

# TUGAS AKHIR

Pengaruh Penggunaan Trass Sebagai Pengganti  
Sebagian Semen Dengan Bahan Tambah Pozzolan  
Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton



DISUSUN OLEH

SARI

45 17 041 005

JURUSAN SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR  
2022



**LEMBAR PENGAJUAN UJIAN AKHIR**

Judul : "Pengaruh Penggunaan Trass Sebagai Pengganti Sebagian Semen Dengan Bahan Tambah Pozzolan Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton"

Disusun dan diajukan oleh :

Nama : SARI

No.Stambuk : 45 17 041 005

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil / Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar


Telah disetujui oleh Komisi Pembimbing :

Pembimbing I : Dr. Ir. H. Syahrul Sariman, MT (.....)


Pembimbing II : Ir. Tamrin M, MT (.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

  
Dr. Ridwan, S.T., M.Si. ✓  
NIDN.09-101271-01

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil

  
Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT  
NIDN. 09-041265-02



### LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No.A.183/FT/UNIBOS//2022 Tanggal 11 Februari 2022, Perihal Pengangkatan panitia dan tim penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : Kamis / 17 Februari 2022  
N a m a : **SARI**  
No.Stambuk : **45 17 041 005**  
Judul Tugas Akhir : **“PENGARUH PENGGUNAAN TRASS SEBAGAI  
PENGANTI SEBAGIAN SEMEN DENGAN  
BAHAN TAMBAH POZZOLAN TERHADAP KUAT  
TEKAN DAN KUAT LENTUR BETON”**

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar setelah dipertahankan di depan tim pengujian sarjana strata satu (S-1) untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.


#### **TIM PENGUJI TUGAS AKHIR**

Ketua (Ex. Officio) : **Dr. Ir. H. Syahrul Sariman, MT.** (.....)  
Sekretaris (Ex. Officio) : **Ir. Tamrin M, MT** (.....)  
Anggota : **Ir. Eka Yuniarto, ST.,MT.** (.....)  
**Ir. Fauzy Lebang, ST. MT** (.....)

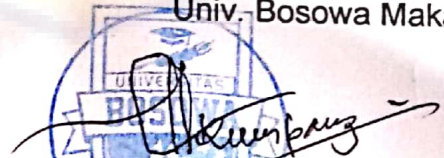
Makassar, Februari 2022

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik  
Univ. Bosowa Makassar

  
**Dr. Ridwan, S.T., M.Si**  
NIDN.09-101271-01

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil  
Univ. Bosowa Makassar

  
**Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT.**  
NIDN.00-010565-02

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **Sari**  
Nomor Stambuk : 45 17 041 005  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Tugas Akhir : "Pengaruh Penggunaan Trass Sebagai Pengganti  
Sebagian Semen Dengan Bahan Tambah Pozzolan  
Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton"

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Tugas akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau hasil pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, mediadakan/mengalih formatkan, mengelolah dalam bentuk data base, mendistribusikan dan menampilkan untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, Februari 2022

Yang Menyatakan,

  
SARI

# **PENGARUH PENGGUNAAN TRASS SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN DENGAN BAHAN TAMBAH POZZOLAN TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR BETON**

Oleh : Sari <sup>1)</sup>, Syahrul Sariman<sup>2)</sup>, Tamrin M<sup>3)</sup>

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar

Email : [sariladiaa28@gmail.com](mailto:sariladiaa28@gmail.com)

## **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa Pengaruh Penggunaan Trass Sebagai pengganti Sebagian semen dengan bahan tambah pozzolan terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton. Trass Yang diambil dikeringkan lalu ditumbuk kemudian disaring sedangkan Pozzolan yang digunakan adalah hasil pembakaran batu bara yang lolos saringan 200.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa. dengan membandingkan beton normal dengan beton variasi, Dengan Komposisi variasi pozzolan 0%, 5%, 10% ,15% dan Trass sebagai pengganti Sebagian semen sebesar 10%. Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan bahwa beton yang menggunakan pozzolan 0% mengalami peningkatan kuat tekan terhadap beton normal sebesar 1,38%, kuat Lentur 0.13%, beton yang menggunakan pozzolan 5% mengalami peningkatan kuat tekan terhadap beton normal sebesar 2.77% dan kuat Lentur 0.26%, beton yang menggunakan pozzolan 10% mengalami peningkatan kuat tekan terhadap beton normal sebesar 6.38% dan kuat Lentur 0.53%, beton yang menggunakan pozzolan 15% mengalami peningkatan kuat tekan terhadap beton normal sebesar 10.91% dan kuat Lentur 0.80%. Dari hasil Pengujian dapat disimpulkan bahwa semakin besar persentase penggunaan pozzolan sebagai bahan tambah semen maka semakin meningkat kuat tekan dan kuat lentur beton.

Kata Kunci : Trass, Pozzolan, Kuat Tekan, Kuat Lentur

## **ABSTRACT**

*This study aims to analyze the Effect of Using Trass As a Partial substitute for cement with pozzolan added material against strong press and strong concrete bending. The trass taken are dried and then pounded and then filtered while the Pozzolan used is the result of burning coal that escapes filter 200.*

*The research was conducted in the Structural and Materials Laboratory, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Bosowa University. by comparing normal concrete with concrete variations, with a composition of variations of pozzolan 0%, 5%, 10%, 15% and Trass as a partial substitute for cement by 10%. From the results of research that has been done that concrete that uses 0% pozzolan has an increase in pressure strong against normal concrete by 1.38%, Bending strength 0.13%, concrete that uses pozzolan 5% has an increase in pressure stronger against normal concrete by 2.77% and Bending strength by 0.26%, concrete using pozzolan 10% increases in pressure strong against normal concrete by 6.38% and Bending strong 0.53%, Concrete using 15% pozzolan experienced a strong increase in press strength against normal concrete by 10.91% and bending strength by 0.80%. From the results of the test it can be concluded that the greater the percentage of use of pozzolan as a cement added material, the stronger the press and strong concrete bending.*

Keywords : **Trass**, Pozzolan, Compressive Strength, Flexural Strength

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah puji dan syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala senantiasa kita curahkan atas segala limpahan rahmat dan karunia serta hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul "**Pengaruh Penggunaan Trass Sebagai Pengganti Sebagian Semen Dengan Bahan Tambah Pozzolan Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton**". Tugas akhir ini merupakan syarat yang wajib dipenuhi untuk memperoleh gelar sarjana STRATA SATU (S-I) pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa.

Dalam penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari sebagian pihak, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan tugas akhir. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan jalan yang terbaik dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Terkhusus untuk kedua orangtua saya, Azhari ladia SH dan ibu Mila Lantalai yang telah memberikan dukungan serta doa dan materi yang tidak terhitung jumlahnya, sehingga tugas akhir ini dapat rampung seperti ini.
3. Kepada saudaraku hariyono, Harbin, asmiyati, dan hardiyanto yang telah memberikan dukungan serta doa, memberikan motivasi dan, materi sehingga tugas akhir ini dapat rampung seperti ini.

4. Bapak Dr.Ir. H. Syahrul Sariman, MT. sebagai pembimbing I, dan bapak Ir. Tamrin M, MT sebagai pembimbing II yang sudah meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan hingga penyusunan tugas akhir ini selesai.
5. Bapak Dr. Ridwan, ST. M.Si. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.
6. Bapak Dr. Ir. A. Rumpang Yunuf, MT sebagai ketua jurusan sipil beserta staf dan dosen pada fakultas Teknik jurusan sipil universitas bosowa.
7. Bapak Ir. Eka Yuniarto, ST, MT. selaku kepala laboratorium bahan dan struktur beton universitas bosowa.
8. teman-teman Jurusan Teknik Sipil Universitas Bosowa, terkhusus teman-teman jurusan Teknik sipil 2017 yang telah membantu penulisan dalam penyusunan skripsi ini. Dan semua pihak yang tidak dapat saya sebut satu persatu.

Akhir kata, semoga Allah Subhanahu Wa Ta'ala senantiasa mencurahkan segala keberkahan dan rahmatnya kepada mereka yang telah luar biasa membantu penulis dalam penyelesaian study ini, Aamiin. Terimakasih.

Makassar, Februari 2022

**SARI**

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	
LEMBAR PENGAJUAN .....	
LEMBAR PENGESAHAN .....	
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	
ABSTRAK .....	
KATA PENGANTAR .....	II
DAFTAR ISI .....	IV
DAFTAR TABEL .....	VI
DAFTAR GAMBAR .....	VII
<b>Bab I Pendahuluan</b>	
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Rumusan Masalah .....	I-3
1.3 Tujuan dan manfaat penulisan .....	I-3
1.3.1 Tujuan .....	I-3
1.3.2 Manfaat penelitian .....	I-4
1.4 Pokok bahasan dan Batasan masalah .....	I-4
1.4.1 Pokok Bahasan .....	I-4
1.4.2 Batasan Penelitian .....	I-4
1.5 Sistematika Penulisan .....	I-5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 beton .....	II-1



2.1.1	Sifat –Sifat Beton .....	II-2
2.1.2	Kelompok Beton.....	II-6
2.1.3	Keunggulan Beton.....	II-9
2.2	Bahan-Bahan Penyusunan Beton .....	II-11
2.2.1	Semen Portland .....	II-11
2.2.2	Agregat Halus (Pasir) .....	II-16
2.2.3	Agregat Kasar (Batu Pecah) .....	II-17
2.2.4	Air .....	II-18
2.3	Bahan Tambah Penyusun Beton.....	II-19
2.3.1	pozzolan .....	II-19
2.3.2	Trass.....	II-21
2.4	Pengujian Karakteristik Agregat .....	II-23
2.4.1	Kadar Air.....	II-23
2.4.2	Kadar Lumpur .....	II-23
2.4.3	Berat isi.....	II-24
2.4.4	Berat Jenis dan penyerapan untuk agregat kasar .....	II-25
2.4.5	Analisa Saringan .....	II-25
2.5	Perencanaan Campuran (Mix Design).....	II-26
2.6	Nilai Slump .....	II-40
2.7	Kuat Tekan Beton.....	II-40
2.8	Kuat Lentur Beton .....	II-41
2.9	Penelitian Terdahulu.....	II-43

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1	Bagan Alir Penelitian .....	III-1
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian.....	III-2
3.3	Data dan Sumber Data.....	III-3
3.4	Variabel Penelitian .....	III-3
3.5	Tahapan Penelitian .....	III-3
3.6	Notasi dan Jumlah Sampel.....	III-5
3.7	Metode Analisis .....	III-5
3.7.1	Pengaruh Trass sebagai pengganti Sebagian semen dengan bahan tambah pozzolan terhadap kuat Tarik beton.....	III-5
3.7.2	Pengaruh Trass sebagai pengganti Sebagian semen dengan bahan tambah pozzolan terhadap kuat lentur beton..	III-6

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1	Hasil Pengujian.....	IV-1
4.1.1	Karakteristik Agregat .....	IV-1
4.1.2	Gradasi Gabungan Agregat .....	IV-3
4.1.3	Mix Design .....	IV-4
4.1.4	Pengujian Kuat Tekan Beton Normal .....	IV-5
4.1.5	Pengujian Kuat Lentur Beton Normal .....	IV-8
4.1.6	Campuran Beton Variasi Trass Dan Pozzolan .....	IV-9
4.1.7	Workability.....	IV-10
4.1.8	Hasil Kuat Tekan Beton Variasi .....	IV-11
4.1.9	Hasil Kuat Lentur Variasi .....	IV-11

4.2	Pembahasan .....	IV-12
4.2.1	Pengaruh Subtitusi trass terhadap kuat tekan beton .....	IV-12
4.2.2	Pengaruh Penambahan Pozzolan dan Trass terhadap kuat Tekan beton.....	IV-13
4.2.3	Pengaruh Subtitusi Trass Terhadap Kuat Lentur Beton .....	IV-15
4.2.4	Pengaruh Penambahan Pozzolan Dan Trass Terhadap Kuat Lentur Beton.....	IV-16
4.3	Hubungan Kuat Tekan Dengan Kuat Lentur Beton Variasi .....	IV-18

## **BAB V Kesimpulan dan Saran**

5.1	Kesimpulan .....	V-1
5.2	Saran .....	V-2

## **Daftar Pustaka**

## **Lampiran**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kelas dan Mutu Beton.....	II-7
Tabel 2.2	Spesifikasi Semen Portland Komposit (PCC).....	II-14
Tabel 2.3	Hasil Pengujian Semen PCC Type 1 Merek Bosowa .....	II-15
Tabel 2.4	Faktor perkalian deviasi standar .....	II-27
Tabel 2.5	Nilai margin jika data tidak tersedia untuk menetapkan nilai deviasi standar.....	II-28
Tabel 2.6	kekuatan rata-rata perlu jika data tidak tersedia untuk menetapkan nilai deviasi standar.....	II-28
Tabel 2.7	Perkiraan Kuat Tekan Beton Pada FAS 0.50.....	II-29
Tabel 2.8	Type Agregat Dan Perkiraan Kadar Air Bebas.....	II-30
Tabel 2.9	Persyaratan nilai FAS maksimum untuk berbagai pembetonan dilingkungan khusus.....	II-32
Tabel 2.10	Ketentuan minimum untuk beton bertulang dalam air.....	II-33
Tabel 2.11	Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat.....	II-34
Tabel 2.12	Penetapan nilai slump adukan beton.....	II-40
Tabel 3.1	Variasi Benda Uji Kuat Tekan .....	III-5

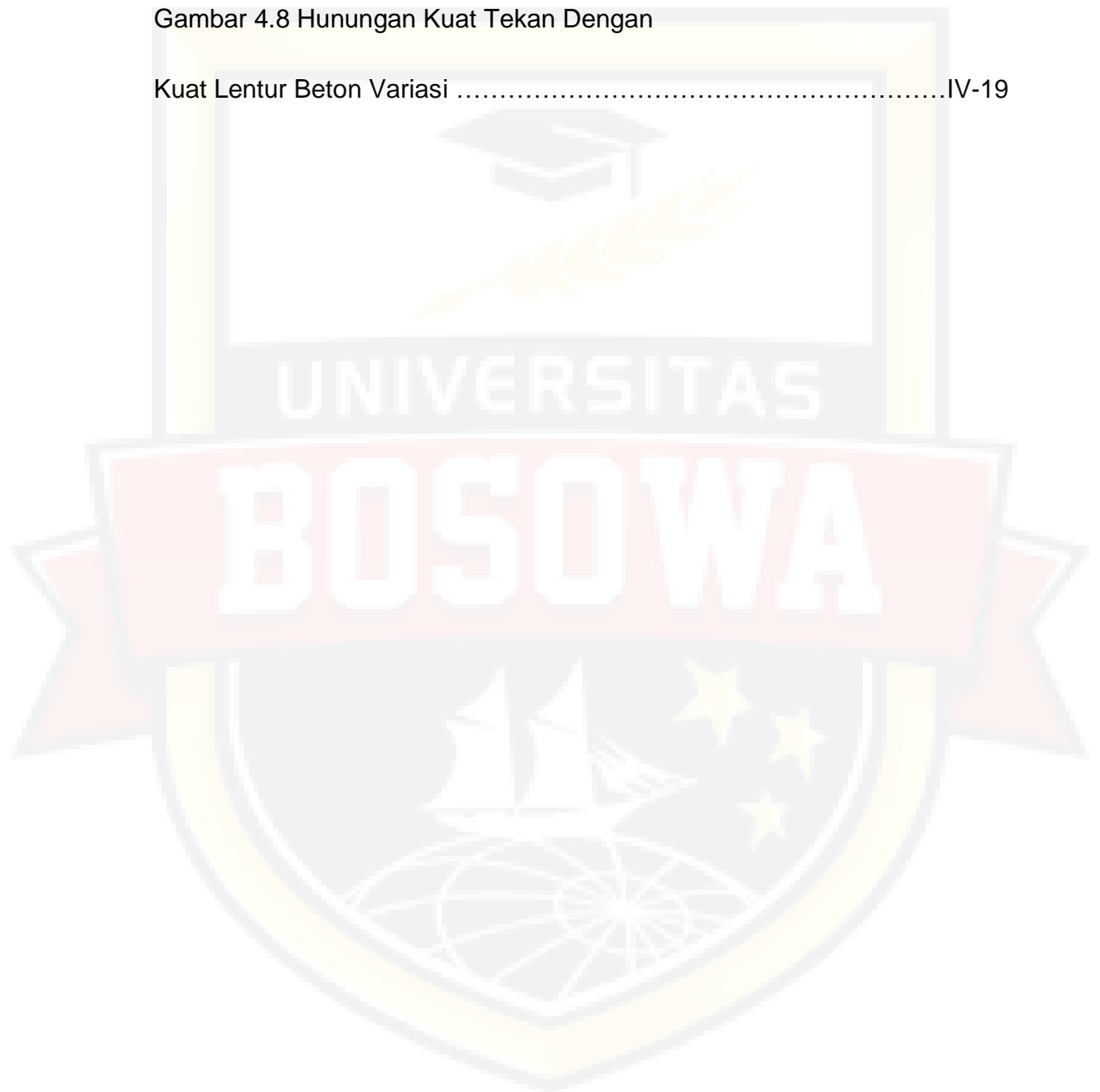
Tabel 3.1 Variasi Benda Uji Kuat Tekan .....	III-5
Tabel. 4.1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus .....	IV-1
Tabel. 4.2 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar .....	IV-2
tabel 4.3 Komposisi kuat tekan beton normal per 1 silinder .....	IV-5
tabel 4.4 Komposisi kuat lentur beton normal 1 balok .....	IV-5
Tabel. 4.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal .....	IV-6
Tabel. 4.6 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Normal .....	IV -8
Tabel 4.7 Data mix design variasi Kuat tekan .....	IV-9
Tabel 4.8 Data mix design variasi kuat Lentur .....	IV-9
Tabel 4.9 Nilai Slump Tiap Variasi Benda Uji.....	IV-10
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi Trass Dengan Bahan Tambah Pozzolan.....	IV-11
Table 4.11 Hasil Pengujian Kuat Letur Beton Variasi Trass Dengan BahanTambah Pozzolan.....	IV-12
Table 4.12 Presentase Kenaikan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Beton Variasi . .....	IV-15
Tabel 4.13 Presentase Kenaikan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Beton Variasi .....	IV-18
Tabel 4.14 Hubungan Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Variasi ...	IV - 19

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pasir Sungai .....	II-17
Gambar 2.2 Batu Pecah .....	II-18
Gambar 2.3 Pozzolan .....	II-21
Gambar 2.4 Trass .....	II-22
Gambar 2.5 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen .....	II-31
Gambar 2.6 Grafik hubungan kadar air, berat jenis gabungan dan berat beton.....	II-36
Gambar 2.7 Pengujian Kuat Lentur.....	II-42
Gambar 4.1 Rata-rata persen Lolos Agregat Halus .....	IV-2
Gambar 4.2 Rata-rata persen Lolos Agregat Kasar .....	IV-3
Gambar 4.3 Spesifikasi Agregat Gabungan (combined) .....	IV-4
Gambar. 4.4. Perbandingan Kuat Tekan Normal Dengan Subtitusi Trass .....	IV-13
Gambar 4.5. Pengaruh Penambahan Pozzolan dan Trass terhadap kuat Tekan beton .....	IV-14
Gambar. 4.6. Perbandingan Kuat Tekan Normal Dengan Subtitusi Trass .....	IV-16

Gambar 4.7. Pengaruh Penambahan Pozzolan Dan Trass Terhadap Kuat Lentur Beton .....IV-17

Gambar 4.8 Hubungan Kuat Tekan Dengan Kuat Lentur Beton Variasi .....IV-19



## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Beton (concrete) adalah salah satu bahan untuk bangunan yang paling banyak pemakaiannya di seluruh dunia selain baja dan kayu. Beton digunakan di hampir semua tempat seperti di atas tanah (gedung dan jembatan), di bawah tanah (pondasi, terowongan), di dasar laut (pipa minyak, anjungan lepas pantai), di atas air (kapal-kapal ferosemen). Hal ini antara lain disebabkan oleh mudahnya memperoleh bahan penyusun beton dan kesederhanaan pembuatan beton. Bahan penyusun beton adalah air, semen Portland, dan agregat (terkadang ada bahan tambah, baik bahan kimia tambahan, serat, maupun buangan kimia) pada perbandingan tertentu (Tjokrodimulto, 1996.). Campuran bahan penyusun tersebut jika dituang ke dalam cetakan dan kemudian dibiarkan, akan mengeras seperti batuan. Pengerasan ini terjadi karena reaksi kimia antara air dan semen, yang berlangsung dalam waktu yang panjang.

Penggunaan bahan alam dalam pembangunan telah dikenal sejak lama. Bahan yang dahulu digunakan sebagai perekat, adalah kapur yang memiliki sifat mudah mengeras. Trass dalam keadaan sendiri tidak memiliki sifat dan karakteristik seperti semen, tetapi apabila direaksikan dengan kapur dan air dalam perbandingan tertentu akan menghasilkan suatu massa yang memiliki sifat-sifat seperti semen yang tidak dapat larut dalam air. Sifat-sifat seperti semen disebabkan oleh senyawa silika aktif dan



senyawa aluminat reaktif. Kegunaan trass sendiri ialah untuk bahan baku batako, industri semen, campuran bahan bangunan dan semen alam. Beberapa bahan lain yang biasa ditambahkan antara lain pozzolan, sejenis bahan yang mengandung silika dan alumina yang memiliki sedikit sifat semen yang akan bereaksi secara kimiawi dengan kalsium hidroksida pada suhu ruang serta membentuk senyawa-senyawa yang mempunyai sifat-sifat semen. Bahan yang mengandung pozzolan adalah trass, semen merah. abu ataupun buatan yang mengandung silika atau alumina berpotensi sebagai pozzolan. Pemanfaatan kedua bahan ini telah dikenal sejak zaman Romawi. Masyarakat pada saat itu memanfaatkan perekat yang menggunakan material Produk letusan gunung api di Pouzzuoli. Mengingat bahan ini banyak terdapat di wilayah Indonesia, maka perlu diadakan penelitian sejauh mana bahan trass dan pozzolan bisa dipakai.

Dari permasalahan diatas penulis mencoba mengkaji karakteristik beton dengan menggunakan trass dan pozzolan terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton.

dengan judul:

**“Pengaruh Penggunaan Trass Sebagai Pengganti Sebagian Semen Dengan Bahan Tambah Pozzolan Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton”**

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti yaitu:

- a) Bagaimana memperoleh campuran beton  $f'c$  25 Mpa?
- b) Bagaimana pengaruh trass dan pozzolan terhadap kuat tekan beton?
- c) Bagaimana pengaruh trass dan pozzolan terhadap kuat lentur beton?

## 1.3 Tujuan dan Manfaat penelitian

### 1.3.1 Tujuan

Penelitian ini mempunyai tujuan yaitu sebagai berikut:

- a) Untuk memperoleh campuran beton  $f'c$  25 Mpa.
- b) Untuk menentukan pengaruh trass dan pozzolan terhadap kuat tekan Beton.
- c) Untuk menentukan pengaruh trass dan pozzolan terhadap kuat lentur beton.

### **1.3.2 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang bisa didapat dari penelitian ini antara lain:

- a) Memberikan alternatif material yang dapat digunakan sebagai bahan tambah campuran beton.
- b) diharapkan bisa bermanfaat bagi ilmu pengetahuan dan jasa konstruksi.

### **1.4 Pokok Bahasan Batasan Masalah**

#### **1.4.1 Pokok Bahasan**

Pokok bahasan dalam penelitian ini meliputi:

- a) Melakukan pengujian material pembuatan beton normal.
- b) Melakukan pengujian karakteristik beton normal.
- c) Membuat benda uji dengan trass sebagai substitusi semen dan pozzolan sebagai substitusi semen.
- d) Membuat pengujian beton variasi.
- e) Melakukan pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari.

#### **1.4.2 Batasan Penelitian**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

- a) Tidak meneliti kadar kandungan kimia yang terdapat dalam trass dan pozzolan.

- b) Pozzolan yang digunakan adalah fly ash.
- c) Variasi pozzolan 5%, 10%, dan 15% sebagai bahan tambah semen.
- d) Agregat terdiri dari agregat halus dan kasar yang berasal dari Bili-bili, kabupaten gowa, Sulawesi selatan.
- e) Air yang digunakan dari Laboratorium Bahan Dan Struktur Beton, Jurusan Sipil, Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.
- f) Bahan tambah menggunakan Trass lolos saringan no. 200 yang berasal dari desa kupa, kecamatan Mallusetasi, Kabupaten Barru, Sulawesi selatan.
- g) Bahan pengganti menggunakan pozzolan lolos saringan no. 200 yang berasal dari Pabrik semen di Sulawesi selatan.
- h) Penelitian ini merupakan uji laboratorium yang diadakan di Laboratorium struktur dan bahan, jurusan Teknik sipil, fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

## **1.5 Sistematika Penulisan**

Secara garis besar sistematika penulisan yang dapat disajikan sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Merupakan Bab pengantar sebelum memasuki pembahasan yang sebenarnya dan memberikan suatu gambaran umum secara singkat mengenai penelitian ini. Meliputi latar belakang penulisan, rumusan masalah, tujuan penelitian, pokok bahasan dan batasan masalah serta metode penelitian.

### **BAB II KAJIAN PUSTAKA**

Merupakan bagian yang membahas teori-teori dari beton sebagai objek penelitian, tinjauan umum dan spesifikasi material beton, syarat dasar agregat terhadap mutu beton, slump test serta kuat tekan dan kuat lentur beton.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini berisi gambaran umum penelitian, waktu dan lokasi penelitian, diagram alir penelitian serta tahapan penelitian

### **BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL PENELITIAN**

Merupakan analisa hasil penelitian dan pembahasan yang meliputi penyajian hasil penelitian kuat tekan dan pembahasan hasil penelitian.

### **BAB V PENUTUP**



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Beton

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk. (Kardiyono Tjokrodimulyo,2007).

Beton merupakan bahan yang mempunyai kuat tekan yang cukup besar, kekuatan beton dipengaruhi oleh faktor air semen, tingkat pemadatan, jenis semen, jenis agregat dan perawatan. Namun beton memiliki kuat tarik yang rendah, pada elemen struktur yang betonnya mengalami tegangan tarik diperkuat dengan batang baja tulangan sehingga terbentuk suatu struktur komposit, yang kemudian dikenal dengan sebutan beton bertulang. Kuat tekan beton sangat diperhitungkan hampir pada semua perencanaan konstruksi beton.

Agar dihasilkan kuat desak beton yang sesuai dengan rencana diperlukan *mix design* untuk menentukan jumlah masing-masing bahan susun yang dibutuhkan. Disamping itu, adukan beton harus diusahakan dalam kondisi yang benar-benar homogen dengan kelecakan tertentu agar tidak terjadi segregasi. Selain perbandingan bahan susunnya, kekuatan

beton ditentukan oleh padat tidaknya campuran bahan penyusun beton tersebut. Semakin kecil rongga yang dihasilkan dalam campuran beton, maka semakin tinggi kuat desak beton yang dihasilkan.

### **2.1.1 Sifat – Sifat Beton**

Beberapa sifat umum yang penting diketahui pada beton adalah sebagai berikut:

a) Kemampuan Dikerjakan (workability)

Sifat workability merupakan ukuran dari tingkat kemudahan mengaduk bahan-bahan beton secara bersama, sampai menghasilkan adukan yang bersifat sedemikian rupa sehingga adukan mudah untuk diangkut, dituang, dicetak, dan dipadatkan menurut tujuan pekerjaan tanpa terjadi perubahan yang menimbulkan kesukaran dan menurunkan mutu beton. Kemampuan dikerjakan dapat diukur dari kekental dengan menggunakan alat slump (slump test) yang berbentuk kerucut terpancung. Pengambilan nilai slump tergantung dari jenis pengerjaan beton.

b) Sifat Ketahanan Beton (Durability)

Untuk mendapatkan sifat ketahanan dari beton maka hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

1. Pengaruh cuaca dan pemekuan pada musim dingin, serta pengembangan dan penyusutan yang diakibatkan oleh basah dan kering atau panas dan dingin yang silih berganti.



2. Ketahanan terhadap zat kimia, pengaruh ini bersifat kimiawi yang diakibatkan oleh bahan-bahan seperti air laut, rawa-rawa dan air limbah, zat-zat kimia limbah industri, buangan air kotor kota dan sebagainya yang dapat merusak keawetan beton. Ketahanan terhadap erosi, pengaruh erosi yang dapat mengakibatkan terjadinya lubang-lubang, gugus karena adanya gesekan benda yang terbawa air.

c) Sifat Kedap Air

Beton mempunyai kecenderungan mengandung rongga-rongga yang diakibatkan oleh adanya gelembung udara pada saat pengecoran. Rongga udara ini akan membentuk saluran-saluran kapiler mengakibatkan air dapat merusak dari luar kedalam atau tembus kebeton. Jika saluran-saluran kapiler itu tidak tertutup kembali, sifat beton tersebut tidak kedap air. Jadi untuk membuat beton yang kedap air, beton harus dibuat sepadat mungkin dan perbandingan air semen harus direduksi seminimal mungkin untuk keperluan hidrasi semen.

Hal-hal yang mempengaruhi sifat kedap airnya beton adalah sebagai berikut:

1. Perbandingan air dan semen dalam campuran beton (mutu dan porositas).
2. Kepadatan (hasil pemadatan/penggetaran dengan vibrator).
3. Selalu cukup air pada saat curing (4 minggu), umur beton bertambah, kedap air turun.

4. Gradasi agregat (memenuhi spesifikasi).

d) Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima atau menahan beban sampai pada batas kehancurannya. Pengujian kuat tekan beton dapat dilakukan dengan cara pembuatan benda uji kubus maupun silinder yang kemudian ditekan dengan menggunakan mesin Press Srenght.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton, yaitu:

1. Jenis semen dan kualitasnya.
2. Jenis dan kondisi agregat.
3. Tingkat perawatan.
4. Pengaruh suhu.
5. Umur beton itu sendiri.

e) Kekenyalan

Beton sebenarnya bukan merupakan benda kenyal, dimana grafik deformasi (Sterss Strenght) beton yang telah mengeras dengan sempurna akan menunjukkan garis miring agak tegak lurus sampai mencapai tegangan kerja maksimum. Penentuan modulus kekenyalan beton biasanya dilakukan pada pembebanan maksimum 50%.Biasanya beton yang memiliki kuat tekan tinggi, memiliki angka modulus kenyal yang tinggi.

f) Rangkak

Merupakan perubahan bentuk akibat pembebanan yang terus bertambah atau kalau beban ditiadakan akan berubah sebagian. Apabila

beton dibebani tekanan secara tetap akan mengalami pemampatan, yaitu :

1. Pemampatan yang dapat kembali semula. Pemampatan ini erat hubungannya dengan kekenyalan.
2. Pemampatan yang terus bertambah atau kalau beban dibebaskan, akan berubah sebagian, pemampatan ini disebabkan oleh penurunan pori-pori dalam. Aliran dari pasta semen, pergerakan Kristal dalam agregat dan terjadinya tekanan air dari gelombang semen karena adanya tekanan. Sifat rangkai ini perlu dipertimbangkan bagi konstruksi yang terus menerus mendapat beban.

g) Penyusutan

Penyusutan yang terjadi pada beton jika mengalami kekeringan pada waktu proses pengerasan. Penyusutan pada beton terjadi:

1. Penyusutan awal beton ketika masih dalam keadaan cair / plastis akibat reduksi dari volume air dengan semen mencapai 1 % dari volume absolute semen kering.
2. Penyusutan kering berlanjut dari beton ketika mengeras dan menjadi kering.

h) Sifat Panas Beton

Sifat panas beton diakibatkan karena hidrasi semen oleh air, terutama pada beton yang tebal, panas terkonsentrasi dalam beton. Untuk menghindari panas yang berlebihan, maka diusahakan :

1. Penggunaan semen minimum dengan memenuhi persyaratan (kekuatan tetap terpenuhi).

2. Penggunaan semen type V akan mengurangi panas hydrasi.

i) Berat Beton

Berat beton terutama dipengaruhi oleh jenis agregat yang digunakan. Untuk beton bendungan yang memakai manfaat berat maka berat beton ini sangat penting. Untuk itu dipakai agregat yang menghasilkan isi beton yang besar.

### **2.1.2 Kelompok Beton**

1. Beton berdasarkan kelas dan mutu beton.

Kelas dan mutu beton ini, di bedakan menjadi 3 kelas, yaitu:

Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-bahan, sedangkan

- a. terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I dinyatakan dengan  $B_0$ .
- b. Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar  $B_1$ , K 125, K 175, dan K 225.
- c. Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural yang lebih tinggi dari K 225. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli.

Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap serta dilayani oleh tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu.

Adapun pembagian beton ini, dapat dilihat dalam tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 Kelas dan Mutu Beton

Kelas	Mutu	$\sigma'_{bk}$ (Kg/cm <sup>3</sup> )	$\sigma'_{bm}$ (Kg/cm <sup>3</sup> )	Tujuan	Pengawasan terhadap mutu agregat tekan	
I	B0	-	-	Non Struktural	Ringan	Tanpa
II	B1	-	-	Struktural	Sedang	Kontinu
	K 125	125	200	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 175	175	250	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 225	225	200	Struktural	Ketat	Kontinu
III	K >225	>225	>300	Struktural	Ketat	Kontinu

(Sumber: Mulyono T, 2003)

2. Berdasarkan jenisnya, beton dibagi menjadi 7 jenis, yaitu :

a. Beton ringan

Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan pun merupakan agregat ringan juga. Agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil dari pembakaran shale, lempung, slates, residu slag, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekitar 1900 kg/m atau berdasarkan kepentingan penggunaannya berkisar antara 1440–

1850 kg/m<sup>3</sup>, dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari 17,2 Mpa.

b. Beton normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan split sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara 2200 kg/m<sup>3</sup> – 2400 kg/m<sup>3</sup> dengan kuat tekan sekitar 15 – 40 Mpa.

c. Beton berat

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

d. Beton massa (*mass concrete*)

Dinamakan beton massa karena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan masif, misalnya untuk bendungan, kanal, pondasi, dan jembatan.

e. *Ferro-cement*

Ferro-Cement adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan cara memberikan suatu tulangan yang berupa anyaman kawat baja sebagai pemberi kekuatan tarik dan daktil pada mortar semen.

f. Beton serat (*Fibre concrete*)

Beton serat (*fibre concrete*) adalah bahan komposit yang terdiri dari beton dan bahan lain berupa serat. Serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktil daripada beton normal.

g. Beton Rongga

Beton berongga adalah beton tanpa argagat halus dan hanya terdiri dari argagat kasar, semen dan air serta bahan kimia. Rongga – rongga pada beton berongga bermanfaat untuk menyalurkan air dan menyaring kotoran sehingga tidak terbawa ke dalam tanah atau saluran. Rongga – rongga tersebut diharapkan juga dapat menyerap energi matahari.

### 2.1.3 Keunggulan Beton

Dari pemakaiannya yang begitu luas maka dapat diduga sejak dini bahwa struktur beton mempunyai banyak keunggulan dibanding material yang lain:

A. Ketersediaan (*availability*) materi dasar.

1. Agregat dan air pada umumnya bisa didapat dari lokasi setempat. Semen pada umumnya juga dapat dibuat di daerah setempat, bila tersedia. Dengan demikian, biaya pembuatan relatif lebih murah karena semua bahan bisa didapat di dalam negeri, bahkan bisa setempat. Bahan termahal adalah semen, yang bisa diproduksi di dalam negeri.

2. Tidak demikian halnya dengan struktur baja, karena harus dibuat di pabrik, apalagi kalau masih harus impor. Pengangkutan menjadi masalah tersendiri bila proyek berada di tempat yang sulit untuk dijangkau, sementara beton akan lebih mudah karena masing-masing material bisa diangkut sendiri.
3. Ada masalah lain dengan struktur kayu. Meskipun problemnya tidak seberat struktur baja, namun penggunaannya secara massal akan menyebabkan masalah lingkungan, sebagai salah satu penyebab utama kerusakan hutan.

B. Kemudahan untuk digunakan (versatility).

1. Pengangkutan bahan mudah, karena masing-masing bisa diangkut secara terpisah. Beton bisa dipakai untuk berbagai struktur, seperti bendungan, pondasi, jalan, landasan bandar udara, pipa, perlindungan radiasi, insulator panas.
2. Beton ringan bisa dipakai untuk blok panel. Beton arsitektural bisa untuk keperluan dekoratif.
3. Beton bertulang bisa dipakai untuk berbagai struktur yang lebih berat, seperti jembatan, gedung, tandon air, bangunan maritim, landasan pacu pesawat terbang, kapal dan sebagainya.

C. Kemampuan beradaptasi (adaptability)

1. Beton bersifat monolit sehingga tidak memerlukan sambungan seperti baja.



2. Beton dapat dicetak dengan bentuk dan ukuran berapapun, misalnya pada struktur cangkang (shell) maupun bentuk-bentuk khusus 3 dimensi.
3. Beton dapat diproduksi dengan berbagai cara yang disesuaikan dengan situasisekitar. Dari cara sederhana yang tidak memerlukan ahli khusus (kecuali beberapa pengawas yang sudah mempelajari teknologi beton), sampai alat modern di pabrik yang serba otomatis dan terkomputerisasi. Metode produksi modern memungkinkan industri beton yang profesional.
4. Konsumen energi minimal per kapasitas jauh lebih rendah dari baja, bahkan lebih rendah dari proses pembuatan batu bata.

D. Kebutuhan pemeliharaan yang minimal.

Secara umum ketahanan (durability) beton cukup tinggi, lebih tahan karat, sehingga tidak perlu dicat seperti struktur baja, dan lebih tahan terhadap bahaya kebakaran.

## **2.2 Bahan-Bahan Penyusunan Beton**

### **2.2.1 Semen Portland**

Semen Portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam perkejaan beton. Menurut ASTM C-150 1985, semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya

mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Menurut *ASTM C150*, semen Portland dibagi menjadi lima tipe, yaitu:

Tipe I : *Ordinary Portland Cement (OPC)*, semen untuk penggunaan umum, tidak memerlukan persyaratan khusus (panas hidrasi, ketahanan terhadap sulfat, kekuatan awal).

Tipe II : *Moderate Sulphate Cement*, semen untuk beton yang tahan terhadap sulfat sedang dan mempunyai panas hidrasi sedang.

Tipe III : *High Early Strength Cement*, semen untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras).

Tipe IV : *Low Heat of Hydration Cement*, semen untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah, dengan kekuatan awal rendah.

Tipe V : *High Sulphate Resistance Cement*, semen untuk beton yang tahan terhadap kadar sulfat tinggi.

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik disektor konstruksi sipil. Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknik yang diberikan. Semen Portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan almunium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mongering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Berat jenis yang dihasilkan berkisar antara 3.12 dan 3.16 dan berat volume sekitar

1500 kg/cm<sup>3</sup>. Bahan utama pembentuk semen Portland adalah kapur (CaO), silica (SiO<sub>3</sub>), alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), sedikit magnesia (MgO), dan terkadang sedikit alkali. Untuk dapat mengontrol komposisinya, terkadang ditambah oksida besi, sedangkan gypsum (CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O) ditambahkan untuk mengatur waktu ikat semen.

Semen Portland komposit merupakan bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen Portland dan gipsum dengan satu atau lebih bahan anorganik. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (blast furnace slag), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6-35% dari massa semen portland komposit. Semen Portland komposit dikategorikan sebagai semen ramah lingkungan dan digunakan untuk hampir semua jenis konstruksi.

Keunggulan dari PCC (Portland Composite Cement) yaitu lebih mudah dikerjakan, suhu beton lebih rendah sehingga tidak mudah retak, permukaan acian dan beton lebih halus, lebih kedap air, mempunyai kekuatan yang lebih tinggi dibanding OPC (Ordinary Portland Cement).

Hasil pengujian kimia dan pengujian fisika dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Spesifikasi Semen Portland Komposit (PCC)

Jenis Pengujian	Satuan	SNI 15-7064 - 2004	Semen Tonasa (PCC)
<b>Pengujian Kimia</b>			
SO <sub>3</sub>		Max 4,0	2,16
MgO		Max 6,0	0,97
Hilang Pijar		Max 5,0	1,98
<b>Pengujian Fisika</b>			
Kehalusan Dengan alat <i>Belaine</i> Sisa diatas ayakan 0,045 mm	<i>m<sup>2</sup>/Kg</i> %	Min 280 -	365 9,0
Waktu Pengikatan ( <i>Alat Vicast</i> ) Setting awal Setting akhir	<i>Menit</i> <i>Menit</i>	Min 45 Max 375	120 300
Kekekalan dengan <i>Autoclave</i> Pemuaiian Penyusutan	% %	Max 0,8 Max 0,2	- 0,02
Kuat Tekan 3 Hari 7 Hari 28 Hari	<i>Kg/cm<sup>2</sup></i> <i>Kg/cm<sup>2</sup></i> <i>Kg/cm<sup>2</sup></i>	Min 125 Min 200 Min 200	185 263 410
Panas hidrasi 7 Hari 28 Hari	<i>Cal/gr</i> <i>Cal/gr</i>	Max 12 - -	2,75 6,00 72,21
Kandungan udara mortar	%	Max 12	5,25

(Sumber: PT. Semen Tonasa)

Tabel 2.3 Hasil Pengujian Semen PCC Type 1 Merek Bosowa

Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil Pengujian
Konsistensi	-	24 %
Berat Jenis	-	3,12 %
Waktu Ikatan Awal	Min. 45 menit	104,71 menit
Waktu Ikatan Akhir	Maks. 375 menit	165 menit
Kehalusan semen	-	4,5 %
Kuat Tekan (28 Hari)	Min. 250 Kg/cm <sup>2</sup>	292,2 Kg/cm <sup>2</sup>

Sumber : Penelitian Terdahulu (Retno Wulandari,2004)

Selain semen Portland di atas, juga terdapat beberapa jenis semen lain:

1. *Blended Cement* (Semen Campur)

Semen campur dibuat karena dibutuhkannya sifat-sifat khusus yang tidak dimiliki oleh semen Portland. Untuk mendapatkan sifat khusus tersebut diperlukan material lain sebagai pencampur. Jenis semen campur:

- a) *Portland Pozzolan Cement* (PPC)
- b) *Portland Blast Furnace Slag Cement*
- c) *Semen Mosonry*
- d) *Portland Composite Cement* (PCC)

2. *Water Proofed Cement*

*Water proofed cement* adalah campuran yang homogen antara semen Portland dengan "*Water proofing agent*", dalam jumlah yang kecil.

3. *White Cement* (Semen Putih) Semen putih dibuat untuk tujuan

dekoratif, bukan untuk tujuan konstruktif.

#### 4. *High Alumina Cement*

*High alumina cement* dapat menghasilkan beton dengan kecepatan pengerasan yang cepat dan tahan terhadap serangan sulfat, asam akan tetapi tidak tahan terhadap serangan alkali.

#### 5. Semen Anti Bakteri

Semen anti bakteri adalah campuran yang homogen antara semen Portland dengan "*ant bacterial agent*" seperti *germicide*.

#### **2.2.2 Agregat Halus (Pasir)**

Agregat Halus (pasir) adalah hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. Syarat agregat halus adalah:

1. Berupa pasir yang berfungsi sebagai bahan pengisi, harus bebas dari bahan organik dan lempung.
2. Tersaring dalam ukuran 4-100, gradasi berukuran  $n < 100$  dapat merusak campuran beton.
3. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% terhadap berat kering.



**Gambar 2.1.** Agregat Halus (Pasir)

### **2.2.3 Agregat Kasar (Batu Pecah)**

Agregat Kasar adalah hasil disintegrasi alami batuan pecah atau bahan yang diperoleh dari industri pemecah batu. Syarat agregat kasar adalah :

1. Agregat kasar memiliki partikel lebih besar daripada 4,75 mm.
2. Harus berbutir keras dan tidak berpori.
3. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dari berat kering.
4. Tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak beton seperti alkali.
5. Butirannya harus bervariasi, tajam, kuat dan bersudut.



**Gambar 2.2.** Agregat Kasar (Kerikil)

### **2.2.3 Air**

Air merupakan komponen penting dari campuran beton yang memegang peranan penting dalam bereaksi dengan semen dan mendukung terbentuknya kekuatan pasta semen. Kualitas air mempengaruhi kekuatan beton, maka kemurnian dan kualitas air untuk campuran beton perlu mendapat perhatian. Secara umum, untuk campuran beton diperlukan air yang memenuhi standar air minum. Tujuan utama dari penggunaan air adalah agar terjadi hidrasi, yaitu reaksi kimia yang terjadi antara semen dan air yang menyebabkan campuran tersebut menjadi keras setelah lewat beberapa waktu tersebut. Air untuk perawatan dan pembuatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam, bahan-bahan organik, atau bahan lain yang dapat merusak beton atau



tulangannya. Sebaiknya digunakan air bersih, tidak berasa, tidak berbau, dan dapat diminum. Air yang dipergunakan harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- a. Tidak mengandung lumpur dan benda melayang lainnya yang lebih dari 2 gram/liter.
- b. Tidak mengandung garam atau asam yang dapat merusak beton, zat organik dan sebagainya lebih dari 15 gram per liter.
- c. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 1 gram per liter.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram per liter.

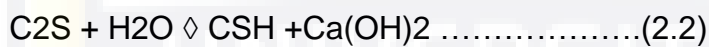
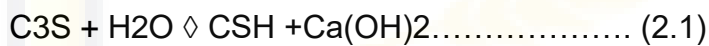
Faktor air semen (*water cement ratio*) adalah perbandingan berat air bebas dengan berat semen. Faktor air semen merupakan faktor pengaruh dalam pasta semen. Air yang berlebihan dapat menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton

## **2.3 Bahan Tambah Penyusun Beton**

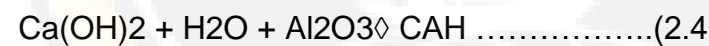
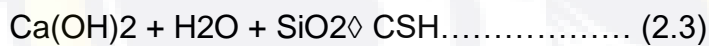
### **2.3.1 pozzolan**

Pozzolan adalah suatu material tambahan yang berasal dari alam dan batuan, yang sebagian besar memiliki kandungan senyawa silika (Si) dan alumina (Al), dimana pozzolan mampu bereaksi terhadap senyawa  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  hasil dari reaksi hidrasi antara semen dan air. Pozzolan sendiri

tidak memiliki sifat semen. Tetapi dalam keadaan halus bereaksi dengan kapur bebas dan air menjadi suatu massa padat yang tidak larut dalam air (Mulyati, 2012). Reaksi senyawa semen dengan air membentuk senyawa CSH dan  $\text{Ca(OH)}_2$  yang kemudian senyawa  $\text{Ca(OH)}_2$  akan bereaksi dengan pozzolan membentuk CSH dan CAH. Reaksi senyawa semen dengan air sebagai berikut :



Hasil  $\text{Ca(OH)}_2$  dari persamaan 2.1 dan 2.2 yang merupakan hasil sampingan dari reaksi hidrasi, bereaksi kembali dengan unsur  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  pada material pozzolan untuk mendapatkan CSH yang lebih banyak dan CAH. Reaksi pozzolan terhadap  $\text{Ca(OH)}_2$  ini dapat dilihat pada persamaan 2.3 dan 2.4 berikut :



Pozzolan dapat ditambahkan pada campuran adukan beton dan mortar untuk memperbaiki kelecakan (keenceran) dan membuat beton menjadi lebih kedap air (mengurangi permeabilitas). Pozzolan dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

- a) Pozzolan alam Bahan alam yang merupakan sedimentasi dari abu atau larva gunung yang mengandung silika aktif (volcanic ash).
- b) Pozzolan buatan Jenis ini merupakan sisa pembakaran dari tungku, maupun pemanfaatan limbah yang diolah menjadi abu yang mengandung silika 8 Universitas Kristen Petra reaktif dengan proses pembakaran, seperti abu terbang (fly ash), silica fume, dan lainnya.



**Gambar 2.3.** Pozzolan

### **2.3.2 Trass**

Trass adalah suatu jenis bahan galian yang berasal dari bahan pelapukan deposit vulkanik. Trass di sebut juga puzolan karna pertama kali di temukan oleh bangsa romawi kuno. Yang pada saat itu bangsa romawi kuno membuat bangunan menggunakan bahan galian dari permukaan bumi yang merupakan campuran halus dari debu vulkanik yang letaknya di

dekat kota puzzuoli. Oleh karena itu bangsa Roma menamakan bahan galian tersebut dengan nama bahan pozzolan. Trass mengandung bahan silika, besi dan alumunium yang tidak mempunyai sifat penyemenan, tetapi dalam bentuk serbuk halus dan apabila dicampur dengan air dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu ruangan dan membentuk senyawa yang mempunyai sifat semen, yaitu mengalami sifat pengerasan yang setelah keras tidak larut dalam air. Suatu bahan galian dapat diklasifikasikan sebagai trass alam apabila mempunyai komposisi kimia seperti yang di saratkan oleh ASTM.



**Gambar 2.4. Trass**

## 2.4 Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian karakteristik agregat meliputi:

### 2.4.1 Kadar Air

Kadar air merupakan perbandingan anatar berat air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering yang dinyatakan dengan persen (%). Berat air yang terkandung dalam agregat besar sekali pengaruhnya pada pekerjaan yang menggunakan agregat terutama beton. Dengan diketahuinya kadar air yang terkandung dalam agregat, maka perencanaan mix design menjadi lebih akurat karena adanya faktor koreksi kadar air campuran beton pada saat akan dilakukan pengecoran di lapangan.

Adapun rumus kadar air ditunjukkan pada persamaan 1 berikut:

$$\omega = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100 \% \quad (2.5)$$

Dengan:

$\omega$  : Kadar air (%)

$W_1$  : Berat agregat sebelum dioven (gr)

$W_2$  : Berat agregat setelah dioven (gr)

### 2.4.2 Kadar Lumpur

Agregat yang cocok untuk menghasilkan beton dengan mutu tinggi adalah harus bebas dari lempung, lanau dan bahan organik yang akan

mengurangi kekuatannya. Adapun rumus kadar lumpur ditunjukkan pada persamaan 2 berikut:

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{(V_2)}{(V_1+V_2)} \times 100 \quad (2.6)$$

Dimana :

V1 = Tinggi pasir (mL)

V2 = Tinggi Lumpur (mL)

### 2.4.3 Berat isi

Berat isi agregat adalah perbandingan antara berat dengan volume yang ditempatinya. Menentukan berat isi agregat dapat dilakukan dalam keadaan lepas dan keadaan padat. Adapun rumus berat volume ditunjukkan pada persamaan 3 berikut:

$$\text{Berat Isi} = \frac{B-A}{V} \text{ kg/liter} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

B = Berat container + Benda Uji (Kg)

A = Berat Containe

V = Volume Containe

#### 2.4.4 Berat Jenis dan penyerapan untuk agregat kasar

1. Berat jenis kering adalah perbandingan antara berat kering dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu. Adapun rumus berat jenis kering ditunjukkan pada persamaan 4 berikut :

a. Berat jenis ( bulk Specific gravity )  $= \frac{B_j}{B_j - B_a}$  (2.8)

b. Berat jenis kering – permukaan jenuh  $= \frac{B_j}{B_j - B_a}$  (2.9)

c. Berat jenis semu ( apparent Specific gravity )  $= \frac{B_k}{B_k - B_a}$  (2.10)

d. Penyerapan  $= \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100 \%$  (2.11)

$B_k$  = Berat benda uji kering oven, (gram )

$B_j$  = Berat benda uji kering – permukaan jenuh, ( gram )

$B_a$  = Berat benda uji kering – permukaan jenuh didalam air, ( gram)

#### 2.4.5 Analisa Saringan

Analisa saringan agregat adalah salah satu analisa untuk mengetahui distribusi ukuran agregat kasar dengan menggunakan ukuran saringan standar tertentu yang ditunjukkan dengan lubang saringan (mm) dan untuk menilai apakah agregat kasar yang akan digunakan cocok untuk produksi beton. Selain itu juga mendapatkan presentasi agregat kasar dalam campuran. Adapun modulus kehalusan yang diisyaratkan untuk

agregat kasar yaitu 5.5 – 8.5. Adapun rumus modulus kehalusan ditunjukkan pada persamaan 2.12 berikut:

$$\% \text{ Lolos} = 100 \% - \text{Komulatif Tertahan} \dots \dots \dots (2.12)$$

Adapun rumus presentase agregat tertahan ditunjukkan pada persamaan 2.13 berikut:

$$\% \text{ Tertahan} = \frac{\text{Berat Tertahan}}{\text{Berat Total}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.13)$$

## 2.5 Perencanaan Campuran (Mix Design)

Perencanaan campuran beton (mix design) menggunakan metode DOE (Department of Environment) berasal dari Inggris (The British Mix Design Method), tercantum dalam Design of Normal Concrete Mixes telah menggantikan Road Note No.4 sejak tahun 1975. Di Indonesia DOE digunakan sebagai standar perencanaan Dinas Pekerjaan Umum dan dimuat dalam buku standar SNI 3847 - 2013. Metode ini digunakan karena merupakan metode yang paling sederhana dengan menghasilkan hasil yang akurat. Langkah metode ini secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut :

A. Penentuan kuat tekan beton yang disyaratkan ( $f_c'$ ).

Penentuan kuat tekan ini disyaratkan dengan perencanaan struktural dan kondisi setempat.

B. Penetapan nilai deviasi standar ( $s$ )



Deviasi standar ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya. Semakin baik mutu pelaksanaannya maka semakin kecil nilai deviasi standarnya. Jika jumlah data hasil pengujian kurang dari 30 benda uji sehingga dilakukan koreksi terhadap nilai standar deviasi dengan suatu faktor perkalian pada tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.4 Faktor perkalian deviasi standar

Jumlah Pengujian	Faktor modifikasi untuk nilai deviasi standar benda uji
Kurang dari 15	Tabel 2.5
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

Sumber : SNI – 2847 – 2013

C. Perhitungan nilai tambah (margin)

$m = 1,34 \cdot s$  MPa atau  $m = 2,33 s - 3,5$  MPa (diambil nilai yang terbesar dari kedua persamaan tersebut).

Apabila tidak tersedia catatan hasil uji terdahulu untuk perhitungan deviasi standar yang memenuhi ketentuan, maka nilai margin harus didasarkan pada tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.5 Nilai margin jika data tidak tersedia untuk menetapkan nilai deviasi standar.

Persyaratan kuat tekan $f_c$ , MPa	Margin (m), MPa
Kurang dari 21 Mpa	7,0
21 s/d 35	8,3
Lebih dari 35	10,0

Sumber : SNI – 2847 – 2013

D. Menetapkan kuat tekan rata-rata rencana.

Jika pelaksanaan tidak mempunyai catatan atau pengalaman hasil pengujian beton pada sebelumnya yang memenuhi persyaratan tersebut maka kekuatan rata-rata perlu  $f_{cr}$  harus ditetapkan dari tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.6 kekuatan rata-rata perlu jika data tidak tersedia untuk menetapkan nilai deviasi standar.

Kekuatan tekan disyaratkan, MPa	Kekuatan tekan rata-rata perlu, MPa
$f_c < 21$	$f_{cr} = f_c + 7,0$
$21 \leq f_c \leq 35$	$f_{cr} = f_c + 8,3$
$f_c < 35$	$f_{cr} = 1,10 f_c + 5,0$

Sumber : SNI – 2847 – 2013

Standar deviasi dapat dihitung dengan rumus :

$$S_r = \sqrt{\frac{\sum (f_c - f_{cr})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dengan:

$f_{cr}$ : Kekuatan tekan rata – rata beton ( $Kg/cm^2$ )

n: Jumlah benda uji

$f'_c$ : Kekuatan tekan karakteristik ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )

P: Beban yang bekerja (kg)

A: Luas penampang benda uji  $\text{cm}^2$

Sr: Nilai Standart deviasi ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )

E. Menetapkan jenis semen yang digunakan dalam campuran.

Jenis atau type semen yang dipakai harus dinyatakan dalam design campuran beton. Umumnya semen type I dan III yang banyak dipakai yaitu semen cepat mengeras (pengikatan awal rendah). Type semen ada lima yaitu : semen type I, II, III, IV, dan V.

Hubungan type semen, kuat tekan, umur beton dan jenis agregat dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.7 Perkiraan Kuat Tekan Beton Pada FAS 0.50

Type semen	Jenis agregat kasar	Kuat tekan pada umur (hari)			
		3	7	28	91
Semen Portland type I	Alami	200	280	400	480
	Batu pecah	300	320	450	540
Semen Portland type III	Alami	250	340	460	530
	Batu pecah	300	400	530	600

Sumber: *Buku Panduan Laboratorium Struktur Dan Bahan Universitas 45 Makassar*

F. Menetapkan jenis agregat halus dan agregat kasar.

Penetapan jenis agregat yang akan digunakan apakah menggunakan pasir alam dan kerikil alam, atau pasir alam dan batu pecah, karena hal ini

mempengaruhi kekuatan dan kadar air bebas sebagaimana diperlihatkan pada tabel 2.8 berikut ini.

Tabel 2.8 Type Agregat Dan Perkiraan Kadar Air Bebas

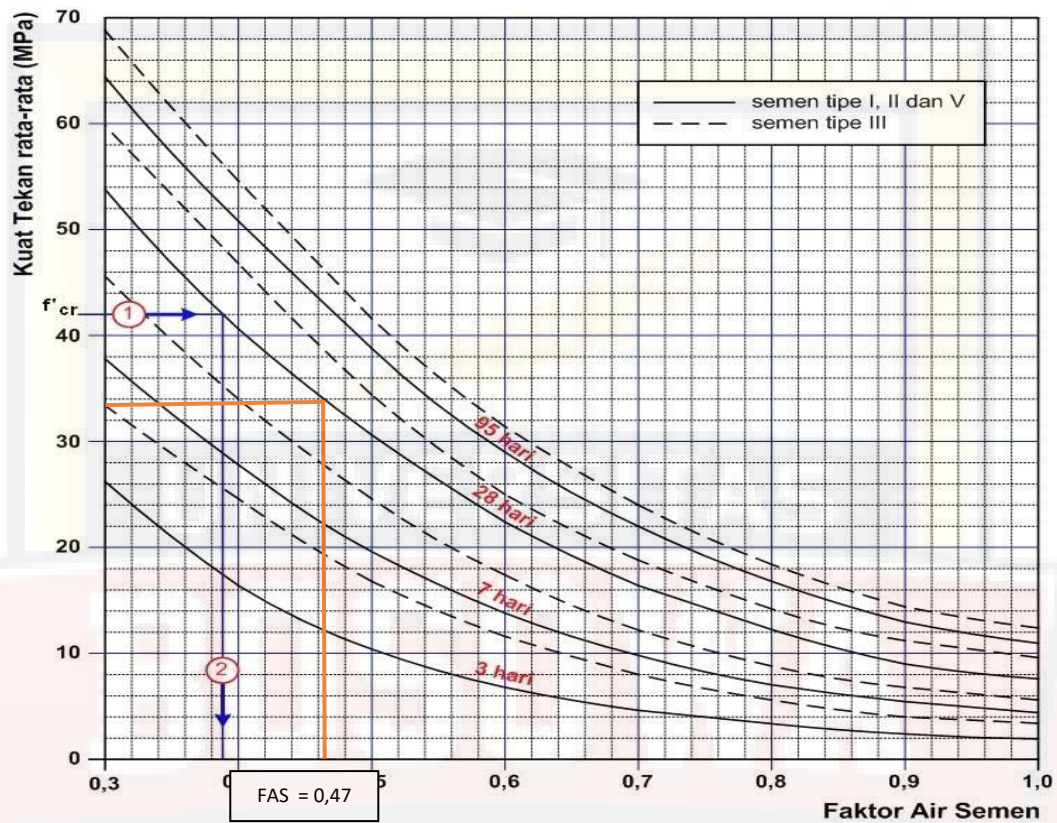
Slump (mm)		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 - 180
V.B (det)		12	6 - 12	3 - 6	0 - 3
Ukuran maks. Agregat (mm)	Jenis agregat	Kadar air bebas dalam (kg / m <sup>3</sup> )			
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	100	205	230	250
20	Alami	135	160	180	190
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber : *Buku Panduan Laboratorium Struktur Dan Bahan Universitas 45 Makassar*

G. Menetapkan faktor air semen.

- a) Menetapkan FAS berdasarkan jenis semen yang dipakai dan kuat tekan rata-rata selinder/kubus dengan umur rencana.
- b) Menetapkan berdasarkan jenis semen dan agregat yang digunakan dan kuat tekan rata-rata pada umur yang direncanakan

Grafik 2.1 Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji selinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm).



Sumber :Rancang Campuran Beton SNI 03 – 2834 – 2000

H. Menetapkan faktor air semen maksimum.

Jika nilai FAS maksimum lebih rendah dari nilai FAS sebelumnya (langkah G) maka nilai yang diambil adalah FAS maksimum. Penetapan nilai FAS maksimum dapat dilihat pada tabel 2.8 berikut ini.

Tabel 2.9 Persyaratan nilai FAS maksimum untuk berbagai pembetonan dilingkungan khusus.

Jenis Pembetonan	Fas Maksimum	Semen Minimum (kg/m <sup>3</sup> )
Beton didalam ruang bangunan :		
a. Keadaan sekeliling non-korosif.	0,60	
b. Keadaan sekeliling korosif akibat kondensasi atau uap korosi.	0,52	275 325
Beton diluar ruang bangunan		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.	0,55	325
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.	0,60	275
Beton diluar ruang bangunan		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55	325
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah.	Lihat tabel 2.10	
Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar/payau/laut.	Lihat tabel 2.9	

Sumber: Rancang Campuran Beton SNI 03 – 2834 – 2000

Tabel 2.10 Ketentuan minimum untuk beton bertulang dalam air

Jenis beton	Kondisi lingkungan berhubungan dengan	Faktor air semen maksimum	Type semen	Kandungan semen minimum (kg/m <sup>3</sup> )	
				Agregat max	
				40mm	20mm
Bertulang atau prategang	Air tawar	0,50	Type I-V	280	300
	Air payau	0,45	Type I+pozzolan (15-40%) atau PPC	340	380
	Air laut	0,50	Type II atau V	290	330
		0,45	Type II atau V	330	370

Sumber: Rancang Campuran Beton SNI 03 – 2834 – 2000 dan

SNI –2847 – 2013



Tabel 2.11 Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat.

8	Konsentrasi sulfat sebagai SO <sub>2</sub>			Type semen	Kandungan semen minimum berdasarkan ukuran agregat maksimum (kg/m <sup>3</sup> )			Nilai fas maks.
	Dalam tanah		Sulfat (SO <sub>2</sub> ) dalam air tanah (g/l)		40 mm	20 mm	10 mm	
	Total SO <sub>2</sub> (%)	SO <sub>2</sub> dalam campuran air:tanah = 2:1 g/l						
1.	Kurang dari 0,2	Kurang dari 1,0	Kurang dari 0,3	Type I dengan atau tanpa pozzolan (15-40)%	80	300	350	0,50
2.	0,2 – 0,5	1,0 – 1,9	0,3 – 1,2	Type I	290	330	350	0,50
				Type I pozzolan (15-40%) atau PPC	270	310	360	0,55
				Type II atau type IV	250	290	340	0,55
3.	0,5 - 1,0	1,9 – 3,1	1,2 – 2,5	Type I pozzolan (15-40%) / PPC	240	380	430	0,45
				Type II atau type V	290	330	380	0,50
4.	1,0 – 2,0	3,1 – 5,6	2,5 – 5,0	Type II atau type V	330	370	420	0,45
5.	Lebih dari 2,0	Lebih dari 5,6	Lebih dari 5,0	Type II atau type V dengan lapisan pelindung	330	370	420	0,45

Sumber: Rancang Campuran Beton SNI 03 – 2834 – 2000



Dari nilai faktor air semen berdasarkan kuat tekan rata-rata dan faktor air semen lingkungan diatas, lalu diambil faktor air semen yang terkecil untuk dipakai pada perhitungan selanjutnya (fas kecil > aman dari fas besar).

I. Penetapan kadar air bebas

Penetapan besar kadar air bebas (air yang diluar air jenuh) ditetapkan berdasarkan nilai slump yang dipilih, ukuran maksimum agregat, dan type agregat. Hal ini dapat dilihat pada tabel 2.7.

J. Penetapan nilai slump

Untuk menetapkan nilai slump memerlukan pengalaman pelaksanaan beton, tetapi untuk anchang-ancang slump dapat dijadikan patokan seperti pada tabel penetapan nilai slump tergantung dari :

- a) Cara pengangkutan (belt conveyer, pompa, manual, gerobak, dan lain-lain).
- b) Cara pengecoran atau penuangan pada acuan.
- c) Cara pemadatan atau penggetaran (alat getar / triller, hand vibrator).
- d) Jenis atau tujuan struktur.

K. Penetapan kadar semen (kg / m<sup>3</sup>) beton.

Penetapan kadar semen perlu per m<sup>3</sup> beton (kg / m<sup>3</sup>) digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar Semen} = \frac{\text{Kadar air bebas}}{\text{Faktor air semen}} \quad (2.14)$$

L. Penetapan perkiraan berat jenis spesifik gabungan.

Perkiraan berat jenis gabungan agregat kasar dan agregat halus dapat dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$B_{js} \text{ gabungan} = a\% \times B_j \text{ Spesifik pasir} + b\% \times B_j \text{ Spesifik kerikil}$$

Dimana :  $a\%$  = persentase penggabungan agregat halus terbaik

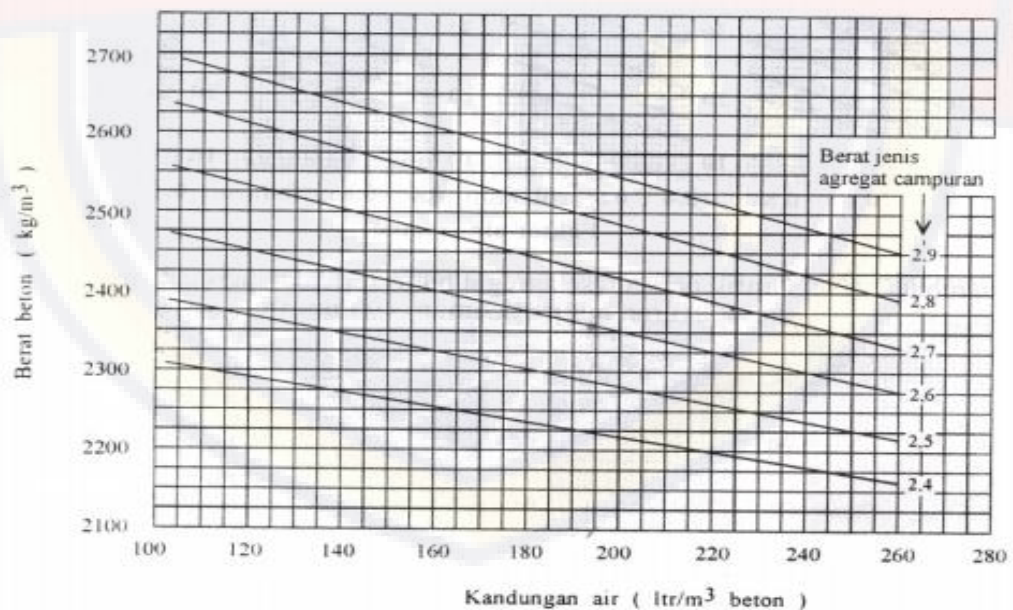
$b\%$  = persentase penggabungan agregat kasar terbaik

M. Penentuan berat volume beton segar (basah).

Untuk memperkirakan berat volume basah beton digunakan gambar

2.2 yaitu grafik hubungan antara berat volume basah beton, kadar air bebas, dan berat jenis gabungan SSD yang dinyatakan dalam bentuk grafik berikut.

Grafik 2.2 Grafik hubungan kadar air, berat jenis gabungan dan berat beton.



Sumber : Rancang Campuran Beton SNI 03 – 2834 – 2000

N. Penetapan proporsi agregat.

$$\text{Berat agregat halus } A = a\% \times (D - W_s - W_a) \dots \dots \dots (2.15)$$

$$\text{Berat agregat kasar } B = b\% \times (D - W_s - W_a) \dots \dots \dots (2.16)$$

Dimana:  $a\%$  = Persentase penggabungan agregat halus

$b\%$  = Persentase penggabungan agregat kasar

$D$  = Berat volume beton basah ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$W_s$  = Kadar semen ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) beton

$W_a$  = Kadar air bebas ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) beton

O. Hasil rancangan campuran beton teoritis (bahan kondisi SSD).

Campuran beton teoritis adalah porsi campuran dimana agregat masih dalam kondisi SSD (masih sulit untuk pelaksanaan dilapangan) yaitu:

Air =  $W_a$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) beton

Semen =  $W_s$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) beton

Pasir =  $A$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) beton

Kerikil =  $B$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) beton

Berat komponen beton teoritis adalah berat kondisi SSD (agregat kondisi jenuh air / kering permukaan), jadi masih perlu diperbaiki (dikoreksi) terhadap kondisi agregat lapangan saat mau dilaksanakan pengecoran.

P. Koreksi campuran beton.

Untuk penyesuaian takaran berat agregat sesuai kondisinya pada saat akan dicampur, maka perlu dikoreksi agar pengambilan agregat untuk dicampur dapat langsung diambil. Dimaksudkan koreksi tersebut adalah

koreksi terhadap kadar air sesaat agregat (kondisi agregat tidak selamanya SSD seperti pada hasil campuran teoritis.

Koreksi campuran beton ada dua macam sebagai berikut :

a) Koreksi secara eksak (rasional)

Uraian rumus:

BK = berat kering mutlak (oven)

BL = berat lapangan (sesuai kondisi agregat)

W% = kadar air agregat (sesuai kondisi agregat)

R% = resapan agregat (terhadap berat kering)

Uraian rumus koreksi cara eksak (berdasarkan definisi persen resapan air dan persen kadar air):

$$BL = BK + W\% \times BL \rightarrow BL - (W\% \times BL) = BK$$

$$(1 - W\%) \times BL = BK$$

$$\rightarrow BL = \frac{BK}{1 - W\%} \dots \dots \dots (2.17)$$

$$BK = BSSD - R\% \times BK \rightarrow BK + R\% \times BK = BSSD$$

$$(1 + R\%) \times BK = BSSD$$

$$\rightarrow BK = \frac{BSSD}{(1 + R\%)} \dots \dots \dots (2.18)$$

Dengan menggunakan persamaan (a) dan (b) diperoleh:

$$\rightarrow BL = \frac{BSSD}{(1 + R\%) \times (1 - W\%)} \dots \dots \dots (2.19)$$

.dengan memakai index p untuk pasir dan index k untuk kerikil maka diperoleh rumusan koreksi secara eksak sebagai berikut :

Berat koreksi pasir (p)

$$BLp = \frac{BSSDp}{(1+Rp\%) \times (1-Wp\%)} (\text{kg/m}^3) \text{ beton}$$

Berat koreksi kerikil (k)

$$BLk = \frac{BSSDk}{(1+Rk\%) \times (1-Wk\%)} (\text{kg/m}^3) \text{ beton}$$

Sehingga berat komponen beton setelah dikoreksi ( $\text{kg/m}^3$ ) beton:

Semen =  $W_s$

Pasir =  $BLp$

Kerikil =  $BLk$

Air = Kadar air bebas +  $(A - BLp) + (B - BLk)$

Berat komponen diatas merupakan takaran berat, untuk pelaksanaan dilapangan dan dengan masing-masing berat volumenya akan diperoleh takaran volume.

- b) Koreksi cara pendekatan (estimate)
- c) Koreksi ini berdasarkan nilai pendekatan (estimate), karena pengertian definisi resapan dan kadar air berorientasi berat lapangan. Koreksi tersebut adalah :

Semen =  $W_s$  ( $\text{kg/m}^3$ ) beton

Pasir =  $BLp = A - (Rp\% - Wp\%) \times A/100$  ( $\text{kg/m}^3$ ) beton

Kerikil =  $BLk = B - (Rk\% - Wk\%) \times B/100$  ( $\text{kg/m}^3$ ) beton

Air = kadar air bebas +  $(A - BLp) + (BLk)$  ( $\text{kg/m}^3$ ) beton

Dalam hal ini A dan B merupakan berat SSD dari pasir dan kerikil.

## 2.6 Nilai Slump

Nilai slump digunakan untuk mengukur tingkat kelecikan suatu adukan beton, yang berpengaruh pada tingkat pengerjaan beton (workability). Semakin besar nilai slump, maka beton semakin encer dan semakin mudah untuk dikerjakan, sebaliknya semakin kecil nilai slump, maka beton akan semakin kental dan semakin sulit untuk dikerjakan.

Tabel 2.12. Penetapan nilai slump adukan beton

Pemakaian beton (berdasarkan jenis struktur yang dibuat)	Nilai Slump (cm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, pelat fondasi, pondasi telapak bertulang	12.5	5
Fondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan struktur bawah tanah	9	2.5
Pelat, balok, kolom, dinding	15	7.5
Perkerasan jalan	7.5	5
Pembetonan masal (beton massa)	7.5	2.5

Sumber: Rancang Campuran Beton SNI 03 – 2834 – 2000

## 2.7 Kuat Tekan

Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pada mutu beton yang dihasilkan. Kekuatan tekan beton adalah perbandingan beton terhadap luas penampang beton. Kuat tekan silinder beton dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Tjokrodimuljo, 2007).

$$f'c = \frac{P_{maks}}{A} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana:

$f'c$  = Kuat tekan (MPa)

$P_{maks}$  = Beban tekan maksimum (N)

$A$  = Luas permukaan benda uji tertekan (mm<sup>2</sup>)

## 2.8 Kuat Lentur Beton

Kuat lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahangaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji.

Untuk pengujian kuat lentur, apabila terjadi bidang patah terletak di daerah pusat daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah, maka kuat lentur beton di hitung menurut (BSN, SNI 03-4431-2011) sebagai berikut :

$$\sigma_I = \frac{P.L}{b.h^2} \dots\dots\dots(2.21)$$

Lihat lampiran B Gambar B.3.

Namun apabila patahnya benda uji ada diluar pusat ( daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), dan jarak antara titik pusat dan titik patahnya kurang dari 5% dari jarak antara titik perletakan maka kuat lentur beton di hitung menurut (BSN, SNI 03-4431-2011) sebagai berikut :

$$\sigma_I = \frac{P.a}{b.h^2} \dots\dots\dots(2.22)$$

Lihat lampiran B Gambar B.4.

Keterangan:

$\sigma_1$  = kuat lentur benda uji (MPa)

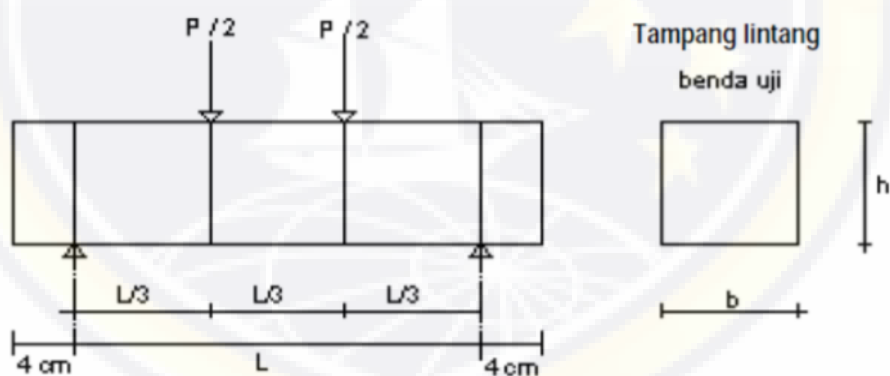
P = beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji (pembacaan dalam ton sampai 3 angka belakang koma)

L = jarak (bentang antara dua garis perletakan (mm)

b = lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

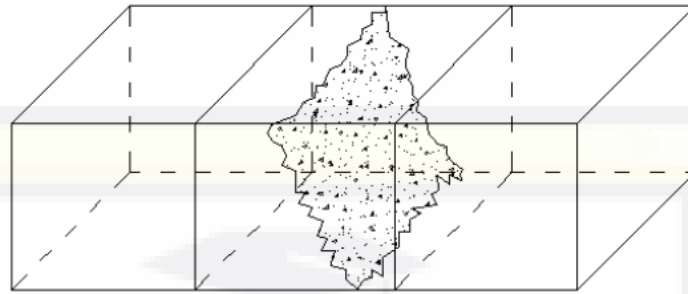
h = lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

a = jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sudut dari bentang (mm)

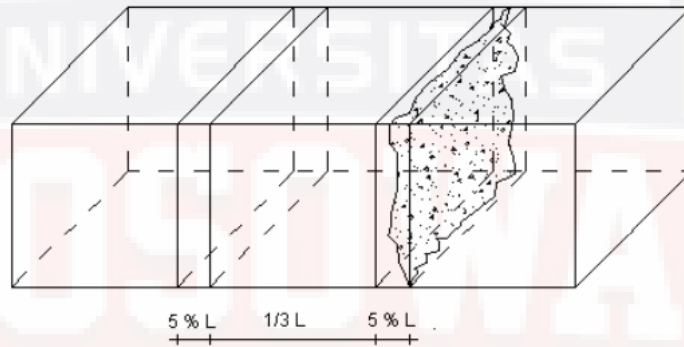


Gambar: Pengujian Kuat Lentur





**Gambar B.3** Patah pada 1/3 bentang tengah (Rumus 1)



**Gambar B.4** Patah di luar 1/3 bentang tengah dan garis patah pada < 5% dari bentang (Rumus 2)

## 2.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian terhadap kuat tekan beton telah banyak dilakukan oleh peneliti yang di lakukan sebelumnya, ada beberapa referensi yang penulis dapatkan untuk membantu dalam pengerjaan penelitian ini.

1. Dayat Nurhidayat DKK (2010) melakukan penelitian dengan judul **“PENGARUH PENGGUNAAN POZOLAN ALAM BANJARNEGARA SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN KOMPOSIT TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR”**. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penggunaan pesentase pozolan alam Banjarnegara pada lima perlakuan, dengan perlakuan E tanpa pozolan, dan perlakuan A, B, C dan D berturut-turut dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dari berat semen komposit, untuk mencapai kuat tekan mortar normal dan pada persentase berapa dicapai kuat tekan maksimum. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen sesuai SNI. Pengujian bahan agregat halus dan pengujian mutu dilakukan di Laboratorium Penelitian Bahan dan Barang Dinas Perindustrian DKI Jakarta. Untuk campuran 1 semen komposit : 5 pasir. Jumlah sampel masing-masing perlakuan adalah 5 benda uji, jumlah sampel seluruhnya adalah 25 benda uji. Penelitian ini dilakukan pada bulan AprilJuli 2008. Berdasarkan perlakuan variasi persentase, hasil uji data memenuhi syarat normalitas dan homogenitas serta analisa varians satu arah dan diuji dengan uji t satu rata-rata satu pihak dengan taraf signifikan ( $\alpha$ ) = 0.01. Hasil uji kuat

tekan rata-rata E sebesar 9.83 MPa dan kuat tekan rata-rata A, B, C dan D berturut-turut sebesar 8.15 MPa, 10.37 MPa, 10.03 MPa, dan 11.25 MPa. Nilai kuat tekan rata-rata mortar B, C dan D melebihi nilai kuat tekan rata-rata mortar tanpa pozolan. Berdasarkan hasil uji didapat persentase maksimum pada mortar D dengan kuat tekan rata-rata sebesar 11.25 MPa dengan persentase pozolan sebesar 20%. Mortar A, B, C dan D masuk kedalam mortar tipe N (SNI-6882- 2002).  
Kata kunci: pozolan alam Banjarnegara

2. Nana Dyah S DKK ( 2018 ) melakukan penelitian dengan judul **“KARAKTERISASI KOMPONEN AKTIF POZZOLAN UNTUK PENGEMBANGAN PORTLAND POZZOLAN CEMENT (PPC)”**. Pozzolan merupakan bahan yang mengandung Silica dan Alumina, dalam bentuknya yang halus dan adanya air akan bereaksi secara kimia dengan Kalsium Hidroksida pada suhu kamar dimana akan membentuk senyawa yang mempunyai sifat seperti semen. Bahan pozzolan yang digunakan ada beberapa macam diantaranya Trass Rembang, Fly Ash PT. Ipmomi, Granulated Blast Furnace Slag PT. Krakatau Steel Indonesia, dan Silika Fume PT. BASF. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik berbagai macam pozzolan berdasarkan komponen aktif didalamnya dan korelasinya terhadap kuat tekan pozzolan activity. Penelitian dilakukan di laboratorium penelitian dan pengembangan PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, dengan metode eksperimen. Untuk mengetahui

karakteristik dari masing-masing pozzolan dilakukan beberapa pengujian diantaranya XRD, XRF, insoluble, dan kuat tekan pozzolan activity. Dari hasil penelitian, diperoleh pozzolan yang terbaik adalah Silika Fume, hal ini didasarkan pada nilai tertinggi dari kuat tekan pozzolan activity 140.84 kg/cm<sup>2</sup>, amorf 100%, silika 88.69% dan insoluble 334,97%.

3. CARAKA ( 2006 ) melakukan penelitian dengan judul

**“PENGARUH PENGGUNAAN TRASS PURWOREJO SEBAGAI BAHAN TAMBAH TERHADAP KUAT DESAK BETON DAN KUAT TARIK BETON”.** gkatkan kuat desak beton dan kuat tarik beton.

Tujuan penelitian penggunaan Trass Purworejo dalam campuran beton ini adalah untuk mengetahui peningkatan kuat desak beton dan kuat tarik beton dengan menggunakan bahan tambah Trass Purworejo dibandingkan dengan beton normal, dan mengetahui prosentase bahan tambah Trass Purworejo pada campuran beton yang menghasilkan kuat desak dan kuat tarik maksimum.

Perencanaan campuran (Mix design) bertujuan untuk mendapatkan komposisi bahan pembentuk beton, semen, agregat halus, agregat kasar, dan air yang sesuai. Perencanaan Mix design dalam penelitian ini menggunakan metode ACI (American Concrete Institute). Dari hasil pengujian laboratorium diperoleh data bahwa pada penambahan Trass Purworejo sebesar 30% dari berat semen dapat menghasilkan kuat desak beton yang maksimum yaitu 36,6984 MPa atau meningkat

sebesar 22,6375% dibandingkan beton normal. Sedangkan pada pengujian laboratorium untuk kuat tarik beton diperoleh data bahwa penambahan trass Purworejo 20% meningkatkan sebesar 0,231 MPa atau 6,97% dibandingkan beton normal, tetapi pada penambahan lebih dari 20% kuat tarik betonnya menurun.

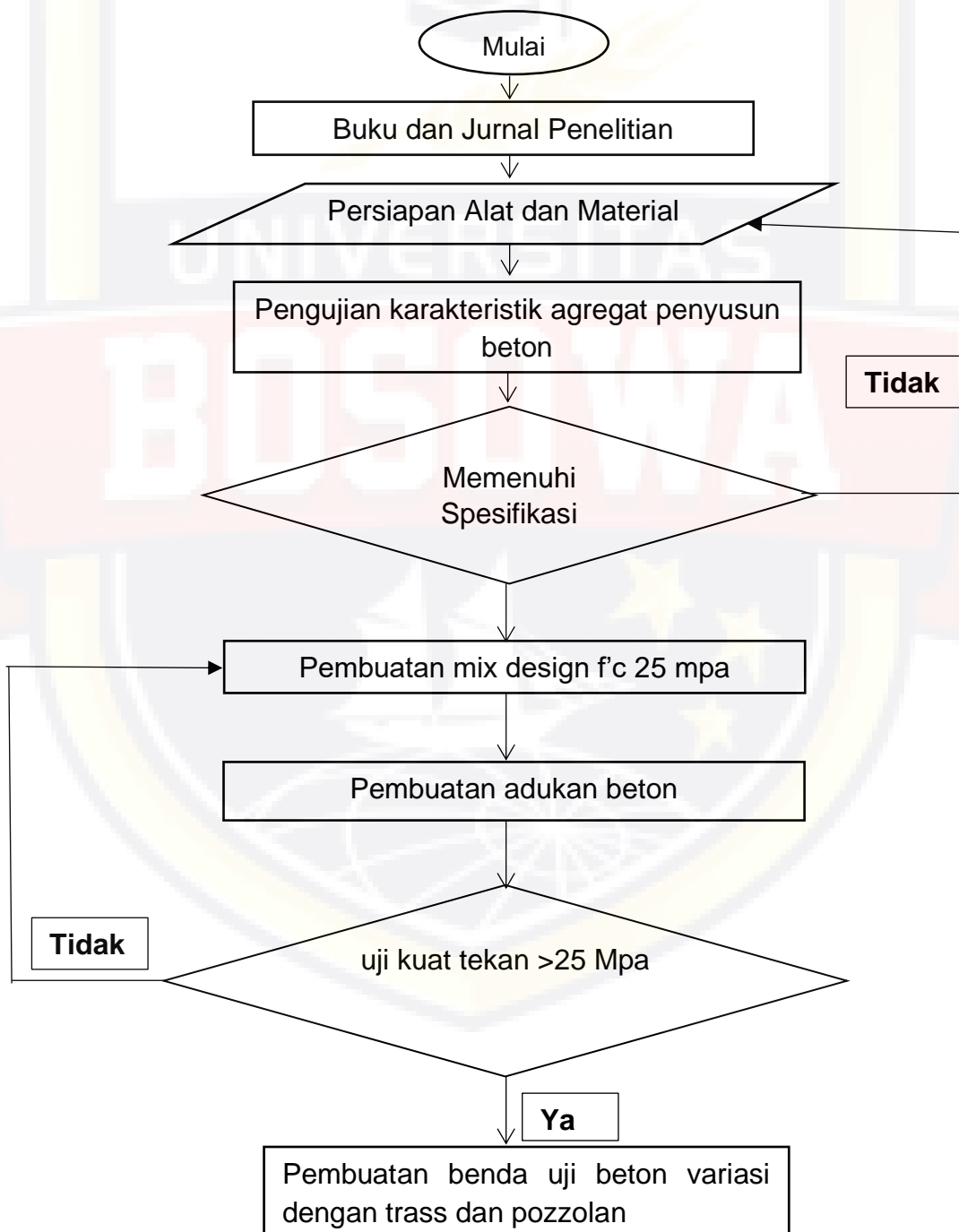


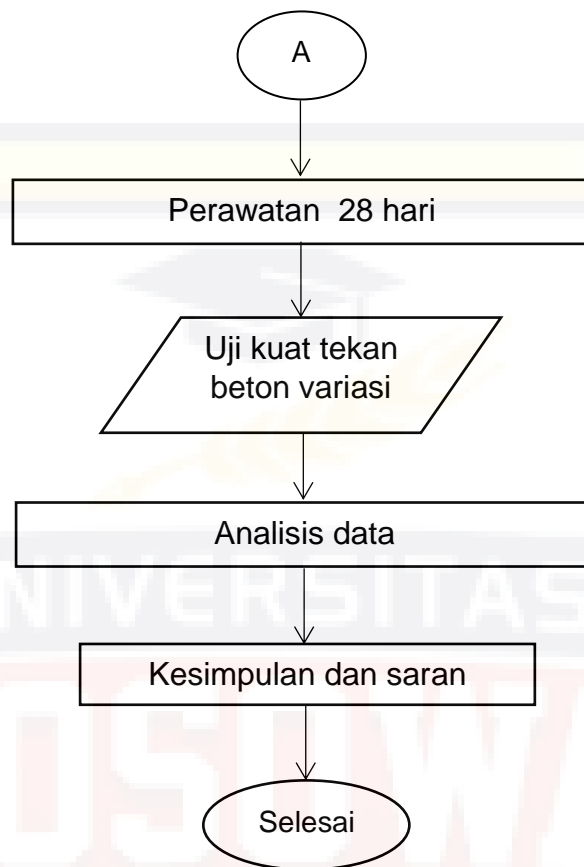
### BAB III

## METODE PENELITIAN

### 3.1 Bagan Alir Penelitian

Adapun Alir penelitian ini secara garis besar dapat dilihat pada diagram alir berikut ini.





Gambar 3.1 Bagan alir penelitian

### 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen di laboratorium berupa pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton selama 3 bulan.

### **3.3 Data dan Sumber Data**

Data primer dalam penelitian ini adalah data yang diperoleh langsung dari pengujian di laboratorium teknik sipil Universitas Bosowa Makassar. Dan data sekunder dalam penelitian ini diperoleh dari jurnal – jurnal penelitian terdahulu yang berkaitan dengan judul skripsi.

### **3.4 Variabel Penelitian**

#### **1. Variabel Terikat**

Variabel terikat merupakan variabel yang sifatnya mutlak atau tetap.

Pada penelitian ini, variabel terikat meliputi:

- a. Semen
- b. Agregat kasar
- c. Agregat halus
- d. Air
- e. Trass

#### **2. Variabel Bebas**

Variabel bebas merupakan variabel yang sifatnya tidak terikat atau dapat diubah sesuai perencanaan. Variabel bebas pada penelitian ini meliputi:

- a. Pozzolan

### **3.5 Tahapan Penelitian**

1. Kajian Pustaka
2. Persiapan alat dan bahan material



- a. Agregat Kasar (Batu pecah 1-2)
  - b. Agregat Halus (Pasir)
  - c. Semen
  - d. Trass
  - e. Pozzolan
3. Pengujian Material :
- a. Analisa saringan (*SNI 3423 – 2008*)
  - b. Berat Jenis (*SNI 1969 – 2008*)
  - c. Berat Isi (*SNI 1973 - 2008*)
  - d. Kadar Air (*SNI 1971 – 2011*)
  - e. Kadar Lumpur (*SNI 03 – 4142 – 1996*)
4. Pembuatan Benda Uji /*Mix Design* (*SNI 2847 -2013*)
- a. Beton Normal
5. Pengujian Slump Beton (*SNI 1972 – 2008*)
6. Perawatan beton (Perendaman) selama 28 hari
7. Pengujian Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton  $F'c$  20 MPa (*SNI 1974 – 2011*)
8. Pembuatan Benda Uji /*Mix Design* (*SNI 2847 -2013*)
- a. Beton Variasi
9. Pengujian Slump Beton (*SNI 1972 – 2008*)
10. Perawatan beton (Perendaman) selama 28 hari
11. Pengujian Kuat Tekan Beton  $F'c$  25 MPa (*SNI 1974 – 2011*)
12. Pengujian kuat lentur beton (*SNI 03-4431-1997*)

### 3.6 Notasi dan Jumlah Sampel

Tabel 3.1 Variasi Benda Uji Kuat Tekan

No	Notasi sampel	semen %	agregat halus %	agregat kasar %	trass (%)	pozzolan (%)	air (%)	jumlah sampel
1	Beton Normal	a	b	c	-	-	f	20
2	TP-1	90%	b	c	10(a)	0	f	3
3	TP-2	90%	b	c	10(a)	5	f	3
4	TP-3	90%	b	c	10(a)	10	f	3
5	TP-4	90%	b	c	10(a)	15	f	3
Total								32

Tabel 3.2 Variasi Benda Uji Kuat Lentur

No	Notasi sampel	semen %	agregat halus %	agregat kasar %	trass (%)	pozzolan (%)	air (%)	jumlah sampel
1	Beton Normal	a	b	c	-	-	f	1
2	TP-1	90%	b	c	10(a)	0	f	1
3	TP-2	90%	b	c	10(a)	5	f	1
4	TP-3	90%	b	c	10(a)	10	f	1
5	TP-4	90%	b	c	10(a)	15	f	1
Total								5

### 3.7 Metode Analisis

#### **Pengaruh Trass Sebagai Pengganti Sebagian Semen Dengan Bahan Tambah Pozzolan Terhadap Kuat tarik Beton.**

Hasil pengujian laboratorium diperoleh data bahwa penambahan trass Purworejo akan meningkatkan kuat desak beton dibandingkan beton normal. Hasil optimum didapat pada penambahan trass Purworejo sebesar 30% dari berat semen yang menghasilkan kuat desak beton sebesar 36,6984 MPa atau meningkat sebesar 22,6375 % dibandingkan beton normal. Hasil pengujian laboratorium diperoleh data bahwa penambahan trass Purworejo 20% akan meningkatkan

kuat tarik beton sebesar 0,231 MPa atau sebesar 6,97 dibandingkan beton normal tetapi pada penambahan lebih dari 20% kuat tarik beton menurun. Penambahan trass Purworejo pada adukan beton juga berpengaruh terhadap nilai slump. Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan maksimum yang masih memenuhi syarat adalah pada penambahan trass Purworejo 25%

### **Pengaruh Trass Sebagai Pengganti Sebagian Semen Dengan Bahan Tambah Pozzolan Terhadap Kuat Lentur Beton**

Berdasarkan hasil analisa terhadap data penelitian maka dapat disimpulkan semakin banyak variasi komposisi pasir pozzoland dari pada pasir alam dalam pembuatan bata ringan maka semakin tinggi atau meningkat nilai kuat tekan dan kuat lentur, dan semakin tinggi umur bata ringan maka nilai kuat tekan dan kuat lenturnya juga semakin meningkat. Artinya pasir pozzoland sangat mempengaruhi nilai kuat tekan dan kuat lentur dalam pembuatan bata ringan. Untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik di masa yang akan datang sebaiknya melanjutkan penelitian ini dengan memperbanyak umur benda uji sesuai SNI yaitu 56 hari, 91 haridan penelitian bata ringan umur panjang (1 tahun). Membuat variasi pasir pozzoland dan pasir alam yang lebih bervariasi lagi dibandingkan dengan variasi komposisi bata ringan yang sekarang, sehingga didapatkan grafik yang lebih jelas, untuk peneliti berikutnya diharapkan juga menggunakan pasir kuarsa

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Pengujian

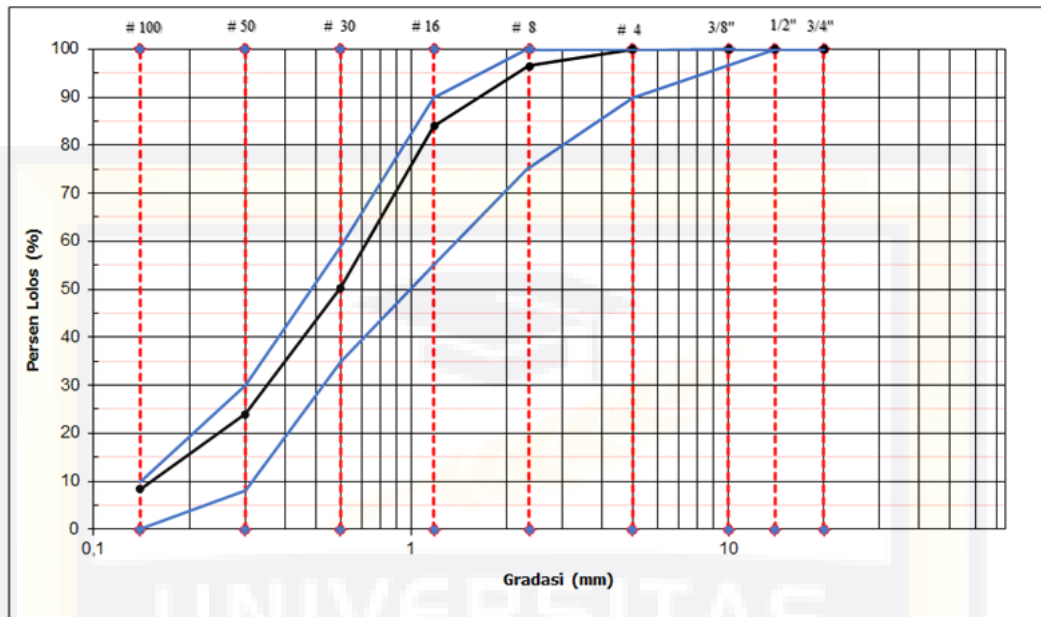
##### 4.1.1 Karakteristik Agregat

Pengujian karakteristik agregat didasarkan pada SNI. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan 4.2

**Tabel. 4.1** Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus

NO	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN	KETERANGAN
1.	Kadar Lumpur	Maks 5 %	2,60%	Memenuhi
2.	Kadar Air	3 % - 5 %	3.12%	Memenuhi
3.	Berat isi	1.4 -1.9 gr/cm <sup>3</sup>	1.47 gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
	- Lepas		1.57gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
4.	Absropsi	Maks 2%	1.16%	Memenuhi
	Berat Jensi Spesifik			
	- Bj, Curah	1.6 - 3.3	2.00	Memenuhi
5.	- Bj. SSD	1.6 - 3.3	2.03	Memenuhi
	- Bj. Semu	1.6 - 3.3	2.05	Memenuhi

Sumber : hasil penelitian



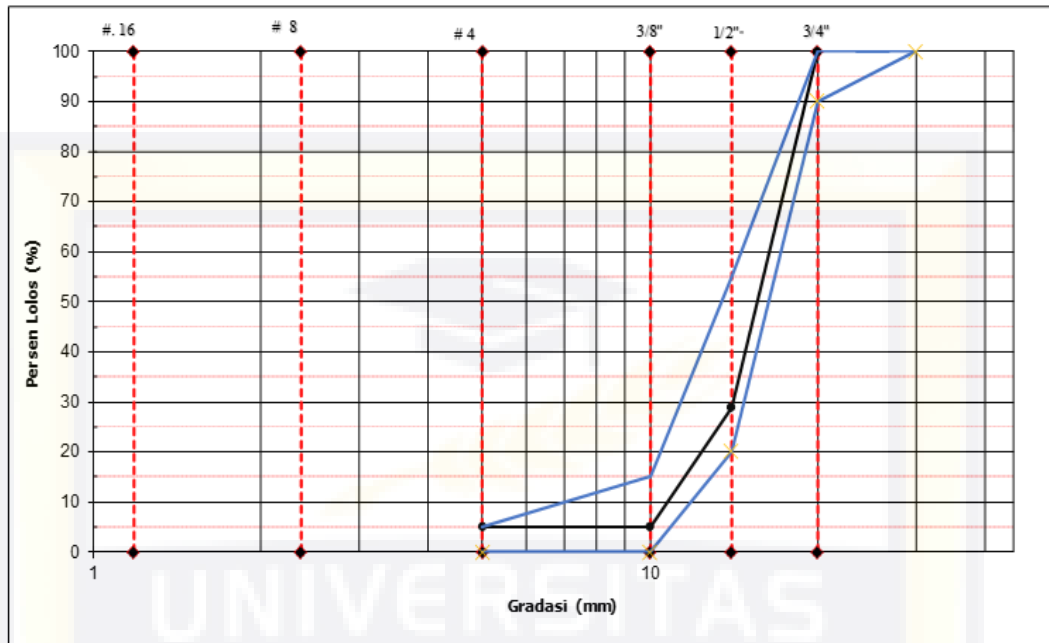
Gambar 4.1 Rata-rata persen Lolos Agregat Halus

Sumber : Hasil Pengujian

Tabel. 4.2 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar

NO	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN	KETERANGAN
1	Kadar Lumpur	Maks 1 %	0.99 %	Memenuhi
2	Kadar Air	0.5 % - 5 %	0,81%	Memenuhi
3	Berat Isi :	1.6-1.9 gr/cm <sup>3</sup>	1.62 gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
	- Lepas			
3	- Padat	1.68 gr/cm <sup>3</sup>	1.68 gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
	- Padat			
4	Absropsi	Maks 4 %	2.85 %	Memenuhi
5	Berat Jensi Spesifik	1.6 - 3.3	2.55	Memenuhi
	- Bj, Curah			
	- Bj. SSD			
	- Bj. Semu	1.6 - 3.3	2,72	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian

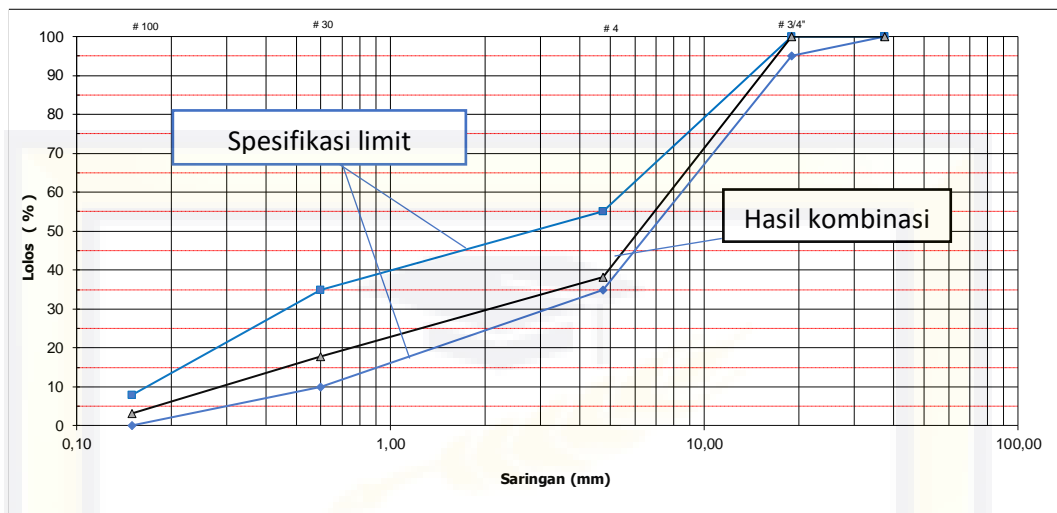


Gambar 4.2 Rata-rata persen Lolos Agregat Kasar

Sumber : Hasil Pengujian

#### 4.1.2 Gradasi Gabungan Agregat

Gradasi penggabungan agregat diperoleh berdasarkan pengujian karakteristik agregat gabungan agregat kasar 65% dan agregat halus 35% yang dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.3 Spesifikasi Agregat Gabungan (combined)

Sumber : Hasil Pengujian

Dari kombinasi penggabungan agregat didapatkan komposisi yang akan digunakan dalam pencampuran beton (mix design).

#### 4.1.3 Mix Design

Dalam Perencanaan campuran beton segar, penentuan proporsinya berdasarkan dari hasil pengujian karakteristik agregat yang telah dilakukan sebelumnya untuk kemudian disesuaikan terhadap kuat tekan beton yang direncanakan sebagaimana yang dapat dilihat didalam table.

**tabel 4.3** Komposisi kuat tekan beton normal per 1 silinder

Bahan Beton	Berat (Kg/m <sup>3</sup> )	Volume Benda Uji	Berat Untuk 1 Sampel (Kg)
Air	211,35	0,0053	1,34
Semen	436,17		2,77
Pasir	566,99		3,61
Bp Maks 20	1015,49		6,46

Sumber : Hasil Mix design

**tabel 4.4** Komposisi kuat lentur beton normal 1 balok

Bahan Beton	Berat Beton (Kg/m <sup>3</sup> )	Volume Benda Uji	Berat Untuk 1 Sampel (Kg)
Air	211,35	0,0162	3,42
Semen	436,17		7,07
Pasir	566,99		9,19
Bp Maks 20	1015,49		16,45

Sumber : Hasil Mix design



#### 4.1.4 Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

**Tabel. 4.5** Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

No Benda Uji	Slump	Beban Maksimum	kuat Tekan
	( cm )	( KN)	Mpa
1	8	450	25,5
2	8	475	26,9
3	8	430	24,3
4	8	460	26,0
5	8	490	27,7
6	8	480	27,2
7	8	450	25,5
8	8	465	26,3
9	8	500	28,3
10	8	450	25,5
11	8	470	26,6
12	8	485	27,5
13	8	450	25,5
14	8	475	26,9
15	8	445	25,2
16	8	500	28,3
17	8	490	27,7
18	8	450	25,5
19	8	440	24,9
20	8	475	26,9
Kuat Tekan Rata - rata			26,5
Standar Deviasi			1.162
Kuat Tekan Karakteristik			25,225

Sumber : Hasil Pengujian

Untuk menghitung kuat tekan beton rata – rata

$$f_{cr} = \frac{\sum f'_c}{N} (Mpa) = \frac{528,2}{20} (Mpa) = 26,5 Mpa$$

Untuk menghitung standar deviasi

$$S_r = \sqrt{\frac{\sum (f'c - f'cr)^2}{n-1}} = 1.162$$

Untuk menghitung kuat tekan rata-rata

$$f'c = f'cr - 1,34 S_r \quad \text{Persamaan 1}$$

$$f'c = f'cr - 2,3 S_r + 3,5 \quad \text{Persamaan 2}$$

Persamaan 1

$$\begin{aligned} f'c &= f'cr - 1,34 \times S_r \\ &= 26,4 - 1,34 \times 1.162 \\ &= 26,4 - 1,557 \\ &= 24,9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Persamaan 2

$$\begin{aligned} f'c &= f'cr - 2,3 \times S_r + 3,5 \\ &= 26,4 - 2,3 \times 1.162 + 3,5 \\ &= 27,24 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Gunakan nilai terbesar

Faktor modifikasi untuk 20 sampel adalah 1.08

$$f'c = \frac{27,24}{1.08} = 25,23 \text{ Mpa}$$

Dari hasil Pengujian kuat tekan beton normal diatas didapatkan kuat tekan karakteristik 25,23 Mpa. Nilai kuat tekan karakteristik ini memenuhi standar dimana nilai kuat tekan karakteristik yang ingin dicapai yaitu sebesar 25 Mpa. Nilai kuat tekan tersebut dapat digunakan sebagai acuan untuk mencari nilai kuat tekan pada beton variasi kadar semen terhadap beton variasi.

#### 4.1.5 Pengujian Kuat Lentur Beton Normal

**Tabel. 4.6** Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Normal

No Benda Uji	Beban Maksimum (KN)	Kuat Lentur (Mpa)
1	26	3,47

$$\begin{aligned} f_r &= \frac{PL}{bh^2} \\ &= \frac{26000 \times 450}{150 \times 150^2} \\ &= \frac{11700000}{3375000} \\ &= 3,47 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

#### 4.1.6 Campuran Beton Variasi Trass Dan Pozzolan

**Tabel 4.7** Data mix design variasi Kuat tekan

NO	Variasi	Pasir	BP 1-2	Semen	Trass	pozzolan	Air	Jumlah
1	TP-1	3,61	6,46	2496	277	0	1,34	1
2	TP-2	3,61	6,46	2496	277	139	1,34	1
3	TP-3	3,61	6,46	2496	277	277	1,34	1
4	TP-4	3,61	6,46	2496	277	416	1,34	1

Sumber : Hasil Mix design

Untuk setiap variasi dilakukan percobaan 3 sampel.

**Tabel 4.8** Data mix design variasi kuat Lentur

NO	Variasi	Pasir	BP 1-2	Semen	Trass	pozzolan	Air	Jumlah
1	TP-1	9,19	16,45	6.358	707	0	3,42	1
2	TP-2	9,19	16,45	6.358	707	353,25	3,42	1
3	TP-3	9,19	16,45	6.358	707	707	3,42	1
4	TP-4	9,19	16,45	6.358	707	1.060	3,42	1

Sumber : Hasil Mix Design

#### 4.1.7 Workability

Hasil pengerjaan sampel beton yang dilakukan di laboratorium dengan menggunakan FAS (Faktor Air Semen) yang tetap sesuai dengan mix design, didapat nilai slump yang beragam dengan nilai 8 – 7 cm. Nilai slump yang beragam dari setiap variasi beton masih dalam batas toleransi nilai slump rencana antara  $8 \pm 2$ . Dari hasil pengujian nilai slump menunjukkan bahwa nilai slump menurun seiring bertambahnya persentase trass dan pozzolan dalam campuran beton. Ini karena pozzolan dalam jumlah tertentu dapat berperan sebagai pengisi antara partikel- partikel pembentuk material, sehingga dengan adanya pozzolan maka porositas beton akan menjadi lebih kecil dan kedapan beton menjadi bertambah sehingga permeabilitas semakin kecil.

**Tabel 4.9** Nilai Slump Tiap Variasi Benda Uji

NO	NOTASI	NILAI SLUMP (CM)
1	TR 10. PZ 0	8
2	TR 10. PZ 5	8
3	TR 10. PZ 10	7
4	TR 10. PZ 15	7

*Sumber : Hasil Mix Design*

#### 4.1.8 Hasil Kuat Tekan Beton Variasi

Adapun hasil pada pengujian kuat tekan beton variasi dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut ini :

**Tabel 4.10** Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi Trass Dengan Bahan Tambah Pozzolan

SIMBOL	NO BENDA UJI	TRS %	PZN %	LUAS PENAMPANG (cm <sup>2</sup> )	BEBAN MAKSIMUM (KN)	KEKUATAN TEKAN (Mpa)
TRS 10%, PZ 0%	1	10	-	176.6	460	26,04
	2			176.6	470	26,61
	3			176.6	480	27,18
<b>Rata- rata</b>						<b>26,61</b>
TS 10%, PZN 5%	1	10	5%	176.6	485	27,46
	2			176.6	490	27,74
	3			176.6	505	28,59
<b>Rata- rata</b>						<b>27,93</b>
TS 10%, PZN10%	1	10	10%	176.6	545	30,86
	2			176.6	560	31,70
	3			176.6	570	32,27
<b>Rata- rata</b>						<b>31,61</b>
TS 10%, PZN 15%	1	10	15%	176.6	630	35,67
	2			176.6	640	36,23
	3			176.6	645	36,52
<b>Rata- rata</b>						<b>36,14</b>

Sumber: Hasil Pengujian

#### 4.1.9 Hasil Kuat Lentur Beton Variasi

Adapun hasil pada pengujian kuat Lentur beton variasi dapat dilihat pada tabel 4.11 berikut ini :

**Tabel 4.11** Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Variasi Trass Dengan Bahan Tambah Pozzolan

SIMBOL	NO BENDA UJI	TRS %	PZN %	UKURAN BENDA UJI			BEBAN MAKSIMUM KN	KEKUATAN LENTUR Mpa
				b mm	d mm	L mm		
TRS 10%, PZ0%	1	10%	0%	150	150	450	27	3,60
TRS 10%, PZ5%	2	10%	5%	150	150	450	28	3,73
TRS 10%, PZ10%	3	10%	10%	150	150	450	30	4,00
TRS 10%, PZ15%	4	10%	15%	150	150	450	32	4,27

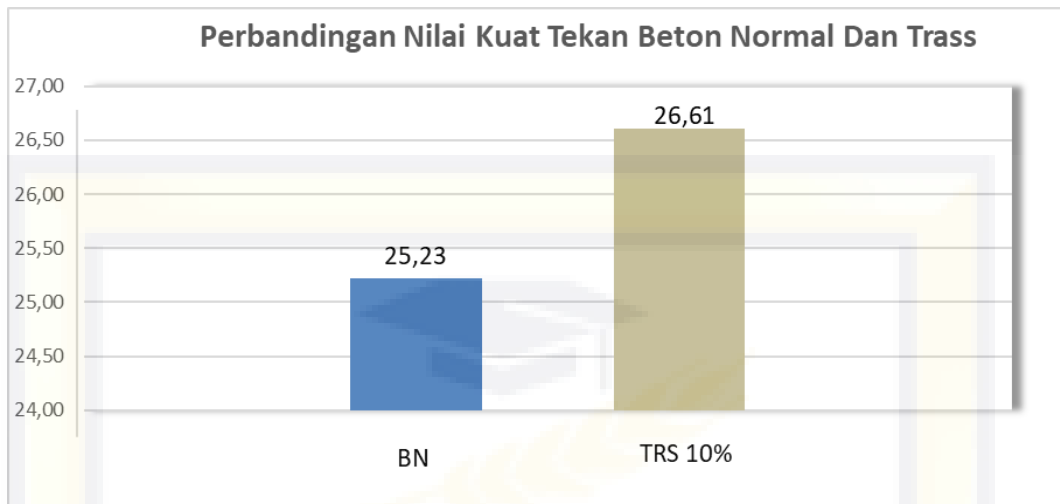
Sumber: Hasil Pengujian

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1. Pengaruh Subtitusi trass terhadap kuat tekan beton

Pada penelitian ini, Trass menjadi material bahan subtitusi terhadap semen dengan presentase sebesar 10%. Sehingga menjadi hal yang perlu diketahui pula pengaruh trass terhadap kuat tekan beton.

Berdasarkan Gambar 4.4 di bawah ini, dapat digambarkan perbandingan kuat tekan beton normal terhadap trass sebagai berikut.



**Gambar. 4.4.** Perbandingan Kuat Tekan Normal Dengan Subtitusi Trass

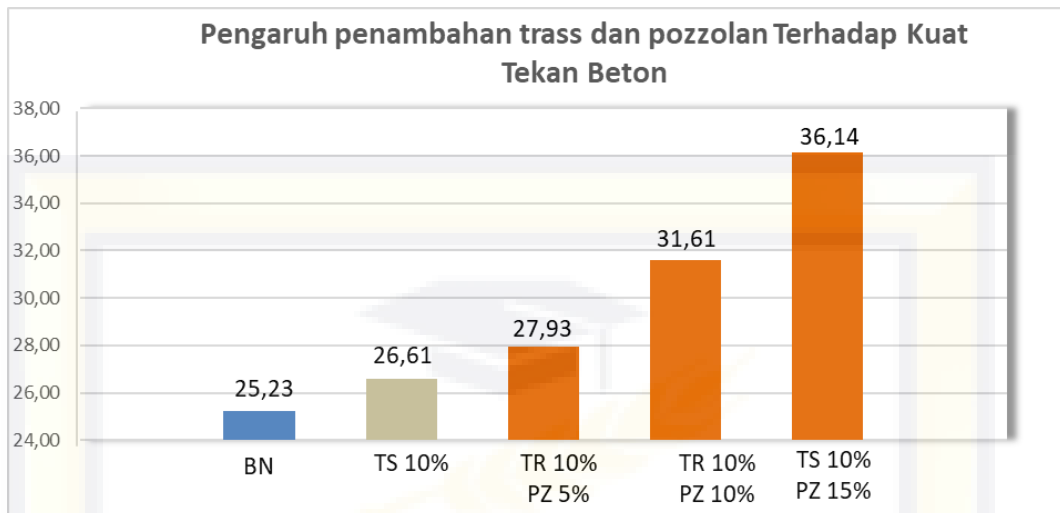
*Sumber : hasil perhitungan*

Berdasarkan hasil uji kuat tekan dari gambar 4.1 dapat dijelaskan bahwa penambahan trass terhadap subtitusi semen sebesar 10%, dapat meningkatkan kuat tekan rata-rata sebesar 26,61 Mpa terhadap beton normal.

#### **4.2.2. Pengaruh Penambahan Pozzolan dan Trass terhadap kuat Tekan beton**

Pada penelitian ini, di gunakan pozzolan dan trass untuk mengetahui nilai kuat Tekan beton. Dengan persentase variasi PZ 0% TR 10%, PZ 5% TR 10%, PZ 10% TR 10%, dan PZ 15% TR 10%, dari persentasi berat total semen.





**Gambar 4.5.** Pengaruh Penambahan Pozzolan dan Trass terhadap kuat Tekan beton

Sumber : hasil perhitungan

Berdasarkan hasil uji kuat Tekan dari gambar 4.5 dapat dijelaskan bahwa setiap variasi mengalami peningkatan. Adapun presentase penambahan setiap variasi yaitu TS 10%. PZ 0% tanpa penambahan pozzolan memberikan kuat tekan rata-rata sebesar 26,61 Mpa. Sedangkan untuk penambahan pozzolan dengan presentase berturut-turut yaitu PZ 5% TR 10%, PZ 10% TR 10%, dan PZ 15% TR 10%, didapatkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 27,93 Mpa, 31,61 Mpa, dan 36,14 Mpa. Hal ini disebabkan karena sifat trass yang saat di campurkan dengan air dapat bersifat seperti semen, sedangkan pozzolan memiliki sifat yang apabila dicampurkan kapur dan air akan lebih mengikat air dan mengurangi permeabilitas sehingga mengakibatkan beton lebih padat dan lebih rapat air. Adapun perbandingan presentase kuat tekan antara beton normal dengan beton variasi dapat dilihat pada tabel berikut:

**Table 4.12** Presentase Kenaikan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Beton Variasi Yakni:

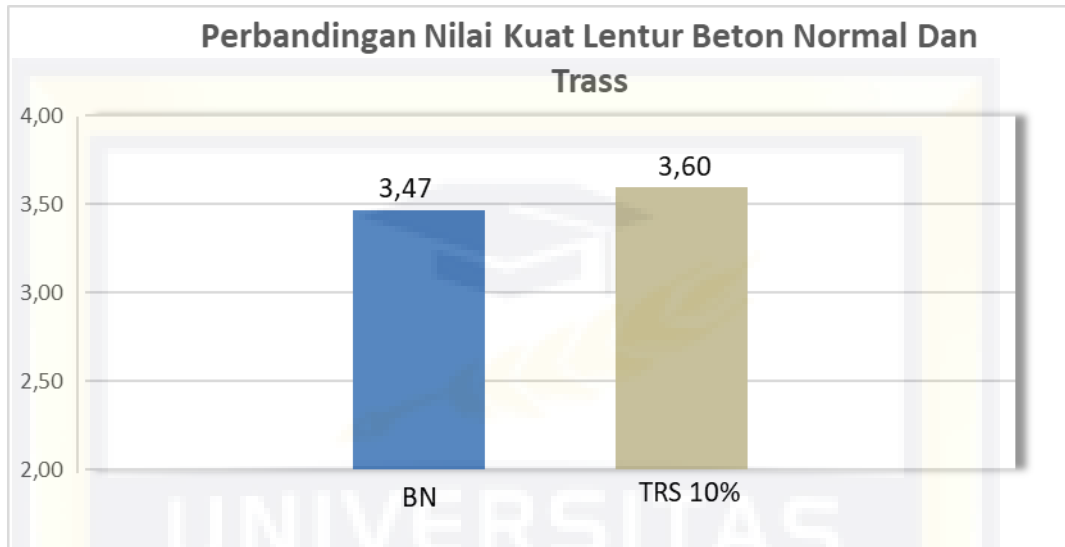
No	Notasi	Kuat Tekan	Selisih	%Peningkatan
1	BN	25,23	1,38	5,46
	TS 10, PZ 0%	26,61		
2	BN	25,23	2,77	10,97
	TS 10, PZ 5%	27,93		
3	BN	25,23	6,38	25,28
	TS 10, PZ 10%	31,61		
4	BN	25,23	10,91	43,24
	TS 10, PZ 15%	36,14		

Sumber: Hasil Pengujian

#### 4.2.3. Pengaruh Subtitusi Trass Terhadap Kuat Lentur Beton

Pada penelitian ini, Trass menjadi material bahan subtitusi terhadap semen dengan presentase sebesar 10%. Sehingga menjadi hal yang perlu diketahui pula pengaruh trass terhadap kuat lentur beton.

Berdasarkan Gambar 4.6 di bawah ini, dapat digambarkan perbandingan kuat tekan beton normal terhadap trass sebagai berikut.



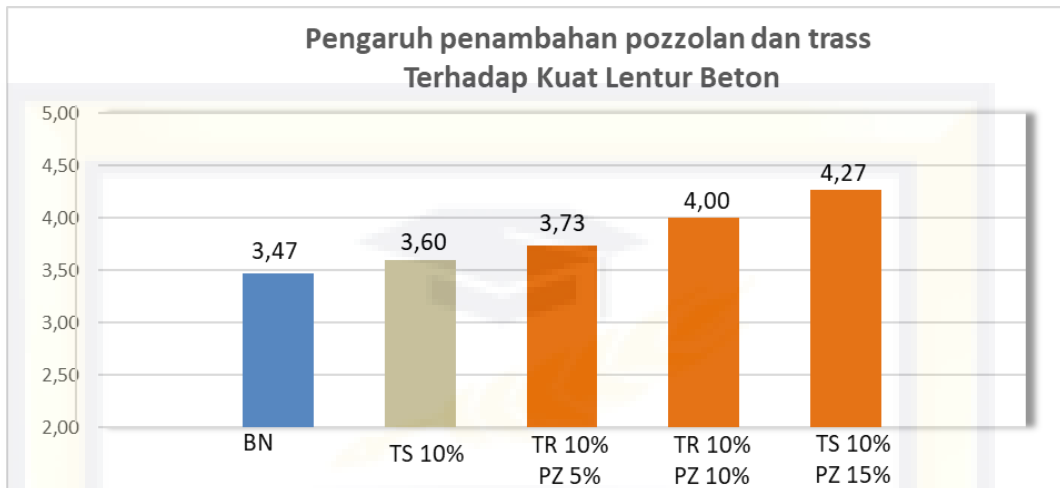
**Gambar. 4.6.** Perbandingan Kuat Tekan Normal Dengan Subtitusi Trass

*Sumber: Hasil Pengujian*

Berdasarkan hasil uji kuat tekan dari gambar 4.3 dapat dijelaskan bahwa penambahan trass terhadap subtitusi semen sebesar 10%, dapat meningkatkan kuat lentur rata-rata sebesar 3,60 Mpa terhadap beton normal.

#### **4.2.4. Pengaruh Penambahan Pozzolan Dan Trass Terhadap Kuat Lentur Beton**

Pada penelitian ini, di gunakan pozzolan dan trass untuk mengetahui nilai kuat Lentur beton. Dengan persentase variasi PZ 0% TR 10%, PZ 5% TR 10%, PZ 10% TR 10%, dan PZ 15% TR 10%, dari persentasi berat total semen.



**Gambar 4.7.** Pengaruh Penambahan Pozzolan Dan Trass Terhadap Kuat Lentur Beton

*Sumber: Hasil Pengujian*

Berdasarkan hasil uji kuat Tekan dari gambar 4.7 dapat dijelaskan bahwa setiap variasi mengalami peningkatan. Adapun presentase penambahan setiap variasi yaitu TS 10%. PZ 0% tanpa penambahan pozzolan memberikan kuat lentur sebesar 3,60 Mpa. Sedangkan untuk penambahan pozzolan dengan presentase berturut-turut yaitu PZ 5% TR 10%, PZ 10% TR 10%, dan PZ 15% TR 10%, didapatkan nilai kuat lentur sebesar 3,73 Mpa, 4,00 Mpa, dan 4,27 Mpa. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa semakin tinggi presentase penambahan variasi pozzolan maka semakin tinggi kuat lentur yang di hasilkan. Adapun perbandingan presentase kuat tekan antara beton normal dengan beton variasi dapat dilihat pada tabel berikut:

**Table 4.13** Presentase Kenaikan Kuat Lentur Beton Normal Dengan Beton Variasi Yakni:

No	Notasi	Kuat Lentur	Selisih	%Peningkatan
1	BN	3,47	0,13	3,74
	TS 10, PZ 0%	3,60		
2	BN	3,47	0,26	7,49
	TS 10, PZ 5%	3,73		
3	BN	3,47	0,53	15,27
	TS 10, PZ 10%	4,00		
4	BN	3,47	0,80	23,05
	TS 10, PZ 15%	4,27		

Sumber: Hasil Pengujian

#### 4.3 Hubungan Kuat Tekan Dengan Kuat Lentur Beton Variasi

Peraturan SNI 03-2847-2002 menetapkan nilai modulus keruntuhan lentur untuk beton normal (tanpa tulangan) yaitu :

$$f_r = 0,7 \sqrt{f'_c}$$

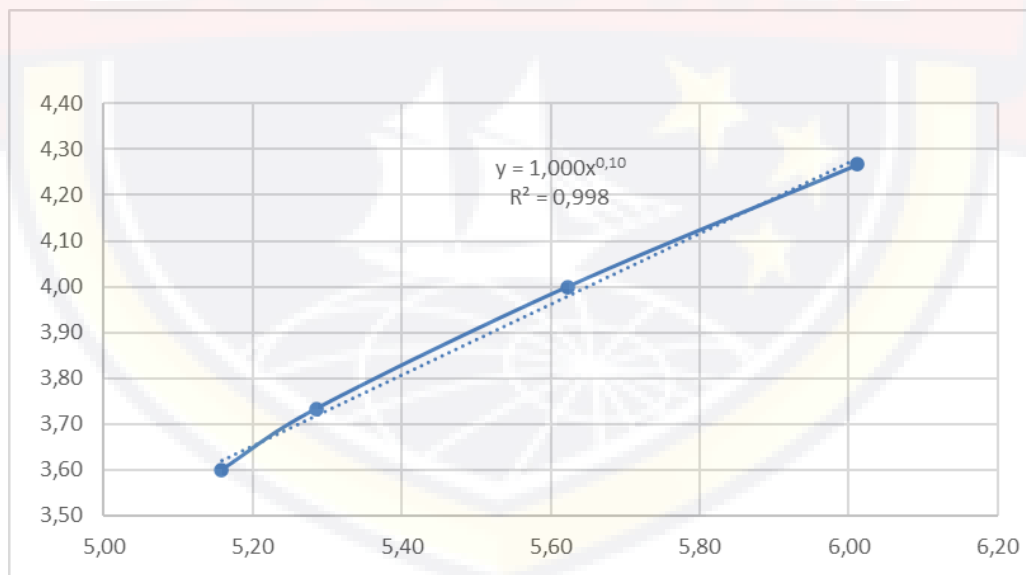
dari nilai tersebut dapat dibuat suatu hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur beton seperti pada table dibawah ini :

**Tabel 4.14** Hubungan Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Variasi

<b>F'c ( Mpa)</b>	<b>Fr ( Mpa)</b>	<b><math>\sqrt{f'c}</math></b>	<b><math>\frac{fr}{\sqrt{f'c}}</math></b>
26,61	3,60	5,16	0,70
27,93	3,73	5,28	0,71
31,61	4,00	5,62	0,71
36,14	4,27	6,01	0,71

Sumber: Hasil Pengujian

Nilai  $fr/\sqrt{f'c}$  yang didapat menunjukkan hubungan kuat tekan dan kuat lentur balok beton bertulang, yang dalam penelitian ini berkisar antara 0,70 sampai 0.71.



**Gambar 4.8** Hubungan Kuat Tekan Dengan Kuat Lentur Beton Variasi  
Sumber : hasil perhitungan

Dari gambar diatas diperoleh hubungan kuat tekan dengan kuat lentur

dengan nilai  $R^2 = 0,998$  dimana  $Y = 1,000 x^{0,10}$  dari persamaan tersebut menunjukkan hubungan kuat lentur dengan kuat tekan baik.



## BAB V

### Kesimpulan dan Saran

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan yaitu :

1. Campuran beton normal dengan kuat tekan  $f'c = 25$  Mpa, diperoleh dengan campuran Air (1.34 L), Semen (2.77 kg), Pasir (3.61 kg), dan Bp Maks 20 (6.46 kg)
2. Pengaruh trass dengan penambahan 10% dapat meningkatkan nilai kuat tekan dan kuat lentur beton sebesar 26,61 Mpa dan 3,60 Mpa dari beton normal.
3. Pengaruh penambahan pozzolan dan trass pada campuran beton dengan variasi TRS 10% PZ 5%, TRS 10% PZ 10% dan TRS 10% PZ 15% sama-sama meningkatkan nilai kuat tekan dan kuat lentur beton. dengan nilai rata-rata untuk kuat tekan sebesar 27,93 Mpa, 31,61 Mpa, dan 36,14 Mpa. Sedangkan untuk nilai kuat lentur sebesar 3,73 Mpa, 4,00 Mpa, dan 4,27 Mpa dari beton normal.



## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka sebagai bahan pertimbangan disarankan :

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan pozolan sebagai bahan tambah semen pada pembuatan mix design dengan persentase lebih dari 15%, untuk mengetahui kuat tekan dan kuat lentur maksimum yang dihasilkan selanjutnya.
2. Jenis semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen komposit, maka perlu dipertimbangkan untuk penelitian menggunakan semen jenis lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

Cakara, Noor Antomy Yudiyantoro 2006. **PENGARUH PENGGUNAAN TRASS PURWOREJO SEBAGAI BAHAN TAMBAH TERHADAP KUAT DESAK BETON DAN**

**KUAT TARIK BETON.** Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.  
<https://dspace.uii.ac.id/>

Faqiha Nasyiin, Chelmi Ahmad. 2011. **TINJAUAN PEMANFATAN TRASS SEBAGAI BAHAN PENGANTI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON.** Jurnal Volume 1. No. 2. Universitas Sains Al-Qur'an (UNSIQ) Wonosobo. Diunduh pada 22 april 2014 melalui <https://doi.org/10.32699/ppkm.v1i2.247>

Herdiansyah.2006. **PENGARUH BATU CADAS (BATU TRASS) SEBAGAI BAHAN PEMBENTUK BETON TERHADAP KUAT TEKAN BETON.** Jurnal Vol. 5 No.2 Universitas Ratu Samban. Diunduh pada oktober 2013 melalui <https://ejournal.unib.ac.id>

Nurhidayat Dayat, Erna Septiandini Nira Nasution.2008. **PENGARUH PENGGUNAAN POZOLAN ALAM BANJARNEGARA SEBAGAI BAHAN PENGANTI SEBAGIAN SEMEN KOMPOSIT TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR.** Jurnal Menara, Jurusan Teknik Sipil FT.UNJ Volume V No.1, Januari 2010 melalui [journal.unj.ac.id](http://journal.unj.ac.id)

Modul 3 diklat. 2017, Rancangan campuran beton.

Ir. Mulyono, MT. (2003) *Teknologi Beton*. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Proyek Peningkatan Penelitian Pendidikan Tinggi (P4T), Surabaya.

SNI 03-1971-1990 "Metode Pengujian Kadar Air Agregat" SNI

03-1973-1990 "Metode Pengujian Berat Isi Beton"

SNI 03-1974-1990 "Metode Pengujian Kuat Tekan Beton"

SNI 03-4142-1996 “Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan NO. 200 (0,075 mm)”

SNI 03-6817-2002 “ Metode Pengujian Mutu Air Untuk Digunakan Dalam Beton”

SNI 15-2049-2004 “Semen Portland”

SNI 1969-2008 “Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar”

SNI 1970-2008 “Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan air agregat halus”

SNI 1972-2008 “Cara Uji Slump Beton”

SNI 3847 - 2013. “ mix design”

SNI 03-4428-1997 “ Metode Pengujian Kesetaraan Pasir (*Sand Equivaalent*)

Nana Dyah S, DKK .2018. **KARAKTERISASI KOMPONEN AKTIF POZZOLAN UNTUK PENGEMBANGAN PORTLAND POZZOLAN CEMENT (PPC)**. Jurnal Vol 12 No 2, April 2018 Universitas Pembangunan Nasional. Di unduh pada <http://ejournal.upnjatim.ac.id>

Wayan Sugiarta.2014. **KARAKTERISTIK MEKANIK BATU ALAM TIRUAN BERBAHAN BAKU TRAS**. Vol. 1, No. 1 : 45 - 54, Maret 2014 Di unduh pada 23 Juli 2017 melalui [unram.ac.id](http://unram.ac.id)



### ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

Material : pasir

Nama : sari

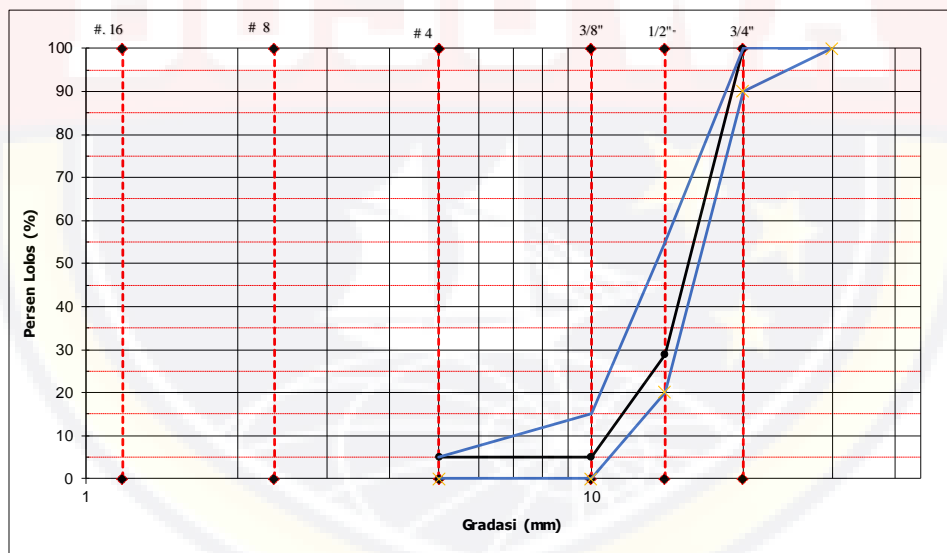
Tanggal : 04 Oktober 2021

Pembimbing :

Sumber : Bili-bili

1. Dr. Ir. H. Syahrul Sariman, MT  
2. Ir. Tamrin M, MT.

Saringan No	Total :	2500		Total :	2500		Rata-rata	SNI 2847 thn 2013
	Sampel	1		Sampel	2		%	
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Lolos	
3/4"	0	0	100	0	0	100	100	90-100
1/2"	1560,00	62,40	37,60	2000,00	80,00	20,00	28,80	20-55
3/8"	2318,30	92,73	7,27	2428,00	97,12	2,88	5,07	0-15
No. 4	2330,00	93,20	6,80	2420,90	96,84	3,16	4,98	0-5
No. 8	2485,00	99,40	0,60	2491,70	99,67	0,33	0,47	-
No. 16	2485,40	99,42	0,58	2492,00	99,68	0,32	0,45	-
No. 30	2486,20	99,45	0,55	2492,20	99,69	0,31	0,43	-
No. 50	2488,00	99,52	0,48	2492,70	99,71	0,29	0,39	-
No. 100	2494,20	99,77	0,23	2493,30	99,73	0,27	0,25	-
No. 200	2498,50	99,94	0,06	2495,60	99,82	0,18	0,12	-
Pan	2499,80	99,99	0,00	2497,40	99,90	0,00	0,00	-



Mengetahui  
Asisten Laboratorium Beton

Diuji Oleh  
Mahasiswa

Marlina Alwi, ST

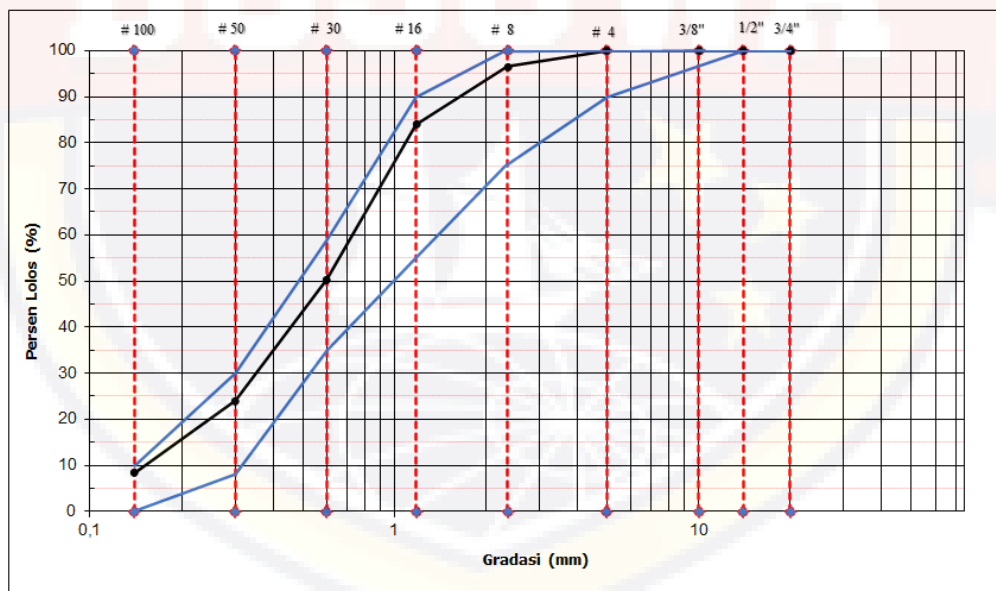
Sari



### ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

Material : pasir  
Tanggal : 04 Oktober 2021  
Sumber : Bili-bili  
Nama : sari  
Pembimbing :  
1. Dr. Ir. H. Syahrul Sariman, MT  
2. Ir. Tamrin M, MT.

Saringan No	Total :	1500		Total :	1500		Rata-rata	SNI
	Sampel	1		Sampel	2		%	2834
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Lolos	tahun 2013
3/4"	0	0	100	0	0	100	100	-
1/2"	0	0	100	0	0	100	100	-
3/8"	0	0	100	0	0	100	100	-
No. 4	0,0	0	100	0,00	0	100	100	90-100
No. 8	46,00	3,07	96,93	59,00	3,93	96,07	96,50	75-100
No. 16'	250,60	16,71	83,29	230,98	15,40	84,60	83,95	55-90
No. 30	720,30	48,02	51,98	770,90	51,39	48,61	50,29	35-59
No. 50	1110,00	74,00	26,00	1170,00	78,00	22,00	24,00	8-30
No. 100	1379,50	91,97	8,03	1369,40	91,29	8,71	8,37	0-10
No. 200	1450,50	96,70	3,30	1474,60	98,31	1,69	2,50	-
Pan	1490,40	99,36	0,00	1495,20	99,68	0,00	0,00	-



Mengetahui  
Asisten Laboratorium Beton

Diuji Oleh  
Mahasiswa

Marlina Alwi, ST

Sari

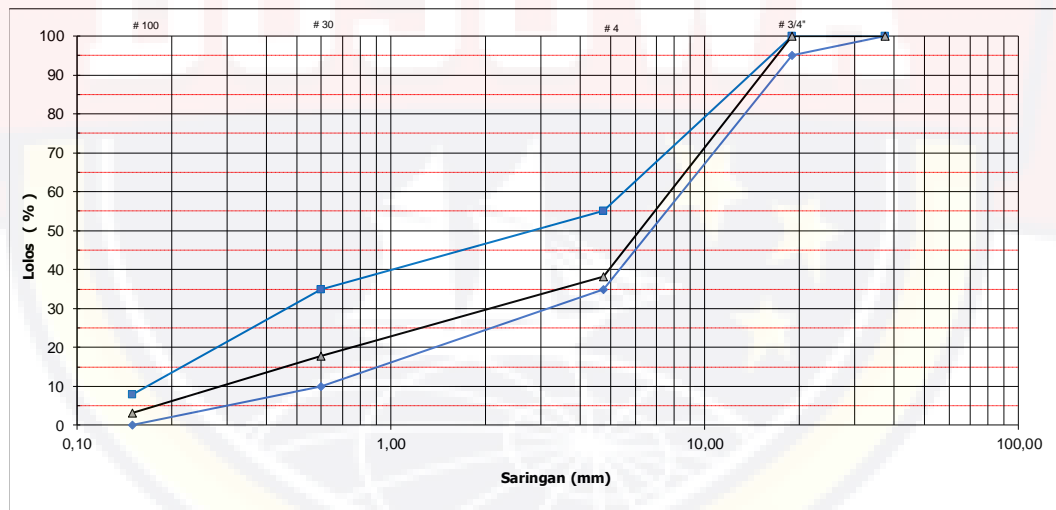


**COMBINED AGGREGATE GRADING**

Material : pasir  
 Tanggal : 04 Oktober 2021  
 Sumber : Bili-bili  
 Nama : sari  
 Pembimbing :  
 1. Dr. Ir. H. Syahrul Sariman, MT  
 2. Ir. Tamrin M, MT.

ASTM SIEVE SIZE	AGGREGATE GRADING ( AVERAGE )				COMBINED AGGREGATE GRADING BETON ( Maksimum Nominal 20 mm )									ASTM C-33	
	a	b	c	d	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX		
3/4	100,00	100,00			100										95-100
1/2	28,80	100,00			53,7										-
3/8	5,07	100,00			38,3										-
No. 4	4,98	100,00			38,2										35-55
No.8	0,47	96,50			34,1										-
No.16	0,45	83,95			29,7										-
No. 30	0,43	50,29			17,9										10-35
N0.50	0,39	24,00			8,65										-
No. 100	0,25	8,37			3,09										0-8
No. 200	0,12	2,50			0,95										-

AGGREGATE	a. BP maks 20 mm	65							
BLENDING RATIO	b. Pasir	35							



Mengetahui  
 Asisten Laboratorium Beton

Diuji Oleh  
 Mahasiswa

Marlina Alwi, ST

Sari





### PEMERIKSAAN BERAT ISI AGREGAT HALUS

Material : pasir  
Tanggal : 04 Oktober 2021  
Sumber : Bili-bili  
Nama : sari  
Pembimbing :  
1. Dr. Ir. H. Syahrul Sariman, MT  
2. Ir. Tamrin M, MT.

#### Lepas

Nomor Benda Uji	I	II
Berat Container (A) (gr)	7900	7483
Berat Container + Agregat (B) (gr)	12190	12089
Berat Agregat ( C ) = (B) - (A) (gr)	4290	4606
Volume Container (D) (cm <sup>3</sup> )	3046,96	3004,95
Berat Isi Agregat = $\frac{(C)}{(D)}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,41	1,53
Berat Isi Rata-rata Agregat	1,47	

#### Padat

Nomor Benda Uji	I	II
Berat Container (A) (gr)	7900	7483
Berat Container + Agregat (B) (gr)	12467	12387
Berat Agregat ( C ) = (B) - (A) (gr)	4567	4904
Volume Container (D) (cm <sup>3</sup> )	3046,96	3004,95
Berat Isi Agregat = $\frac{(C)}{(D)}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,50	1,63
Berat Isi Rata-rata Agregat	1,57	

Mengetahui  
Asisten Laboratorium Beton

Diuji Oleh  
Mahasiswa

Marlina Alwi, ST

Sari







**PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS**

Material : pasir  
Tanggal : 05 – 07 Oktober 2021  
Sumber : Bili-bili  
Nama : sari  
Pembimbing :  
1. Dr. Ir. H. Syahrul Sariman, MT  
2. Ir. Tamrin M, MT.

	A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering - permukaan jenuh	500,00	500,00	500,00
Berat Benda Uji kering Oven Bk	494,70	493,80	494,25
Berat Piknometer diisi air (25°C) B	691,50	687,20	689,35
Berat piknometer + benda uji (SSD) Bt	942,60	942,90	942,75

		A	B	Rata-Rata
Berat Jenis ( Bulk)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	1,99	2,02	2,00
Berat Jenis Kering - Permukaan Jenuh	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,01	2,05	2,03
Berat Jenis Semu ( Apparent )	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,03	2,07	2,05
Penyerapan ( Absorption )	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	1,07	1,26	1,16

Mengetahui  
Asisten Laboratorium Beton

Diuji Oleh  
Mahasiswa

Marlina Alwi, ST

Sari





**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. ( 0411 ) 452901 – 342789 fax.(0411)424568

**PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR**  
**AGREGAT HALUS**

Material : pasir  
Tanggal : 06 Oktober 2021  
Sumber : Bili-bili  
Nama : sari  
Pembimbing :  
1. Dr. Ir. H. Syahrul Sariman, MT  
2. Ir. Tamrin M, MT.

			I	II
Tinggi pasir	ML	V1	450	450
Tinggi Lumpur	mL	V2	13	11
kadar Lumpur		$V_3 = V_2 / (V_1 + V_2) \cdot 100$	2,81	2,39
Kadar Lumpur Rata- rata		%	2,60	

Mengetahui  
Asisten Laboratorium Beton

Diuji Oleh  
Mahasiswa

Marlina Alwi, ST

Sari



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. ( 0411 ) 452901 – 342789 fax.(0411)424568

**PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT KASAR**

Material : Batu pecah 1-2 cm  
Tanggal : 04-05 Oktober 2021  
Sumber : Bili-bili

Nama : sari  
Pembimbing :  
1. Dr. Ir. H. Syahrul Sariman, MT  
2. Ir. Tamrin M, MT.

			I	II
Berat benda uji	gram	A	1000,1	1000,3
Berat benda uji kering oven	gram	B	992,9	991,4
Berat Air	gram	C ( A - B )	7,2	8,9
Kadar Air	%	(C/B)*100	0,73	0,90
Kadar Air Rata- rata		%	0,81	

Mengetahui  
Asisten Laboratorium Beton

Diuji Oleh  
Mahasiswa

Marlina Alwi, ST

Sari



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. ( 0411 ) 452901 – 342789 fax.(0411)424568

**PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT HALUS**

Material : pasir  
Tanggal : 04-05 Oktober 2021  
Sumber : Bili-bili  
Nama : sari  
Pembimbing :  
1. Dr. Ir. H. Syahrul Sariman, MT  
2. Ir. Tamrin M, MT.

			I	II
Berat benda uji	gram	A	500	500
Berat benda uji kering oven	gram	B	484,5	485,2
Berat Air	gram	C ( A - B )	15,5	14,8
Kadar Air	%	(C/B)*100	3,20	3,05
Kadar Air Rata- rata		%	3,12	

Mengetahui  
Asisten Laboratorium Beton

Diuji Oleh  
Mahasiswa

Marlina Alwi, ST

Sari



Rekapitulasi hasil pengujian agregat halus

NO	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN	KETERANGAN
1.	Kadar Lumpur	Maks 5 %	2,60%	Memenuhi
2.	Kadar Air	3 % - 5 %	3.12%	Memenuhi
3.	Berat isi	1.4 - 1.9 $gr/cm^3$	1.47 $gr/cm^3$	Memenuhi
	- Lepas			
4.	Absropsi	Maks 2%	1.16%	Memenuhi
5.	Berat Jensi Spesifik			
	- Bj, Curah	1.6 - 3.3	2.00	Memenuhi
	- Bj. SSD	1.6 - 3.3	2.03	Memenuhi
	- Bj. Semu	1.6 - 3.3	2.05	Memenuhi

Disetujui oleh  
Kepala Laboratorium Struktur Dan Bahan Beton

Diuji oleh  
Mahasiswa

Ir. Eka Yuniarto, ST. MT

Sari



Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar

NO	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN	KETERANGAN
1	Kadar Lumpur	Maks 1 %	0.99 %	Memenuhi
2	Kadar Air	0.5 % - 5 %	0,81%	Memenuhi
3	Berat Isi :	1.6-1.9 gr/cm <sup>3</sup>	1.62 gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
	- Lepas			
4	Absropsi	Maks 4 %	2.85 %	Memenuhi
5	Berat Jensi Spesifik			
	- Bj, Curah	1.6 - 3.3	2.55	Memenuhi
	- Bj. SSD	1.6 - 3.3	2.61	Memenuhi
	- Bj. Semu	1.6 - 3.3	2,72	Memenuhi

Disetujui oleh  
Kepala Laboratorium Struktur Dan Bahan Beton

Diuji oleh  
Mahasiswa

Ir. Eka Yuniarto, ST. MT

Sari





**RANCANGAN CAMPURAN BETON**  
**( MIX DESIGN )**

Tanggal : 28 oktober 2021

Nama : sari

Pembimbing :

1. Dr. Ir. H. Syahrul Sariman, MT

2. Ir. Tamrin M, MT.

**Data :**

Slump	=	8 ± 2	cm
Kuat tekan yang disyaratkan F'c (Silinder)	=	25,0	Mpa
Deviasi Standar (Sr)	=	-	
Nilai Tambah (Margin)	=	8,3	Mpa
Kekuatan rata-rata yang ditargetkan F'cr	=	33	Mpa
Faktor Air Semen Bebas (Fas)	=	0,47	(Grafik)
Faktor Air Semen Maksimum	=	0,60	(Tabel)
Kadar Air Bebas	=	205	kg/m <sup>3</sup>
Kadar Semen Maksimum	=	436,17	kg/m <sup>3</sup>
Kadar Semen Minimum	=	325	(Tabel)
Berat Isi Beton	=	2230	(Grafik)
Berat Agregat Gabungan	=	1588,83	kg/m <sup>3</sup>
Berat Agregat Halus	=	556,09	kg/m <sup>3</sup>
Berat Agregat Kasar	=	1032,74	kg/m <sup>3</sup>
Berat Jenis Gabungan	=	2,41	kg/m <sup>3</sup>

**a. Kuat tekan yang disyaratkan**

Kuat tekan yang di syaratkan ( silinder ) : 25 Mpa

**b. Menentukan devisiasi standar**

Berdasarkan nilai kuat tekan yang di syaratkan yaitu ( silinder ) maka :

Devisiasi standar (Sr) : 0

**c. Menghitung nilai tambah ( margin )**

Tabel 5.3.22 SNI 2847- 2013

Kekuatan tekan disyaratkan, MPa	Kekuatan tekan rata-rata perlu, MPa
$f'_c < 21$	$f'_a = f'_c + 7,0$
$21 \leq f'_c \leq 35$	$f'_a = f'_c + 8,3$
$f'_c > 35$	$f'_a = 1,10f'_c + 5,0$

M : 8,3 karena dibawah 21 Mpa

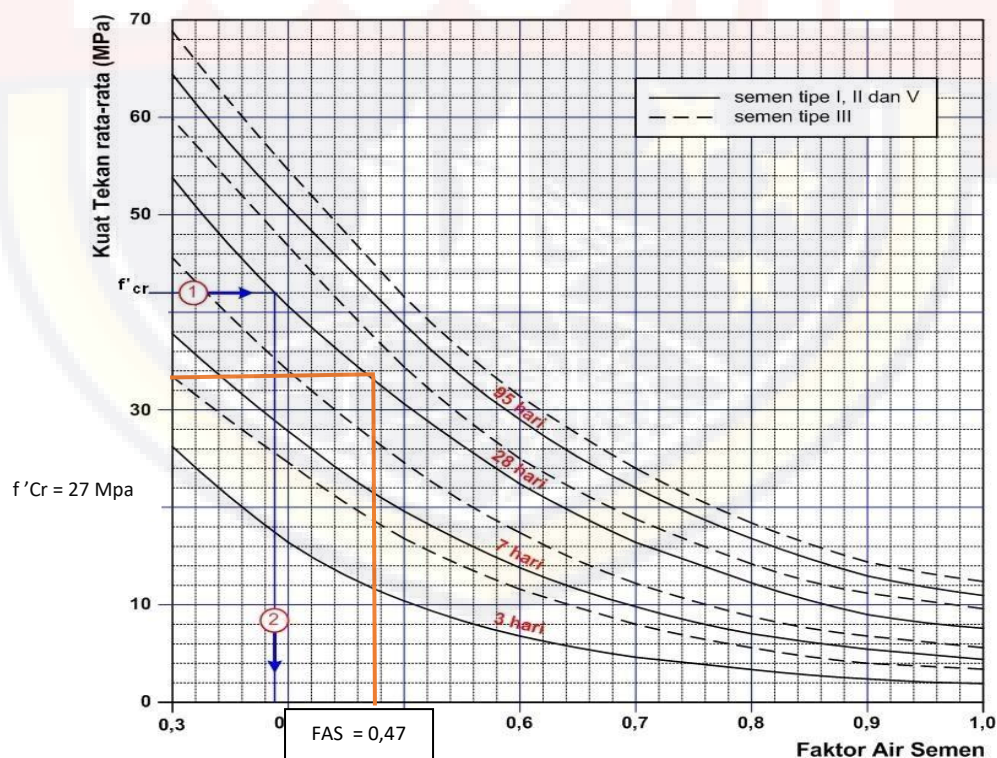
**d. Menghitung kuat tekan rata-rata**

$$f'_{cr} : f_c + M$$

$$f'_{cr} : 25 + 8,3 = 33,3 \text{ Mpa}$$

**e. Penetapan factor air semen**

Besar factor air semen ( FAS ) diambil dari grafik



- Berdasarkan nilai kuat tekan rata-rata maka nilai ( $f'_{cr}$ ) = 0.47  
 (berdasarkan grafik korelasi FAS dan  $f'_{cr}$ )

**f. Penetapan kadar air bebas**

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	---	---	---	---
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Berdasarkan nilai slump cm dan  $f$  maksimum agregat 20 mm, maka diperoleh :

- Kadar bebas air alami ( $W_f$ ) : 195 kg/m<sup>3</sup> beton
- Kadar air bebas batu pecah ( $W_c$ ) : 225 kg/m<sup>3</sup> beton
- Kadar air bebas = (  $2/3 \times W_f$  ) + (  $1/3 \times W_c$  )  
 $= ( 2/3 \times 195 ) + ( 1/3 \times 225 )$   
 $= 205 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$

**g. Penetapan kadar semen**

- kadar semen maksimum :

$$\frac{\text{Kadar air bebas (Wf)}}{\text{Faktor air semen (fas)}} = \frac{205}{0,47} = 436,17 \text{ kg/m}^3$$



Persyaratan jumlah semen minimum dan factor air semen maksimum untuk berbagai  
Macam pembetonan dalam lingkungan khusus

Lokasi	Jumlah Semen minimum Per m <sup>3</sup> beton (kg)	Nilai Faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan: a. keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan: a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah: a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan: a. air tawar	ilmubeton.com	
b. air laut		Lihat Tabel 6

325 (diperoleh dari table => tidak terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung)

$$fas = \frac{205,00}{325} = 0,63 > \text{dari } fas = 0,47$$

Sehingga di ambil fas terkecil yaitu = 0,47

Kebutuhan semen = 436,17 kg/m<sup>3</sup>

#### **h. Berat jenis kering agregat**

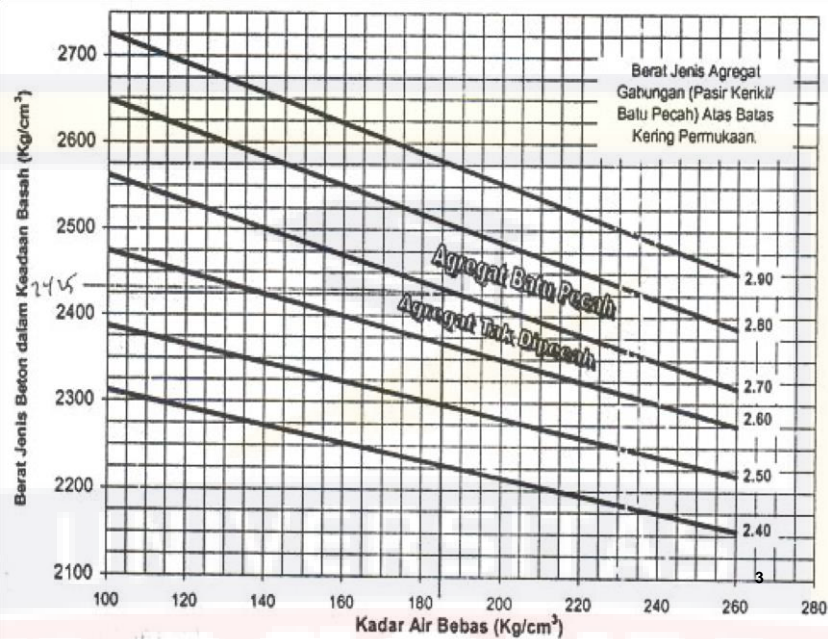
Berat jenis gabungan

$$= a \cdot B_j. \text{ Spesifik SSD pasir} + b \cdot B_j. \text{ Spesifik SSD kerikil 1-2}$$

$$= 0,65 \times 2,61 + 0,35 \times 2,03$$

$$= 2,41$$

**i. Berat volume beton segar**



Berdasarkan nilai  $B_j$ . Gabungan dan kadar air bebas ( garfik ) :

$$\text{Berat volume beton segar} = 2230 \text{ kg/m}^3$$

**j. Berat total agregat**

Rumus berat total agregat :

Berat volume beton segar – Kadar air bebas – kadar semen max.

$$\text{Berat total agregat} = 2230 - 205 - 436,17$$

$$= 1588,83 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat pasir} = 35 \% \times 1588,83$$

$$= 556,09 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat keriki 1-2} = 65\% \times 1588,83$$

$$= 1032,74 \text{ kg/m}^3$$



- Sebelum koreksi

Air (Wa)	=	205,00	kg/m <sup>3</sup>
Semen (Ws)	=	436,17	kg/m <sup>3</sup>
Pasir (B <sub>SSDP</sub> )	=	556,09	kg/m <sup>3</sup>
Kerikil 1-2 (B <sub>SSDK</sub> )	=	1032,74	kg/m <sup>3</sup>
Jumlah	=	2230,00	kg/m <sup>3</sup>

**k. Koreksi campuran beton untuk pelaksanaan**

- Koreksi air :

Jumlah air – ( kadar air pasir – absorsi pasir ) x jumlah pasir/100 – ( kadar air kerikil 1-2 – absorsi kerikil 1-2 ) x jumlah kerikil/100

$$\begin{aligned} \text{Koreksi air} &= 205 - ( 3,12 - 1,16 ) \times ( 556,09/100 ) - ( 0,81 - 2,48 ) \\ &\quad \times ( 1032,74/100 ) \\ &= 205 - 10,90 - ( - 17,25 ) \\ &= 211,35 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- Koreksi pasir :

Jumlah pasir + ( kadar air pasir - absorsi pasir ) x jumlah pasir /100

$$\begin{aligned} \text{Koreksi pasir} &= 556,09 + ( 3,12 - 1,16 ) \times ( 556,09/100 ) \\ &= 567 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$



- Koreksi kerikil :

Jumlah kerikil - ( kadar air kerikil 1-2 - absorsi kerikil 1-2 ) x jumlah

kerikil / 100

$$\begin{aligned} \text{Koreksi kerikil} &= 1032,74 + ( 0,81 - 2,48 ) \times ( 1032,74/100 ) \\ &= 1015,49 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- sesudah koreksi :

$$\text{Air (Wa)} = 211,35 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Semen (Ws)} = 436,17 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Pasir (B}_{SSDP}) = 566,99 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kerikil 1-2(B}_{SSDK}) = 1015,49 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah} = 2230,00 \text{ kg/m}^3$$

#### **i. Volume silinder**

Diketahui :

$$\text{diameter silinder} = 15 \text{ cm} \Rightarrow 0,15 \text{ m}$$

$$\text{tinggi silinder} = 30 \text{ cm} \Rightarrow 0,30 \text{ m}$$

$$\text{volume silinder} = 1/4 \pi \times D^2 \times t$$

$$= 1/4 \times 3,14 \times 0,15^2 \times 0,30$$

$$= 0,00530 \text{ m}^3$$



**j. Data Perhitungan Mix Design**

Bahan Beton	Berat (Kg/m <sup>3</sup> )	Volume Benda Uji	Berat Untuk 1 Sampel (Kg)
Air	211,35	0,0064	1,34
Semen	436,17		2,77
Pasir	566,99		3,61
Bp Maks 20	1015,49		6,46





**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. ( 0411 ) 452901 – 342789 fax.(0411)424568

**KUAT TEKAN BETON ( SILINDER )**

**25 MPA**

Tanggal : 27 Oktober 2021  
 Sumber : Bili-bili

Nama : sari  
 Pembimbing :  
 1. Dr. Ir. H. Syahrul Sariman, MT  
 2. Ir. Tamrin M, MT

No Benda Uji	Tanggal	Perbandingan	Slump ( cm )	Berat ( kg )	Diameter ( cm )	Tinggi ( cm )	Luas Penampang ( cm <sup>2</sup> )	Umur ( hari )	Beban	Kekuatan	Target benda uji Silinder ( 28 hari )
	Pembuatan	Campuran							Maksimum	Tekan	
		Semen : Pasir : Keikil							( KN )	( N / mm <sup>2</sup> )	
I	27/11/2021	1:1,33:2,39	8	12.480	15	30	176,63	28	450	25,5	25 Mpa
II	27/11/2021	1:1,33:2,39	8	12.480	15	30	176,63	28	475	26,9	
III	27/11/2021	1:1,33:2,39	8	12.210	15	30	176,63	28	430	24,3	
IV	27/11/2021	1:1,33:2,39	8	12.435	15	30	176,63	28	460	26,0	
V	27/11/2021	1:1,33:2,39	8	12.385	15	30	176,63	28	490	27,7	
VI	27/11/2021	1:1,33:2,39	8	12.375	15	30	176,63	28	480	27,2	
VII	27/11/2021	1:1,33:2,39	8	12.480	15	30	176,63	28	450	25,5	
VIII	27/11/2021	1:1,33:2,39	8	12.480	15	30	176,63	28	465	26,3	
IX	27/11/2021	1:1,33:2,39	8	12.430	15	30	176,63	28	500	28,3	
X	27/11/2021	1:1,33:2,39	8	12.380	15	30	176,63	28	450	25,5	
XI	27/11/2021	1:1,33:2,39	8	12.380	15	30	176,63	28	470	26,6	
XII	27/11/2021	1:1,33:2,39	8	12.222	15	30	176,63	28	485	27,5	
XIII	27/11/2021	1:1,33:2,39	8	12.195	15	30	176,63	28	450	25,5	
XIV	27/11/2021	1:1,33:2,39	8	12.480	15	30	176,63	28	475	26,9	
XV	27/11/2021	1:1,33:2,39	8	12.450	15	30	176,63	28	445	25,2	
XVI	27/11/2021	1:1,33:2,39	8	12.450	15	30	176,63	28	500	28,3	
XVII	27/11/2021	1:1,33:2,39	8	12.522	15	30	176,63	28	490	27,7	
XVIII	27/11/2021	1:1,33:2,39	8	12.448	15	30	176,63	28	450	25,5	
XIX	27/11/2021	1:1,33:2,39	8	12.612	15	30	176,63	28	440	24,9	
XX	27/11/2021	1:1,33:2,39	8	12.540	15	30	176,63	28	475	26,9	
								Jumlah	9330	528,2	
								Rata - Rata	467	26,5	

Laboratorium Bahan & Struktur Beton  
 Jurusan Sipil Fakultas Teknik  
 Universitas Bosowa Makassar



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. ( 0411 ) 452901 – 342789 fax.(0411)424568

Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{ci} - f_{cm})^2}{n-1}}$$

S = 1,162

Kekuatan Tekan Rata Rata

f'c = fcr' - 1,34 S  
 f'c = fcr' - 2,33 S

Persamaan I

f'c = fcr' - 1,3 S  
 = 26,5 - 1,34 S  
 = 26,5 - 1,557 S  
 = 24,9 Mpa

Persamaan II

f'c = fcr' - 2,3 S + 3,5  
 = 26,5 - 2,3 S + 3,5  
 = 27,24 Mpa

Faktor Modifikasi untuk 20 Sampel = 1.08

fc = 27,243 / 1,08  
 fc = 25,225 Mpa

Disetujui oleh  
 Kepala Laboratorium Struktur Dan Bahan Beton

Diuji oleh  
 Mahasiswa

Ir. Eka Yuniarto, ST. MT

Sari



### **RANCANGAN CAMPURAN KUAT TEKAN BETON VARIASI**

Nama : sari

Pembimbing :

1. Dr. Ir. H. Syahrul Sariman, MT
2. Ir. Tamrin M, MT.

<b>NO</b>	<b>Variasi</b>	<b>Pasir</b>	<b>BP 1-2</b>	<b>Semen</b>	<b>Trass</b>	<b>pozzolan</b>	<b>Air</b>	<b>Jumlah</b>
1	TP-1	3,61	6,46	2496	277	0	1,34	1
2	TP-2	3,61	6,46	2496	277	139	1,34	1
3	TP-3	3,61	6,46	2496	277	277	1,34	1
4	TP-4	3,61	6,46	2496	277	416	1,34	1

Disetujui oleh  
Kepala Laboratorium Struktur Dan Bahan Beton

Diuji Oleh  
Mahasiswa

Ir. Eka Yuniarto, ST. MT

Sari



### HASIL KUAT TEKAN BETON VARIASI ( SILINDER )

Nama : Sari

Pembimbing :

1. Dr. Ir. H. Syahrul Sariman, MT
2. Ir. Tamrin M, MT.

SIMBOL	NO BENDA UJI	TRS %	PZN %	LUAS PENAMPANG (cm <sup>2</sup> )	BEBAN MAKSIMUM (KN)	KEKUATAN TEKAN (Mpa)
TRS 10%, PZ 0%	1	10	-	176.6	460	26,04
	2			176.6	470	26,61
	3			176.6	480	27,18
<b>Rata-rata</b>						<b>26,61</b>
TS 10%, PZN 5%	1	10	5%	176.6	485	27,46
	2			176.6	490	27,74
	3			176.6	505	28,59
<b>Rata-rata</b>						<b>27,93</b>
TS 10%, PZN10%	1	10	10%	176.6	545	30,86
	2			176.6	560	31,70
	3			176.6	570	32,27
<b>Rata-rata</b>						<b>31,61</b>
TS 10%, PZN 15%	1	10	15%	176.6	630	35,67
	2			176.6	640	36,23
	3			176.6	645	36,52
<b>Rata-rata</b>						<b>36,14</b>

Disetujui oleh  
Kepala Laboratorium Struktur Dan Bahan Beton

Diuji Oleh  
Mahasiswa

Ir. Eka Yuniarto, ST. MT

Sari



**KUAT LENTUR BETON ( BALOK )**  
**25 MPA**

Tanggal : 27 Oktober 2021  
Sumber : Bili-bili

Nama : sari  
Pembimbing :  
1. Dr. Ir. H. Syahrul Sariman, MT  
2. Ir. Tamrin M, MT.

No Benda Uji	Perbandingan Campuran	Slump ( cm )	Berat ( kg )	Ukuran Benda Uji			Umur ( hari )	Beban Maksimum ( KN )	Kuat Lentur ( Mpa )
	Semen : Pasir : Kerikil			b ( mm )	d ( mm )	L ( mm )			
		1:1,80:2,65	8	30,50	150	150	450	28	26

$$f_r = \frac{PL}{bd^2}$$
$$= \frac{26000 \times 450}{150 \times 150^2}$$
$$= \frac{11700000}{3375000}$$
$$= 3,47 \text{ Mp}$$



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. ( 0411 ) 452901 – 342789 fax.(0411)424568

---

**RANCANGAN CAMPURAN KUAT LENTUR BETON VARIASI**

Nama : sari

Pembimbing :

1. Dr. Ir. H. Syahrul Sariman, MT
2. Ir. Tamrin M, MT.

NO	Variasi	Pasir	BP 1-2	Semen	Trass	pozzolan	Air	Jumlah
1	TP-1	9,19	16,45	6.358	707	0	3,42	1
2	TP-2	9,19	16,45	6.358	707	353,25	3,42	1
3	TP-3	9,19	16,45	6.358	707	707	3,42	1
4	TP-4	9,19	16,45	6.358	707	1.060	3,42	1

Disetujui oleh  
Kepala Laboratorium Struktur Dan Bahan Beton

Diuji Oleh  
Mahasiswa

Ir. Eka Yuniarto, ST. MT

Sari



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. ( 0411 ) 452901 – 342789 fax.(0411)424568

**HASIL KUAT LENTUR BETON VARIASI ( BALOK )**

Nama : Sari

Pembimbing :

1. Dr. Ir. H. Syahrul Sariman, MT
2. Ir. Tamrin M, MT.

SIMBOL	NO BENDA UJI	TRS %	PZN %	Ukuran Benda Uji			BEBAN MAKSIMUM KN	KEKUATAN TEKAN Mpa
				b mm	d mm	L mm		
TRS 10%, PZ0%	1	10%	0%	150	150	450	27	3,60
TRS 10%, PZ5%	2	10%	5%	150	150	450	28	3,73
TRS 10%, PZ10%	3	10%	10%	150	150	450	30	4,00
TRS 10%, PZ15%	4	10%	15%	150	150	450	32	4,27

Disetujui oleh  
Kepala Laboratorium Struktur Dan Bahan Beton

Diuji Oleh  
Mahasiswa

Ir. Eka Yuniarto, ST. MT

Sari



# **DOKUMENTASI**





**PENGUJIAN ANALISA SARINGAN**



**PENIMBANGAN MOL BERAT ISI**



**PENGUJIAN BERAT ISI AGREGAT KASAR**



**PENGUJIAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS**



**PENGUJIAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR**



**PENGUJIAN LOLOS SARINGAN NO 200**



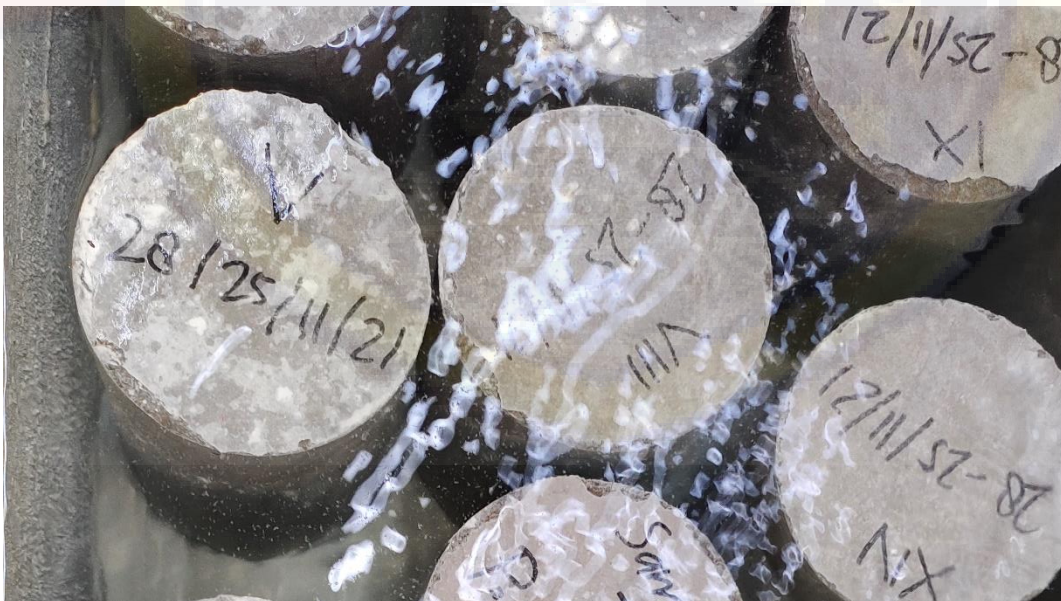
**PROSES PENIMBANGAN SETELAH MIX DESIGN**



**PROSES MIX MATERIAL**



**HASIL SLUMP TEST**



**MASA PERENDAMAN**



**PENIMBANGAN BERAT BETON**



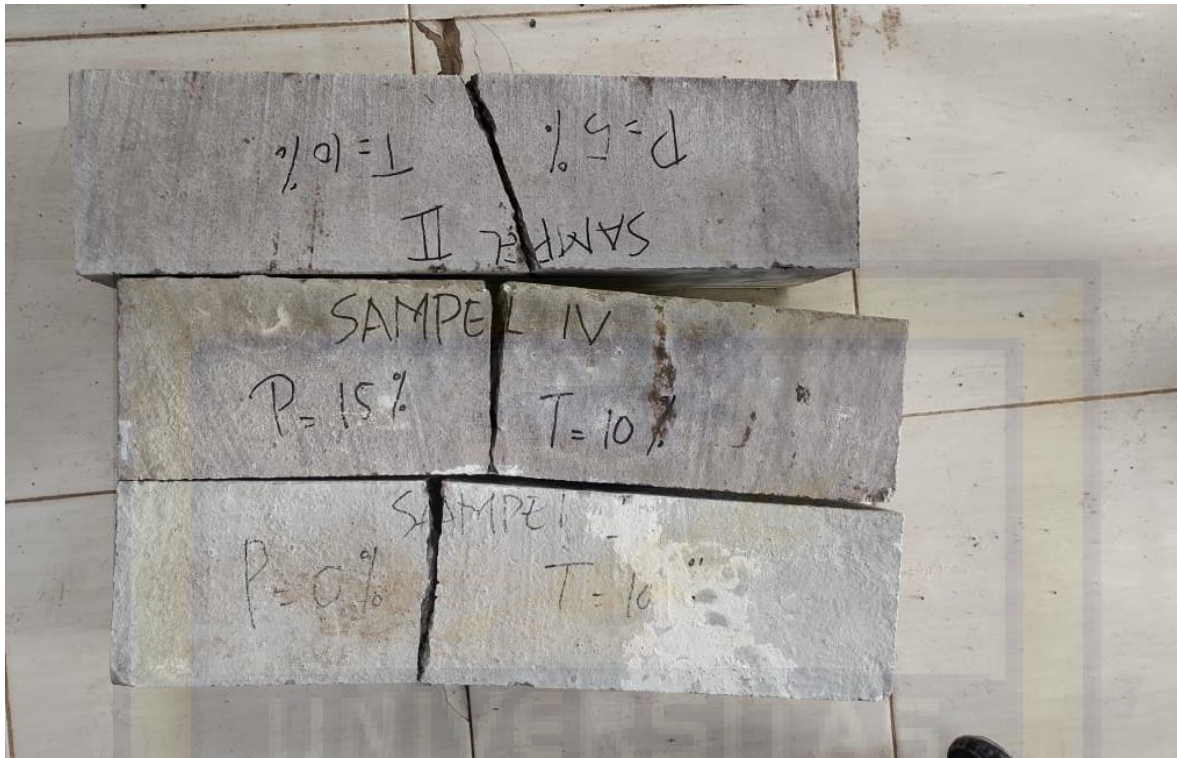
**PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON**



**CONTOH KERETAKAN SETELAH PENGUJIAN KUAT TEKAN**



**PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON**



CONTOH KERETAKAN SETELAH PENGUJIAN KUAT LENTUR

**BUSUWA**

