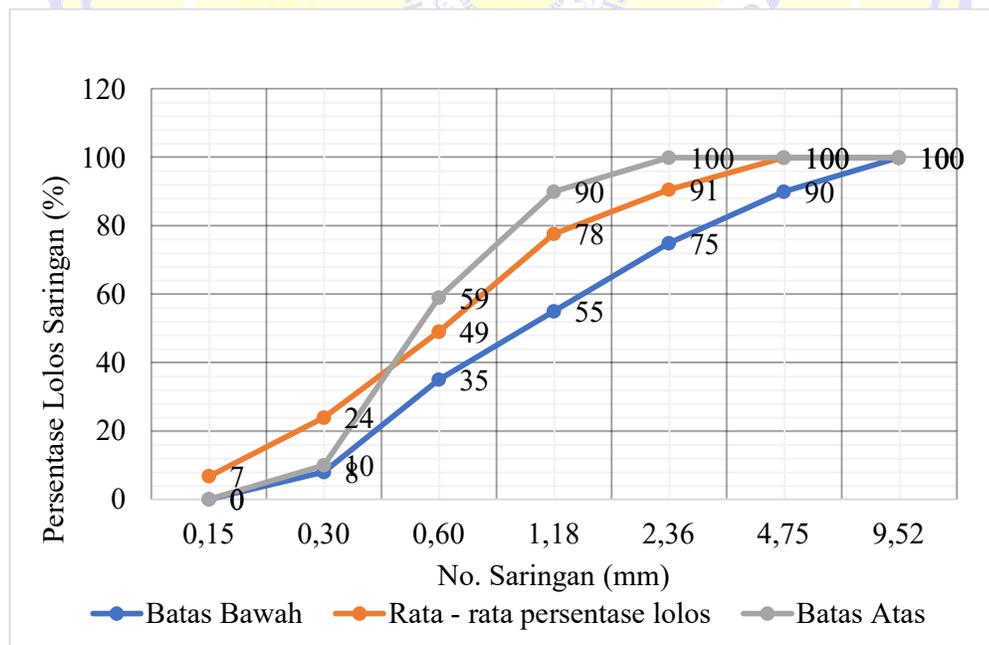
$$FM = \frac{\Sigma\% \text{ Rata-rata Tertahan}}{100}$$

$$FM = \frac{251,95}{100} = 2,52$$

Jadi nilai modulus yang di hasilkan adalah 2,52

Menurut SNI 03-2461-1991, Nilai modulus halus agregat halus yang sudah dikatakan aman berada pada kisaran 1,5 sampai 3,8 maka nilai modulus 2,25 sudah sesuai dengan standar yang digunakan.

Hasil grafik gradasi pengujian agregat halus (pasir sungai) dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1 Grafik Pengujian Agregat Halus
(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Jadi pada hasil grafik gradasi pengujian agregat halus (pasir sungai) berada pada batas gradasi No.2 dengan jenis pasir sedang.

4.1.4.2 Hasil saringan pengujian agregat kasar

Hasil pengujian gradasi saringan pada agregat kasar untuk sampel I, dan sampel II disajikan pada Tabel 4.11 di bawah ini.



Tabel 4.11 Gradasi Saringan Agregat Kasar

Sampel I							
No. Saringan		Berat tertahan	Jumlah berat tertahan	Jumlah persen		Batas Bawah	Batas Atas
				Tertahan	Lewat		
Inch	mm	Gram	Gram	%	%	%	%
3/8"	25,4	0	0	0	100	100	100
No. 4	19,1	208,1	208,1	20,81	79,19	95	79,3
No. 8	12,7	278	486,1	48,61	51,39	35	51,44
No. 16	9,52	361,2	847,3	84,73	15,27	10	15,83
No. 30	4,75	74,6	922	92,19	7,81	0	8,31
No. 50	2,36	0	921,9	92,19	7,81	0	0
No. 100	1,18	0	921,9	92,19	7,81	0	0
No. 200	0,6	0	921,9	92,19	7,81	0	0
Jumlah		921,9		707,29			
Sampel II							
No. Saringan		Berat tertahan	Jumlah berat tertahan	Jumlah persen		Batas Bawah	Batas Atas
				Tertahan	Lewat		
Inch	mm	Gram	Gram	%	%	%	%
3/8"	25,4	0	0	0	100	100	100
No. 4	19,1	207	206,8	20,6	79,4	95	79,3
No. 8	12,7	280	487,1	48,52	51,48	35	51,44
No. 16	9,52	352	839,5	83,62	16,38	10	15,83
No. 30	4,75	76	915,5	91,19	8,81	0	8,31
No. 50	2,36	0	915,5	91,19	8,81	0	0
No. 100	1,18	0	915,5	91,19	8,81	0	0
No. 200	0,6	0	915,5	91,19	8,81	0	0
Jumlah		915,5		699,84			
Jumlah rata-rata persen tertahan		703,57					

(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Rata-rata persen lewat saringan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Rata - rata lewat} = \frac{\sum \% \text{ Lewat} + \sum \% \text{ Lewat}}{2}$$

$$\text{Persen lewat saringan 1''} = (100+100)/2 = 100\%$$

Persen lewat saringan 3/4" = (79,19+79,40)/2	= 79,30%
Persen lewat saringan 1/2" = (51,39+51,48)/2	= 51,44%
Persen lewat saringan 3/8" = (15,27+16,38)/2	= 15,83%
Persen lewat saringan No.4 = (7,81+8,81)/2	= 8,31%
Persen lewat saringan No.8 = (7,81+8,81)/2	= 0,0%
Persen lewat saringan No.16 = (7,81+8,81)/2	= 0,0%
Persen lewat saringan No.30 = (7,81+8,81)/2	= 0,0%
Persen lewat saringan No.50 = (7,81+8,81)/2	= 0,0%
Persen lewat saringan No.100 = (7,81+8,81)/2	= 0,0%

Fineness modulus dapat dihitung menggunakan rumus:

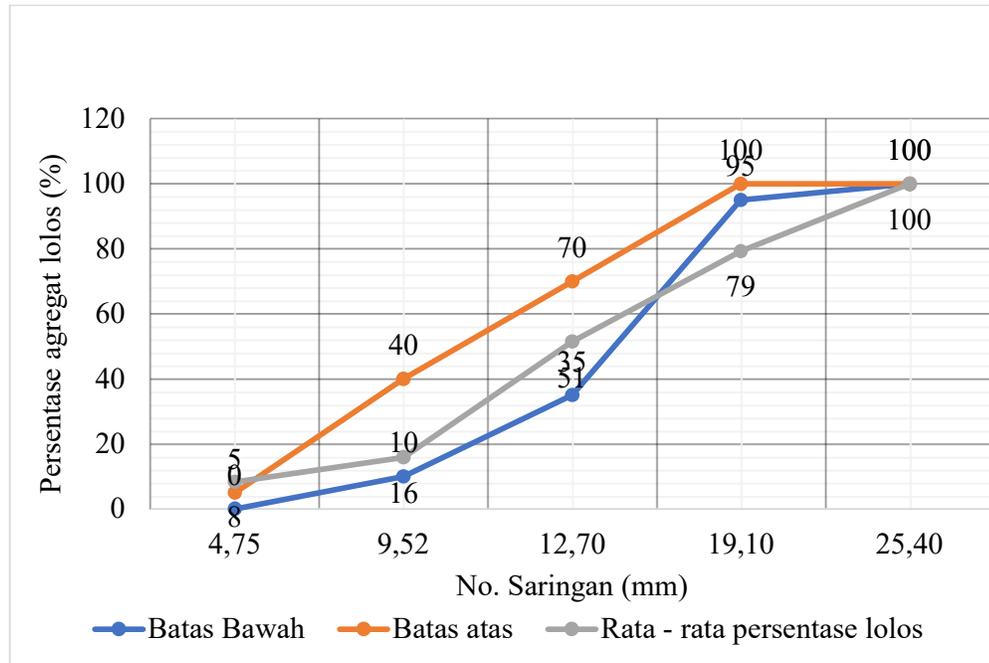
$$FM = \frac{\sum \% \text{Rata-rata Tertahan}}{100}$$

$$FM = \frac{703,57}{100} = 7,04$$

Jadi nilai modulus yang di hasilkan adalah 7,04

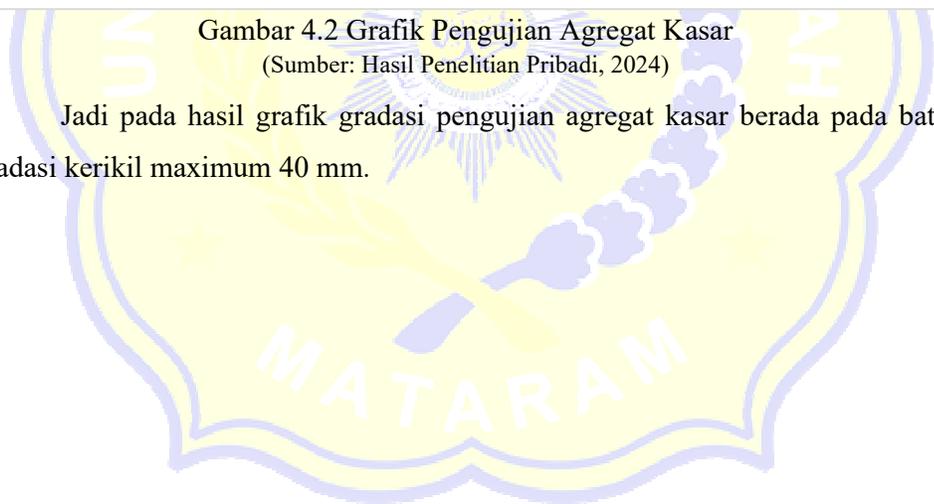
Menurut SNI 03-2461-1991, Nilai modulus halus agregat halus yang sudah dikatakan aman berada pada kisaran 5 sampai 8 maka nilai modulus 7,04 sudah sesuai dengan standar yang digunakan.

Hasil grafik gradasi pengujian agregat kasar dapat dilihat pada Gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.2 Grafik Pengujian Agregat Kasar
(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Jadi pada hasil grafik gradasi pengujian agregat kasar berada pada batas gradasi kerikil maximum 40 mm.



4.1.4.3 Hasil pengujian saringan agregat halus (pasir laut)

Hasil pengujian gradasi saringan pada agregat halus pasir laut untuk sampel I, dan sampel II disajikan pada Tabel 4.12 di bawah ini.

Tabel 4.12 Gradasi Saringan Agregat Halus (Pasir Laut)

Sampel I							
No. Saringan		Berat tertahan	Jumlah berat tertahan	Jumlah persen		Batas Bawah	Batas Atas
				Tertahan	Lewat		
Inch	mm	Gram	Gram	%	%	%	%
3/8"	9,52	0	0	0	100	100	100
No. 4	4,75	0	0	0	100	90	100
No. 8	2,36	23	23	2,3	97,7	85	100
No. 16	1,18	59	82	8,2	91,8	75	100
No. 30	0,6	210,3	292,3	29,23	70,77	60	79
No. 50	0,3	405,2	697,5	69,75	30,25	12	40
No. 100	0,15	233,5	931	93,1	6,9	0	10
No. 200	0,075	0	931	93,1	6,9	0	0
Jumlah		1922,2		250,695			
Sampel II							
No. Saringan		Berat tertahan	Jumlah berat tertahan	Jumlah persen		Batas Bawah	Batas Atas
				Tertahan	Lewat		
Inch	mm	Gram	Gram	%	%	%	%
3/8"	9,52	0	0	0	100	100	100
No. 4	4,75	0	0	0	100	90	100
No. 8	2,36	21,5	21,5	2,15	97,85	85	100
No. 16	1,18	48	69,5	6,95	93,05	75	100
No. 30	0,6	217,4	286,9	28,69	71,31	60	79
No. 50	0,3	403,6	690,5	69,05	30,95	12	40
No. 100	0,15	246,4	936,9	93,69	6,31	0	10
No. 200	0,075	0	936,9	93,69	6,31	0	0
Jumlah		936,9		294,22			
Jumlah rata – rata persen tertahan		294,95					

(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Rata-rata persen lewat saringan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Rata-tata lewat} = \frac{\sum \% \text{ Lewat} + \sum \% \text{ Lewat}}{2}$$

$$\text{Persen lewat saringan No.4} = (100+100)/2 = 100\%$$

$$\text{Persen lewat saringan No.8} = (90,70+97,85)/2 = 97,78\%$$

$$\text{Persen lewat saringan No.16} = (91,80+93,05)/2 = 92,43\%$$

$$\text{Persen lewat saringan No.30} = (70,77+71,31)/2 = 71,04\%$$

$$\text{Persen lewat saringan No.50} = (30,25+30,95)/2 = 30,60\%$$

$$\text{Persen lewat saringan No.100} = (6,90+6,31)/2 = 6,61\%$$

$$\text{Persen lewat saringan No.200} = (6,90+6,31)/2 = 6,61\%$$

Fineness modulus dapat dihitung menggunakan rumus:

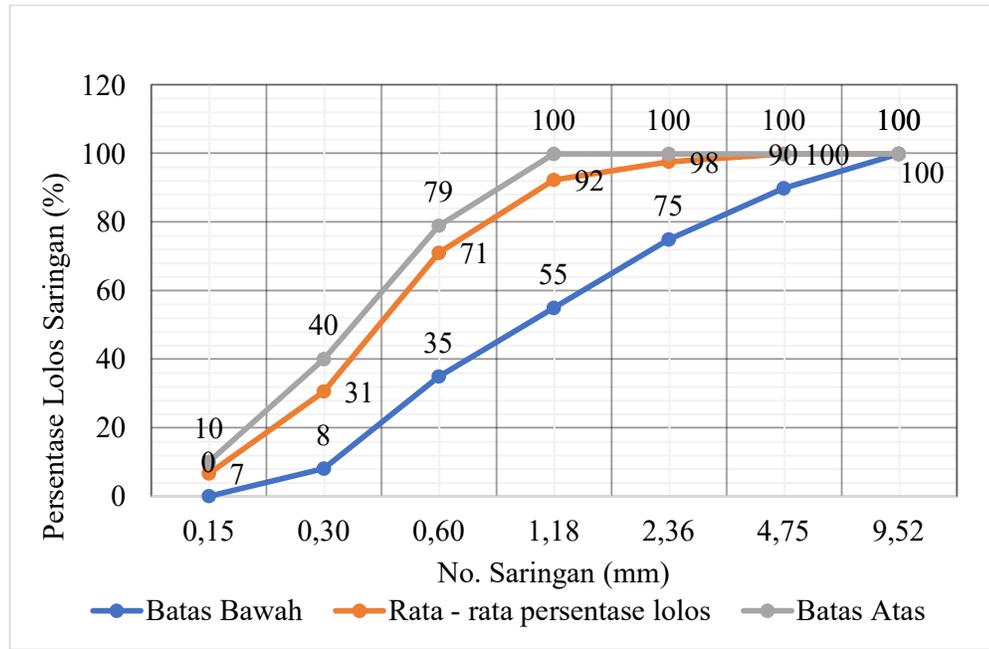
$$\text{FM} = \frac{\sum \% \text{ Rata-rata Tertahan}}{100}$$

$$\text{FM} = \frac{294,95}{100} = 2,95$$

Jadi nilai modulus yang di hasilkan adalah 2,95

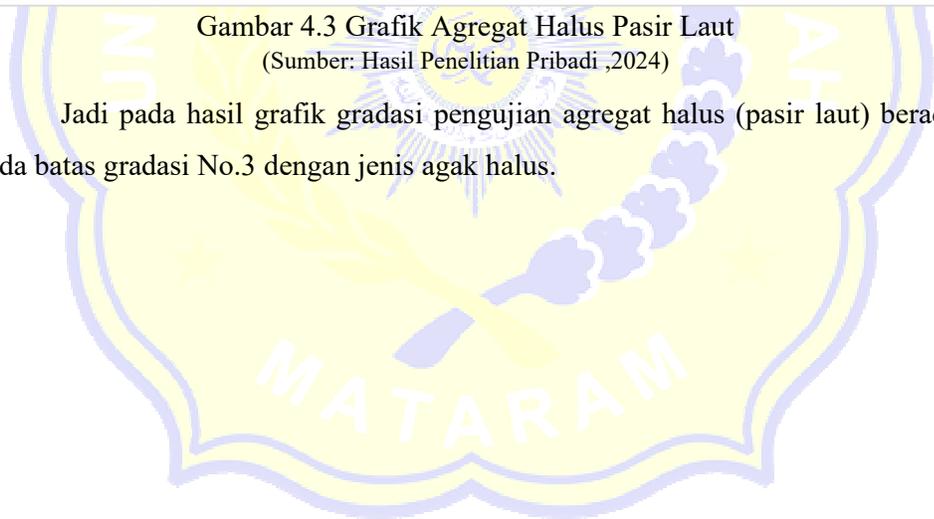
Menurut SNI 03-2461-1991, Nilai modulus halus agregat halus yang sudah dikatakan aman berada pada kisaran 1,5 sampai 3,8 maka nilai modulus 2,95 sudah sesuai dengan standar yang digunakan.

Hasil grafik gradasi pengujian agregat halus pasir laut dapat dilihat pada Gambar 4.3 di bawah ini.



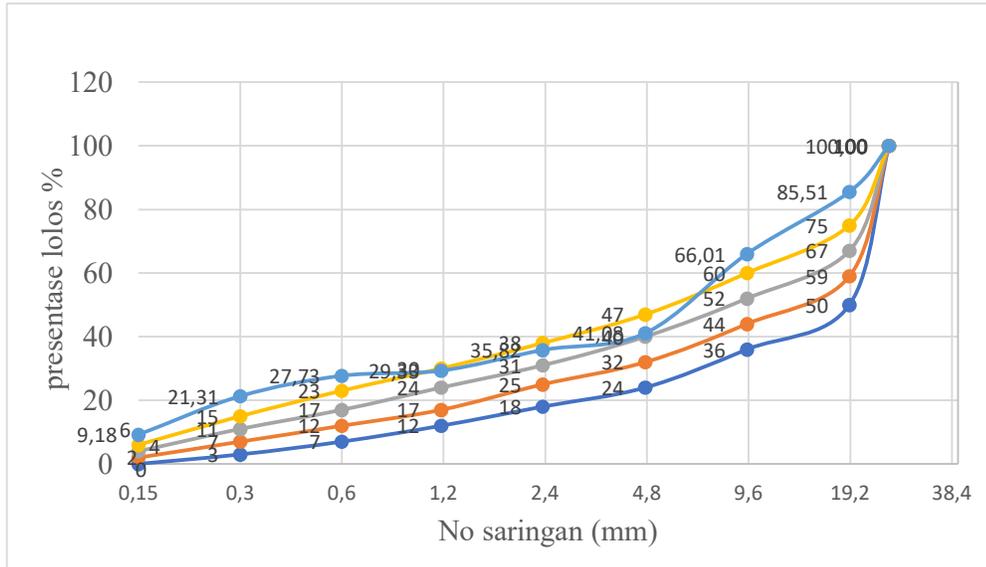
Gambar 4.3 Grafik Agregat Halus Pasir Laut
(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi ,2024)

Jadi pada hasil grafik gradasi pengujian agregat halus (pasir laut) berada pada batas gradasi No.3 dengan jenis agak halus.



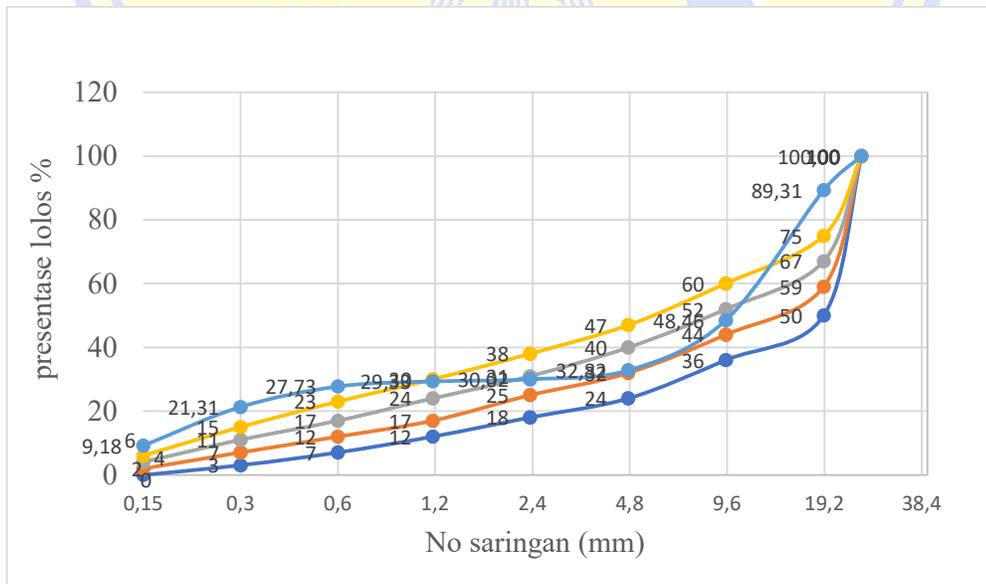
4.1.4.3 Gradasi Campuran Agregat

Grafik gradasi campuran pasir sungai dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut ini.



Gambar 4.4 Grafik Gradasi Campuran Pasir Sungai
(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Grafik gradasi campuran pasir laut dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut ini.



Gambar 4.5 Grafik Gradasi Campuran Dengan Pasir Laut
(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

4.1.5 Pengujian berat jenis agregat

Untuk pengujian berat jenis ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis (*bulk*), berat jenis jenuh kering permukaan, berat jenis semu (*apparent*), dan tingkat penyerapan air dari agregat yang diuji. Untuk metode pengujian berat jenis pada agregat halus dan pasir laut menggunakan acuan dari SNI 03-1970-1990, sedangkan untuk pengujian berat jenis pada agregat kasar menggunakan acuan dari SNI 03-1969-1990. Berikut merupakan hasil dari pengujian berat jenis agregat halus, kasar dan pasir laut.

4.1.5.1 Hasil pengujian berat jenis agregat halus

Hasil dari pengujian berat jenis agregat halus dapat dilihat pada tabel 4.13 di bawah ini.

Tabel 4.13 Hasil pengujian berat jenis agregat halus

No.	Pemeriksaan	Satuan	Benda Uji		Rata - rata
			I	II	
A	Berat Piknometer	Gram	200	200	200
B	Berat Benda Uji Kondisi SSD	Gram	500	500	500
C	Berat Piknometer + Benda Uji SSD + Air	Gram	1000,3	1000,2	1000,3
D	Berat Piknometer Diisi Air	Gram	697	697	697,0
E	Berat Benda Uji Kering	Gram	480,5	482,2	481,35
\					
Berat Jenis (<i>Bulk</i>) ($E/(D+B-C)$)			2,4	2,5	2,4
Berat jenis Kering Permukaan Jenuh ($B/(D+B-C)$)			2,5	2,5	2,5
Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>) ($E/(D+E-C)$)			2,7	2,7	2,7
Penyerapan (<i>Absorption</i>) ($(B-E)/E$)		%	4,1	3,7	3,9

(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Pada hasil pengujian yang dilakukan didapatkan nilai dari berat jenis bulk pada sampel I yakni 2,4 gr/cm³ dan pada sampel II di dapatkan 2,5 gr/cm³ sehingga didapat nilai rata-rata untuk berat jenis bulk adalah 2,4 gr/cm³, untuk berat jenis kering permukaan jenuh didapatkan nilai pada sampel I sebesar 2,5 gr/cm³ dan pada sampel II sebesar 2,5 gr/cm³ sehingga di ambil rata-ratanya yakni 2,5 gr/cm³, kemudian untuk berat jenis semu pada sampel I didapatkan nilai sebesar 2,7 gr/cm³ dan pada sampel II di dapatkan nilai sebesar 2,7 gr/cm³ sehingga rata-rata yang

diperoleh adalah 2,7 gr/cm³, lalu untuk penyerapannya, pada sampel I didapatkan nilai 4,1% dan pada sampel II di dapatkan sebesar 3,7% sehingga dapat dihitung rata-rata penyerapan yakni 3,9%.

Hasil dari pengujian tersebut telah memenuhi spesifikasi dari (SNI 03-1969-1990) yang dimana syarat dari berat jenis agregat minimal berada pada angka 2,5 gr/cm begitu juga dengan nilai penyerapan yang di dapatkan telah sesuai dengan SNI 03-1969-1990 dimana nilai penyerapan maksimal adalah 3% - 5%, sehingga nilai penyerapan rata-rata yang di dapatkan pada pengujian yakni 3,9% sehingga dapat digunakan pada campuran beton.

4.1.5.2 Hasil pengujian berat jenis agregat kasar

Hasil dari pengujian berat jenis agregat kasar (kerikil) dapat dilihat pada Tabel 4.14 di bawah ini.

Tabel 4.14 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

No.	Pemeriksaan	Satuan	Benda Uji		Rata - rata
			I	II	
A	Berat Contoh SSD	Gram	1046,3	1019,9	1033,1
B	Berat Contoh dalam Air	Gram	625	613	619
C	Berat Contoh Kering	Gram	998,4	974	986,2
Berat Jenis (<i>Bulk</i>)($C/(A-B)$)			2,4	2,4	2,4
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh ($A/(A-B)$)			2,5	2,5	2,5
Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>) ($C/(C-B)$)			2,7	2,7	2,7
Penyerapan (<i>Absorbtion</i>) ($(A-C)/C \times 100\%$)		%	4,8	4,7	4,8

(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Pada pengujian berat jenis yang dilakukan pada agregat kasar didapatkan nilai dari berat jenis *bulk* pada sampel I yakni 2,7 gr/cm³ dan pada sampel II di dapatkan 2,7 gr/cm³ sehingga didapat nilai rata-rata untuk berat jenis bulk adalah 2,7 gr/cm³, untuk berat jenis kering permukaan jenuh didapatkan nilai pada sampel I sebesar 2,7 gr/cm³ dan pada sampel II sebesar 2,8 gr/cm³ sehingga di ambil rata-ratanya yakni 2,7 gr/cm³, kemudian untuk berat jenis semu pada sampel I

didapatkan nilai sebesar 2,8 gr/cm³ dan pada sampel II di dapatkan nilai sebesar 2,8 gr/cm³ sehingga rata-rata yang diperoleh adalah 2,8 gr/cm³, lalu untuk penyerapannya, pada sampel I didapatkan nilai 1,4% dan pada sampel II di dapatkan sebesar 1,2% sehingga dapat dihitung rata-rata penyerapan yakni 1,3%.

Pada pengujian berat jenis di atas untuk nilai rata-rata pada berat jenis *bulk* dengan nilai 2,7 gr/cm³ dengan demikian nilai ini telah sesuai dengan spesifikasi berat jenis yakni 2,58 gr/cm³ sampai 2,83 gr/cm³. Kemudian untuk pemeriksaan penyerapan (*Absorption*) telah memenuhi standar spesifikasi yakni 2% sampai 7%. Nilai penyerapan yang diperoleh pada pengujian berat jenis agregat kasar adalah 2,54% dengan demikian agregat kasar tersebut telah sesuai ketentuan dan tidak dalam keadaan basah.

4.1.5.3 Hasil pengujian berat jenis pada agregat halus pasir laut

Hasil dari pengujian berat jenis agregat halus pasir laut dapat dilihat pada Tabel 4.15 di bawah ini.

Tabel 4.15 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus Pasir Laut

No.	Pemeriksaan	Satuan	Benda Uji		Rata - rata	
			I	II		
A	Berat Piknometer	Gram	200	200	200	
B	Berat Benda Uji Kondisi SSD	Gram	500	500	500	
C	Berat Piknometer + Benda Uji SSD + Air	Gram	1015	1015,2	1015,1	
D	Berat Piknometer Diisi Air	Gram	697	697	697	
E	Berat Benda Uji Kering	Gram	493	494	493,5	
Berat Jenis (<i>Bulk</i>) $(E/(D+B-C))$			2,7	2,7	2,7	
Berat jenis Kering Permukaan Jenuh $(B/(D+B-C))$			2,7	2,8	2,7	
Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>) $(E/(D+E-C))$			2,8	2,8	2,8	
Penyerapan (<i>Absorption</i>) $((B-E)/E)$			%	1,4	1,2	1,3

(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Dari tabel 4.15 didapat data hasil pengujian berapa berat benda uji kondisi SSD dengan rata-rata 500 gram, berat piknometer + benda uji + air dengan rata-rata

1015,1 gram, berat piknometer diisi air dengan rata-rata 697 gram dan berat benda uji kering dengan rata-rata sebesar 493,5 gram.

Dari semua data tersebut maka selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mencari nilai berat jenis, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu dan tingkat penyerapan airnya. Untuk nilai berat jenis (*bulk*) didapat rata-rata 2,7 kemudian berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) didapat rata-rata 2,7, kemudian berat jenis semu (*apparent*) didapat rata-rata sebesar 2,8 dan penyerapannya sebesar 1,3%. Dimana menurut acuan SNI 03-1969-1990 batas minimum berat jenis agregat halus yaitu 2,4-2,9 dengan penyerapan air $\leq 3\%$. Jadi dapat disimpulkan agregat halus pasir pantai yang diuji dikategorikan sebagai agregat berat (berat jenis $> 2,9$) dengan berat jenis yang sudah sesuai sebagai bahan campuran beton.

4.1.6 Pengujian abrasi dengan mesin *los angles*

Pengujian abrasi dilakukan dengan menggunakan *Los Angeles* dengan tujuan mengetahui tingkat kekekalan agregat kasar yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton. Untuk pengujiannya menggunakan acuan dari SNI 03-2417-2008. Hasil pengujian abrasi agregat kasar menggunakan mesin *Los Angeles* disajikan pada Tabel 4.16 di bawah ini.

Tabel 4.16 Hasil Pengujian Abrasi Menggunakan Mesin *Los Angeles*

Gradasi pemeriksaan		Satuan	Jumlah putaran = 500			
Ukuran saringan			Sebelum		Sesudah	
Lolos	Tertahan		I	II	I	II
25,4 (1")	19,1 (3/4")	Gram	2500	2500	2001,56	2067,30
19,1 (3/4")	12,7 (1/2")	Gram	2500	2500	1601,24	1653,84
12,7 (1/2")	9,52 (3/8")	-	-	-	-	-
Jumlah Berat		Gram	5000	5000	3602,80	3721,14
Berat tertahan saringan No. 12		%	-		27,94	25,58
Rata - rata		%	-		26,76	

(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Pada hasil pengujian yang di lakukan dengan menggunakan mesin *los angles* di dapatkan hasil tertahan di saringan No.12 pada sampel I sebesar 27,94% kemudian pada sampel II sebesar 25,58% , sehingga di dapatkan rata-rata sebesar

26,76%. Menurut SNI 03-2517-2008, batas keausan maksimal yaitu kurang dari 40% tingkat keausan dari agregat yang digunakan ialah 26,76%, dengan demikian agregat kasar atau kerikil yang di gunakan sudah memenuhi standar yang dapat digunakan untuk campuran beton.

4.1.7 Perencanaan campuran beton (*mix design*)

Perencanaan campuran beton dimaksudkan untuk mengetahui komposisi atau proporsi bahan-bahan penyusun atau campuran pada beton. Proporsi bahan-bahan penyusun beton ini ditentukan melalui sebuah perencanaan beton (*mix design*). Hal ini dilakukan agar proporsi campuran dalam penelitian ini berdasarkan pada Standar Nasional yaitu SNI 03-2843-2000 tentang cara pembuatan campuran beton normal. Daftar campuran *mix design* yang telah melewati pengujian berbagai agregat disajikan pada Tabel 4. 17 dan untuk per sampel disajikan pada Tabel 4.18



Tabel 4.17 Daftar Campuran *Mix Design* Beton Mutu Tinggi

No	Uraian		Tabel/grafik	Nilai
1	Kuat tekan diisyaratkan (benda uji bentuk silinder)		Ditetapkan	42 MPa pada umur 28 hari
2	Deviasi standar		Ditetapkan	7 MPa
3	Nilai tambah		Ditetapkan	$1,64 \times 7 = 12$ MPa
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan		(1) + (3)	$42 + 12 = 54$ MPa
5	Jenis semen		Ditetapkan	Semen tipe I
6	Jenis agregat	Kasar	Ditetapkan	Kerikil pecah
		Halus	Ditetapkan	Pasir sungai
7	Faktor air semen bebas		Tabel 2, grafik 1	0,38
8	Faktor air semen maksimum		Ditetapkan	0,38
9	Slump		Ditetapkan	60 - 180 mm
10	Ukuran agregat maksimum		Ditetapkan	40 mm
11	Kadar air bebas		Tabel 3 SNI	185 Kg/m ³
12	Jumlah semen		(11) : (8)	486,8 Kg/m ³
13	Jumlah semen maksimum		Ditetapkan	486,8 Kg/m ³
14	Jumlah semen minimum		Ditetapkan	275 Kg/m ³
15	Faktor air semen disesuaikan			
16	Susunan besar butir agregat halus		Grafik 3 s/d 6	Gradasi No. 2
17	Berat jenis agregat	Kasar		2,38
		Halus		2,45
18	Persen agregat	Kasar	Grafik 13 s/d 15	65%
		Halus		35%
19	Berat jenis agregat campuran SSD			2,40
20	Berat isi beton		Grafik 16	2220 Kg/m ³
21	Kadar agregat campuran		(20) - (12) - (11)	1548 Kg/m ³
22	Kadar agregat halus		(18) x (21)	541,85 Kg/m ³
23	Kadar agregat kasar		(21) - (22)	1006,303 Kg/ m ³

(Sumber: SNI 03-2834, 2000)

Tabel 4.18 Daftar Campuran Mix Design Per Sampel Beton Mutu Tinggi

	Semen (Kg)	Air (Liter)	Agregat Halus (Kg)	Kasar (Kg)
Dalam 1 m ³	486,8	185	541,85	1006,303
Kebutuhan 0,0053 m ³	2,58	0,98	2,87	5,33
Persentase penambahan 15%	0,39	0,15	0,43	0,80
Kebutuhan 0,0053 m ³ + 15%	2,97	1,13	3,30	6,13
<i>Plastisicizer 0,75% dari kebutuhan semen</i>	22,253 (ml)			
<i>Plastisicizer 0,75% dari kebutuhan semen untuk benda uji kuat geser</i>	18,894 (ml)			

(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

4.1.8 Pengujian kadar garam agregat halus pasir laut

Dalam pengujian kadar garam ini dilakukan hanya pada pasir laut yang akan digunakan dalam campuran beton pada penelitian ini. Untuk metode pengujiannya menggunakan bantuan alat refraktometer salinitas. Berikut data hasil pengujian kadar garam yang terdapat pada agregat halus pasir laut disajikan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Hasil Pengujian Kadar Garam Melalui Fraktometer Salinitas

(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Jadi pada hasil pembacaan kadar garam melalui fraktometer salinitas tersebut, dari Gambar 4.6 didapat kandungan kadar garam dalam larutan yaitu sebesar 1‰ *Percent Per Thousand* (PPT), yang nilainya sama dengan 0,006%. Jadi hasil dari fraktometer salinitas tersebut berdasarkan pada aturan Australian Standard AS

2758.1-(2009) Kadar garam (NaCl) agregat yang akan digunakan sebagai campuran beton polos $\leq 0,15\%$, sehingga agregat halus pasir laut labuhan haji dapat digunakan sebagai material campuran beton.

4.1.9 Nilai *slump test*

Dalam penelitian ini, *slump test* dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar dan penambahan *superplasticizer* terhadap kelayakan adukan beton. Hasil pengujian *slump test* dari berbagai variasi campuran beton dapat dilihat dalam tabel 4.19.

Tabel 4.19 Tabel Pengujian Slump Test

Hasil Pemeriksaan uji slump test	
variasi benda uji	nilai slump (cm)
BNMT	9,7
BPLMT 25%	8,5
BPLMT 50%	9,4
BPLMT 100%	10,2
BNMT – KG	11
BPLMT – KG 25%	9,8
BPLMT – KG 50%	9
BPLMT – KG 100%	10
Jumlah Rata – Rata	9,7

(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Dengan :

BNMT : Beton Normal Mutu Tinggi

BPLMT : Beton Pasir Laut Mutu Tinggi

BNMT - KG : Beton Normal Mutu Tinggi Kuat Geser

BPLMT - KG : Beton Pasir Laut Mutu Tinggi Kuat Geser

Pada hasil pengujian *slump* yang di lakukan diperoleh jumlah rata-rata slump untuk semua variasi campuran beton adalah 9,7 cm, yang menunjukkan tingkat *workability* yang sesuai dengan rencana yakni 6 cm – 18 cm.

4.1.10 Pengujian kuat tekan

Kuat tekan dalam bentuk silinder beton diuji dengan alat uji CTM (*Compression Testing Machine*) yang dimana alat untuk penekanan pada benda

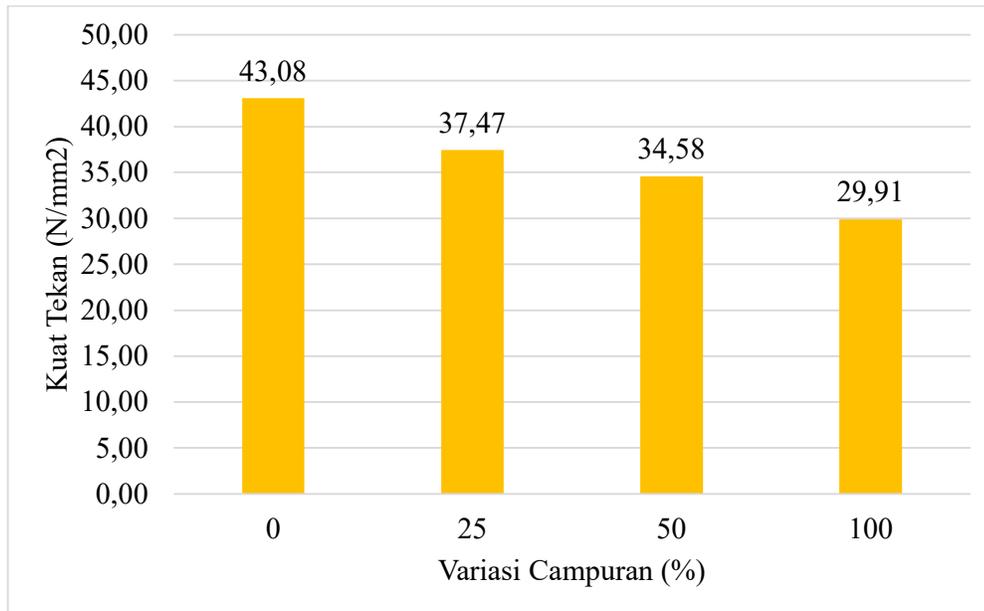
yang diuji. Pada pengujian kuat tekan, data yang didapatkan beban maksimum pada saat benda uji retak dan runtuh, kuat tekan beton dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-2). Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat dalam Tabel 4.20

Tabel 4.20 Tabel Hasil Pengujian Kuat Tekan

Variasi Campuran Beton	Kuat Tekan (MPa)	Selisih Kuat Tekan Beton	
		MPa	%
0%	43,08	0	0
25%	37,47	5,61	13,03
50%	34,58	8,50	19,73
100%	29,91	13,18	30,59

(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Dari hasil pengujian Tabel 4. 20 dapat diketahui variasi campuran beton 0% memiliki nilai kuat tekan yang lebih tinggi dari pada variasi yang lainnya yaitu 43,08 MPa, jika dibandingkan dengan beton dengan variasi 25% pasir laut maka didapat selisih 13,03% lebih tinggi pada beton variasi campuran 0%. Kemudian selisihnya lebih tinggi 19,73% dibanding beton dengan variasi campuran 50%. Untuk variasi 100%, memiliki selisih 30,59% lebih rendah dibandingkan dengan beton variasi campuran 0%. Jadi dapat disimpulkan untuk beton dengan variasi campuran 0% lebih baik dibandingkan dengan variasi lainnya.



Gambar 4.7 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton
(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Dari hasil pengujian Tabel 4.20 bisa dilihat nilai kuat tekan yang telah didapatkan dari pengujian sesuai dengan rencana awal yakni 42 MPa atau telah tercapai beton dengan mutu tinggi, sehingga penggunaan pasir sungai sudah sangat baik dalam membuat beton mencapai kuat tekan yang baik, sedangkan penggunaan pasir laut sebagai agregat halus menyebabkan terjadinya penurunan kekuatan tekan, hal ini dapat diketahui dari semakin besar persentase pasir laut yang digunakan menyebabkan semakin besarnya penurunan kuat tekan beton. Hal ini berkemungkinan oleh beberapa hal:

- a. Pasir laut yang masuk dalam kategori agak halus sehingga daya ikat yang dihasilkan kurang baik
- b. Kandungan garam yang terkandung dalam pasir laut
- c. Pengaplikasian superplasticizer SIKA kurang memberikan dampak yang baik terhadap kuat tekan beton pada campuran pasir laut.

4.1.11 Pengujian kuat tarik belah

Untuk pengujian kuat tarik belah beton tidak jauh berbeda dengan pengujian kuat tekan silinder beton yang dilakukan dengan alat uji CTM (*Compression Testing Machine*). Namun letak berbeda dengan uji tarik belah yang posisi uji kuat

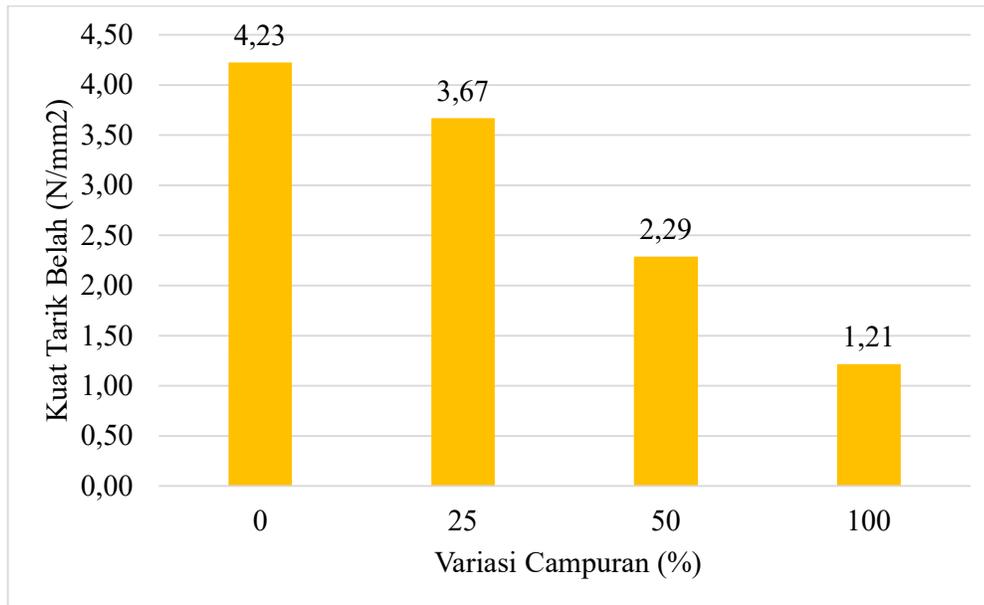
tekannya vertikal, maka posisi uji tarik belah adalah horizontal. Data yang diperoleh dalam uji tarik adalah beban maksimum dimana spesimen patahan. Kuat tarik beton dihitung dengan menggunakan Persamaan (2-3), berikut merupakan hasil pengujian kuat tarik belah beton.

Tabel 4.21 Tabel Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Variasi Campuran Beton	Kuat Tarik Belah (MPa)	Selisih Kuat Tarik Beton	
		MPa	%
0%	4,23	0	0
25%	3,67	0,56	13,26
50%	2,29	1,94	45,81
100%	1,21	3,01	71,26

(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Dari data pengujian pada Tabel 4. 21 dapat diketahui pada campuran variasi 0% memiliki kuat tarik belah beton lebih tinggi dibandingkan dengan persentase variasi campuran yang lainnya yaitu 4,23 MPa. Pada variasi campuran 25% pasir laut memiliki perbandingan lebih rendah 13,56% dibandingkan beton dengan variasi campuran 0% pasir laut. Begitu pula dengan variasi campuran 50% dan 100% memiliki perbandingan lebih rendah dibandingkan variasi campuran 0% yaitu 45,81% dan 71,26%. Untuk mengetahui lebih jelas perbandingan hasil uji kuat tarik belah beton dapat dilihat pada Gambar 4. 8.



Gambar 4.8 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton
(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

4.1.12 Pengujian kuat geser

Untuk pengujian kuat geser beton pada penelitian ini menggunakan alat Uji CTM (*Compression Testing Machine*) dengan ukuran benda uji 30 cm x 20cm x 7.5cm dengan bentuk *double L*. Dari pengujian kuat geser beton, maka didapat hasil data kuat geser dengan beberapa variasi campuran disajikan pada Tabel 4.22.

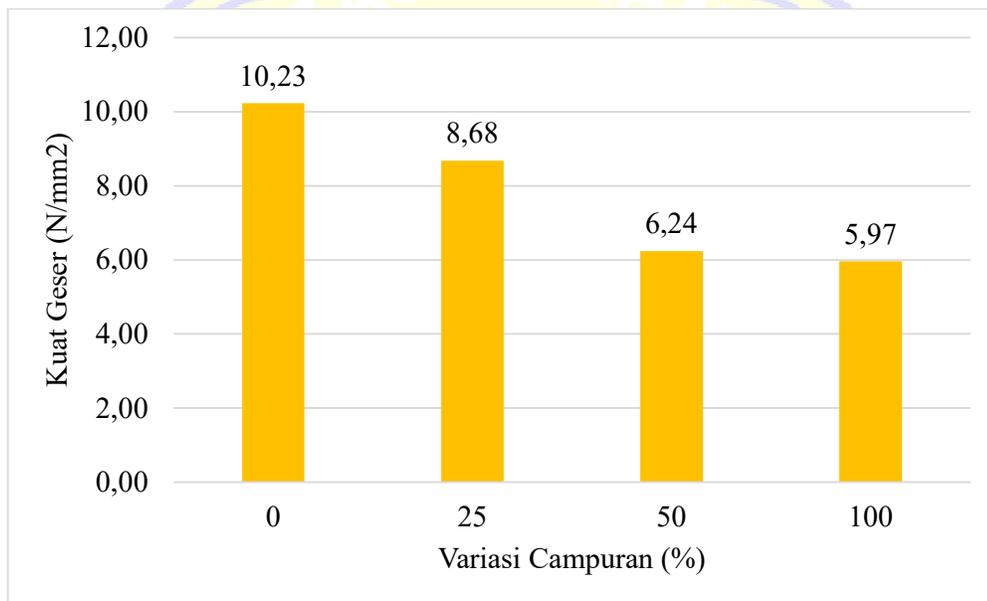
Tabel 4.22 Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser

Variasi Campuran Beton	Kuat Geser (MPa)	Selisih Kuat Geser Beton	
		MPa	%
0%	10,23	0	0
25%	8,68	1,55	15,14
50%	6,24	3,99	38,99
100%	5,97	4,26	41,65

(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Dari data hasil pengujian kuat geser pada Tabel 4. 22 dapat diketahui dari beberapa variasi campuran pasir laut untuk nilai tertinggi kuat geser didapatkan dari

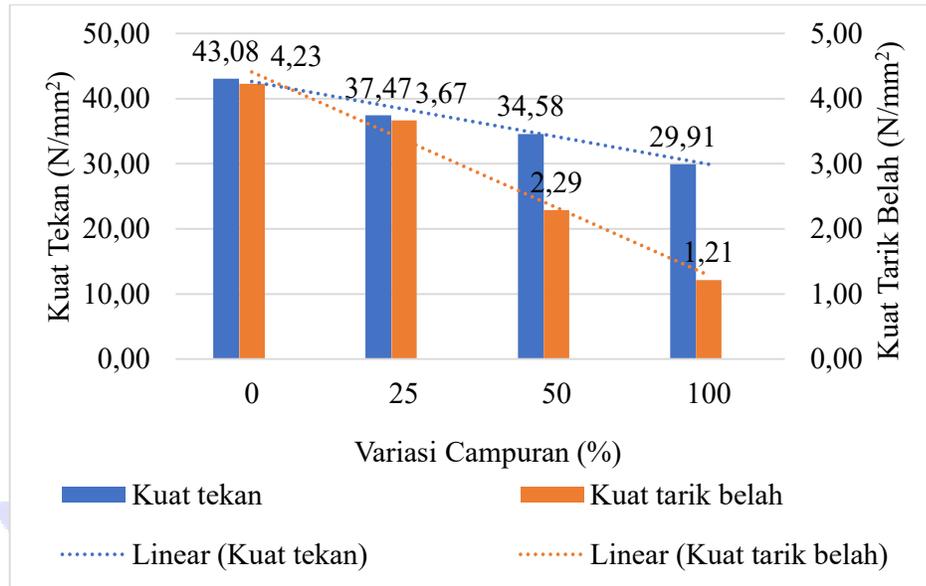
variasi campuran pasir laut 0% dengan nilai kuat geser yakni 10,23 MPa. Sedangkan nilai kuat geser berturut – turut dari variasi campuran 25%, 50% dan 100% memiliki kuat geser lebih rendah dibandingkan dengan variasi campuran 0% yaitu 8,68 MPa, 6,24 MPa dan 5,97 MPa. Dari tabel 4.22 dapat diketahui hasil perbandingan dari masing-masing variasi campuran tersebut yaitu pada variasi campuran 25% pasir laut didapat 15,14% lebih rendah dibandingkan dengan variasi campuran 0%, kemudian variasi campuran 50% pasir laut didapat 38,99% lebih rendah dibandingkan dengan variasi campuran 0%, dan variasi campuran 100% pasir laut didapat 41,65% lebih rendah dibandingkan dengan variasi campuran 0%. Berikut disajikan gambar grafik pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Grafik Hasil Pengujian Kuat Geser Beton
(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

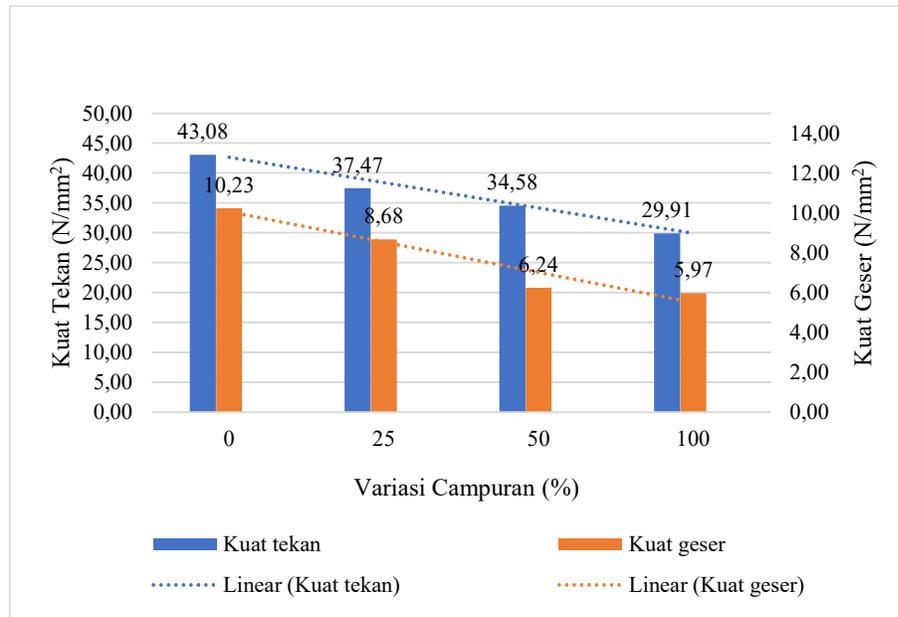
4.1.13 Gabungan nilai tekan dengan kuat tarik dan kuat geser

Untuk hubungan pengujian kuat tekan dengan kuat tarik dan kuat geser dimana bisa dilihat pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11



Gambar 4.10 Grafik Hubungan Kuat Tekan Dengan Kuat Tarik Beton
(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Dari hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah dapat dilihat pada Gambar 4.10, terlihat pada garis *trendline* kuat tekan tidak mengalami penurunan drastis berbeda dengan kuat tarik belah yang terlihat mengalami penurunan sangat drastis hal ini disebabkan pada permukaan butiran pasir sungai yang licin ketimbang permukaan pasir laut yang kasar sehingga hasil kuat tarik belahnya mengalami penurunan yang drastis dengan variasi campuran pasir laut.

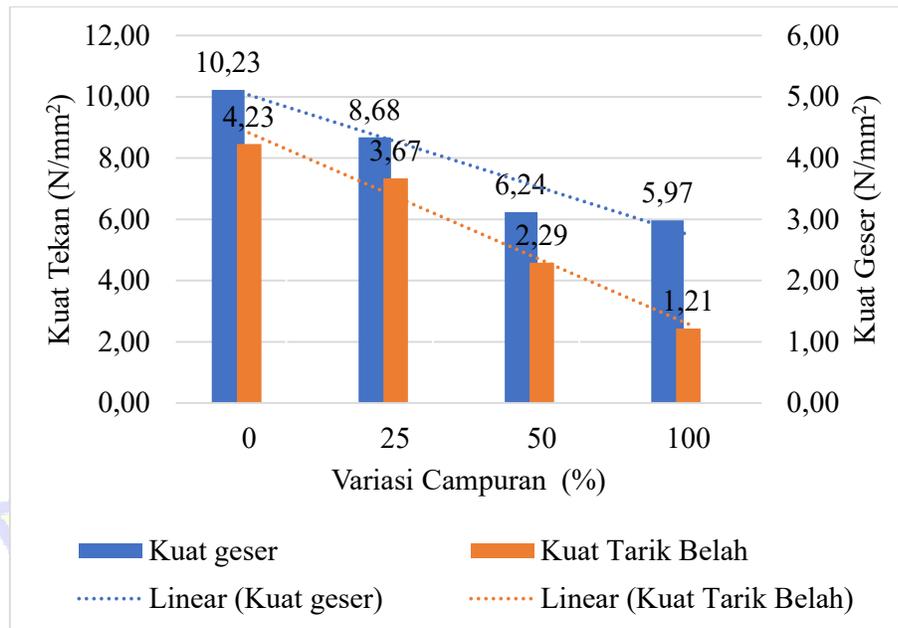


Gambar 4.11 Grafik Hubungan Kuat Tekan Dengan Kuat Geser Beton
(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Dari hasil pengujian kuat tekan dan kuat geser dapat dilihat pada Gambar 4.11, terlihat pada grafik gabungan diatas garis *trendline* kuat tekan tidak mengalami penurunan drastis berbeda dengan kuat geser yang terlihat mengalami penurunan sangat drastis hal ini disebabkan pada permukaan butiran pasir sungai yang licin ketimbang permukaan pasir laut yang kasar sehingga menghasilkan kuat gesernya mengalami penurunan *trendline* yang drastis dengan variasi campuran pasir laut.

4.1.14 Gabungan nilai kuat tarik dan kuat geser

Untuk gabungan hasil pengujian kuat tarik dengan kuat geser bisa dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Grafik Gabungan Kuat Geser Dengan Kuat Tarik Belah Beton
(Sumber: Hasil Penelitian Pribadi, 2024)

Dari hasil pengujian kuat geser dan kuat tarik belah yang telah disajikan Gambar 4. 12, terlihat pada grafik gabungan diatas pada garis *trendline* kuat tarik belah mengalami penurunan yang tidak terlalu drastis berbeda hal nya dengan kuat geser yang mengalami penurunan cukup drastis dimana hal ini disebabkan oleh permukaan butiran pasir sungai yang licin ketimbang permukaan pasir laut yang begitu kasar sehingga kuat geser yang dihasilkan juga mengalami penurunan yang drastis dengan variasi campuran pasir laut.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan:

- a. Pada penggunaan pasir laut sebagai agregat pengganti memiliki pengaruh yang cukup besar sehingga menghasilkan pengujian kuat tekan semakin menurun seiring bertambahnya persentase pasir laut yang digunakan pada campuran variasi mulai dari 0%, 25%, 50% dan 100% kuat tekan yang didapatkan yaitu 43,08 MPa, 37,47 MPa, 34,58 MPa dan 29,91 MPa
- b. Untuk penggunaan pasir laut sebagai agregat pengganti memiliki pengaruh yang cukup besar sehingga menghasilkan pengujian kuat tarik belah beton yang semakin menurun seiring bertambahnya persentase pasir laut yang digunakan pada campuran variasi mulai dari 0%, 25%, 50% dan 100% kuat tekan yang didapatkan yaitu 4,23 MPa, 3,67 MPa, 2,29 MPa dan 1,21 MPa
- c. Pada variasi campuran pasir laut 0%, 25%, 50% dan 100% didapatkan hasil uji kuat geser yaitu 10,23 MPa, 8,68 MPa, 6,24 MPa dan 5,97 MPa dari hasil pengujian kuat geser tersebut dapat diketahui semakin banyak persentase pasir laut yang digunakan maka semakin menurun pula hasil uji kuat geser.
- d. Dari grafik perbandingan antara kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat geser tersebut menunjukkan bahwa pada garis *trendline* dengan penurunan yang landai sampai penurunan drastis dengan kuat tekan lebih besar dibandingkan dengan kuat tarik belah beton dan kuat geser.

5.2 Saran

- a. Jika ingin melanjutkan ke penelitian selanjutnya, ada baiknya melakukan perbandingan persentase variasi campuran pasir laut dengan pasir alam. Ini dilakukan agar mendapatkan perbedaan hasil yang lebih spesifik, tetapi perlu diperhatikan untuk meminimalisir penggunaan pasir laut
- b. Untuk penggunaan pasir laut ini sebagai agregat halus pengganti pasir sungai tidak disarankan secara komersial atau umum, karena di dalam kandungan

pasir laut terdapat kandungan garam yang dapat merusak tulangan pada konstruksi, dan juga dikarenakan penggunaan pasir laut secara berlebihan dapat menyebabkan kerusakan ekosistem dilaut yang diambil pasirnya, ada baiknya perlu dilakukan pengujian pasir laut agar kadar garamnya 0%.

- c. Jika ingin melakukan penelitian seperti ini untuk jumlah variasi campurannya dapat ditentukan dengan menyesuaikan kebutuhan dalam penelitian tersebut.



DAFTAR PUSTAKA

- Angga, Rachmadi, T.R., Ryanti, E. (2022). *Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Agregat Halus Pasir Pantai Jawai dan Agregat Kasar Batu Pecah Di Kabupaten Sambas Kalimantan Barat.*
- Australian Standard AS 2758.1, (2009). *The Requirements of Concrete Aggregates.*
- Badan Standarisasi Nasional, (1989). SK SNI S 04-1989-F *Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam).*
- Badan Standarisasi Nasional, (1990). SNI 03-1968-1990 *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar.*
- Badan Standarisasi Nasional, (1990). SNI 03-1969-1990 *Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.*
- Badan Standarisasi Nasional, (1990). SNI 03-1970-1990 *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.*
- Badan Standarisasi Nasional, (1990). SNI 03-1971-1990 *Metode Pengujian Kadar Air Agregat.*
- Badan Standarisasi Nasional, (1996). SNI 03-4142-1996 *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200.*
- Badan Standarisasi Nasional, (1998). SNI 03-4804-1998 *Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara Dalam Agregat.*
- Badan Standarisasi Nasional, (2000). SNI 03-2834-2000 *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.*
- Badan Standarisasi Nasional, (2008). SNI 1972:2008 *Cara Uji Slump Beton.*
- Badan Standarisasi Nasional, (2008). SNI 2417:2008 *Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles.*
- Badan Standarisasi Nasional, (2011). SNI 1971:2011 *Cara Uji Kadar Air Total Agregat dengan Pengeringan.*
- Badan Standarisasi Nasional, (2011). SNI 1972:2011 *Cara Uji Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder.*
- Imran, Yunus, M, J, (2017). *Analisa Pasir Laut Terhadap Kuat Tekan Beton Menggunakan Pasir Laut Sebagai Agregat Halus Pada Beberapa Quarry Di Kabupaten Fakfak, 65-72. INTEK.*
- Indonesia, S. N, (2002). SNI 03 - 2491 - 2003. *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.*

- JSCE-E540, (1995). *Test Method For Shear Properties of Continuous Fiber Reinforcing Materials By Double Plane Shear*.
- Luga, E., Atis, C. D, (2016). *Strength Properties of Slag / Fly Ash Blends Activated with Sodium Metasilicate and Sodium Hydroxide+Silica Fume. Periodica Polytechnica Civil Engineering*.
- Mulyono, (2004). *Teknologi Beton (Edisi Kedua), Andy Offset, Yogyakarta*
- Mulya, Budi, Sangadji, S, (2020). *Jurnal Matriks Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret. Kajian Kuat Geser Langsung Beton Memadat Sendiri Dengan Kadar Fly Ash 50% Dan 60%*
- PBI, (1979). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan*.
- Rumingga, (2022). *Pengaruh Pemanfaatan Pasir Laut Sebagai Campuran Agregat Halus Pada Beton Normal, 52-55. Mataram*.
- Rixom, Maivaganam, (2003). *Tabel Kimia Superplasticizer*.
- Tata, A. (2019). *Sifat Mekanis Beton Dengan Campuran Pasir Pantai dan Air Laut. Universitas Khairun Ternate*.
- Tjokrodinuljo, (1996). *Teknologi Beton, Nafiri, Yogyakarta*.

