

**EXPRIMENTAL BATU ZEOLIT SEBAGAI SUBTITUSI
AGREGAT KASAR TERHADAP KUAT TEKAN BETON**

SKRIPSI

**Karya Tulis Ini Di Ajukan Sebagai Salah Satu Untuk Memperoleh Gelar
Serjana Dari Universitas Fajar**



Oleh:

INDARATU RAMADANI 2020121063

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS
TEKNIK UNIVERSITAS FAJAR 2024**

**EXPRIMENTAL BATU ZEOLIT SEBAGAI SUBTITUSI
AGREGAT KASAR TERHADAP KUAT TEKAN BETON**

Oleh:

INDARATU RAMADANI

2020121063

Menyetujui

Tim Pembimbing

Makassar, 22 September 2024

Pembimbing



Dr. Nur Khaerat Nur, ST., MT., IPM., ACPE., ASEAN., Eng

NIDN : 0924037901

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Fajar



Prof. Dr. Ir. Erniati, ST., MT

NIDN : 0906107701

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Universitas Fajar



Fatmawaty Rachim, ST., MT

NIDN : 0919117903

PERNYATAAN ORISINALITAS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir :

"Experimental Batu Zeolit Sebagai Sustitusi Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton" adalah karya orisinil saya dan seluruh sumber acuan telah ditulis sesuai dengan panduan penulisan ilmiah yang berada di Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Makassar, 11 Februari 2025

Yang Menyatakan



INDARATU RAMADANI

ABSTRAK

Experimental batu zeolit sebagai substitusi agregat kasar terhadap kuat tekan beton (studi kasus penggunaan batu zeolite terhadap beton). Indaratu ramadani. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh batu zeolit sebagai substitusi agregat kasar terhadap kuat tekan beton. Beton merupakan material utama dalam Pembangunan infrastruktur, yang terdiri dari semen, air, agregat halus, dan agregat kasar. Dalam penelitian ini, batu zeolit digunakan sebagai alternatif agregat kasar yang bertujuan mengatasi kelangkaan bahan alam seperti kerikil. Zeolite dipilih karena sifatnya yang unik, seperti kemampuan menyerap dan melepaskan air serta kekuatannya. Pengujian dilakukan pada variasi penambahan zeolite sebesar 5%, 10%, dan 15%. Dari total agregat kasar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan batu zeolite berpengaruh terhadap kuat tekan beton, dengan penurunan signifikan pada variasi zeolite yang lebih tinggi. Variasi terbaik diperoleh penambahan 5% batu zeolite, di mana beton tetap memenuhi standar kuat tekan yang diharapkan pada umur 28 hari. Penelitian ini merekomendasikan penggunaan zeolite sebagai bahan substitusi agregat kasar dalam komposisi terbatas untuk menjaga kualitas beton.

Kata Kunci:** Beton, batu zeolite, , kuat tekan, agregat kasar, substitusi.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “*EXPRIMENTAL BATU ZEOLIT SEBAGAI SUBTITUSI AGREGAT KASAR TERHADAP KUAT TEKAN BETON*” dengan baik.

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar.

Dalam menyelesaikan skripsi ini penulis mendapat bantuan bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kepada Allah SWT. Yang senantiasa memberikan Kesehatan terhadap penulis
2. Kedua orang tua yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dan dorongan semangat. Ayahandaku tercinta Ihsan serta Ibundaku tercinta Siti Jumrah. serta juga kepada semua saudara-saudariku yang selalu memberikan motivasi dan juga memberikan waktu dan tenaga baik materi maupun nonmateri untuk penulis sehingga dapat menyelesaikan pendidikan dengan baik. Dan juga kepada keluarga besar penulis yang selalu mengingatkan dan mendukung penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Rektor Universitas Fajar, Bapak Mulyadi Hamid, SE.,M.Si.
4. Prof. Dr. Ir. Erniati, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknik Unversitas Fajar Makassar yang telah membagikan ilmu dalam pengalaman selama proses pembelajaran.
5. Fatmawaty Rachim, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar yang telah memberikan ilmu dan pengalaman dalam proses perkuliahan.
6. Dr. Nur Khaerat Nur, ST., MT.,LPM.,ACPE.,ASEAN.,Eng selaku pembimbing yang telah memberikan arahan, saran, dan motivasi, sehingga skripsi ini dapat selesai.

7. Teman-teman Teknik Sipil 2020, yang telah berjuang bersama dari awal semester. Terima kasih untuk kerja sama dan kebersamaan selama ini.
8. Teman-teman METEOR 2020, yang telah berjuang bersama dari awal semester. Terima kasih untuk kerja sama dan kebersamaan selama ini.
9. Serta semua pihak dengan segala kerendahan hati membantu dalam penyelesaian proposal ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan penulisan selanjutnya. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua, akhir kata terima kasih.

Makassar,2024

Indaratu Ramadani

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	9
DAFTAR GAMBAR	10
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
BAB II.....	3
TINJAUAN PUSTAKA	3
II.1 Beton	3
II.2 Bahan Penyusun Beton.....	4
II.2.1 Semen Portland.....	4
II.2.2 Agregat Halus	5
II.2.3 Agregat Kasar (Batu Pecah)	6
II.2.4 Air	8
II.3 Batu Zeolite	8
II.4 Campuran Beton.....	10
II.5 Perawatan Beton.....	11
II.6 Kuat Tekan Beton	11
II.7 Penelitian Terdahulu	12
BAB III	17
METODOLOGI.....	17
III.1 Umum	17
III.2 Waktu dan lokasi	17
III.3 Sampel penelitian.....	17
III.4 Persiapan Alat dan Bahan	18
III.4.1 Alat	18
III.4.2 Bahan.....	19
III.7 Perhitungan Mix Design	20
III.8 Pembuatan Benda Uji.....	22
III.9 Perawatan Benda Uji.....	23

III.10 Pengujian Benda Uji	23
III.12 Olah Data	24
III.13 Analisis Data	26
III.14 Bagan Alur Penelitian	27
BAB IV	28
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
IV.1 Hasil Karakteristik Agregat	28
IV.1.1 Agregat Halus	28
IV.1.2 Agregat Kasar	28
IV.1.3 Batu Zeolit.....	29
IV.1.4 Gradasi Gabungan Agregat	30
IV.2 Mix Design	32
IV.3 Pemeriksaan Uji Slump Beton	33
IV. 4 Pengujian Kuat Tekan	34
IV.4.1 Kuat Tekan 7 Hari.....	35
IV.4.2 Kuat Tekan 28 Hari.....	36
BAB V	38
KESIMPULAN DAN SARAN	38
V.1 Kesimpulan.....	38
V.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA.....	40
LAMPIRAN 1 HASIL PENGUJIAN KARAKTERISTIK AGREGAT HALUS ...	43
LAMPIRAN 1 HASIL PENGUJIAN KARAKTERISTIK AGREGAT KASAR ...	50
LAMPIRAN 3 BATAS ZONA AGREGAT HALUS DAN AGREGAT KASAR .	58
LAMPIRAN 3 HASIL PENGUJIAN KARAKTERISTIK BATU ZEOLIT	65
LAMPIRAN 4 HASIL PENGUJIAN MIX DESIGN	74
LAMPIRAN 5 HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN 7 HARI	80
LAMPIRAN 6 HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN 28 HARI	82
LAMPIRAN 7 DOKUMENTASI	84

DAFTAR TABEL

Table II. 1 Unsur-unsur penyusun utama semen (Tjokrodimulyo, 1995)	5
Table II. 2 Spesifikasi pengujian agregat halus	5
Table II. 3 Spesifikasi pengujian agregat kasar	7
Table II. 4 Spesifikasi pengujian batu zeolit	10
Table III. 1 Variasi Penambahan Batu Zeolit Dan Jumlah Benda Uji	18
Table III. 2 Adapun alat-alat yang digunakan dalam sebagai berikut:	19
Table III. 3 Adapun bahan yang dapat digunakan pada penelitian, sebagai berikut:	20
Table IV. 1 Hasil Pengujian Agregat Halus	29
Table IV. 2 Hasil Pengujian Agregat Kasar	30
Table IV. 3 Nilai Karakteristik Batu Zeolit	31
Table IV. 4 Gradasi Gabungan Agregat	32
Table IV. 5 Mix design beton 1 silinder yaitu 0,0016 m ³	33
Table IV. 6 Mix design beton 3 silinder yaitu 0,0057 m ³	34
Table IV. 7 Hasil pemeriksaan uji slump beton.	35
Table IV. 8 Kuat Tekan 7 Hari	36
Table IV. 9 Kuat Tekan 28 Hari	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar	III.	1
.....	.....	19
Gambar	III.	2
.....	.....	19
Gambar	III.	3
.....	.....	19
Gambar	III.	4
.....	.....	19
Gambar	III.	5
.....	.....	19
Gambar	III.	6
.....	.....	20
Gambar	III.	7
.....	.....	20
Gambar	III.	8
.....	.....	20
Gambar	III.	9
.....	.....	20
Gambar	III.	10
.....	.....	20
Gambar	III.	11
.....	.....	20
Gambar	III.	12
.....	.....	21

Gambar	III.					13
.....						21
Gambar III. 14 Bagan Alur Tahapan Penelitian.....						28
Gambar IV. 1 Grafik Gradasi Gabungan Agregat						32
Gambar	IV.	2	dokumentasi	Mix	Design	
.....						34
Gambar	IV.	3	Dokumentasi	Test	Slump	
.....						35
Gambar	IV.	4	Grafik	kuat	tekan	7 hari
.....						37
Gambar	IV.	5	Dokumentasi	variasi	5%	
.....						37
Gambar IV. 6 Grafik Kuat Tekan 28 Hari						38
Gambar IV. 7 Dokumentasi Variasi 5%.....						39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah Negara yang seiring perkembangan zaman melakukan berbagai pembangunan infrastruktur seperti tempat tinggal dan fasilitas umum. Kebutuhan akan beton semakin besar karena sering digunakan dalam membuat bangunan-bangunan sipil. Hampir setiap bangunan menggunakan beton (Nasution, 2020).

Beton seringkali sebagai material pokok dalam pembangunan konstruksi yang berfungsi sebagai kerangka utama struktur bangunan. Beton dapat dihasilkan dengan mencampurkan beberapa material menjadi adonan, yaitu semen, air, agregat halus dan agregat kasar. Dalam era pembangunan di Indonesia saat ini, pembuatan beton semakin tinggi.

Dalam pembuatan beton, agregat merupakan suatu komponen utama yang mempunyai peran penting dalam mendukung kekuatan dan ketahanan terhadap beton. Agregat menempati 60- 70 % dari total volume agregat yang sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Agregat kasar yang banyak digunakan adalah kerikil alam dan hasil pecah dari batu kali.

Semakin banyak pembangunan maka semakin banyak pula agregat yang dipakai maka lama-kelamaan agregat akan mengalami kelangkaan atau mempengaruhi harga dari agregat. Oleh karena itu penulis membuat suatu inovasi dengan menggunakan batu zeolit sebagai pengganti agregat kasar. Terutama pada Provinsi Sulawesi Selatan yang diketahui memiliki banyak endapan zeolit (Kusdarto, 2008).

Oleh karena itu, untuk menutupi kebutuhan material yang semakin menipis perlu adanya alternatif sebagai pengganti agregat campuran beton.

Menurut (Weitkamp dan Puppe, 1999), ciri khusus pada batu zeolite yaitu dapat meningkatkan jumlah kadar O₂ utamanya yang terdapat kandungan mordenit. Struktur dari zeolite sendiri dapat melakukan sifat absorbs terhadap kandungan H₂O, CO₂, SiO₂, H₂S. Oleh karena itu keunggulan ini membuat suatu perubahan

pemikiran dalam komposisi beton dengan cara memanfaatkan batu zeolite (Sutarti dan Rachmati, 1994). Ciri khusus kemampuan zeolite yaitu dapat meningkatkan kemurnian biogas. Oleh karena itu zeolite dapat menyerap gas utama yaitu uap air, CO₂, dan H₂S. Tetapi zeolite memiliki kekurangan yaitu tidak dapat menyerap gas

CH₄ (Wahono, 2008). Oleh karena pada penelitian ini, dimanfaatkanlah

“EXPRIMENTAL BATU ZEOLIT SEBAGAI SUBTITUSI AGREGAT KASAR TERHADAP KUAT TEKAN BETON”

1.2 Rumusan Masalah

Dengan ini penulis dapat merumuskan permasalahan berikut:

1. Bagaimana nilai karakteristik zeolit pada beton ?
2. Bagaimana nilai kuat tekan zeolit terhadap beton?

1.3 Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan dari penelitian yang dilakukan yaitu:

1. Mengetahui nilai karakteristik zeolit pada beton.
2. Mengetahui nilai kuat tekan zeolit terhadap beton.

1.4 Batasan Masalah

Dalam mempercepat proses pelaksanaan pada penelitian ini, maka terdapat batasan masalah yang harus ditinjau, antara lain:

- a. Karakteristik yang diteliti adalah kuat tekan beton.
- b. Pada umur 7 hari mutu dari beton rencana yaitu $f'_c = 25,00$ Mpa dan akan dikonversi umur 28 hari.
- c. Cetakan silinder dalam penelitian ini yaitu silinder berdiameter 10 cm dan setinggi 20 cm.
- d. Perencanaan campuran menggunakan SNI 7394-2008 Pekerjaan Beton.
- e. Pengujian benda uji menggunakan *Compression Testing Machine*.
- f. Presentase zeolite yang diamati adalah 5%, 10% dan 15%.

g. Menggunakan Semen Portland Tipe I.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Beton

Perpaduan dari beberapa campuran material sehingga menghasilkan beton terdiri dari pasir, kerikil, semen, batu pecah. Material tersebut dicampur menjadi satu kesatuan adonan atau biasa disebut pasta beton dan penambahan air agar terjaga keencerannya. Seringkali terdapat beberapa tambahan bahan aditif agar dihasilkan beton yang memenuhi karakteristik tertentu, seperti pengerjaan yang lebih mudah (*workability*), kemampuan daya tahan (*durability*), dan durasi pengerasan (Mc.Cormac, 2004).

Beton terbentuk dari pengerasan adonan antara pasir, krikil, semen dan air. Terkadang terdapat tambahan material lain agar memiliki mutu beton yang meningkat (Asroni, 2010).

Uji kuat Tarik yang melemah harus berbanding lurus dengan kualitas yang dimiliki oleh beton. Dalam struktur dapat dikategorikan bermutu tinggi tergantung pada kuat tekan beton yang digunakan. Peningkatan kekuatan struktur diimbangi dengan peningkatan mutu beton yang dihasilkan pula (Mulyono, 2004). Kualitas beton berpengaruh pada bahan campurannya, penggunaan formulasi yang tepat dan penggunaan bahan alternative tambahan. Proses pembuatan beton meliputi proses pencampuran, penuangan dan pengerasan adonan beton. Beton basah dapat memenuhi standar apabila beton dapat diaduk, dituang, dipadatkan, dan tidak memisahkan material kerikil dari adonan (*segregasi*) ataupun memisahkan dengan air semen (Tjokrodimulyo, 1996 : 2).

Struktur utama beton memiliki banyak manfaat untuk bangunan, diantaranya:

- a. Biasanya bahan campuran beton didapatkan cukup mudah, kecuali Semen Portland, sebab harga relatif terjangkau.
- b. Sifat khusus lainnya yaitu beton yang tahan terhadap api dan juga aus.
- c. Beton dengan mudah dirubah bentuk sesuai kebutuhan.

- d. Hanya perlu curing beton yang sederhana dan biaya perawatan terjangkau.
- e. Beton memiliki sifat tahan desakan, serta sifatnya tahan karat maupun pembusukan karena cuaca.

Dari manfaat beton yang ada, dan terdapat kelemahan beton, antara lain:

- a. Kuat tarik beton dengan nilai rendah, keretakan dapat terjadi, oleh karenanya diberikan alternatif tambahan baja tulangan.
- b. Beton seringkali menyerap air dan membawa kandungan garam sehingga mengurangi kuat tekan.
- c. Beton dapat mengembang dan mengecil apabila ada perbedaan temperature yang cukup signifikan.

II.2 Bahan Penyusun Beton

Beton dapat menghasilkan beberapa interaksi bersifat mekanis dan kimiawi oleh material pembentuknya (Nawy, 1985). Beton terdiri 3 material pokok, antara lain krikil, pasir, semen dan air. Agar dapat memahami perihal elemen gabungan (bahan utama campuran beton), maka harus diketahui pula karakteristik setiap elemen penyusunnya. Material penyusun beton diantaranya:

II.2.1 Semen Portland.

Semen Portland dapat menghasilkan pengikat hidrolis. Sebagai bahan tambahan, Silika kalsium ini memiliki sifat hidrolis dengan gips. (Departemen pekerjaan umum, 1982).

Semen Portland sebagai bahan ikat utama dan terpenting dalam pembangunan fisik. Fungsi semen dapat merekatkan agregat menjadi satu kesatuan yang padat.

Table II. 1 Unsur-unsur penyusun utama semen (Tjokrodimulyo, 1995)

Nama Unsur Utama	Kode	Reaksi Kimia
Trikalsium Silikat	C3S	3CaO SiO_2
Dikalsium Silikat	C2S	2CaO SiO_2
Trikalsium Aluminat Ujian	C3A	$2\text{CaO Al}_2\text{O}_3$
Tetrakalsium Aluminoferrite	C4AF	$2\text{CaO Al}_2\text{O}_3 \text{ Fe}_2\text{O}_3$

(Sumber: Buku Teknologi Beton, Tjokrodimulyo; 1995)

II.2.2 Agregat Halus

Table II. 2 Spesifikasi pengujian agregat halus

No	Jenis pengujian	Spesifikasi
1.	Kadar lumpur	0,2% - 5%
2.	Kadar air berat	3% - 5%
3.	Volume	
	a. Kondisi lepas	1,4 – 1,9 kg/liter
	b. Kondisi padat	1,4 – 1,9 kg/liter
4.	Berat jenis	
	a. Bj. Nyata	1,60 – 3,30
	b. Bj. Dasar Kering	1,60 – 3,31
	c. Bj. Kering permukaan	1,60 – 3,32
	d. Absorpsi	0,2 – 2%
5.	Modulus kehalusan	2,3 – 3,1
6.	Kadar organik	< No. 3

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Agregat halus berukuran butir maksimal 4,75 mm, yang sering disebut pasir. Terdapat beberapa persyaratan agar agregat halus dapat dikatakan mutu baik menurut SK SNIS-04-1989-F diantaranya:

- a. Pasir berbutir tajam, keras dan kuat.
- b. Bersifat kekal, yang artinya tidak hancur apabila cuaca ekstrim.

Sifat ini juga bisa diartikan apabila pasir diuji larutan jenuh garam sulfat hasilnya diantaranya : - Penambahan Natrium Sulfat, agregat halus yang dapat hancur maksimal 12% - Penambahan Magnesium Sulfat, agregat halus yang dapat hancur maksimal 10%.

- c. Pasir yang terkandung lumpur tidak diperbolehkan sebagai campuran beton (lolos saringan 0,060 mm) lebih dari 5%.

- d. Tidak dianjurkan pasir yang terkandung zat organik di dalamnya. Hal ini dapat mempengaruhi kualitas beton. Apabila diuji larutan 3% NaOH, cairan yang berada di atas endapan akan berwarna lebih terang dari larutan pembanding.
- e. Memiliki variasi butir atau biasa disebut gradasi dengan rongga kecil. Moduluskehalusan yang dimiliki antara 1,5 – 3,8. Sebelum dilakukan proses pengayakan, sususannya memiliki standar sebagai berikut :
 - Pasir tertahan ayakan 4,8 mm, dari berat maksimal 2%
 - Pasir tertahan ayakan 1,2 mm, dari berat maksimal 10%
 - Pasir tertahan ayakan 0,30 mm, dari berat maksimal 15%
- f. Kandungan garam dalam pasir tidak disarankan

II.2.3 Agregat Kasar (Batu Pecah)

Table II. 3 Spesifikasi pengujian agregat kasar

No	Jenis pengujian	Spesifikasi
1.	Kadar lumpur	Maks. 1%
2.	Kadar air berat	0,5% - 2%
3.	Volume	
	a. Kondisi lepas	1,6 – 1,9 kg/liter
	b. Kondisi padat	1,6 – 1,9 kg/liter
4.	Berat jenis	
	a. Bj. Nyata	1,60 – 3,33
	b. Bj. Dasar kering	1,60 – 3,34
	c. Bj. Kering Permukaan	1,60 – 3,35 Maks
	d. Absorpsi	4%
5.	Modulus Kehalusan	6 – 7,1
6.	Kadar organik	Maks 50%

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Batu pecah merupakan agregat kasar pembentuk beton. Kandungan material dalam beton antara 70-75 % dari keseluruhan, sebab sangat mempengaruhi mutu beton. Agregat kasar memiliki ukuran lebih dari 4.8 mm (Mulyono,1997:65).

Beberapa syarat yang dianjurkan menurut Departemen Pekerjaan Umum (1982) dalam proses pembuatan beton adalah : a. Syarat fisik :

- Besaran agregat maksimal, kurang dari $\frac{1}{5}$ jarak terkecil bidang cetakan $\frac{1}{3}$ tebal pelat atau minimum jarak tulang $\frac{3}{4}$.
- Kekerasan agregat dites dengan bejana Rudeloff, bagian hancur tidak melebihi ayakan 2 mm atau lebih dari 16% berat.
- Agregat akan hancur apabila dites dengan mesin *Los Angeles*, dan tidak melebihi 27% berat.
- Kandungan lumpur pada agregat kasar maksimal sebesar 1%.
- Agregat dengan butir panjang dan pipih, memiliki maksimal 20 % berat, dan merupakan syarat utama beton yang berkualitas.

b. Syarat Kimia

- Kekekalan senyawa Na_2SO_4 , maksimal 12% berat bagian hancur dan kekekalan MgSO_4 maksimal 18% bagian yang hancur.
- Dapat bereaksi terhadap alkali dan hasilnya harus negatif sehingga tidak membahayakan.

Ukuran saringan 1-2, 2-3, dan 3-4 biasanya mengacu pada rentang ukuran partikel yang dapat ditahan atau dilewatkan oleh saringan berdasarkan diameter partikel dalam milimeter (mm). Istilah ini sering digunakan dalam penyaringan bahan seperti pasir, kerikil, atau agregat di industri konstruksi dan teknik sipil.

Berikut penjelasan lebih detail:

1. Saringan 1-2:

- Ukuran partikel yang dapat melewati saringan ini adalah antara 1 mm hingga 2 mm. Partikel yang lebih kecil dari 1 mm akan lolos, sedangkan partikel yang lebih besar dari 2 mm akan tertahan.

2. Saringan 2-3:

- Ukuran partikel yang dapat melewati saringan ini berada dalam kisaran 2 mm hingga 3 mm. Artinya, partikel yang lebih kecil dari 2 mm akan lolos dan partikel yang lebih besar dari 3 mm akan tertahan.

3. Saringan 3-4:

- Ukuran partikel yang bisa melewati saringan ini adalah 3 mm hingga 4 mm. Partikel yang lebih kecil dari 3 mm akan lolos, sedangkan partikel yang lebih besar dari 4 mm akan tertahan.

II.2.4 Air

Air berperan penting dalam pembuatan adonan beton dan bereaksi dengan semen, serta mencampur agregat agar mudah dikerjakan dan bersifat padat. Agar dapat bereaksi dengan semen secara sempurna, 25 persen jumlah air dari berat semen yang diperlukan. Dalam realita nya nilai FAS (faktor air semen) digunakan lebih dari 0,35. Berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum (1982), penggunaan air yang termasuk spesifikasi layak diantaranya:

- a. Air dalam keadaan jernih, tidak terkandung lumpur > 2 gram/liter, minyak dan benda kecil lainnya.
- b. Terbebas dari benda asing tidak melebihi 2 gram/liter.
- c. Terbebas dari garam mineral, karena sifat garam merusak beton (>15 gram/liter), senyawa sulfat (>1 gram/liter), dan klorida ($Cl > 0,5$ gram/liter).

II.3 Batu Zeolite

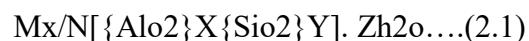
Zeolit adalah mineral alami dengan struktur kristalin yang memiliki rongga dan saluran, yang memberikan sifat unik seperti porositas tinggi dan kemampuan menyerap air. Karakteristik ini membuat zeolit menjadi bahan yang menarik sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran beton.

Table II. 4 Spesifikasi pengujian batu zeolit

No	Jenis pengujian	Spesifikasi
1.	Kadar lumpur	Maks. 1%
2.	Kadar air	Maks. 2%
3.	Volume	
	c. Kondisi lepas	1,2 – 1,75 kg/liter
	d. Kondisi padat	1,2 – 1,75 kg/liter
4.	Berat jenis	
	e. Bj. Nyata	Min. 1%
	f. Bj. Dasar kering	Min. 1%
	g. Bj. Kering Permukaan	Min. 1%
	h. Absorpsi	Maks. 3%
5.	Modulus Kehalusan	6 – 7,1
6.	Kadar organik	Maks 40%

Sumber : SNI (Standar Nasional Indonesia)

Kristal aluminosilikat yang mengalami proses hidrasi mengandung kation alkali dan alkali tanah dalam merupakan ciri dari batu Zeolite. Zeolite memiliki rumus 3 dimensi, seperti berikut (Kirk-Othmer, 1978):



Secara garis besar, kandungan berbeda, terdapat atom silikon yang sekelilingnya terdapat 4 atom oksigen, dengan ini membentuk jaringan teratur. Pada bagian dalam masalah ini, atom aluminium menggantikan atom Silicon dan hanya bias terkoordinasi bersama 3 atom oksigen. Atom aluminium mengandung muatan 3+, berbeda dengan atom silicon mengandung muatan 4+. Adanya Aluminium secara menyeluruh dapat mengakibatkan zeolit bersifat muatan negatif. Akibatnya zeolite mampu mengikat kation karena adanya muatan negatif ini.

Zeolit memiliki karakteristik lain yaitu akibat adanya pemanasan, zeolite mudah melepas air, tetapi dapat dengan mudah mengalami pengikatan kembali apabila suhu udara lembab oleh molekul air.

Sebab dari itu, sifat zeolite sering digunakan pada bahan pengering. Karakteristik lain dari Zeolit adalah proses pelepasan Kation dan digantikan Kation

lainnya dilakukan dengan mudah. Misalnya ketika pelepasan natrium dan tergantikan oleh ikatan Magnesium dan Kalsium. Sehingga Zeolite dapat dimanfaatkan agar air menjadi lunak (Nasution, 2020).

Hal yang mendukung kenapa Batu Zeolit sebagai alternatif pengganti agregat kasar dalam pembuatan beton :

1. Ketersediaan yang relatif melimpah dan dapat di temukan di banyak lokasi termasuk di indonesia
2. Sifat fisik zeolit memiliki struktur berpori yang mampu menyerap dan melepas air, yang dapat membantu dalam proses peningkatan dan pengerasan beton

II.4 Campuran Beton

Komposisi yang solid pada campuran beton berasal dari bahan penyusun beton yang berkualitas. Sebelum dilakukan percobaan secara langsung, bahan campuran dapat uji dan dilakukan di laboratorium. Untuk menjaga konsistensi formulasi nya, proses pengolahan dan pencampuran berkualitas dapat mutu tinggi, akan ada proses pelaksanaannya tidak ditinjau.

Setelah mendapatkan formulasi beton yang direncanakan. Campuran harus disesuaikan dengan kapasitas alat aduk (molen). Pada umumnya proses pengadukan dapat dilakukan hingga didapatkan sifat plastis dalam campuran beton segar. Cirinya keenceran yang cukup dan bersifat homogeny.

Ketika pencampuran beton dilakukan, ada pendataan secara menyeluruh perihal jumlah yang dihasilkan *batch*-aduk, jumlah komposisi material, lokasi, waktu dan tanggal pencampuran serta penuangan adonan beton. Agar terhindar dari segregasi dan *bleeding*, yang perlu dilakukan pada saat proses penuangan campuran beton segar, antara lain sebagai berikut:

- a. Beton segar dituangkan pada cetakan dengan jarak sedekat mungkin, agar mencegah segregasi terjadi.
- b. Kecepatan penuangan harus disesuaikan sehingga beton segar tetap dalam kondisi atau keadaan plastis, sehingga mudah mengalir dalam cetakan.

- c. Beton segar yang sudah mengalami pengerasan dan tercampur oleh benda asing lain harus dipisahkan.
- d. Campuran beton yang mengalami penambahan jumlah air dan setengah mengeras harus dipisahkan.
- e. Selanjutnya beton dipadatkan secara menyeluruh pada cetakan beton, sehingga tidak terdapat rongga udara.

II.5 Perawatan Beton

Perawatan (*Curing*) bertujuan agar beton terhindar dari panas hidrasi yang disebabkan oleh suhu dan dapat mengurangi kualitas mutu beton. Proses perawatan dan bahan serta alat menentukan kualitas beton yang dihasilkan, khususnya mutu kuat tekannya. Waktu dalam proses perawatan beton perlu diperhatikan dan tersusun dengan baik. Proses pengerasan secara sempurna pada beton berlangsung selama 28 hari, oleh karena itu sebelum 28 hari beton mempunyai jumlah kuat tekan yang berbeda-beda. Pembasahan dengan air merupakan proses perawatan yang bisa dilakukan. Beberapa cara dalam proses perawatan beton antara lain:

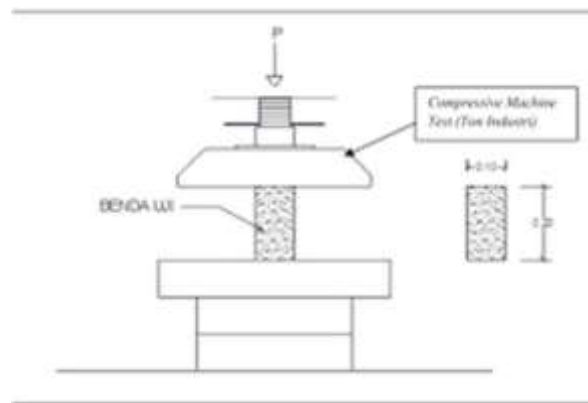
- a. Meletakkan beton segar di ruangan bersuhu lembab.
- b. Memaksimalkan penggunaan air yang menyelimuti permukaan beton.
- c. Permukaan beton ditutup oleh karung basah, agar tetap terjaga kelembapannya.
- d. Menyiram karung secara terus menerus dengan air.

II.6 Kuat Tekan Beton

Dalam perencanaan struktur, beton dapat menahan tegangan tekan dan tidak dapat menahan tegangan tarik. Maka dari itu, pada dasarnya kekuatan tekan beton merupakan acuan utama atau panduan untuk dapat menentukan kualitas dan mutu beton.

Sifat mekanis beton dapat menambah perkiraan kuat tekan. Uji kuat tekan dapat dihitung berdasarkan standar ASTM C39/C39M-20 "*Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*". Adapun proses uji beton yaitu :

- a. Proses penimbangan dan pendatan benda uji.
- b. Benda uji diletakkan ditengah plat pada mesin penekan.
- c. Mesin hidrolik melakukan proses pembebanan secara kontinyu, mengakibatkan beton mengalami titik kehancuran (jarum penunjuk bergerak turun).



Gambar 2. 1 Skema Pengujian Kuat Tekan Beton

(Sumber: <http://repository.utu.ac.id/1424>)

- d. Jarum penunjuk dicatat apabila menunjukkan beban maksimum
- e. Perhitungan kuat tekan beton dapat menggunakan rumus berikut:

Rumus :
$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

- | | |
|--------|---|
| f'_c | = Kuat tekan beton (MPa) |
| P | = Beban Tekan (N) |
| A | = Luas Penampang Benda Uji (mm ²) |

II.7 Penelitian Terdahulu

1. C Aditya (2017) Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh penggantian pasir dengan limbah marmer dan pengantian PC dengan serbuk zeolit terhadap kuat tekan, penyerapan air dan berat jenis bata ringan CLC. Rancangan

eksperimen dilakukan pada delapan variasi komposisi bahan dengan penggantian 20%, 40%, 60% zeolit dan 20%, 80% limbah marmer. Hasil eksperimen menunjukkan penggunaan serbuk zeolit 20% dan limbah marmer 80% menghasilkan kuat tekan bata ringan CLC yang optimal. Penggunaan limbah marmer dan serbuk zeolit menimbulkan kenaikan pada berat jenis dan penyerapan air bata ringan CLC rata-rata sebesar 23% dan 14%. Komposisi campuran bata ringan CLC paling optimal ditinjau dari kuat tekan, berat jenis dan penyerapan air yang memenuhi standar untuk perbandingan 1 perekat : 2 agregat adalah pada 80% PC, 20% Zeolit, 20% Pasir dan 80% Limbah marmer (0,8 PC : 0,2 Zlt : 0,3 Ps : 1,2 PsL).

2. Abdi Hilman, Hendri Warman, Yulcherlina (2024) Dalam penelitian ini dilakukan penambahan zeolit ketika pembuatan beton. Pada penelitian ini variasi zeolit yang dimasukkan pada penggantian sebagian semen dengan persentase 0%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15%. Nilai uji Kuat Tekan beton maksimal dengan variasi 12,5% sebesar 30,4 MPa. Porositas dengan nilai optimum pada varian 12,5% sebesar 15,58%. Berdasarkan penelitian ini zeolit bisa digunakan sebagai bahan campuran pada beton. Kata Kunci : Beton, Kuat Tekan, Porositas, Zeolit
3. Achfas Zacoeba , Mahmud Rekarifin Poerwadib (2017) Penelitian ini melibatkan pembuatan benda uji SCC dengan variasi kadar zeolit, yaitu 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat semen, serta dengan Faktor Air Semen (FAS) 0,49 dan superplasticizer 1,5% dari berat semen. Pengujian dilakukan untuk menilai waktu ikat, fillingability, passingability, dan kekuatan tekan SCC dengan berbagai kadar zeolit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar zeolit, semakin lama waktu ikat yang dibutuhkan. Sementara fillingability dan passingability meningkat seiring dengan peningkatan kadar zeolit.

Kekuatan tekan optimum tercapai pada 28,06MPa setelah 28 hari dengan kadar zeolit 10%. Analisis regresi menunjukkan penambahan kadar zeolit optimal adalah 10,25%, dengan persamaan $y = -0,02x^2 + 0,41x + 24,96$ dan $R^2 = 0,69$.

4. Rizal Fandi Prastyo (2012) Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan parameternya pada campuran fly ash dan zeolit menggunakan variasi molaritas 8M dan 10M kondisi W/S=0,35 dan SS/SH=1,5. Benda uji mortar geopolimer menggunakan perbandingan campuran fly ash dan zeolit dengan 5 variasi pada setiap molaritas 8M dan 10M. Pengujian benda uji meliputi pengujian pengikatan awal dan akhir (Uji vicat) dan pengujian kuat tekan pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Hasil Penelitian diperoleh bahwa nilai kuat tekan optimum yang dihasilkan oleh mortar geopolimer 8M pada variasi penambahan zeolit sebesar 10% dengan nilai kuat tekan 36,87 MPa, waktu pengikatan awal pada menit ke 65, dan berat volume 2,31 gram/cm³ . Mortar geopolimer 10M kuat tekan optimum pada variasi penambahan zeolit sebesar 5% dengan nilai kuat tekan 37,49 MPa, waktu pengikatan awal pada menit ke 60, dan berat volume 2,32 gram/cm³ . Hasil ini menunjukkan bahwa nilai kuat tekan yang dihasilkan mortar geopolimer lebih tinggi. Kata kunci : Fly ash, Geopolimer, Kuat Tekan, dan Zeolit.
5. Sumantri, Bondan Bagus and Yusuf, Muhammad Daud (2022) penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat – sifat teknis agregat beton dengan batu zeolit, pengaruh perbandingan atau komposisi batu zeolit terhadap berat volume dan kuat tekan yang paling optimum dari 3 komposisi beton agregat kasar batu zeolit dibandingkan dengan agregat normal. Penelitian tersebut berupa 3 macam percobaan persentase batu zeolit pada bahan penyusun beton uji yaitu : 15%, 25%, dan 35%. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa berat volume beton segar dan keras tertinggi

didapat oleh beton normal yaitu 2409,45 kh/m³ dan 2332,1 kg/m³ sedangkan untuk hasil kuat tekan tertinggi didapatkan pada beton dengan penambahan 25% batu zeolit yaitu sebesar 16,26 Mpa.

6. AJ Sudagar, S Andrejkovičová, F Rocha, C Patinha, maria R. Soares, ana Luisa Velosa, and Eduardo Ferreira da silva (2021) Metakaolin (MK) yang dibuat dari kaolin bermutu rendah yang terletak di wilayah Alvarães (A) dan Barqueiros (B) di Portugal digunakan sebagai sumber aluminosilikat untuk membandingkan efeknya terhadap kekuatan tekan dan penyerapan logam berat pada geopolimer. Zeolit alam, adsorben yang murah dan efisien, digunakan sebagai aditif dalam formulasi untuk meningkatkan kapasitas penyerapan geopolimer dan mengurangi dampak lingkungan akibat penggunaan MK. Geopolimer disintesis dengan penggantian MK dengan zeolit hingga 75 wt.% (A25, B25—25% MK 75% zeolit; A50, B50—50% MK 50% zeolit; A75, B75—75% MK 25% zeolit; A100, B100—100% MK). Rasio molar SiO₂/Al₂O₃ dan Na₂O/Al₂O₃ dipertahankan pada 1 untuk mengurangi dampak lingkungan natrium silikat dan natrium hidroksida. Kristalografi geopolimer diidentifikasi menggunakan analisis difraksi sinar-X. Morfologi permukaan diamati dengan mikroskop elektron pemindaian untuk memahami efek penggabungan zeolit. Analisis kimia menggunakan spektroskopi fluoresensi sinar-X dan spektroskopi sinar-X dispersif energi menghasilkan informasi tentang rasio Si/Al geopolimer. Nilai kuat tekan geopolimer yang diperoleh setelah 1, 14, dan 28 hari pengawetan menunjukkan kekuatan geopolimer yang tinggi dengan 100% MK (A100—15,4 MPa; B100—32,46 MPa). Oleh karena itu, zeolit tidak membantu dalam peningkatan kuat tekan kedua geopolimer berbasis MK. Uji adsorpsi logam berat (Cd²⁺, Cr³⁺, Cu²⁺, Pb²⁺, dan Zn²⁺) menunjukkan kapasitas adsorpsi yang

relatif lebih tinggi dari geopolimer berbasis Barqueiros MK untuk semua logam berat kecuali Cd^{2+} . Selain itu, zeolit memengaruhi adsorpsi kation divalen secara positif pada geopolimer yang diproduksi dari Barqueiros MK karena B75 menunjukkan kapasitas adsorpsi tertinggi, tetapi pengaruh tersebut tidak diamati untuk geopolimer berbasis Alvarães MK. Tren umum adsorpsi logam berat dari kedua geopolimer berbasis MK adalah $\text{Pb}^{2+} > \text{Cd}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Cr}^{3+}$ saat disesuaikan dengan model adsorpsi isotherm Langmuir. Karakteristik MK dan zeolit memengaruhi struktur, kekuatan, dan kapasitas adsorpsi geopolimer.

BAB III

METODOLOGI

III.1 Umum

Pelaksanaan merupakan salah satu agar mendapatkan data yang valid yang diharapkan. Setelah data-data ditemukan maka dapat dikembangkan atau dibuktikan sehingga akan digunakan untuk mengantisipasi masalah tertentu, memecahkan dan sampai memahami masalah tersebut. Oleh karena itu, berbagai metode penelitian dikelompokkan menurut jenisnya, antara lain metode, tujuan dan bidang, tingkat eksplanasi maupun waktu juga berpengaruh dalam hasil metode tersebut.

Pelaksanaan penelitian secara eksperimental di Laboratorium Universitas Fajar Makassar. Obyek penelitian adalah “Experimental batu zeolit sebagai substitusi agregat kasar terhadap kuat tekan beton”.

III.2 Waktu dan lokasi

Penelitian direncanakan dan dilaksanakan dalam 4 (empat) minggu yang berlokasi di Universitas Fajar Makassar.

III.3 Sampel penelitian

Penelitian Kepustakaan seringkali dilakukan dengan cara mengumpulkan dan memahami literature yang pernah dibuat sebelumnya dan berkaitan dengan inovasi yang akan dilakukan. Dalam hal ini, penulis mempelajari literatur yang berkaitan dengan inovasi beton dan batu zeolite. Berbagai sumber untuk menemukan literatur antara lain berupa paper, jurnal, karya ilmiah dan website lainnya. Kajian ini diharapkan dapat menambah wawasan ataupun mempertegas teori perlu adanya analisis dan mendapatkan hasil data yang valid.

Table III. 1 Variasi Penambahan Batu Zeolit Dan Jumlah Benda Uji

Variasi	Kuat Tekan 7 Hari	Kuat Tekan 28 Hari	Jumlah
0%	3	3	6
5%	3	3	6
10%	3	3	6
15%	3	3	6
Total benda uji :			24

III.4 Persiapan Alat dan Bahan

Pada pelaksanaan dilaksanakan penulis menggunakan peralatan dan bahan material yang menunjang pelaksanaan eksperimen.

III.4.1 Alat

Table III. 2 Adapun alat-alat yang digunakan dalah sebagai berikut:

No	Nama alat	Gambar alat
1.	Timbangan	 Gambar III. 1
2.	Mesin <i>Sieve Shaker</i>	 Gambar III. 2
3.	Oven	 Gambar III. 3
4.	Cetakan Benda Uji	 Gambar III. 4

5.	Satu Set Saringan (standar ASTM)	 Gambar III. 5
6.	Compressing <i>Test machine</i> (CTM)	 Gambar III. 6
7.	Kerucut Abrams (slump test)	 Gambar III. 7
8.	Mesin <i>Los Angeles</i>	 Gambar III. 8

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

III.4.2 Bahan

Table III. 3 Adapun bahan yang dapat digunakan pada penelitian, sebagai berikut:

No	Nama bahan	Gambar bahan
1.	Semen Portland	 Gambar III. 9

2.	Pasir (agregat halus)	 Gambar III. 10
3.	Kerikil (agregat kasar)	 Gambar III. 11
4.	Air	 Gambar III. 12
5.	Batu Zeolit	 Gambar III. 13

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

III.7 Perhitungan Mix Design

Pencampuran Bahan (*Design Mix*) Pada Pelaksanaan Ini Dilakukan Dengan Menambahkan Batu Zeolit Kedalam Campuran Beton Dengan Mutu Normal Slump Rencana 80 – 120 Mm Dengan Persentase substitusi 5 %, 10 %, Dan 15 % Komposisi Campuran Bahan Beton Dilakukan Sesuai SNI 032493-1991 (Standar Nasional Indonesia “Metode Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji Beton Di Laboratorium), SNI 03-1750-1990 (Mutu Dan Cara Uji Agregat Beton), SNI 152049-1994 (Semen Portland).

Pengadukan Beton meliputi :

1) Umum

Aduklah beton dalam sebuah pengaduk yang umum di gunakan atau di aduk dengan tangan dalam sebuah wadah yang banyaknya 10% melebihi

dari adukan beton yang diperlukan dalam pencetakan benda uji. Cara pengadukan dengan tangan kurang begitu bagus untuk kadar udara pada beton di samping nilai slump juga tidak tetap. Pengadukan dengan tangan tidak boleh lebih dari 7 liter setiap mengaduk.

2) Pengadukan dengan Mesin

Jalan mesin aduk terlebih dahulu kemudian di masukkan agregat kasar dan sejumlah air asukan atau di sesuaikan dengan tipe mesin adukan.

Apabila penambahan bahan tersebut tidak dapat dilakukan pada saat mesin di aduk berjalan, maka mesin aduk dapat dihentikan terlebih dahulu. Beton diaduk kembali setelah seluruh bahan masuk kedalam tempat pengaduk (mixer) selama 3 menit, kemudian 3 menit berhenti dan dilanjutkan 2 menit diaduk kembali sampai rata betul selama berhenti dalam pengadukan, tempat adukan (mixer) harus ditutup rapat. Agar tidak terjadi segregasi, sisa adukan dibersihkan dan dicampur kembali ke dalam campuran dan diaduk kembali dengan menggunakan sendok aduk atau sekop sampai didapatkan adukan yang rata.

3) Pengadukan dengan Tangan

Campurlah adukan pada sebuah wadah yang bersih dan kedap air yang telah dibasahi terlebih dahulu. Alat pengaduk dapat digunakan sekop, dengan kondisi agregat sesuai dengan yang telah diuraikan pada pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

- Campurlah semen dengan bubuk bahan tambahan (apabila berupa bubuk dan tidak larut dalam air) dan pasir tanpa air terlebih dahulu hingga didapatkan campuran yang rata.
- Tambahkan agregat kasar dan diaduk tanpa air terlebih dahulu sampai distribusi kerikil terlihat rata betul dan sempurna. Selanjutnya air adukan yang telah dicampur dengan bahan tambahan (bila digunakan berupa cairan) ditambahkan dan diaduk sampai didapatkan adukan beton yang homogen dan kekentalan yang sesuai dengan beton yang diinginkan.

- Adukan Beton Ambillah adukan beton untuk pracetak benda uji yang dapat mewakili sifat dan kondisi adukan beton sebelum di cetak, di lakukan kembali pengadukan selanjutnya ditutup rapat permukaannya agar tidak terjadi penguapan.

III.8 Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini tahap pembuatan silinder beton merupakan replikasi beton dan biasa digunakan dalam pembangunan. Adonan beton yang dituangkan pada silinder beton merupakan sampel yang akan digunakan untuk tes uji kuat tekan. Total silinder beton yang dibuat harus sesuai dengan volume adukan beton.

Adapun metode pelaksanaan pengujian beton antara lain:

1. Proses pengisian beton segar dilakukan dalam 3 lapis, setiap lapisnya diusahakan mempunyai volume yang sama.
2. Pada proses pengisian ini dibantu dengan alat cetok dan memasukkan beton segar ke bagian tepi silinder sehingga diperoleh beton dengan ukuran simetri
3. Penusukan setiap lapisan menggunakan besi/baja panjang kira kira slebih tinggi dari silinder beton. Penusuk dilakukan sebanyak 25 kali. Penusukan harus dilakukan secara merata ke semua permukaan lapisan dengan kedalamn sampai sedikit masuk ke lapisan sebelumnya. Khusus untuk lapisan pertama, penusukanjangan sampai mengenai dasar cetakan.
4. Setelah proses diatas selesai, beton silinder harus dipindahkan ke ruangan yang lembab, agar terjaga kondisi suhunya.

Setelah proses pemadatan, selanjutnya adalah proses penyimpanan benda uji diantaranya:

1. Selama hampir 24 jam beton dalam cetakan dikeluarkan.
2. Kotoran dalam benda uji yang menempel perlu dibersihkan. Berilah tanda agar memudahkan untuk mendata saat pengujian kuat tekan beton ataupun proses penimbangan.

3. Setelah dikeluarkan dalam cetakan, benda uji harus tetap berada pada ruang yang bersuhu lembab agar tetap terjaga suhunya
4. Perlu diingat apabila saat proses penuangan beton dan setelah mengeluarkan beton dari cetakan, beton harus ditutup rapat. Tujuannya agar beton terhindar dari panas matahari langsung (misalnya menggunakan kertas kedap air).

III.9 Perawatan Benda Uji

Proses perawatan beton dapat dilakukan ketika proses pengerasan beton dimulai. Hal ini bertujuan menjaga kondisi beton agar tidak kehilangan air dan kelembaban suhu beton tetap terjaga, sehingga mutu beton tinggi dapat dicapai yang diinginkan. Proses perawatan beton dapat dilakukan satu hari setelah pembuatan benda uji. Perendaman beton dalam air (curing), hal ini sangat penting pada pengembangan dayatahan dan kekuatan beton.

III.10 Pengujian Benda Uji

Kualitas dari mutu beton dapat diketahui dengan cara pengujian beton. Apabila hasil uji beton tidak sesuai yang telah direncanakan sebelumnya, maka perlu ditinjau lagi proses pengendalian dan pengawasan atas pembuatan campuran beton.

Metode pengujian pada beton secara umum, dibedakan dua jenis yaitu cara merusak (*Destructive Test*) dan tanpa merusak (*Non Destructive Test*). Metode pengujian pada penelitian ini menggunakan cara tanpa merusak (*Non Destructive Test*) yaitu pengujian slump dan dengan cara merusak (*Destructive Test*) yaitu pengujian kuattekan beton.

A. Pengujian Slump

Uji Slump digunakan sebagai tolak ukur keenceran beton. Hal ini mempengaruhi tingkat kesulitan pengerjaan (*workability*). Apabila nilai slump yang tinggi, artinya adukan beton semakin cair.

Untuk mempermudah pengujian digunakan alat kerucut Abrams, berikut merupakan langkah dalam proses pengujian:

- 1) Mencampurkan beton segar kedalam kerucut secara bertahap dan sesegera mungkin. Setiap lapis dipadatkan dan terdapat 3 lapis, untuk meratakan adonan beton dengan

cara ditusuk dan menjatuhkan tongkat baja secara bebas sebanyak 25 kali. Tongkat ini berukuran diameter 16 mm, panjang 60 cm.

- 2) Setelah beton dituangkan, bagian atas kerucut abrams diratakan, dan diammkan selama 30 detik.
- 3) Kerucut Abrams diangkat kearah vertikal (keatas), tidak bersentuhan terhadap campuran beton.
- 4) Setelah kerucut diangkat dilakukan pengukuran slump dengan cara posisi kerucut Abrams dibalik dan diletakkan di sisi adukan. Kemudian diukur ketinggian penurunan. Pengukuran dilakukan tiga kali secara berulang menggunakan meteran, kemudian dihitung dan dirata-rata.
- 5) Hasil perhitungan menunjukkan nilai slump.

B. Pengujian Kuat Tekan Beton

Benda uji silinder (d: 100 mm dan t:200 mm) digunakan untuk proses pengujian kuat tekan beton. Proses ini berdasarkan pada SNI 03-1974- 2011.

Berikut langkah uji kuat tekan beton:

- 1) Mengambil benda uji dan menimbang masing-masing benda uji. Hasil dari timbangan dicatat.
- 2) Satu persatu secara bergantian benda uji diletakkan ditengah mesin tekan
- 3) Mencatat beban maksimum pada dial. Dilakukan setelah benda uji mencapai titik hancur.
- 4) Pembersihan sisa pecahan benda uji pada mesin tekan.

III.12 Olah Data

a. Memasukkan Data

Masukkan data hasil uji kuat tekan beton ke dalam lembar kerja Excel. Atur data dalam bentuk tabel dengan kolom-kolom untuk:

- Persentase batu zeolite
- Kuat tekan beton (MPa)

b. Menghitung Rata-rata dan Standar Deviasi

Hitung rata-rata dan standar deviasi untuk setiap kelompok persentase penambahan batu zeolite. Gunakan fungsi *Excel AVERAGE* dan *STDEV*.

c. Analisis Regresi

Gunakan fitur Data Analysis di Excel untuk melakukan analisis regresi. Pilih Data Analysis -> Regression, lalu masukkan data untuk variabel independen (persentase batu zeolite) dan variabel dependen (kuat tekan beton).

Nilai Maksimal Formulasi Zeolite Sebagai Substitusi Agregat Kasar

a. Penentuan Standar Layak Fungsi:

- Identifikasi standar kuat tekan minimum yang harus dipenuhi beton untuk layak fungsi pada struktur bangunan. Misalnya, standar SNI 03-2847-2002 atau standar internasional yang relevan.

b. Pengujian dan Pengolahan Data:

- Lakukan serangkaian uji coba dengan variasi persentase batu zeolite sebagai agregat kasar.
- Menghitung Rata-rata dan Standar Deviasi:
Hitung rata-rata dan standar deviasi untuk setiap variasi formulasi.
- Analisis Data
Buat tabel yang mencantumkan hasil kuat tekan untuk setiap persentase penambahan zeolite dan bandingkan dengan standar yang ditetapkan.

c. Penentuan Nilai Maksimal

- Tentukan persentase maksimum batu zeolite yang menghasilkan kuat tekan beton sesuai atau melebihi standar layak fungsi.

III.13 Analisis Data

a. Interpretasi Hasil Regresi

- Nilai koefisien regresi dan nilai R-squared akan membantu memahami seberapa besar pengaruh persentase penambahan batu zeolite terhadap kuat tekan beton.
- Analisis apakah hubungan tersebut linear atau non-linear.

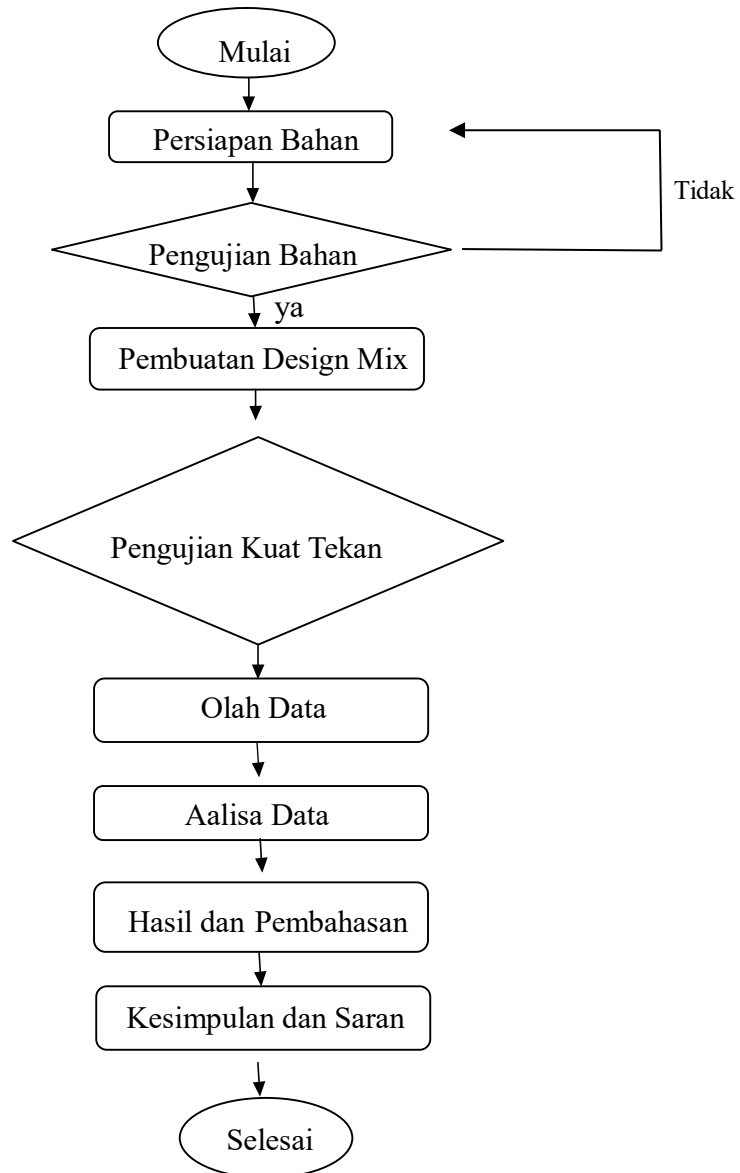
b. Penentuan Standar Layak Fungsi

Identifikasi persentase batu zeolite maksimum yang masih menghasilkan kuat tekan beton di atas standar minimum yang diperlukan.

- Buat grafik yang menunjukkan persentase batu zeolite versus kuat tekan beton dan bandingkan dengan garis standar minimum.

III.14 Bagan Alur Penelitian

Berikut merupakan alur penelitian yang dilakukan agar proses pembuatan beton dapat terjadi.



Gambar III. 14 Bagan Alur Tahapan Penelitian

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil Karakteristik Agregat

IV.1.1 Agregat Halus

Material yang dipakai dalam penelitian ini adalah agregat yang berasal dari alam yakni agregat halus (pasir). Pengujian agregat halus dilakukan di laboratorium Universitas Fajar.

Table IV. 1 Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis pengujian	Hasil Pengujian Agregat Halus	Interval	Keterangan
1	Kadar Lumpur	3,32%	0,2% - 5%	Memenuhi
2	Kadar Air	3,19%	3% - 5%	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas	1,48	1,4 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
	b. Kondisi Padat	1,64	1,4 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
4	Absorpsi	1,77%	0,2 - 2%	Memenuhi
5	Berat Jenis			
	a. Bj. Nyata	2,29	1,60 - 3,30	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering	2,20	1,60 - 3,31	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan	2,24	1,60 - 3,32	Memenuhi
6	Modulus Kehalusan	2,8	2,3 - 3,1	Memenuhi
7	Kadar Organik	No.2	<No.3	Memenuhi

Sumber : Laboratorium Universitas Fajar

Pada tabel di atas menjelaskan hasil pengujian agregat halus dan hasil pengujianya tersebut memenuhi dari interval

IV.1.2 Agregat Kasar

Material yang di pakai dalam penelitian ini adalah agrgat yang barasal dari alam yakni agregat Kasar (Kerikil). Pengujian agregat kasar di lakukan di labolatorium Teknik Sipil Universitas Fajar. Hasil Pengujian Agregat Kasar (Kerikil) Berdasarkan pada SNI (Standar Nasional Indonesia).

Table IV. 2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis pengujian	Hasil Pengujian Agregat Kasar	Interval	Keterangan
1	Kadar Lumpur	0,36%	Maks 1%	Memenuhi
2	Kadar Air	1,24%	0,5% - 2%	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas	1,61	1,6 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
	b. Kondisi Padat	1,67	1,6 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
4	Absorpsi	0,82%	Maks 4%	Memenuhi
5	Berat Jenis			
	a. Bj. Nyata	2,69	1,60 - 3,33	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering	2,63	1,60 - 3,33	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan	2,65	1,60 - 3,33	Memenuhi
6	Modulus Kehalusan	6,24	6 - 7,1	Memenuhi
7	Keausan	39, 7	Maks 50%	Memenuhi

Sumber : Laboratorium Universitas Fajar

Pada tabel di atas menjelaskan hasil pengujian agregat kasar dan hasil pengujianya tersebut memenuhi dari interval

IV.1.3 Batu Zeolit

Hasil pengujian dari karakteristik batu zeolit dilakukan sesuai dengan metode pengujian dari standar nasional indonesia (SNI). Agregat yang digunakan pada penelitian ini adalah batu zeolit dari hasil pengujian di laboratorium Universitas Fajar. Dengan hasil pengujian dilihat pada tabel IV.3.

Table IV. 3 Nilai Karakteristik Batu Zeolit

No	Jenis pengujian	Hasil Pengujian Batu Zeolit	Interval	Keterangan
1	Kadar Lumpur	0,10%	Maks. 1%	Memenuhi
2	Kadar Air	0,40%	Maks. 2%	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas	1,29	1,2 – 1,75 kg/liter	Memenuhi
	b. Kondisi Padat	1,55	1,2 – 1,7 5kg/liter	Memenuhi
4	Absorpsi	3,54%	Maks 4%	Memenuhi
5	Berat Jenis			
	a. Bj. Nyata	2,64%	Min. 1%	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering	2,42%	Min. 1%	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan	2,50%	Min. 1%	Memenuhi
6	Modulus kehalusan	6,71%	6 - 7,1%	Memenuhi
7	Keausan	22,1%	Maks 40%	Memenuhi

Sumber : Hasil pengujian dan perhitungan laboratorium Teknik sipil UNIFA Dari tabel di atas di jelaskan pengujian karakteristik dari batu zeolit dan untuk nilainya memenuhi dan bisa untuk dijadikan sebagai substitusi agregat kasar

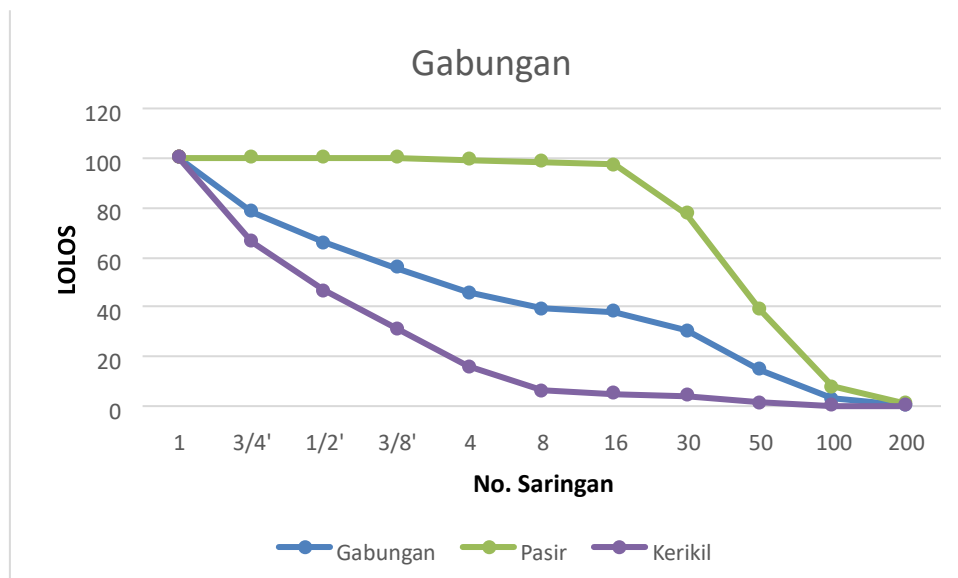
IV.1.4 Gradasi Gabungan Agregat

Hasil pengujian karakteristik agregat halus dan agregat kasar dalam penelitian ini sesuai dengan standar SNI yang berlaku. Dari hasil pengujian ini dapat dilihat pada tabel IV.4.

Table IV. 4 Gradasi Gabungan Agregat

Nomor Saringan mm	Persentase lolos (%)		Pasir X 36%	Kerikil X 64%	Agregat Gabungan
	Pasir	Kerikil			
1	100	100	36	64	100
3/4'	100	66,12	35,7	43	78
1/2'	100	46,71	35,7	30,0	65,7
3/8'	100	31,13	35,7	20,0	55,7
4	99,34	15,73	35,5	10,1	45,6
8	98,35	6,19	35,1	4,0	39,1
16	97,34	4,93	34,8	3,2	37,9
30	77,54	4,10	27,7	2,6	30,3
50	38,93	1,29	13,9	0,8	14,7
100	7,79	0,00	2,8	0,0	2,8
200	1,13	0,00	0,4	0,0	0,4
Jumlah	720,42	176,20	257,29	113,27	370,56

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar



Gambar IV. 1 Grafik Gradasi Gabungan Agregat

Pada gambar IV.4 hasil gabungan agregat pada sumbu horizontal menunjukkan ukuran saringan yang digunakan dalam distribusi butiran. Saringan dengan nomor yang lebih kecil seperti 1, 2/4", dan 3/8", memiliki lubang yang lebih besar, sememntara saringan dengan nomor yang lebih besar seperti 50, 100, dan 200 memiliki lubang yang lebih kecil. Pada sumbu vertical menunjukkan

persentase material yang lolos atau melewati setiap saringan. Semakin tinggi nilainya maka semakin banyak material yang lolos pada saringan. Pada kurva berwarna biru terdapat merupakan gabungan dari agregat halus dan agregat kasar, pada kurva berwarna hijau menggambarkan ukuran butir pasir, dan sedangkan pada kurva berwarna ungu menggambarkan ukuran butiran kerikil.

IV.2 Mix Design

Pada penelitian ini mutu beton yang direncanakan yaitu 25 MPa. Dari hasil pemeriksaan material dan perhitungan Mix Design, komposisi agregat penyusun beton (mix design).

Table IV. 5 Mix design beton 1 silinder yaitu 0,0016 m³

Material	Berat material (kg /m ³)	Satuan
Air	225	Liter
Semen	401	Kg
Pasir	654	Kg
Kerikil	1.068,26	Kg

Sumber : laboratorium Teknik sipil Universitas Fajar

Tabel di atas menjelaskan mix design yang akan di gunakan pada campuran 1 silinder

Table IV. 6 Mix design beton 3 silinder yaitu 0,0057 m³

Variasi	Berat Material				
	Air	Semen	Pasir	Kerikil	Batu Zeoli
0%	1,27 kg	2,27 kg	3,70 kg	6,04 kg	0
5%	1,27 kg	2,27 kg	3,70 kg	5,736 kg	0,302 kg
10%	1,27 kg	2,27 kg	3,70 kg	5,434 kg	0,604 kg
15%	1,27 kg	2,27 kg	3,70 kg	5,132 kg	0,906 kg

Sumber : Laboraturium Teknik Sipil Universitas Fajar.

Tabel menunjukkan variasi berat material dalam pencampuran beton dengan batu zeolit sebagai substitusi agregat kasar. Air, semen, dan pasir tetap masing-masing 1,27 kg, 2,27 kg, dan 3,70 kg. Berat kerikil berkurang seiring penambahan zeolit: tanpa zeolit (0%), kerikil 6,04 kg, 5% zeolit, kerikil 5,736 kg dan zeolit 0,302 kg; 10% zeolit, kerikil 5,434 kg dan zeolit 0,604 kg; 15% zeolit, kerikil 5,132 kg dan zeolit 0,906 kg. Penambahan zeolit menggantikan sebagian kerikil



Gambar IV. 2 dokumentasi Mix Design

Pada gambar IV.2 hasil dari Mix design (pencampuran bahan), bahan yang digunakan yaitu air, semen, dan kerikil dengan berat yang ditentukan dalam 1 silinder yaitu pada tabel IV.5. dan pada tabel IV.6 yaitu perhitungan untuk 3 silinder, pada proses ini dapat dilihat proses pengerjaan pencampuran bahan, sehingga menghasilkan beton segar.

IV.3 Pemeriksaan Uji Slump Beton

Nilai slump beton saling keterkaitan dengan kebutuhan air pada campuran beton, penentuan kebutuhan air pada campuran beton di tentukan melalui nilai slump. Nilai slump yang di ambil dari tabel 2.4 adalah 100-140 mm. Pemeriksaan slump beton pada benda uji di tunjukan pada tabel IV.7.

Table IV. 7 Hasil pemeriksaan uji slump beton.

No	Nama	Nilai Slump Beton (mm)
1.	Beton Normal	10
2.	Beton + 5% Zeolit	10,4
3.	Beton + 10% Zeolit	10,7
4.	Beton + 15% Zeolit	11,3

Sumber : laboratorium Universitas Fajar

Pada tabel IV.7 menunjukkan bahwa penambahan zeolit pada beton meningkatkan nilai slump, yang mengukur konsistensi atau kemampuan alir beton segar. Beton normal memiliki nilai slump 10 mm, sedangkan penambahan zeolit 5%, 10%, dan 15% meningkatkan nilai slump menjadi 10,4 mm, 10,7 mm, dan 11,3 mm. Ini menunjukkan bahwa zeolit membuat beton lebih mudah dikerjakan



Gambar IV. 3 Dokumentasi Test Slump

Pada gambar IV.3 hasil dari uji slump tekan beton normal dan beton uji tersebut menunjukkan bahwa dari ketiga beton uji tersebut yang nilai slumpnya paling mendekati beton normal adalah variasi 5% zeolit.

IV. 4 Pengujian Kuat Tekan

Pada pengujian kuat tekan beton menggunakan universal testing machine (UTM) kapasitas 300 KN pada saat benda uji berumur 7 dan 28 hari dengan menggunakan sampel ukuran (10 x 20) cm. Yang terdiri dari 3 sampel pada setiap variasi yang

dilakukan curing dengan perendaman air tawar yang dilakukan selama 7 dan 28 hari dengan benda uji sebanyak 24 benda uji.

IV.4.1 Kuat Tekan 7 Hari

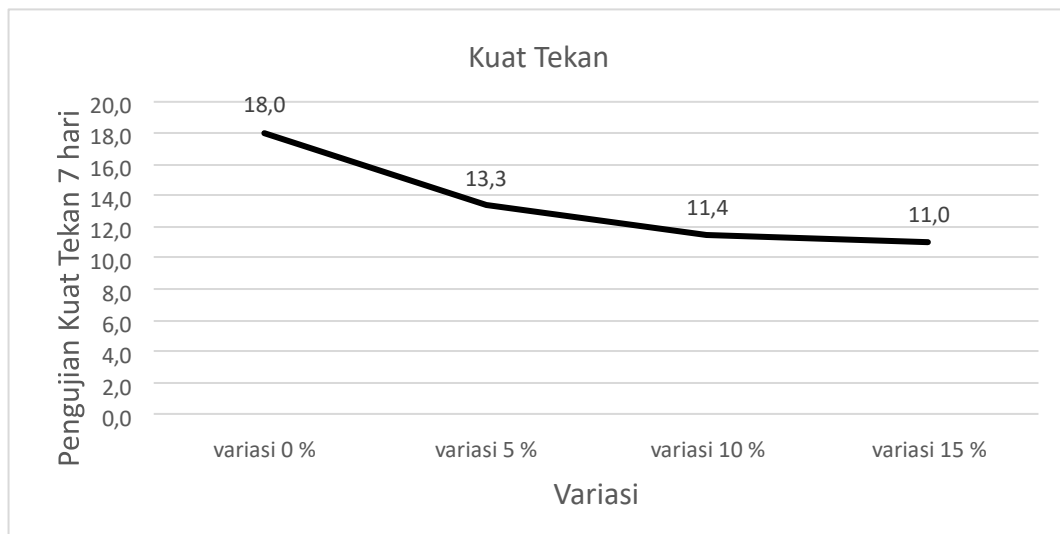
Benda uji diuji pada umur 7 hari. Sampel menggunakan cetakan silinder Tahap pengujian sesuai dengan SNI (standar nasional indonesia).

Table IV. 8 Kuat Tekan 7 Hari

Hasil perhitungan kuat tekan beton 7 hari					
nama sampel	jumlah sampel	luas (mm ²)	P maks (N)	kuat tekan (N/mm ²)	kuat tekan rata - rata N/mm ²
variasi 0 %	1	7875	150000	19,0	18,0
	2	7875	165000	21,0	
	3	7875	110000	14,0	
variasi 5 %	1	7875	105000	13,3	13,3
	2	7875	100000	12,7	
	3	7875	110000	14,0	
variasi 10 %	1	7875	80000	10,2	11,4
	2	7875	110000	14,0	
	3	7875	80000	10,2	
variasi 15 %	1	7875	90000	11,4	11,0
	2	7875	80000	10,2	
	3	7875	90000	11,4	

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar

Pada tabel IV.8 di atas menjelaskan hasil dari kuat tekan beton pada umur 7 hari, semakain tinggi jumlah batu zeolit yang menjadi substitusi batu agregat kasar semakin rendah nilai kuat tekan yang di capai



Gambar IV. 4 Grafik kuat tekan 7 hari



Gambar IV. 5 Dokumentasi variasi 5%

Gambar IV.4 Hasil dari pengujian 7 hari, beton dengan variasi 5% , 10% dan 15%. Dengan nilai BN 18, Zeolit 5% 13,3 , Zeolit 10% 11,4 , Zeolit 15% 11 MPa. Pada gambar IV.5 substitusi yang mendekati nilai kuat tekan beton normal yaitu Zeolit dengan persentase 5%. Semakin banyak jumlah zeolit yang digunakan maka semakin rendah kuat Tekan beton.

IV.4.2 Kuat Tekan 28 Hari

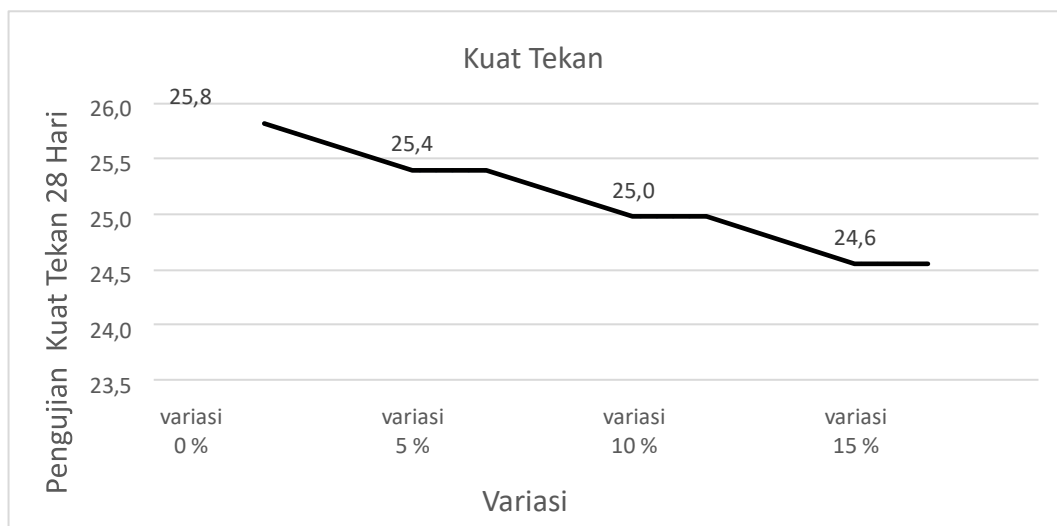
Benda uji diuji pada umur 28 hari. Sampel menggunakan cetakan silinder Tahap pengujian sesuai dengan SNI (standar nasional indonesia).

Table IV. 9 Kuat Tekan 28 Hari

Hasil perhitungan kuat tekan beton 28 hari					
nama sampel	jumlah sampel	luas (mm ²)	P maks (N)	kuat tekan (N/mm ²)	kuat tekan rata - rata N/mm ²
variasi 0 %	1	7875	210000	26,7	25,8
	2	7875	200000	25,4	
	3	7875	200000	25,4	
variasi 5 %	1	7875	200000	25,4	25,4
	2	7875	200000	25,4	
	3	7875	200000	25,4	
variasi 10 %	1	7875	210000	26,7	25,0
	2	7875	190000	24,1	
	3	7875	190000	24,1	
variasi 15 %	1	7875	190000	24,1	24,6
	2	7875	200000	25,4	
	3	7875	190000	24,1	

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar

Pada tabel IV.9 di atas menjelaskan hasil dari kuat tekan beton pada umur 28 hari, semakin tinggi jumlah batu zeolit yang menjadi substitusi batu agregat kasar semakin rendah nilai kuat tekan yang di capai



Gambar IV. 6 Grafik Kuat Tekan 28 Hari



Gambar IV. 7 Dokumentasi Variasi 5%

Gambar IV.6 grafik pada pengujian 28 hari, beton dengan variasi 5% , 10% dan 15%. substitusi yang mendekati nilai kuat tekan beton normal ialah pada variasi 5% dengan nilai 25,4 MPa. Semakin banyak jumlah zeolit yang digunakan maka semakin rendah kuat Tekan beton. Gamabar IV.7 dokumentasi substitusi yang paling mendekati dari mutu beton rencana

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan Penelitian dan pembahasan yang telah di uraikan, maka diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil dari karakteristik batu zeolit, batu zeolit memiliki spesifikasi dan nilai uji yang memenuhi dan hampir mirip dengan agregat kasar pada umumnya sehingga batu zeolit bisa dijadikan sebagai bahan substitusi Agregat kasar dalam beton.

2. Hasil kuat tekan rata – rata pada kuat tekan pada umur 7 hari dengan menggunakan substitusi zeolit sebagai pengganti agregat kasar adalah pada variasi 5% mendapatkan nilai 13,3 Mpa, variasi 10% mendapatkan nilai 11,4 Mpa dan 15% mendapatkan nilai kuat tekan 11,0 Mpa. Persentase yang mendekati pada pengujian 7 hari adalah pada beton normal yang memiliki nilai kuat tekan 18,0 Mpa. Terjadi penurunan pada variasi 5 % sebesar 13,3 Mpa dan mengalami penurunan lagi pada variasi 10 % dan 15 %. Penurunan yang paling menurun ialah pada variasi 15 % dimana kuat tekan betonnya sebesar 11 Mpa. sedangkan Hasil nilai kuat tekan rata – rata dengan menggunakan batu zeolit sebagai agregat kasar pada beton dengan berdasarkan umur beton 28 hari, pada variasi 5% di peroleh hasil sebesar 25,4 Mpa variasi 10% di peroleh 25,0 Mpa dan pada variasi 15% di peroleh 24,6 Mpa. Pada variasi 5% dan 10% nilai kuat tekan yang di dapat pada umur 28 hari sudah mencapai mutu yang di rencanakan yaitu $f'c = 25$ Mpa namun mengalami penurunan di variasi 15%. Jadi pada penelitian kali ini mutu perencanaan yang mencapai ada di variasi 5% dan 10%.

V.2 Saran

1. Untuk peneliti selanjutnya yang tertarik melakukan penelitian mengenai batu zeolit, terutama dalam penggunaannya sebagai substitusi agregat kasar, disarankan agar tidak menggunakan komposisi batu zeolit yang terlalu tinggi. Berdasarkan penelitian ini, penggunaan substitusi dalam jumlah yang relatif kecil telah mampu mencapai mutu beton yang direncanakan. Sebaliknya, penggunaan substitusi dalam jumlah yang lebih besar justru tidak mencapai mutu beton yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi Hilman, Hendri Warman, Yulcherlina (2024) : Dalam penelitian ini dilakukan penambahan zeolit ketika pembuatan beton.
- Achfas Zacoeba , Mahmud Rekarifin Poerwadib (2017) : Penelitian dilakukan dengan pembuatan beton dengan uji scc tanpa zeolit kadar 0% sebagai referensi dan scc dengan kadar 5%,10% dan 15% dari berat semen.
- AJ Sudagar, S Andrejkovičová, F Rocha, C Patinha, maria R. Soares, ana Luisa Velosa, and Eduardo Ferreira da silva (2021) : Metakaolin (MK) yang dibuat dari kaolin bermutu rendah yang terletak di wilayah Alvarães (A) dan Barqueiros (B) di Portugal digunakan sebagai sumber aluminosilikat untuk membandingkan efeknya terhadap kekuatan tekan dan penyerapan logam berat pada geopolimer.
- Asroni (2010) : Beton terbentuk dari pengerasan adonan antara pasir, krikil, semen dan air. Terkadang terdapat tambahan material lain agar memiliki mutu beton yang meningkat.
- ASTM C39/C39M-20 : Uji kuat tekan dapat dihitung berdasarkan standar nasional indonesia.
- C Aditya (2017) : Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh penggantian pasir dengan limbah marmer dan pengantian PC dengan serbuk zeolit terhadap kuat tekan, penyerapan air dan berat jenis bata ringan CLC.
- Departemen pekerja umum (1982) : Semen Portland dapat menghasilkan pengikat hidrolis. Sebagai bahan tambahan, Silika kalsium ini memiliki sifat hidrolis dengan gips.
- Kirk-Othmer (1978) : Kristal aluminosilikat yang mengalami proses hidrasi mengandung kation alkali dan alkali tanah dalam merupakan ciri dari batu Zeolite. Zeolite memiliki rumus 3 dimensi.
- Kusdarto (2008) :batu zeolit sebagai pengganti agregat kasar. Terutama pada Provinsi Sulawesi Selatan yang diketahui memiliki banyak endapan zeolit (Kusdarto, 2008).

- Mc.Cormac (2004) : tambahan bahan aditif agar dihasilkan beton yang memenuhi karakteristik tertentu, seperti pengerjaan yang lebih mudah (*workability*), kemampuan daya tahan (*durability*), dan durasi pengerasan.
- Mulyono (1997:65) : Agregat kasar memiliki ukuran lebih dari 4.8 mm
- Mulyono (2004) : Peningkatan kekuatan struktur diimbangi dengan peningkatan mutu beton yang dihasilkan pula.
- Nasution (2020) : Kebutuhan akan beton semakin besar karena sering digunakan dalam membuat bangunan-bangunan sipil. Hampir setiap bangunan menggunakan beton.
- Nasution (2020) : Pelepasan natrium dan tergantikan oleh ikatan Magnesium dan Kalsium. Sehingga Zeolite dapat dimanfaatkan agar air menjadi lunak.
- Nawy (1985) : Beton dapat menghasilkan beberapa interaksi bersifat mekanis dan kimiawi oleh material pembentuknya.
- Rizal Fandi Prastyo (2012) : Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan parameternya pada campuran fly ash dan zeolit menggunakan variasi molaritas 8M dan 10M kondisi W/S=0,35 dan SS/SH=1,5.
- Standar Nasional Indonesia (03-0691-1996) : Benda uji diuji pada umur 28 hari.
- Standar Nasional Indonesia (03-1750-1990) : Mutu Dan Cara Uji Agregat Beton
- Standar Nasional Indonesia (03-1974- 2011) : proses pengujian kuat tekan beton.
- Standar Nasional Indonesia (032493-1991) : Metode Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji Beton Di Laboratorium).
- Standar Nasional Indonesia (03-2834-2000) : Spesifikasi pengujian agregat.
- Standar Nasional Indonesia (152049-1994) : Semen Portland
- Standar Nasional Indonesia (7394-2008) : Perencanaan campuran menggunakan Pekerjaan Beton.
- Sumantri, Bondan Bagus and Yusuf, Muhammad Daud (2022) : penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat – sifat teknis agregat beton dengan batu zeolit, pengaruh perbandingan atau komposisi batu zeolit terhadap berat volume dan kuat tekan yang paling optimum dari 3 komposisi beton agregat kasar batu zeolit dibandingkan dengan agregat normal.

- Sutarti dan Rachmati (1994) : keunggulan ini membuat suatu perubahan pemikiran dalam komposisi beton dengan cara memanfaatkan batu zeolite.
- Tjokrodimulyo (1995) : Unsur-unsur penyusun utama semen.
- Tjokrodimulyo (1996 : 2) : Beton basah dapat memenuhi standar apabila beton dapat diaduk, dituang, dipadatkan, dan tidak memisahkan material kerikil dari adonan (segregasi) ataupun memisahkan dengan air semen.
- Wahono (2008) : Zeolite dapat menyerap gas utama yaitu uap air, CO₂, dan H₂S. Tetapi zeolite memiliki kekurangan yaitu tidak dapat menyerap gas CH₄.
- Weitkamp dan Puppe (1999) : ciri khusus pada batu zeolite yaitu dapat meningkatkan jumlah kadar O₂ utamanya yang terdapat kandungan mordenit.

LAMPIRAN 1 HASIL PENGUJIAN KARAKTERISTIK AGREGAT HALUS

Lampiran 1 a



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Indaratu Ramadani Diperiksa : Koordinator
: Karakteristik Agregat
Pengujian Halus Tgl. Pemeriksaan : 30 Juni 2024
Penelitian : Tugas Akhir

Kadar Lumpur Agregat Halus

Lolos Saringan No. 200 (0.075 mm)

Percobaan 1

Kode	Keterangan	Hasil	Satuan
A	Volume Lumpur	11	ml
B	Volume total (lumpur + pasir)	331	ml
$Kadar Lumpur = (A/B) \times 100\%$		3,32	%

jadi nilai rata-rata untuk pengujian kadar lumpur pasir adalah = 3,32 %

memenuhi syarat untuk digunakan dalam campuran beton.

Maksimal 0,2% - 5%

Makassar, 30 Agustus 2024

Mengetahui,

Kord. Laboratorium

Dr. Erdawaty, ST., MT.

Lampiran 1

b



LABORATORIUM STRUKTUR DA BAHAN
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan	: Indaratu Ramadani	Diperiksa	; Koordinator
Pengujian	: Karakteristik Agregat Halus	Tgl. Pemeriksaan	: 30 Agustus 2024
Penelitian	: Tugas Akhir		

Kadar Air Agregat Halus

Kode	Keterangan	Berat
A	Berat Talam (gram)	74,4
B	Berat Talam + Benda Uji (gram)	1074,4
C	Berat Benda Uji = B-A (gram)	1000
D		
	Berat Benda Uji Kering (gram) $(C - D) / D \times 100\%$	969
Kadar Air =		3,20

c

Lampiran 1



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Indaratu Ramadani Diperiksa : Koordinator
: Karakteristik Agregat : 30 Agustus
Pengujian Halus Tgl. Pemeriksaan 2024 Penelitian : Tugas
Akhir

Berat Volume Agregat Halus

Percobaan 1

Kode	Keterangan	Padat	Gembur
A	Volume Bohler (liter)	1,28	1,28
B	Berat Bohler Kosong (gram)	4481,5	4481,5
C	Berat Bohler + Benda Uji (gram)	6574,9	6380,3
D	Berat Benda Uji = C-B (gram)	2093,4	1898,8
Berat Volume = kg/liter $\frac{A}{D}$		1,64	1,48

Makassar, 30 Agustus 2024

Mengetahui,

Kord. Laboratorium


Dr. Erdawaty, ST., MT.

d



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Lampiran 1

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Indaratu Ramadani Dikeriksa ; Koordinator
: Karakteristik : 30 Agustus
Pengujian Agregat Halus Tgl. Pemeriksaan 2024
:
Tugas
Penelitian Akhir
Penelitian

Berat Jenis Agregat Halus

Percobaan I

A. Berat Picnometer = B. 164,2 gram
Berat Contoh Kondisi SSD di Udara
= 500 gram
C. Berat Pikno + air + Contoh SSD
= 963,7 gram
D. Berat Talam = 101 gram
E. Berat picno + air = F. 686,6 gram
Berat setelah dioven + Talam 491,3 = 2,20
= 592,3 gram
G. Berat Benda Uji Kering Oven(F-D)
= 491,3 gram

Percobaan 1

Apparent SG = $\frac{G}{G + E - C}$ Absorption = $\frac{B - G}{G} \times 100\%$

= $\frac{,3}{214,2}$ = 2,29 = $\frac{8,7}{491,3} \times 100\%$

On dry basic = $\frac{G}{\text{---}}$ = $\frac{1,77}{\text{---}} \%$

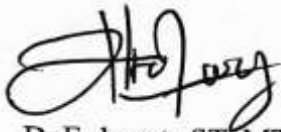
$$\text{SSD basic} = \frac{B}{B + E - C}$$

$$= \frac{500}{222,9} = 2,24$$

Makassar, 30 Agustus 2024

Mengetahui,

Kord. Laboratorium


Dr. Erdawaty, ST., MT.

Lampiran 1 e



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Indaratu Ramadani
Pengujian : Karakteristik Agregat
Penelitian : Tugas Akhir

Diperiksa : Koordinator
Tgl. Pemeriksaan : 30 Agustus 2024

Analisa Saringan Agregat Halus

Berat contoh kering = 1500 gram

NOMOR	BERAT	PERSEN	Σ PERSEN	PERSEN
-------	-------	--------	----------	--------

SARINGAN	TERTAHAN	TERTAHAN	TERTAHAN	LOLOS
mm	gram	%	%	%
0,375	0	0,00	0,00	100,00
No. 4	9,9	0,66	0,66	99,34
No.8	14,9	0,99	1,65	98,35
No. 16	15,1	1,01	2,66	97,34
No. 30	297	19,80	22,46	77,54
No. 50	579,1	38,61	61,07	38,93
No.100	467,2	31,15	92,21	7,79
No. 200	99,8	6,65	98,87	1,13
pan	17	1,13	100,00	0
Jumlah	1500	100,00	279,58	520,42

$$\text{Modulus Kehalusan Pasir (F)} = \frac{279,58}{100} = 2,80$$

Makassar, 30 Agustus 2024

Mengetahui,

Kord. Laboratorium


Dr. Erdawaty, ST., MT.

Lampiran 1 f



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Indaratu Ramadani Diperiksa ; Koordinator
Pengujian : Karakteristik Agregat Halus Tgl. Pemeriksaan : 30 Agustus
Penelitian : Tugas Akhir 2024
0 Pengujian

Kadar Organik Agregat Halus

Pemeriksaan pada standar warna menunjukkan warna no. 2 sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar organik pada pasir tersebut tergolong rendah dan dapat digunakan sebagai bahan campuran beton.

Makassar, 30 Agustus 2024

Mengetahui,

Kord. Laboratorium


Dr. Erdawaty, ST., MT.

Lampiran g



LABORATORIUM
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Indaratu Ramadani

Pengujian : Karakteristik Agregat Diperiksa : Koordinator

Penelitian : Tugas Akhir Tgl. Pemeriksaan

: 30 Agustus 2024 **Rekap Agregat Kasar**

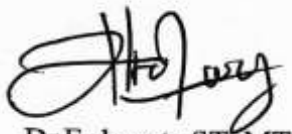
No	Jenis pengujian	Hasil Pengujian Agregat Kasar	Interval	Keterangan
1	Kadar Lumpur	0,36%	Maks 1%	Memenuhi
2	Kadar Air	1,24%	0,5% - 2%	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas	1,61	1,6 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
	b. Kondisi Padat	1,67	1,6 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
4	Absorpsi	0,82%	Maks 4%	Memenuhi
5	Berat Jenis			
	a. Bj. Nyata	2,69	1,60 - 3,33	Memenuhi

	b. Bj. Dasar Kering	2,63	1,60 - 3,33	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan	2,65	1,60 - 3,33	Memenuhi
6	Modulus Kehalusan	6,24	6 - 7,1	Memenuhi
7	Keausan	39,7	Maks 50%	Memenuhi

Makassar, 30 Agustus 2024

Mengetahui,

Kord. Laboratorium


Dr. Erdawaty, ST., MT.

LAMPIRAN 1 HASIL PENGUJIAN KARAKTERISTIK AGREGAT KASAR

Lampiran 1a



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan	: Indaratu Ramadani	Diperiksa	; Koordinator
Pengujian	: Karakteristik Agregat Kasar	Tgl. Pemeriksaan	: 30 Juni
Penelitian	: Tugas Akhir		2024

Kadar Lumpur Agregat Kasar

Lolos Saringan No. 200 (0.075 mm)

Percobaan 1

A. Berat Kering Sebelum dicuci	=	1092,2 gram
B. Berat Kering Setelah dicuci	=	1085,6 gram

Kadar Lumpur = $(A - B) / A \times 100\%$ 0,60%
jadi nilai rata-rata untuk pengujian kadar lumpur kerikil adalah = 0,60 % memenuhi syarat untuk digunakan dalam campuran beton maksimal 1%

Makassar, 30 Agustus 2024

Mengetahui,

Kord. Laboratorium


Dr. Erdawaty, ST., MT.

Lampiran 1b



LABORATORIUM STRUKTUR DA BAHAN
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Indaratu Ramadani Diperiksa ; Koordinator
Pengujian : Karakteristik Agregat Kasar Tgl. Pemeriksaan : 30 Agustus 2024
Penelitian : Tugas Akhir

Kadar Air Agregat Kasar

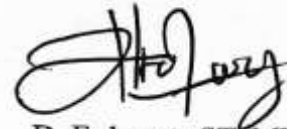
Kode	Keterangan	Berat
A	Berat Talam (gram)	100,7
B	Berat Talam + Benda Uji (gram)	1100,7
C	Berat Benda Uji = B-A (gram)	1000
D		
	Barat Benda Uji Kering (gram)	987,8

Kadar Air	=	$(C - D) / D \times 100\%$	1,24
-----------	---	----------------------------	------

Makassar, 30 Agustus 2024

Mengetahui,

Kord. Laboratorium



Dr. Erdawaty, ST., MT.

Lampiran 1c



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Indaratu Ramadani Diperiksa ; Koordinator
: 30 Agustus
Pengujian : Karakteristik Agregat Kasar Tgl. Pemeriksaan 2024
Penelitian : Tugas Akhir

Berat Volume Agregat Kasar

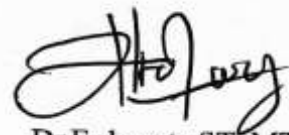
Kode	Keterangan	Padat	Gembur
A	Volume Bohler (liter)	1,28	1,28
B	Berat Bohler Kosong (gram)	4482,2	4482,2
C	Berat Bohler + Benda Uji (gram)	6625,8	6546,1
D	Berat Benda Uji = C-B (gram)	2143,6	2063,9

Berat Volume	=	D / A	1,67	1,61
--------------	---	---------	------	------

Makassar, 30 Agustus 2024

Mengetahui,

Kord. Laboratorium



Dr. Erdawaty, ST., MT.

Lampiran 1d



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Indaratu Ramadani Diperiksa ; Koordinator
: Karakteristik Agregat Tgl. : 30 Agustus
Pengujian Kasar Pemeriksaan 2024
Penelitian : Tugas Akhir

Berat Jenis Agregat Kasar

Percobaan 1

A. Berat kosong keranjang = 319 gram
B. Berat Keranjang + benda uji SSD udara = 5360 gram
C. Berat keranjang + benda uji didalam air = 3156 gram

D. Berat keranjang dalam air = 17 gram

E. Benda Uji Kering (B - A) - (C - D) = 5000 gram

Percobaan 1

$$\begin{aligned} \text{Apparent SG} &= \frac{E}{E - (C - D)} & \text{Absorption} &= \frac{(B - A) - E}{E} \times 100\% \\ &= \frac{5000}{1861} = 2,69 & &= \frac{41}{5000} \times 100\% \end{aligned}$$

On dry basic = E = 0,82 %

$$= \frac{5041}{1902} = 2,65$$

$$\begin{aligned} &= \frac{(B - A) - (C - D)}{5000} \\ &= \frac{5000}{1902} = 2,63 \end{aligned}$$

SSD basic = $\frac{B - A}{\quad}$

Lampiran 1e



LABORATORIUM
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Indaratu Ramadani
: Karakteristik
Pengujian Agregat Diperiksa : Koordinator
Penelitian : Tugas Akhir Tgl. Pemeriksaan : 30 Agustus 2024

Analisa Saringan Agregat Kasar

Berat contoh kering = 1500 gram

NOMOR SARINGAN	BERAT TERTAHAN	PERSEN TERTAHAN	Σ PERSEN TERTAHAN	PERSEN LOLOS
mm	gram	%	%	%
1	0	0	0	100
3/4	508,2	33,88	33,88	66,12
1/2	291,1	19,41	53,29	46,71
3/8	233,8	15,59	68,87	31,13
4	231	15,40	84,27	15,73
8	143	9,53	93,81	6,19
16	18,9	1,26	95,07	4,93
30	12,5	0,83	95,90	4,10
50	42,1	2,81	98,71	1,29
200	19,4	1,29	100,00	0,00
pan	0	0,00	100,00	0,00
Jumlah	1500	100,00	623,79	176,21

Makassar, 30 Agustus 2024

Mengetahui,

Kord. Laboratorium

Dr. Erdawaty, ST., MT.

Lampiran 1f



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan	: Indaratu Ramadani	Diperiksa	: Koordinator
Pengujian	: Karakteristik Agregat Halus	Tgl. Pemeriksaan	: 30 Agustus 2024
Penelitian	: Tugas Akhir		

Abrasi Agregat Kasar

Keterangan : Agregat kasar yang lolos saringan nomor 3/4 tertahan pada saringan no. 1/2 & 3/4 (masing-masing 3000 gram)

$$A = 5000 \text{ gr}$$

$$B = 3015,2 \text{ gr}$$

$$\text{Perhitungan} = \% \text{ keausan} = \frac{(A - B)}{A} \times 100\%$$

$$= \frac{5000 - 3015,2}{5000} \times 100\%$$

$$= 39,7\%$$

Keterangan

A = Agregat 1/2 dan 3/8 masing-masing 2500 gr B

= Agregat tertahan No. 8 (Kering Oven)

Makassar, 30 Agustus 2024

Mengetahui,

Kord. Laboratorium


Dr. Erdawaty, ST., MT.

Lampiran g



LABORATORIUM
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Indaratu Ramadani

Pengujian : Karakteristik Agregat Diperiksa : Koordinator

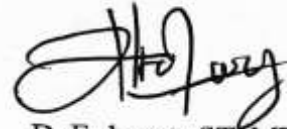
Penelitian : Tugas Akhir Tgl. Pemeriksaan : 30 Agustus 2024 **Rekap Agregat Kasar**

No	Jenis pengujian	Hasil Pengujian Agregat Kasar	Interval	Keterangan
1	Kadar Lumpur	0,36%	Maks 1%	Memenuhi
2	Kadar Air	1,24%	0,5% - 2%	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas	1,61	1,6 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
	b. Kondisi Padat	1,67	1,6 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
4	Absorpsi	0,82%	Maks 4%	Memenuhi
5	Berat Jenis			
	a. Bj. Nyata	2,69	1,60 - 3,33	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering	2,63	1,60 - 3,33	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan	2,65	1,60 - 3,33	Memenuhi
6	Modulus Kehalusan	6,24	6 - 7,1	Memenuhi
7	Keausan	39,7	Maks 50%	Memenuhi

Makassar, 30 Agustus 2024

Mengetahui,

Kord. Laboratorium



Dr. Erdawaty, ST., MT.

LAMPIRAN 3 BATAS ZONA AGREGAT HALUS DAN AGREGAT KASAR

1. Agregat Halus

Nomor Saringan	Hasil penelitian	Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4	
		Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas
1									
3/4									
3/8	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4	99,00	90	100	90	100	90	100	95	100
8	97,00	60	95	75	100	85	100	95	100
16	93,00	30	70	55	90	75	100	90	100
30	70,00	15	34	35	59	60	79	80	100
50	30,00	5	20	8	30	12	40	15	50
100	2,00	0	10	0	10	0	10	0	15
Pan	0,50								
Jumlah									

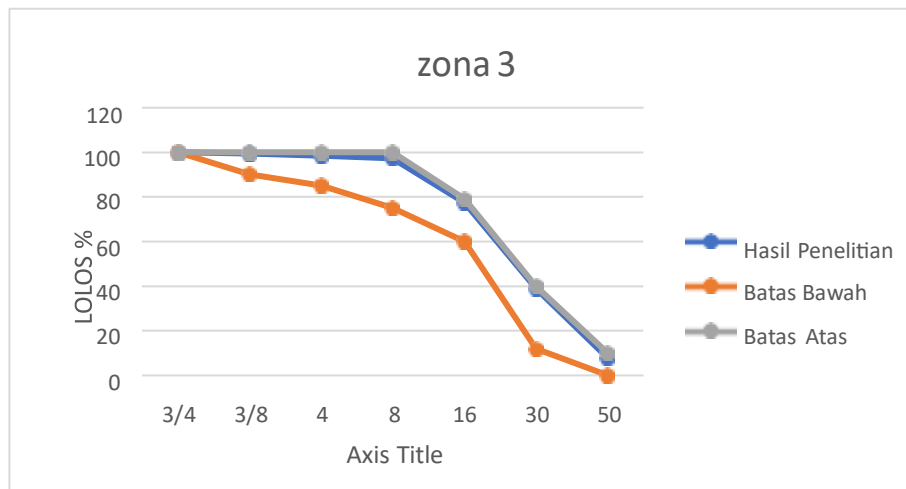
Keterangan: Zona 1 = Pasir kasar

Zona 3 = Pasir agak halus

Zona 2 = Pasir agak kasar

Zona 4 = Pasir halus

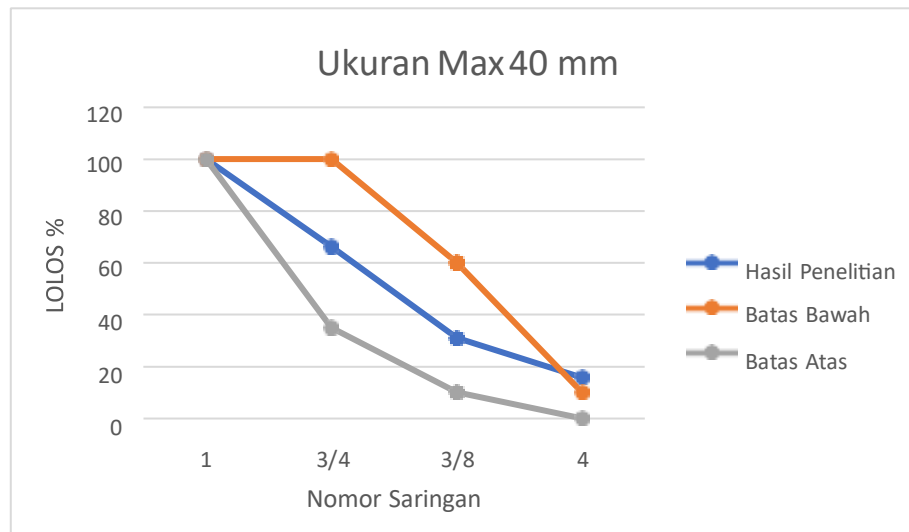
Dari percobaan ini pasir berada di Zona 3 2.



2. Agregat Kasar

Nomor Saringan	Hasil penelitian	Ukuran Max 10 mm		Ukuran Max 20 mm		Ukuran Max 40 mm	
		Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas
1	100	100	100	100	100	100	100
3/4	53,07	100	100	95	100	35	70
3/8	24,4	50	85	30	60	10	40
4	8,2	0	10	0	10	0	5
8							
16							
30							
50							
100							
Pan							
Jumlah							

Untuk saringan no 4 pada agregat kasar dengan ukuran max 40 mm tidak berada dalam rentang yang diisyaratkan oleh standar SNI. Oleh karena itu, untuk mengatasi hal tersebut, material tersebut akan diberikan perlakuan khusus dengan cara dicuci dan dijemur agregat tersebut lebih lama.



3. Penggabungan Agregat

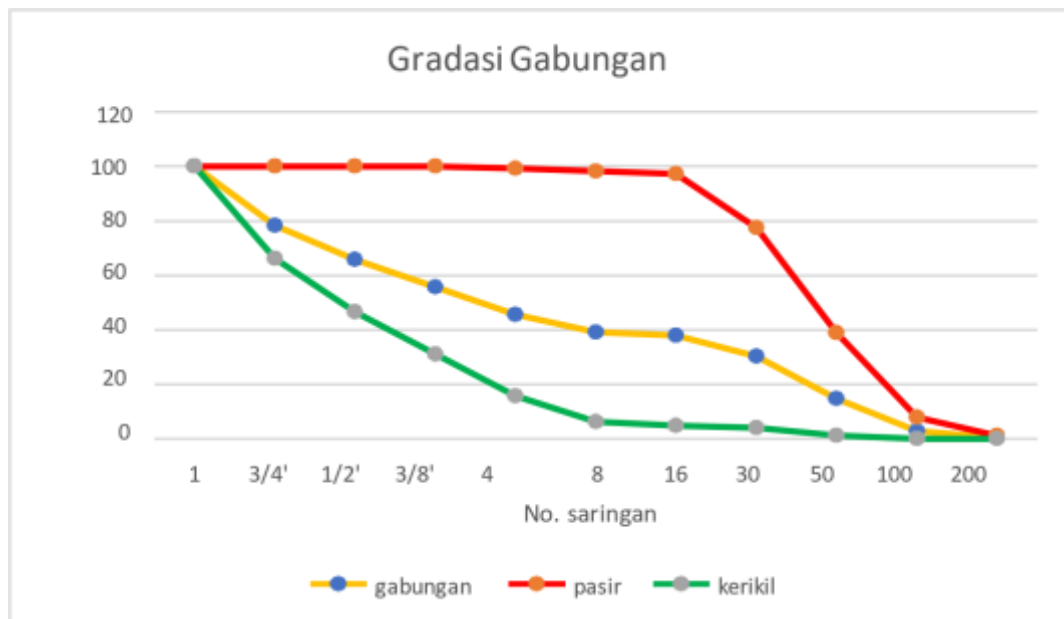
Modulus halus butir agregat dari campuran pasir dan kerikil untuk bahan pembuat beton berkisar antara 5,0 – 6,5 (Kardiyono Tjokrodinuljo 1996:26) Modulus halus butir campuran yang direncanakan sebesar 6 maka dapat dihitung:

$$\begin{aligned}
 w &= \frac{K - C}{C} \times 100\% \\
 &= \frac{6,24 - 5}{5} \times 100 \\
 &= 24,8\%
 \end{aligned}$$

Berat pasir terhadap kerikil sebesar 24,8% atau dapat di katakan perbandingan sebesar 1:4,03

$$\text{Berat pasir} = \frac{1}{4,03} \times 100 = 24,8\%$$

$$\text{Berat kerikil} = \frac{1,8}{2,8} \times 100 = 64,3\%$$



Nomor Saringan mm	Persentase lolos (%)		Pasir X 36%	Kerikil X 65%	Agregat Gabungan
	Pasir	Kerikil			
1	100	100	36	64	100
3/4'	100	66,12	35,7	43	78
1/2'	100	46,71	35,7	30,0	65,7
3/8'	100	31,13	35,7	20,0	55,7
4	99,34	15,73	35,5	10,1	45,6
8	98,35	6,19	35,1	4,0	39,1
16	97,34	4,93	34,8	3,2	37,9
30	77,54	4,10	27,7	2,6	30,3
50	38,93	1,29	13,9	0,8	14,7
100	7,79	0,00	2,8	0,0	2,8

200	1,13	0,00	0,4	0,0	0,4
Jumlah	720,42	176,20	257,29	113,27	370,56

A. Menghitung nilai a1 dan a2

Persamaan : $Y1 = a1 \times Yp + (1 - a1) Yk \times 100 \%$

$$a1 = \frac{Y1 - Yk \times 100 \%}{Yp - Yk}$$

$$a2 = \frac{Y2 - Yp \times 100 \%}{Yk - Yp}$$

Dimana ; Y1 = batas grafik bawah pasir
Y2 = batas grafik atas kerikil
Yp = Y
Yk = Y

1. untuk diameter 19.05 (3/4)

$$Y1 = 100 \quad Y2 = 100$$

$$Yp = 100.00 \quad Yk = 95.43$$

$$a1 = \frac{100 - 95.433}{100 - 95.433} \times 100$$

$$= 100$$

$$a2 = \frac{100 - 100}{95.43 - 100} \times 100$$

$$= 0$$

2. Untuk diameter 9.6 (3/8)

$$Y1 = 45 \quad Y2 = 75$$

$$Yp = 100.00 \quad Yk = 39.91$$

$$a1 = \frac{45 - 39.91}{100 - 39.91} \times 100$$

$$= 8.47$$

$$a2 = \frac{75 - 100}{39.91 - 100} \times 100$$

$$= 41.60$$

3. Untuk diameter 4.75 (no.

$$Y1 = 30 \quad Y2 = 50$$

$$Yp = 95.42 \quad Yk = 0$$

$$a1 = \frac{30 - 0}{95.42 - 0} \times 100$$

$$= 31.44$$

$$a2 = \frac{50 - 95.4}{-0 - 95.4} \times 100$$

$$= 47.60$$

4. Untuk diameter 2.36 (no.

$$\begin{array}{l} 8Y1 = 22 \quad Y2 = 42 \\ Yp = 90.15 \quad Yk = 0 \end{array}$$

$$\begin{aligned} a1 &= \frac{22 - 0}{90.15 - 0} \times 100 \\ &= 24.40 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a2 &= \frac{42 - 90.2}{0 - 90.2} \times 100 \\ &= 53.41 \end{aligned}$$

5. Untuk diameter 1.18 (no. 16)

$$\begin{array}{l} Y1 = 15 \quad Y2 = 35 \\ Yp = 83.01 \quad Yk = 0 \end{array}$$

$$\begin{aligned} a1 &= \frac{15 - 0}{83.005 - 0} \times 100 \\ &= 18.07 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a2 &= \frac{35 - 83}{0 - 83} \times 100 \\ &= 57.83 \end{aligned}$$

6. Untuk diameter 0.6 (no. 30)

$$\begin{array}{l} Y1 = 6 \quad Y2 = 28 \\ Yp = 57.78 \quad Yk = 0 \end{array}$$

$$\begin{aligned} a1 &= \frac{6 - 0}{57.755 - 0} \times 100 \\ &= 10.39 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a2 &= \frac{28 - 57.8}{0 - 57.8} \times 100 \\ &= 51.52 \end{aligned}$$

7. Untuk diameter 0.3 (no. 50)

$$\begin{array}{l} Y1 = 2 \quad Y2 = 12 \\ Yp = 25.21 \quad Yk = 0 \end{array}$$

$$\begin{aligned} a1 &= \frac{2 - 0}{25.21 - 0} \times 100 \\ &= 7.9334 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a2 &= \frac{12 - 25.2}{0 - 25.2} \times 100 \\ &= 52.4 \end{aligned}$$

8. Untuk diameter 0.15 (no. 100)

$$\begin{array}{l} Y1 = 0 \quad Y2 = 4 \\ Yp = 3.70 \quad Yk = 0 \end{array}$$

$$\begin{aligned} a1 &= \frac{0 - 0}{3.7 - 0} \times 100 \\ &= 0.00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a2 &= \frac{4 - 3.7}{0 - 3.7} \times 100 \\ &= -8.108 \end{aligned}$$

Bar-chart hasil perhitungan nilai $a1$ dan $a2$ sebagai berikut :

No	Uran saring	20%	40%	60%	80%	100%
1	19.05 mm	a1				a2
2	9.60 mm	a1	a2			
3	4.75 mm	a1		a2		
4	2.36 mm	a1		a2		
5	1.18 mm	a1		a2		
6	0.60 mm	a1		a2		
7	0.3 mm	a1		a2		
8	0.15 mm					a2

zona terbaik

Sebagai nilai a diambil rata-rata dari jumlah $a1$ dan $a2$:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{a1 + a2}{2} \\
 &= \frac{31.44 + 41.60}{2} = 36.52 \% \\
 b &= 100\% - a\% = 63.48 \%
 \end{aligned}$$

B. Perhitungan Y gabungan agregat

Untuk Saringan # 19.05 (3/4)

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 a &= 36.52 \% & Y_p &= 100.00 \% \\
 b &= 63.48 \% & Y_k &= 95.43 \%
 \end{aligned}$$

Rumus :

$$Y \text{ Gabungan} = \frac{(a \times Y_p) + (b \times Y_k)}{100}$$

$$\begin{aligned} YG &= \frac{(36.52 \times 100) + (63.480 \times 95.43)}{100} \\ &= \frac{3652 + 6058.108}{100} \\ &= 97.10 \% \end{aligned}$$

Untuk Saringan # 9,60 (3/8)

Diketahui :

$$\begin{aligned} a &= 36.52 \% & Y_p &= 100.00 \% \\ b &= 63.48 \% & Y_k &= 39.91 \% \end{aligned}$$

Rumus :

$$Y \text{ Gabungan} = \frac{(a \times Y_p) + (b \times Y_k)}{100}$$

$$\begin{aligned} YG &= \frac{(36.520 \times 100) + (63.480 \times 39.91)}{100} \\ &= \frac{3652 + 2533.487}{100} \\ &= 61.85 \% \end{aligned}$$

LAMPIRAN 3 HASIL PENGUJIAN KARAKTERISTIK BATU ZEOLIT

Lampiran 1a



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Indaratu Ramadani
: Karakteristik Batu
Pengujian Zeolit
Penelitian : Tugas Akhir

Diperiksa :
Tgl. Pemeriksaan : 30 Juni 2024
; Koordinator

Kadar Lumpur Batu Zeolit
Lolos Saringan No. 200 (0.075 mm)

Percobaan 1

A. Berat Kering Sebelum dicuci	=	1091,1 gram
B. Berat Kering Setelah dicuci	=	1090 gram

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{(A - B)}{A} \times 100\%$$

jadi nilai rata-rata untuk pengujian kadar lumpur kerikil adalah = 0.10 % memenuhi syarat untuk digunakan dalam campuran beton maksimal 1%

Makassar, 30 Agustus 2024

Mengetahui,

Kord. Laboratorium


Dr. Erdawaty, ST., MT.

Lampiran 1b



LABORATORIUM STRUKTUR DA BAHAN
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Indaratu Ramadani

Diperiksa

; Koordinator

: Karakteristik Agregat
Pengujian Kasar
Penelitian : Tugas Akhir

Tgl. Pemeriksaan : 30 Agustus 2024

Kadar Air Batu Zeolit

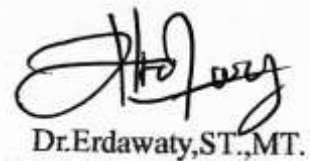
Per. I

Kode	Keterangan	Berat
A	Berat Talam (gram)	100,7
B	Berat Talam + Benda Uji (gram)	1100,7
C	Berat Benda Uji = B-A (gram)	1000
D	Barat Benda Uji Kering (gram)	996
Kadar Air = $(C - D) / D \times 100\%$		0,40

Makassar, 30 Agustus 2024

Mengetahui,

Kord. Laboratorium


Dr. Erdawaty, ST., MT.

Lampiran 1c



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Indaratu Ramadan

Diperiksa : Koordinator

Pengujian : Karakteristik Batu Zeolit

Tgl. : 30 Agustus

Pemeriksaan : 2024

Penelitian : Tugas Akhir

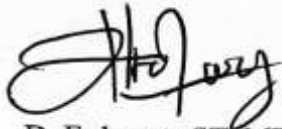
Berat Volume Batu Zeolit

Kode	Keterangan	Padat	Gembur
A	Volume Bohler (liter)	1,28	1,28
B	Berat Bohler Kosong (gram)	4482,2	4482,2
C	Berat Bohler + Benda Uji (gram)	6468	6136,1
D	Berat Benda Uji = C-B (gram)	1879,8	1615,9
$\frac{D}{A}$ Berat Volume = kg/liter		1,55	1,29

Makassar, 30 Agustus 2024

Mengetahui,

Kord. Laboratorium


Dr. Erdawaty, ST., MT.

Lampiran 1 d



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Indaratu Ramadani

Diperiksa

; Koordinator

: Karakteristik Batu
Zeolit Pemeriksaan

Tgl. Pengujian

: 30 Agustus
2024

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Jenis Batu Zeolit

Percobaan 1

A. Berat kosong keranjang	=	319 gram
B. Berat Keranjang + benda uji SSD udara	=	5496 gram
C. Berat keranjang + benda uji didalam air	=	3126 gram
D. Berat keranjang dalam air	=	17 gram
E. Benda Uji Kering	=	5000 gram

Percobaan 1

$$\text{Apparent SG} = \frac{E}{\text{Absorption}} = \frac{(B - A) - E}{E} \times 100\%$$

$$E - (C - 17) = 5000 - (3126 - 17) = 1879 \text{ gram}$$
$$\text{Absorption} = \frac{5000 - 1879}{5000} \times 100\% = 62.4\%$$

$$\begin{aligned}
 & \text{X100\%} = \frac{\text{D)} \quad 5000}{1891} = 2,64 \qquad \text{E} = \frac{177}{5000} \\
 & \text{On dry basic} = \frac{\text{E}}{(\text{B} - \text{A}) - (\text{C} - \text{D})} = 3,54 \% \\
 & = \frac{5000}{2068} = 2,42 \\
 & \text{SSD basic} = \frac{\text{B} - \text{A}}{2068} \\
 & = \frac{5177}{2068} = 2,50
 \end{aligned}$$

Makassar, 30 Agustus 2024

Mengetahui,

Kord. Laboratorium



Dr. Erdawaty, ST., MT.

Lampiran 1 e



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Indaratu Ramadani
Pengujian : Karakteristik Agregat
: Tugas
Penelitian Akhir

Diperiksa : Koordinator
Tgl. : 30 Agustus
Pemeriksaan 2024

Analisa Saringan Batu Zeolit

Berat contoh kering = 1500 gram

NOMOR SARINGAN	BERAT TERTAHAAN	PERSEN TERTAHAAN	Σ PERSEN TERTAHAAN	PERSEN LOLOS
mm	gram	%	%	%
1	0	0	0	100
3/4	240	16,00	16,00	84,00
1/2	870	58,00	74,00	26,00
3/8	240	16,00	90,00	10,00
4	80	5,33	95,33	4,67
8	30	2,00	97,33	2,67
16	23	1,53	98,87	1,13
30	10	0,67	99,53	0,47
50	7	0,47	100,00	0,00
200	0	0,00	100,00	0,00
pan	0	0,00	100,00	0,00
Jumlah	1500	100,00	671,07	128,93

Modulus kehalusan (F) = 671,07

6,71

=

100

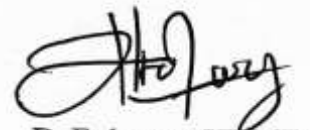


#REF!
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Makassar, 30 Agustus 2024

Mengetahui,

Kord. Laboratorium


Dr. Erdawaty, ST., MT.

Lampiran 1 f

Dikerjakan	: Indaratu Ramadani	Diperiksa
	: 30 Agustus	Tgl.
Pengujian	: Karakteristik Batu Zeolit	Pemeriksaan
Penelitian	: Tugas Akhir	2024

Abrasi Batu Zeolit

Keterangan : Agregat kasar yang lolos saringan nomor 3/4 tertahan pada saringan no. 1/2 & 3/4 (masing-masing 3000 gram)

A = 5000 gr

B = 3895,6 gr

Perhitungan = % keausan =

$$\begin{aligned} & (A - B) / A \times 100\% \\ = & \frac{000 - 3905,6}{5000} \times 100\% \\ = & 22,1\% \end{aligned}$$

Keterangan

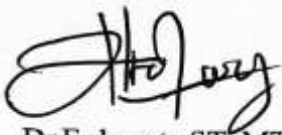
A = Agregat 1/2 dan 3/8 masing-masing 2500 gr B

= Agregat tertahan No. 8 (Kering Oven)

Makassar, 30 Agustus 2024

Mengetahui,

Kord. Laboratorium


Dr. Erdawaty, ST., MT.

Lampiran 1 g



LABORATORIUM

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Indaratu Ramadani

Pengujian : Karakteristik Agregat

Diperiksa

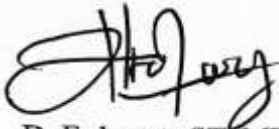
: Koordinator

No	Jenis pengujian	Hasil Pengujian Agregat Halus	Interval	Keterangan
1	Kadar Lumpur	0,10%	Maks 1%	Memenuhi
2	Kadar Air	0,40%	Maks 2%	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas	1,29	1,2 – 1,7 5kg/liter	Memenuhi
	b. Kondisi Padat	1,55	1,2 – 1,7 5kg/liter	Memenuhi
4	Absorpsi	3,54%	Maks 4%	Memenuhi
5	Berat Jenis			
	a. Bj. Nyata	2,64	Min 1%	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering	2,42	Min 1%	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan	2,50	Min 1%	Memenuhi
6	Modulus Kehalusan	6,71	6 - 7,1%	Memenuhi
7	Kadar Organik	22,1	Maks 40%	Memenuhi

Makassar, 30 Agustus 2024

Mengetahui,

Kord. Laboratorium


Dr. Erdawaty, ST., MT.

LAMPIRAN 4 HASIL PENGUJIAN MIX DESIGN



LABORATORIUM
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Indaratu Ramadani

Pengujian : Mix Design
Penelitian : Tugas Akhir

Diperiksa : Koordinator
Tgl. Pemeriksaan : 30 Agustus 2024

1. Kuat tekan beton yang disyaratkan pada 28 hari: 25 mpa
2. Deviasi standar S: 7 mpa karena tidak mempunyai pengalaman sebelumnya
3. Nilai tambah : 12 mpa karena tidak mempunyai data
4. Kuat tekan rata-rata yang direncanakan , f'_{cr} : no. 1 + 3 = 37 mpa
5. Jenis semen : biasa
6. Jenis kerikil : batu pecah /cipping
7. Faktor air semen [dari Gb. 7.8] 0.56
8. Faktor air semen maksimum [tabel 7.12]: 0.6 [beton terlindung dari hujan dan terik matahari langsung]



Dipakai F.A.S yang rendah : 0.56

9. Nilai slump [tabel 7.13] 100 mm [sudah ditentukan]
10. Ukuran maksimum butiran kerikil : 20 mm [sudah ditentukan]
11. Kebutuhan air [tabel 7.14] 225 liter
12. Kebutuhan air semen : no.11/fas terendah : 402 kg [dari no. 8 & 11]
13. Kebutuhan semen minimum [tabel 7.15] 275 kg
14. Dipakai semen [diambil yang besar] 402 kg
15. Penyesuaian jumlah air atau faktor semen, karena langkah 14 tidak merubah jumlah kebutuhan semen yang dihitung pada langkah 12 maka tidak perlu penyesuaian jumlah air maupun faktor air semen. Jadi air tetap 225 liter dan faktor air semen tetap 0,56
16. Golongan pasir [telah diketahui dari soal] :gol.2
17. Presentase pasir terhadap campuran [Gb. 7.10.b] : 38%
18. Berat jenis campuran pasir dan kerikil [krn tdk ada datanya,maka diambil sebesar:
2.73 2.68
19. Berat beton [Gb. 7.11] : 2850 kg/m³
20. Kebutuhan berat pasir dan kerikil dihitung dengan rumus:
$$W_{pasir+kerikil}=W_{btn} - A - S$$
$$= \text{no. 19} - 11 - 14$$
$$= 1723 \text{ kg}$$
21. kebutuhan pasir dihitung dengan rumus:
$$W_{pasir} = [P/100]. W_{pasir + kerikil}$$
$$= [\text{no.17}/100] . \text{No.20}$$

$$= 654,821 \text{ kg}$$

22. kebutuhan kerikil dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} W_{\text{kerikil}} &= W_{\text{pasir+kerikil}} - W_{\text{pasir}} \\ &= \text{No.20} - \text{no.21} \\ &= 1068 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kesimpulan:

Untuk 1 m³ beton [berat betonnya 24220 kg] dibutuhkan:

- a. Air 225 liter
- b. Semen: 401,79 kg 10,04 zak 2350
- c. Pasir 654,82 kg
- d. Kerikil: 1068,4 kg

untuk 1 adukan[misalnya kantong semen] maka dibutuhkan:

- a. Air 22,4 liter
- b. Semen: 40 kg 1 katong semen=40 kg
- c. Pasir 65,19
- d. Kerikil 106,364

No	Uraian						
1	kuat tekan yang disyaratkan pada umur 28 hari				25 mpa		
2	deviasi standar (s)				7 mpa		
3	Nilai tambah (m)				12 mpa		
4	kuat tekan rata-rata yang direncanakan (f'_{cr})				37 mpa		
5	jenis semen (coret yang tidak perlu)				biasa/cepat keras		
6	jenis kerikil (coret yang tidak perlu)				halus/batu pecah		
7	faktor air semen (Gb.7.8)				0,56		
8	faktor air semen maksimum (tabel 7.12)/faktor air semen yang dipakai				0,60 0,56		
9	nilai slump (tabel 7.13)				100 mm		
10	ukuran maksimum butiran kerikil				20 mm		
11	kebutuhan air (tabel 7.14)				225 liter		
12	kebutuhan semen portland (dari no. 8 dan 11)				402,000 kg		
13	kebutuhan semen minimum (tabel 7.15)				275 kg		
14	dipakai kebutuhan semen portland				402,000 kg		
15	penyesuaian jumlah air atau faktor air semen				tetap	225 liter dan	0,56
16	golongan pasir (tabel 7.16) warnai yg cocok				2, 3, 4		
17	persentase pasir terhadap campuran (Gb.7.10.c)				38 %		
18	berat jenis campuran (dihitung atau 2,60)				0		
19	berat beton (Gb. 7.11)				2350 kg		
20	kebutuhan campuran pasir dan kerikil (dihitung)				1723 kg		
21	kebutuhan pasir (dihitung)				654,740 kg		
22	kebutuhan kerikil (dihitung)				1068,26 kg		
kesimpulan :							
Volume	brt beton	air	semen	Ag. Halus	Ag. Kasar		
1 m3	2350 kg	225 liter	402 kg	654,74 kg	1068,26 kg		

volume slinder									
dik :	t :	20	cm	=	0,20	m			
	D:	10	cm	=	0,10	m			
dit : Lo?									
volume slinder?									
Peny.									
	Lo								
	=	3,14		x	0,0025				
	=	0,0079	m2						
	Vol. Slinder	=	Lo . t						
			0,0079	0,2					
			0,00157	m3					
	jadi kebutuhan campuran untuk				0,0016	m3	adalah :		
Tabel Perhitungan :									

Pengujian : Kuat Tekan 7 Hari Diperiksa : Koordinator Penelitian : Tugas Akhir Tgl. Pemeriksaan : 30 Agustus 2024

PERHITUNGAN KUAT TEKAN

$$f'c = \frac{P}{\frac{\pi}{4} \phi^2}$$

Keterangan

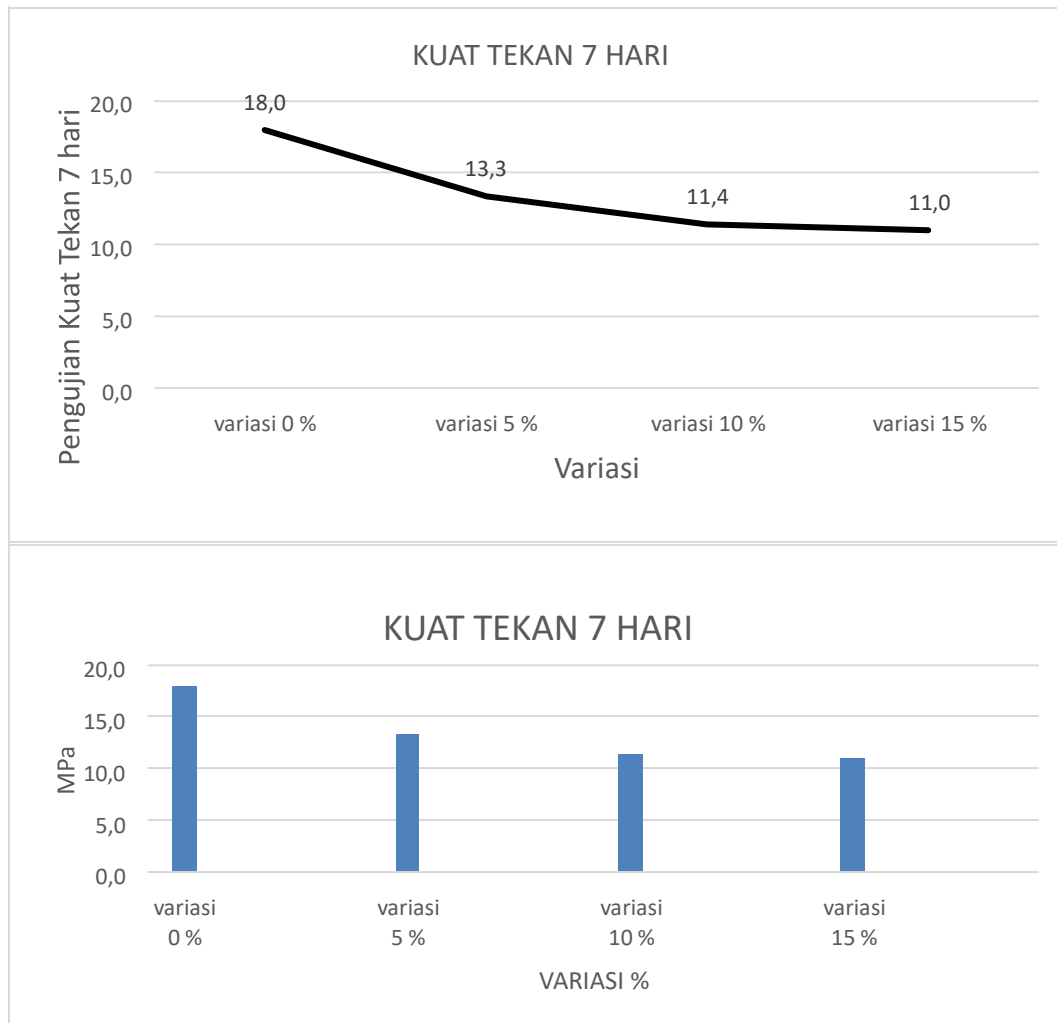
f'c = Kuat Tekan (MPa)

P = Beban uji maksimum (hancur) (N)

$\pi = 3.14$

ϕ = diameter rata - rata benda uji (mm)

hasil perhitungan kuat tekan beton 7 hari					
nama sampel	jumlah sampel	luas (mm ²)	P maks (N)	kuat tekan (N/mm ²)	kuat tekan rata - rata N/mm ²
variasi 0 %	1	7875	150000	19,0	18,0
	2	7875	165000	21,0	
	3	7875	110000	14,0	
variasi 5 %	1	7875	105000	13,3	13,3
	2	7875	100000	12,7	
	3	7875	110000	14,0	
variasi 10 %	1	7875	80000	10,2	11,4
	2	7875	110000	14,0	
	3	7875	80000	10,2	
variasi 15 %	1	7875	90000	11,4	11,0
	2	7875	80000	10,2	
	3	7875	90000	11,4	



Makassar, 30 Agustus 2024

Mengetahui,

Kord. Laboratorium

Dr. Erdawaty, ST., MT.

LAMPIRAN 6 HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN 28 HARI



LABORATORIUM
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Dikerjakan : Indaratu Ramadani

Pengujian : Kuat Tekan 28 Hari Diperiksa : Koordinator Penelitian : Tugas Akhir Tgl. Pemeriksaan : 30 Agustus 2024

PERHITUNGAN KUAT TEKAN

$$f'c = \frac{P}{\frac{\pi}{4} \phi^2}$$

Keterangan

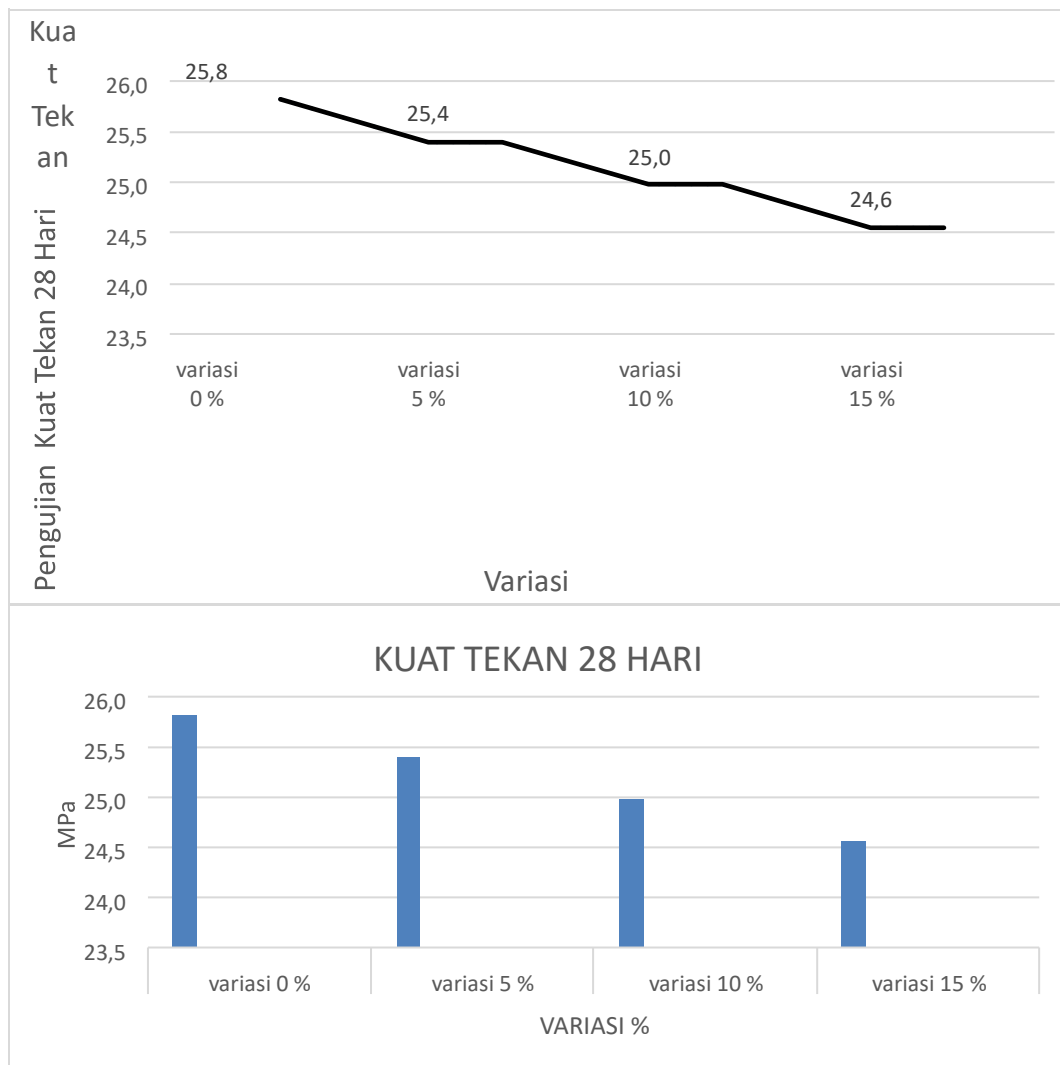
f'c = Kuat Tekan (MPa)

P = Beban uji maksimum (hancur) (N)

π = 3.14

ϕ = diameter rata - rata benda uji (mm)

hasil perhitungan kuat tekan beton 28 hari					
nama sampel	jumlah sampel	luas (mm ²)	P maks (N)	kuat tekan (N/mm ²)	kuat tekan rata - rata N/mm ²
variasi 0 %	1	7875	210000	26,7	25,8
	2	7875	200000	25,4	
	3	7875	200000	25,4	
variasi 5 %	1	7875	200000	25,4	25,4
	2	7875	200000	25,4	
	3	7875	200000	25,4	
variasi 10 %	1	7875	210000	26,7	25,0
	2	7875	190000	24,1	
	3	7875	190000	24,1	
variasi 15 %	1	7875	190000	24,1	24,6
	2	7875	200000	25,4	
	3	7875	190000	24,1	



Makassar, 30 Agustus 2024

Mengetahui,

Kord. Laboratorium

Dr. Erdawaty, ST., MT.

LAMPIRAN 7 DOKUMENTASI

1. Pengujian Analisa saringan



2. Pengujian kadar lumpur agregat halus



3. Pengujian kadar air



4. Pengujian berat volume agregat halus



5. Pengujian berat jenis agregat halus

6. Pengujian kadar lumpur



agregat kasar



7. Pengujian berat volume agregat kasar



8. Pengujian analisa saringan batu zeolit



9. Pengujian berat volume batu zeolit



Mix design





Pengujian kuat tekan 7 hari 1.
Beton normal



2. Beton dengan campuran batu zeolit
variasi 5%



3. Beton dengan campuran batu zeolit variasi 10%



4. Beton dengan campuran batu zeolit variasi 15%



Pengujian kuat tekan 28 hari 1.
Beton normal



2. Beton dengan campuran batu zeolite 5%



3. Beton dengan campuran batu zeolite 10%



4. Beton dengan campuran batu zeolite 15%

