

TUGAS AKHIR
PENGARUH PENGGUNAAN PASIR PANTAI DAN BAHAN
TAMBAH KIMIA TERHADAP KUAT LENTUR BETON

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh

CHYNTIA SALSA NABILA

2107210079



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Chyntia Salsa Nabila

NPM : 2107210079

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai dan Bahan Tambah Kimia Terhadap Kuat Lentur Beton

Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk mempejfeh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Disetujui Untuk Disampaikan
Kepada Panitia Ujian
Dosen Pembimbing



Ir. Fahrizal Zulkarnain, Ph.D, IPM

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Chyntia Salsa Nabila

NPM : 2107210079

Prodi Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai dan Bahan Tambah Kimia
Terhadap Kuat Lentur Beton

Bidang ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 11 September 2025

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Ir. Fahrizal Zulkarnain, Ph.D, IPM

Dosen Pembanding I



Ade Faisal, ST, Msc, Ph.D

Dosen Pembanding II



Riski Efrida, ST, MT

Program Studi Teknik Sipil
Ketua,



Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Chyntia Salsa Nabila

Tempat/Tanggal Lahir : Sumber Padi / 8 Februari 2003

NPM : 2107210079

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil,

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai dan Bahan Tambah Kimia Terhadap Kuat Lentur Beton”,

bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan yang lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/keserjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 11 September 2025

Saya yang menyatakan,



Chyntia Salsa Nabila

ABSTRAK

PENGARUH PENGGUNAAN PASIR PANTAI DAN BAHAN TAMBAH KIMIA TERHADAP KUAT LENTUR BETON (Studi Penelitian)

Chyntia Salsa Nabila

2107210079

Ir. Fahrizal Zulkarnain, Ph.D, IPM

Penelitian ini dilatar belakangi oleh semakin terbatasnya ketersediaan pasir sungai sebagai agregat halus, sehingga diperlukan alternatif material yang ramah lingkungan, salah satunya pasir pantai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan pasir pantai dengan tambahan bahan kimia sika fume terhadap kuat lentur beton. Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan membuat benda uji beton berbentuk balok berukuran $15 \times 15 \times 60$ cm. Variasi campuran meliputi penggunaan pasir pantai sebesar 0%, 20%, 40%, dan 60% dari total agregat halus dengan penambahan sika fume sebesar 10% dari berat semen. Beton biasa (BN) memiliki rata-rata kekuatan lentur sebesar 2,46 MPa dan berfungsi sebagai standar perbandingan. Penggunaan Beton Pasir Pantai (BTTP) dengan proporsi 20% menunjukkan hasil kekuatan lentur tertinggi, mencapai 2,78 MPa, yang menunjukkan peningkatan jika dibandingkan dengan beton biasa. Namun, saat proporsi BTTP meningkat menjadi 40% dan 60%, angka kekuatan lentur mengalami penurunan menjadi 2,43 MPa dan 2,38 MPa, yang menunjukkan bahwa terlalu banyak penambahan pasir pantai dapat mengurangi kekuatan lentur. Sementara itu, kombinasi antara Beton Pasir Pantai dan Sikafume (BTTPS) memperlihatkan hasil yang baik, terutama pada komposisi 60% dengan nilai 2,67 MPa, yang melampaui beton biasa. BTTPS pada 40% juga menunjukkan hasil dengan angka 2,57 MPa, sedangkan BTTPS 20% menghasilkan nilai 2,45 MPa, sedikit di bawah beton biasa. Ini menunjukkan bahwa kombinasi antara pasir pantai dan Sikafume mampu meningkatkan kekuatan lentur beton secara signifikan jika proporsinya tepat. Di sisi lain, penggunaan Beton Sikafume (BSF) dengan persentase 5% menunjukkan angka kekuatan lentur terendah, yaitu 1,80 MPa, yang jauh di bawah beton biasa dan variasi lainnya.

Kata kunci : Beton, Pasir pantai, sikafume, slump test, Kuat lentur.

ABSTRACT

THE EFFECT OF USING MARINE SAND AND CHEMICAL ADDITIVES ON THE FLEXURAL STRENGTH OF CONCRETE

(Studi Penelitian)

Chyntia Salsa Nabila

2107210079

Ir. Fahrizal Zulkarnain, Ph.D, IPM

This research was motivated by the decreasing availability of river sand as fine aggregate, thus requiring an environmentally friendly alternative material, one of which is marine sand. The objective of this study is to investigate the effect of using marine sand with the addition of sika fume on the flexural strength of concrete. The method used was a laboratory experiment by preparing beam-shaped specimens measuring 15 × 15 × 60 cm. The mixture variations included the replacement of fine aggregate with marine sand at 0%, 20%, 40%, and 60%, combined with sika fume at 10% of cement weight. The test results show that normal concrete (BN) had an average flexural strength of 2.46 MPa and served as the control. Marine Sand Concrete (BTPP) with 20% substitution achieved the highest flexural strength of 2.78 MPa, exceeding normal concrete. However, at 40% and 60% substitution, the flexural strength decreased to 2.43 MPa and 2.38 MPa, respectively. The combination of Marine Sand Concrete with sika fume (BTPPS) produced favorable results, particularly at 60% substitution with a flexural strength of 2.67 MPa, which surpassed normal concrete. BTPPS at 40% reached 2.57 MPa, while BTPPS at 20% produced 2.45 MPa. On the other hand, Sika Fume Concrete (BSF) with 5% addition showed the lowest strength of 1.80 MPa. These findings indicate that the use of marine sand as a partial replacement for fine aggregate can improve the flexural strength of concrete, especially when combined with sika fume at the appropriate proportion.

Keywords: Concrete, Marine Sand, Sika Fume, Slump Test, Flexural Strength.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai dan Bahan Tambah Kimia Terhadap Kuat Lentur Beton” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan. Banyak pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Ir. Fahrizal Zulkarnain, Ph.D, IPM selaku dosen pembimbing I dan penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ade Faisal ST, M.Sc, Ph.D. Selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D Selaku Kepala Prodi Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
4. Ibu Rizki Efrida, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing II sekaligus Sekretaris Program Program Studi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansuri Siregar, ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu teknik sipil kepada penulis.
7. Orang Tua penulis : Jelly Istanto dan Riyan Novita, yang selalu memberikan doa dan semangat kepada penulis selama menimba ilmu di Fakultas Teknik UMSU.

8. Kakak Penulis Adinda Saraswati, dan Adik penulis Billy Septian Syahputra yang telah memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Aministrasi di biro Fakultas Teknik, Universitas Muammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-sahabat seperjuangan Leonaldi Nasution, Yogi Firanda Marpaung, Fadly Rambe, Ranto Pakpahan, Muhammad Gempar Almandili, Ryan Desky, Faisal Ahmad dan Keluarga Besar Teknik Sipil B1 Pagi yang tidal mungkin disebut satu-persatu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 11 September 2025

Chyntia Salsa nabila

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	54
1.1 Latar Belakang	54
1.2 Rumusan Masalah	55
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	55
1.4 Tujuan Penelitian	56
1.5 Manfaat Penelitian	56
1.6 Sistematika Penelitian	56
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	58
2.1 Pengertian Beton	58
2.2 Material Penyusun Beton	59
2.2.1 Semen Portland	59
2.2.2 Air	61
2.2.3 Agregat Kasar	61
2.2.4 Agregat halus	62
2.3 Berat Jenis Beton	63
2.4 Pasir Pantai	64
2.5 Sica Fume	65
2.6 Kuat Lentur	66
2.7 Penelitian Terdahulu	68
BAB 3 METODE PENELITIAN	72
3.1 Metode Penelitian	72
3.2 Tahapan Penelitian	73
3.3 Bahan dan Peralatan	77

3.3.1 Bahan	77
3.3.2 Peralatan	77
3.4 Jumlah Benda Uji	78
3.5 Persiapan Penelitian	79
3.6 Pemeriksaan Agregat	80
3.6.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	80
3.6.2 Analisa Gradasi	80
3.6.3 Kadar Lumpur	81
3.6.4 Berat Isi Agregat	81
3.6.5 Kadar Air Agregat	82
3.7 Pasir Pantai	82
3.8 Sikafume	82
3.10 Pembuatan Benda Uji	83
3.11 Pemeriksaan Slump Test	84
3.12 Perawatan (Curing)	84
3.13 Pengujian Kuat Lentur	85
BAB 4 HASIL PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
4.1 Tinjauan Umum	Error! Bookmark not defined.
4.2 Pemeriksaan Agregat Halus	Error! Bookmark not defined.
4.2.1 Analisa Saringan Agregat Halus	Error! Bookmark not defined.
4.2.2 Kadar Air Agregat Halus	Error! Bookmark not defined.
4.2.3 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	Error! Bookmark not defined.
not defined.	
4.2.4 Berat Isi Agregat Halus	Error! Bookmark not defined.
4.2.5 Kadar Lumpur Agregat Halus	Error! Bookmark not defined.
4.3 Pemeriksaan Agregat Kasar	Error! Bookmark not defined.
4.3.1 Analisa Saringan Agregat Kasar	Error! Bookmark not defined.
4.3.2 Kadar Air Agregat Kasar	Error! Bookmark not defined.
4.3.3 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	Error! Bookmark not defined.
not defined.	
4.3.4 Berat Isi Agregat Kasar	Error! Bookmark not defined.
4.3.5 Kadar Lumpur Agregat Kasar	Error! Bookmark not defined.
4.4 PERENCANAAN CAMPURAN BETON	Error! Bookmark not defined.
defined.	
4.4.1 Langkah Perhitungan	Error! Bookmark not defined.

4.5 Kebutuhan Bahan	Error! Bookmark not defined.
4.6 Pengujian slump	Error! Bookmark not defined.
4.7 Pengujian Kuat Lentur Beton	Error! Bookmark not defined.
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	Error! Bookmark not defined.2
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Unsur-unsur pokok penyusun semen portland	60
Tabel 2. 2 Empat unsur kimia yang paling penting dalam semen Portland	60
Tabel 2. 3 Gradasi butir agregat halus	63
Tabel 2. 4 Menjelaskan mengenai berat jenis beton (SNI 2847:2013 2013)	63
Tabel 2. 5 Penelitian Terdahulu	68
Tabel 3. 1 Jumlah benda uji untuk campuran pasir pantai dan sika fume	79
Tabel 4. 1 Hasil pengujian analisa saringan agregat halus	
Error! Bookmark not defined.	
Tabel 4. 2 Hasil pengujian kadar air agregat halus	
Error! Bookmark not defined.	
Tabel 4. 3 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus	
Error! Bookmark not defined.	
Tabel 4. 4 Hasil perhitungan berat isi agregat halus	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 5 Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 6 Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 7 Hasil pengujian kadar air agregat halus	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 8 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat Kasar	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 9 Hasil perhitungan berat isi agregat halus	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 10 Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 11 Data kebutuhan Mix Design	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 12 Perkiraan kebutuhan air pencampuran dan kadar udara	Error! Bookmark not defined.

Tabel 4. 13 Hubungan antara rasio air-semen (w/c) atau rasio air	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 14 Volume agregat kasar per satuan volume beton	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 15 Perkiraan awal berat beton segar	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 16 Perbandingan campuran beton dengan dua cara	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 17 Kebutuhan bahan berbagai variasi campuran	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 18 Pengujian Kuat Lentur Beton	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pemodelan Kuat Tarik Lentur	66
Gambar 2. 2 Balok patah pada 1/3 bentang tengah	67
Gambar 2. 3 Balok yang patah di luar 1/3 bentang tengah dan garis patah	67
Gambar 2. 4 Balok yang patah di luar 1/3 bentang tengah dan garis patah	68
Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian	76
Gambar 3. 2 Benda uji balok beton	83
Gambar 4. 1 Gambar diagram nilai pengujian slump	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 2 Gambar diagram pengujian kuat lentur	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR NOTASI

P	= Gaya Tekan Aksial (N)
σ	= Kuat Tekan Beton (Mpa)
V	= Volume
FM	= Modulus Kehalusan
W_h	= Perkiraan Jumlah Air Untuk Agregat Halus
W_k	= Perkiraan Jumlah Air Untuk Agregat Kasar
f_{lt}	= kuat lentur beton (kg/cm^2)
P	= beban maksimal (kg)
L	= panjang bentang balok (cm)
b	= tebal balok (cm)
d	= tinggi balok (cm)
BN	= Beton Normal
BTTP 20%	= Beton Dengan Pasir Pantai 20%
BTTP 40%	= Beton Dengan Pasir Pantai 40%
BTTP 60%	= Beton Dengan Pasir Pantai 60%

BTTPS 20% = Beton Dengan Pasir Pantai dan *Sikafume* 20%
BTTPS 40% = Beton Dengan Pasir Pantai dan *Sikafume* 40%
BTTPS 60% = Beton Dengan Pasir Pantai dan *Sikafume* 60%
BSF 5% = Beton Dengan *Sikafume* 5%

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran L- 1 Agregat Halus	Error! Bookmark not defined.
Lampiran L- 2 Agregat Kasar	Error! Bookmark not defined.
Lampiran L- 3 Semen PCC	Error! Bookmark not defined.
Lampiran L- 4 Pasir pantai	Error! Bookmark not defined.
Lampiran L- 5 Pengujian Agregat	Error! Bookmark not defined.
Lampiran L- 6 Pembuatan Beton	Error! Bookmark not defined.
Lampiran L- 7 Beton Pasir Pantai	Error! Bookmark not defined.
Lampiran L- 8 Pengrojokan beton	Error! Bookmark not defined.
Lampiran L- 9 Pengujian slump	Error! Bookmark not defined.
Lampiran L- 10 Penimbangan beton	Error! Bookmark not defined.
Lampiran L- 11 Pengujian Kuat Lentur	Error! Bookmark not defined.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan suatu material yang terdiri dari campuran semen, air, agregat (kasar dan halus) dan bahan tambahan bila diperlukan. Beton yang banyak dipakai pada saat ini yaitu beton normal. Menurut SNI 032834-2000 beton normal memiliki berat 2200-2500 kg/m³ dengan menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah. Beton merupakan bahan dari campuran antara Portland cement, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dengan tambahan adanya ronggarongga udara. Campuran bahan-bahan pembentuk beton harus ditetapkan sedemikian rupa, sehingga menghasilkan beton basah yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis (Dady 2015).

Kebutuhan Beton di dalam konstruksi sangat besar, terutama beton yang memiliki kekuatan lentur yang tinggi. Beton yang digunakan karena memiliki kelebihan antara lain mudah dibentuk sesuai dengan yang direncanakan, bahan baku atau material penyusun beton mudah didapat, tahan lama, tahan terhadap api dan beton merupakan struktur yang memiliki kuat lentur besar. Disisi lain, beton juga memiliki beberapa kelemahan, antara lain kekuatan tarik dan lenturnya yang rendah dan bersifat getas (brittle) sehingga pemakaiannya menjadi terbatas.

Semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi maka semakin banyak pula penelitian yang dilakukan untuk memperbaiki kelemahan dari sifat – sifat beton mulai dari segi kekuatannya, daya tahan, keawetan, kemudahan pengerjaannya bahkan sampai pada upaya untuk membuat beton yang lebih ringan tetapi mempunyai kekuatan yang tinggi. Salah satu usaha untuk melakukan peningkatan mutu dan kekuatan beton diantaranya dengan menambahkan zat aditif atau dengan menambahkan serat alam ke dalam campuran beton (Alfi, 2013).

Beton Mutu Tinggi kadang-kadang disebut dengan nama lain yaitu beton kinerja-tinggi karena memiliki sifat-sifat yang lebih unggul dibandingkan dengan beton normal. Adapun keunggulan beton mutu tinggi dibandingkan dengan beton normal antara lain kekuatan tekannya yang tinggi sehingga dimensi dari elemen struktur dapat menjadi lebih ramping. Beton Mutu Tinggi sudah banyak

diaplikasikan dalam berbagai ragam struktur, seperti gedung bertingkat, jembatan dengan bentang yang panjang, bendungan, apron, dermaga, silo, cerobong, terowongan, dan lain sebagainya (Sumajouw dkk., 2014).

Dalam penelitian ini, dilakukan penggantian pasir sungai dengan pasir pantai sebesar 20%, 40%, dan 60%. Adapun pemilihan variasi ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana proporsi pasir pantai dapat digunakan tanpa menurunkan kualitas beton secara signifikan. Variasi 20% digunakan untuk melihat pengaruh minimum terhadap perubahan sifat beton, sementara 40% dan 60% digunakan untuk melihat batas maksimum penggunaan pasir pantai yang masih memungkinkan beton untuk mempertahankan atau bahkan meningkatkan kuat lenturnya. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan proporsi optimal yang memberikan keseimbangan antara performa mekanis dan pemanfaatan material lokal.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini dicoba untuk mengambil permasalahan mengenai pengaruh penggunaan pasir pantai sebagai pengganti agregat halus dan cairan sikafume sebagai bahan tambah terhadap kuat lentur beton. Beberapa permasalahan yang muncul antara lain :

1. Apakah pemakaian pasir pantai dengan variasi 20%, 40%, dan 60% dapat mempengaruhi kuat lentur pada beton?
2. Bagaimana perbandingan antara beton normal dan beton yang menggunakan sebagian pasir pantai dan sika fume pada uji kuat lentur?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat maka ruang lingkup penelitian diberi batasan penelitian yang dikaji pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
2. Metode perencanaan menggunakan SNI (Standar Nasional Indonesia)
3. Penelitian ini meninjau kuat lentur

4. Persentase pasir pantai yang digunakan pada penelitian ini adalah 20%, 40%, dan 60% dari berat agregat halus yang digunakan dan benda uji masing- masing variasi sebanyak 3 (tiga) buah.
5. Persentase sika fume yang digunakan dalam penelitian ini adalah 5% dari berat semen sebagai bahan tambah kimia pada campuran beton.
6. Jumlah seluruh benda uji 21 buah.
7. Benda uji berupa balok beton dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm.
8. Umur beton yang diuji adalah 28 hari.
9. Kuat Lentur rencana adalah 3 Mpa.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan sebagian pasir pantai dengan variasi 20%, 40%, dan 60% pada kuat lentur beton
2. Untuk mengetahui perbandingan antara beton normal dan beton yang menggunakan campuran pasir pantai sika fume pada uji kuat lentur beton.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk memenuhi persyaratan tugas akhir dan dapat memberikan kontribusi dalam bidang praktisi akademik, ilmu pengetahuan dalam bidang kontruksi dengan membuat variasi campuran Sika fume, dan pasir pantai sebagai pengganti material semen sehingga dapat membuat beton yang lebih variatif namun tidak mengurangi kekuatan beton tersebut.

1.6 Sistematika Penelitian

Dalam penyusunan skripsi ini penulis membagi beberapa materi yang akan disampaikan kedalam beberapa bab, yakni :

Bab 1 Pendahuluan

Dalam bab ini diuraikan mengenai latar belakang, perumusan masalah, batasan penelitian, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penelitian.

Bab 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini berusaha menguraikan dan membahas bahan bacaan yang relevan dengan pokok bahasan studi, sebagai dasar untuk mengkaji permasalahan yang ada dan menyiapkan landasan teori.

Bab 3 Metodologi Penelitian

Bab ini menguraikan tentang tahapan penelitian, pelaksanaan penelitian, teknik pengumpulan data, peralatan penelitian, jenis data yang diperlukan, pengambilan data, dan analisis data.

Bab 4 Hasil Dan Pembahasan

Bab ini berisikan tentang hasil penelitian, permasalahan dan pemecahan masalah selama penelitian.

Bab 5 Analisa Dan Pembahasan

Bab ini berisikan kesimpulan yang diperoleh dari analisa yang telah dilakukan dan juga saran-saran dari penulis.

BAB 2

TIANJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain lain. Beton merupakan satu kesatuan yang homogen. Beton ini didapatkan dengan cara mencampur agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), atau jenis agregat lain dan air, dengan semen portland atau semen hidrolik yang lain, kadang-kadang dengan bahan tambahan (additif) yang bersifat kimiawi ataupun fisikal pada perbandingan tertentu, sampai menjadi satu kesatuan yang homogen. Campuran tersebut akan mengeras seperti batuan. Pengerasan terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara semen dengan air. Beton merupakan bahan dari campuran antara Portland cement, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dengan tambahan adanya rongga-rongga udara. Campuran bahan-bahan pembentuk beton harus ditetapkan sedemikian rupa, sehingga menghasilkan beton basah yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatan tekan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis.

Beton yang banyak dipakai pada saat ini yaitu beton normal. Beton normal ialah beton yang mempunyai berat isi 2200–2500 kg/m³ dengan menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah. Beton normal dengan kualitas yang baik yaitu beton yang mampu menahan kuat desak/hancur yang diberi beban berupa tekanan dengan dipengaruhi oleh bahan-bahan pembentuk, kemudahan pengerjaan (workability), faktor air semen (F.A.S) dan zat tambahan (admixture)

Beton dapat diklasifikasikan berdasarkan berat jenisnya (SNI 03-2847-2002), yaitu:

1. Beton Ringan

Beton ringan Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan pun merupakan agregat ringan juga. Agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil dari pembakaran shale, lempung, slates, residu slag, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis

agregat ringan sekitar 1900 kg/m^3 atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar antara 1440 kg/m^3 1850 kg/m^3 , dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari 17,2 MPa.

2. Beton normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan batu pecah sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara 2200 kg/m^3 2400 kg/m^3 dengan kuat tekan sekitar 15 40 MPa.

3. Beton Berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m^3 . Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar.

2.2 Material Penyusun Beton

Beton merupakan bahan bangunan yang terdiri dari semen, air dan agregat campuran (halus dan kasar) ataupun juga bisa dengan menambahkan bahan tambahan (admixture) dalam perbandingan tertentu. Bahan penyusun beton yang baik dapat menghasilkan kualitas beton yang baik pula.

2.2.1 Semen Portland

Menurut SNI 15-2049-2004 semen Portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen Portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling Bersama-bersama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Jenis semen ini merupakan semen hidraulis yang mana semen ini akan bereaksi dengan air dan mengalami reaksi kimia yang kemudian dapat merekatkan butir-butir agregat. Istilah semen Portland berasal dari Joseph Aspdin dari Leeds pada tahun 1824. Istilah ini dibuatkan untuk menerangkan suatu paten dari semen yang dibuat dengan cara memanaskan campuran tanah liat halus dengan kapur di dalam suatu tungku sampai pada suhu tertentu yang cukup tinggi untuk membuang

seluruh karbon dioksida. Penyebab semen ini disebut dengan nama semen Portland karena beton yang dihasilkan menyerupai batu Portland.

Menurut Neville (1975) semen Portland memiliki unsur-unsur pokok penyusun semen tersebut. Berikut unsur-unsur pokok penyusun semen Portland yang dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1: Unsur-unsur pokok penyusun semen portland (Neville, 1975).

Oksida	Presentase
Kapur, CaO	60 – 25
Silika, SiO	17 – 25
Alumina, Al O	3 – 8
Besi, FE O	0,5 – 6
Magnesia, MgO	0,5 – 4
Sulfur, SO	1 – 2
Soda / Potash, Na O + K O	0,5 – 1

Akan tetapi pada dasarnya terdapat 4 unsur kimia yang paling penting dalam semen Portland. Empat unsur kimia tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2: Empat unsur kimia yang paling penting dalam semen Portland (Neville, 1975).

Nama Unsur	Komposisi Kimia	Simbol
Trikalsium Silikat	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S
Dikalsium Silikat	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S
Trikalsium Aluminat	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A
Tetrakalsium Aluminoforit	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_n\text{Fe}_{2-n}\text{O}_3$	C_4AF

Menurut SNI 15-2049-2004 tentang semen Portland, semen Portland dibagi menjadi 5 jenis yaitu sebagai berikut:

1. Semen Portland tipe I adalah semen Portland untuk penggunaan umum tanpa persyaratan khusus.
2. Semen Portland tipe II adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang.
3. Semen Portland tipe III adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Semen Portland tipe IV adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
5. Semen Portland tipe V adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.(Simanjuntak. dkk., 2021).

2.2.2 Air

Fungsi air dalam beton yaitu sebagai bahan penghidrasi semen, agar semen bisa berfungsi sebagai bahan pengikat, serta air berfungsi sebagai bahan pelumas, yaitu mempermudah proses pencampuran agregat dan semen serta mempermudah pelaksanaan pengecoran beton (workability). Beberapa hal yang disebabkan oleh penggunaan air yang mengandung kotoran dalam campuran adukan beton yaitu : (Tjokrodimulyo 1996)

- a) Gangguan pada kekuatan dan ketahanan.
- b) Gangguan pada hidrasi dan pengikatan.
- c) Korosi pada tulangan baja maupun kehancuran beton.
- d) Perubahan volume yang dapat menyebabkan keretakan.
- e) Bercak-bercak pada permukaan beton.

2.2.3 Agregat Kasar

Menurut SNI 03-2834-2000 agregat kasar merupakan kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industry pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm.

Agregat Kasar Sifat-sifat agregat sangat berpengaruh pada mutu campuran beton. Untuk menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan seperti yang diinginkan sifat-sifat ini harus diketahui dan dipelajari agar kita dapat mengambil tindakan yang positif dalam mengatasi masalah-masalah yang timbul. Adapun sifat-sifat agregat tersebut yaitu :

- a) Agregat kasar harus terdiri dari butiran yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang butirannya pipih hanya dapat dipakai jika jumlah butir-butir pipihnya tidak melampaui 20% berat agregat seluruhnya.
- b) Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dalam berat keringnya. Bila melampaui maka harus dicuci.
- c) Agregat kasar tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak beton seperti zat yang relatif alkali.
- d) Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil alam dari batu pecah.
- e) Agregat kasar harus lewat tes kekerasan dengan bejana penguji Rudeloff dengan beban uji 20 ton.
- f) Kadar bagian yang lemah jika diuji dengan goresan batang tembaga maksimum 5%.
- g) Angka kehalusan (Fineness Modulus) untuk Course Aggregate antara 67,5 gradasi/distribusi butir.

2.2.4 Agregat halus

Menurut SNI 03-3834-2000 agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industry pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm.

Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil disentrigrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat pemecah batu. Agregat ini berukuran 0,063 mm – 4,76 mm yang meliputi pasir kasar (coarse sand) dan pasir halus (fine sand). Analisa saringan akan memperlihatkan jenis dari agregat halus tersebut. Melalui analisa saringan maka akan diperoleh nilai atau angka modulus kehalusan (Fine Modulus). Melalui Fine Modulus, maka pasir dapat digolongkan menjadi 3 jenis pasir yaitu :

- a) Pasir kasar : $2,9 < FM < 3,2$

- b) Pasir sedang : $2,6 < FM < 2,9$
- c) Pasir halus : $2,2 < FM < 2,6$

Tabel 2.3: Gradasi butir agregat halus.

Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	Daerah I (Pasir Halus)	Daerah II (Pasir Agak Halus)	Daerah III (Pasir Agak Kasar)	Daerah IV (Pasir Kasar)
9,5	100	100	100	100
4,75	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,36	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,18	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,60	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,30	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

2.3 Berat Jenis Beton

Berat jenis beton merupakan salah satu parameter penting dalam perencanaan dan pelaksanaan konstruksi. Istilah ini merujuk pada perbandingan antara massa beton dengan volume yang ditempati. Secara umum, berat jenis beton normal berkisar antara $2.200 - 2.500 \text{ kg/m}^3$, tergantung pada jenis agregat, komposisi campuran, serta kadar air yang digunakan.

Tabel 2.4 Berat jenis beton (SNI 2847:2013 2013)

Jenis Beton	Berat Jenis	Pemakaian
Beton Sangat Ringan	$< 1,00$	Non Struktur
Beton Ringan	$1,00 - 2,00$	Struktur Ringan
Beton Normal	$2,30 - 2,40$	Struktur
Beton Berat	$>3,001$	Perisai Sinar X

2.4 Pasir Pantai

Daerah pantai merupakan daerah yang kaya akan pasir, namun demikian pasir jenis ini tidak dianjurkan untuk digunakan sebagai bahan pembuatan beton. Hal ini disebabkan sifat pasir pantai yang mengikat kandungan air dari udara yang berakibat kelembaban pada beton, partikel pasir yang halus, dan kandungan garam yang bisa merusak beton. Untuk daerah yang banyak memiliki tambang pasir selain pasir pantai, adalah bukan suatu masalah dalam menyediakan sarana dan prasarana fisik untuk kebutuhan masyarakatnya, dimana dalam pelaksanaan pembangunan sarana dan prasarana tersebut sebagian besar komponen bangunan terbuat dari beton.

Beton biasanya dikembangkan menggunakan pasir sungai sebagai agregat halus. Dalam pekerjaan ini, beton grade M 30 telah dikembangkan dengan proporsi campuran 1:1.22:2.54 dengan rasio air semen 0.42. Dalam proporsi ini, 1.22 bagian agregat halus sebagian diganti dengan pasir laut. Spesimen beton dicetak dengan 10%, 20%, 30% dan 40% pasir laut menggantikan agregat halus. Berbagai pengujian seperti kekuatan tekan aksial, kekuatan tarik belah dan kekuatan lentur telah dilakukan pada beton yang telah mengeras setelah 7, 14 dan 28 hari perawatan dan hasilnya ditabulasi. Dari hasil pengujian, kekuatan tekan, kekuatan tarik belah dan kekuatan lentur memuaskan hingga 30% penggantian pasir laut. Dengan 30% penggantian pasir laut, mikro silika telah ditambahkan sebagai admixture untuk meningkatkan kekuatan lebih lanjut (Karthikeyan dan Nagarajan, 2015).

Apabila karakteristik butiran pasir laut distabilisasi (diatasi dengan suatu cara atau metode) serta kandungan garam-garamnya direduksi atau apabila pasir laut memiliki karakteristik butiran yang kasar dengan gradasi yang bervariasi serta memiliki kandungan garam-garaman yang tidak melebihi batas yang ditetapkan, maka pasir laut dapat digunakan sebagai komponen struktural beton dan menjadi alternatif yang baik untuk mengatasi keterbatasan material agregat halus di quarry (tempat penambangan) lain. Untuk memperbaiki karakteristik kualitas beton yang menggunakan pasir laut, dengan menggunakan perlakuan (treatment) yaitu mencuci pasir laut dengan air tawar (Fuad dkk., 2015).

Garam ini menyerap air dari udara dan mengakibatkan pasir terlalu agak basah karena itu biasa mengakibatkan penambahan volume bila dipakai pada

bangunan. British Code Code CP 110 : 1972 memberikan batasan maksimal kandungan garam NaCl (Natrium Chloride) dari agregat laut sebesar 1% dari berat semen yang digunakan, bahkan untuk penggunaan semen alumina atau beton prategang hanya 0,1%. Hal ini disebabkan oleh adanya kandungan garam yang ada pada pasir bila berhubungan dengan udara akan menimbulkan senyawa kimia yang kurang baik terhadap beton (Kandi dkk., 2012). Akan tetapi pasir ini dapat digunakan sebagai campuran pembuatan beton dengan perilaku yang khusus, yaitu dengan cara mencuci pasir terlebih dahulu supaya kandungan garamnya berkurang atau menghilang. (Rifki dkk., 2023).

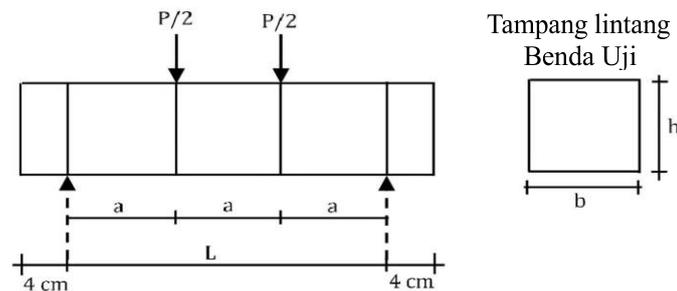
2.5 Silica Fume

Silica Fume adalah bahan hasil produksi sampingan dari reduksi kuarsa murni (SiO_2) dengan batu bara ditanur listrik dalam pembuatan campuran silikon dan ferro silikon (ASTM.C.1240, 2003). Silica Fume mengandung kadar SiO_2 yang cukup tinggi. Penambahan Silica Fume dalam jumlah tertentu ke dalam campuran beton dapat menggantikan jumlah semen dan juga berperan sebagai pengisi dari partikel partikel semen, sehingga distribusi porositas beton menjadi kecil, kedapatan beton bertambah dan meningkatkan kekuatan beton. Silica Fume dimasukkan ke dalam campuran beton dengan jumlah yang sedikit, akan memberikan pengaruh yang besar sesuai dengan tujuan dan fungsi pemberian bahan tambah ini. Dengan demikian tingkat pengawasan harus teliti, hal ini untuk menjamin agar tidak terjadi kelebihan dosis sehingga menimbulkan akibat yang jelek seperti penurunan kekuatan atau sifat-sifat yang lain (Zulkarnain dkk., 2021)

Ukuran silika fume ini lebih halus dari pada asap rokok. Silikafume berbentuk seperti fly ash tetapi ukurannya lebih kecil sekitar seratus kali lipatnya. SF bisa didapat dalam bentuk bubuk, dipadatkan atau cairan yang dicampur dengan air 50%. Berat jenisnya sekitar 2,20 tetapi bulk density hanya 200-300 kg/m^3 . Specific surface area sangat besar, yaitu 15-25 m^2/g . SF bisa dipakai sebagai pengganti sebagian semen, meskipun tidak ekonomis. Kedua sebagai bahan tambahan untuk memperbaiki sifat beton, baik beton segar maupun beton keras. (Zulkarnain 2021)

2.6 Kuat Lentur

Kuat lentur beton adalah nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang benda uji. Prosedur pengujian kuat lentur beton dilakukan dengan mengikuti standar SNI 03-1027-2006, benda uji berbentuk balok biasanya dipakai untuk mengukur kuat lentur, dimana suatu beban diterapkan lewat dua buah rol dititik sepertiga dari bentang sampai benda uji pecah.



Gambar 2.1: Pemodelan kuat tarik lentur.

Keterangan:

a = Jarak bebas minimum (75 mm)

b = batang besi

c = bola baja

d = batang penahan

L = panjang bentang benda uji

Kuat lentur pada dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$f_{lt} = \frac{P.L}{b.d^2} \quad (2.1)$$

Dimana :

f_{lt} = kuat lentur beton (kg/cm²)

P = beban maksimal (kg)

L = panjang bentang balok (cm)

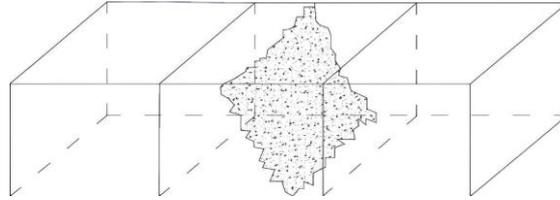
b = tebal balok (cm)

d = tinggi balok (cm)

Rumus-rumus perhitungan yang digunakan dalam metode pengujian kuat lentur beton dengan 2 titik pembebanan adalah sebagai berikut:

1. Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada di daerah pusat pada 1/3 jarak titik perletakan pada bagian tarik dari beton seperti Gambar 2.2 , maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan:

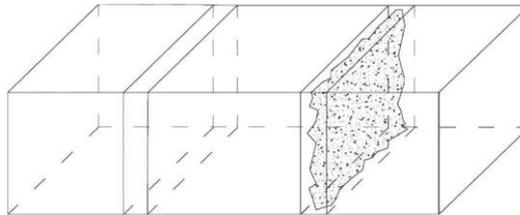
$$\sigma l = \frac{P.L}{b.h^2} \quad (2.2)$$



Gambar 2.2: Balok patah pada 1/3 bentang tengah.

2. Untuk Pengujian dimana patahnya benda uji ada di luar pusat (diluar daerah 1/3 jarak titik perletakan) di bagian tarik beton, dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari panjang titik perletakan seperti Gambar 3.4, maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan:

$$\sigma l = \frac{3 P.a}{b.h^2} \quad (2.3)$$



Gambar 2.3: Balok yang patah di luar 1/3 bentang tengah dan garis patah pada kurang dari 5% dari bentang tengah.

Dengan :

σl : Kuat lentur benda uji (Mpa)

P : Beban tertinggi yang dilanjutkan oleh mesin uji (pembacaan dalam ton sampai 3 angka dibelakang koma)

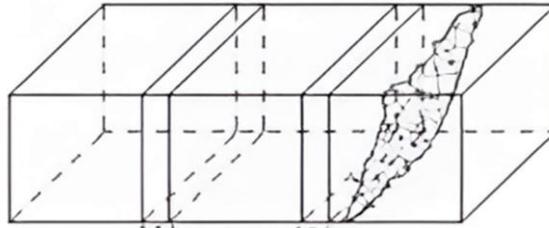
L : Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)

b : Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h : Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

a : Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sisi titik dari bentang (m).

Untuk benda uji yang patahnya di luar 1/3 lebar pusat pada bagian tarik beton dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah lebih dari 5% bentang, hasil pengujian tidak dipergunakan.



Gambar 2.4: Balok yang patah di luar 1/3 bentang tengah dan garis patah pada kurang dari 5% dari bentang tengah (Alwie dkk., 2020).

Kuat lentur terjadi akibat peregangan dikarenakan adanya beban luar. Jika beban pada balok terjadi penambahan maka berakibat retak pada bentang balok. Maka dari itu uji lentur beton telah menjadi syarat penerimaan dari hasil pekerjaan. Akan tetapi yang menjadi tantangan bagi pelaksana dalam pekerjaan membuat beton yang selama ini berpatokan pada kuat tekan diharuskan membuat ulang perencanaan pada mix design dan trial mix, sehingga perlu evaluasi untuk mencari nilai korelasinya (Suryani, 2018). Penelitian kuat tekan dilakukan agar mengetahui dengan pasti beton dengan usia 28 hari apakah telah sesuai ketentuan. Berikut rumus untuk menghitung kuat tekan beton (Pratama dkk., 2023)

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.4)$$

Dimana:

P = Daya maksimum mesin tekan, (kg)

F = Luas penampang yang diberi tekanan, (cm)

A = Kuat tekan, (kg/cm)

2.7 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.5: Penelitian terdahulu.

No.	Judul Penelitian	Kesimpulan
1	Perbandingan Kuat Tekan beton Menggunakan Pasir Sungai sebagai Agregat Halus Dengan Variasi Bahan Tambah Sica Fume Pada Perendaman Air Laut	Beton dengan campuran sica fume 5% beton dengan campuran sica fume 8%, dimana pada beton normal didapatkan nilai slump tertinggi yaitu 11,9 cm, sedangkan beton dengan
	Perbandingan Kuat Tekan Menggunakan Pasir Sungai Dengan Variasi Bahan Tambah Sica Fume Pada Peredaman Air Laut (Zulkarnain et al. 2021)	Campuran variasi sica fume mengalami penurunan pada nilai slump. Jadi dapat disimpulkan bahwa pengaruh bahan tambah sica fume terhadap campuran beton mengakibatkan penurunan nilai tslump, semakin sedikit sica fume semakin tinggi nilai slumpnya.
2	Pengaruh Penggunaan Pasir Sungai Dengan Pasir Laut Terhadap Kuat Tekan Dan Lentur Pada Mutu Beton K-225 (Fuad, Asmawi dan Hermawan 2015)	Untuk hasil kuat lentur, beton yang menggunakan pasir Sungai yangdi perlukan (treatment) (BPST) mengalami peningkatan sebesar 6,8 kg/cm ² atau 16,67% dari pasir Sungai dalam keadaan yang sebenarnya (BPS), dan beton yang menggunakan pasir laut yang di perlakukan (treatment) (BPLT) mengalami peningkatan sebesar 6,79 kg/cm ² atau 14,27% dari pasir laut dalam keadaan yang sebenarnya (BPL)
3	Studi Kinerja Literatur Balok Beton Bertulang Dengan Menggunakan Pasir Pantai (Sofyan Kamarullah, Arbian Tata, Sabaruddin 2022)	Pemeriksaan kuat beton menunjukkan beton pasir pantai 12,5% lebihh rendah dibandingkan beton pasir normal. Perilaku lentur balok beton passir pantai (BBPP) menunjukkan ketahanan beban dan lendutan balok lebih rendah dibandingkan balok beton normal

Tabel 2.5: *Lanjutan*

No.	Judul Penelitian	Kesimpulan
-----	------------------	------------

		<p>dapat disimpulkan bahwa penggunaan pasir pantai menyebabkan kepadatan beton menjadi berkurang sehingga beton cenderung menjadi kaku atau tidak elastis.</p>
3	<p>Studi Kinerja Literatur Balok Beton Bertulang Dengan Menggunakan Pasir Pantai (Sofyan Kamarullah, Arbian Tata, Sabaruddin 2022)</p>	<p>Pemeriksaan kuat beton menunjukkan beton pasir pantai 12,5% lebih rendah dibandingkan beton pasir normal. Perilaku lentur balok beton pasir pantai (BBPP) menunjukkan ketahanan beban dan lendutan balok lebih rendah dibandingkan balok beton normal (BBN). Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan pasir pantai menyebabkan kepadatan beton menjadi berkurang sehingga beton cenderung menjadi kaku atau tidak elastis.</p>
4	<p>Pengaruh Variasi Penambahan Sica Fume Terhadap Beton Self Compacting Concrete</p>	<p>Pengujian beton pada variasi Sica Fume 0%, dan 4% tidak termasuk dalam katagori beton SCC karena tidak memenuhi persyaratan pengujian ability EFNARC 2005. Hasil maksimum dan melewati kuat tekan rencana yang di dapatkan di penelitian ini terdapat pada variasi sica fume 8% dengan pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton maksimum secara berturut turut yaitu 33,179 MPa, 3,580 MPa, dan 4,437 MPa.</p>

Tabel 2.5: *Lanjutan*

No.	Judul Penelitian	Kesimpulan
-----	------------------	------------

5	<p>Feasibility study on utilization of marine sand in concrete for sustainable development (M. karthikeyan & V. Nagarajan)</p>	<p>Dari hasil eksperimen diamati bahwa kerja beton tidak terpengaruh dengan penggantian pasir laut hingga 30%. Uji kekuatan tekan, tarik belah dan kekuatan lentur dilakukan pada beton keras dan hasilnya dibahas. Rata-rata kekuatan tekan dari kubus beton 150mm, menggunakan pasir laut sebagai pengganti agregat halus ditentukan setelah umur 7, 14 dan 28 hari dalam proporsi campuran. Kekuatan tekan beton dengan pasir laut jauh lebih tinggi dibandingkan dengan beton konvensional. Kekuatan tekan menurun drastis dengan penggantian 10% pasir laut sebagai agregat halus dalam 7, 14 dan 28 hari. penambahan pasir laut 10% dan 20% meningkatkan nilai tetapi 30% nilai kekuatan tekan menurun dengan nilai nominal. Jadi aditif SF ditambahkan dengan 20% pasir laut dan dibandingkan dengan nilai nominal.</p>
---	--	--

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Jenis metode penelitian yang digunakan ialah metode eksperimen di laboratorium menggunakan data-data tambahan dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang di dapat melalui:

1. Data Primer

Data didapatkan dari pengecekan dan pengujian yang dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan di uji di Universitas Sumatera Utara, seperti:

1. Analisa saringan agregat (SNI C136:2012 2012)
2. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar (Badan Standarisasi Nasional SNI 1969 2016)
3. Berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970:2016 2016)
4. Pemeriksaan berat isi dan agregat (BSN 2016)
5. Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971:2011 2011)
6. Pemeriksaan kadar lumpur (SNI 03-4141, 2015)
7. Perencanaan campuran beton atau Mix Design (SNI 7656:2012)
8. Kekentalan adukan beton segar (slump) (SNI 1972:2008)
9. Pembuatan dan perawatan benda uji beton (SNI 2493:2011).
10. Spesifikasi bahan tambah untuk beton (SNI 03-2495-1991)
11. Uji kuat lentur beton (SNI 03-4431-2011).

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (literatur), konsultasi langsung dengan Dosen Pembimbing, dan data-data teknis SNI 7656:2012 serta buku-buku SNI lainnya yang berhubungan dengan beton, konsultasi dengan dosen pembimbing secara langsung serta tim pengawas Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara sebagai penunjang guna untuk memperkuat suatu penelitian yang dilakukan.

Metode penelitian dilakukan dengan cara membuat benda uji terlebih dahulu di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Benda uji dalam penelitian ini adalah beton normal yang menggunakan pasir pantai sebagai bahan campuran agregat halus dengan variasi 20%, 40%, dan 60% dari agregat halus yang digunakan dan penambahan Sika fume sebagai bahan tambah kimia pada campuran beton dengan persentasi 5% dari berat semen.

3.2 Tahapan Penelitian

Adapun tahap-tahap penelitian dalam penelitian campuran beton ini antara lain :

1. Persiapan Material

Dimana mempersiapkan material seperti agregat kasar, agregat halus, semen, bahan tambah sikacim concrete additive.

2. Pemeriksaan Material

Pemeriksaan material ini dilakukan dengan pemeriksaan dasar seperti kadar lumpur, kadar air, berat isi dan Analisa saringan.

3. Agregat Halus Pemeriksaan

Agregat Halus Pemeriksaan pada agregat halus terdiri dari analisa saringan, berat jenis dan penyerapan kadar air, kadar lumpur, dan berat isi.

4. Agregat Kasar Pemeriksaan

Agregat Kasar Pemeriksaan yang dilakukan dimulai dari analisa saringan, berat jenis dan penyerapan kadar air, kadar lumpur, keausan agregat dan berat isi.

5. Pasir Pantai

Pasir pantai yang digunakan pada penelitian ini sebagai bahan pengganti agregat halus yang di dapat dari Pantai Cermin.

6. Sika Fume

Sika fume yang digunakan untuk campuran beton pada penelitian ini berasal dari panglong.

7. Mix Design

Setelah pemeriksaan material dilakukan dan mendapatkan hasil sesuai persyaratan untuk pencampuran beton, perhitungan proporsi campuran pun dilakukan. Perhitungan proporsi tersebut meliputi agregat halus normal serta pasir Pantai sebagai agregat halus tambahan dan sikacin concrete additive sesuai variasi campuran yang sudah ditentukan.

8. Pembuatan Benda Uji

Langkah selanjutnya adalah pembuatan benda uji dengan memasukkan material yang sudah disiapkan dan ditimbang ke dalam mesin molen atau mixer sesuai proporsi campuran yang dihitung.

9. Pengujian Slump Test

Sebelum melakukan tahap pencetakan dilakukan pengujian slump test pada beton segar untuk mengetahui nilai kekentalan dan plastisitas beton. Beton segar akan dimasukkan ke dalam kerucut abrams dan akan dirojok dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali kemudian akan dilepas dan dihitung perbandingan penurunan beton segar dari tinggi kerucut abrams.

10. Pencetakan Benda Uji

Dalam proses pencetakan benda uji yang telah dicampur di dalam mixer akan dimasukkan ke dalam cetakan prisma balok untuk pengujian kuat lentur lebar 150 mm dan 150 mm dan panjang 600 mm. Benda uji akan dicetak selama 24 jam.

11. Perawatan Benda Uji

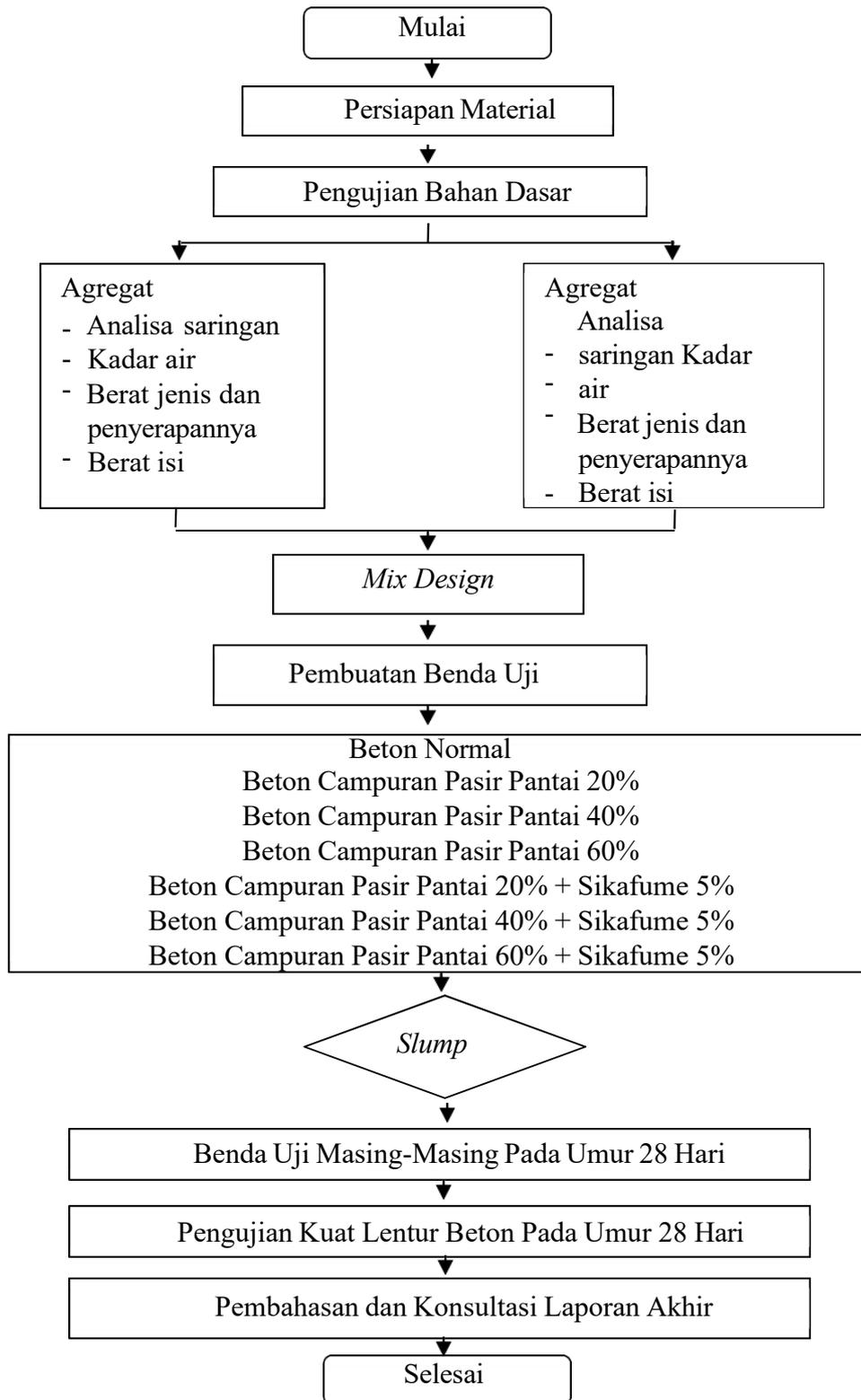
Benda uji yang masih dalam keadaan baru dicetak dibiarkan selama 24 jam di dalam cetakan kemudian dibuka, dan dibiarkan selama 24 jam kembali. Setelah itu perendaman dilakukan selama 28 hari di dalam bak perendaman yang terhindar dari sinar matahari.

12. Pengujian Kuat Lentur

Benda uji yang direndam, diangkat dari bak perendaman dan dikeringkan kembali selama 24 jam. Lalu pengujian kuat lentur dapat dilakukan.

Jika semua tahap di atas telah dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan mix design. Pada tahap ini semua bahan yang sudah diuji akan 15 dicampur menjadi satu berdasarkan data yang telah didapat sebelumnya. Pada penelitian ini, mix design dibuat dalam tiga variasi yaitu beton normal, beton campuran pasir pantai dan beton campuran pasir pantai yang menggunakan cairan sikacim concrete additive. Benda uji akan dibuat pada cetakan berbentuk balok sebanyak 21 buah yang akan diuji pada umur beton 28 hari.

Selanjutnya pengujian benda uji yaitu kuat lentur, data-data yang diperoleh dari hasil pengujian dilampirkan di dalam pembahasan yang akan dihitung analisa datanya. Analisa data tersebut akan menjadi kesimpulan pada penelitian yang dilakukan. Tahap-tahap penelitian ini dapat dilihat secara skematis dalam bentuk bagan alir pada Gambar dibawah ini :



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian.

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara dan di uji di Universitas Sumatera Utara. Waktu penelitian dilakukan kurang lebih 3 bulan.

3.4 Bahan dan Peralatan

3.4.1 Bahan

Penggunaan Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan yaitu :

a. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat yang berasal dari Kota Binjai, Sumatra Utara.

b. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah yang diperoleh dari Kota Binjai, Sumatra Utara.

c. Air

Air yang digunakan berasal dari PDAM Tirtanadi Laboraturium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

d. Pasir Pantai

Pasir pantai yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Pantai Cermin.

e. Sika Fume

Sika Fume yang digunakan untuk campuran beton pada penelitian ini berasal dari panglong.

3.4.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini sudah tersedia di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kumpulan saringan agregat halus meliputi: Nomor : 4, 8, 16, 30, 50, 100, dan Pan dan saringan Nomor : 1 ½", ¾", 3/8", dan 4 untuk agregat kasar.

2. Timbangan digital adalah alat untuk menimbang secara akurat bahan yang digunakan.
3. Gelas yang digunakan untuk mengukur air dan campuran dalam proyek beton yang memadat sendiri.
4. Stopwatch adalah alat yang digunakan untuk melacak durasi tes.
5. Piknometer dapat digunakan untuk mengukur berat jenis dan penyerapan pada pasir dan sikafume
6. Sampel bahan dapat dikeringkan dalam oven.
7. Sampel air dapat disimpan dalam ember atau wadah.
8. Sebuah wadah plastik seberat 10 kg digunakan untuk menyimpan bahan-bahan yang sudah jadi.
9. Pan adalah alat yang digunakan untuk mencampur dasar beton segar.
10. Skop tangan dan alat cetok untuk meratakan permukaan beton dalam cetakan dan berfungsi sebagai pengaduk beton segar.
11. Selang adalah alat untuk mengosongkan air mixer dan membersihkannya.
12. Bekisting beton berbentuk balok dengan dengan ukuran lebar 15 cm dan 15 cm, dan panjang 60 cm.
13. Dengan kuas dan Vaseline, cetakan beton dilapisi agar tidak lengket.
14. Seperangkat peralatan untuk pengujian aliran slump, yang meliputi: pelat, kerucut abrams dan penggaris.
15. Mesin pengaduk beton (molen) digunakan untuk mencampur semua bahan menjadi satu untuk membuat adonan beton segar.
16. Bak rendam digunakan untuk merendam beton yang telah keluar dari cetakan.
17. Loading frame yang merupakan alat untuk menguji kuat lentur beton.

3.4 Jumlah Benda Uji

Cetakan balok dengan ukuran 15 x 15 x 60 cm digunakan untuk membuat benda uji. Berikut jumlah benda uji dapat di lihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 3. 1: Jumlah benda ujia untuk campuran pasir pantai dan sika fume.

No	Kode Benda Uji	Agregat Halus	Agregat Kasar	Semen	Pasir Pantai	Sikafume	Jumlah Sample
1	BTN	100%	100%	100%	0%	0%	3
2	BTPP 20%	80%	100%	100%	20%	0%	3
3	BTPP 40%	60%	100%	100%	40%	0%	3
4	BTPP 60%	40%	100%	100%	60%	0%	3
5	BTPPS 20%	80%	100%	95%	20%	5%	3
6	BTPPS 40%	60%	100%	95%	40%	5%	3
7	BTPPS 60%	40%	100%	95%	60%	5%	3
8	BSF 5%	100%	100%	95%	0%	5%	3
Jumlah							24

Keterangan :

- BTN : Beton Normal
 BTPP : Beton Pasir Pantai
 BTPPS : Beton Pasir Pantai Sikafume
 BSF : Beton Sikafume

3.5 Persiapan Penelitian

Setelah seluruh material yang diperoleh telah sampai lokasi, maka material dipisahkan menurut jenisnya untuk mempermudah dalam tahapan-tahapan penelitian dan agar material tidak tercampur dengan bahan-bahan yang lain sehingga mempengaruhi kualitas material. Material dibersihkan dari lumpur kemudian melakukan penjemuran pada material yang basah.

3.6 Pemeriksaan Agregat

3.6.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Berat jenis curah kering, berat jenis curah pada kondisi jenuh kering permukaan dan berat jenis semu adalah semua cara untuk mengukur berat jenis. Berdasarkan kondisi setelah direndam dalam air selama (24+4) jam, dilakukan pengukuran berat jenis curah (jenuh kering permukaan) dan penyerapan air. Berikut prosedur pengujian agregat kasar:

1. Benda uji dibersihkan terlebih dahulu untuk menghilangkan lumpur atau bahan lain yang menempel di permukaan.
2. Spesimen harus dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C sampai beratnya masih tetap.
3. Setelah mengeluarkan spesimen dari oven, biarkan mendingin pada suhu kamar selama satu sampai tiga jam.
4. Benda uji kemudian ditimbang dengan ketelitian 0,5gr (Bk). Spesimen kemudian harus direndam selama 24 sampai 4 jam dalam air suhu kamar.
5. Benda uji kemudian dikeluarkan dari air dan diseka dengan kain penyerap sampai lapisan air pada permukaan hilang (permukaan kering jenuh atau SSD). Setiap butiran besar harus dikeringkan secara terpisah.
6. Selanjutnya benda uji harus ditimbang dalam keadaan jenuh (BJ ssd).
7. Setelah benda uji dimasukkan ke dalam keranjang, benda uji dikocok untuk melepaskan udara yang terjatam dan menentukan beratnya di dalam air, atau Ba. Untuk melakukan penyesuaian suhu standar 25°C suhu air diukur.

3.6.2 Analisa Gradasi

Agregat Dengan menggunakan ayakan, analisis gradasi agregat dimaksudkan sebagai pedoman untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan kasar. Adapun pengujian gradasi agregat sebagai berikut:

1. Benda uji dikeringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap.
2. Tentukan berat yang dibutuhkan dengan cara menimbang benda uji. Setelah itu, atur filturnya, mulai dari yang paling besar di atas. Panci kemudian

diposisikan di bagian bawah. Agregat kemudian dimasukkan dari atas dan penutup filter digunakan untuk menutup bagian atas filter. Mesin pengayak digunakan untuk mengayak selama 15 menit agar hasil terpisah secara merata.

3. Berat agregat di setiap filter kemudian diukur.

3.6.3 Kadar Lumpur

Agregat Tujuan dari metode pengujian gumpalan lempung dan butiran rapuh pada agregat adalah sebagai acuan dan panduan untuk pengujian gumpalan lempung dan butiran rapuh pada agregat. Berikut prosedur pengujian kadar lumpur agregat:

1. Dengan massa 500 gram, benda uji dimasukkan kemudian ditimbang (W1).
2. Setelah itu ditambahkan air cucian secukupnya ke dalam wadah hingga benar-benar merendam benda uji.
3. Ulangi langkah di atas hingga air cucian bersih dan wadah dikocok hingga kotoran pada benda uji hilang.
4. Setelah itu, semua bahan dimasukkan kembali ke dalam wadah dan ditempatkan di nampan dengan berat yang diketahui (W2).
5. Benda uji kemudian dipanggang hingga tidak ada lagi bobot yang tersisa.
6. Timbang dan catat beratnya (W3) setelah dikeringkan.
7. Kemudian tentukan berat bahan kering ($W4 = W3 - W2$).

3.6.4 Berat Isi Agregat

Rumus perhitungan volume produksi campuran, kadar semen dan kadar udara dalam beton serta berat satuan campuran beton segar. Berikut adalah tata cara percobaan berat satuan agregat:

1. Mencatat berat balok kosong (W1) adalah langkah pertama.
2. Benda uji kemudian dimasukkan dengan hati-hati menggunakan sekop dari ketinggian maksimum 5 cm di atas baloks sampai penuh, menghindari pemisahan butiran.
3. Permukaan benda uji kemudian diratakan dengan penggaris leveling.
4. Balok beserta isinya kemudian dicatat dan ditimbang (W2).

5. Kemudian ditentukan berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

3.6.5 Kadar Air Agregat

Langkah-langkah berikut dapat diambil untuk menentukan kadar air total agregat melalui pengeringan. Penentuan proporsi air yang dapat diuapkan melalui 22 pengeringan dari sampel agregat. Berikut ini adalah prosedur percobaan untuk menentukan kadar air total:

1. Catat berat talam kosong (W_1).
2. Setelah itu, benda uji ditimbang dan dicatat bobotnya (W_2) sebelum dimasukkan ke dalam tray.
3. Kemudian ditentukan berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).
4. Spesimen kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu (110 ± 5)°C dengan tray hingga beratnya tetap.
5. Ditimbang setelah dikeringkan kemudian baik spesimen maupun berat baki (W_4) dicatat.
6. Berat spesimen kering kemudian dihitung ($W_5 = W_4 - W_1$).

3.7 Pasir Pantai

Pasir pantai yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir yang digunakan dalam campuran beton. Dalam penelitian ini pasir pantai diperoleh dari daerah Pantai Kota Sibolga.

3.8 Sikafume

Dalam penelitian ini campuran kimia yang dikenal sebagai Sika fume diperoleh dari Panglong sekitar kota Medan yang digunakan dalam campuran beton.

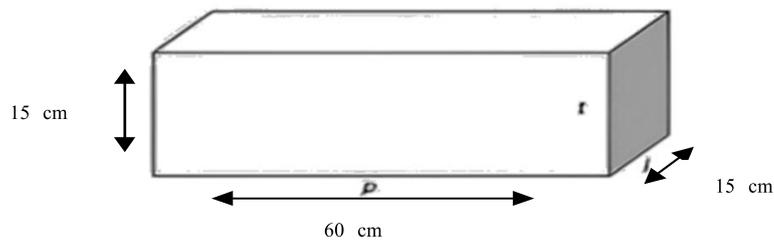
3.9 Mix Design

Ini menentukan persentase atau komposisi masing-masing komponen bahan pembentuk beton untuk menghasilkan campuran beton yang memenuhi kekuatan

dan daya tahan yang diinginkan sekaligus dapat dikerjakan untuk memudahkan proses kerja.

3.10 Pembuatan Benda Uji

Benda uji ini berbentuk balok dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 60 dan berjumlah 24 buah. Proses pembuatan benda uji ditunjukkan dengan gambar pada lampiran dengan menggunakan Pasir Pantai dan Sikafume. 15 cm 60 cm 15 cm



Gambar 3.2: Benda uji balok beton.

1. Mempersiapkan keperluan alat dan bahan yang akan digunakan dalam proses pembuatan uji.
2. Menimbang masing-masing bahan sesuai dengan yang telah di tentukan.
3. Menggunakan skrup dan kain lap, cetakan diterapkan dan vaseline diterapkan pada langkah-langkah selanjutnya
4. Hidupkan mixer (mesin pengaduk).
5. Masukkan bahan dimulai dari air, agregat kasar, agregat halus, pasir pantai dan sikacim concrete additive dari yang terberat hinga yang terkecil.
6. Kemudian masukkan pasir pantai dan sica fume.
7. Setelah itu masukkan air kedalam mesin pengaduk.
8. Memeriksa slump flow pada beton segar.
9. Masukkan campuran beton segar kedalam cetakan hingga penuh.
10. Ratakan permukaan pada cetakan dengan menggunakan sendok semen.
11. Mendingkan beton selama 24 jam sampai beton mencapai kapasitas maksimalnya/ mengeras dengan sempurna.
12. Setelah kering, buka cetakan beton dan rawat beton (curing) dengan memasukkan beton ke dalam bak perendam selama 28 hari.
13. Setelah direndam selama 28 hari, kemudian angkat beton dan keringkan.
14. Melakukan uji kuat lentur beton.

3.11 Pemeriksaan Slump Test

Berikut langkah – langkah dengan pengujian slump test:

1. Kerucut Abrams dan pelat berukuran 1 m x 1 m direndam.
2. Tempatkan kerucut Abrams terbalik di tengah piring di atas bidang datar.
3. Setelah mengisi kerucut Abrams ke atas dengan campuran beton, ratakan dengan potongan dan diamkan selama satu menit. Saat menggunakan stopwatch untuk menghitung waktu penyebaran adukan, perlahan angkat kerucut Abrams ke atas.
4. Saat penyebaran adukan mencapai diameter 500 mm, hentikan stopwatch dan catat waktunya. Saat distribusi penyebaran berhenti, hentikan stopwatch dan catat waktunya.
5. Lebar campuran beton harus diukur secara vertikal dan horizontal dengan penggaris.
6. Tingkat kekentalan campuran dapat ditentukan dengan mengukur diameter distribusi, semakin besar diameternya maka semakin tipis campurannya.

3.12 Perawatan (Curing)

Pada Benda Uji Pedoman dalam SNI 2493:2011 menjadi landasan prosedur curing yang diterapkan pada benda uji dalam penelitian ini. Benda uji direndam dalam bak perendaman berisi air selama prosedur ini. Benda uji direndam setelah mencapai (28 hari). Proses perendaman benda uji ini terdiri dari langkah-langkah berikut:

1. Keluarkan benda uji dari cetakan.
2. Pastikan benda uji benar-benar kering.
3. Air bersih dari Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara ditambahkan ke dalam bak perendaman.
4. Tempatkan benda uji dengan hati-hati ke dalam bak perendaman.
5. Setelah direndam selama 27 hari, keluarkan benda uji pada hari ke 28.
6. Benda uji harus ditimbang setelah kering.

3.13 Pengujian Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur ini menggunakan (SNI 4431:2011). Pengujian kuat lentur dua titik pembebanan ini dilakukan dengan menggunakan mesin uji kuat lentur dengan metode yang digunakan untuk mengukur kekuatan lentur pada beton tersebut. Setelah itu benda uji diletakkan ke arah memanjang di atas tumpuan alat penguji, kemudian beban diatur untuk menghindarinya terjadi kebenturan. Kemudian benda uji yang sudah di uji dihitung lebar dan tinggi patahan dari tumpuan. Setelah itu menghitung nilai kuat lentur yang didapatkan pada posisi patahannya tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- 1970:2016, SNI. 2016. "Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus." Badan Standar Nasional Indonesia, no. 4, 20.
- Alwie, rahayu deny danar dan alvi furwanti, Adi Bagus Prasetio, Roni Andespa, Politeknik Negeri Lhokseumawe, and Kata Pengantar. 2020. "Tugas Akhir Tugas Akhir." Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret 2012 (1): 41–49.
- Badan Standardisasi Nasional SNI 1969. 2016. "Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar." Badan Standar Nasional Indonesia, 20.
- BSN. 2016. "Standarisasi Nasional Indonesia 03 - 1973 - 2016 : Metode Uji Densitas, Volume Produksi Campuran Dan Kadar Udara (Gravimetrik) Beton." www.bsn.go.id.
- C136:2012, SNI ASTM. 2012. "SNI ASTM C136:2012. Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus Dan Agregat Kasar." Badan Standardisasi Nasional, 1–24.
- Dady, Y. T. (2015). Pengaruh Kuat Tekan Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Bertulang. Jurnal Sipil Statik, 3(5).
- Fahrizal Zulkarnain, Irgi Ilham Sani. 2021. "Perbandingan Pemakaian Air Kapur Serta Pengaruh Penambahan Sika Fume Terhadap Ketahanan Beton Mutu Tinggi (Studi Penelitian)." Abdi Sabha (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat), 23–33.
- Fuad, Indra Syahrul, Bazar Asmawi, and Hermawan. 2015. "Pengaruh Penggunaan Pasir Sungai Dengan Pasir Laut Terhadap Kuat Tekan Dan Lentur Pada Mutu Beton K-225." Jurnal Desiminasi Teknologi 3 (1): 31–39.
<https://univtridinanti.ac.id/ejournal/index.php/teknik/article/viewFile/23/18>.
- Karthikeyan, M. dan V. Nagarajan. 2015. "Feasibility study on utilization of marine sand in concrete for sustainable development" Indian Journal of Geo marine science. Vol. 45(2). February 2016. Pp. 313-318
- Pratama, Khairu Imanda, Pio Ranap Tua Naibaho, and Sempurna Bangun. 2023. "Hubungan Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Dengan Mutu f_c ' 25 Megapascal (MPa)." Indonesian Journal of Construction Engineering and Sustainable Development (Cesd) 6 (1): 1–7. <https://doi.org/10.25105/cesd.v6i1.17151>.

- Rifki, Muhammad, Sri Prasetiowati, Edy Masduqi, and Agustina Setyaningrum. 2023. "Karakteristik Beton Dengan Campuran Pasir Pantai Sebagai Agregat Halus." *Jurnal Rekayasa Lingkungan* 23 (1): 27–36. <https://journal.ity.ac.id/index.php/JRL/article/view/176/129>.
- Simanjuntak, Johan Oberlyn, Ros Anita Sidabutar, Humisar Pasaribu, Yetty Riris R Saragi, and Sriyanti Sitorus. 2021. "Sifat Dan Karakteristik Campuran Beton Menggunakan Batu Pecah Dan Batu Guli Dari Sungai Binjai." *Jurnal Visi Eksakta* 2 (2): 239–54. <https://doi.org/10.51622/eksakta.v2i2.397>.
- SNI 2847:2013. 2013. "Sni 2847:2013." *Journal of Chemical Information and Modeling* 53 (9): 1689–99.
- Sumajouw, Marthin D J, O.Dapas Servie, and Reky S. Windah. 2014. "Pengujian Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi." *Jurnal Ilmiah Media Engineering* 4 (4).
- Zulkarnain, Fahrizal, Bustanul Kamil, Sumatera Utara, and Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 2021. "Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ Website: <Http://Jurnal.Umj.Ac.Id/Index.Php/Semnaslit>
- 1970:2016, SNI. 2016. "Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus." *Badan Standar Nasional Indonesia*, no. 4, 20.
- Badan Standarisasi Nasional SNI 1969. 2016. "Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar." *Badan Standar Nasional Indonesia*, 20.
- BSN. 2016. "Standarisasi Nasional Indonesia 03 - 1973 - 2016: Metode Uji Densitas, Volume Produksi Campuran Dan Kadar Udara (Gravimetrik) Beton." www.bsn.go.id.
- C136:2012, SNI ASTM. 2012. "SNI ASTM C136:2012. Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus Dan Agregat Kasar." *Badan Standardisasi Nasional*, 1–24.
- Dady, Yohanes Trian. 2015. "Pengaruh Kuat Tekan Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Bertulang." *Jurnal Sipil Statik* 3 (5).