

**TUGAS AKHIR**

**“STUDI KARAKTERISTIK BETON DENGAN  
MENGUNAKAN AGREGAT HALUS TAILING DENGAN  
VARIASI SERAT BAJA”**



**DISUSUN OLEH :**

**MUTMAINNAH RAHMAN PUTRI**

**D 111 08 317**

**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2013**

**ABSTRACT:** . Dalam dunia konstruksi, teknologi beton telah banyak dikembangkan untuk menemukan sifat mekanis optimal dengan biaya yang relatif murah. Penggunaan material beton dalam berbagai aplikasi konstruksi, memiliki dampak terhadap persediaan bahan pembentuknya. Di lain kondisi, dalam pelaksanaan kegiatan operasinya, PT.Freeport Indonesia menghasilkan bahan buangan sebagai limbah hasil pengolahan bijih yang dikenal dengan istilah tailing dengan jumlah volume yang sangat besar. Penanganan limbah tailing yang dilakukan PT.Freeport adalah dengan cara pengendapan di dataran rendah daerah pengaliran Sungai Aijkwa. Hal ini menyebabkan kondisi sungai mengalami perubahan sebagai akibat jumlah tailing hasil pengolahan tembaga dan emas yang dihasilkan sangat besar. Pemanfaatan tailing sebagai agregat halus dalam bahan bangunan merupakan salah satu bentuk alternatif pengendalian dampak yang terjadi di sungai Aijkwa. Sifat-sifat mekanik beton yang perlu diperhatikan adalah kuat tekan, modulus elastisitas, kuat tarik belah serta kuat lentur beton. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian - penelitian untuk meningkatkan / memperbaiki sifat- sifat tersebut, diantaranya dengan menggunakan bahan tambahan tertentu yang dicampurkan pada beton. Dalam penelitian ini digunakan bahan tambahan fiber baja dengan variasi Vf 0%,0,25% dan 0,5% dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruhnya terhadap karakteristik mekanis beton. Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa penambahan fiber baja masing-masing sebesar 0,25 % dan 0,5 % pada beton dapat meningkatkan kuat tekan beton masing-masing sebesar 0,47 % dan 2,4 % , kuat tarik beton sebesar 2,62 % dan 5,49 % untuk penambahan serat baja masing-masing sebesar 0,25 % dan 0,5 % serta kuat lentur beton sebesar 4,58 % dan 8,7 % untuk penambahan serat baja masing-masing sebesar 0,25 % dan 0,5 %.

**Kata Kunci :** beton, fiber baja, kuat tekan,kuat tarik,kuat lentur,modulus elastisitas, tailing,

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas segala berkah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“STUDI KARAKTERISTIK BETON DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT HALUS TAILING DENGAN VARIASI SERAT BAJA”**, sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Hasanuddin. Tugas akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan di Laboratorium Struktur Dan Bahan Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Hasanuddin.

Saya menyadari sepenuhnya bahwa selesainya tugas akhir ini berkat bantuan dari berbagai pihak, utamanya dosen pembimbing :

Pembimbing I : Prof. Dr. Ing. Herman Parung, M.Eng

Pembimbing II : Dr. Eng. A. Arwin Amiruddin, ST.MT.

Dengan segala kerendahan hati, saya juga ingin menyampaikan terima kasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Ayahanda dan Ibunda tercinta atas pengorbanan dan doa kepada saya.
2. Bapak DR. Ing Ir. Wahyu H. Piarah, MS, ME., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
3. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Lawalenna Samang, MS., M.Eng. selaku ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Prof. Dr. Ing. Herman Parung, selaku dosen pembimbing I, yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini.
5. Bapak Dr. Eng. A. Arwin Amiruddin, ST.MT., selaku dosen pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan kepada saya.
6. Seluruh dosen, staf dan karyawan Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Hasanuddin.

7. Bapak Sudirman Sintang, selaku staf Laboratorium Struktur dan Bahan Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Hasanuddin atas segala bimbingan dan pengarahan selama pelaksanaan penelitian di Laboratorium.
8. Terima kasih yang sebesar-besarnya buat Icca atas bantuannya yang sangat besar dalam penyelesaian tugas akhir ini.
9. Terima kasih pula buat adik-adikku Sahid, Jaja, Faqar, dan Rara yang telah memberikan dukungan dan motivasi.
10. Saya juga menghaturkan terima kasih kepada Kak Safar, Kak Takim serta teman-teman angkatan 2008 khususnya Andra, Ali, Ilham, Sadam, Dani, Ashadi, Hamid, Akkal, Fathun, Naim, Ocha, Wanna, serta teman-teman yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang senantiasa memberikan semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Saya menyadari bahwa tulisan ini tidak luput dari kekurangan-kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kepada para pembaca, kiranya dapat memberikan sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan pembaharuan tugas akhir ini.

Akhir kata, semoga Allah SWT melimpahkan Rahmat dan Taufiq-Nya kepada kita, dan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan.

Makassar,

2013

**Penyusun**

## DAFTAR ISI

|                                    |       |
|------------------------------------|-------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....         | i     |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....     | ii    |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....        | iii   |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....            | v     |
| <b>DAFTAR NOTASI</b> .....         | viii  |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....          | x     |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....         | xi    |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>           |       |
| 1.1. Latar Belakang.....           | I-1   |
| 1.2. Rumusan Masalah.....          | I-3   |
| 1.3. Tujuan Penelitian.....        | I-4   |
| 1.4. Batasan Masalah.....          | I-4   |
| 1.5. Sistematika Penulisan.....    | I-5   |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>     |       |
| 2.1. Beton .....                   | II-1  |
| 2.2. Beton Serat.....              | II-2  |
| 2.3. Material Penyusun Beton.....  | II-11 |
| 2.3.1 Semen Portland Komposit..... | II-11 |
| 2.3.2 Agregat.....                 | II-13 |
| 2.3.3 Serat Baja.....              | II-17 |
| 2.3.4 Air.....                     | II-19 |

|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| 2.4. Sifat-sifat Beton.....          | II-20 |
| 2.4.1 Kuat Tekan Beton.....          | II-20 |
| 2.4.2 Modulus Elastisitas Beton..... | II-21 |
| 2.4.3 Kuat Tarik Beton.....          | II-22 |
| 2.4.4 Kuat Lentur Beton.....         | II-23 |

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

|   |        |
|---|--------|
| 3.1. Metode Penelitian.....               | III-1  |
| 3.2. Lokasi dan Waktu.....                | III-1  |
| 3.3. Pengumpulan Data.....                | III-1  |
| 3.4. Alat dan Bahan.....                  | III-1  |
| 3.5. Tahapan Penelitian                   | III-3  |
| 3.5.1 Pemeriksaan Material.....           | III-3  |
| 3.5.2 Penetapan Komposisi Mix Design..... | III-4  |
| 3.5.3 Pembuatan Beton Segar.....          | III-5  |
| 3.5.4 Pengujian Slump.....                | III-6  |
| 3.5.5 Pencetakan Benda Uji.....           | III-6  |
| 3.5.6 Perawatan Benda Uji.....            | III-7  |
| 3.5.7 Pengujian Beton.....                | III-7  |
| 3.6. Bagan Alir Penelitian.....           | III-12 |

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

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| 4.1. Pengujian Agregat.....        | IV-1 |
| 4.2. Komposisi Campuran Beton..... | IV-2 |
| 4.3. Pengujian Slump.....          | IV-3 |

|   |       |
|---|-------|
| 4.4. Pengujian Kuat Tekan Beton.....          | IV-5  |
| 4.5. Pengujian Modulus Elastisitas Beton..... | IV-9  |
| 4.6. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.....    | IV-14 |
| 4.7. Pengujian Kuat Lentur Beton.....         | IV-17 |

## **BAB V PENUTUP**

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

## DAFTAR TABEL

|           |  |       |
|-----------|--|-------|
| Tabel 2.1 | Beberapa Penelitian Tentang Serat.....                           | II-7  |
| Tabel 2.2 | Perbandingan Data Hasil Penelitian.....                          | II-12 |
| Tabel 2.3 | Komposisi Kimia Portland Composite<br>Cement .....               | II-12 |
| Tabel 2.4 | Syarat Fisika Semen Portland Komposit.....                       | II-13 |
| Tabel 2.5 | Mineral Yang Terkandung Dalam Tailing.....                       | II-16 |
| Tabel 2.6 | Mineral Yang Terkandung Dalam Tailing.....                       | II-16 |
| Tabel 4.1 | Hasil Rekapitulasi Pengujian Agregat Kasar.....                  | IV-1  |
| Tabel 4.2 | Hasil Rekapitulasi Pengujian Agregat Halus Tailing.....          | IV-2  |
| Tabel 4.3 | Komposisi Bahan Campuran Beton untuk 1 m <sup>3</sup> .....      | IV-3  |
| Tabel 4.4 | Hasil Pengujian Workability Beton Normal dan Beton<br>Serat..... | IV-4  |
| Tabel 4.5 | Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari .....              | IV-5  |
| Tabel 4.6 | Hasil Pengujian Modulus Elastisitas.....                         | IV-12 |
| Tabel 4.7 | Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Umur 28<br>Hari.....      | IV-15 |
| Tabel 4.8 | Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Umur 28 Hari.....              | IV-19 |

## DAFTAR GAMBAR

|              |   |        |
|--------------|---|--------|
| Gambar 2.1   | Serat Baja Dramix Steel Fiber.....  | II-18  |
| Gambar 2.2   | Hubungan Regangan dan Tegangan.....   | II-21  |
| Gambar 3.1   | Bagan alir (flow chart) penelitian.....   | III-12 |
| Gambar 4.1   | Pengukuran Slump.....   | IV-3   |
| Gambar 4.2   | Grafik Hubungan Nilai Slump Terhadap Variasi Serat Baja   | IV-4   |
| Gambar 4.3   | Pengujian kuat tekan beton.....   | IV-6   |
| Gambar 4.4   | Grafik Hubungan Penambahan Serat Baja dan Kuat<br>Tekan Beton Pada Umur 28 Hari.....                  | IV-7   |
| Gambar 4.5   | Pola keruntuhan beton nonfiber.....   | IV-8   |
| Gambar 4.6   | Pola keruntuhan beton fiber.....  | IV-8   |
| Gambar 4.7   | Grafik Tegangan-Regangan Beton Normal Vf 0 %.....   | IV-9   |
| Gambar 4.8   | Grafik Tegangan-Regangan Beton dengan variasi serat<br>baja Vf 0,25 % .....                           | IV-10  |
| Gambar 4.9   | Grafik Tegangan-Regangan Beton dengan variasi serat<br>baja Vf 0,50 %.....                            | IV-11  |
| Gambar 4.10. | Grafik Hubungan antara nilai Modulus Elastisitas<br>dengan variasi Penambahan Serat Baja.....         | IV-13  |
| Gambar 4.11  | Pengujian Kuat Tarik Belah  | IV-14  |
| Gambar 4.12  | Grafik Hubungan Kuat Tarik Belah Beton dengan<br>Variasi Penambahan Serat Baja Pada Umur 28 hari..... | IV-16  |
| Gambar 4.13. | Pola keruntuhan kuat tarik beton nonfiber.....  | IV-16  |

|             |   |       |
|-------------|---|-------|
| Gambar 4.14 | Pola keruntuhan kuat tarik beton fiber.....   | IV-16 |
| Gambar 4.15 | Grafik Hubungan Penambahan Serat Baja dan Kuat<br>Lentur Beton Pada Umur 28 Hari..... | IV-20 |
| Gambar 4.16 | Pola keruntuhan Kuat Lentur Beton.....  | IV-20 |

## DAFTAR NOTASI

| Lambang / Singkatan | Arti dan Keterangan                              |
|---------------------|--|
| A                   | Luas Permukaan Beton                             |
| ACI                 | American Concrete Institut                       |
| ASTM                | American Standard Test Material                  |
| D                   | Diameter Benda Uji Silinder                      |
| d                   | Diameter Fiber (Serat)                           |
| DoE                 | Department of Environment                        |
| E                   | Modulus elastisitas beton                        |
| FAS                 | Faktor air semen                                 |
| $f^{\prime}c$       | Kuat tekan                                       |
| $f_{ct}$            | Kuat Tarik Belah Beton                           |
| $f^{\prime}_{lt}$   | Kuat Lentur Beton                                |
| L                   | Panjang Benda Uji Silinder                       |
| l                   | Panjang Fiber (Serat)                            |
| MPa                 | Mega pascal, satuan kuat tekan                   |
| No                  | Nomor  |
| SK SNI              | Standar Konstruksi Standar Nasional<br>Indonesia |
| SSD                 | Saturated Surface Dry                            |
| OPC                 | Ordinary Portland Cement                         |
| P                   | Beban Maksimum                                   |
| PBBI                | Peraturan Beton Bertulang Indonesia              |
| PCC                 | Portland Composite Cement                        |
| Pd.T                | Pedoman Teknis                                   |
| $W_c$               | Berat Isi Beton                                  |
| $W_f$               | Berat serat baja yang ditambahkan                |
| $V_c$               | Volume beton                                     |

|                 |   |
|-----------------|---|
| $V_f$           | Volume Fraksi Fiber Baja  |
| $\gamma_{fb}$   | Berat jenis serat baja  |
| $\varepsilon_1$ | Regangan longitudinal yang dihasilkan oleh tegangan $\sigma_1$ .        |
| $\varepsilon_2$ | Regangan longitudinal yang dihasilkan oleh tegangan $\sigma_2$ .        |
| $\sigma_1$      | Tegangan saat regangan longitudinal ( $\varepsilon_1$ ) sebesar 0,00005 |
| $\sigma_2$      | Tegangan pada saat mencapai 40% dari beban maksimum                     |
| %               | Persen  |

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang Permasalahan**

Pemanfaatan bahan limbah untuk hal yang berguna adalah salah satu cara terbaik untuk mengatasi masalah lingkungan. Bukan hanya mengurangi kerusakan dampak lingkungan tapi juga menjadi alternatif penggunaan bahan yang sudah lazim digunakan.

PT.Freeport Indonesia adalah sebuah perusahaan tambang yang terdapat di Provinsi Papua dengan objek operasi penambangan berupa tembaga dan emas. Dalam pelaksanaan kegiatan operasinya,PT.Freeport Indonesia menghasilkan bahan buangan sebagai limbah hasil pengolahan bijih yang dikenal dengan istilah tailing,dengan jumlah volume yang sangat besar. Dari data Pusat Sumber Daya Geologi, tailing yang dihasilkan tahun 2007 sebesar 223.100 ton/hari.

Tailing adalah satu jenis limbah yang dihasilkan oleh kegiatan tambang dan kehadirannya dalam dunia pertambangan tidak bisa dihindari Dilihat dari bentuk fisiknya,tailing berwujud batuan dengan bentuk material berupa pasir halus hingga sedang yang dihasilkan dari proses pengolahan bijih. Penanganan limbah tailing yang dilakukan PT.Freeport adalah dengan cara pengendapan di dataran rendah daerah pengaliran Sungai Aijkwa. Hal ini menyebabkan kondisi sungai mengalami perubahan sebagai akibat jumlah tailing hasil pengolahan tembaga dan emas yang dihasilkan sangat besar.

Pemanfaatan tailing sebagai bahan bangunan merupakan salah satu bentuk alternatif pengendalian dampak yang terjadi di sungai Aijkwa. Disatu sisi yang lain Papua merupakan daerah yang memiliki jaringan infrastruktur yang kurang memadai. Faktor permasalahan utama dalam pembangunan infrastruktur yaitu mahalnnya harga material yang ada karena sebagian besar harus didatangkan dari luar Papua. Pemanfaatan bahan lokal untuk menekan mahalnnya pembangunan infrastruktur menjadi alternatif paling baik, sehingga penggunaan tailing sebagai alternatif pengganti agregat halus diharapkan bisa menjadi pilihan dalam mengurangi biaya pembangunan infrastruktur di daerah Papua.

Beton memiliki kemampuan untuk menahan gaya tekan yang tinggi tapi memiliki kuat tarik yang lemah. Kuat tarik yang sangat rendah berakibat beton mudah retak, yang pada akhirnya mengurangi keawetan beton. Untuk meningkatkan kemampuan beton dalam memikul gaya tarik salah satu caranya dengan menambahkan serat baja. Penambahan ini bermaksud memperbaiki kemampuan beton dalam memikul beban terutama untuk bagian yang tertarik, sehingga serat baja diharapkan bisa menjadi pilihan untuk menggantikan fungsi tulangan longitudinal yang umumnya dipakai.

Dramix Steel Fibre adalah salah satu serat atau kawat yang diproduksi dengan maksud sebagai bahan yang dapat ditambahkan kepada beton untuk memperbaiki mutu beton. Beton yang memiliki penulangan dengan steel fibre akan memberikan kelenturan dan kemampuan menerima beban yang tinggi. Hasil penelitian Sukoyo (2011) menyimpulkan dengan penambahan 1 % fibre steel dari

volume beton yang berupa kawat bendrat dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 1.37 % dan kuat tarik beton sebesar 7.44 %.

Pemanfaatan limbah tailing sebagai bahan pengganti agregat halus dan penambahan serat baja diharapkan dapat menekan biaya pelaksanaan, meningkatkan mutu dan waktu pekerjaan serta mengurangi dampak lingkungan.

Berdasarkan uraian di atas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian **“Studi Karakteristik Beton Dengan Menggunakan Agregat Halus Tailing Dengan Variasi Serat Baja”**

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan pada latar belakang, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perilaku variasi penambahan serat baja pada beton yang menggunakan agregat halus tailing terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton.
2. Bagaimana perilaku variasi penambahan serat baja pada beton yang menggunakan agregat halus tailing terhadap kuat tarik beton.
3. Bagaimana perilaku variasi penambahan serat baja pada beton yang menggunakan agregat halus tailing terhadap kuat lentur beton.

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Menganalisis pengaruh variasi penambahan serat baja pada beton yang menggunakan agregat halus tailing terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton.
2. Menganalisis pengaruh variasi penambahan serat baja pada beton yang menggunakan agregat halus tailing terhadap kuat tarik beton.
3. Menganalisis pengaruh variasi penambahan serat baja pada beton yang menggunakan agregat halus tailing terhadap kuat lentur beton.

### **1.4. Batasan Masalah**

Dalam penelitian ini permasalahan dibatasi ruang lingkupnya agar tidak terlalu luas. Batasan masalah meliputi :

1. Agregat kasar (split) yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari daerah Bili-bili Gowa,
2. Agregat halus berupa tailing yang didatangkan dari sisa hasil penambangan PT.Freeport Indonesia di daerah Kabupaten Timika Papua dan tidak membahas tentang pengaruh unsur kimia yang terkandung pada tailing.
3. Semen yang digunakan Portland Composit Cement merk Tonasa
4. Serat baja yang digunakan adalah Dramix Steel Fiber hasil pabrikasi dengan variasi  $V_f$  (Volume fraksi ) 0 %, 0.25 % dan 0.5 % dari volume beton.

## **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan tugas akhir adalah sebagai berikut :

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Pada bab ini berisikan latar belakang penelitian, permasalahan yang akan diamati, tujuan yang akan dicapai, pembatasan masalah dan metodologi penelitian yang dilaksanakan oleh penulis.

### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam bab ini akan dibahas mengenai teori-teori yang akan digunakan dalam penyelesaian masalah-masalah yang ada.

### **BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisikan langkah – langkah dan prosedur penelitian dan penyediaan bahan yang digunakan dalam penelitian.

### **BAB IV : ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan data dan analisa hasil pengujian beton dilaboratorium.

### **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bagian akhir laporan tugas akhir ini terdapat kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian dan beberapa saran untuk penelitian selanjutnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Beton**

Penggunaan bahan bangunan berupa beton saat ini sering kita jumpai telah banyak digunakan di berbagai pelaksanaan konstruksi. Hampir 60% material yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi adalah beton (concrete), yang pada umumnya dipadukan dengan baja (composite) atau jenis lainnya,(Mulyono, 2003). Nawy (1998), mendefinisikan beton sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya.

Berdasarkan pasal 3.12 SNI-03-2847-2002, beton merupakan campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Struktur beton mempunyai banyak keunggulan dibanding materi struktur yang lain. Secara lebih rinci, keunggulan beton adalah:

- a. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi
- b. Biaya pemeliharaan yang kecil
- c. Tahan terhadap temperatur yang tinggi
- d. Mampu memikul beban yang berat

Disamping keunggulan di atas, beton juga sebagai stuktur mempunyai beberapa kelemahan yang perlu dipertimbangkan:

- a. Bentuk yang telah dibuat sulit di ubah
- b. Berat sendiri beton yang besar, sekitar 2400 kg/m<sup>3</sup> (kubik).

- c. Beton mempunyai kekuatan tarik yang rendah, sehingga mudah retak.
- d. Kualitasnya sangat tergantung dengan cara pelaksanaan di lapangan. Beton yang baik maupun yang buruk dapat terbentuk dari rumus dan campuran yang sama.
- e. Struktur beton sulit untuk dipindahkan. Pemakaian kembali atau daur-ulang sulit dan tidak ekonomis. Dalam hal ini struktur baja lebih unggul, misalnya tinggal melepas sambungannya saja.

## **2.2 Beton serat**

Serat (fibre) merupakan salah satu bahan tambah yang digunakan dalam membuat beton. Beton yang diberi bahan tambah serat disebut beton serat (fibre reinforce concrete). Penambahan serat menjadikan suatu bahan yang komposit antara beton dan serat (fibre). Serat yang digunakan untuk bahan tambah dapat berupa asbestos, gelas / kaca, plastik, baja serta serat yang berasal dari tumbuhan seperti rami dan ijuk.

Menurut ACI (American Concrete Institute) Committee 544, beton berserat diartikan sebagai beton yang terbuat dari semen hidrolis, agregat halus, agregat kasar, dan sejumlah kecil serat yang tersebar secara acak, yang mana masih dimungkinkan untuk diberi bahan-bahan additive.

Salah satu sifat penting dari beton adalah daktilitas. Beton memiliki sifat daktilitas yang rendah, sehingga mengalami kekuatan tekan yang cepat pada daerah beban pasca puncak, sehingga menyebabkan keruntuhan terjadi tiba-tiba. Penambahan serat yang mempunyai modulus elastisitas yang lebih tinggi dari modulus elastisitas matrik beton diharapkan dapat membuat beton lebih daktil.

Pada umumnya, penambahan serat baja pada campuran beton dimaksudkan untuk memperbaiki sifat beton yang lemah terhadap tarik. Kuat tarik yang sangat rendah berakibat beton mudah retak, yang pada akhirnya mengurangi keawetan beton. Dengan adanya serat, ternyata beton menjadi lebih tahan retak. Perlu diperhatikan bahwa pemberian serat tidak banyak menambah kuat tekan beton, namun hanya menambah daktilitas. (Tjokrodimuljo, 2003)

Pemakaian serat baja di dalam beton sendiri bertujuan agar serat tersebut tetap terjaga keawetannya. Serat baja yang digunakan dapat berupa potongan-potongan kawat baja atau dibuat khusus dengan permukaan yang halus / rata atau deform, serta bengkok yang dapat memperbesar daya lekatan pada beton.

Banyak sifat-sifat beton yang dapat diperbaiki dengan penambahan serat, diantaranya adalah dengan meningkatnya: daktilitas, ketahanan impact, kuat tarik, kuat lentur, ketahanan terhadap kelelahan, ketahanan terhadap pengaruh susutan, ketahanan abrasi, ketahanan terhadap pecahan atau fragmentasi, serta ketahanan terhadap pengelupasan.

Serat yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat mekanik beton antara lain adalah :

1. Serat Baja

Kelebihan serat ini adalah kekuatan dan modulusnya yang tinggi, tetapi serat ini juga memiliki kelemahan yaitu sangat korosif. Hal ini akan sangat terasa bila ada sebagian dari serat yang tidak terlindung / tertutup beton.

Ada beberapa jenis fiber baja yang biasa digunakan (Soroushian dan Bayashi 1991) :

a. Bentuk fiber baja (steel fiber shapes)

- 1) Lurus (Straight)
- 2) Berkait (Hooked)
- 3) Bergelombang (Crimped)
- 4) Double duo form
- 5) Ordinary duo Form
- 6) Bundel (Paddled)
- 7) Kedua ujung ditekuk (Enfarged Ends)
- 8) Tidak teratur (Irregular)
- 9) Bergerigi (Indented)

b. Penampang fiber baja (steel fiber cross section)

- 1) Lingkaran atau kawat (round atau wire)
- 2) Persegi atau lembaran (rectangular atau sheet)
- 3) Tidak teratur atau bentuk dilelehkan (Irregular atau Melt Extract)

c. Fiber dilekatkan bersama dalam satu ikatan. (fiber glued together into a bundle)

2. Serat Polypropelene

Adalah salah satu jenis serat plastik. Sifat serat ini adalah tidak menyerap air semen, modulus elastisitas rendah, mudah terbakar, kurang tahan lama, dan titik lelehnya rendah.

### 3. Serat Kaca

Sifat serat ini adalah berat jenisnya rendah, modulus elastisitas kecil dan kurang tahan terhadap pengaruh alkali.

### 4. Serat Asbestos

Ditinjau dari harganya serat ini relative murah. Kelebihan lainnya adalah tahan terhadap panas, sehingga sering digunakan untuk membuat asbes lembaran, pipa maupun genteng.

### 5. Serat Kevlar

Serat ini mempunyai modulus elastisitas dan kuat tarik yang tinggi, tetapi harganya mahal sehingga jarang digunakan

### 6. Serat Karbon

Serat ini juga relative mahal. Serat ini sering dipakai untuk beton yang harus mempunyai ketahanan terhadap retak yang tinggi.

### 7. Serat Kawat

Serat ini banyak tersedia di Indonesia dengan harga yang murah.

Beberapa hal yang perlu mendapat perhatian khusus pada beton fiber ini adalah masalah fiber dispersion atau teknik pencampuran adukan agar fiber yang ditambahkan dapat tersebar merata dengan orientasi yang random dalam beton dan masalah kelecakan (workability) adukan.

Secara umum dapat dijelaskan bahwa dengan memodifikasikan proporsi adukan (misalnya dengan menambah superplasticizer ataupun memperkecil diameter maksimum agregat). Dan memodifikasi teknik pencampuran adukan

(mixing technique) maka masalah fiber dispersion dapat diatasi. Untuk masalah workability, secara umum dapat pula dikatakan bahwa workability akan menurun seiring dengan makin banyaknya prosentase fiber yang ditambahkan dan makin besarnya rasio kelangsingan fiber (Suhendro, 1991). Pedoman untuk mengatasi kedua masalah tersebut yang menyangkut pedoman perincian, perbandingan, campuran, pengecoran dan penyelesaian beton fiber baja, telah dilaporkan oleh ACI Committee 544 (1993).

Briggs (1974) meneliti bahwa batas maksimal yang masih memungkinkan untuk dilakukan pengadukan dengan mudah pada adukan beton serat adalah penggunaan serat dengan aspek rasio panjang ( $l$ ) terhadap diameter ( $d$ ) serat ( $l/d < 100$ ). Pembatasan nilai  $l/d$  tersebut didukung dengan usaha-usaha untuk meningkatkan kuat lekat serat dengan membuat serat dari berbagai macam konfigurasi, seperti bentuk spiral, berkait, bertakik-takik atau bentuk-bentuk lain untuk meningkatkan kuat lekat serat.

Dalam ACI Comitte 544 dikatakan bahwa semua material yang terbuat dari baja/besi yang berbentuk fisik kecil/pipih dan panjang dapat dimanfaatkan sebagai serat pada beton. Dalam ACI Comitte 544 secara umum fiber baja panjangnya antara 0.5 in (12.77mm) sampai 2.5 in (63.57 mm) dengan diameter antara 0.017 in (0.45 mm) sampai 0.04 in (1.0 mm). Beberapa penelitian terhadap beton serat digambarkan pada tabel 2.1 di bawah ini.

**Tabel 2.1.** Beberapa penelitian tentang serat

| No | Peneliti                           | Jenis Serat         | Kesimpulan  |
|----|------------------------------------|---------------------|---|
| 1  | Brigg, Bowen, Kollect (1979)       | Serat Karbon        | Bila $l/d > 100$ , penyebaran serat tidak merata, bila $l/d < 100$ ikatan beton dan fiber tidak baik                          |
| 2  | Naanan & Najam (1991)              | Serat baja          | Sumbangan mekanis pull out serat baja serat baja deform pada mortar besarnya $> 100$ kali dibanding serat polos               |
| 3  | Bayasi & Seng (1993)               | Serat Polypropelene | Prosentase volume serat $< 0,5\%$ tidak mempengaruhi workability $> 0,5\%$ mempengaruhi workability                           |
| 4  | Suhendro (1997)                    | Serat baja kawat    | Balok beton fiber memiliki kuat lentur dan retak meningkat 20% dibanding non fiber baik sebelum / setelah pembebanan          |
| 5  | Sudarmoko (2002)                   | Serat baja Harex    | Nilai slump menurun dari rata-rata 5,75 cm (non serat) menjadi 0,75 cm (serat 0,49%)  |
| 6  | Dessy Chrysnawaty & Sylvany (2002) | Serat kain sintetis | Kuat lentur beton mengalami peningkatan sampai konsentrasi serat 1%. Kuat tekan beton meningkat sampai konsentrasi serat 0,5% |
| 7  | Ananta Ariatama (2005)             | Serat kawat berkait | Kuat tekan meningkat 14,67%<br>Kuat lentur meningkat 48,06%   |

Dalam pembuatan atau perancangan beton berserat ada beberapa variabel yang berpengaruh terhadap beton berserat yang dihasilkan, diantaranya :

**a. Fiber Aspect Ratio**

Fiber aspect ratio adalah perbandingan antar panjang fiber (  $l$  ) dan diameter (  $d$  ). Dari penelitian terdahulu (Sudarmoko) penggunaan aspek rasio serat yang tinggi akan mengakibatkan terjadi balling effect, yaitu penggumpalan serat membentuk suatu bola serat dimana serat tidak tersebar merata. Oleh karena itu disarankan penggunaan serat dengan aspek rasio rendah ( $l/d < 50$ ), tetapi bila panjang fiber terlalu pendek pengaruh fiber akan kurang signifikan.

**b. Fiber Volume Fraction**

Yaitu volume fiber yang ditambahkan pada tiap satuan volume beton. Tiap jenis fiber mempunyai prosentase volume optimal yang dapat memperbaiki sifat-sifat beton berserat.

Penambahan fiber volume fraction (  $V_f$  ) juga berakibat bertambahnya kuat desak maupun daktalitas beton fiber yang dihasilkan. Namun perlu dicatat bahwa makin besar  $V_f$  juga akan mempersulit fiber dispersion dan menurunkan kelecakan adukannya. Hannant D.J memberikan persamaan hubungan antara fiber volume fraction dengan perbandingan serat dalam matrik sebagai berikut :

$$W_b = V_f \cdot D_f \tag{2.1}$$

$$D_f = V_c \cdot \gamma_{fb} \tag{2.2}$$

Dari persamaan (2.1) dan (2.2), maka

$$W_b = V_f \cdot V_c \cdot \gamma_{fb} \tag{2.3}$$

Dimana :

$W_b$  : Berat serat baja yang ditambahkan, Kg

$V_f$  : Volume fraksi fiber baja, %

$V_c$  : Volume beton, m<sup>3</sup>

$\gamma_{fb}$  : Berat jenis serat baja ( 7850 Kg/m<sup>3</sup> )

### c. Mutu Beton

Berbeda dengan beton mutu normal, penambahan serat fiber pada beton mutu dimana prosentase airnya lebih sedikit dibandingkan beton mutu normal dimungkinkan terjadinya tingkat workability yang rendah. Hal ini akan menyulitkan pengerjaan di lapangan bila tidak diantisipasi. Penambahan additive tertentu akan menjadikan beton berserat akan lebih mudah dikerjakan.

### d. Bentuk Permukaan fiber

Daya lekat (bond) antara fiber dan beton sangat berpengaruh terhadap kualitas beton fiber. Makin besar lekatannya maka sifat-sifat mekanik beton akan semakin baik. Tegangan beton akan ditransfer dari beton ke serat melalui lekatan tersebut sampai beton mengalami retak-retak. Semakin kasar permukaan fiber maka lekatannya akan makin kuat, sehingga pada fiber baja dikembangkan bentuk – bentuk penampang yang bervariasi.

#### **e. Metode / Cara Pencampuran**

Penyebaran fiber pada adukan beton tergantung cara / teknik pencampurannya. Ada dua cara pencampuran yaitu pencampuran kering dan pencampuran basah yang keduanya boleh dilakukan tergantung pada jenis fiber yang digunakan. Pencampuran kering adalah dengan mencampurkan fiber pada beton sebelum dituang air, Sebaliknya pencampuran basah fiber dicampurkan setelah adukan beton dituang air.

Beton sangat tidak tahan terhadap tarik, sehingga pada perencanaan elemen struktur daerah tarik beton dipasang tulangan. Pada kondisi beban normal dimana keretakan beton belum terjadi maka elemen struktur akan tetap stabil. Tetapi pada beban yang besar kadang-kadang akan terjadi keretakan pada daerah tarik. Bila lebar / dalam retak cukup besar maka tulangan akan menjadi tidak terlindung, sehingga terjadi kontak dengan udara. Akibatnya korosi akan segera terjadi, Yang dalam proses waktu tertentu akan mengurangi kekuatan struktur balok tersebut.

Penambahan fiber pada beton diantaranya adalah untuk mengatasi masalah diatas. Fiber pada beton akan berfungsi sebagai tulangan mikro yang disebarkan secara merata dengan orientasi acak, sehingga dapat mencegah atau mengurangi terjadinya retakan-retakan beton akibat pembebanan maupun panas hidrasi.

Penambahan fiber akan mengakibatkan penambahan kekuatan lentur beton. Bila dibandingkan dengan penambahan kuat tekan dan tarik umumnya penambahan kuat lentur lebih besar prosentasenya (Ananta A,2005). Penambahan

kuat lentur tersebut disebabkan karena beton berserat terdapat tulangan mikro berupa serat fiber sehingga beton akan menjadi lebih lentur.

### **2.3 Material penyusun beton**

Untuk memahami dan mempelajari seluruh perilaku elemen gabungan, diperlukan pengetahuan tentang karakteristik masing-masing komponen. Beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi sejumlah material pembentuknya (Nawy, 1998). Bahan pembentuk beton terdiri dari campuran agregat halus dan agregat kasar dengan air dan semen sebagai pengikatnya.

#### **2.3.1 Semen Portland Komposit/ Portland Composite Cement (PCC)**

(SNI 15-7064-2004) Semen Portland Komposit adalah Bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain : Terak tanur tinggi (Blast Furnace Slag), Pozzolan, Senyawa silikat, Batu kapur. Dengan kadar total bahan anorganik 6-35% dari massa semen portland komposit. Diantara bahan tambahan yang digunakan merupakan hasil samping industri tertentu, sehingga semen portland komposit ini bisa dikategorikan sebagai semen ramah lingkungan.

Keunggulan dari PCC (Portland Composite Cement) : lebih mudah di kerja, 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). Dari hasil penelitian uji kuat tekan beton yang menggunakan OPC dan PCC dengan nilai fas 0,5 kekuatan beton

dengan menggunakan PCC memberikan nilai yang relatif lebih besar dibanding dengan menggunakan OPC.

**Tabel 2.2.** Perbandingan Data Hasil Penelitian

| Jenis Semen                           | Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> ) , Umur |     |     |
|---------------------------------------|---|-----|-----|
|                                       | 3                                       | 7   | 28  |
| Semen ORDINARY PORTLAND CEMENT (OPC)* | 190                                     | 270 | 370 |
| Semen PCC                             | 236                                     | 280 | 452 |

Sumber : Warta Semen dan Beton (\*dikutip dari SNI 03-2834-2000)

**Tabel 2.3** Komposisi Kimia Portland Composite Cement (PCC)

| No | Oxide            | SNI 15-7064-2004 | Semen yang dipakai |
|----|------------------|------------------|--------------------|
|    |                  | Standard         |                    |
| 1. | MgO              | Max.6            | 0,97               |
| 2. | SO <sub>3</sub>  | Max 4.0          | 2,16               |
| 3. | Loss of Ignition | Max.5            | 1,98               |

Sumber : PT.Semen Tonasa

**Tabel 2.4.** Syarat Fisika Semen Portland Komposit

| No | Physical properties                                  | SNI 15-7064-2004 | Semen yang dipakai |
|----|--|------------------|--------------------|
|    |  | Standard         |                    |
| 1. | Kehalusan butir<br>Blaine meter (m <sup>2</sup> /kg) | 280 min          | 365                |
| 2. | Expansion, % (max)                                   | 0.8 max          | -                  |
| 3. | Kuat tekan :   |                  |                    |
|    | - 3 hari(kg /cm <sup>2</sup> )                       | 125 min          | 185                |
|    | - 7 hari (kg /cm <sup>2</sup> )                      | 200 min          | 263                |
|    | - 28 hari (kg /cm <sup>2</sup> )                     | 250 min          | 410                |
| 4. | Waktu ikat(Vicat test) :                             |                  |                    |
|    | - Ikatan awal, menit                                 | 45 min           | 120                |
|    | - Ikatan akhir, menit                                | 375 max          | 300                |
| 5. | Ikatan semu (menit)                                  | 50 min           | -                  |
| 6. | Panas hidrasi 7 hari, cal/g                          |                  | 65                 |
| 7. | Konsistensi Normal (%)                               |                  | -                  |
| 8. | Berat jenis  |                  | 3,1                |

Sumber : PT.Semen Tonasa

### 2.3.2. Agregat

Agregat menempati 65 – 80 % volume total dari beton, sifat-sifatnya sangat mempengaruhi kualitas beton. Agregat yang baik dalam pembuatan beton harus memenuhi persyaratan yaitu: harus bersifat kekal, berbutir tajam dan kuat, tidak mengandung lumpur lebih dari 5% untuk agregat halus dan 1% untuk agregat kasar, tidak mengandung bahan-bahan organik dan zat-zat yang reaktif alkali, harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori.

Berdasarkan ukurannya maka agregat dibedakan menjadi dua, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar adalah agregat batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 4.75 mm dan agregat halus adalah batuan yang lebih kecil dari 4.75 mm (ASTM 33).

#### **a. Agregat Kasar**

Menurut PBBI 1971 N.I-2, agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari 5 mm.

Persyaratan agregat kasar :

- 1) Harus terdiri dari butir – butir yang keras dan tidak berpori.
- 2) Butir – butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh – pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- 3) Agregat kasar tidak boleh mengandung zat – zat yang dapat merusak beton, seperti zat – zat yang reaktif alkali.
- 4) Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 %. Apabila kadar lumpur melampaui 1 %, maka agregat kasar harus dicuci.

#### **b. Agregat Halus Tailing**

Tailing adalah bahan-bahan yang dibuang setelah proses pemisahan material berharga dari suatu bijih. Tailing yang merupakan limbah hasil pengolahan bijih sudah dianggap tidak berpotensi lagi untuk dimanfaatkan, akan tetapi dengan hasil penelitian dan kemajuan teknologi saat ini tailing tersebut masih dapat dimanfaatkan untuk bahan bangunan. Salah satu perusahaan tambang di Indonesia yang banyak memberikan kerusakan bagi lingkungan akibat limbah tailingnya adalah PT. Freeport

yang merupakan tambang emas terbesar di dunia dengan cadangan terukur kurang lebih 3.046 ton emas, 31 juta ton tembaga, dan 10 ribu ton lebih perak tersisa di pegunungan Papua. Prediksi buangan tailing dan limbah batuan hasil pengerukan cadangan terbukti hingga 10 tahun ke depan adalah 2.7 milyar ton.

Tailing hasil penambangan emas umumnya mengandung mineral inert (tidak aktif) seperti; kuarsa, kalsit dan berbagai jenis aluminosilikat, serta biasanya masih mengandung emas (Pohan, M.P,dkk,2007). Secara fisik ukuran butir tailing 2.38 mm – 0.149 mm, bersifat non plastis atau bersifat lepas, berat jenis SSD 2.48 – 2.86, kepadatan gembur 1.23 – 1.79 kg/. (Djunaedie,E,2004)

PT. Freeport Indonesia bekerja sama dengan Institut Teknologi Bandung telah berhasil membuat beton dengan bahan dasar tailing dari pertambangan tembaga dan emas,dan merupakan hasil penelitian beberapa tahun. Penggunaan tailing sebagai bahan dasar pembuatan beton telah dilakukan pada tahun 2001 untuk pembangunan jalan menuju tambang Gresberg, pembangunan jembatan S. Kaoga, dan beberapa konstruksi lainnya. Beton inidisebut beton polimer dengan komposisi semen portland 29.4 %, polimer 0.6 % dan tailing 70 %, dan telah memperoleh sertifikat pengujian dari Departemen KIMPRASWIL pada tahun 2004 (PT. Freeport Indonesia,2006)

Tabel 2.5. Mineral yang terkandung dalam tailing

| No. | Parameter          | Satuan   | Kadar rata-rata |
|-----|--------------------|----------|-----------------|
| 1.  | Raksa/Merkuri (Hg) | Mg/Liter | 0,2             |
| 2.  | Arsen (As)         | Mg/Liter | <0,02           |
| 3.  | Besi (Fe)          | Mg/Liter | 228,18          |
| 4.  | Cadmium (Cd)       | Mg/Liter | 0,51            |
| 5.  | Silika ( Si)       | %        | 0,9             |
| 6.  | Sianida (CN)       | Mg/Liter | <0,01           |
| 7.  | Timbal (Pb)        | Mg/Liter | 0,56            |
| 8.  | Tembaga (Cu)       | Mg/Liter | 60,1            |

Hasil Pemeriksaan : Balai Besar Laboratorium Makassar (2010)

Tabel 2.6. Mineral yang terkandung dalam tailing

| Mineral           | Kadar rata-rata |
|-------------------|-----------------|
| Tembaga Cu (%)    | 0.195           |
| Bijih besi Fe (%) | 7.665           |
| Perak Ag (ppm)    | 2.630           |
| Emas Au (ppb)     | 247.75          |
| Timbal Pb (ppm)   | 88.81           |

Pusat Sumber Daya Geologi 2007

Dari hasil pemeriksaan tailing yang dilaksanakan di Balai Besar Laboratorium Makassar yang dilaksanakan pada 17 Februari 2010 didapatkan data seperti dalam tabel 2.4. Sedangkan hasil penelitian mineral yang terkandung dalam tailing dari Kelompok Peneliti Konversi Pusat Sumber Daya Geologi yang

dilakukan pengambilan sampel di sepanjang aliran sungai Ajkwa Timika tempat pembuangan Tailing seperti pada tabel 2.5.

### **2.3.3. Serat Baja**

Dari beberapa hasil penelitian didapatkan dengan penambahan serat pada campuran beton dapat memperbaiki sifat mekanik beton antara lain : daktilitas, ketahanan terhadap beban kejut, ketahanan menahan tarik dan lentur, ketahanan terhadap kelelahan, susut, aus dan selip. Jenis serat yang biasa digunakan untuk campuran beton adalah serat metal, serat polymeric, serat mineral, dan serat alam. Jenis serat yang paling cocok diterapkan pada bangunan-bangunan struktur adalah serat baja. Serat baja yang biasa digunakan untuk campuran beton biasanya mempunyai diameter 0.10 – 0.80 mm dengan panjang berkisar antara 10 – 60 mm. Bentuknya bermacam-macam bergantung pada pabrik pembuatnya karena tiap bentuk merupakan hak paten masing-masing pabrik.

Jenis serat baja yang dipakai pada penelitian ini adalah serat baja jenis Dramix Steel Fiber diproduksi oleh perusahaan Bekaert Belgia yang diimpor ke Indonesia. Dramix Steel Fiber memiliki panjang 60 mm dan diameter 0.75 mm dengan Modulus of Young  $\pm 210000$  N/mm.



**Gambar 2.1.** Serat Baja Dramix Steel Fiber

Penambahan serat ke dalam campuran bahan penyusun beton dapat dilakukan dalam 2 cara,yaitu :

- a. Proses basah, yaitu dengan menambahkan sedikit demi sedikit serat ke dalam campuran beton segar setelah beton tercampur dengan merata.
- b. Proses kering yaitu menambahkan serat ke dalam campuran bahan penyusun beton sebelum air ditambahkan. Setelah tercampur dengan merata antara serat dan bahan penyusun beton kemudian barulah air ditambahkan sesuai rencana.

Pada penelitian ini menggunakan proses basah dimana serat ditambahkan sedikit demi sedikit setelah beton segar tercampur dengan merata.

Beberapa penelitian mengenai perbandingan beton normal dan beton serat dapat dikemukakan sebagai berikut :

- a. Tjokrodimulyo mengemukakan hasil penelitian Sudarmoko (1993) yang menggunakan kawat bendrat menunjukkan bahwa tambahan 1 % terhadap volume beton mampu menaikkan kuat tekan beton sekitar 25%, kuat tarik sekitar 47% dan modulus elastisitasnya sekitar 10 %

- b. Penelitian Leksono, Suhendro dan Sulistyio (1995) tentang beton serat yang menggunakan kawat bendrat berbentuk lurus dan berkait ke dalam campuran beton. Untuk balok beton bertulang dengan ukuran 15 x 25 x 180 cm dengan kandungan fiber sebanyak 0.75 % sampai dengan 1 % dari volume beton dan menggunakan aspek rasio sekitar 60 – 70 akan memberikan hasil yang optimal.

Dalam penelitian ini digunakan prosentase penambahan serat baja sebesar  $V_f$  ( Volume fraksi serat) : 0%, 0.25%, dan 0.5%.

#### **2.3.4. Air**

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan.

Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total campuran yang penting, melainkan perbandingan air dengan semen atau yang biasa disebut dengan Faktor Air Semen (water cement ratio). 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.

## **2.4. Sifat-sifat beton**

### **2.4.1. Kuat tekan beton**

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Pengujian kekuatan tekan dapat menggunakan standar ASTM C39-86 “*Standard Test Method For Compressive Cylindrical Concrete Spesimens*” [ASTM, 1993],SK.SNI.M-10-1991-03 atau menurut PBI 1989.

Untuk pengujian kuat tekan beton, benda uji berupa silinder beton berdiameter 15 cm dan tingginya 30 cm ditekan dengan beban P sampai runtuh. Karena ada beban tekan P, maka terjadi tegangan tekan pada beton sebesar beban (P) dibagi dengan luas peampang beton.

Rumus yang untuk perhitungan kuat tekan beton adalah:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (2.4)$$

$f'c$  adalah kuat tekan beton, P adalah beban maksimum, A adalah luas penampang benda uji.

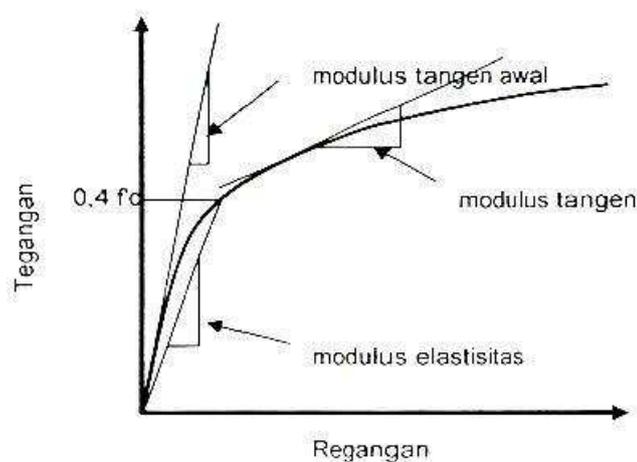
Menurut SK SNI T-15-1991-03 dan SNI 02-2847-2002, kuat tekan beton diberi notasi dengan  $f'c$ , yaitu kuat tekan silinder beton yang disyaratkan pada waktu berumur 28 hari.

### 2.4.2. Modulus elastisitas beton

Pada umumnya bahan, termasuk beton, memiliki daerah awal pada diagram tegangan-regangannya dimana bahan berkelakuan secara elastis dan linier. Kemiringan diagram tegangan-regangan dalam daerah elastis linier itulah yang dinamakan Modulus Elastisitas (E) atau Modulus Young.

Kajian tentang hubungan tegangan-regangan beton perlu diketahui untuk menurunkan persamaan analisis dan perencanaan suatu bagian struktur. Kemampuan bahan untuk menahan beban yang didukungnya dan perubahan bentuk yang terjadi pada bahan itu sangat tergantung pada sifat tegangan dan regangan tersebut.

Modulus elastisitas yang besar menunjukkan kemampuan menahan tegangan yang cukup besar dalam kondisi regangan yang masih kecil, artinya bahwa beton tersebut mempunyai kemampuan menahan tegangan (desak terutama) yang cukup besar akibat beban-beban yang terjadi pada suatu regangan (kemungkinan terjadi retak) yang kecil.



**Gambar 2.2.** Hubungan Regangan dan Tegangan  
(Sumber: E.G. Nawy, 1990 hal. 46)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan sesuai standar ASTM (ASTM C 469-02) memberikan rumus sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \quad (2.5)$$

Dimana :

E = modulus elastisitas beton (MPa).

$\sigma_2$  = tegangan pada saat mencapai 40% dari beban maksimum (MPa).

$\sigma_1$  = tegangan saat regangan longitudinal ( $\varepsilon_1$ ) sebesar 0,00005 (MPa).

$\varepsilon_1$  = regangan longitudinal yang dihasilkan oleh tegangan  $\sigma_1$ .

$\varepsilon_2$  = regangan longitudinal yang dihasilkan oleh tegangan  $\sigma_2$ .

Untuk modulus elastisitas, SNI 03 -2847- 2002 memberikan rumus berdasarkan nilai berat isi beton ( $W_c$ ). Untuk nilai  $W_c$  di antara 1500 kg/m<sup>3</sup> dan 2500 kg/m<sup>3</sup> , nilai modulus elastisitas beton dapat diambil sebesar

$$E_c = 0.043w_c^{1.5} \sqrt{f'c} \quad (2.6)$$

Namun untuk beton yang mempunyai kepadatan normal dengan berat isi 23 kN/m<sup>3</sup> digunakan:

$$E_c = 4700\sqrt{f'c} \quad (2.7)$$

### 2.4.3. Kuat tarik beton

Kuat tarik beton relatif rendah. Nilai kuat tekan dan tarik bahan beton tidak berbanding lurus. Untuk beton normal berkisar antara 9% - 15% dari kuat tekannya (Tri Mulyono, 2003). Pengujian kuat tarik beton dilakukan melalui pengujian split cylinder. Pengujian tersebut menggunakan benda uji silinder beton

berdiameter 15 cm dan panjang 30 cm, diletakkan pada arah memanjang di atas alat pengujian kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada seluruh panjang silinder. Apabila kuat tarik terlampaui, benda uji terbelah menjadi dua bagian dari ujung ke ujung. Tegangan tarik yang timbul sewaktu benda uji terbelah disebut sebagai split cylinder strength. Besarnya tegangan tarik pada beton dapat dihitung dengan rumus :

$$f'_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \quad (2.8)$$

Dengan  $f'_{ct}$  : kuat tarik belah (MPa)

P : beban maksimum (N)

L : panjang benda uji silinder (mm)

D : diameter benda uji silinder (mm)

#### 2.4.4. Kuat lentur beton

Percobaan kuat lentur ini digunakan untuk menentukan modulus keruntuhan dari balok beton. Selain daripada itu pengujian terhadap kuat lentur balok sederhana ini juga dapat menghasilkan besarnya nilai gaya maksimum yang dapat dipikul oleh balok sebelum balok mengalami keruntuhan. Kuat lentur beton dihitung dengan menggunakan rumus :

$$f'_{lt} = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2} \quad (2.9)$$

Dengan :  $f'_{lt}$  : kuat lentur benda uji (MPa)

P : beban maksimum (N)

L : jarak (bentang) antara dua perletakan (mm)

b : lebar tampang lintang patah (mm)

h : tinggi tampang lintang patah (mm)

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan kajian karakteristik fisik beton yang meliputi kuat tekan, modulus elastisitas, kuat tarik, dan kuat lentur beton.

#### **3.2. Lokasi dan Waktu**

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin selama 3 bulan ( Maret – Mei )

#### **3.3. Pengumpulan Data**

Data yang digunakan merupakan data primer yakni data yang dikumpulkan secara langsung melalui serangkaian penelitian dan analisa. Data primer tersebut yaitu; nilai karakteristik agregat halus (modulus halus butir, berat jenis, berat volume, kadar air, kadar lumpur dan lempung, dan kekerasan agregat), serta kuat tekan rata-rata dari beton mutu tinggi yang dihasilkan.

#### **3.4. Alat dan Bahan**

Untuk melaksanakan proses penelitian diperlukan alat-alat dan bahan sebagai berikut:

## 1. Alat

|   |   |
|---|---|
| 1. Mesin penggetar saringan<br>(sieve shaker) | 16. Bola baja                                   |
| 2. Saringan                                   | 17. Talang (wadah)                              |
| 3. Pan dan cover                              | 18. Wadah pencuci                               |
| 4. Timbangan                                  | 19. Alat pengukur slump<br>(kerucut terpancung) |
| 5. Oven                                       | 20. mesin pencampur                             |
| 6. Talang (wadah)                             | 21. Cetakan silinder beton                      |
| 7. Piknometer                                 | 22. Vibrator.                                   |
| 8. Timbangan                                  | 23. Alat uji kuat tekan<br>beton UTM.           |
| 9. Oven                                       | 24. Kuas  |
| 10. Kerucut kuningan                          | 25. Sikat beton                                 |
| 11. Penumbuk                                  | 26. Sendok beton,                               |
| 12. Kontainer                                 | 27. Sekop                                       |
| 13. Tongkat pemadat.                          | 28. Camera                                      |
| 14. Bejana Rodeloff                           | 29. Pulpen                                      |
| 15. Los Angeles Abrassion<br>Machine          | 30. Kertas, dll.                                |

## Bahan

1. Semen yang digunakan adalah semen Tonasa jenis PCC.
2. Pasir yang digunakan adalah tailing yang berasal dari limbah hasil pertambangan PT.Freeport Indonesia

3. Batu Pecah yang digunakan adalah berasal dari lokasi di daerah Bili-bili

### **3.5. Tahapan Penelitian**

#### **3.5.1 Pemeriksaan Material**

Sebelum dilakukan pembuatan benda uji beton, dilakukan pengujian terhadap karakteristik agregat halus dan kasar. Untuk sifat-sifat semen Portland tidak dilakukan pengujian karena digunakan semen yang memenuhi SNI. Pemeriksaan karakteristik agregat yang dilakukan dalam penelitian ini berdasarkan ASTM yang digunakan meliputi :

1. Pengujian agregat halus meliputi : pemeriksaan analisa saringan berdasarkan ASTM C136-01, pemeriksaan berat jenis dan penyerapan berdasarkan ASTM C128-01, pemeriksaan berat volume berdasarkan ASTM C 29M-97, pemeriksaan kadar air berdasarkan ASTM C566-97, pemeriksaan kadar lumpur berdasarkan ASTM 117-95, serta pemeriksaan kadar organik berdasarkan ASTM C40-99.
2. Pengujian agregat kasar meliputi : pemeriksaan analisa saringan berdasarkan ASTM C136-01, pemeriksaan berat jenis dan penyerapan berdasarkan ASTM C127-01, pemeriksaan berat volume berdasarkan ASTM C29M-97, pemeriksaan kadar air berdasarkan ASTM C566-97, pemeriksaan kadar lumpur berdasarkan ASTM C117-95, serta pemeriksaan abrasi/keausan berdasarkan ASTM C131-03.

### 3.5.2. Penetapan Komposisi Mix Design

Penentuan komposisi mix design dengan cara trial mix yang mengacu pada metode mix desain DOE (Department Of Environment).

1. Penetapan kadar air bebas

Penetapan kadar air bebas berdasarkan pada SNI Pd-T-04-2004-C

2. Penetapan faktor air semen

Dalam penetapan faktor air semen berdasarkan SNI Pd-T-04-2004-C yaitu 0,2 – 0,5.

3. Penetapan kadar semen

Penetapan kadar semen didasarkan pada pertimbangan dari kadar air bebas dan faktor air semen.

4. Penetapan berat jenis spesifikasi gabungan agregat

Berat jenis spesifikasi gabungan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$BJ.\text{spesifik gabungan} = a\% \times BJ.\text{sp.SSD}_{\text{pasir}} + b\% \times BJ.\text{sp.SSD}_{\text{kerikil}}$$

Dimana :

a = presentase penggabungan agregat halus terbaik

b = presentase penggabungan agregat kasar terbaik

5. Penentuan berat volume beton

Berat volume beton diperoleh berdasarkan pertimbangan dari kadar air bebas dan berat jenis spesifik gabungan. Penentuan jumlah agregat kasar dan halus

Penetapan jumlah agregat yang digunakan diperoleh dengan menggunakan rumus :

- Berat total agregat = B.volume beton-b. semen-kadar air bebas
- Berat agregat halus = Berat total agregat x % gab.agregat halus
- Berat agregat kasar = Berat total agregat-berat agregat halus

### **3.5.3. Pembuatan Beton Segar**

Dalam penelitian ini proses pencampuran dilakukan dengan concrete mixer (mesin pengaduk beton). Proses langkah kerja pencampuran dan pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

1. Material pembentuk beton (semen, pasir, kerikil, air serta serat) ditimbang sesuai dengan hasil perhitungan desain campuran.
2. Kerikil, pasir, dan semen dimasukkan ke dalam mesin pencampur beton, sebelumnya basahi terlebih dahulu mesin tersebut dengan air agar pada proses pencampuran komposisi air yang telah dihitung tidak berkurang akibat diserap oleh dinding-dinding bagian dalam mesin pencampur beton.
3. Putar mesin tersebut untuk beberapa menit agar material pasir, kerikil, dan semen yang telah dimasukkan terlebih dahulu dapat tercampur dengan merata,
4. Air yang akan dimasukan dalam campuran sebelumnya dibagi menjadi 2/3 bagian dan 1/3 bagian.. Kemudian diputar dalam mesin kurang lebih 1,5 menit hingga campurannya homogen. Lalu masukkan serat baja

Dramix Steel Fiber. Masukkan air 1/3 bagian secara bertahap sehingga campurannya menjadi homogeny.

#### **3.5.4. Pengujian Slump**

Pengujian slump berguna untuk mengetahui workabilitas dari beton yaitu sifat atau perihal mudah atau tidaknya beton segar dikerja. Berdasarkan SNI 03-1972-1990, metode pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan sebuah pelat datar yang telah diatur dengan waterpass agar benar-benar rata. Kerucut terpancung diletakkan di atas plat datar tersebut.
2. Mengisi cetakan sampai penuh dengan beton segar dalam 3 lapis. Tiap lapis berisi 1/3 cetakan, setiap lapis ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 tusukan secara merata.
3. Meratakan permukaan benda uji dengan tongkat dan semua sisa benda uji yang jatuh di sekitar cetakan harus disingkirkan. Kemudian cetakan diangkat perlahan-lahan tegak lurus ke atas.
4. Membalik cetakan dan meletakkan perlahan-lahan disamping benda uji, kemudian mengukur slump dengan menentukan perbedaaan tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji.

#### **3.5.5. Pencetakan Benda Uji**

1. Menyiapkan cetakan silinder dengan diameter alas silinder 15 cm dan tinggi silinder 30 cm kemudian melumasi dinding bagian dalam cetakan agar memudahkan pelepasan benda uji dari cetakan setelah benda uji mengering.

2. Mencetak beton segar ke dalam cetakan setelah sebelumnya dilakukan uji slump dan nilai yang ada memenuhi standar pedoman yang digunakan.
3. Ratakan permukaan atas cetakan beton, kemudian diamkan selama 24 jam.
4. Setelah sampel didiamkan selama 24 jam, lepaskan sampel dari cetakannya kemudian lakukan proses perawatan benda uji.

#### **3.5.6. Perawatan Benda Uji**

Benda uji yang telah dilepas dari cetakannya dan diberikan tanda kemudian dirawat dengan cara merendamnya di dalam bak perendaman sampai batas waktu pengujian kekuatan beton. Perawatan benda uji ini dilakukan berdasarkan ASTM C 171-03.

#### **3.5.7. Pengujian Beton**

Pengujian ini meliputi pengujian kuat tekan, modulus elastisitas, kuat tarik, dan kuat lentur beton. Untuk pengujian kuat tekan, modulus elastisitas dan kuat tarik belah beton menggunakan benda uji silinder diameter 15 cm x 30 cm sedangkan untuk kuat lentur beton menggunakan benda uji berbentuk balok 10cm x 10cm x 40cm.

##### **a. Pengujian Kuat Tekan**

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan Universal Testing Machine dengan kapasitas 1500 KN, pengujian ini dilakukan berdasarkan ASTM C 39. Untuk masing-masing variasi serat baja 0%, 0.25%, dan 0.5% di gunakan 3 buah benda uji.

Prosedur pelaksanaan pengujian kuat tekan terdiri dari beberapa tahapan yaitu :

1. Sampel beton berbentuk silinder yang telah mencapai umur uji dikeluarkan dari bak perendaman, lalu bersihkan permukaan atas beton dengan menggunakan sikat baja, setelah itu diamkan beberapa saat hingga sampel beton mencapai kondisi SSD.
2. Setelah sampel beton mencapai kondisi SSD, timbang sampel beton tersebut lalu letakkan benda uji pada Universal Testing Machine secara sentries.
3. Jalankan mesin penekan dengan beban yang konstan yaitu  $\pm 120$  KN/menit.
4. Pembebanan dilakukan hingga benda uji hancur dan beban maksimum.
5. Yang terjadi dicatat untuk mendapatkan mutu beton dari benda uji.

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (3.1)$$

Dimana :

$f_c'$  = Kuat tekan (MPa)

$P$  = Beban yang dipikul (KN)

$A$  = Luas penampang yang di bebani ( $\text{mm}^2$ )

#### **b. Pengujian Modulus Elastisitas**

Pengujian elastisitas beton, menggunakan benda uji silinder 3 buah benda uji untuk masing-masing variasi penambahan serat baja. Dengan menggunakan alat yang sama dengan pengujian kuat tekan dan memasang dial compress meter

dan dial extensometer dipasang pada benda uji. Kemudian dibebani perlahan-lahan, hasil dari dua dial tersebut dicatat setiap pembebanan beban 25 kN.

Modulus elastisitas dihitung dengan persamaan

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \quad (3.2)$$

Dimana :

E = modulus elastisitas beton (MPa).

$\sigma_2$  = tegangan pada saat mencapai 40% dari beban maksimum (MPa).

$\sigma_1$  = tegangan saat regangan longitudinal ( $\varepsilon_1$ ) sebesar 0,00005 (MPa).

$\varepsilon_1$  = regangan longitudinal yang dihasilkan oleh tegangan  $\sigma_1$ .

$\varepsilon_2$  = regangan longitudinal yang dihasilkan oleh tegangan  $\sigma_2$ .

### c. Pengujian kuat tarik

Pengujian kuat tarik beton, menggunakan benda uji silinder 3 buah benda uji untuk masing-masing variasi penambahan serat baja sebesar 0%, 0.25%, dan 0.5%. Pengujian kuat tarik beton dilakukan melalui pengujian split cylinder. Pengujian tersebut menggunakan benda uji silinder beton berdiameter 15 cm dan panjang 30 cm, diletakkan pada arah memanjang di atas alat penguji kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada seluruh panjang silinder. Apabila kuat tarik terlampaui, benda uji terbelah menjadi dua bagian dari ujung ke ujung. Tegangan tarik yang timbul sewaktu benda uji terbelah disebut sebagai split cylinder strength. Besarnya tegangan tarik pada beton dapat dihitung dengan rumus :

$$f'_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \quad (3.3)$$

Dimana  $f_{ct}$  : kuat tarik belah (MPa)

P : beban maksimum (N)

L : panjang benda uji silinder (mm)

D : diameter benda uji silinder (mm)

#### **d.Pengujian kuat lentur**

Pengujian kuat lentur menggunakan benda uji balok beton ukuran 100 mm x 100 mm x 400 mm sebanyak 3 buah untuk masing-masing variasi penambahan serat baja 0%, 0.25%, dan 0.5%. Pengujian kuat lentur menggunakan sistem pembebanan dua titik. Lakukan pengujian dengan tahapan sebagai berikut:

1. Hidupkan mesin uji tekan beton yang telah dipersiapkan, tunggu kira-kira 30 detik;
2. Atur benda uji sehingga siap untuk pengujian;
3. Atur pembebanannya sehingga tidak terjadi benturan;
4. Atur katub-katub pada kedudukan pembebanan dan kecepatan pembebanannya pada kedudukan yang tepat sehingga jarum skala bergerak secara perlahan-lahan, dan jaga kecepatannya 8-10 kg/cm<sup>2</sup> tiap menit
5. Kurangi kecepatan pembebanan pada saat-saat menjelang patah yang ditandai dengan kecepatan gerak jarum pada skala beban agak lambat, sehingga tidak terjadi kejutan;
6. Hentikan pembebanan dan catat beban maksimum yang menyebabkan patahnya benda uji.

Kuat lentur beton dihitung dengan menggunakan rumus :

$$f'_{lt} = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2} \quad (3.4)$$

Dimana :  $f'_{lt}$  : kuat lentur benda uji (MPa)

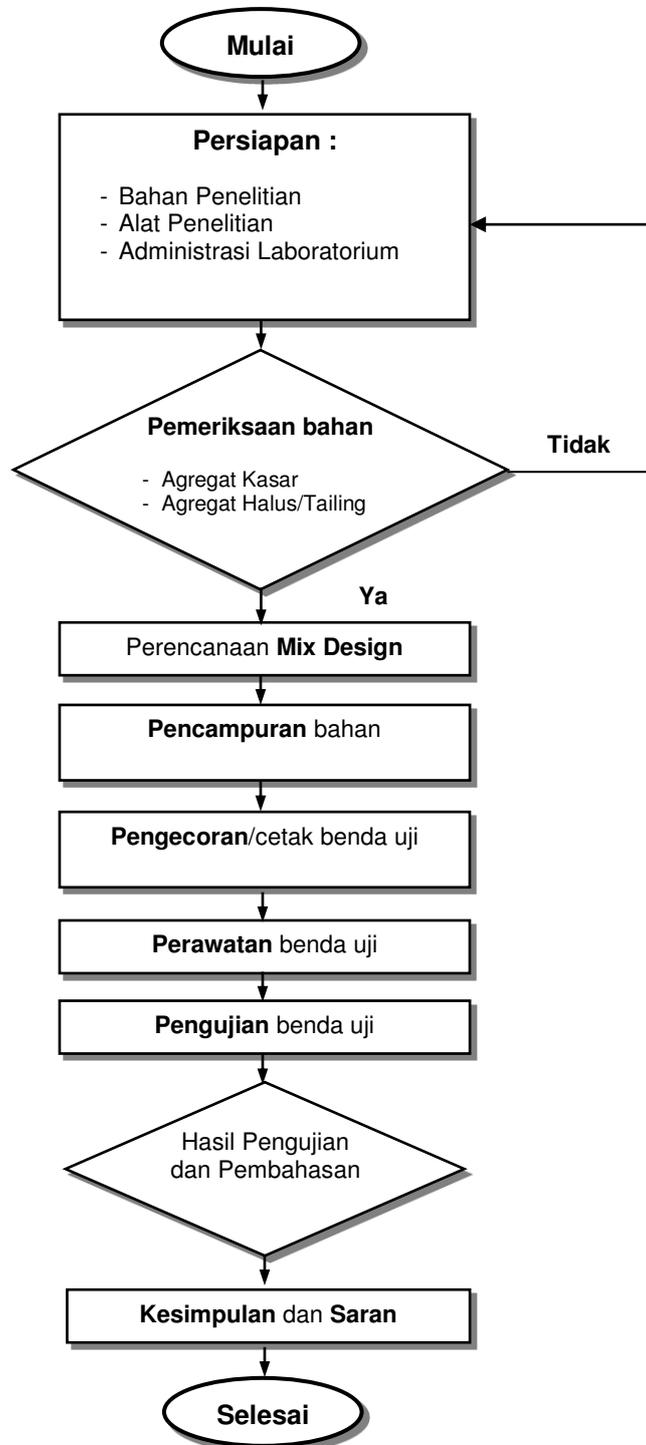
P : beban maksimum (N)

L : jarak (bentang) antara dua perletakan (mm)

b : lebar tampang lintang patah (mm)

h : tinggi tampang lintang patah (mm)

### 3.6. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.1 Bagan alir (flow chart) penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Pengujian Agregat

Pengujian agregat berdasarkan pada standar ASTM dilakukan terhadap agregat kasar alami (chipping), dan agregat halus berupa tailing. Hasil rekapitulasi pengujian agregat masing-masing ditunjukkan dalam tabel 4.1 dan 4.2.

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

| NO. | KARAKTERISTIK AGREGAT   | INTERVAL           | HASIL PENGAMATAN | KETERANGAN |
|-----|-------------------------|--------------------|------------------|------------|
| 1   | Kadar lumpur            | 0,2% - 1%          | 0.70%            | Memenuhi   |
| 2   | Keausan                 | 15% - 50%          | 23.82%           | Memenuhi   |
| 3   | Kadar air               | 0,5% - 2%          | 1.10%            | Memenuhi   |
| 4   | Berat volume            |                    |                  |            |
|     | a. Kondisi lepas        | 1,6 - 1,9 kg/liter | 1.65             | Memenuhi   |
|     | b. Kondisi padat        | 1,6 - 1,9 kg/liter | 1.69             | Memenuhi   |
| 5   | Absorpsi                | 0,2% - 4%          | 1.42%            | Memenuhi   |
| 6   | Berat jenis spesifik    |                    |                  |            |
|     | a. Bj. nyata            | 1,6 - 3,2          | 2.65             | Memenuhi   |
|     | b. Bj. dasar kering     | 1,6 - 3,2          | 2.55             | Memenuhi   |
|     | c. Bj. kering permukaan | 1,6 - 3,2          | 2.59             | Memenuhi   |
| 7   | Modulus kehalusan       | 5,5 - 8,5          | 7.29             | Memenuhi   |

**Tabel 4.2.** Hasil Rekapitulasi Pengujian Agregat Halus Tailing

| NO. | KARAKTERISTIK AGREGAT   | INTERVAL           | HASIL PENGAMATAN | KETERANGAN |
|-----|-------------------------|--------------------|------------------|------------|
| 1   | Kadar lumpur            | 0,2% - 6%          | 4.28%            | Memenuhi   |
| 2   | Kadar organik           | < NO. 3            | NO. 1            | Memenuhi   |
| 3   | Kadar air               | 3% - 5%            | 3.47%            | Memenuhi   |
| 4   | Berat volume            |                    |                  |            |
|     | a. Kondisi lepas        | 1,4 - 1,9 kg/liter | 1.44             | Memenuhi   |
|     | b. Kondisi padat        | 1,4 - 1,9 kg/liter | 1.53             | Memenuhi   |
| 5   | Absorpsi                | 0,2% - 2%          | 1.63%            | Memenuhi   |
| 6   | Berat jenis spesifik    |                    |                  |            |
|     | a. Bj. nyata            | 1,6 - 3,2          | 2.59             | Memenuhi   |
|     | b. Bj. dasar kering     | 1,6 - 3,2          | 2.48             | Memenuhi   |
|     | c. Bj. kering permukaan | 1,6 - 3,2          | 2.53             | Memenuhi   |
| 7   | Modulus kehalusan       | 2,2 - 3,1          | 2.50             | Memenuhi   |

Hasil yang diperoleh dari pengujian agregat kasar (kerikil) pada tabel 4.1 dan pengujian tailing pada tabel 4.2. diperoleh bahwa agregat kasar dan agregat halus tailing memenuhi standar ASTM.

#### **4.2. Komposisi Campuran Beton**

Metode perhitungan komposisi campuran beton dapat dilihat pada lampiran. Hasil komposisi campuran beton dalam satuan  $\text{kg/m}^3$  yang mengandung variasi serat baja 0%, 0.25% dan 0.5% dari volume beton segar dan faktor air semen dapat dilihat pada tabel 4.3.

**Tabel 4.3.** Komposisi bahan campuran beton untuk 1 m<sup>3</sup>

| Vf (%) | Berat ( Kg ) |       |         |         |     |
|--------|--------------|-------|---------|---------|-----|
|        | Fiber        | Semen | Tailing | Kerikil | Air |
| 0      | 0            | 403   | 653     | 942     | 192 |
| 0.25   | 20           | 403   | 653     | 942     | 192 |
| 0.5    | 40           | 403   | 653     | 942     | 192 |

Sumber : Hasil Olahan Data

#### 4.3. Pengujian Slump

Hasil slump dilakukan untuk mengukur workability (keleccakan) adukan beton. Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa semakin banyak serat yang digunakan sebagai bahan campuran beton maka nilai workability semakin menurun dibuktikan dengan semakin kecilnya nilai slump setiap penambahan serat, karena dengan semakin banyaknya serat akan terjadi blocking effect yang menghalangi aliran beton segar.

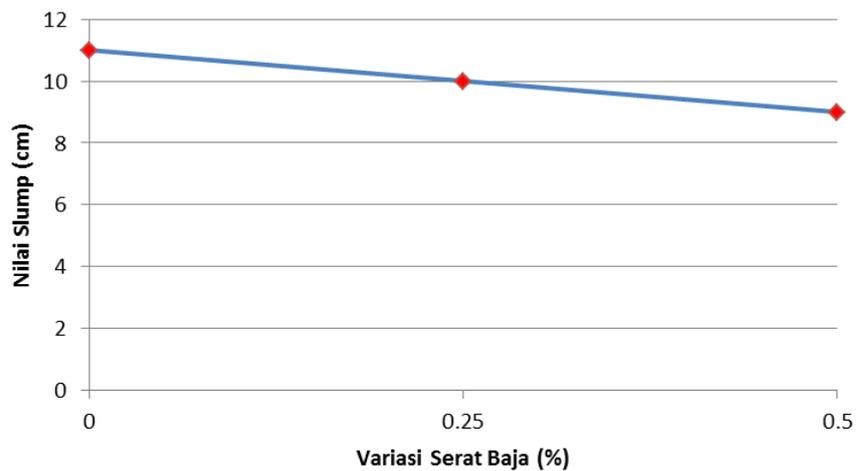


**Gambar 4.1.** Pengukuran Slump

Dari pemeriksaan workability (keleccakan) beton normal dan beton serat dapat dilihat pada tabel 4.4. Dari tabel dapat dilihat bahwa dengan meningkatnya prosentase penambahan serat maka nilai slump semakin rendah. Hubungan antara variasi penambahan serat baja dan nilai slump dapat dilihat pada Gambar 4.2.

**Tabel 4.4.** Hasil Pengujian Workability Beton Normal dan Beton Serat

| Variasi pemakaian serat | Nilai Slump (cm) |
|-------------------------|------------------|
| 0 %                     | 11               |
| 0.25 %                  | 10               |
| 0.5 %                   | 9                |



**Gambar 4.2.** Grafik Hubungan Nilai Slump Terhadap Variasi Serat Baja

#### 4.4. Pengujian Kuat Tekan Beton

Untuk mendapatkan gambaran mengenai mutu beton yang direncanakan, maka diperlukan nilai dari kuat tekan beton itu sendiri. Semakin tinggi kekuatan yang dikehendaki semakin tinggi pula mutu beton yang dibutuhkan. Namun perlu dipahami bahwa kekuatan beton pada struktur aktual dapat saja tidak sama dengan silinder karena perbedaan pemadatan dan kondisi perawatan. dapat dilihat pada

**Tabel 4.5.** Hasil Pengujian Kuat tekan beton umur 28 hari

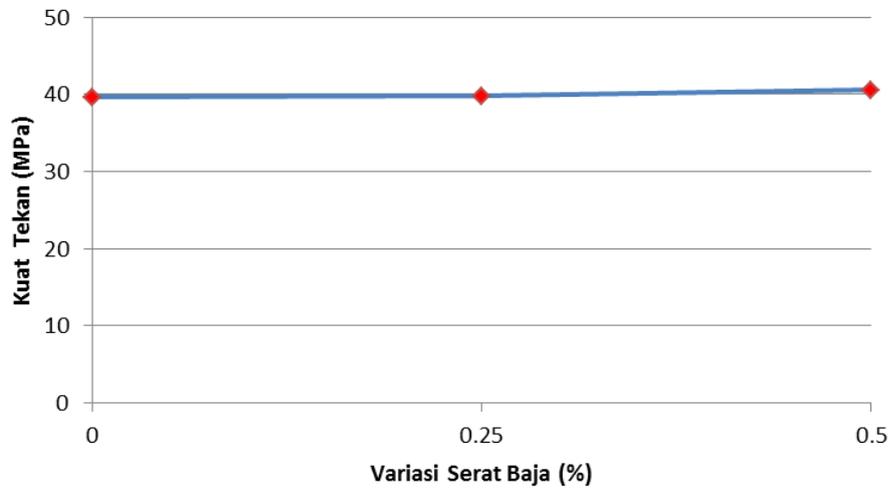
| No.                                  | Kode Sampel | P <sub>Max</sub> (KN) | Kuat Tekan (MPa) | Kuat Tekan Rata-rata (MPa) |
|--------------------------------------|-------------|-----------------------|------------------|----------------------------|
| <b>Beton Tailing Normal Vf 0 %</b>   |             |                       |                  |                            |
| 1                                    | BN-01       | 640                   | 36,22            | <b>39,61</b>               |
|                                      | BN-02       | 740                   | 41,88            |                            |
|                                      | BN-03       | 720                   | 40,74            |                            |
| <b>Beton Tailing Fiber Vf 0,25 %</b> |             |                       |                  |                            |
| 2                                    | B25-01      | 750                   | 42,44            | <b>39,80</b>               |
|                                      | B25-02      | 720                   | 40,74            |                            |
|                                      | B25-03      | 640                   | 36,22            |                            |
| <b>Beton Tailing Fiber Vf 0,5 %</b>  |             |                       |                  |                            |
| 3                                    | B50-01      | 650                   | 36,78            | <b>40,56</b>               |
|                                      | B50-02      | 740                   | 41,88            |                            |
|                                      | B50-03      | 760                   | 43,01            |                            |



**Gambar 4.3.** Pengujian kuat tekan beton

Dari Tabel 4.5. di atas dapat dilihat bahwa kuat tekan beton Tailing yang menggunakan serat baja tidak berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kuat tekan. Hasil pengujian diperoleh kuat tekan rata-rata benda uji Vf 0% sebesar 39.61 MPa, benda uji Vf 0.25% sebesar 39.80 MPa, dan benda uji Vf 0.5% sebesar 40.56 MPa.

Pada penambahan serat sebesar 0.25% terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 0.47 % dari kuat tekan beton normal. Sedangkan untuk penambahan serat 0.5 % terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 2.4 %. Peningkatan kuat tekan dipengaruhi oleh adanya kontribusi serat baja dalam matriks komposit, yang meningkatkan kemampuan beton untuk menahan beban yang lebih besar jika dibandingkan dengan beton normal. Pengaruh penambahan serat baja terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



**Gambar 4.4.** Grafik Hubungan Penambahan Serat Baja dan Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari

Sebagaimana diketahui bahwa beton memiliki sifat getas, dimana perilaku benda uji beton normal  $V_f$  0% menimbulkan bunyi ledakan runtuh (explosive failure) pada saat beban maksimum. Hal ini tidak terjadi pada benda uji beton  $V_f$  0.25% dan 0.5%. Pada saat beton serat mengalami pembebanan maksimum, beton tidak menimbulkan bunyi ledakan seperti yang terjadi pada beton normal. Penambahan serat baja pada campuran beton membuat beton semakin daktail.

Selain pengujian kuat tekan, secara visual juga diamati pola runtuh (mode of failure) pada benda uji. Sebagian besar benda uji menunjukkan pola retak columner (memanjang). Retak columner menunjukkan bahwa beton memiliki kemampuan untuk menahan beban tekan. Terlihat juga bahwa benda uji pecah pada mortar dan agregat, hal ini menunjukkan bahwa beton merupakan suatu

kesatuan yang memikul beban secara bersama. Pola keruntuhan benda uji dapat dilihat pada Gambar 4.5. dan Gambar 4.6.



**Gambar 4.5.** Pola keruntuhan beton nonfiber



**Gambar 4.6.** Pola keruntuhan beton fiber

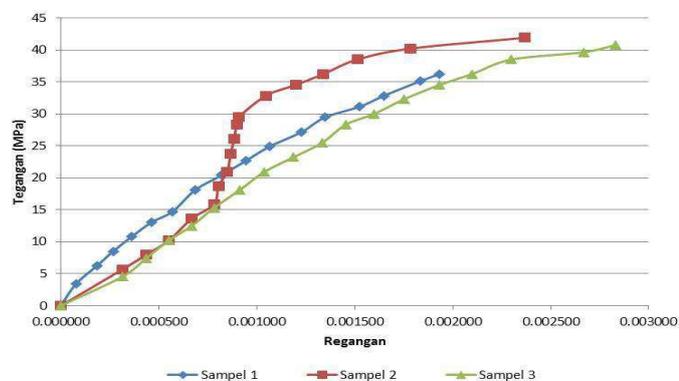
Pada gambar terlihat pola retak pada benda non fiber sangat jelas dan menghasilkan banyak pecahan kecil benda uji, sedangkan pada benda uji fiber tidak begitu jelas . Hal ini menunjukkan dengan adanya fiber pada beton maka akan memperkuat ikatan antara mortar beton, agregat dan pasta beton.

#### 4.5. Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Hasil pengujian elastisitas pada beton normal tanpa penambahan variasi serat baja pada umur 28 hari (Gambar 4.7.) menghasilkan tegangan maksimum untuk sampel I adalah 36,235 MPa. Pada saat beban mencapai 40% dari beban maksimum, tegangan ( $\sigma_2$ ) adalah 14,494 MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal ( $\epsilon_2$ ) adalah 0,000555. Kemudian tegangan ( $\sigma_1$ ) saat regangan longitudinal ( $\epsilon_1$ ) sebesar 0,00005 adalah 2,215 MPa.

Tegangan maksimum untuk sampel II adalah 41,897 MPa. Pada saat beban mencapai 40% dari beban maksimum, tegangan ( $\sigma_2$ ) adalah 16,759 MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal ( $\epsilon_2$ ) adalah 0,000788. Kemudian tegangan ( $\sigma_1$ ) saat regangan longitudinal ( $\epsilon_1$ ) sebesar 0,00005 adalah 0.903 MPa.

Tegangan maksimum untuk sampel III adalah 40.764 MPa. Pada saat beban mencapai 40% dari beban maksimum, tegangan ( $\sigma_2$ ) adalah 16,306 MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal ( $\epsilon_2$ ) adalah 0,000829. Kemudian tegangan ( $\sigma_1$ ) saat regangan longitudinal ( $\epsilon_1$ ) sebesar 0,00005 adalah 0,723 MPa.

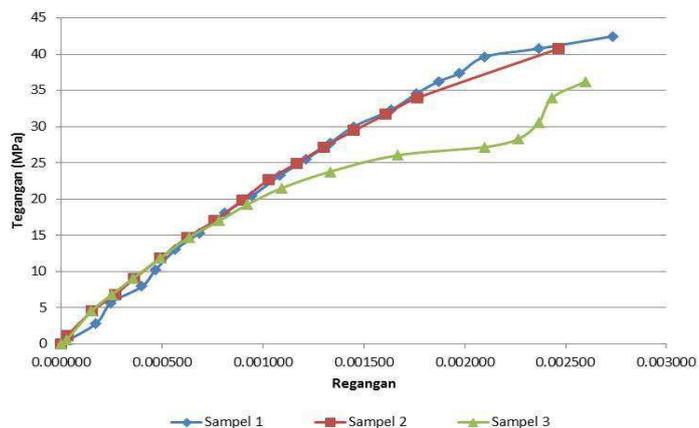


**Gambar 4.7** Grafik Tegangan-Regangan Beton Normal Vf 0 %

Hasil pengujian elastisitas pada beton dengan penambahan variasi serat baja sebesar 0.25 % pada umur 28 hari (Gambar 4.8) menghasilkan tegangan maksimum untuk sampel I adalah 42,463 MPa. Pada saat beban mencapai 40% dari beban maksimum, tegangan ( $\sigma_2$ ) adalah 16,985 MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal ( $\epsilon_2$ ) adalah 0,000759. Kemudian tegangan ( $\sigma_1$ ) saat regangan longitudinal ( $\epsilon_1$ ) sebesar 0,00005 adalah 0.817 MPa.

Tegangan maksimum untuk sampel II adalah 40,764 MPa. Pada saat beban mencapai 40% dari beban maksimum, tegangan ( $\sigma_2$ ) adalah 16,306 MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal ( $\epsilon_2$ ) adalah 0,000720. Kemudian tegangan ( $\sigma_1$ ) saat regangan longitudinal ( $\epsilon_1$ ) sebesar 0,00005 adalah 1,887 MPa.

Tegangan maksimum untuk sampel III adalah 36,235 MPa. Pada saat beban mencapai 40% dari beban maksimum, tegangan ( $\sigma_2$ ) adalah 14,494MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal ( $\epsilon_2$ ) adalah 0,000622. Kemudian tegangan ( $\sigma_1$ ) saat regangan longitudinal ( $\epsilon_1$ ) sebesar 0,00005 adalah 1,062 MPa.

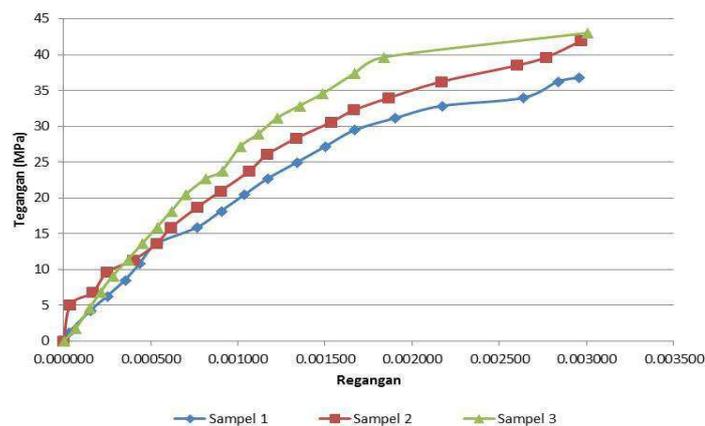


**Gambar 4.8** Grafik Tegangan-Regangan Beton dengan variasi serat baja Vf 0,25 %

Hasil pengujian elastisitas pada beton dengan penambahan variasi serat baja sebesar 0.50 % pada umur 28 hari (Gambar ) menghasilkan tegangan maksimum untuk sampel I adalah 36,801 MPa. Pada saat beban mencapai 40% dari beban maksimum, tegangan ( $\sigma_2$ ) adalah 14,720 MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal ( $\epsilon_2$ ) adalah 0,000648. Kemudian tegangan ( $\sigma_1$ ) saat regangan longitudinal ( $\epsilon_1$ ) sebesar 0,00005 adalah 2,123 MPa.

Tegangan maksimum untuk sampel II adalah 41,897 MPa. Pada saat beban mencapai 40% dari beban maksimum, tegangan ( $\sigma_2$ ) adalah 16,759 MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal ( $\epsilon_2$ ) adalah 0,000665. Kemudian tegangan ( $\sigma_1$ ) saat regangan longitudinal ( $\epsilon_1$ ) sebesar 0,00005 adalah 6,369 MPa.

Tegangan maksimum untuk sampel III adalah 43,029 MPa. Pada saat beban mencapai 40% dari beban maksimum, tegangan ( $\sigma_2$ ) adalah 17,212 MPa, sehingga dihasilkan regangan longitudinal ( $\epsilon_2$ ) adalah 0,000583. Kemudian tegangan ( $\sigma_1$ ) saat regangan longitudinal ( $\epsilon_1$ ) sebesar 0,00005 adalah 1,274 MPa.



**Gambar 4.9** Grafik Tegangan-Regangan Beton dengan variasi serat baja Vf 0,50 %

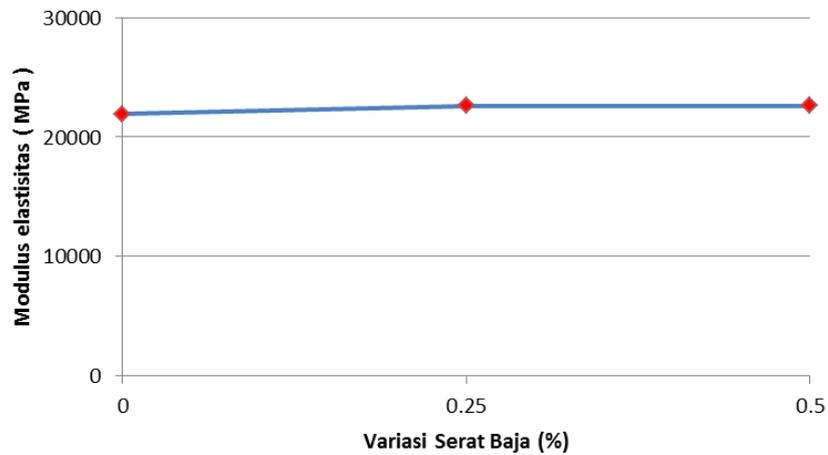
Hasil pengujian modulus elastisitas beton rata-rata dapat dilihat pada tabel :

**Tabel 4.6** Hasil pengujian modulus elastisitas

| No.                                  | Kode Sampel | Pmax.<br>(kN) | Modulus<br>Elastisitas<br>(MPa) | Modulus<br>Elastisitas<br>Rata-rata<br>(MPa) |
|--------------------------------------|-------------|---------------|---------------------------------|--|
| <b>Beton Tailing Normal Vf 0 %</b>   |             |               |                                 |  |
| 1                                    | BN-01       | 640           | 24.305,70                       | 21.930,27                                    |
|                                      | BN-02       | 740           | 21.472,95                       |  |
|                                      | BN-03       | 720           | 20.012,17                       |  |
| <b>Beton Tailing Fiber Vf 0,25 %</b> |             |               |                                 |  |
| 2                                    | B25-01      | 750           | 22.794,00                       | 22.597,30                                    |
|                                      | B25-02      | 720           | 21.520,14                       |  |
|                                      | B25-03      | 640           | 23.477,77                       |  |
| <b>Beton Tailing Fiber Vf 0,5 %</b>  |             |               |                                 |  |
| 3                                    | B50-01      | 650           | 21.054,00                       | 22.613,16                                    |
|                                      | B50-02      | 890           | 16.902,24                       |  |
|                                      | B50-03      | 880           | 29.883,23                       |  |

Sumber : Hasil Olahan Data

Dari tabel 4.6 dapat dilihat modulus elastisitas beton Tailing yang menggunakan serat baja lebih tinggi dibandingkan modulus elastisitas beton Tailing tanpa serat. Modulus elastisitas beton Tailing tanpa serat sebesar 21.930,27 MPa dan beton yang menggunakan serat  $V_f$  0,25% sebesar 22.597,30 MPa,  $V_f$  0,5% sebesar 22.613,16 MPa.



**Gambar 4.10.** Grafik Hubungan antara nilai Modulus Elastisitas dengan Variasi Penambahan Serat Baja

Nilai modulus elastisitas beton akan naik seiring dengan bertambahnya kuat tekan beton. Nilai modulus elastisitas yang tinggi berarti beton tersebut bersifat lebih getas. Beton dengan penambahan serat baja memperlihatkan kecenderungan kenaikan nilai modulus elastisitas daripada beton tanpa penambahan serat baja.

#### 4.7. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

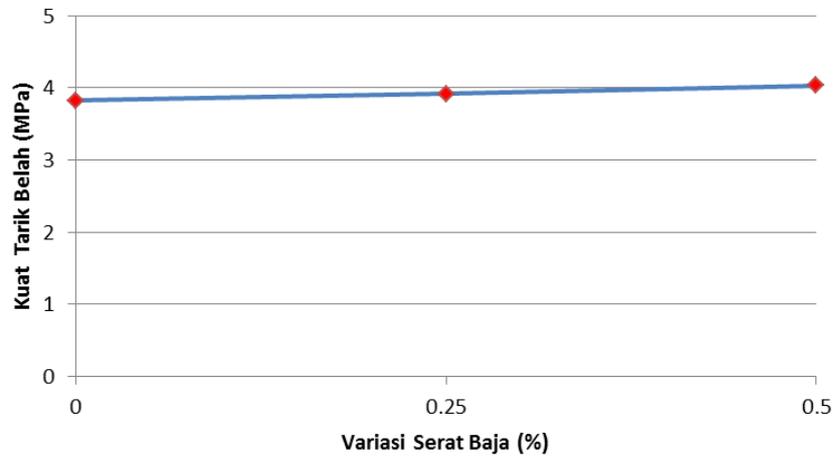


**Gambar 4.11.** Pengujian kuat tarik belah

Kekuatan tarik belah merupakan suatu sifat yang lebih bervariasi dibanding dengan kekuatan tekan dan besarnya berkisar antara 10 sampai 15 % dari kuat tekan. Hasil pengujian kuat tarik belah beton dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut ini:

**Tabel 4.7.** Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 Hari

| No.                                  | Kode Sampel | $P_{max}$<br>(kN) | Kuat Tarik<br>Belah<br>(MPa) | Kuat Tarik<br>Belah Rata-<br>rata<br>(MPa) |
|--------------------------------------|-------------|-------------------|------------------------------|--|
| <b>Beton Tailing Normal Vf 0 %</b>   |             |                   |                              |  |
| 1                                    | BN-01       | 260               | 11,56                        | 12,00                                      |
|                                      | BN-02       | 300               | 13,33                        |  |
|                                      | BN-03       | 250               | 11,11                        |  |
| <b>Beton Tailing Fiber Vf 0,25 %</b> |             |                   |                              |  |
| 2                                    | B25-01      | 270               | 12,00                        | 12,30                                      |
|                                      | B25-02      | 310               | 13,78                        |  |
|                                      | B25-03      | 250               | 11,11                        |  |
| <b>Beton Tailing Fiber Vf 0,5 %</b>  |             |                   |                              |  |
| 3                                    | B50-01      | 280               | 12,44                        | 12,67                                      |
|                                      | B50-02      | 300               | 13,33                        |  |
|                                      | B50-03      | 275               | 12,22                        |  |



**Gambar 4.12.** Grafik Hubungan Kuat Tarik Belah Beton dengan Variasi Penambahan Serat Baja Pada Umur 28 hari



**Gambar 4.13.** Pola keruntuhan kuat tarik beton nonfiber



**Gambar 4.14.** Pola keruntuhan kuat tarik beton fiber

Dari tabel 4.7 dapat dilihat bahwa nilai kuat tarik belah beton yang dihasilkan lebih besar dari beton normal. Pada penambahan serat sebesar 0.25% terjadi peningkatan kuat tarik belah sebesar 2.62 % dari kuat tarik belah beton normal. Sedangkan untuk penambahan serat 0.5 % terjadi peningkatan kuat lentur sebesar 5.49 %. Peningkatan kuat tarik belah maksimum terjadi pada variasi pemakaian serat sebesar 0.5% dari volume beton segar dengan nilai kuat tarik belah rata-rata sebesar 3.92 MPa. Hal ini sesuai dengan penelitian Suhendro (1991) dan Sudarmoko (1993) bahwa penambahan serat kawat dapat meningkatkan kuat tarik belah beton

Dari gambar 4.13. di atas terlihat bahwa pada benda uji beton non fiber, maka pola retak / keruntuhan akan sangat jelas / tegas, bahkan silinder akan terbelah. Tetapi pada benda uji beton fiber maka silinder tidak sampai terbelah, dan pola retaknya juga tidak begitu jelas / tegas, hanya terjadi kerusakan pada sisi kiri dan kanan benda uji. karena serat kawat menahan agar tidak terbelah. Pada saat terjadi keruntuhan, suara ledakan beton serat lebih perlahan dibanding dengan

beton non serat yang mengeluarkan suara ledakan yang sangat keras. Hal ini membuktikan bahwa beton serat dapat memperbaiki sifat getas (brittle) beton.

#### **4.7. Pengujian Kuat Lentur Beton**

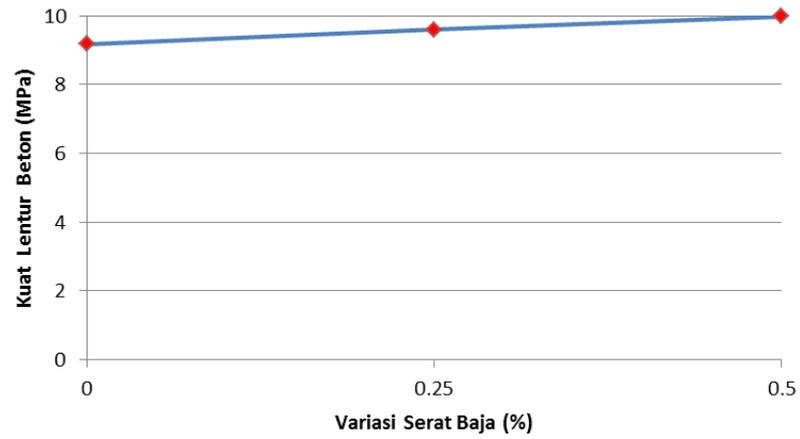
Pengujian kuat lentur terhadap beton menggunakan balok sederhana berukuran 10 x 10 x 40 cm dengan arah pembebanan dua titik. Pengujian kuat lentur ini digunakan untuk menentukan modulus keruntuhan dari balok beton. Selain daripada itu, pengujian terhadap kuat lentur balok sederhana ini juga dapat menghasilkan besarnya nilai gaya maksimum yang dapat dipikul oleh balok sebelum balok mencapai keruntuhan, serta besarnya deformasi yang dialami oleh balok ketika pembebanan dilakukan.

Dari hasil pengujian diperoleh beban maksimum yang dapat dipikul oleh balok adalah antara 22.95 KN sampai dengan 24.95 KN. Hal ini menunjukkan bahwa beban maksimum pada balok seiring dengan penambahan serat baja untuk beton umur 28 hari mengalami peningkatan. Dimana dengan penambahan serat baja sebesar 0.25% beban maksimum yang dapat diterima oleh balok mengalami peningkatan sebesar  $\pm 5\%$  dari beton normal.

Sedangkan untuk penambahan serat sebesar 0.5% maka beban maksimum mengalami peningkatan sebesar  $\pm 9\%$  dari beton normal. Hasil pengujian kuat lentur beton dapat dilihat pada tabel 4.8. berikut ini

**Tabel 4.8.** Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Umur 28 Hari

| No.                                  | Kode Sampel | Pmax. (kN) | Kuat Lentur (MPa) | Kuat Lentur Rata-rata (MPa) |
|--------------------------------------|-------------|------------|-------------------|-----------------------------|
| <b>Beton Tailing Normal Vf 0 %</b>   |             |            |                   |                             |
| 1                                    | BN-01       | 24,39      | 9.76              | 9.18                        |
|                                      | BN-02       | 20,83      | 8.33              |                             |
|                                      | BN-03       | 23,64      | 9.46              |                             |
| <b>Beton Tailing Fiber Vf 0,25 %</b> |             |            |                   |                             |
| 2                                    | B25-01      | 25,61      | 10.24             | 9.60                        |
|                                      | B25-02      | 22,88      | 9.15              |                             |
|                                      | B25-03      | 23,50      | 9.40              |                             |
| <b>Beton Tailing Fiber Vf 0,5 %</b>  |             |            |                   |                             |
| 3                                    | B50-01      | 24,99      | 10                | 9.98                        |
|                                      | B50-02      | 25,01      | 10                |                             |
|                                      | B50-03      | 24,85      | 9.94              |                             |



**Gambar 4.15.** Grafik Hubungan Penambahan Serat Baja dan Kuat Lentur Beton Pada Umur 28 Hari



(a) Beton nonfiber



(b) Beton fiber

**Gambar 4.16.** Pola keruntuhan Kuat Lentur Beton

Dari hasil penelitian kuat lentur beton dapat diketahui bahwa penambahan serat dapat meningkatkan kuat lentur beton. Pada penambahan serat sebesar 0.25% terjadi peningkatan kuat lentur sebesar 4.58% dari kuat lentur beton normal. Sedangkan untuk penambahan serat 0.5 % terjadi peningkatan kuat lentur sebesar 8.71%.

Pada pengujian kuat lentur beton non serat, pada saat pengujian terdengar suara ledakan yang sangat keras. Pada beton serat suara ledakan tidak terdengar keras. Pada gambar 4.15 dapat dilihat bahwa untuk beton non serat setelah pengujian balok beton terbelah menjadi 2 bagian sedangkan untuk beton serat balok beton tidak terbelah menjadi 2 bagian (Gambar 4.16). Hal ini dikarenakan dengan adanya serat pada beton dapat menahan balok beton sehingga tidak terbelah menjadi 2 bagian tetapi hanya retak pada bagian tengahnya.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari hasil penelitian dan pengamatan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan serat baja pada beton yang menggunakan agregat halus tailing dapat meningkatkan kuat tekan dan modulus elastisitas beton. Kuat tekan beton normal 39,61 MPa, meningkat masing-masing menjadi 39,80 MPa dan 40,56 MPa untuk penambahan serat baja masing-masing sebesar 0,25 % dan 0,5 %. Sedangkan untuk modulus elastisitas beton normal sebesar 21.930,27 MPa meningkat masing-masing menjadi 22.597,30 MPa dan 22.613,16 MPa untuk penambahan serat baja masing-masing sebesar 0,25 % dan 0,5 %.
2. Penambahan serat baja pada beton yang menggunakan agregat halus tailing dapat meningkatkan kuat tarik belah beton. Kuat tarik belah beton normal 3.77 MPa, meningkat masing-masing menjadi 3.82 MPa dan 3.92 MPa untuk penambahan serat baja masing-masing sebesar 0,25 % dan 0,5%.
3. Penambahan serat baja pada beton yang menggunakan agregat halus tailing dapat meningkatkan kuat lentur beton. Kuat lentur beton normal 9,18 MPa, meningkat masing-masing menjadi 9,60 MPa dan 9,98 MPa untuk penambahan serat baja masing-masing sebesar 0,25 % dan 0,5 %.

## **5.2. Saran**

1. Pada saat pembuatan beton serat, agar diperhatikan masalah pengerjaan sehingga didapatkan serat yang tidak menggumpal dan beton serat yang padat dan tidak keropos. Pada saat proses pemadatan, adukan beton ditusuk-tusuk agar diperoleh beton yang tidak keropos.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan penambahan variasi serat baja yang lebih besar dari 0,5 %

## DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 544, 1988, Design Consideration For Steel Fiber Reinforced Concrete, Report : ACI 544.4R – 88
- ACI Committee 544, 1993, Guide for Specifying, Proportioning, Mixing, Placing and Finishing Steel Fiber Reinforced Concrete, Report : ACI 544.3R – 93.
- Akkas , Abdul Madjid.Rekayasa Bahan/Bahan Bangunan. Makassar: Jurusan Sipil. 1996.
- American Society for Testing and Material. Annual Book of ASTM Standards: Volume 04.02, Concrete and Aggregate. US and Canada. 2003.
- Laboratorium Struktur dan Bahan, 2010, Buku Penuntun Praktikum, Jurusan Sipil Fakultas Teknik, UNHAS.
- Leksono, B.T., Suhendro, B., Sulistyono, P., 1995, Pengaruh Fiber Bendrat Berkait Secara Parsial Pada Perilaku Dan Kapasitas Balok Beton Bertulang Dengan Model Skala Penuh, BPPS – UGM, 8(3B), Agustus 1995
- Mudock, L.J. dan Brook, K.M. 1978. Bahan dan Praktek Beton.edisi 5, Terjemahan oleh Stephanus, H. 1986.Jakarta : Erlangga.
- Mulyono, Tri. Teknologi Beton. Yogyakarta: Andi. 2003.
- Nawy, Edward. G. Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar. Jilid 1. Bandung: Refika Aditama. 1998
- Soroushian, P., Bayasi, Z., 1987, Concept of Fibre Reinforced Concrete, Proceeding of The International Seminar on Fibre Reinforced Concrete, Michigan State University
- Soroushian, P., Bayasi, Z., 1991, Fiber - Type Effects On The Performance Of Steel Fiber Reinforced Concrete, ACI Materials Journal, V. 88, No. 2, March - April 1991
- Sudarmoko, 1995, Kuat Lentur Balok Beton Serat Skala Penuh, Media Teknik No. 2 Tahun XVII, Yogyakarta

SNI 03-2847-2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (Beta Version).

Tjaronge, M. Wihardi. Teknologi Bahan Lanjut Semen Dan Beton Berongga. Makassar . CV. Telaga Zamzam. 2012

Tjokrodimulyo, Kardiyono, 1995, Teknologi Beton, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.



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

KAMPUS TAMALANREA TELPON (0411) 587636, FAX. (0411) 587636

**PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT KASAR (KERIKIL)**

| KODE  | KETERANGAN                      | BERAT (gram) |
|---|---------------------------------|--------------|
| A   | Berat tempat / talam (gram)     | 129.00       |
| B   | Berat tempat + benda uji (gram) | 2129.00      |
| C   | Berat benda uji = B - A (gram)  | 2000.00      |
| D   | Berat benda uji kering (gram)   | 1978.00      |
| Kadar air = $\frac{C - D}{C} \times 100\% = 1.10\%$ |                                 |              |

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat kasar(kerikil) standard ASTM, interval untuk Kadar air berada antara 0,50% - 2,00%. Jadi kadar air yang diperoleh dari pemeriksaan (1.10%) adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi agregat tersebut dapat dipakai sebagai bahan campuran untuk beton.





LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN  
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL  
UNIVERSITAS HASANUDDIN

KAMPUS TAMALANREA TELPON (0411) 587636, FAX. (0411) 587636

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR (KERIKIL)

Berat contoh kering = 2000 gram

| LOBANG AYAKAN<br>(mm)   | BERAT TERTAHAN<br>gram | PERSEN TERTAHAN<br>% | Σ PERSEN TERTAHAN<br>% | PERSEN LOLOS<br>% |
|---|------------------------|----------------------|------------------------|-------------------|
| 56,25 (1 1/2 ")   | 0.00                   | 0.00                 | 0.00                   | 100.00            |
| 37,50 (1 ")   | 0.00                   | 0.00                 | 0.00                   | 100.00            |
| 19,05 ( 3/4 ")  | 991.00                 | 49.55                | 49.55                  | 50.45             |
| 9,60 ( 3/8 ")   | 698.00                 | 34.90                | 84.45                  | 15.55             |
| 4,75 (no. 4)  | 220.00                 | 11.00                | 95.45                  | 4.55              |
| pan   | 91.00                  | 4.55                 | 100.00                 | 0.00              |
| JUMLAH  | 2,000.00               | 100.00               |                        |                   |
| MODULUS KEHALUSAN KERIKIL (F) = $\frac{\Sigma \% \text{TERTAHAN}}{100} = \frac{729.45}{100} = 7.29$ |                        |                      |                        |                   |

$$\Sigma \% \text{Tertahan} = \% \text{Tertahan} (1 1/2" + 1 + 3/4" + 3/8" + \text{No.4}) + 5 \times 100$$

(Tidak termasuk PAN)

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat kasar (kerikil) standard ASTM, interval untuk Modulus Kehalusan ( F ) yaitu berada antara 5,50 - 8,50. Jadi nilai Modulus Kehalusan yang diperoleh dari hasil pemeriksaan (7.29) adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi bahan agregat tersebut dapat dipakai untuk bahan campuran beton.

Diperiksa oleh



(Sudirman S, ST)



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

KAMPUS TAMALANREA TELPON (0411) 587636, FAX. (0411) 587636

**PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR AGREGAT KASAR (KERIKIL)**

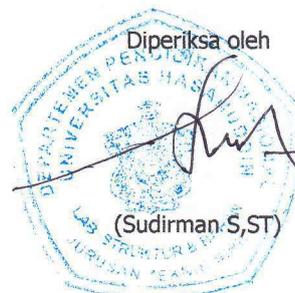
**Berat Sample :**

- A. Berat kering sebelum dicuci = 1000.00 gram  
B. Berat kering setelah dicuci = 993.00 gram

$$\begin{aligned} \text{Kadar lumpur} &= \frac{A - B}{B} \times 100\% \\ &= \frac{1000.00 - 993.00}{993.00} \times 100\% \\ &= 0.70\% \end{aligned}$$

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat kasar (kerikil) standard ASTM, interval untuk Kadar Lumpur yaitu berada antara 0,20% - 1,00%. Jadi nilai Kadar Lumpur yang diperoleh dari hasil pemeriksaan (0.70%) adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi bahan tersebut cocok untuk digunakan sebagai bahan campuran beton.

Diperiksa oleh



(Sudirman S, ST)



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

KAMPUS TAMALANREA TELPON (0411) 587636, FAX. (0411) 587636

**BERAT JENIS & PENYERAPAN AGREGAT KASAR ( KERIKIL )**

- A. Berat contoh kondisi SSD di udara = 1000.00 gram  
B. Berat contoh kondisi SSD dalam air = 614.00 gram  
C. Berat contoh kering oven di udara = 986.00 gram

$$\text{Apparent specific gravity} = \frac{C}{C - B} = \frac{986.00}{986.00 - 614.00} = 2.65$$

$$\text{Bulk specific gravity on dry basic} = \frac{C}{A - B} = \frac{986.00}{1,000.00 - 614.00} = 2.55$$

$$\text{Bulk specific gravity SSD basic} = \frac{A}{A - B} = \frac{1,000.00}{1,000.00 - 614.00} = 2.59$$

$$\begin{aligned} \text{Water absorption} &= \frac{A - C}{C} \times 100\% \\ &= \frac{1,000.00 - 986.00}{986.00} \times 100\% = 1.42\% \end{aligned}$$

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat kasar (kerikil) standard ASTM, interval untuk Berat Jenis yaitu berada antara 1,60 - 3,20%. Jadi nilai Berat Jenis yang diperoleh dari hasil pemeriksaan yaitu BJ Bulk = 2,55; BJ Kering Permukaan Jenuh = 2,59; BJ Semu = 2,65 adalah sesuai dengan spesifikasi. Sedang untuk Penyerapan (Absorpsi) spesifikasinya yaitu pada interval 0,20% - 4,00%. Jadi nilai dari Penyerapan yang diperoleh dari hasil pemeriksaan (1.42%) adalah telah sesuai dengan spesifikasi. Agregat tersebut dapat dipakai sebagai bahan untuk campuran beton.





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

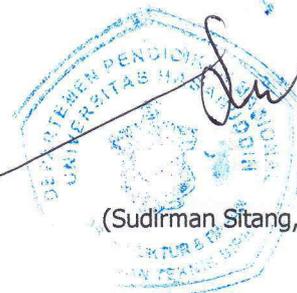
KAMPUS TAMALANREA TELPON (0411) 587636, FAX. (0411) 587636

**PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT KASAR ( KERIKIL )**

| KODE                                    | KETERANGAN                    | PADAT   | LEPAS   |
|---|-------------------------------|---------|---------|
| A                                       | Volume bohler (liter)         | 5.8504  | 5.8504  |
| B                                       | Berat bohler kosong (kg)      | 3.8280  | 3.8280  |
| C                                       | Berat bohler + benda uji (kg) | 13.7280 | 13.5000 |
| D                                       | Berat benda uji (C - B)       | 9.9000  | 9.6720  |
| Berat volume = $\frac{D}{A}$ (kg/liter) |                               | 1.69    | 1.65    |

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat kasar (kerikil) standard ASTM, interval untuk Berat Volume yaitu berada antara 1,60 - 1,90 kg/ltr. Jadi nilai Berat Volume yang diperoleh dari hasil pemeriksaan yaitu 1,69 kg/ltr untuk volume padat dan 1,65 kg/ltr untuk volume lepas adalah sesuai dengan spesifikasi.

Asisten



(Sudirman Sitang, ST)



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

KAMPUS TAMALANREA TELPON (0411) 587636, FAX. (0411) 587636

**PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT KASAR  
DENGAN MESIN LOS ANGELES**

|  |   |              |
|--|---|--------------|
| Jumlah bola baja                                 | = | 11 buah      |
| Jumlah putaran                                   | = | 500 kali     |
| Berat kering agregat (A)                         | = | 5000.00 gram |
| Berat kering agregat tertahan saringan no.12 (B) | = | 3809.00 gram |

$$\begin{aligned} \text{Keausan} &= \frac{A - B}{A} \times 100\% \\ &= \frac{5000.00 - 3809.00}{5000.00} \times 100\% = 23.82\% \end{aligned}$$

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat kasar (TAILING) standard ASTM, interval untuk Keausan yaitu berada antara 15% - 50%. Jadi nilai persentase Keausan agregat kasar yang diperoleh dari hasil pemeriksaan yaitu 23.82% adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi bahan tersebut dapat dipakai untuk bahan campuran beton.

Asisten



(Sudirman Sitang, ST)



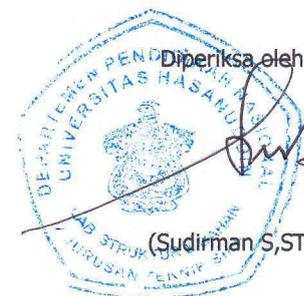
**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN  
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TAMALANREA TELPON (0411) 587636, FAX. (0411) 587636

**PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT HALUS (TAILING)**

| KODE  | KETERANGAN                      | BERAT (gram) |
|---|---------------------------------|--------------|
| A   | Berat tempat / talam (gram)     | 467.00       |
| B   | Berat tempat + benda uji (gram) | 1967.00      |
| C   | Berat benda uji = B - A (gram)  | 1500.00      |
| D   | Berat benda uji kering (gram)   | 1448.00      |
| Kadar air = $\frac{C - D}{C} \times 100\% = 3.47\%$ |                                 |              |

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat halus (TAILING) standard ASTM, interval untuk kadar air berada antara 3,00% - 5,00%. Jadi kadar air yang diperoleh dari pemeriksaan (3.47%) adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi agregat tersebut dapat digunakan sebagai bahan untuk campuran beton.



(Sudirman S, ST)



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN  
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL  
UNIVERSITAS HASANUDDIN

KAMPUS TAMALANREA TELPON (0411) 587636, FAX. (0411) 587636

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS (TAILING)

Berat contoh kering = 1000 gram

| LOBANG AYAKAN<br>(mm) | BERAT TERTAHAN<br>gram | PERSEN TERTAHAN<br>% | Σ PERSEN TERTAHAN<br>% | PERSEN LOLOS<br>% |
|-----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|-------------------|
| 4,75 (no. 4)          | 0.00                   | 0.00                 | 0.00                   | 100.00            |
| 2,40 (no. 8)          | 94.00                  | 9.40                 | 9.40                   | 90.60             |
| 1,20 (no.16)          | 170.00                 | 17.00                | 26.40                  | 73.60             |
| 0,60 (no. 30)         | 243.00                 | 24.30                | 50.70                  | 49.30             |
| 0,30 (no. 50)         | 208.00                 | 20.80                | 71.50                  | 28.50             |
| 0,15 (no. 100)        | 200.00                 | 20.00                | 91.50                  | 8.50              |
| pan                   | 85.00                  | 8.50                 | 100.00                 | 0.00              |
| JUMLAH                | 1,000.00               | 100.00               |                        |                   |

MODULUS KEHALUSAN TAILING (F) =  $\frac{\Sigma \% \text{ TERTAHAN}}{100} = \frac{249.50}{100} = 2.50$

$$\Sigma \% \text{ Tertahan} = \% \text{ Tertahan ( No.4+1 + No.8 + No.16 + No.30 + No.50 + No.100)}$$

(Tidak termasuk PAN)

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat halus (TAILING) standard ASTM, interval untuk Modulus Kehalusan ( F ) yaitu berada antara 2,20 - 3,10. Jadi nilai Modulus Kehalusan yang diperoleh dari hasil pemeriksaan (2.50) adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi bahan agregat tersebut dapat dipakai untuk bahan campuran beton.

Diperiksa oleh  
  
(Sudirman S,ST)  




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

KAMPUS TAMALANREA TELPON (0411) 587636, FAX. (0411) 587636

**PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR AGREGAT HALUS (TAILING)**

**Berat Sampel :**

- A. Berat kering sebelum dicuci = 1000.00 gram  
B. Berat kering setelah dicuci = 959.00 gram

$$\begin{aligned} \text{Kadar lumpur} &= \frac{A - B}{B} \times 100\% \\ &= \frac{1000.00 - 959.00}{959.00} \times 100\% \\ &= 4.28\% \end{aligned}$$

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat halus (TAILING) standard ASTM, interval untuk Kadar Lumpur yaitu berada antara 0,20% - 6,00%. Jadi nilai Kadar Lumpur yang diperoleh dari hasil pemeriksaan (4.28%) adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi bahan tersebut cocok untuk digunakan sebagai bahan campuran beton.

Diperiksa oleh



(Sudirman S,ST)



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN  
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL  
UNIVERSITAS HASANUDDIN

KAMPUS TAMALANREA TELPON (0411) 587636, FAX. (0411) 587636

BERAT JENIS & PENYERAPAN AGREGAT HALUS (TAILING)

|                                      |   |         |      |
|--------------------------------------|---|---------|------|
| A. Berat flask                       | = | 177.00  | gram |
| B. Berat contoh kondisi SSD di udara | = | 500.00  | gram |
| C. Berat flask + air + contoh SSD    | = | 1052.00 | gram |
| D. Berat flask + air (standar)       | = | 750.00  | gram |
| E. Berat contoh kering oven di udara | = | 492.00  | gram |

$$\begin{aligned} \text{Apparent specific gravity} &= \frac{E}{E + D - C} \\ &= \frac{492.00}{492.00 + 750.00 - 1,052.00} = 2.59 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bulk specific gravity on dry basic} &= \frac{E}{B + D - C} \\ &= \frac{492.00}{500.00 + 750.00 - 1,052.00} = 2.48 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bulk specific gravity SSD basic} &= \frac{B}{B + D - C} \\ &= \frac{500.00}{500.00 + 750.00 - 1,052.00} = 2.53 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Water absorption} &= \frac{B - E}{E} \times 100\% \\ &= \frac{500.00 - 492.00}{492.00} \times 100\% = 1.63\% \end{aligned}$$

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat halus (TAILING) standard ASTM, interval untuk Berat Jenis yaitu berada antara 1,60 - 3,20%. Jadi nilai Berat Jenis yang diperoleh dari hasil pemeriksaan yaitu BJ Bulk = 2,48; BJ Kering Permukaan Jenuh = 2,53; BJ Semu = 2,59 adalah sesuai dengan spesifikasi. Sedang untuk Penyerapan (Absorpsi) spesifikasinya yaitu pada interval 0,20% - 2,00%. Jadi nilai dari Penyerapan yang diperoleh dari hasil pemeriksaan (1,63%) adalah telah sesuai dengan spesifikasi. Agregat tersebut dapat dipakai sebagai bahan campuran beton.





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

KAMPUS TAMALANREA TELPON (0411) 587636, FAX. (0411) 587636

**PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT HALUS ( TAILING )**

| KODE                                    | KETERANGAN                    | PADAT   | LEPAS   |
|---|-------------------------------|---------|---------|
| A                                       | Volume bohler (liter)         | 5.8504  | 5.8504  |
| B                                       | Berat bohler kosong (kg)      | 3.8280  | 3.8280  |
| C                                       | Berat bohler + benda uji (kg) | 12.7860 | 12.2590 |
| D                                       | Berat benda uji (C - B)       | 8.9580  | 8.4310  |
| Berat volume = $\frac{D}{A}$ (kg/liter) |                               | 1.53    | 1.44    |

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat halus (TAILING) standard ASTM, interval untuk Berat Volume yaitu berada antara 1,40 - 1,90 kg/ltr. Jadi nilai Berat Volume yang diperoleh dari hasil pemeriksaan yaitu 1,53 kg/ltr untuk volume padat dan 1,44 kg/ltr untuk volume lepas adalah sesuai dengan spesifikasi.

Asisten



(Sudirman Sitang, ST)



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

KAMPUS TAMALANREA TELPON (0411) 587636, FAX. (0411) 587636

**PEMERIKSAAN KADAR ORGANIK TAILING**

Pemeriksaan pada standar warna menunjukkan warna larutan lebih muda dibandingkan dengan warna no. 2 sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar organik pada TAILING tersebut tergolong rendah, karena berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat halus (TAILING) tergolong rendah bila warna yang ditunjukkan pada standard warna menunjukkan warna yang lebih kecil dari no. 3 ( $< 3$ ). Jadi tidak perlu dicuci sebelum digunakan sebagai bahan campuran beton.

Asisten



(Sudirman Sitang, ST)



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

KAMPUS TAMALANREA TELPON (0411) 587636, FAX. (0411) 587636

**REKAPITULASI HASIL PENGAMATAN  
AGREGAT KASAR (TAILING)**

| NO. | KARAKTERISTIK<br>AGREGAT | INTERVAL           | HASIL<br>PENGAMATAN | KETERANGAN |
|-----|--------------------------|--------------------|---------------------|------------|
| 1   | Kadar lumpur             | 0,2% - 1%          | 0.70%               | Memenuhi   |
| 2   | Keausan                  | 15% - 50%          | 23.82%              | Memenuhi   |
| 3   | Kadar air                | 0,5% - 2%          | 1.10%               | Memenuhi   |
| 4   | Berat volume             |                    |                     |            |
|     | a. Kondisi lepas         | 1,6 - 1,9 kg/liter | 1.65                | Memenuhi   |
|     | b. Kondisi padat         | 1,6 - 1,9 kg/liter | 1.69                | Memenuhi   |
| 5   | Absorpsi                 | 0,2% - 4%          | 1.42%               | Memenuhi   |
| 6   | Berat jenis spesifik     |                    |                     |            |
|     | a. Bj. nyata             | 1,6 - 3,2          | 2.65                | Memenuhi   |
|     | b. Bj. dasar kering      | 1,6 - 3,2          | 2.55                | Memenuhi   |
|     | c. Bj. kering permukaan  | 1,6 - 3,2          | 2.59                | Memenuhi   |
| 7   | Modulus kehalusan        | 5,5 - 8,5          | 7.29                | Memenuhi   |

Asisten



(Sudirman Sitang, ST)



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

KAMPUS TAMALANREA TELPON (0411) 587636, FAX. (0411) 587636

**REKAPITULASI HASIL PENGAMATAN  
AGREGAT HALUS (TAILING)**

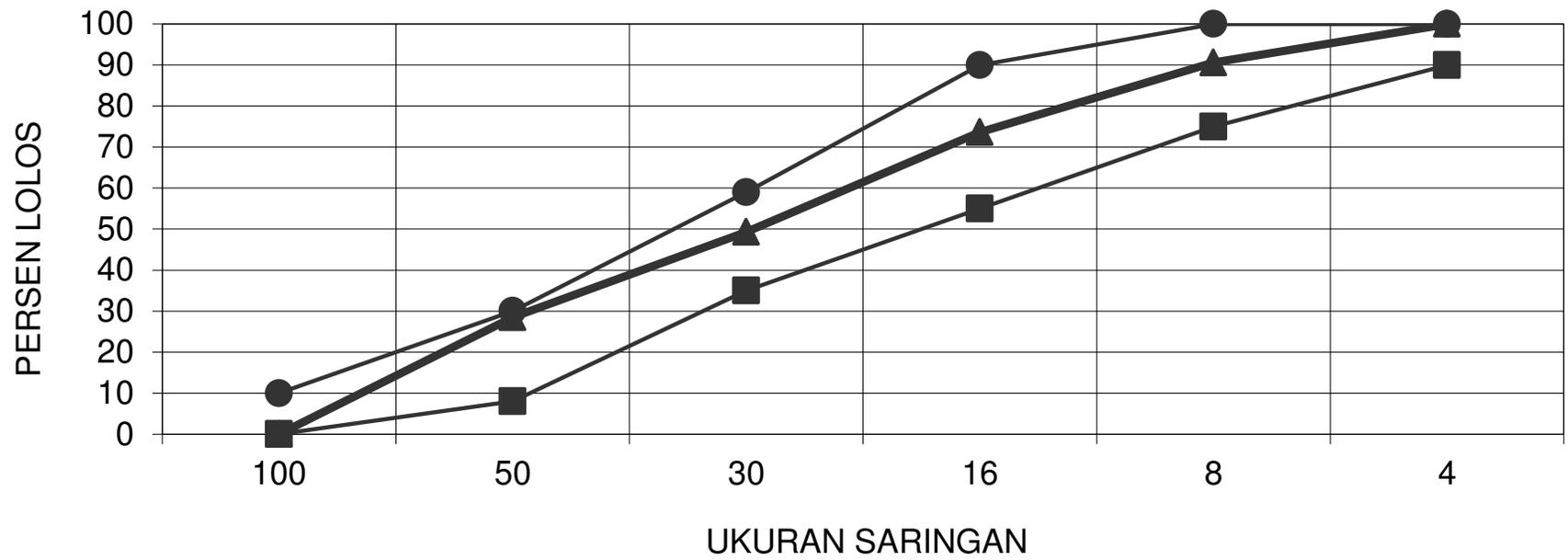
| NO. | KARAKTERISTIK AGREGAT   | INTERVAL           | HASIL PENGAMATAN | KETERANGAN |
|-----|-------------------------|--------------------|------------------|------------|
| 1   | Kadar lumpur            | 0,2% - 6%          | 4.28%            | Memenuhi   |
| 2   | Kadar organik           | < NO. 3            | NO. 2            | Memenuhi   |
| 3   | Kadar air               | 3% - 5%            | 3.47%            | Memenuhi   |
| 4   | Berat volume            |                    |                  |            |
|     | a. Kondisi lepas        | 1,4 - 1,9 kg/liter | 1.44             | Memenuhi   |
|     | b. Kondisi padat        | 1,4 - 1,9 kg/liter | 1.53             | Memenuhi   |
| 5   | Absorpsi                | 0,2% - 2%          | 1.63%            | Memenuhi   |
| 6   | Berat jenis spesifik    |                    |                  |            |
|     | a. Bj. nyata            | 1,6 - 3,2          | 2.59             | Memenuhi   |
|     | b. Bj. dasar kering     | 1,6 - 3,2          | 2.48             | Memenuhi   |
|     | c. Bj. kering permukaan | 1,6 - 3,2          | 2.53             | Memenuhi   |
| 7   | Modulus kehalusan       | 2,2 - 3,1          | 2.50             | Memenuhi   |

Asisten

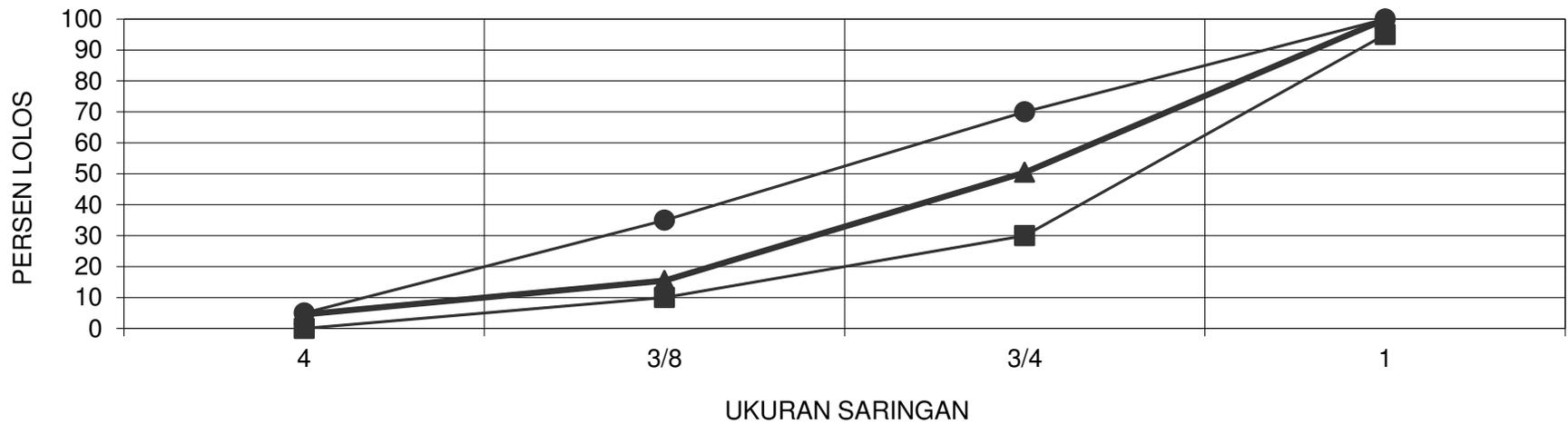


(Sudirman Sitang, ST)

## BATAS GRADASI PASIR PADA ZONE 2



### BATAS GRADASI KERIKIL ZONE 4,75 - 37,5 MM



● BATAS ATAS      ■ BATAS BAWAH      ▲ HASIL PENGAMATAN



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

KAMPUS TAMALANREA TELPON (0411) 587636, FAX. (0411) 587636

**PENGGABUNGAN AGREGAT**  
(CARA ANALITIS)

**Rumus :**       $Y_{izin(1)} = a_1 \cdot Y_{TAILING} + (1 - a_1) \cdot Y_{kerkil}$   
                   $Y_{izin(2)} = a_2 \cdot Y_{TAILING} + (1 - a_2) \cdot Y_{kerkil}$

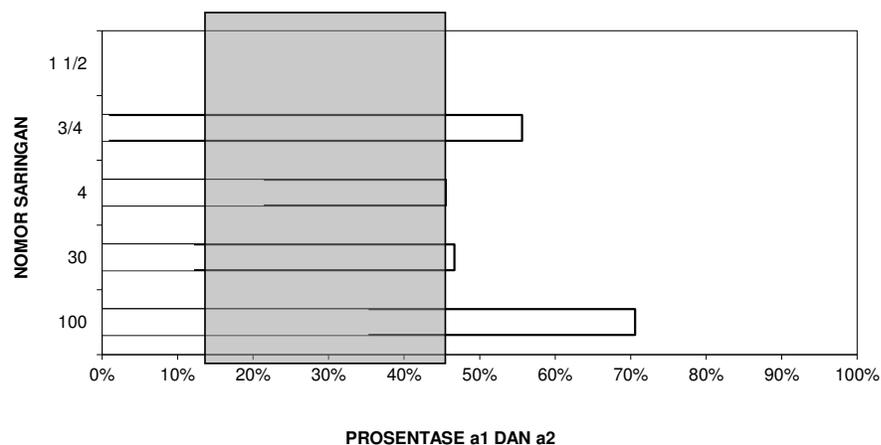
**Contoh perhitungan untuk # 3/4 :**

$$a_1 = ((Y_{izin(1)} - Y_{kerkil}) / (Y_{TAILING} - Y_{kerkil})) \cdot 100 \%$$
$$= ((50 - 42.15) / (100 - 42.15)) \cdot 100 \%$$
$$= 13.57 \%$$

$$a_2 = ((Y_{izin(2)} - Y_{kerkil}) / (Y_{TAILING} - Y_{kerkil})) \cdot 100 \%$$
$$= ((78 - 4.75) / (100 - 4.75)) \cdot 100 \%$$
$$= 45.41 \%$$

| NO. SARINGAN | $Y_{izin(1)}$ | $Y_{izin(2)}$ | YTAILING | $Y_{kerkil}$ | $a_1$  | $a_2$  |
|--------------|---------------|---------------|----------|--------------|--------|--------|
| 1 1/2        | 100           | 100           | 100      | 100          | 0%     | 0%     |
| 3/4          | 50            | 78            | 100      | 50.45        | 0.91%  | 56%    |
| 4            | 25            | 48            | 100.00   | 4.55         | 21.42% | 45.52% |
| 30           | 6             | 23            | 49.30    | 0.00         | 12.17% | 46.65% |
| 100          | 3             | 6             | 8.50     | 0.00         | 35.29% | 70.59% |

**BARChart PENGGABUNGAN AGREGAT**





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

KAMPUS TAMALANREA TELPON (0411) 587636, FAX. (0411) 587636

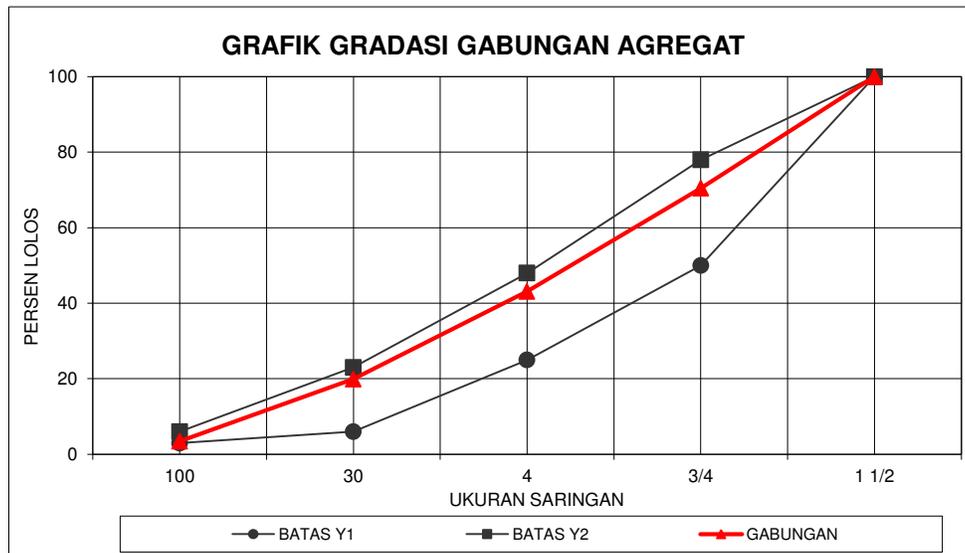
Dari barchart di atas diperoleh :  $a_{kn} = 45.52\%$   
 $a_{kr} = 35.29\%$

Sebagai nilai a diambil rata-rata dari a, yaitu :

$$a = \frac{a_{kn} + a_{kr}}{2} = 40.41\% \longrightarrow \begin{matrix} b = 100 - a \\ b = 59.59\% \end{matrix}$$

**PENGGABUNGAN AGREGAT**  
(CARA GRAFIS)

| NO. SARINGAN | LOLOS TAILING | LOLOS KERIKIL | TAILING 40,41% | KERIKIL 59,59% | KOMBINASI | BATAS GRADASI |
|--------------|---------------|---------------|----------------|----------------|-----------|---------------|
| 1 1/2        | 100           | 100           | 40.41          | 59.59          | 100.00    | 100           |
| 3/4          | 100           | 50            | 40.41          | 30.06          | 70.47     | 50 - 78       |
| 4            | 100           | 4.55          | 40.41          | 2.71           | 43.12     | 25 - 48       |
| 30           | 49.3          | 0.00          | 19.92          | 0.00           | 19.92     | 6 - 23        |
| 100          | 8.5           | 0.00          | 3.43           | 0.00           | 3.43      | 3 - 6         |





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

KAMPUS TAMALANREA TELPON (0411) 587636, FAX. (0411) 587636

---

**RANCANG CAMPURAN BETON**  
(CONCRETE MIX DESIGN)

**Data :**

|                                     |   |         |                    |   |        |
|-------------------------------------|---|---------|--------------------|---|--------|
| Slump                               | = | 10.00   | cm                 |   |        |
| Kuat tekan yang disyaratkan (K)     | = | 350     | kg/cm <sup>2</sup> | = | 35 Mpa |
| Faktor air semen ( $f_{s_{maks}}$ ) | = | 0.50    |                    |   |        |
| Modulus kehalusan TAILING           | = | 2.50    |                    |   |        |
| Ukuran maksimum agregat             | = | 20.00   | mm                 |   |        |
| Berat jenis spesifik SSD TAILING    | = | 2.53    |                    |   |        |
| Berat jenis spesifik SSD kerikil    | = | 2.59    |                    |   |        |
| Kadar air TAILING ( $W_p$ )         | = | 3.47%   |                    |   |        |
| Absorpsi TAILING ( $R_p$ )          | = | 1.63%   |                    |   |        |
| Kadar air kerikil ( $W_k$ )         | = | 1.10%   |                    |   |        |
| Absorpsi kerikil ( $R_k$ )          | = | 1.42%   |                    |   |        |
| Prosentase gabungan terbaik :       |   |         |                    |   |        |
| a. TAILING                          | = | 40.41%  |                    |   |        |
| b. kerikil                          | = | 59.59%  |                    |   |        |
| Berat volume kering lepas kerikil   | = | 1653.21 | kg/m <sup>3</sup>  |   |        |
| Volume silinder 15 x 30 cm          | = | 0.0053  | m <sup>3</sup>     |   |        |

a. Menentukan deviasi standar

Berdasarkan nilai kuat tekan yang disyaratkan yaitu 350 kg/cm<sup>2</sup> (silinder), maka :

$$\text{Deviasi standar (Sr)} = 80 \text{ kg/cm}^2 = 8 \text{ MPa} > 4 \text{ MPa}$$

b. Menghitung nilai tambah (margin)

$$M = 2,64 \times Sr - 4$$
$$= 2,64 \times 8 - 4 = 17,12 \text{ MPa} = 171,20 \text{ kg/cm}^2$$

c. Menghitung kuat tekan rata-rata ( $f'_{cr}$ ) uji silinder 28 hari

Terdapat korelasi kuat tekan benda uji silinder 15x30 ( $f'_c$ ) dan kuat tekan benda uji kubus 15x15x15 cm<sup>3</sup> ( $f'_{ck}$ ) sebagai berikut (konversi bentuk benda uji)

$$f'_c = \left[ 0,76 + 0,2 \log \left( \frac{f'_{ck}}{15} \right) \right] \times f'_{ck}$$



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

KAMPUS TAMALANREA TELPON (0411) 587636, FAX. (0411) 587636

---

$$f'_c = \left( 0.76 + 0.2 \log \left( \frac{35}{15} \right) \right) \times 35$$

$$f'_c = 29.176 \text{ Mpa}$$

$$f'_c = 291.758 \text{ kg/cm}^2$$

Kuat tekan rata-rata ( $f'_{cr}$ ) uji silinder 28 hari

$$f'_{cr} = f'_c + M$$

$$f'_{cr} = 292 + 171 = 463 \text{ kg/cm}^2$$

d. Penetapan Faktor Air Semen

Besar faktor air semen (fas) diambil dari harga terkecil fas yang diperoleh dari:

|  |   |      |
|--|---|------|
| - berdasarkan kuat tekan rata-rata ( $f'_{cr}$ ) | = | 0.56 |
| - fas max ditentukan                             | = | 0.50 |
| - diambil nilai yang terkecil                    | = | 0.5  |

e. Penetapan kadar air bebas

Berdasarkan nilai slump 10 cm dan  $\phi$  maksimum agregat 40 mm, maka diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{Kadar air bebas alami (Wf)} &= 190 \text{ kg/m}^3 \text{ beton} \\ \text{Kadar air bebas bt. pecah (Wc)} &= 225 \text{ kg/m}^3 \text{ beton} \\ \text{Kadar air bebas} &= (2/3 \times Wf) + (1/3 \times Wc) \\ &= \left[ \frac{2}{3} \times 190 \right] + \left[ \frac{1}{3} \times 225 \right] \\ &= 201.67 \text{ kg/m}^3 \text{ beton} \end{aligned}$$

f. Penetapan kadar semen

$$\text{Kadar semen} = \frac{\text{Kadar air bebas (Wf)}}{\text{Faktor air semen (fas)}} = \frac{201.67}{0.50} = 403.3333 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

$$\text{Kadar semen minimum} = 325 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

g. Berat jenis gabungan agregat

$$\text{Bj. Gabungan} = a\% \times \text{Bj. Spesifik SSD TAILING} + b\% \times \text{Bj. Spesifik SSD kerikil}$$

$$\text{Bj. Gabungan} = 0.40 \times 2.53 + 0.60 \times 2.59 = 2.56$$

h. Berat volume beton segar

Berdasarkan nilai bj. Gabungan 2,56 dan kadar air bebas 188,33  $\text{kg/m}^3$ , maka diperoleh :

$$\text{Berat volume beton segar} = 2190 \text{ kg/m}^3$$



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

KAMPUS TAMALANREA TELPON (0411) 587636, FAX. (0411) 587636

---

i. Berat total agregat (TAILING+kerikil)

$$\text{Berat total agregat} = 2190 - 201.67 - 403.33 = 1585.00 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

j. Berat masing-masing agregat

$$\text{Berat TAILING} = 40.41\% \times 1585.00 = 640.46 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

$$\text{Berat kerikil} = 59.59\% \times 1585.00 = 944.54 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

$$\text{Jumlah} = 1585.00 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

k. Hasil mix design SSD karakteristik agregat

$$\text{Air (W}_a) = 201.67 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

$$\text{Semen (W}_s) = 403.33 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

$$\text{TAILING (B}_{SSDp}) = 640.46 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

$$\text{Kerikil (B}_{SSDK}) = 944.54 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

l. Koreksi campuran beton untuk pelaksanaan

$$\begin{aligned} \text{Berat lapangan TAILING (BL}_p) &= \frac{B_{SSDp}}{(1 + R_p\%) \cdot (1 - W_p\%)} \\ &= \frac{640.46}{(1 + 0.0163) \times (1 - 0.0347)} \\ &= 652.85 \text{ kg/m}^3 \text{ beton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat lapangan kerikil (BL}_k) &= \frac{B_{SSDK}}{(1 + R_k) \cdot (1 - W_k)} \\ &= \frac{944.54}{(1 + 0.0142) \times (1 - 0.0110)} \\ &= 941.67 \text{ kg/m}^3 \text{ beton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Air} &= W_a + (B_{SSDp} - \text{BL}_p) + (B_{SSDK} - \text{BL}_k) \\ &= 201.67 + (640.46 - 652.85) + (944.54 - 941.67) \\ &= 192.15 \text{ kg/m}^3 \text{ beton} \end{aligned}$$

$$\text{Semen} = 403.33 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$



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

KAMPUS TAMALANREA TELPON (0411) 587636, FAX. (0411) 587636

---

Banyaknya serat baja yang digunakan dalam pencampuran dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang diberikan oleh Hannant DJ

$$\begin{aligned} \text{Volume fraksi fiber baja yang digunakan, } V_f &= 0.25 \% \\ \text{Volume Beton } V_c &= 1 \text{ m}^3 \\ \text{Berat Jenis Serat Baja } \gamma_{fb} &= 7850 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Berat Serat Baja, } W_b &= V_f \cdot V_c \cdot \gamma_{fb} \\ &= 20 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume fraksi fiber baja yang digunakan, } V_f &= 0.5 \% \\ \text{Volume Beton } V_c &= 1 \text{ m}^3 \\ \text{Berat Jenis Serat Baja } \gamma_{fb} &= 7850 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Berat Serat Baja, } W_b &= V_f \cdot V_c \cdot \gamma_{fb} \\ &= 40.00 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

| Vf (%) | Berat (Kg) |        |         |         |        |
|--------|------------|--------|---------|---------|--------|
|        | Fiber      | Semen  | Tailing | Kerikil | Air    |
| 0      | 0.00       | 403.33 | 652.85  | 941.67  | 192.15 |
| 0.25   | 20         | 403.33 | 652.85  | 941.67  | 192.15 |
| 0.5    | 40.00      | 403.33 | 652.85  | 941.67  | 192.15 |

## HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON (BETON NORMAL 0%)

Kegiatan : Penelitian Tesis (S2)  
 Jenis Cetakan : Silinder  
 Data Bahan : Pasir asal Jeneberang  
 Batu pecah asal Jeneberang  
 Semen PCC Tonasa

Diperiksa dan dihitung oleh :  
 1. Saparudin  
 2. Mutmainnah Rahman Putri

| No. | Tanggal   |           | Umur (hari) | Tinggi (mm) | Diameter (mm) | Volume Benda Uji (mm <sup>3</sup> ) | Luas Bid. Tekan (mm <sup>2</sup> ) | Berat Benda Uji (gr) | Bj Benda Uji (gr/mm <sup>3</sup> ) | Beban (P) (KN) | Kuat Tekan f'c (MPa) | Kuat Tekan Rata-rata (f'cr) (MPa) | Kuat Tekan (f'c-f'cr) <sup>2</sup> (MPa) |
|-----|-----------|-----------|-------------|-------------|---------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------|----------------------|-----------------------------------|--|
|     | Pembuatan | Pengujian |             |             |               |                                     |                                    |                      |                                    |                |                      |                                   |  |
| 1   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 300.00      | 150.00        | 5301437.60                          | 17671.46                           | 13012.00             | 0.0025                             | 640            | 36.22                | 39.61                             | 11.53                                    |
| 2   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 300.00      | 150.00        | 5301437.60                          | 17671.46                           | 12945.00             | 0.0024                             | 740            | 41.88                |                                   | 5.12                                     |
| 3   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 300.00      | 150.00        | 5301437.60                          | 17671.46                           | 12984.00             | 0.0024                             | 720            | 40.74                |                                   | 1.28                                     |

Diketahui,  
 Laboratorium Struktur dan Bahan

Sudirman Sitang, ST

## HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON (BETON SERAT 0,25 %)

Kegiatan : Penelitian Tesis (S2)  
 Jenis Cetakan : Silinder  
 Data Bahan : Pasir asal Jeneberang  
 Batu pecah asal Jeneberang  
 Semen PCC Tonasa

Diperiksa dan dihitung oleh :  
 1. Saparudin  
 2. Mutmainnah Rahman Putri

| No. | Tanggal   |           | Umur (hari) | Tinggi (mm) | Diameter (mm) | Volume Benda Uji (mm <sup>3</sup> ) | Luas Bid. Tekan (mm <sup>2</sup> ) | Berat Benda Uji (gr) | Bj Benda Uji (gr/mm <sup>3</sup> ) | Beban (P) (KN) | Kuat Tekan f'c (MPa) | Kuat Tekan Rata-rata (f'cr) (MPa) | Kuat Tekan (f'c-f'cr) <sup>2</sup> (MPa) |
|-----|-----------|-----------|-------------|-------------|---------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------|----------------------|-----------------------------------|--|
|     | Pembuatan | Pengujian |             |             |               |                                     |                                    |                      |                                    |                |                      |                                   |  |
| 1   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 300.00      | 150.00        | 5301437.60                          | 17671.46                           | 12800.00             | 0.0024                             | 750            | 42.44                | 39.80                             | 6.97                                     |
| 2   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 300.00      | 150.00        | 5301437.60                          | 17671.46                           | 12855.00             | 0.0024                             | 720            | 40.74                |                                   | 0.89                                     |
| 3   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 300.00      | 150.00        | 5301437.60                          | 17671.46                           | 13150.00             | 0.0025                             | 640            | 36.22                |                                   | 12.84                                    |

Diketahui,  
 Laboratorium Struktur dan Bahan

Sudirman Sitang, ST

## HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON (BETON SERAT 0,50 %)

Kegiatan : Penelitian Tesis (S2)  
 Jenis Cetakan : Silinder  
 Data Bahan : Pasir asal Jeneberang  
 Batu pecah asal Jeneberang  
 Semen PCC Tonasa

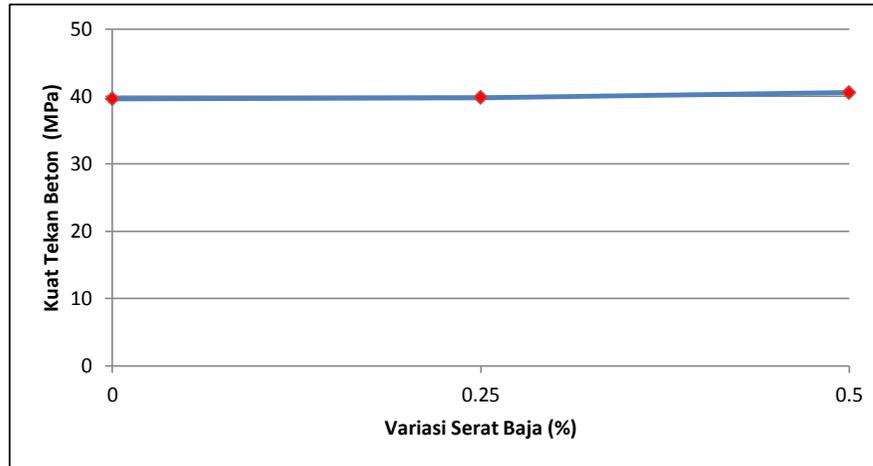
Diperiksa dan dihitung oleh :  
 1. Saparudin  
 2. Mutmainnah Rahman Putri

| No. | Tanggal   |           | Umur (hari) | Tinggi (mm) | Diameter (mm) | Volume Benda Uji (mm <sup>3</sup> ) | Luas Bid. Tekan (mm <sup>2</sup> ) | Berat Benda Uji (gr) | Bj Benda Uji (gr/mm <sup>3</sup> ) | Beban (P) (KN) | Kuat Tekan f'c (MPa) | Kuat Tekan Rata-rata (f'cr) (MPa) | Kuat Tekan (f'c-f'cr) <sup>2</sup> (MPa) |
|-----|-----------|-----------|-------------|-------------|---------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------|----------------------|-----------------------------------|--|
|     | Pembuatan | Pengujian |             |             |               |                                     |                                    |                      |                                    |                |                      |                                   |  |
| 1   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 300.00      | 150.00        | 5301437.60                          | 17671.46                           | 13116.00             | 0.0025                             | 650            | 36.78                | 40.56                             | 14.23                                    |
| 2   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 300.00      | 150.00        | 5301437.60                          | 17671.46                           | 13165.00             | 0.0025                             | 740            | 41.88                |                                   | 1.74                                     |
| 3   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 300.00      | 150.00        | 5301437.60                          | 17671.46                           | 13200.00             | 0.0025                             | 760            | 43.01                |                                   | 6.01                                     |

Diketahui,  
 Laboratorium Struktur dan Bahan

Sudirman Sitang, ST

## Grafik Hubungan Penambahan Serat Baja dan Kuat Tekan Beton Umur 28 hari



## HASIL PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH BETON (BETON NORMAL 0%)

Kegiatan : Penelitian Tesis (S2)  
 Jenis Cetakan : Silinder  
 Data Bahan : Pasir asal Jeneberang  
 Batu pecah asal Jeneberang  
 Semen PCC Tonasa

Diperiksa dan dihitung oleh :  
 1. Saparudin  
 2. Mutmainnah Rahman Putri

| No. | Tanggal   |           | Umur (hari) | Tinggi (mm) | Diameter (mm) | Volume Benda Uji (mm <sup>3</sup> ) | Berat Benda Uji (gr) | Bj Benda Uji (gr/mm <sup>3</sup> ) | Beban (P) (KN) | Kuat Tarik Belah (MPa) | Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa) |
|-----|-----------|-----------|-------------|-------------|---------------|-------------------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------|------------------------|----------------------------------|
|     | Pembuatan | Pengujian |             |             |               |                                     |                      |                                    |                |                        |                                  |
| 1   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 300.00      | 150.00        | 5301437.60                          | 12854.00             | 0.0024                             | 260            | 3.68                   | 3.82                             |
| 2   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 300.00      | 150.00        | 5301437.60                          | 12806.00             | 0.0024                             | 300            | 4.25                   |                                  |
| 3   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 300.00      | 150.00        | 5301437.60                          | 12830.00             | 0.0024                             | 250            | 3.54                   |                                  |

Catatan : Kuat Tarik Belah =  $2P/LD$

Diketahui,  
 Laboratorium Struktur dan Bahan

Sudirman Sitang, ST

## HASIL PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH BETON (BETON NORMAL 0,25%)

Kegiatan : Penelitian Tesis (S2)  
 Jenis Cetakan : Silinder  
 Data Bahan : Pasir asal Jeneberang  
 Batu pecah asal Jeneberang  
 Semen PCC Tonasa

Diperiksa dan dihitung oleh :  
 1. Saparudin  
 2. Mutmainnah Rahman Putri

| No. | Tanggal   |           | Umur (hari) | Tinggi (mm) | Diameter (mm) | Volume Benda Uji (mm <sup>3</sup> ) | Berat Benda Uji (gr) | Bj Benda Uji (gr/mm <sup>3</sup> ) | Beban (P) (KN) | Kuat Tarik Belah (MPa) | Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa) |
|-----|-----------|-----------|-------------|-------------|---------------|-------------------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------|------------------------|----------------------------------|
|     | Pembuatan | Pengujian |             |             |               |                                     |                      |                                    |                |                        |                                  |
| 1   | 3/10/2013 | 1/0/1900  | 28          | 300.00      | 150.00        | 5301437.60                          | 12720.00             | 0.0024                             | 270            | 3.82                   | 3.92                             |
| 2   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 300.00      | 150.00        | 5301437.60                          | 12022.00             | 0.0023                             | 310            | 4.39                   |                                  |
| 3   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 300.00      | 150.00        | 5301437.60                          | 12371.00             | 0.0023                             | 250            | 3.54                   |                                  |

Catatan : Kuat Tarik Belah =  $2P/LD$

Diketahui,  
 Laboratorium Struktur dan Bahan

Sudirman Sitang, ST

## HASIL PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH BETON (BETON NORMAL 0,50%)

Kegiatan : Penelitian Tesis (S2)  
 Jenis Cetakan : Silinder  
 Data Bahan : Pasir asal Jeneberang  
 Batu pecah asal Jeneberang  
 Semen PCC Tonasa

Diperiksa dan dihitung oleh :  
 1. Saparudin  
 2. Mutmainnah Rahman Putri

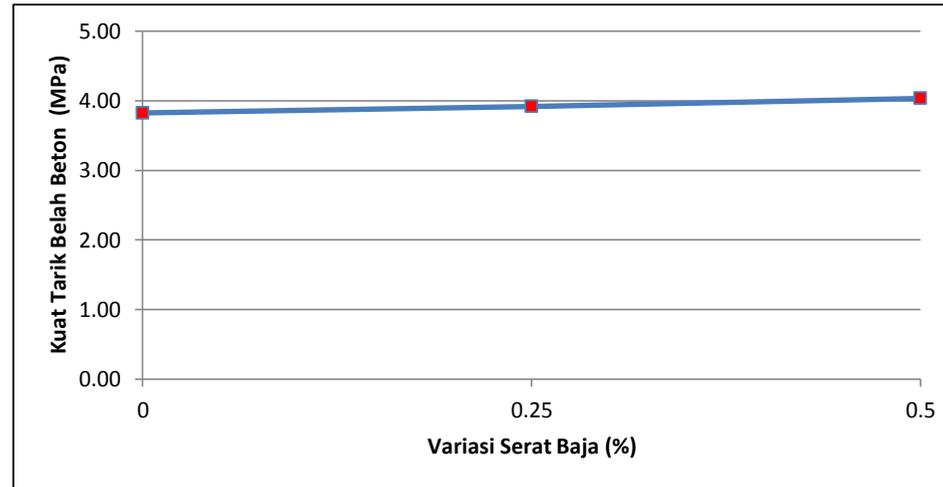
| No. | Tanggal   |           | Umur (hari) | Tinggi (mm) | Diameter (mm) | Volume Benda Uji (mm <sup>3</sup> ) | Berat Benda Uji (gr) | Bj Benda Uji (gr/mm <sup>3</sup> ) | Beban (P) (KN) | Kuat Tarik Belah (MPa) | Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa) |
|-----|-----------|-----------|-------------|-------------|---------------|-------------------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------|------------------------|----------------------------------|
|     | Pembuatan | Pengujian |             |             |               |                                     |                      |                                    |                |                        |                                  |
| 1   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 300.00      | 150.00        | 5301437.60                          | 12980.00             | 0.0024                             | 280            | 3.96                   | 4.03                             |
| 2   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 300.00      | 150.00        | 5301437.60                          | 13046.00             | 0.0025                             | 300            | 4.25                   |                                  |
| 3   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 300.00      | 150.00        | 5301437.60                          | 13013.00             | 0.0025                             | 275            | 3.89                   |                                  |

Catatan : Kuat Tarik Belah =  $2P/LD$

Diketahui,  
 Laboratorium Struktur dan Bahan

Sudirman Sitang, ST

Grafik Hubungan Penambahan Serat Baja dan Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 hari



## HASIL PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON (BETON NORMAL 0%)

Kegiatan : Penelitian Tesis (S2)  
 Jenis Cetakan : Silinder  
 Data Bahan : Pasir asal Jeneberang  
 Batu pecah asal Jeneberang  
 Semen PCC Tonasa

Diperiksa dan dihitung oleh :  
 1. Saparudin  
 2. Mutmainnah Rahman Putri

| No. | Tanggal   |           | Umur (hari) | Tinggi (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Volume Benda Uji (mm <sup>3</sup> ) | Berat Benda Uji (gr) | Bj Benda Uji (gr/mm <sup>3</sup> ) | Beban (P) (KN) | Kuat Tarik  | Kuat Tarik            |
|-----|-----------|-----------|-------------|-------------|------------|--------------|-------------------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------|-------------|-----------------------|
|     | Pembuatan | Pengujian |             |             |            |              |                                     |                      |                                    |                | Belah (MPa) | Belah Rata-rata (MPa) |
| 1   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 100.00      | 100.00     | 400.00       | 4000000.00                          | 9620.00              | 0.0024                             | 24.39          | 9.76        | 9.18                  |
| 2   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 100.00      | 100.00     | 400.00       | 4000000.00                          | 9612.00              | 0.0024                             | 20.83          | 8.33        |                       |
| 3   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 100.00      | 100.00     | 400.00       | 4000000.00                          | 9567.00              | 0.0024                             | 23.64          | 9.46        |                       |

Diketahui,  
 Laboratorium Struktur dan Bahan

Sudirman Sitang, ST

## HASIL PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON (BETON NORMAL 0,25%)

Kegiatan : Penelitian Tesis (S2)  
 Jenis Cetakan : Silinder  
 Data Bahan : Pasir asal Jeneberang  
 Batu pecah asal Jeneberang  
 Semen PCC Tonasa

Diperiksa dan dihitung oleh :  
 1. Saparudin  
 2. Mutmainnah Rahman Putri

| No. | Tanggal   |           | Umur (hari) | Tinggi (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Volume Benda Uji (mm <sup>3</sup> ) | Berat Benda Uji (gr) | Bj Benda Uji (gr/mm <sup>3</sup> ) | Beban (P) (KN) | Kuat Tarik Belah (MPa) | Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa) |
|-----|-----------|-----------|-------------|-------------|------------|--------------|-------------------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------|------------------------|----------------------------------|
|     | Pembuatan | Pengujian |             |             |            |              |                                     |                      |                                    |                |                        |                                  |
| 1   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 100.00      | 100.00     | 400.00       | 4000000.00                          | 9513.00              | 0.0024                             | 25.61          | 10.24                  | 9.60                             |
| 2   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 100.00      | 100.00     | 400.00       | 4000000.00                          | 9520.00              | 0.0024                             | 22.88          | 9.15                   |                                  |
| 3   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 100.00      | 100.00     | 400.00       | 4000000.00                          | 9560.00              | 0.0024                             | 23.5           | 9.40                   |                                  |

Diketahui,  
 Laboratorium Struktur dan Bahan

Sudirman Sitang, ST

## HASIL PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON (BETON NORMAL 0,50%)

Kegiatan : Penelitian Tesis (S2)  
 Jenis Cetakan : Silinder  
 Data Bahan : Pasir asal Jeneberang  
 Batu pecah asal Jeneberang  
 Semen PCC Tonasa

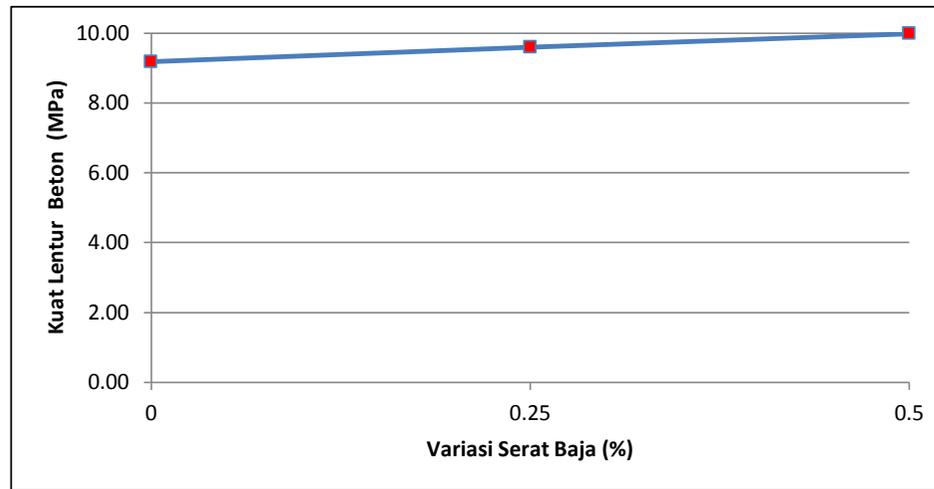
Diperiksa dan dihitung oleh :  
 1. Saparudin  
 2. Mutmainnah Rahman Putri

| No. | Tanggal   |           | Umur (hari) | Tinggi (mm) | Lebar (mm) | Panjang (mm) | Volume Benda Uji (mm <sup>3</sup> ) | Berat Benda Uji (gr) | Bj Benda Uji (gr/mm <sup>3</sup> ) | Beban (P) (KN) | Kuat Tarik Belah (MPa) | Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa) |
|-----|-----------|-----------|-------------|-------------|------------|--------------|-------------------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------|------------------------|----------------------------------|
|     | Pembuatan | Pengujian |             |             |            |              |                                     |                      |                                    |                |                        |                                  |
| 1   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 100.00      | 100.00     | 400.00       | 4000000.00                          | 9630.00              | 0.0024                             | 24.99          | 10.00                  | 9.98                             |
| 2   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 100.00      | 100.00     | 400.00       | 4000000.00                          | 9645.00              | 0.0024                             | 25.01          | 10.00                  |                                  |
| 3   | 3/10/2013 | 4/7/2013  | 28          | 100.00      | 100.00     | 400.00       | 4000000.00                          | 9615.00              | 0.0024                             | 24.85          | 9.94                   |                                  |

Diketahui,  
 Laboratorium Struktur dan Bahan

Sudirman Sitang, ST

Grafik Hubungan Penambahan Serat Baja dan Kuat Lentur Beton Umur 28 hari



## HASIL PENGUJIAN MODULUS ELASTISITAS BETON MIX DESIGN (BETON NORMAL TAILING 0% )

Kegiatan : Penelitian Tesis (S2)  
 Jenis Cetakan : Silinder  
 Data Bahan : Pasir asal Jeneberang  
 Batu pecah asal Jeneberang  
 Semen PCC Tonasa

Diperiksa dan dihitung oleh :  
 1. Saparudin  
 2. Mutmainnah Rahman Putri

| Sampel | Umur   | Bj<br>Benda Uji       | Kuat Tekan | S2     | S1    | ε2       | $E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - 0,00005)}$ |           |
|--------|--------|-----------------------|------------|--------|-------|----------|--|-----------|
|        | (hari) | (gr/mm <sup>3</sup> ) | (MPa)      | (MPa)  | (MPa) | mm       | Tiap sampel                                      | Rata-rata |
| 1      | 28     | 0.0000                | 36.235     | 14.494 | 2.215 | 0.000555 | 24305.70   | 21930.27  |
| 2      | 28     | 0.0000                | 41.897     | 16.759 | 0.903 | 0.000788 | 21472.95   |           |
| 3      | 28     | 0.0000                | 40.764     | 16.306 | 0.723 | 0.000829 | 20012.17   |           |

Diketahui,  
 Laboratorium Struktur dan Bahan

Sudirman Sitang, ST

## HASIL PENGUJIAN MODULUS ELASTISITAS BETON MIX DESIGN (BETON NORMAL TAILING 0,25 % )

Kegiatan : Penelitian Tesis (S2)  
 Jenis Cetakan : Silinder  
 Data Bahan : Pasir asal Jeneberang  
 Batu pecah asal Jeneberang  
 Semen PCC Tonasa

Diperiksa dan dihitung oleh :  
 1. Saparudin  
 2. Mutmainnah Rahman Putri

| Sampel | Umur   | Bj<br>Benda Uji       | Kuat Tekan | S2     | S1    | ε2       | $E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - 0,00005)}$ |           |
|--------|--------|-----------------------|------------|--------|-------|----------|--|-----------|
|        | (hari) | (gr/mm <sup>3</sup> ) | (MPa)      | (MPa)  | (MPa) | mm       | Tiap sampel                                      | Rata-rata |
| 1      | 28     | 0.0000                | 42.463     | 16.985 | 0.817 | 0.000759 | 22794.00   | 22597.30  |
| 2      | 28     | 0.0000                | 40.764     | 16.306 | 1.887 | 0.000720 | 21520.14   |           |
| 3      | 28     | 0.0000                | 36.235     | 14.494 | 1.062 | 0.000622 | 23477.77   |           |

Diketahui,  
 Laboratorium Struktur dan Bahan

Sudirman Sitang, ST

## HASIL PENGUJIAN MODULUS ELASTISITAS BETON MIX DESIGN (BETON NORMAL TAILING 0,50 % )

Kegiatan : Penelitian Tesis (S2)  
 Jenis Cetakan : Silinder  
 Data Bahan : Pasir asal Jeneberang  
 Batu pecah asal Jeneberang  
 Semen PCC Tonasa

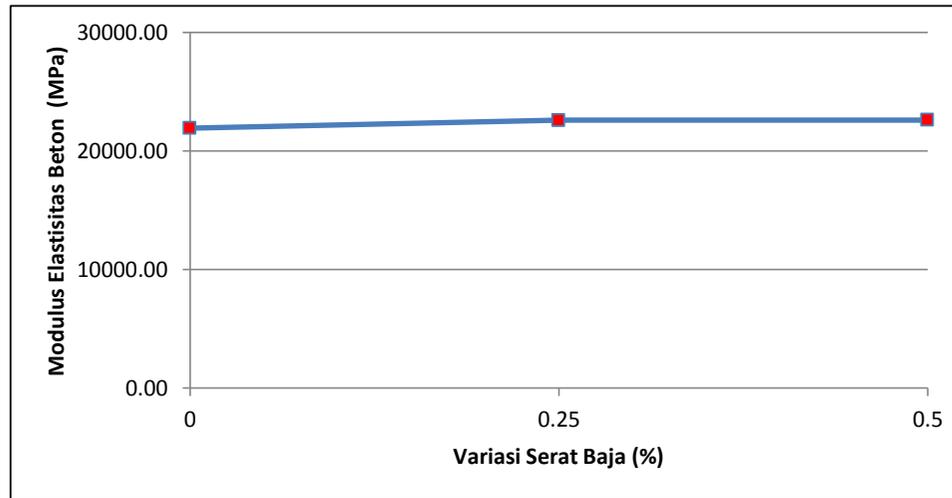
Diperiksa dan dihitung oleh :  
 1. Saparudin  
 2. Mutmainnah Rahman Putri

| Sampel | Umur   | Bj<br>Benda Uji       | Kuat Tekan | S2     | S1    | ε2       | $E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - 0,00005)}$ |           |
|--------|--------|-----------------------|------------|--------|-------|----------|--|-----------|
|        | (hari) | (gr/mm <sup>3</sup> ) | (MPa)      | (MPa)  | (MPa) | mm       | Tiap sampel                                      | Rata-rata |
| 1      | 28     | 0.0000                | 36.801     | 14.720 | 2.123 | 0.000648 | 21054.00   | 22613.16  |
| 2      | 28     | 0.0000                | 41.897     | 16.759 | 6.369 | 0.000665 | 16902.24   |           |
| 3      | 28     | 0.0000                | 43.029     | 17.212 | 1.274 | 0.000583 | 29883.23   |           |

Diketahui,  
 Laboratorium Struktur dan Bahan

Sudirman Sitang, ST

Grafik Hubungan Penambahan Serat Baja dan Modulus Elastisitas Beton Umur 28 hari



## LAMPIRAN



Pengujian Kadar Lumpur



Pengujian Kadar Air



Pengujian Analisa Saringan



Pengujian Keausan



Dramix Steel Fiber



Pencampuran Material Beton



Material yang telah tercampur secara merata



Pengujian Nilai Slump



Pembuatan Benda Uji



Perawatan benda Uji



Proses pemberian capping



Pengujian Kuat Tekan Beton



Pola Keruntuhan Beton Setelah Uji Kuat Tekan



Penguian Kuat Tarik Belah Beton



Pola keruntuhan kuat tarik beton normal



Pola keruntuhan kuat tarik beton fiber



Pengujian Kuat Lentur Beton