

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah - Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul ” Pengaruh Penambahan Serat Aluminium Limbah Mesin Bubut Terhadap Kuat Lentur Beton”.

Skripsi ini disusun berdasarkan pengamatan dan penelitian yang dilakukan dilaboratorium selama kurang lebih 3 bulan. Penelitian-penelitian terdahulu dan literatur yang ada sangat membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Ayahnda dan Ibunda yang telah memberikan dukungan, baik moril maupun materiil
2. Ibu Retno Angraini, ST.,MT selaku dosen pembimbing skripsi
3. Ibu Ir. Ristinah Syamsoeddin, MT. selaku dosen pembimbing skripsi
4. Ibu Ir. Siti Nurlina, MT. selaku dosen penguji
5. Ibu Yatnanta Padma Devia.,ST.,MT, selaku dosen wali
6. PT. Semen Gresik. Tbk yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas yang mendukung penelitian saya.
7. PT. Sirkah Purbantara Utama, Krian yang telah memberikan bantuan material dan pengetahuan lapangan yang sangat berharga bagi saya
8. Teman-teman di Sipil Brawijaya terutama angkatan 2001
9. Rekan-rekan dan pihak lain yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang telah membantu proses penelitian hingga terselesaikannya laporan skripsi ini

Penyusun menyadari bahwa laporan skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu segala saran dan kritik sangat saya harapkan, agar tercapai hasil yang lebih baik. Harapan saya semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Juli 2007

Penyusun

## RINGKASAN

Syaiful Angga Maradoni, 2007. **PENGARUH PENAMBAHAN SERAT ALUMINIUM LIMBAH MESIN BUBUT TERHADAP KUAT LENTUR BETON.** Skripsi.

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas teknik, Universitas Brawijaya

Dosen pembimbing : Ibu Retno Anggraini. ST.,MT dan Ibu Ir. Ristinah S.,MT

Pemakaian beton sebagai bahan konstruksi telah memacu peningkatan standar kualitas pembuatan beton konstruksi. Dengan adanya perkembangan beton bertulang pada abad 19 timbul ide dasar untuk meningkatkan kuat tarik beton, untuk mengurangi sifat getas beton dan meningkatkan ketahanan retak awal ( first crack ) beton dengan menambahkan potongan serat fiber dalam campuran.

Serat aluminium ( gram ) merupakan hasil limbah mesin bubut yang selama ini belum dimanfaatkan secara baik, selain hanya didaur ulang saja. Pembuangan serat aluminium ini dapat mengganggu lingkungan umum. Sedangkan hasil limbah aluminium semakin hari semakin banyak. Salah satu pemanfaatan limbah ini adalah dengan menambahkan kedalam beton, dengan tujuan dapat mengurangi sifat getas beton dan meningkatkan ketahanan retak awal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan serat limbah aluminium mesin bubut terhadap kuat lentur beton. Variasi serat aluminium yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1%, 2%, dan 3% terhadap volume beton, Mutu beton yang disyaratkan adalah 20 MPa, perbandingan berat yang direncanakan adalah campuran 1 : 2.03 : 3.77. Penelitian ini untuk membandingkan nilai kuat lentur beton normal dengan beton serat, dimana perlakuan yang diberikan adalah sama. Masing – masing perlakuan menggunakan 3 buah benda uji. Pengujian dilakukan pada saat umur beton 28 hari

Hasil penelitian menunjukkan dengan penambahan serat aluminium berpengaruh terhadap kuat lentur beton. Pada variasi serat diatas ternyata menurunkan kuat lentur beton berturut – turut sebesar 6.81%, 33.05%, dan 2.73%. dari beton normal. Hal ini disebabkan karena adanya efek berupa pengembangan volume beton pada saat pengecoran.

Hal – hal yang menyebabkan terjadinya penurunan kapasitas lentur beton serat adalah terjadinya proses reaksi kimia antara beton dengan serat aluminium pada saat pembuatan benda uji, akibatnya adalah terdapatnya rongga yang banyak dan merata pada seluruh bagian beton, penurunan nilai berat jenis dan nilai slump, yang berarti semakin banyak serat yang ditambahkan, maka tingkat pengerjaan semakin sulit

Untuk menghindari terjadinya proses reaksi antara serat aluminium dan beton, maka perlu dilindungi terlebih dahulu sebelum ditambahkan pada campuran beton, baik itu dengan menggunakan lapisan pelindung maupun menggunakan bahan kimia yang dicampurkan pada beton guna mencegah korosi.

Kata kunci : Beton Normal, Beton Serat, Serat Aluminium, Kuat Lentur

**DAFTAR ISI**

	Halaman
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PERSETUJUAN	
HALAMAN PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Manfaat penelitian	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Beton	4
2.1.1. Definisi	4
2.1.2. Sifat – sifat Beton	4
2.2 Agregat	5
2.2.1. Agregat Kasar	6
2.2.2. Agregat Halus	6
2.2.3 Semen	7
2.2.4. Air	8
2.3. Beton Serat	9
2.3.1. Definisi	9
2.3.2. Konsep Dasar Beton Serat	10
2.4. Bahan Serat	12
2.4.1. Jenis Serat	12
2.4.2. Aluminium	13
2.5. Korosi Pada Beton Serat	14



2.6.	Kuat Lentur Beton	15
2.7.	Kuat Lentur Beton Serat	19
2.8.	Hipotesis Penelitian	22

### BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.2.	Peralatan dan Bahan	23
3.3.	Prosedur Penelitian	24
3.4.	Identifikasi Bahan yang Digunakan	25
3.4.1.	Air	25
3.4.2.	Semen	25
3.4.3.	Pasir	25
3.4.4.	Agregat Kasar	25
3.4.5.	Serat Aluminium	25
3.5.	Pengujian Bahan Dasar	25
3.5.1.	Agregat Halus ( Pasir )	25
3.5.2.	Agregat Kasar ( Kerikil )	26
3.5.3.	Serat Aluminium	27
3.6.	Proses pengolahan Serat Aluminium Sebelum Dicampur Dalam Benda Uji	27
3.7.	Prosedur Perencanaan Campuran Beton	27
3.8.	Metode pencampuran Serat Dalam pembuatan Benda Uji	29
3.9.	Perawatan Benda Uji	29
3.10.	Pengujian Kuat Lentur Beton	29
3.11.	Rancangan Penelitian	30
3.12.	Variabel Penelitian	31
3.13.	Analisa Data	31
3.13.1.	Pengujian Hipotesis	31
3.13.2.	Analisa Regresi	32
3.14.	Diagram Alir Penelitian	34

### BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1.	Hasil Analisa Bahan Yang Digunakan	35
4.1.1.	Semen	35
4.1.2.	Air	35
4.1.3.	Agregat Halus	35

4.1.4.	Agregat Kasar	36
4.1.5.	Serat Aluminium Limbah Mesin Bubut	38
4.2.	Campuran Beton	38
4.3.	Pengujian Beton Segar	38
4.4.	Perawatan Beton	39
4.5.	Pengujian Beton Keras	40
4.5.1.	Kuat Tekan Beton	40
4.5.2.	Kuat lentur Beton	40
4.6.	Pengujian Hipotesis	42
4.7.	Analisis Korelasi	45
4.8.	Analisis regresi	46
4.9.	Pembahasan	47
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
5.1.	Kesimpulan	50
5.2.	Saran – saran	50
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		



## DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1.	Komposisi dan kadar Senyawa Kimia Semen Portland ( % )	8
Tabel 2.2.	Jenis dan sifat serat yang sering digunakan	12
Tabel.2.3.	Sifat Sifat Fisik Aluminium Murni	14
Tabel.2.4.	Sifat Mekanik Aluminium Murni	14
Tabel.2.5.	Sifat Mekanik Paduan Aluminium	14
Tabel.3.1.	Pengaruh Penambahan Serat Aluminium Limbah Mesin Bubut Terhadap Kuat Lentur Beton	31
Tabel 4.1.	Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	35
Tabel 4.2.	Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	37
Tabel 4.3.	Hasil Pengujian Slump dan Berat Isi	39
Tabel 4.4.	Prosentase Penurunan Berat Isi Beton	39
Tabel 4.5.	Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder Untuk Mutu Beton	40
Tabel 4.6.	Kuat Lentur Balok Beton 15 x 15 x75 cm <sup>3</sup>	41
Tabel 4.7.	Prosentase Penurunan Kuat Lentur Beton	41
Tabel 4.8.	Analisa Varian Satu Arah Terhadap Kuat Lentur	42
Tabel 4.9.	Analisis Ragam untuk Kuat Lentur Balok Tanpa Tulangan Campuran Serat Aluminium Limbah Mesin Bubut	44
Tabel 4.10.	Analisis Korelasi untuk Kuat Lentur Balok Tanpa Tulangan Campuran Serat Aluminium Limbah Mesin Bubut	45

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Grafik Pengaruh Persentase Serat Baja terhadap Kapasitas Lentur Beton	11
Gambar 2.2. Perilaku Balok dengan Dua Titik Pembebanan	17
Gambar 2.3. Grafik Perbandingan Modulus Runtuh antara Pembebanan Terpusat dengan Pembebanan Dua Titik Simetris	18
Gambar 2.4. Grafik Hubungan Uji Lentur dengan Uji Tarik Langsung.	19
Gambar 2.5. Distribusi Regangan – Tegangan Lentur pada Balok beton fiber 1	20
Gambar 2.6. Distribusi Regangan – Tegangan Lentur pada Balok beton fiber 2	21
Gambar 2.7. Distribusi Regangan – Tegangan Lentur pada Balok beton Tanpa Serat	22
Gambar 4.1. Grafik Gradasi Agregat Halus	36
Gambar 4.2. Grafik Gradasi Agregat Kasar ( Batu Pecah )	37
Gambar 4.3. Grafik Berat Isi Beton	39
Gambar 4.4. Grafik Hubungan antara Persentase Variasi Serat terhadap Kuat Lentur Beton	41
Gambar 4.5. Grafik Regresi Pengaruh Penambahan Serat Aluminium Terhadap Kuat Lentur Beton.	46

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Pengujian Agregat Halus	L1
Lampiran 2. Pengujian Agregat Kasar	L2
Lampiran 3. Perencanaan Mix Design	L3
Lampiran 4. Perencanaan Kebutuhan Material	L4
Lampiran 5. Pengujian Serat Aluminium dan Kuat Tekan Beton	L5
Lampiran 6. Pengujian Slump	L6
Lampiran 7. Perhitungan Analisa Varian Satu Arah	L7
Lampiran 8. Perhitungan Kuat Lentur	L8
Lampiran 9. Tabel Spesifikasi Semen Portland Tipe I	L9
Lampiran 10. Peralatan Penelitian	L10
Lampiran 11. Perhitungan Kuat lentur Teoritis	L11
Lampiran 12. Dokumentasi Penelitian	L12



## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pemakaian beton sebagai bahan konstruksi telah memacu peningkatan standar kualitas pembuatan beton baik untuk struktur dengan dimensi besar maupun kecil. Beton mempunyai sifat unik, untuk itu memerlukan pengetahuan yang cukup luas, antara lain mengenai sifat bahannya. Salah satu sifat dari bahan beton adalah kekuatan tarik beton yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan kekuatan tekannya sekitar 9 % - 15 %. Salah satu upaya untuk mengatasi kelemahan beton pada tarik adalah dengan pemakaian tulangan baja yang ditempatkan secara benar.

Perbaikan sifat beton, dapat juga dilakukan dengan cara menambahkan berbagai macam bahan tambah, baik yang bersifat kimiawi maupun fisikal pada adukan beton. Salah satu bahan tambah yang bersifat fisikal adalah serat. Beberapa penelitian di negara maju telah berusaha memperbaiki sifat – sifat beton dengan menambahkan serat kedalam adukan beton. Ide dasarnya adalah menulangi beton dengan serat yang disebarkan secara acak ataupun merata kedalam adukan beton. Ide ini diharapkan dapat mencegah terjadinya retakan – retakan didaerah tarik yang terlalu dini akibat pembebanan. Dengan tercegahnya retakan –retakan yang terlalu dini, kemampuan beton untuk mendukung tegangan dalam ( aksial, lentur, geser ) yang terjadi akan jauh lebih besar. Pemberian serat baja produksi dalam negeri dengan bentuk lurus diameter 1 mm berhasil menambah kekuatan lentur dan tarik, daktilitas dan kuat tekan beton.( P. Kumar Mehta., Paulo J.M. Monteiro, 1993 )

Pemakaian serat sendiri masing – masing memiliki kelebihan dan kekurangan dalam memperbaiki sifat beton. Dengan demikian jenis bahan serat perlu disesuaikan dengan sifat beton yang akan diperbaiki dalam aplikasinya. Dua istilah yang sering digunakan untuk pemanfaatan serat adalah : a ). *Fiber aspect ratio*, yaitu rasio antara panjang (  $l$  ) terhadap diameter (  $d$  ) ; dan b ). *Fiber volume fraction* (  $V_f$  ), yaitu prosentase serat per satu satuan volume beton.

Bahan serat yang dapat dipakai dalam adukan beton menurut ACI 544 IR – 82, antara lain ; serat baja ( steel ), plastic ( polypropylene ), dan karbon ( carbon ). Selain itu dapat pula dipakai serat yang berasal dari bahan alami seperti, ijuk, sabut kelapa, goni, atau serat tumbuhan lainnya. Bahan serat dapat diperoleh langsung jadi atau sudah tersedia tanpa melalui proses pengolahan lagi atau proses pabrikasi. Selain itu serat

dapat juga diperoleh lewat pemanfaatan limbah, baik itu limbah hasil proses pembubutan maupun proses lain yang dapat menghasilkan bahan serat.

Suhendro ( 1991 ), menunjukan dengan penambahan serat bendrat lurus dengan panjang 60 mm dan diameter 1 mm sebagai alternatif pemakaian beton serat lokal sehingga dapat meningkatkan kekuatan tekan sekitar 5 % dan kuat tarik belah sekitar 50% terhadap beton

Dengan adanya penelitian yang melibatkan serta memanfaatkan berbagai macam bahan serat ( fiber ) terhadap campuran beton dan berdasarkan ide untuk menulangi beton dengan serat baik secara merata maupun secara acak kedalam adukan beton. Maka timbul pemikiran bagi penulis untuk melakukan suatu penelitian tentang pengaruh penambahan serat aluminium limbah mesin bubut pada balok beton tanpa tulangan terhadap kuat lentur.

### **1.2. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas maka dibuat suatu rumusan masalah yang melatar belakangi penelitian yaitu bagaimana pengaruh serat limbah aluminium terhadap kuat lentur pada balok beton dibanding dengan balok beton normal

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk memberikan informasi mengenai pemanfaatan serat aluminium limbah mesin bubut, dalam hal ini pengaruhnya terhadap kuat lentur beton.

### **1.4. Batasan Masalah**

Dalam Penelitian ini, penulis memberi batasan masalah dengan maksud agar tujuan penulis dapat tercapai dan dipahami. Batasan masalah tersebut adalah sebagai berikut :

1. Variasi campuran serat aluminium adalah 0%, 1%, 2%, 3% terhadap volume beton
2. Mutu beton  $f_c' = 20$  MPa
3. Penelitian hanya pada material betonnya saja
4. Tidak ada perlakuan khusus terhadap serat Aluminium
5. Tidak ada perhitungan mengenai analisa ekonomi
6. Benda uji balok dimensi 150mm x 150mm x 750mm, jumlah 12 buah.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah serat aluminium dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam memperbaiki sifat – sifat mekanik beton, khususnya pada kapasitas lentur beton.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Beton

#### 2.1.1 Definisi

Beton didapat dari pencampuran bahan - bahan agregat halus dan kasar yaitu, pasir dan batu pecah, atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Beton juga dapat didefinisikan sebagai bahan bangunan dan konstruksi yang sifat-sifatnya dapat ditentukan terlebih dahulu dengan mengadakan perencanaan dan pengawasan yang eliti terhadap bahan-bahan yang dipilih. Untuk menjamin agar beton yang dihasilkan memenuhi persyaratan yang diinginkan, dianjurkan agar agregat diuji terlebih dahulu, kemudian membuat uji coba beton atau campuran beton setelah *mix design* dilakukan. Nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) beton ditentukan oleh beberapa faktor penting diantaranya:

1. Perbandingan nilai campuran dan mutu bahan susun
2. Metode pelaksanaan pengecoran
3. Pelaksanaan finishing
4. Temperatur
5. Kondisi perawatan pengerasannya.

#### 2.1.2 Sifat-sifat beton

Sifat umum yang ada pada beton adalah sebagai berikut

##### a) Kemampuan dikerjakan (*workability*)

*Workability* adalah bahwa bahan-bahan beton setelah diaduk bersama, menghasilkan adukan yang bersifat sedemikian rupa sehingga adukan mudah diangkut, dituang/dicetak dan dipadatkan menurut tujuan pekerjaannya tanpa terjadi perubahan yang menimbulkan kesukaran atau penurunan mutu. Sifat mampu dikerjakan dari beton sangat tergantung pada sifat bahan, perbandingan campuran, dan cara pengadukan serta jumlah seluruh air bebas.

b) Sifat tahan lama ( *durability* )

Merupakan sifat dimana beton tahan terhadap pengaruh luar selama dalam pemakaian, antara lain ketahanan terhadap cuaca, ketahanan terhadap pengaruh zat kimia dan ketahanan terhadap erosi.

c) Sifat kedap air

Untuk mendapatkan beton yang kedap air, perbandingan air semen harus direduksi seminimal mungkin sejauh kemudahan pekerjaan masih tercapai dan air cukup untuk keperluan hidrasi semen.

d) Kekuatan beton

Kekuatan beton dipengaruhi oleh dua hal yaitu faktor air semen dan kepadatan, Beton memiliki kuat desak tinggi tetapi memiliki segi-segi yang kurang menguntungkan antara lain kuat tariknya rendah, perubahan suhu akan mengakibatkan adanya muai susut pada beton yang akan mengakibatkan retak rambut pada beton, penyusutan kering dan perubahan kadar air, perubahan bentuk yang ditimbulkan oleh rayapan beton dan kerapatannya dalam air yang berhubungan dengan perlindungan terhadap karat pada tulangan beton.

Beton dalam aplikasinya dilapangan digunakan sebagai bahan kontruksi utama suatu bangunan maupun jembatan, ini dikarenakan beton memiliki sifat kuat tekan yang besar. Tetapi beton juga memiliki kelemahan yaitu kuat tarik yang kecil. Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, nilai kuat tariknya hanya berkisar 9% - 15% saja dari kuat tekannya.

Dalam perkembangannya, beton diberi tambahan bahan lain untuk menambah kuat tarik, biasanya ditambah atau diperkuat dengan tulangan baja sesuai dengan kebutuhan. Selain diberi tulangan, beton juga dapat diberi material alternatif lainnya, diantaranya diberi tambahan serat ( fiber ) dalam beton.

## 2.2. Agregat

Agregat merupakan komponen beton yang paling berperan dalam menentukan komposisinya. Pada beton biasanya terdapat 60% sampai 80% volume agregat. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogeny, dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat besar.

Agregat normal dihasilkan dari pemecahan batuan dengan quarry atau langsung dari sumber alam. Agregat ini biasanya berasal dari granit, basalt, kuarsa, dan

sebagainya. Berat jenis rata – ratanya adalah 2.5 – 2.7 atau tidak boleh kurang dari 1.2 kg/dm<sup>3</sup>. Beton yang dibuat dengan agregat normal adalah beton normal, yaitu beton yang mempunyai berat isi 2200 – 2500 kg/m<sup>3</sup>. ( SK.SNI T – 15 – 1990 : 1 ). Kekuatan tekannya sekitar 15 – 40 Mpa. Ketentuan dan persyaratan dari SII.0052 – 80 “ Mutu dan cara uji agregat beton” harus dipenuhi. Bial tidak tercakup dalam SII 0052 – 80, maka agregat harus memenuhi ketentuan ASTM C 33, “*Specification for Concrete Agregat*”.

### 2.2.1. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang butiran – butirannya tertinggal diatas ayakan 4.5 mm tetapi lolos ayakan 50.8 mm. Kerikil adalah salah satu agregat kasar jenis natural sand. Jenis lain adalah dari agregat kasar adalah batuan pecah atau kerikil yang merupakan hasil pemecahan batu.

Syarat agregat kasar yang baik adalah :

1. Terdiri dari butiran keras dan tidak mudah pecah
2. bersifat kekal, artinya tidak mudah pecah atau hancur karena pengaruh cuaca, seperti sinar matahari dan hujan.
3. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 % bila lebih maka harus dilakukan pencucian agregat kasar.
4. Boleh mengandung butiran pipih asal jumlah maksimum 20 % dari berat agregat keseluruhan
5. Gradasi agregat:
  - Sisa diatas ayakan 31.5 mm, harus minimum 0% berat
  - Sisa diatas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat
  - Selisih antara sisa-sisa kumulatif diatas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.
6. Modulus kehalusan (*finess modulus*) = 7.49-9.55 (ASTM C 35-37)

### 2.2.2. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang semua butirannya menembus ayakan 4.75 mm. Pasir merupakan agregat halus hasil dari disintegrasi dari batu – batuan. Pasir dibedakan menjadi tiga macam :

### 1. pasir galian

Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan tanah, atau dengan cara menggali dari dalam tanah. Pasir ini pada umumnya tajam, bersudut, berpori, dan bebas dari kandungan garam yang membahayakan. Namun, karena pasir jenis ini diperoleh dengan cara menggali maka pasir ini sering bercampur dengan kotoran/tanah sehingga harus dicuci dulu sebelum penggunaan.

### 2. pasir sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai. Pasir sungai pada umumnya berbutir halus dan berbentuk bulat, karena akibat proses gesekan yang terjadi. Karena butirannya halus maka baik untuk plesteran tembok. Namun karena bentuk yang bulat itu, daya lekat antar butir menjadi agak kurang baik.

### 3. pasir laut

Pasir ini diambil dari pantai, tetapi jarang dipakai karena mengandung garam yang dapat menyebabkan korosi pada tulangan baja

Syarat agregat halus yang baik :

1. Butirannya harus tajam dan keras bersifat kekal terhadap pengaruh cuaca yang dapat merusaknya
2. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 %, bila lebih maka pasir tersebut harus dicuci terlebih dahulu.
3. tidak boleh mengandung bahan organik yang dapat merusak kualitas beton.
4. gradasi agregat yang disyaratkan :
  - Sisa ayakan diatas 4mm harus minimum 2 % berat
  - Sisa ayakan diatas 1 mm harus memenuhi minimum 10 % berat
  - Sisa ayakan diatas 0.25 % harus berkisar 80 – 95 % berat
5. Modulus kehalusan (*fineness modulus*) = 2,3-3,1 (ASTM C 35-37)

#### 2.2.3. Semen

Menurut ASTM C 150 – 1985, semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama – sama dengan bahan utamanya. Fungsi utama semen adalah mengikat butir – butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga – rongga udara diantara butir – butir agregat. Walaupun komposisi

semen dalam beton hanya sekitar 10 %, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting.

Semen portland yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013 – 81 atau Standar Uji Bahan Bangunan Indonesia 1986, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standar tersebut. Semen Portland di Indonesia menurut SII0013 – 81 dibagi menjadi lima jenis antara lain :

- Jenis I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.
- Jenis II : Semen portland yang penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- Jenis III : Semen portland yang penggunaannya menurut persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi
- Jenis IV : Semen portland yang penggunaannya menurut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
- jenis V : Semen portland yang penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat

**Tabel 2.1. Komposisi dan kadar Senyawa Kimia Semen Portland ( % )**

Komposisi	biasa	Pengerasan cepat	Panas rendah	Tahan Sulfat
<b>Analisis</b>				
Kapur	63.1	64.5	60.0	64.0
Silikat	20.6	20.7	22.5	24.4
Alumina	6.3	5.2	5.2	3.7
Besi Oksida	3.6	2.9	4.6	3.0
<b>Senyawa Kimia</b>				
Trikalsium Silikat ( C <sub>3</sub> S )	40.0	50.0	25.0	40.0
Dikalsium Silikat ( C <sub>2</sub> S )	30.0	20.0	45.0	40.0
Trikalsium Aluminate ( C <sub>3</sub> A )	11.0	9.0	6.0	2.0
Tetrakalsium Aluminoforit ( C <sub>4</sub> AF )	11.0	9.0	14.0	9.0

( Sumber : Triono Budi Astanto, Kontruksi Beton Bertulang, 2001 )

#### 2.2.4. Air

Menurut ACI 318 – 89 : 3.4, air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organis atau bahan lainnya

yang dapat merusak beton atau tulangan. Sebaiknya dipakai air tawar yang dapat diminum. Air yang digunakan dalam pembuatan beton pratekan dan beton yang akan ditanami logam aluminium ( termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat ) tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan. Dalam penelitian ini digunakan air yang berasal dari air PDAM yang sudah teruji kualitasnya.

Ada beberapa persyaratan air sebagai pencampur konstruksi beton antara lain :

1. Tidak mengandung klorida ( CI ) lebih dari 0.5 gram/liter
2. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter
3. tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gram/liter
4. tidak mengandung zat organik asam, dan garam yang dapat merusak beton lebih dari 15 gram/liter

Air yang mengandung kotoran akan memperlama waktu ikatan awal adukan beton dan mengakibatkan lemahnya kekuatan beton setelah mengeras dan daya tahannya menurun. ( Triono Budi Astanto, 2001 )

## **2.3. Beton Serat**

### **2.3.1. Definisi**

Fiber Reinforced Concrete didefinisikan sebagai bahan komposit yang dibuat dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air dan sejumlah fiber yang disebar secara random dalam adukan. Penambahan fiber berfungsi untuk mencegah terjadinya retakan pada beton didaerah tarik akibat pengaruh pembebanan, pengaruh susut atau pengaruh hidrasi. Kuat tarik beton dipengaruhi oleh bentuk fiber dan jumlah yang digunakan.

Kuat tarik beton serat dipengaruhi oleh bentuk serat dan jumlah yang digunakan, serat yang mempunyai bengkokan dapat menambah kuat tarik beton bila dibandingkan dengan fiber polos. Serat yang mempunyai bengkokan lebih efektif dalam pengaruh lentur dan tekan dalam perilaku beton.

Penambahan fiber dalam jumlah tertentu pada adukan beton dapat meningkatkan sifat mekanik beton dalam bentuk daktilitas yang berhubungan dengan kemampuan menyerap energi, ketahanan terhadap beban kejut, dan kemampuan untuk menahan tarik dan lentur ( Suara Merdeka.2001, <http://WWW.Google.com>. )

Dengan mencampurkan fiber ke dalam beton, para ilmuwan telah mengembangkan material yang elastis, lebih ringan, awet, dan tidak mudah retak. Beton

hasil pengembangan tersebut sudah digunakan di Jepang, Korea, Swiss, dan Australia. Beton itu akan segera digunakan pertama kalinya di Amerika Serikat.

( KOMPAS Cyber Media - Sains & Teknologi.htm, 08-05-2005, 0104 WIB )

### 2.3.2. Konsep Dasar beton Serat

Pada beton tanpa serat, saat mencapai beban maksimum, keruntuhan terjadi secara total dan tiba – tiba. Beton bersifat getas, keruntuhan diakiri dengan berkurangnya kapasitas beban dengan cepat, beban sisa yang masih dapat ditahan hanya sekitar 25 % dari beban ultimit. Keberadaan serat pada beton menunjukkan bahwa berkurangnya kapasitas beban terjadi secara perlahan – lahan dan sifat beton menjadi liat

Tujuan dari perkuatan beton dengan campuran serat adalah untuk meningkatkan kekuatan tarik serta menghambat tumbuhnya retak awal dan meningkatkan ketahanan dengan menyalurkan tegangan pada daerah yang terjadi retakan, jadi terjadi deformasi yang besar yang memungkinkan melebihi tegangan maksimum daripada beton tanpa serat. Sudarmoko ( 1991 ) dalam penelitian beberapa konsentrasi serat mendapatkan hasil bahwa penambahan 1 % serat baja telah meningkatkan beban sisa menjadi sekitar 70 % dari beban ultimit sedang penambahan 1.2 % serat baja, keliatannya meningkat menjadi 215 %

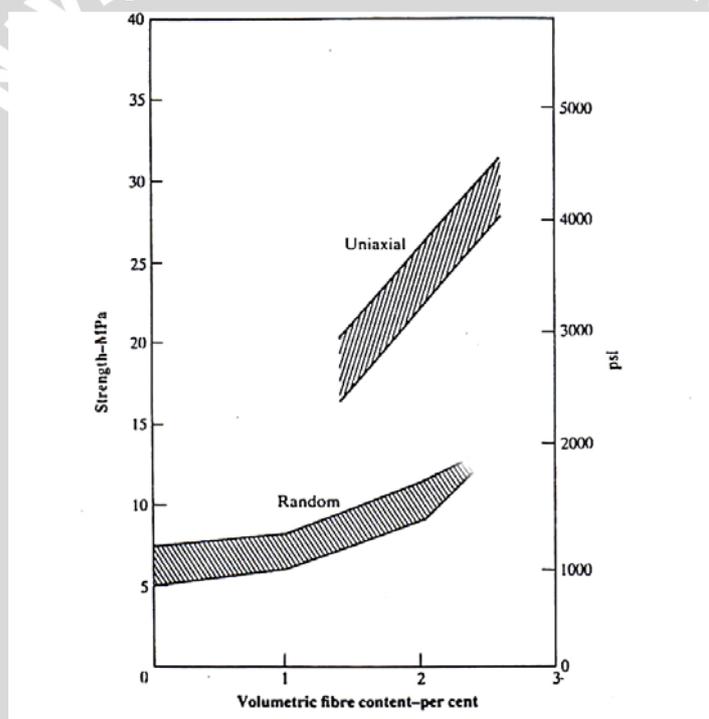
Swami dan Al – Ta'an ( 1981 ), mengamati bahwa serat akan berpengaruh pada kuat lekat yang selanjutnya berpengaruh pula pada peningkatan sifat mekanik beton yang terbentuk. Pada beton serat berkait, kuat lekatnya 40 % lebih besar beton dengan serat polos/ lurus. Perbedaan peranan kedua jenis serat ini terutama adalah dalam menahan retakan dan keruntuhan benda uji. Oleh karena retakan dan lenturan tergerak antara baja tulangan dan beton, maka peningkatan pada beton serat akibat bentuk serat terkait menahan kemungkinan retak yang terjadi dan lenturan yang berlebihan, serta akan meningkatkan kekakuan balok secara keseluruhan.

Qomariah ( 2001 ), dalam penelitiannya dengan menggunakan serat serpihan baja ukuran lebar 1 mm, panjang 30 mm dan lebar 2 mm, panjang 30 mm, konsentrasi serat yang ditambahkan pada beton dengan volume 2 % dari volume adukan, meningkatkan kuat tekan 1 % sampai dengan 3 %, kuat tarik 10 % sampai 20 %, dan modulus elastisitas sampai dengan 44 %. Sedangkan beberapa peneliti seperti Bambang Suhendro( 1991 – 1992 ) dan Sudarmoko ( 1991 ) yang mempergunakan serat baja maupun serat bendrat telah mendapatkan nilai optimal untuk volume *fraction* 0.5% hingga 1%.

Dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Bambang Suhendro dengan menggunakan serat baja. Abdul Basir Samodin ( 2004 ) meneliti pengaruh serat baja terhadap kuat lentur, variasi volume *fraction* antara 0% sampai 1%. Hasil yang didapatkan adalah peningkatan kapasitas lentur balok sebesar 26.0261% pada volume fraction 0.75%.

Menurut A.M. Neville. Jumlah serat yang digunakan termasuk kecil kurang lebih 1% sampai 5 % per volume adukan. Dan untuk perkuatan yang lebih efektif pada kuat tarik, penambahan deformasi dan modulus elastisitas, diperlukan lebih banyak lagi. Dari grafik dibawah ini diketahui bahwa semakin besar kandungan serat maka semakin tinggi pula kekuatannya

**Gambar 2.1. Grafik Pengaruh Persentase Serat Baja terhadap Kapasitas Lentur Beton**



( Sumber : A.M Neville and J.J Brooks, “ *Concrete Technology* “, 1987 )

Dari gambar 2.1 diatas menunjukkan grafik hubungan antara besarnya volume serat dengan kapasitas lentur beton. Semakin banyak fiber yang ditambahkan pada beton maka semakin besar kapasitas lentur yang terjadi. Bentuk geometri serat yang beraneka ragam juga mempengaruhi kapasitas lentur jika dibandingkan dengan bentuk serat yang seragam atau lurus. Grafik dibawah adalah grafik dengan serat yang bentuk geometriknya beraneka ragam, sedangkan yang diatas adalah grafik dengan serat yang seragam.

## 2.4. Bahan Serat

### 2.4.1. Jenis Serat

Menurut ACI 544 IR – 82, beton serat dapat diartikan sebagai beton yang dibuat dari semen, agregat halus dan kasar dan bahan fiber yang disebar merata. Fiber dapat dibuat dari bahan alami misal asbes, sisal, selulosa atau material buatan seperti baja, carbon dan polymer ( polypropylene, Kevlar )

**Tabel 2.2. Jenis dan sifat serat yang sering digunakan**

Serat	Kuat Tarik ( ksi )	Modulus Young (10 <sup>3</sup> ksi)	maksimum perpanjangan ( % )	Berat Jenis	Diameter ( μm )
Acrylic	30-60	0.3	25-45	1.1	
Asbestos	80-140	12-20	0.6	3.2	0.02-20
Cotton	60-100	0.7	03-Oct	1.5	
Glass	150-550	10	1.5-3.5	2.5	9-15
Nylon	110-120	0.6	16-20	1.1	
Polyester	105-125	1.2	Nov-13	1.4	
Poliethylene	100	0.02-0.06	10	0.95	
Polypropylene	80-110	0.5	25	0.9	20-200
Rayon	60-90	1	10-25	1.5	
Rock wool	70-110	10.17	0.6	2.7	
Steel	40-400	29	0.5-35	7.8	5-500

( Sumber ; ACI Commitee 544, Concr. Int.,Vol. 4, No.5,p.,11, 1982 )

Berdasarkan Tabel 2.2 maka serat dapat digolongkan menjadi beberapa jenis, diantaranya :

- Serat metalik

Serat ini berupa baja karbon atau baja tahan karat, panjang serat umumnya kurang dari 75 mm dan rasio panjang terhadap diameter 30 – 100 mm. spesifikasi kuat tarik minimumnya 345 Mpa bentuk serat lurus, berulir, dll.Adanya ulir dan pembengkokan ujung sangat membantu ikatan rekat dalam beton.

- Serat polimerik

Serat sintetik polimerik diproduksi sebagai hasil pengembangan industri petrokimia dan tekstil. Tipe serat yang telah dicoba dalam beton adalah, Acrylic, aramid, nylon, polyethylene, dan polypropylene. Semua serat mempunyai kuat tarik yang tinggi. kecuali aramid yang mempunyai modulus elastisitas yang relatif rendah.

- Serat Karbon

Serat ini merupakan hasil produksi dari petroleum dan batu bara. Serat karbon lebih mahal dari serat lain, tetapi mempunyai potensi besar untuk beton yang memerlukan kuat tarik dan kuat lentur tinggi.

- Serat Natural.

Serat natural merupakan serat yang pertama kali digunakan sebagai bahan campuran beton adalah jerami dan bulu ekor kuda ( Eropa ). Dengan perkembangan teknologi, banyak serat yang dicoba sebagai bahan pencampur beton, antara lain serat bambu, dan kayu. Masalah utama serat ini adalah sifatnya yang mudah hancur dalam lingkungan alkali. ( M.L Gambir, 1995 ; 1986 : 322 )

#### 2.4.2. Aluminium

Aluminium merupakan logam yang lembut dan ringan, dengan warna keperakan yang pudar. Aluminium merupakan salah satu logam yang tahan terhadap karat, karena aluminium merupakan logam yang lambat dalam proses oksidasi. Aluminium merupakan logam yang tidak beracun (dalam bentuk logam), tidak mempunyai daya magnet.. Aluminium murni mempunyai kekuatan tegangan sebanyak 49 megapascal (MPa) dan 700 MPa apabila dalam bentuk *alloy*. Aluminium mempunyai sifat elastisitas sepertiga dari elastisitas tembaga; yaitu mudah ditempa, dan mudah dibentuk; dan mempunyai daya tahan karat serta ketahanan yang sangat baik karena lapisan pelindung oksidanya. Aluminium merupakan logam kedua paling mudah tertempa (setelah emas) dan keenam paling lentur.

Aluminium mempunyai kekuatan tegangan yang rendah, tetapi sering untuk membentuk *alloy* bersama dengan unsur lain seperti tembaga, seng, magnesium, mangan dan silikon (contohnya, duralumin). Pada saat ini, hampir semua bahan yang dianggap aluminium adalah sebenarnya sejenis *alloy* aluminium. Aluminium hanya ditemui apabila daya tahan terhadap karat lebih diutamakan daripada kekuatan atau kekerasan. Sedemikian juga, istilah *alloy* dalam penggunaan umum masa kini biasanya yang dimaksud *alloy* aluminium.

Apabila digabung secara proses termomekanikal, *alloy* aluminium menunjukkan peningkatan yang cukup tinggi dari segi sifat mekanikal. *alloy* aluminium membentuk komponen penting dalam pesawat udara dan roket beratnya yang ringan dibandingkan dengan logam lainnya.

### a. Sifat fisik

**Tabel 2.3 sifat fisik aluminium murni**

Sifat fisik	Nilai
Massa jenis (20°C)	2.6989
Titik cair	660.2
Panas cair (cal/g. °C)(100 °C)	0.2226
Hantaran listrik (%)	64.94
Koefisien pemuaian (20 – 100 °C)	23.86 x 10 <sup>-6</sup>

(Sumber : Pengetahuan bahan teknik)

### b. Sifat mekanik

**Tabel 2.4 sifat mekanik aluminium murni**

Sifat mekanik	Nilai
Kekuatan tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	11.6
Kekuatan mulur (0.2%)(kg/mm <sup>2</sup> )	11.0
Perpanjangan (%)	5.5
Kekerasan brinell	27

(Sumber : Pengetahuan bahan teknik)

### c. Sifat mekanik paduan aluminium

**Tabel 2.5 sifat mekanik paduan aluminium**

Sifat mekanik	Nilai Paduan aluminium				
	Al-Mg-Cr	Al-Si-Ni-Mg	Al-Cu-Mg	Al-Si-Mg <sub>2</sub>	Al-MgZn <sub>2</sub>
Kekuatan tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	43.6	39.2	43.6	31.6	58.4
Kekuatan mulur (0.2%)(kg/mm <sup>2</sup> )	40.8	32.2	28.1	28.0	51.3
Perpanjangan (%)	6	8	-	15	11
Kekerasan brinell	-	-	45	95	150

(Sumber : Pengetahuan bahan teknik)

Apabila dibandingkan dengan karakteristik serat baja, berat jenis aluminium hanya sepertiga dari berat jenis baja, selain itu kuat tarik aluminium sebesar 110 N/mm<sup>2</sup> ( Mpa ). Sedangkan kuat tarik minimum dari bahan baja karbon ataupun serat baja tahan karat dengan spesifikasi minimum dalam ASTM adalah 40 – 400 Mpa. Jadi Sifat mekanik dari serat aluminium dapat dipakai dalam campuran beton karena memiliki kuat tarik yang disyaratkan dalam ASTM untuk serat logam

## 2.5. Korosi Pada Beton Fiber

Korosi adalah proses perubahan sifat mekanik pada logam akibat bereaksi dengan zat lain. Korosi pada beton dengan fiber metalik sangat mungkin terjadi. Robinson Sidjabat dalam penelitiannya dengan judul “ KOROSI TULANGAN BAJA PADA BETON MUTU TINGGI YANG DIPERKUAT DENGAN SERAT KAWAT BAJA “, Penelitian ini memberikan gambaran tentang hal peningkatan kuat tarik beton, dimana terjadi peningkatan kuat tarik sebesar 21.698 %. Juga gambaran tentang korosi pada tulangan baja dengan lingkungan beton yang diperkuat dengan serat kawat baja, menyangkut proses dan laju korosinya. Laju korosi mencapai 0.0086 mmpy untuk model nonretak dan 0.0737 mmpy untuk model retak (waktu ekspose 30 hari).

Saat beton basah tingkat keasaman yang terjadi sangat tinggi  $\text{pH} = 12$ , sehingga aluminium mengalami korosi (Alumatter,2001). Proses ini secara normal akan berhenti, disebabkan adanya lapisan pelindung yang terbentuk.

Pertama, saat beton basah korosi akan menyerang aluminium, dan hal ini akan berkembang. Selanjutnya klorida pada beton, akan menambah kecepatan pengerasan, atau dari atmosfer akan secara intensif menyerang keduanya dengan meningkatkan konduktivitas permukaan beton, dan memisahkan lapisan pelindung pada aluminium.

Aluminium memerlukan perlindungan, sehingga proses korosi dapat dihindari. Proses anodik dapat diberikan agar terbentuk lapisan pelindung. Bahan – bahan yang biasanya dipakai dalam melindungi aluminium maupun logam lain diantaranya adalah cat, selain bahan dari cat, Chrom juga dapat digunakan dalam melindungi logam dari korosi. Bahan kimia seperti Sodium Nitrit dapat juga difungsikan sebagai pencegah yang efektif jika ditambahkan pada beton dengan dosis yang memadai dan tanpa merugikan kekuatan beton. Bahan ini digunakan untuk mencegah korosi pada beton yang diisi dengan baja tulangan maupun logam lain yang bersentuhan dengan beton.

## 2.6. Kuat Lentur Beton

Lentur pada balok merupakan akibat adanya regangan yang timbul karena adanya beban luar. Apabila beban yang bekerja pada balok bertambah, maka tegangan dan regangan akan bertambah sebanding dengan kemampuan bahan berubah bentuk dan modulus elastisitas bahan yang mengakibatkan timbulnya atau bertambahnya retak lentur di sepanjang bentang balok. Bila bebannya semakin bertambah, pada akhirnya dapat terjadi keruntuhan balok, yaitu pada saat kekakuan batas balok sedemikian rupa

sehingga tidak mempunyai kekuatan cadangan untuk menahan beban dan tegangan tanpa mengalami keruntuhan.

Tegangan-tegangan lentur merupakan hasil dari momen lentur luar. Tegangan ini hampir selalu menentukan dimensi geometris beton bertulang. Proses desain yang mencakup pemilihan dan analisis penampang biasanya dimulai dengan pemenuhan persyaratan terhadap lentur, kecuali untuk komponen struktur yang khusus seperti pondasi. Setelah itu faktor-faktor lain seperti kapasitas geser, defleksi, retak dan panjang penyaluran tulangan dianalisis sampai memenuhi persyaratan.

Jika suatu balok terbuat dari material yang elastis linier, isotropis dan homogen maka tegangan lentur maksimumnya dapat diperoleh dengan rumus lentur balok, yaitu : (Nawy, 1990:80),

$$f = Mc/I \dots\dots\dots (2-1)$$

dimana :

- f : Tegangan Lentur
- M : Momen yang bekerja pada balok
- c : Jarak serat terluar terhadap garis netral, baik didaerah tekan maupun tarik
- I : Momen Inersia penampang balok terhadap garis netral

Sehingga berdasarkan rumus lenturan tersebut, dihitung momen maksimum yang dapat disediakan oleh penampang balok, atau dalam hal ini disebut sebagai momen tahanan.

$$M_R = \frac{f_b x I}{C} \dots\dots\dots (2-2)$$

- di mana :  $M_R$  = Momen tahanan
- $f_b$  = tegangan lentur ijin

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam menetapkan perilaku penampang adalah sebagai berikut :

1. Distribusi regangan dianggap linier.
2. Beton lemah terhadap tarik

Apabila balok bertumpuan sederhana seperti terlihat pada gb.2.2 mengalami dua pembebanan terpusat simetris, balok itu akan terlentur seperti ditunjukkan sebagai bentuk terdefleksi

Gambar 2.2. Perilaku Balok dengan Dua Titik Pembebanan

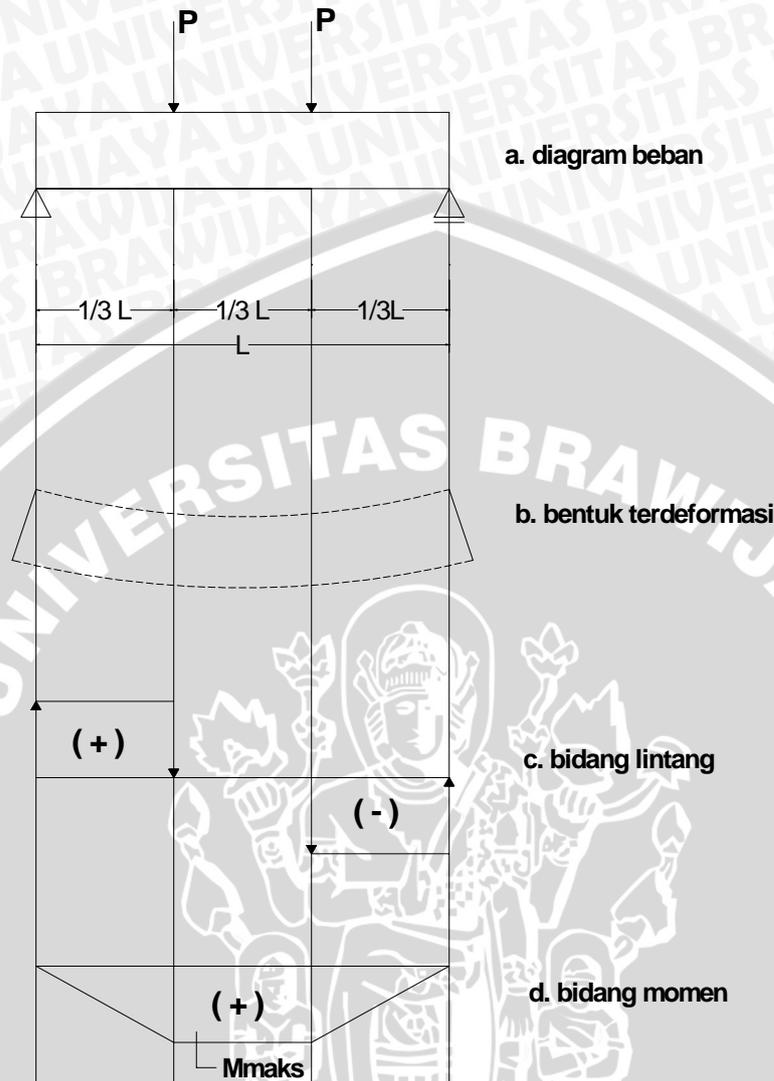


Diagram diatas digambar dengan mengabaikan berat sendiri balok dan hanya meninjau kedua beban terpusat ( P ). Kita akan meninjau penampang ditengah bentang atau dimana saja diantara kedua beban terpusat tersebut yang momennya mencapai nilai maksimum seperti terlihat pada gambar 2.2. Kuat tarik hasil uji lentur lebih dikenal dengan kuat lentur ( Modulus Runtuh ), sesuai dengan ASTM C 78.

Sehingga dapat dilakukan pendekatan dengan rumus sebagai berikut :

$$f_r = \frac{P.L}{b.d^2} \quad ( N / mm^2 ) \dots\dots\dots ( 2 - 3 )$$

dimana :  $f_r$  = Kuat lentur / Modulus of rupture ( N / mm<sup>2</sup> )

P = beban runtuh ( N )

L = bentang balok ( mm )

b = lebar balok ( mm )



$d$  = tinggi balok ( mm )

Nilai dari modulus runtuh bergantung pada dimensi balok dan pengaturan pembebanan. Ada dua sistem yang digunakan yaitu : satu pembebanan terpusat ditengah, dimana memberikan gambaran bidang momen triangular, jadi tegangan maksimum balok hanya terjadi pada satu tempat saja, yang kedua adalah dua pembebanan yang simetris, seperti pada gambar diatas yang menghasilkan bidang momen yang konstan antara dua beban. Pada pengaturan dengan dua beban yang simetris suatu bagian biasanya digunakan 1/3 bagian dari bentang balok. Hal ini didasarkan pada tegangan maksimum retak kritis yang terjadi pada beberapa bagian akibat tidak kuat untuk menahan tegangan ini. Selain itu dalam pembebanan terpusat sulit untuk menentukan letak lentur murni dikarenakan tegangan maksimum balok hanya terjadi pada satu tempat saja atau dengan kata lain tanpa ada pengaruh bidang geser ( Bidang  $D = 0$ , Momen = Maksimum ). Sedangkan untuk dua pembebanan terpusat, dapat dicari letak lentur murni karena terjadi pada beberapa bagian pada bentang diantara dua titik pembebanan dimana bentuk dari momen ini adalah trapesium. Jadi dapat dilihat bahwa pembebanan dua beban simetris akan menghasilkan nilai modulus runtuh yang lebih rendah dari pembebanan terpusat. Hal ini sudah dapat dilihat dari penelitian oleh Wright, data yang diplot pd gb.2.3 dibawah ini.

**Gambar 2.3. Grafik Perbandingan Modulus Runtuh antara Pembebanan Terpusat dengan Pembebanan Dua Titik Simetris**

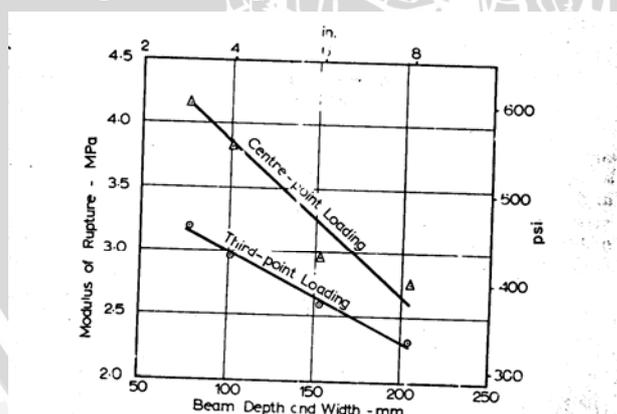


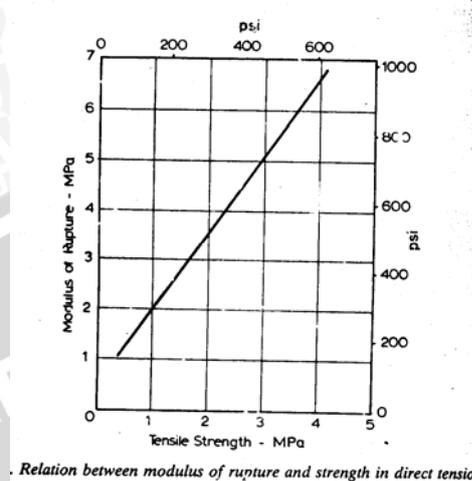
Fig. 8.9. Modulus of rupture of beams of different sizes subjected to centre-point and third-point loading<sup>8,20</sup>  
(Crown copyright)

( Sumber : A.M. Neville, “ *Properties Concrete* “, 1987 )

British Standard 1881 ; bagian 4 ; 1970 menjelaskan peraturan 3 titik pembebanan pada balok ukuran 150 x 150 x 750 mm<sup>3</sup> dengan panjang bentang 600 mm, dan ukuran minimal yang diperbolehkan adalah 100 x 100 x 500 mm<sup>3</sup> dengan panjang bentang 400 mm, selain itu jarak minimal antara tumpuan keujung balok harus 2.5 cm.

Gambar 2.4. dibawah ini menunjukkan adanya hubungan yang khas antara kekuatan uji tarik langsung dengan modulus runtuh tetapi nilai sebenarnya sangat tergantung pada campuran dari material

**Gambar 2.4. Grafik Hubungan Uji Lentur dengan Uji Tarik Langsung.**



( Sumber : A.M. Neville, “ *Properties Concrete* “, 1987 )

Dari gambar 2.4. diatas dapat dilihat adanya perbedaan tegangan yang dicapai. Pada uji lentur memiliki nilai tegangan yang lebih rendah daripada uji tarik langsung.

Dalam SK SNI 03 – 2846 – 2002 pasal 11.8 ayat 1, dijelaskan mengenai persyaratan kapasitas lentur tinggi terhadap kapasitas geser yaitu untuk komponen struktur dengan  $l_n/d$  kurang daripada 5 yang dibebani pada satu sisi dan ditumpu pada sisi lainnya sedemikian hingga lintasan tekan dapat terbentuk antara beban dan tumpuan, dimana  $l_n$  adalah bentang bersih yang diukur dari muka ke muka tumpuan, dan  $d$  adalah tinggi efektif penampang. Selain itu juga dijelaskan pada pasal 11.8 ayat 5, bahwa penampang kritis untuk geser diukur dari muka tumpuan harus diambil sejarak **0,15  $l_n$**  untuk balok dengan beban merata dan **0,50a** untuk balok dengan beban terpusat tetapi tidak lebih besar daripada  $d$

### 2.7. Kuat Lentur Beton Serat

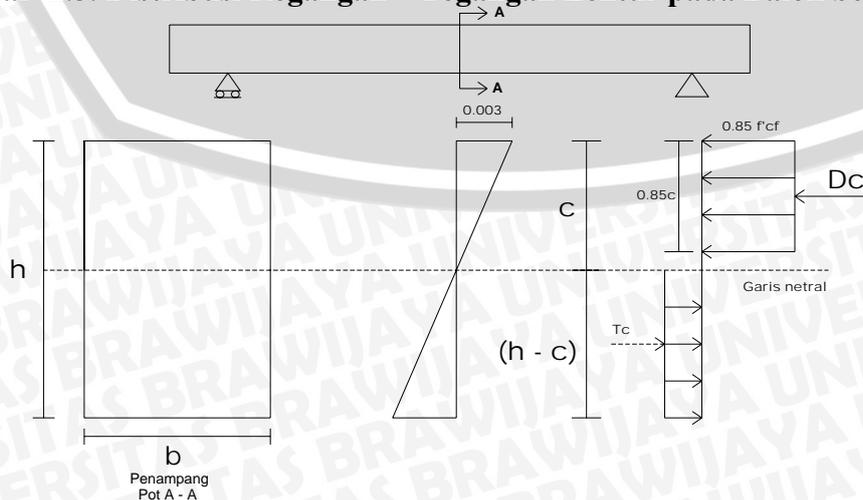
Dalam aplikasinya, beton serat lebih banyak digunakan sebagai elemen penahan beban lentur dibandingkan penahan akibat beban lainnya. Hasil percobaan menunjukkan peningkatan kuat lentur lebih tinggi daripada kuat tekan maupun kuat tarik belah. Peningkatan kuat lentur dipengaruhi oleh faktor volume fraksi dan aspek rasio serat. Dengan terjadinya peningkatan nilai volume fraksi maka kuat lentur akan meningkat, demikian pula aspek rasio yang tinggi juga meningkatkan kuat lentur.

Soroushian dan Bayasi ( 1987 ) membuktikan adanya peningkatan kuat lentur pada balok beton serat bila menggunakan serat dengan bentuk geometri yang beraneka ragam. Hal yang serupa menunjukkan pengaruh bentuk serat baja terhadap kuat lentur beton. Perilaku tersebut menunjukkan besarnya energi yang dapat diserap beton serat baja selama proses pembebanan dibanding dengan beton tanpa serat yang secara drastis akan terjadi peningkatan kemampuan menahan beban setelah mencapai tegangan desak maksimum.

Penelitian yang dilakukan oleh Iwan Irawan ( 2005 ), yaitu terhadap beton dengan mutu K 175 dengan penambahan serat baja, meliputi pengujian benda uji silinder 150mm x 300 mm dan balok 750mm x 150mm x 150mm. Hasil pengujian meliputi kuat tekan, kuat lentur serta modulus elastisitas. Hasil percobaan menunjukkan bahwa serat baja mempunyai pengaruh terhadap kekuatan tekan, lentur dan modulus elastisitas beton dibandingkan dengan beton tanpa serat. Ternyata kuat tekan dan modulus elastisitas beton serat mempunyai nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan beton tanpa serat, kecuali kuat tekan untuk beton serat dengan kadar 0 - 1%. Selain itu juga workability campuran berkurang seiring dengan makin besarnya kadar serat. Sedangkan kuat lentur beton serat lebih tinggi dibandingkan dengan beton tanpa serat. Beton serat akan sangat menguntungkan apabila digunakan pada konstruksi dimana kuat lenturnya dominan seperti pada perkerasan jalan.

Untuk mengetahui seberapa besar tegangan dan gaya-gaya yang timbul pada penampang balok beton serat yang bekerja menahan momen batas yaitu momen akibat beban luar yang timbul tepat pada saat terjadi hancur, maka perlu dilakukan analisa terhadap penampang balok beton serat. Kekuatan momen lentur balok beton bertulang dengan penambahan serat seperti pada gambar 2.5. dibawah ini.

**Gambar 2.5. Distribusi Regangan – Tegangan Lentur pada Balok beton fiber 1**



( Sumber : Swamy dan Al Ta'an ; 1981 )

Distribusi tegangan dianggap linier, dengan regangan maksimum di serat beton terdesak sebesar 0,0030. Diagram tegangan yang telah di idealisasikan dengan bagian desak digunakan diagram berbentuk segitiga. Momen ultimate yang dapat didukung oleh tampang tersebut, yaitu :

$$Mu = Tc \left[ 0.575c + \left( \frac{h-c}{2} \right) \right] \dots \dots \dots ( 2 - 4 )$$

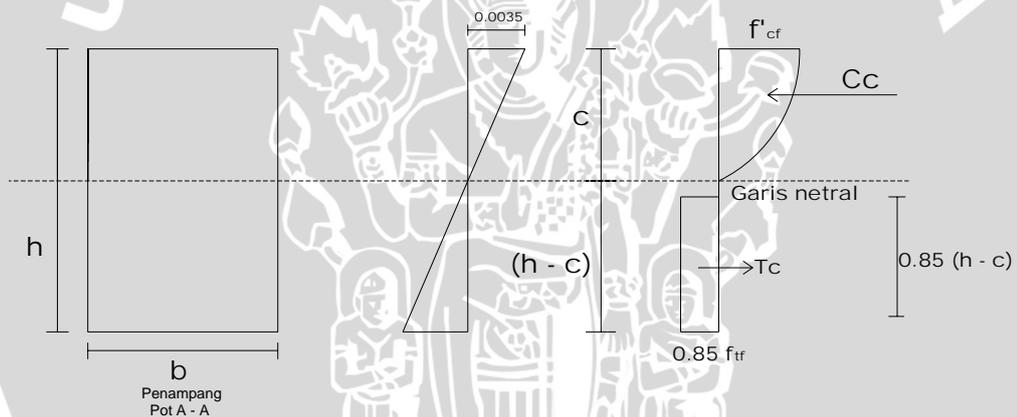
( Swamy dan Al Ta'an ; 1981 )

Menurut usulan Jindall ( 1983 ), Distribusi tegangan dianggap linier, dengan regangan maksimum di serat beton terdesak sebesar 0,0040. Momen ultimate yang dapat didukung oleh tampang tersebut, yaitu :

$$Mu = Tc [ 0.575c + 0.575(h - c) ] \dots \dots \dots ( 2 - 5 )$$

Distribusi regangan dan tegangan juga dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini

**Gambar 2.6. Distribusi Regangan – Tegangan Lentur pada Balok beton fiber 2**



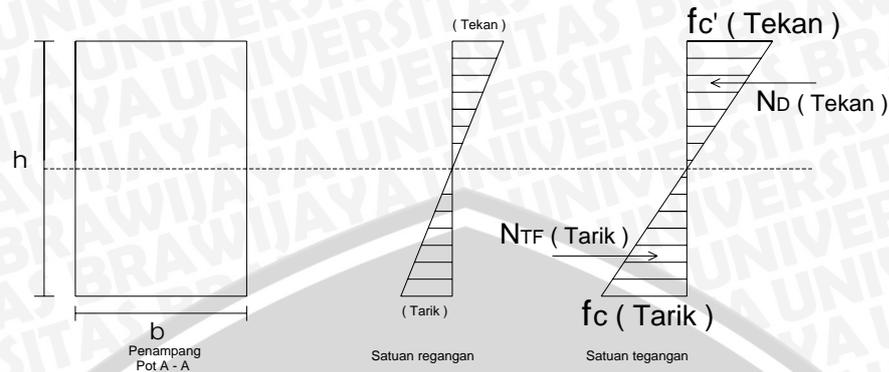
( Suhendro ; Perilaku Serat Bendrat Pada Kuant Tarik Beton, 1991 )

Momen Lentur Nominal.

$$Mn = T_{cf} \cdot \frac{(h-c)}{2} + Cc \cdot \frac{5}{8} \cdot c \dots \dots \dots ( 2 - 6 )$$



**Gambar 2.7. Distribusi Regangan – Tegangan Lentur pada Balok beton Tanpa Serat**



( Sumber :Istimawan D.; Struktur Beton Bertulang, 1999 )

### 2.8. Hipotesis Penelitian

Dari uraian di atas dapat diambil hipotesis awal penelitian sebagai berikut. Pada beton dengan penambahan serat aluminium akan berpengaruh terhadap kuat lentur beton



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton dan Aplikasi Semen Perusahaan Semen Gresik. Tbk. Dilaksanakan mulai bulan November sampai bulan Januari

### 3.2. Peralatan dan Bahan

#### Peralatan

- Satu set ayakan
- Oven
- Vibrator
- Timbangan
- Picnometer
- Mesin Mixer
- Cetakan benda uji balok ukuran  $15 \times 15 \times 75 \text{ cm}^3$
- Alat Uji Lentur Standar
- Satu set peralatan pemeriksaan Slump ( Kerucut Abrams )
- Tongkat pemadat berdiameter 10 mm dan panjang 30 cm
- Peralatan tambahan : sendok semen, sekop, palu, tang pemotong, gunting
- Bak perendam, karung goni
- Dial Gauge
- Alat Dokumentasi

#### Bahan

- Agregat halus : Pasir Alami
- Agregat kasar : Batu pecah alami
- Semen : Portland type 1
- Air : Air PDAM
- Serat : Limbah Aluminium mesin Bubut dari Lab Proses  
Produksi Mesin UB

### 3.3. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur yang kami laksanakan adalah sebagai berikut:

#### a. Pengujian Bahan



#### b. Pembuatan benda uji



### 3.4. Identifikasi Bahan Yang Digunakan

#### 3.4.1 Air

Air yang digunakan untuk penelitian ini diambil dari PT. Semen Gresik Tbk.

#### 3.4.2 Semen

Semen yang digunakan adalah semen portland yaitu Semen Gresik Tipe I, yang banyak terdapat dipasaran dan paling sering digunakan untuk jenis pekerjaan konstruksi biasa.

#### 3.4.3 Pasir

Pasir yang digunakan adalah pasir yang banyak didapat di sekitar lokasi penelitian, yang merupakan pasir tambang. Pasir diusahakan dalam kondisi mendekati keadaan yang sebenarnya di lapangan, sehingga tidak perlu dicuci tetapi dijaga dari kotoran organik, lumpur, dan sampah.

#### 3.4.4 Agregat Kasar

Agregat kasar berupa kerikil dari batu pecah alami

#### 3.4.5 Serat Aluminium

Serat aluminium yang akan digunakan untuk percobaan merupakan limbah mesin bubut.

### 3.5. Pengujian Bahan Dasar

Langkah pertama sebelum memulai penelitian ini, dilakukan pengujian terhadap bahan-bahan dasarnya terlebih dahulu.

#### 3.5.1. Agregat halus ( pasir )

Pengujian pasir meliputi uji analisis saringan dan sifat fisisnya. Yang dimaksud dengan analisa saringan agregat adalah penentuan presentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka – angka presentase digambarkan pada grafik pembagian butir ( SNI M-08-1989-F : 1) . Yang dimaksud agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no. 4 ( 4.75 mm ) (SNI M-19-1989-F : 1)

Pengujian sifat fisis pasir meliputi (1) pengujian berat jenis dan (2) penyerapan. Tujuan dari pengujian adalah untuk mendapatkan angka untuk berat jenis curah, berat jenis permukaan jenuh, berat jenis semu, dan penyerapan air pada agregat halus. Cara pengujian agregat halus mengikuti standar SNI M-19-1989-F.

Dalam metode ini dilakukan perhitungan :

- Berat jenis curah : 
$$\frac{B_k}{(B + 500 - B_i)}$$

- Berat jenis jenuh kering permukaan :  $\frac{500}{(B + 500 - B_t)}$
- Berat jenis semu :  $\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$
- Penyerapan :  $\frac{(500 - B_k)}{B_k} \times 100\%$

dimana:  $B_k$  = berat benda uji kering oven, gram  
 $B$  = berat piknometer berisi air, gram  
 $B_t$  = berat piknometer berisi benda uji dan air, gram  
 500 = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, gram

### 3.5.2. Agregat kasar ( kerikil )

Pengujian yang akan dilakukan pada kerikil adalah uji analisis saringan dan sifat fisisnya. Pengujian analisis saringan dilakukan untuk mengetahui gradasi kerikil tersebut. Yang tergolong sebagai agregat kasar adalah butiran yang tertinggal diatas ayakan no. 4 ( 4.75 mm ).

Pengujian sifat fisis kerikil meliputi (1) pengujian berat jenis dan (2) penyerapan. Perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat kasar menurut SNI-M-09-1989-F adalah sebagai berikut:

- Berat jenis curah ( *bulk specific gravity* )

$$\frac{B_k}{B_j - B_a}$$

- Berat jenis kering permukaan jenuh ( *saturated surface dry* )

$$\frac{B_j}{B_j - B_a}$$

- Berat jenis semu ( *apparent specific gravity* )

$$\frac{B_k}{B_k - B_a}$$

- Penyerapan

$$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$$

dimana :

$B_k$  = berat benda uji kering oven, gr

$B_j$  = berat benda uji kering permukaan jenuh, gr

$B_a$  = berat benda uji kering permukaan jenuh didalam air, gr

Cara uji atau prosedur pengujian berdasarkan SNI M-09-1989-F

### 3.5.3. Serat Aluminium

Pengujian sifat fisis serat aluminium dalam hal ini adalah pengujian berat jenis. Tujuan dari pengujian adalah untuk mendapatkan angka berat jenis dari serat aluminium. Prinsip pengujian serat hampir sama dengan pengujian berat jenis pada agregat halus. Perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$B_j = \frac{w_2 - w_1}{\Delta V}$$

Dimana :

$B_j$  = Berat jenis serat aluminium

$w_1$  = Berat 100 ml air dalam gelas ukur (gr)

$w_2$  = Berat 100 ml air dan 100 ml serat dalam gelas ukur (gr)

$\Delta V$  = Perubahan volume = 100

### 3.6. Proses Pengolahan Serat Aluminium Sebelum Dicampur Dalam Benda Uji

Pengolahan serat aluminium sebagai salah satu campuran dalam benda uji adalah dengan cara memotong – motong serat berdasarkan panjang yang ditentukan. Panjang serat yang dipotong antara 1cm sampai 4 cm, bentuk serat diabaikan dalam proses pemotongan, jadi hasil yang didapatkan dari pemotongan serat aluminium ini adalah serat berbentuk lurus, bengkok, dan kait, dengan panjang antara 1 sampai 4 cm.

### 3.7. Prosedur Perencanaan Campuran Beton ( Mix Design )

Perencanaan campuran beton ( mix design ) yang dibuat mengacu pada metode DOE dan berdasarkan SNI 03 – 2834 – 2000, dengan  $f'c$  yang telah ditentukan yaitu sebesar 20 Mpa.

Langkah – langkah pembuatan rencana campuran beton normal :

1. Tentukan nilai kuat tekan beton (  $f'c$  ) yang dibutuhkan pada umur tertentu ( 28 hari ) yang dalam hal ini nilai  $f'c$  yang ditetapkan sebesar 20 Mpa.
2. Tentukan nilai deviasi standard sebesar 7 Mpa ( Tingkat pengendalian mutu jelek dan batas nilai dari  $f'cr$  yang ditentukan )
3. Menghitung nilai tambah ( M ).

$$\text{Rumus : } M = 1.64 S$$

Dimana :

M : Nilai Margin

S : Standar Deviasi

4. Hitung kuat tekan rata – rata target  $f'_{cr}$

Rumus :  $f_{cr} = f'_c + M$

5. Tetapkan jenis semen

6. Tentukan jenis agregat kasar dan halus : kasar ( batu pecah ), halus (pasir alami )

7. Menentukan factor air semen ( FAS )

8. Menentukan factor air semen maksimum ( FAS maks ) sebesar 0.6.

9. Tentukan nilai slump ( 100 – 120 mm )

10. Tentukan ukuran agregat maksimum ( 40 mm )

11. Tentukan nilai kadar air bebas menurut butir

12. Hitung jumlah/kadar semen, yaitu kadar air bebas dibagi factor air semen

13. Tentukan susunan butiran agregat halus ( pasir ), kalau agregat halus sudah dikenal dan sudah dilakukan analisa ayakan menurut sumber yang berlaku, maka dapat dibandingkan dengan kurva analisa ayakan agregat halus yang ada. ( Zona 1 sampai 4 )

14. Tentukan susunan agregat kasar menurut grafik ukuran maks agregat ( maks 10 mm, 20 mm, dan 40 mm )

15. Tentukan presentase pasir dengan perhitungan atau menggunakan grafik 13 sampai 15. Dengan diketahui ukuran butiran maksimum menurut butir 10, slump menurut butir 9, factor air semen menurut butir 7, dan daerah susunan agregat butir 13, maka jumlah presentase pasir yang diperlukan dapat dibaca digrafik

16. Hitung berat jenis relatif agregat

17. Tentukan berat isi beton menurut grafik 16 sesuai dengan kadar air bebas yang sudah ditentukan dari tabel 3 dan berat jenis relative dari agregat gabungan menurut butir 15.

18. Hitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton dikurangi kadar semen dan kadar air bebas.

19. Hitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir butir 15 dengan agregat gabungan.

20. Hitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan dikurangi kadar agregat halus

21. Kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan ( SSD )

### 3.8. Metode pencampuran fiber dalam pembuatan benda uji

Untuk mendapatkan pencampuran merata, dilakukan pengadukan cara basah. Agregat kasar dan halus dimasukkan ke mesin mixer beton dengan pengaduk berupa tiga gigi, biarkan kurang lebih 30 detik, bersamaan dengan memasukkan air sebanyak 30%-40%, kemudian masukkan semen. Setelah semua bahan tercampur selama 3 menit, masukkan serat aluminium. Selanjutnya dilakukan uji slump dan dilakukan pengecoran pada cetakan.

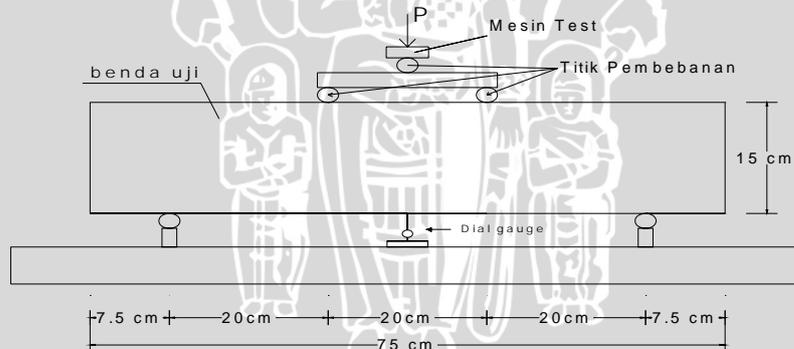
### 3.9. Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dimulai setelah benda uji dilepaskan dari cetakan. Perawatan benda uji yang dilakukan dengan cara merendam benda uji sampai umur pengujian. Ini dilakukan agar kelembaban beton tetap terjaga sehingga air dalam beton tidak menguap dan proses hidrasi pada beton dapat berlangsung dengan baik.

### 3.10. Pengujian Kuat Lentur Beton

Pengujian lentur dilakukan dengan percobaan berdasarkan ASTM C78 dan standard SNI 03 – 4431 – 1997 dengan dimensi balok  $150 \times 150 \times 750 \text{ mm}^3$ .

Pengujian menggunakan dial gauge



a. Langkah – langkah pengujiannya adalah :

1. Hidupkan mesin kuat tekan beton yang telah disiapkan, tunggu kira – kira 30 detik
2. Atur benda uji sehingga siap untuk pengujian
3. Atur pembebanan 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,

5. Kurangi kecepatan pembebanan pada saat – saat menjelang patah yang ditandai dengan kecepatan gerak jarum pada skala beban agak lambat, sehingga tidak terjadi kejut.
  6. Hentikan pembebanan dan catat beban maksimum yang menyebabkan patahnya benda uji
- b. Perhitungan modulus runtuh:

Berdasarkan ASTM C78

- a. Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada didaerah pusat pada 1/3 jarak Titik perletakan pada bagian tarik dari beton, maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan :

$$R = \frac{Pl}{bd^2}$$

dimana:

R = modulus hancur (MPa)

P = Beban maksimum (N)

l = panjang gelagar (mm)

b = lebar balok (mm)

d = tinggi balok (mm)

- b. Bila retak terjadi di daerah tarik pada luar 1/3 bentang bagian tengah untuk tidak lebih dari 5% panjang balok maka digunakan rumus:

$$R = \frac{3Pa}{bd^2}$$

dimana:

- a = jarak rata-rata antara garis runtuh ke tumpuan terdekat pada bidang tarik

### 3.11. Rancangan Penelitian

Rancangan percobaan ini menggunakan benda uji beton serat berupa balok dimensi ( 150 x 150 x 750 ) mm<sup>3</sup> dengan jumlah 12 buah . Dimana untuk mendapatkan gambaran kuat lentur beton serat terhadap beton normal. pengujian ini dilakukan pada saat beton mencapai umur 28 hari.

Rancangan penelitian adalah sebagai berikut:

- Mutu beton yang diharapkan  $f_c'$  20 Mpa
- Perbandingan campuran menggunakan mix desain

- Komposisi campuran beton dibuat dengan variasi serat Aluminium terhadap volume beton yaitu : 0 %, 1 %, 2 %, dan 3 %.
- Jumlah benda uji untuk setiap variasi adalah 3 buah

**Tabel 3.1. Pengaruh Penambahan Serat Aluminium Limbah Mesin Bubut Terhadap Kuat Lentur Beton**

Umur ( Hari ) Balok 15x15x75 cm <sup>3</sup>	Persentase Serat Aluminium			
	0%	1 %	2%	3%
28	3X	3X	3X	3X

### 3.12. Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang diukur adalah sebagai berikut :

- Variabel bebas adalah variabel yang ditentukan secara bebas oleh peneliti, sesuai dengan konsep penelitian yang ditetapkan. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah prosentase penambahan serat Aluminium limbah mesin bubut sebesar 0%, 1%, 2%, dan 3%.
- Variabel tak bebas adalah variabel yang nilainya tergantung dari variabel bebas. Variabel tak bebas dalam penelitian ini adalah kuat lentur beton

### 3.13. Analisa Data

#### 3.13.1. Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis adalah suatu cara untuk membuktikan suatu anggapan atau pernyataan mengenai satu populasi atau lebih, apakah diterima atau tidak. Dengan demikian dapat diketahui ada atau tidaknya pengaruh penambahan serat limbah aluminium terhadap kuat lentur beton.

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat, maka dilakukan uji hipotesis menggunakan analisis varian. Karena penelitian ini hanya terdiri dari variabel presentase serat baja sebagai variabel bebas dan kuat lentur beton sebagai variabel terikat. Maka analisis varian yang digunakan adalah analisis variansi eka arah atau disebut analisis pada rancangan acak lengkap, dan pengujiannya menggunakan uji F.

Definisi Anava satu arah adalah bila ada t perlakuan terhadap populasi, dan masing – masing merupakan nilai pengamatan  $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots, \mu_t$ , dengan anggapan bahwa hasil dari pengamatan 1 ke n dianggap mempunyai nilai heterogen. Maka hipotesis nol dan hipotesis alternatifnya ditulis :

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_t,$$

H1 = Paling tidak dua diantaranya tidak sama.

Dimana :

H0 = Hipotesis awal, yang menyatakan tidak ada pengaruh penambahan serat terhadap kuat lentur.

H1 = Hipotesis alternatif yang menyatakan adanya pengaruh penambahan serat pada beton normal terhadap kuat lentur

$F_{Hitung}$  yang didapat dari hasil anava akan dibandingkan dengan  $F_{Tabel}$ , sesuai dengan derajat bebas dengan faktor kesalahan 5 % ( $\alpha = 0.05$ )

Adapun tahap – tahap uji hipotesis dengan analisis varian satu arah adalah :

1. Tentukan hipotesis

$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_t$ ,

H1 = Paling tidak dua diantaranya tidak sama.

2. Tentukan taraf keberartian berukuran  $\alpha$

Nilai  $\alpha$  yang dipakai pada penelitian ini adalah 5 % ( $\alpha = 0.05$ ), dimana nilai ini nantinya untuk menentukan nilai  $F_{Tabel}$ .

3. Tentukan kriteria pengujian

t = Jumlah variasi perlakuan

y = Jumlah sampel untuk tiap perlakuan

n = jumlah keseluruhan sampel

4. Menghitung nilai  $f_{hitung}$

5. Kesimpulan

H0 diterima dan H1 ditolak bila  $F_{Hitung} \leq F_{Tabel}$

H0 ditolak dan H1 diterima bila  $F_{Hitung} \geq F_{Tabel}$

### 3.13.2. Analisa Regresi

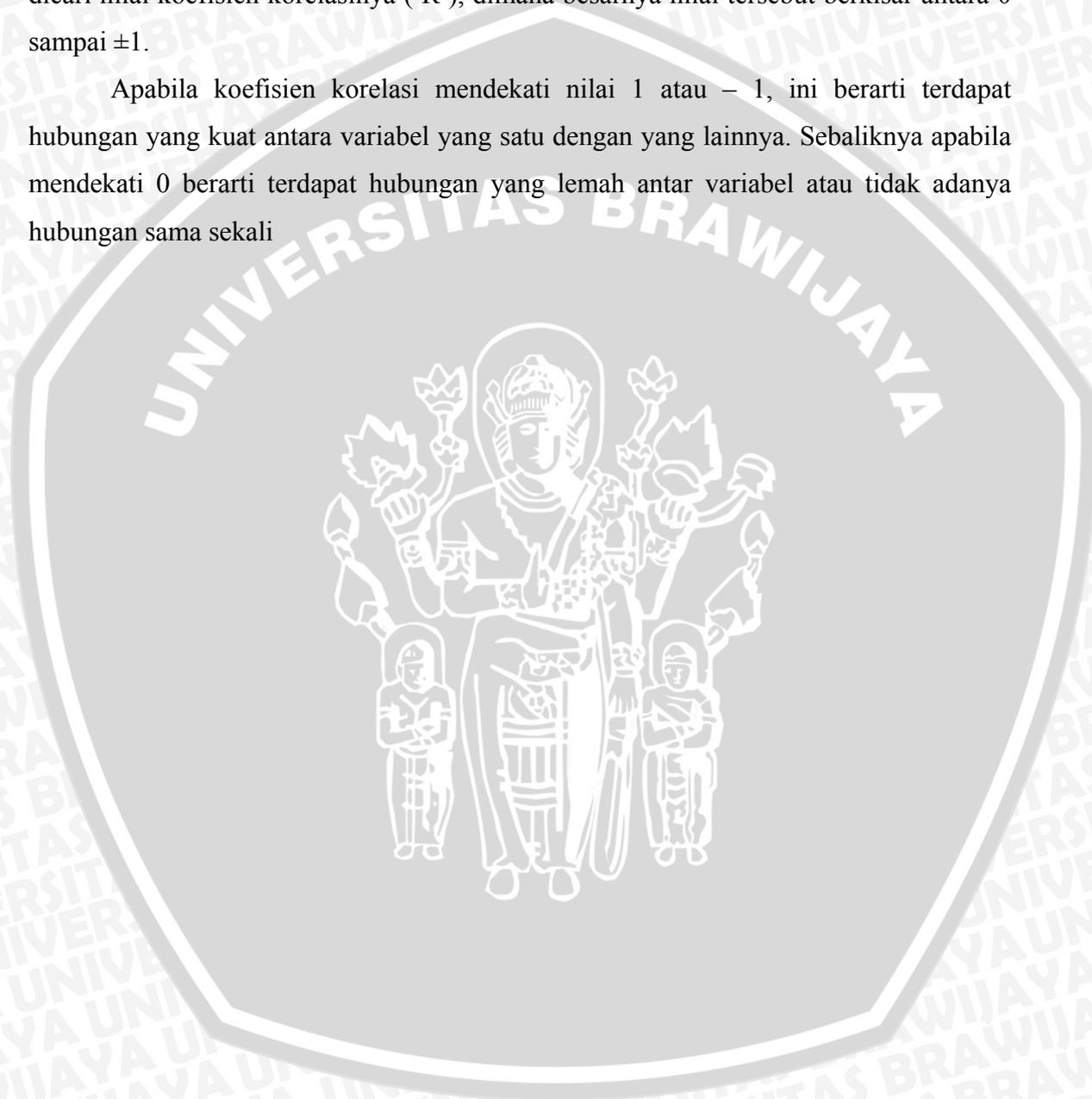
Dalam penelitian ini digunakan analisis regresi untuk mengetahui hubungan antara prosentase serat Aluminium terhadap nilai kuat lentur beton pada masing-masing benda uji. Dengan Variabel Y adalah nilai dari kuat lentur sedangkan variabel X adalah prosentase penambahan serat aluminium.

Model persamaan regresi dipilih dengan melihat sebaran datanya dan kesesuaian teori yang ada. Kemudian dengan mempertimbangkan bentuk persamaan regresi yang digunakan, maka perlu diuji kesesuaiannya dengan uji F. Untuk mengetahui tingkat keterandalan model persamaan regresi tersebut maka perlu dilakukan pengujian terhadap nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ), yaitu besarnya variabel Y yang dapat

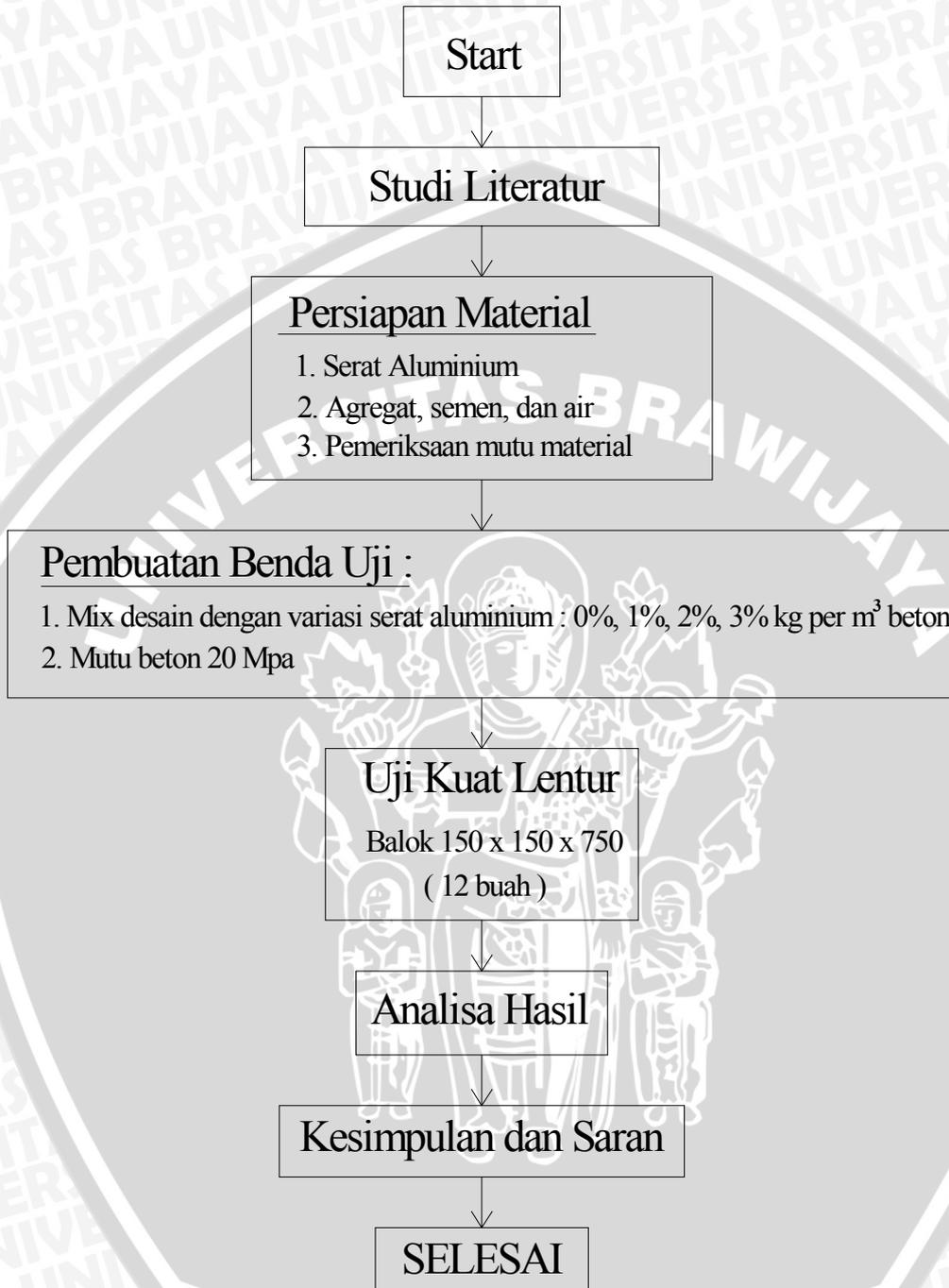
diterangkan oleh variabel  $X$  menurut persamaan yang diperoleh. Besarnya nilai koefisien tersebut berkisar antara 0 sampai  $\pm 1$ .

Apabila nilai koefisien determinasinya semakin mendekati nilai  $\pm 1$  maka model persamaan yang digunakan semakin tinggi tingkat keterandalannya. Sedangkan untuk melihat kuat tidaknya hubungan antara variabel dalam analisis regresi ini, maka harus dicari nilai koefisien korelasinya ( $R$ ), dimana besarnya nilai tersebut berkisar antara 0 sampai  $\pm 1$ .

Apabila koefisien korelasi mendekati nilai 1 atau  $-1$ , ini berarti terdapat hubungan yang kuat antara variabel yang satu dengan yang lainnya. Sebaliknya apabila mendekati 0 berarti terdapat hubungan yang lemah antar variabel atau tidak adanya hubungan sama sekali



### 3.14. Diagram Alir Penelitian



## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Analisa Bahan yang Digunakan

##### 4.1.1 Semen

Dalam penelitian ini semen yang digunakan adalah semen Portland type I produksi PT. Semen Gresik.Tbk. Untuk semen ini tidak dilakukan pengujian khusus sehingga bisa langsung dipakai. Agar semen tetap dalam keadaan baik apabila setelah dipakai, sisanya disimpan dalam kantong plastik, ditutup rapat agar tidak lembab.

##### 4.1.2 Air

Dalam penelitian ini air yang digunakan adalah air yang berasal dari pabrik Semen Gresik. Air yang digunakan tidak perlu diuji secara khusus, sebab secara visual dianggap telah memenuhi syarat untuk material penyusun beton. Adapun dasar pemilihan air yang bersih adalah tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa dan dapat diminum

##### 4.1.3 Agregat Halus

Agregat halus yang dipakai dalam penelitian ini adalah pasir alam yang sudah disediakan oleh laboratorium aplikasi semen di Semen Gresik. Adapun pemeriksaan terhadap agregat halus meliputi : analisa saringan, berat jenis curah, berat jenis permukaan, berat jenis semu, dan penyerapan. Setelah dilakukan analisis, didapat hasil sebagai berikut.

**Tabel 4.1. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus**

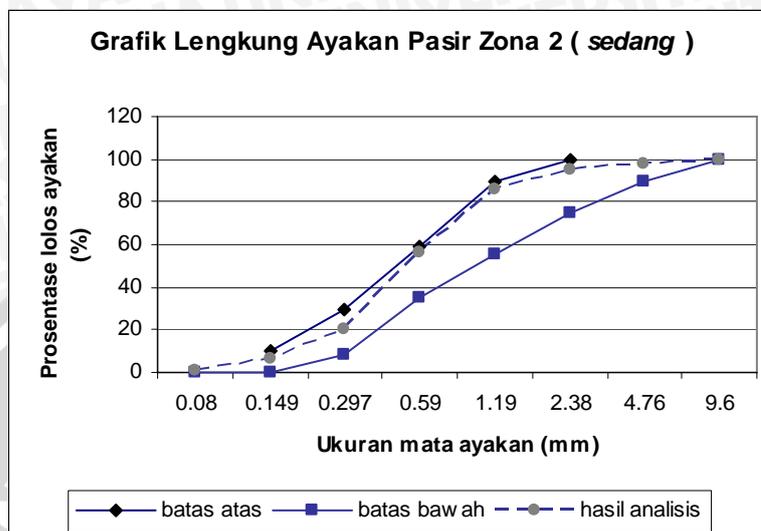
Jenis Pemeriksaan	Satuan	Nilai
Berat jenis curah (Bulk specific gravity) $(B_k/(B_j-B_a))$	-	2.748
Berat jenis ssd $(B_j/(B_j-B_a))$	-	2.749
Berat jenis semu $(B_k/(B_k-B_a))$	-	2.751
Penyerapan (%) $((B_j-B_k)/B_k \times 100\%)$	%	1.210

Sumber : Hasil Penelitian

Setelah dilakukan pengujian terhadap agregat halus, maka didapatkan bahwa pasir masuk dalam zona II, yang menyatakan bahwa pasir bergradasi sedang dan bagus digunakan dalam pengecoran beton, dengan kandungan lumpur  $0.47 \% < 5 \%$  yang

disyaratkan, sehingga pasir tidak perlu dicuci untuk mengurangi kadar lumpur yang dapat merusak kekuatan beton. Hasil perhitungan gradasi pasir dapat dilihat pada lampiran 1 dan zona pasir terlampir pada Grafik 4.1 dibawah ini

**Gambar 4.1. Grafik Gradasi Agregat Halus**



Sumber : Hasil Penelitian

Dari tabel 4.1 didapat berat jenis agregat adalah 2.749, berdasarkan peraturan ASTM C 128 agregat hasil pengujian merupakan agregat normal karena sesuai dengan berat jenis standard yaitu  $2.749 > 2.6$ . Nilai absorpsi adalah 1.210 % kurang dari 3 % ( ASTM C 128 ). Selain itu dari hasil uji gradasi didapat nilai modulus kehalusan sebesar 2.3, nilai ini masuk dalam standar ASTM C 33 – 89a yaitu 2.3 – 3.1, serta sesuai dalam peraturan standar SNI S – 04 – 1989 – F yaitu 1.5 – 3.8, jadi agregat dapat digunakan sebagai bahan campuran beton.

Uraian pelaksanaan dan perhitungan analisa agregat halus selengkapnya dapat dilihat dalam lampiran 1.

#### 4.1.4 Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah dengan ukuran butiran maksimum 40 mm yang sudah tersedia di laboratorium, perhitungan agregat kasar meliputi analisis ayakan, berat jenis, dan absorpsi. Setelah dilakukan perhitungan didapat sebagai berikut :

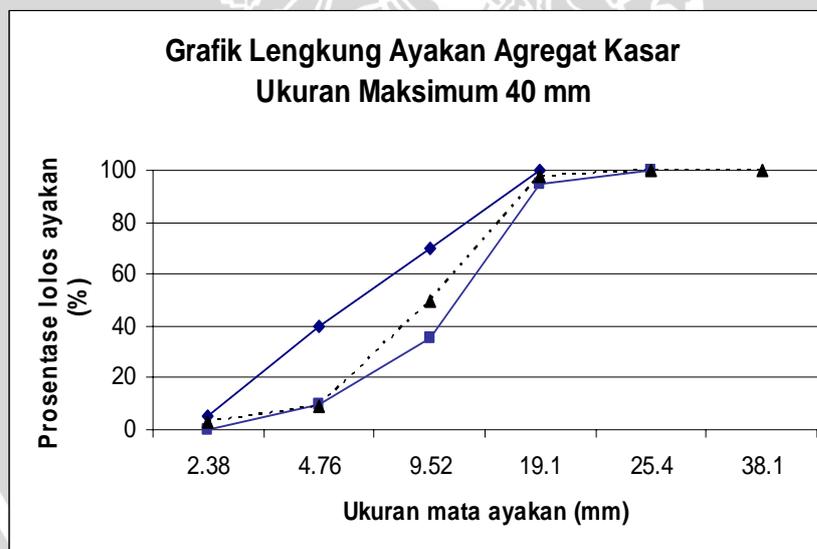
Tabel 4.2. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Jenis Pemeriksaan	Satuan	Nilai
Berat jenis curah (Bulk specific gravity) ( $B_k/(B_j-B_a)$ )	-	2.672
Berat jenis ssd ( $B_j/(B_j-B_a)$ )	-	2.759
Berat jenis semu ( $B_k/(B_k-B_a)$ )	-	2.927
Penyerapan (%) ( $(B_j-B_k)/B_k \times 100\%$ )	%	2.060

Sumber : Hasil Penelitian

Setelah dilakukan pengujian gradasi agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini maka didapatkan bahwa agregat kasar termasuk dalam zona agregat ukuran maksimum 40 mm. Data perhitungan penelitian menunjukkan bahwa kandungan lumpur adalah  $0.95\% < 1\%$  ( SNI S – 04 – 1989 – F ), sehingga agregat tidak perlu dicuci lagi untuk mengurangi kandungan lumpur yang dapat merusak kekuatan beton. Hasil perhitungan gradasi agregat kasar dapat dilihat pada lampiran 2, dan zona gradasi butiran agregat kasar terlampir pada grafik 4.2 dibawah ini.

Gambar 4.2. Grafik Gradasi Agregat Kasar ( Batu Pecah )



Sumber : hasil penelitian

Dari tabel 4.2 didapat berat jenis agregat adalah 2.759, berdasarkan peraturan ASTM C 127 merupakan agregat normal karena sesuai dengan berat jenis standard yaitu  $2.749 > 2.6$ . Nilai absorpsi adalah 2.060 % kurang dari 3 % ( ASTM C 127 ). Selain itu dari hasil uji gradasi didapat nilai modulus kehalusan sebesar 4.1825, nilai ini tidak masuk dalam standar ASTM C 35 – 37 yaitu 7.49 – 9.55, juga tidak masuk dalam peraturan standar SNI S – 04 – 1989 – F yaitu 6 – 7.10, jadi agregat masih bisa digunakan sebagai bahan campuran beton.

Uraian pelaksanaan dan perhitungan analisa agregat halus selengkapnya dapat dilihat dalam lampiran 2.

#### **4.1.5 Serat Aluminium Limbah Mesin Bubut**

Serat yang dipakai adalah berupa serat sisa limbah aluminium mesin bubut yang dipotong – potong dengan panjang  $\pm 40$  mm. Hasil pemeriksaan diperoleh berat jenis serat  $G_s = 1.52$ . Variasi serat aluminium pada penelitian ini dengan konsentrasi serat : 0%, 1%, 2%, dan 3% dari volume adukan beton.

Untuk mengetahui hasil pengujian berat jenis serat selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 5.

#### **4.2 Campuran Beton**

Perbandingan campuran untuk beton normal dan beton serat didapat dari hasil rancangan campuran beton dibuat berdasarkan SK SNI 03 – 2834 – 1993. Tujuan penggunaan tata cara ini adalah untuk mendapatkan proporsi campuran yang dapat menghasilkan mutu beton yang direncanakan yaitu 20 Mpa. Campuran yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah sama dan berdasarkan perbandingan berat yaitu: Semen : Pasir : Kerikil = 1 : 2.03 : 3.77

#### **4.3 Pengujian Beton Segar**

Pengujian yang dilakukan terhadap beton segar yaitu uji slump, pengujian ini mengacu pada standart SNI – 03 – 1972 – 1990 yang bertujuan untuk mengetahui nilai slump serta mengetahui kekentalan dan workability dari adukan beton, alat yang digunakan adalah cetakan dari logam tebal minimal 1.2 mm berupa kerucut terpancung ( Abrams ) dengan diameter bawah 203 mm, bagian atas 102 mm, dan tinggi 305 mm, bagian atas dan bawah terbuka.

Untuk mengetahui nilai slump, beton segar dimasukan kedalam kerucut tersebut dalam tiga lapis dimana tiap lapis yang berisi  $\pm 1/3$  isi cetakan dipadatkan dengan tusukan tongkat besi sebanyak 25 kali secara merata, setelah semua lapisan terisi dengan adukan beton, angkat kerucut dan ukur tinggi benda uji. Dalam penelitian ini digunakan nilai f.a.s yang sama untuk semua bentuk serat aluminium yang dipergunakan tetapi menghasilkan nilai slump yang berbeda dikarenakan pengaruh penggunaan prosentase serat yang berbeda. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Slump dan Berat Isi Beton

No	Jenis Beton	Kode Benda Uji	f.a.s	Slump ( cm )	Rata - rata ( cm )	Berat isi (kg/m <sup>3</sup> )
1	Beton Normal	BN1	0.55	11.5	11.13	2473
		BN2	0.55	11.5		
		BN3	0.55	10.4		
2	Beton Serat 1%	BF1	0.55	9.6	11.00	2433
		BF2	0.55	11.7		
		BF3	0.55	11.7		
3	Beton Serat 2%	BF1	0.55	10.2	9.97	2255
		BF2	0.55	10.2		
		BF3	0.55	9.5		
4	Beton Serat 3%	BF1	0.55	6.2	5.87	2232
		BF2	0.55	5.7		
		BF3	0.55	5.7		

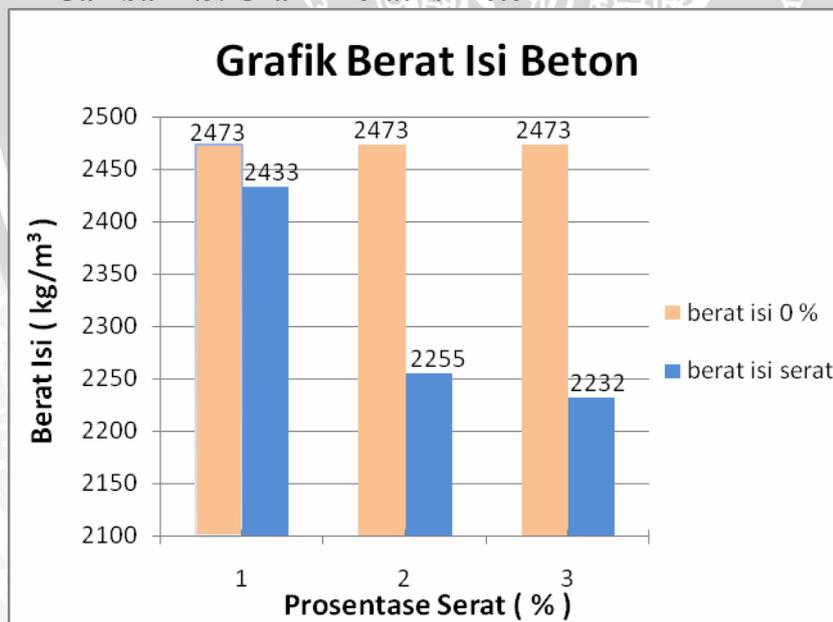
Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 4.4. Prosentase Penurunan Berat Isi Beton

Variasi Serat	Prosentase Penurunan Berat Isi
1%	1.62
2%	8.82
3%	9.75

Sumber : Hasil Penelitian

Gambar 4.3. Grafik Berat Isi Beton



Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.4 Perawatan Beton

Perawatan ( curing ) pada benda uji ini mengacu pada standart SNI – 03 – 2493 – 1991, yaitu jika tidak ditentukan dengan cara lain maka dilakukan dengan cara

merendam seluruh benda uji dalam air yang mempunyai suhu  $23 \pm 2^\circ \text{C}$  ( Suhu ruangan ) mulai pelepasan cetakan sampai saat pengujian dilakukan. Tujuannya adalah untuk menjaga proses pengeringan antara didalam dan permukaan beton berjalan bersamaan, karena pada saat proses pengeringan beton mengeluarkan panas akibat proses hidrasi.

#### 4.5 Pengujian Beton Keras

##### 4.5.1 Kuat Tekan Beton

Pemeriksaan kuat tekan dilakukan pada 3 buah beton silinder. Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah umur beton mencapai 28 hari. Pengujian dilakukan dengan menekan beton menggunakan alat “*Compression Testing Mechine*”, kemudian dicatat beban maksimumnya.

**Tabel 4.5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder Untuk Mutu Beton**

No	Benda Uji	Tinggi ( cm )	Berat ( kg )	Beban Maks ( kg )	Kuat Tekan ( Mpa )	Kuat Tekan rata - rata ( Mpa )
1	Beton Normal	30.1	12.4	54800	31.026	31.064
2	Beton Normal	30.5	12.4	52000	29.441	
3	Beton Normal	30	12.3	57800	32.725	

Sumber : Hasil penelitian

Dari hasil diatas didapatkan nilai kuat tekan rata – rata yaitu 31.064 Mpa, dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan pengujian telah memenuhi dari nilai kuat tekan yang disyaratkan yaitu sebesar 20 Mpa. Sehingga komposisi mix design yang direncanakan dapat dipakai.

##### 4.5.2 Kuat Lentur Beton

Pengujian kuat lentur pada beton keras dilakukan pada umur 28 hari dengan menggunakan alat Universal Testing Machine ( UTM ). Pengujian kuat lentur dilakukan terhadap 12 balok dengan ukuran  $15 \times 15 \times 75 \text{ cm}^3$  dengan dua tumpuan dan dua titik pembebanan yang berjarak  $1/3$  tumpuan bentang, tumpuan berjarak 7.5 cm dari ujung balok. Adanya serat mengakibatkan berkurangnya sifat kemudahan dikerjakan. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.6. Kuat Lentur Balok Beton 15 x 15 x 75 cm<sup>3</sup>

Jenis Beton	Panjang Serat ( mm )	Berat Benda	Kode Benda Uji	Beban Maks P ( Kg )	Kuat Lentur fr ( kg/cm )	fr rerata ( Mpa )
Beton Normal	40	39.2	BN1	2180	4.844	4.348
	40	40.1	BN2	1920	4.267	
	40	40.8	BN3	1770	3.933	
Beton Serat 1%	40	36.8	BF1	2220	4.933	4.052
	40	35.6	BF2	1520	3.378	
	40	35.3	BF3	1730	3.844	
Beton Serat 2%	40	33.9	BF1	1380	3.067	2.911
	40	35.7	BF2	1240	2.756	
	40	32.3	BF3	1310	2.911	
Beton Serat 3%	40	37.1	BF1	2080	4.622	4.230
	40	35.1	BF2	1990	4.422	
	40	36.4	BF3	1640	3.644	

Sumber : Hasil Penelitian

Besar penurunan kuat tarik belah yang terjadi akibat variasi serat aluminium dapat ditabelkan sebagai berikut,

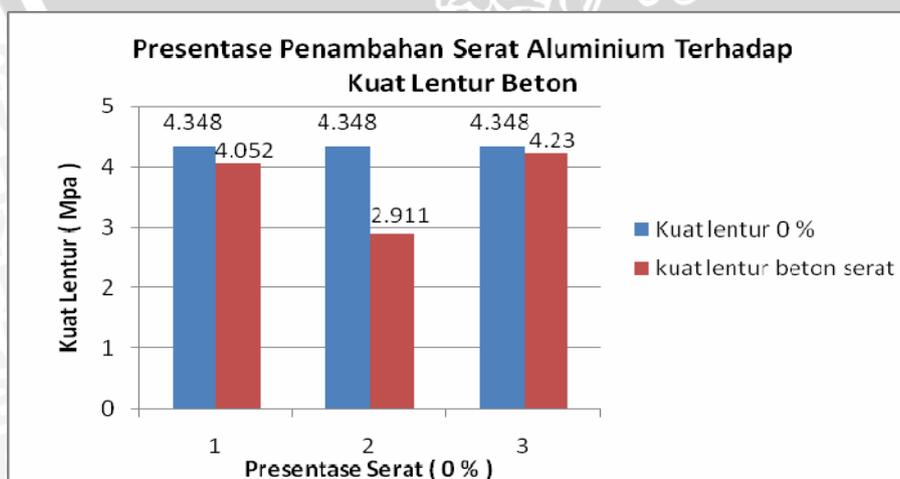
Tabel 4.7. Prosentase Penurunan Kuat Lentur Beton

No	Variasi Serat	Penurunan Kuat Lentur Beton
1	1%	6.81%
2	2%	33.05%
3	3%	2.73%

Sumber : hasil penelitian

Dari data diatas dapat dibuat grafik hubungan antara prosentase variasi serat terhadap kuat lentur beton seperti yang terlihat dibawah ini.

Gambar 4.4. Grafik Hubungan antara Persentase Variasi Serat terhadap Kuat Lentur Beton



Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan

#### 4.6 Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis dilakukan untuk membuktikan kebenaran suatu hipotesis awal penelitian terhadap hasil dari penelitian. Dipergunakan penerapan RAL (Rancangan Acak Lengkap) model tetap dengan ulangan yang sama. Data hasil pengujian kuat lentur beton dengan prosentase variasi serat aluminium ada pada tabel 4.7. dibawah ini.

**Tabel 4.8. Analisa Varian Satu Arah Terhadap Kuat Lentur**

Sampel	Kuat Lentur (Kg)				Total
	Normal	I	II	III	
1	4.844	4.933	3.067	4.622	$\left( \sum_{ij} Y_{ij} \right)^2$
2	4.267	3.378	2.756	4.422	
3	3.933	3.844	2.911	3.644	
Jumlah = $\bar{Y}_i$	13.044	12.155	8.734	12.688	46.621
Rata-rata = $\bar{\bar{Y}}$	4.348	4.052	2.911	4.229	

Sumber: Hasil pengujian dan perhitungan

Dari hasil penelitian tersebut dibuat langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

##### a. Model

Model yang cocok untuk analisis ini adalah model tetap, karena hanya ada 4 perlakuan yang tersedia untuk percobaan ini. Model tersebut adalah:

$$Y_{ij} = u + \tau_i + \epsilon_{ij} \quad \begin{array}{l} \text{nilai } i = 1, 2, \dots, 4 \\ \text{nilai } j = 1, 2, \dots, 4 \end{array}$$

Dengan:

$Y_{ij}$  = Kuat lentur dari balok ke-j yang memperoleh perlakuan ke-i.

$u$  = Nilai tengah umum (rata-rata populasi) kuat lentur.

$\tau_i$  = Pengaruh perlakuan ke-i.

$\epsilon_{ij}$  = Pengaruh galat percobaan.

##### b. Hipotesis

Ada 2 hipotesis penelitian, yaitu hipotesis awal ( $H_0$ ) dan hipotesis alternatif ( $H_1$ ). Hipotesis yang akan diuji melalui model analisis ini pada penelitian tentang pengaruh penggunaan serat aluminium terhadap kuat lentur beton adalah:

$$H_0 = \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = \tau_6 = 0, \text{ artinya tidak ada pengaruh penggunaan serat aluminium terhadap kuat lentur beton.}$$

$H_1 = \tau_1 \neq \tau_2 \neq \tau_3 \neq \tau_4 \neq \tau_5 \neq \tau_6 \neq 0$ , artinya ada pengaruh penggunaan serat

Aluminium terhadap kuat lentur beton

### c. Perhitungan

a. Menentukan derajat bebas (db) untuk setiap sumber keragaman:

$$db_{\text{total}} = \text{total banyaknya pengamatan} - 1 = 12 - 1 = 11$$

$$db_{\text{perlakuan}} = \text{total banyaknya perlakuan} - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$db_{\text{galat}} = db_{\text{total}} - db_{\text{perlakuan}} = 11 - 3 = 8$$

b. Dengan menggunakan notasi  $Y_{ij}$  sebagai hasil pengujian kuat lentur untuk masing-masing sampel,  $t$  sebagai jumlah perlakuan, dan  $r$  jumlah ulangan, maka dihitung jumlah kuadrat (JK), sebagai berikut:

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{Y^2 \dots}{rt} = \frac{\left( \sum_{i,j} Y_{ij} \right)^2}{rt}$$

$$= \frac{(46.621)^2}{3 \times 4}$$

$$= 181.127$$

$$\text{JK Total (JKT)} = \sum_{i,j} Y_{ij}^2 - FK$$

$$= [(4.844)^2 + (4.267)^2 + \dots + (3.644)^2] - 181.127$$

$$= 187.333 - 181.127$$

$$= 6.206$$

$$\text{JK Perlakuan (JKP)} = \frac{Y_1^2 + \dots + Y_t^2}{r} - FK$$

$$= \sum \frac{(\text{total perlakuan})^2}{r} - FK$$

$$= \frac{(13.044)^2 + (12.155)^2 + \dots + (12.688)^2}{3} - 181.127$$

$$= 3.926$$

$$\text{JK Galat (JKG)} = \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan}$$

$$= 6.206 - 3.926$$

$$= 2.28$$

c. Ditentukan kuadrat tengah (KT) melalui pembagian setiap JK dengan derajat bebasnya, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{KT Perlakuan (KTP)} &= \frac{JK \text{ Perlakuan}}{t-1} = \frac{3.926}{4-1} \\ &= 1.309 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KT Galat (KTG)} &= \frac{JK \text{ Galat}}{t(r-1)} = \frac{2.28}{4(3-1)} = \frac{2.28}{8} \\ &= 0.285 \end{aligned}$$

d. Ditentukan nilai  $F_{\text{hitung}}$  dengan:

$$F_{\text{hitung}} = \frac{KT \text{ Perlakuan}}{KT \text{ Galat}} = \frac{1.309}{0.285} = 4.592$$

e. Ditentukan nilai  $F_{\text{tabel}}$  dari pembacaan tabel F dengan menggunakan db perlakuan sebagai  $f_1$  dan db galat sebagai  $f_2$ . Nilai  $F_{\text{tabel}}$  untuk derajat bebas 3 dan 8 ( $f_1 = 3$  dan  $f_2 = 8$ ) pada taraf 5% adalah **4.07**

f. Ditentukan koefisien keragaman (kk) dengan:

$$\begin{aligned} \text{kk} &= \frac{(KT \text{ Galat})^{\frac{1}{2}}}{\text{nilai tengah umum}} \times 100\% \\ \text{Nilai tengah umum} &= \frac{Y..}{rt} = \frac{46.621}{4 \times 3} = 3.89 \\ \text{kk} &= \frac{(0.285)^{\frac{1}{2}}}{3.89} \times 100\% \\ \text{kk} &= 13.72 \% \end{aligned}$$

g. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, dibuat tabel analisa ragam sebagai berikut:

**Tabel 4.9. Analisis Ragam untuk Kuat Lentur Balok Tanpa Tulangan Campuran Serat Aluminium Limbah Mesin Bubut**

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel
					5%
Perlakuan	3	3.926	1.309	4.592	4.07
Galat	8	2.28	0.285		
Total	11	6.206			

Sumber: Hasil perhitungan

#### d. Keputusan

Berdasarkan hasil perhitungan manual dan menggunakan software SPSS 11 for Windows didapatkan nilai  $F_{hitung} = 4.592$  dan  $F_{hitung} = 4.590$  lebih besar daripada  $F_{tabel}$  pada taraf 5% ( 4.07 ), maka diputuskan Menolak  $H_0$ . Artinya, ada pengaruh pada prosentase variasi serat aluminium terhadap kuat lentur beton.

#### 4.7 Analisis Korelasi

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui apakah diantara variabel persentase variasi serat aluminium terhadap variabel kuat lentur beton terdapat hubungan dan jika ada hubungan, bagaimana arah hubungan dan seberapa besar hubungan tersebut. Dalam analisis ini dipakai cara pearson karena kedua variabel adalah kuantitatif. Hasil perhitungan analisis korelasi dapat dilihat pada tabel 4.5. dibawah ini

**Tabel 4.10. Analisis Korelasi untuk Kuat Lentur Balok Tanpa Tulangan Campuran Serat Aluminium Limbah Mesin Bubut**

		LENTUR	PERSEN
LENTUR	Pearson Correlation	1	-.233
	Sig. (2-tailed)	.	.467
	N	12	12
PERSEN	Pearson Correlation	-.233	1
	Sig. (2-tailed)	.467	.
	N	12	12

Berdasarkan tabel 4.5 diatas, korelasi variasi persentase serat dengan kuat lentur diketahui bahwa :

##### 1. Arti angka korelasi

- i) Arah korelasi negatif, ini berarti variasi mempunyai hubungan yang berlawanan arah atau semakin tinggi persentase penambahan serat aluminium maka semakin rendah kapasitas lentur beton
- ii) Besar korelasi  $0.233 < 0.5$ , berarti kedua variasi mempunyai hubungan yang lemah

##### 2. Signifikansi hasil korelasi

Hipotesis

$H_0$  = Ada hubungan ( korelasi ) antara dua variabel

$H_i$  = Tidak ada hubungan ( korelasi ) antara dua variabel

Dasar pengambilan keputusan ( berdasarkan probabilitas )

- Jika probabilitas  $> 0.05$ , maka  $H_0$  diterima

- Jika probabilitas < 0.05, maka H<sub>0</sub> ditolak

### 3. Keputusan

Karena angka probabilitas ( sig. ) diperoleh 0.467 > 0.05 maka H<sub>0</sub> diterima, ini berarti ada hubungan antara dua variabel tetapi tidak terlalu signifikan.

### 4.8 Analisis Regresi

Apabila hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat ternyata menunjukkan suatu hubungan yang baik secara statistik dan sesuai dengan kenyataan yang ada, maka dapat dilakukan analisis regresi. Hubungan antara variabel bebas dan terikat ini dinyatakan dalam persamaan regresi.

Selanjutnya, hasil perhitungan yang menggunakan software Microsoft Excel, didapatkan persamaan regresi antara pengaruh serat aluminium terhadap kuat lentur beton yaitu :

$$Y = 0.4037 X^2 - 1.3607 X + 4.5133 \dots\dots\dots ( 4.1 )$$

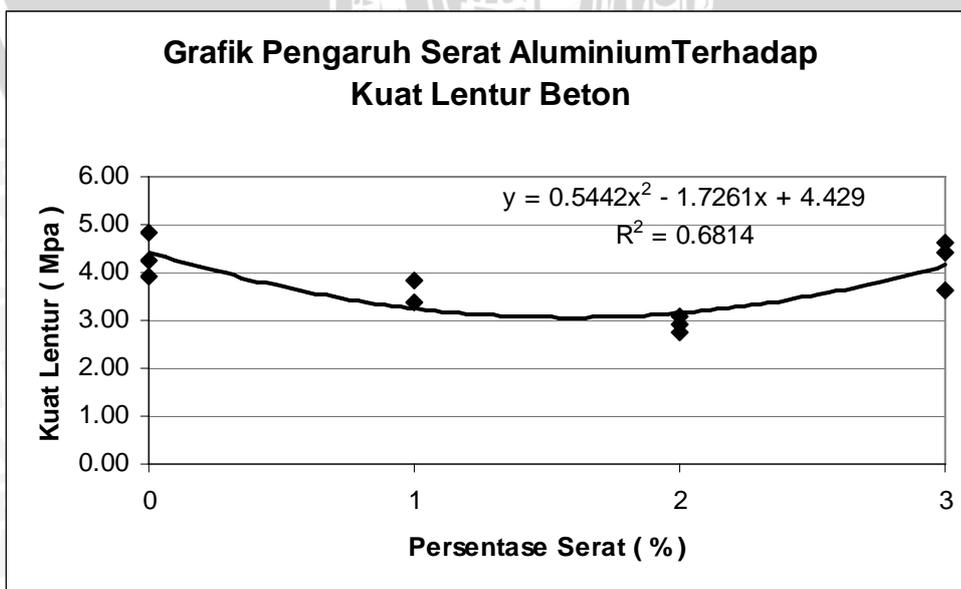
Dengan :

Y = Kuat Lentur Beton ( Mpa )

X = Persentase Serat ( % )

Dengan mengambil faktor kesalahan 0.05 ( 5 % ) akan diperoleh nilai koefisien determinasi ( R<sup>2</sup> ) = 0.6814. Grafik hubungan antara variasi serat terhadap kuat lentur beton seperti terlihat dibawah ini.

**Gambar 4.5. Grafik Pengaruh Penambahan Serat Aluminium Terhadap Kuat Lentur Beton.**



Sumber : Hasil perhitungan



#### 4.9 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian kuat lentur beton dengan penambahan serat aluminium pada tabel 4.6 terlihat bahwa penurunan terbesar terjadi pada variasi 2 % dibandingkan dengan variasi 1 %, dan 3 %. Hal ini bertentangan dengan pengujian – pengujian sebelumnya yang menggunakan serat yang berbeda dimana hasil yang diperoleh cenderung meningkat, misalnya pada pengujian yang dilakukan oleh Abdul Baasir Samudin ( 2004 ), dimana terjadi peningkatan sebesar 26 % pada variasi serat baja 0.75 %.

Berdasarkan tabel 4.3 didapat perbandingan berat isi antara beton normal dan beton berserat aluminium, terjadi penurunan untuk variasi serat 1% sebesar 1.62%, untuk variasi 2% sebesar 8.82%, dan untuk variasi serat 3% sebesar 9.75%. Untuk nilai slump juga mengalami penurunan pada variasi 1%, 2 %, dan 3%, sebesar 1.17%, 10.42%, dan 47.26% dibandingkan dengan beton normal. Menurut ASTM C 143 syarat nilai slump untuk adukan beton dengan serat adalah antara 1 inchi ( 2.54 cm ) sampai 4 inchi ( 10.16 cm ), sedangkan untuk beton normal antara 5 sampai 15 cm. Sedangkan untuk berat isi beton dengan campuran serat walaupun mengalami penurunan masih masuk dalam syarat beton normal karena syarat beton ringan sendiri berdasarkan ASTM C 330 sendiri adalah beton yang mempunyai nilai kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 2500 psi ( 17 Mpa ), berat isi tidak melebihi 115 lb/ft<sup>3</sup> ( 1850 kg/m<sup>3</sup> ). Jadi nilai slump dan berat isi beton serat masih masuk dalam persyaratan, sehingga adukan beton serat masih bisa dipakai atau dicetak dalam benda uji.

Berdasarkan uji statistik pada tabel 4.9 diperoleh nilai F hitung lebih besar dari F tabel ( **4.592 > 4.07** ) sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan serat aluminium berpengaruh terhadap kuat lentur beton. Hal ini sesuai dengan hipotesis awal yang menyatakan bahwa pada beton dengan penambahan serat aluminium akan berpengaruh terhadap kuat lentur beton. Dan dari analisa regresi didapatkan nilai  $R^2 = 0.6814$ , hal ini berarti 68.1 % nilai kuat lentur beton dipengaruhi oleh penambahan variasi serat aluminium. Sedangkan 32 %, sisanya dipengaruhi oleh faktor – faktor lain.

Berdasarkan data di atas, serat aluminium memberikan pengaruh pada sifat mekanik beton, dalam hal ini pada kuat lentur beton. Penurunan hingga melebihi 30% terhadap beton normal merupakan penurunan yang sangat besar. Selain itu hasil ini sangat bertentangan dengan hasil dari beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan serat berbeda, dimana cenderung meningkatkan nilai kuat lentur beton, seperti penggunaan serat baja dan serat bendrat.

Dari pengujian kuat lentur beton dengan variasi serat aluminium, didapatkan penurunan kapasitas lentur beton, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah terjadinya proses reaksi kimia antara serat aluminium dengan beton segar pada saat proses pengecoran sampai waktu ikat beton selesai, sehingga mengakibatkan volume yang sama, berat campuran semakin ringan untuk variasi serat yang semakin bertambah. Yang berarti terjadi pengembangan volume sebelum beton mengeras. Faktor lain adalah dari pengamatan secara visual dapat dilihat bahwa serat terdispersi dengan baik diseluruh bagian beton sehingga mengakibatkan terjadinya volume rongga yang banyak dan merata akibat proses reaksi antara serat dengan beton segar. Hal ini berbeda dengan penelitian dengan menggunakan serat bendrat dan baja, dimana berat isi beton tidak mengalami penurunan berat yang cukup besar dan tidak terjadi reaksi antara serat bendrat maupun serat baja dengan beton.

Secara keseluruhan pengaruh penambahan serat aluminium pada balok beton, pada masing prosentase serat dapat disampaikan sebagai berikut :

1. Pada prosentase 1 % terjadi penurunan kapasitas lentur sebesar 6.81 % dari beton normal
2. Pada prosentase 2 % terjadi penurunan kapasitas lentur sebesar 33.05 % dari beton normal
3. Pada prosentase 3 % terjadi penurunan kapasitas lentur sebesar 2.73 % dari beton normal

Dari kajian pustaka dapat diketahui bahwa, telah terjadi reaksi akibat penambahan aluminium pada campuran beton. Kajian pustaka Alumatter memberikan wacana, bahwa saat reaksi antara air dan semen berlangsung, pH atau tingkat keasaman campuran sebesar 12, sehingga aluminium akan mengalami proses korosi.

Pada proses di atas campuran beton mengalami pengembangan volume, dan setelah beton mengeras banyak rongga-rongga di dalamnya. Dan dalam kurun waktu yang lama kerusakan material aluminium akan semakin bertambah. Sehingga diperlukan perlindungan terhadap serat aluminium dan beton sendiri untuk menghindari korosi.

Dalam penelitian ini diketahui bahwa dengan penambahan serat aluminium pada variasi 1% sampai 3%, menyebabkan terjadinya penurunan kapasitas lentur beton. Hal ini berlawanan dengan kajian pustaka yang menyatakan penambahan serat yang berbeda mampu meningkatkan kapasitas lentur beton. Faktor teknis yaitu kesalahan yang dilakukan selama melakukan penelitian dilapangan adalah salah satu faktor yang

menyebabkan penelitian ini tidak sesuai harapan. Dalam menentukan variasi serat pada penelitian ini juga mengacu pada grafik hubungan antara variasi serat baja dengan kapasitas lentur beton. Pada grafik ( **Gambar 2.1. Grafik Pengaruh Persentase Serat Baja terhadap Kapasitas Lentur Beton** ) menunjukkan pada variasi 1% sampai 3% serat baja mampu meningkatkan kapasitas lentur beton.

Penggunaan serat tertentu akan berpengaruh terhadap kapasitas momen yang dihasilkan, selain itu tingkat kesulitan pengerjaan akibat adanya faktor serat perlu diperhatikan. Oleh karena itu untuk peneliti – peneliti awal harus tetap mempertimbangkan hasil penelitian terdahulu dan referensi yang akurat sebagai sumber yang dapat dipercaya.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan tentang pengaruh penambahan serat aluminium terhadap kuat lentur beton maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa dengan penambahan serat aluminium terhadap beton menyebabkan penurunan terhadap kuat lentur beton pada variasi 1%, 2%, dan 3%
2. Penurunan yang paling besar terjadi pada variasi 2 % yaitu sebesar 33.05 %, hal ini berbeda dengan variasi 3 % yang hanya turun sebesar 2.73 %.
3. Uji Varian satu arah menunjukkan hasil yaitu  $F_{hitung} \geq F_{table}$ , artinya dengan penambahan serat aluminium dapat memberikan pengaruh terhadap kuat lentur beton
4. Hal – hal yang menyebabkan terjadinya penurunan kapasitas lentur beton serat , nilai berat isi dan nilai slump karena terjadinya proses reaksi kimia pada saat pembuatan benda uji, akibatnya adalah terdapatnya rongga yang banyak dan merata pada seluruh bagian beton.

#### 5.2. Saran – saran

Setelah melaksanakan dan mengamati hasil dari penelitian, maka penulis dapat memberikan saran sebagai berikut :

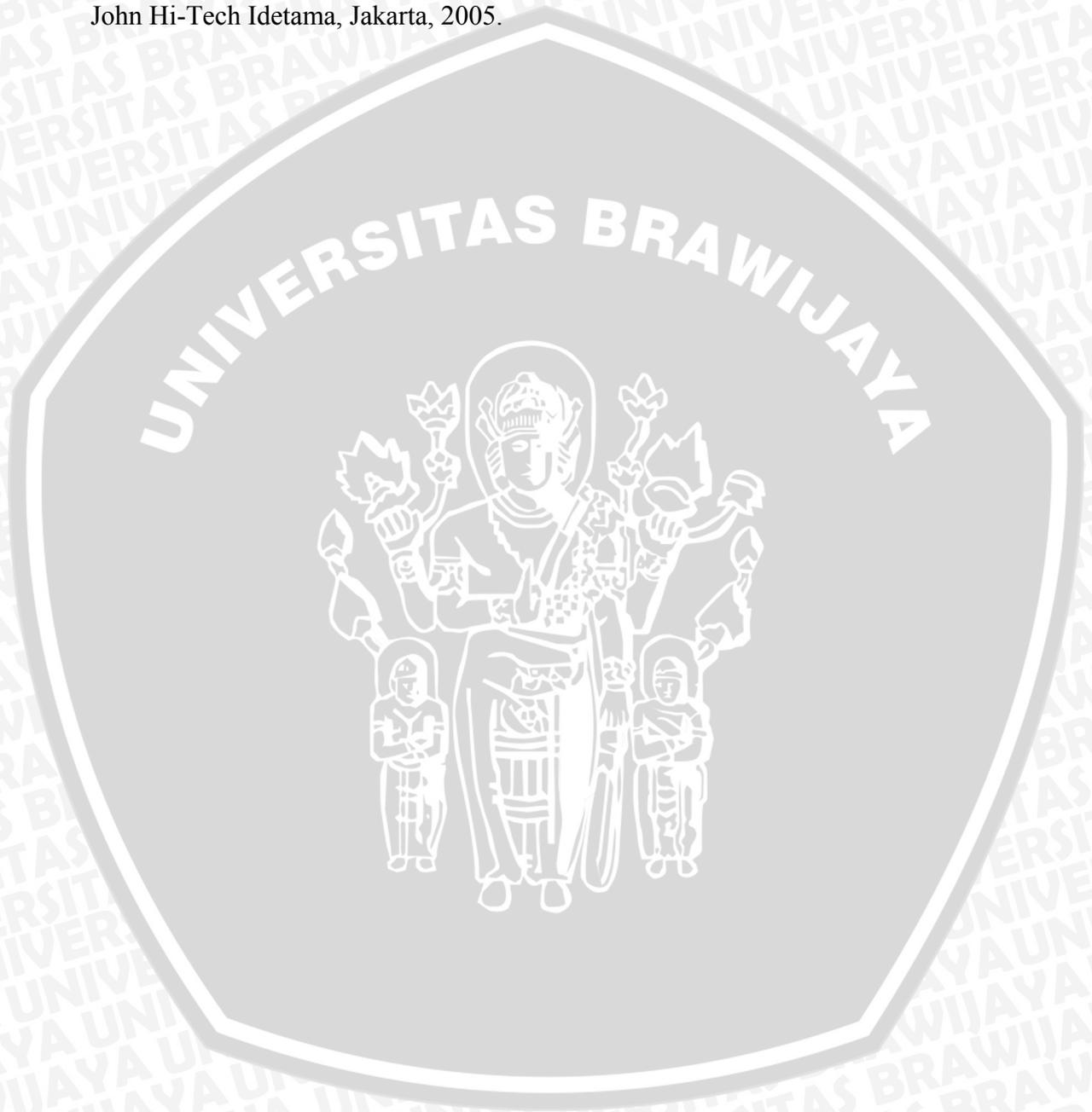
1. Pada pelaksanaan pencampuran serat kedalam beton agar dicampurkan sedikit demi sedikit dan tidak terlalu lama untuk menghindari terjadinya penggumpalan serat.
2. Untuk menghindari terjadinya proses reaksi antara serat aluminium dan beton, maka perlu dilindungi terlebih dahulu sebelum ditambahkan pada campuran beton, baik itu dengan menggunakan lapisan pelindung maupun menggunakan bahan kimia yang dicampurkan pada beton guna mencegah korosi.
3. Perlu adanya penelitian lebih lanjut pada serat aluminium dengan variasi antara 3 % sampai 5 %, ditinjau dari kajian pustaka yang menyebutkan bahwa presentase serat adalah 1 % - 5 % untuk volume 1 m<sup>3</sup>.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C 78 – 94, *Standart Test Method for Flexural* (Using Beam With Third – Point Loading )
- British Standards 1881 : Part 4 : 1970., *Methods of Testing Concrete for Strenght*
- Ari Wibowo, ST.,MT, & Ir. Edhi Wahjuni Setyowati, MT. 2003, *Buku Petunjuk Praktikum Beton*, Universitas Brawijaya, Malang
- Istimawan Dipohusodo, *Struktur Beton Bertulang*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1999
- Joko Suryono, 2003., *Pengaruh Pemakaian Serat Limbah Baja Terhadap Prilaku dan Kapasitas Lentur Balok T Beton Bertulang*, Tesis Tidak Diterbitkan. Malang : Program Studi Teknik Sipil Kekhususan Rekayasa Struktur. FT Unibraw, 2003.
- Neville, A.M dan Brooks, J.J., *Concrete Technologi*,. Longman. Singapura. 1987.
- Neville, A.M., *Properties Concrete*, Third Edition, Longman Singapore Publishers Pte Ltd, Singapore, 1981.
- Edward.G.Dr & Nawy.P,E., *Beton Bertulang, Suatu Pendekatan Dasar*, Penerbit PT Eresco, Bandung, 1990
- Triono Budi Astanto, 2001., *Konstruksi beton Bertulang*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Wuryati Samekto, Candra Rahmadiyanto. *Teknologi Beton*, Penrbit Kanisius, Yogyakarta.
- Abdul Basir Samudin,. *Pengaruh Penambahan Serat Baja Limbah Mesin Bubut Pada Balok Beton Terhadap Kuat lentur* , Skripsi Tidak Diterbitkan. Malang : Jurusan Teknik Sipil. FT Unibraw, 2004.
- Emilia Kadreni, ST.,MT., *Pengaruh Steel Fiber Pada Sifat Mekanis Beton Dan Kapaitas Balok Beton Bertulang Pasca Kebakaran*, Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara. 2002.  
( online )( <http://WWW.yahoo.com> )( [http://WWW. USU digital library.com](http://WWW.USU.digital.library.com) )
- Vincent Gaspersz.,2006., *Teknik Analisis Dalam Penelitian Dan Percobaan*, penerbit Tarsito, Bandung, 2006.
- KOMPAS Cyber Media - Sains & Teknologi.htm, ( Online ) ( <http://WWW.yahoosearch.com> ; 08-05-2005, 0104 WIB )
- SK SNI T – 15 – 1991 – 03. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*.. penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Bandung, 2002

- Anonim, SK SNI 03 – 2846 – 2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Yayasan LPMB Departemen Pekerjaan Umum, Bandung, 2002
- Soroushian. P., Bayashi. Z., *Concept of Fiber Reinforced Concrete*,. Proceeding of The International Seminar on Fiber Reinforced Concrete., Michigan State University, Michigan, USA, 1987
- Soroushian. P., Bayashi. Z., *Mechanical Properties of Fiber Reinforced Concrete*,. Proceeding of The International Seminar of Fiber Reinforced Concrete, Michigan State University, Michigan, USA, 1987
- Qomariah. B.S., *Hubungan Tegangan – Regangan Beton Normal Dengan Serat Serpihan Besi*, Majalah Bestek, Vol 9, No. 1, PP 14 – 25, Jogjakarta, 2001.
- Sudarmoko., *Pengaruh Panjang Serat Pada Sifat Struktur Beton Serat*,. Media Teknik, No.1, Th XV, edisi April 1993, No ISSN 0216 – 3012, Majalah Teknosains, Fakultas Teknik, UGM, Jogjakarta, 1991.
- Bambang Suhendro., *Pengaruh Fiber Kawat Pada Sifat – sifat Beton dan beton Bertulang*,.Laporan Penelitian., Lembaga Penelitian UGM, Jogjakarta, 1991
- Bambang Suhendro., *Pengaruh Pemakaian Fiber Secara Parsial Pada Balok Beton Bertulang*,. Laporan Penelitian., Lembaga penelitian UGM, Jogjakarta,1991.
- Swamy, N.,R.,and Al – Ta’an.,Sa’ad, A., (1981), *Deformation And Ultimate Strength in Flexure of Reinforced Concrete Beams Made with Steel Fiber Concrete*, ACI, Materials Journal, Proceeding 78, No.5, pp. 395 – 405.
- M.L Gambir 1995, *Concrete Technology*, Second Edition., Tata Mc Graw – Hill., Publishing Company Limited.,1985.
- Robinson Sidjabat, *Korosi Tulangan Baja Pada Beton Mutu Tinggi Yang Diperkuat Dengan Serat Kawat Baja*,. S2 – Thesis, Struktur, jbpititbsi-gdl-s2, ITB, Bandung, 2005, ( *online* ), ( <http://WWW.yahoosearch.com> ), ( [info\[at\]lib.itb.ac.id](mailto:info[at]lib.itb.ac.id) ), ( [WWW.ITBcentralibrary.com](http://WWW.ITBcentralibrary.com) )
- T.A. Iwan Irawan, *Studi Tentang Pengaruh Penambahan Serat Baja Terhadap Kekuatan beton Normal K175*, S2 – Thesis, Manajemen Rekayasa Konstruksi, jbpititbsi-gdl-s2, ITB, Bandung, 2005, ( *online* ), ( <http://WWW.yahoosearch.com> ), ( [info\[at\]lib.itb.ac.id](mailto:info[at]lib.itb.ac.id) ), ( [WWW.ITBcentralibrary.com](http://WWW.ITBcentralibrary.com) )
- Alumatter, *Reactivity of the Oxide Film in Corrosive Environments*, European Aluminium Association, The University of Liverpool, England, 2001  
(online),(<http://WWW.yahoosearch.com>), ([www.AluminiumCorrosion.htm](http://www.AluminiumCorrosion.htm))

- L.J. Murdock,. K.M. Brook,. *Bahan Dan Praktek Beton*,. Edisi Keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1999
- P. Kumar Mehta., Paulo J.M. Monteiro., *Concrete Structure, Properties And Materials*, Second Edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993
- Syafei Amri, ST., Dipl. E.Eng., *Teknologi Beton A – Z*, Edisi Pertama, Penerbit Yayasan John Hi-Tech Idetama, Jakarta, 2005.



## LAMPIRAN 1 :

**HASIL PEMERIKSAAN GRADASI AGREGAT HALUS**

## 1. Maksud

Untuk menentukan pembagian butir agregat halus dengan menggunakan saringan, sehingga dapat diketahui apakah sesuai dengan standart ASTM C 33 maupun SNI S – 04 – 1989 – F atau tidak.

## 2. Tujuan

- a. untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah presentase agregat halus
- b. mengetahui modulus kehalusan dari agregat halus

## 3. Peralatan

- a. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0.2 % dari berat benda uji
- b. Satu set saringan agregat halus
- c. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai ( 100+5) C
- d. Alat pemisah contoh
- e. Mesin penguncang saringan
- f. Talam, kuas, sikat kuning, sendok dan alat – alat lainnya

## 4. Pelaksanaan

- a. Ambil bahan, timbang sampai mencapai berat bersih ( netto ) 1000 gram.( ASTM C 136 )
- b. Bahan diisikan pada satu seri ayakan yang telah disusun dengan ayakan terbesar berada paling atas. Susunannya adalah sebagai berikut : 9.52 mm; 4,75 mm; 2.36 mm; 1.18 mm; 0.6 mm; 0.3 mm; 0.15 mm dan 0.075 mm

## 5. Pengujian

Tabel L1. Hasil Pengujian Analisa Ayakan Agregat Halus

SARINGAN		AGREGAT YANG DIAYAK			KUMULATIF	
SK SNI 08-1989-F		SISA AYAKAN (gr)			TERTAHAN	LOLOS
mm	inch	TERTAHAN	JUMLAH	%	%	%
4.75	No. 4	20.5	20.5	2.06	2.06	97.94
2.36	No. 8	30.9	51.4	3.11	5.17	94.83
1.18	No. 16	87.8	139.2	8.83	13.99	86.01
0.6	No. 30	195.2	334.4	19.62	33.61	66.39
0.3	No. 50	450.7	785.1	45.31	78.92	21.08
0.15	No. 100	149.1	934.2	14.99	93.91	6.09
0.075	No. 200	55.9	990.1	5.62	99.53	0.47
Pan	Pan	4.7	994.8	0.47	100	0
		994.8		100	227.66	

Sumber : Hasil Pengujian Lab Beton dan Aplikasi Semen PT. Semen Gresik. Tbk

Modulus kehalusan

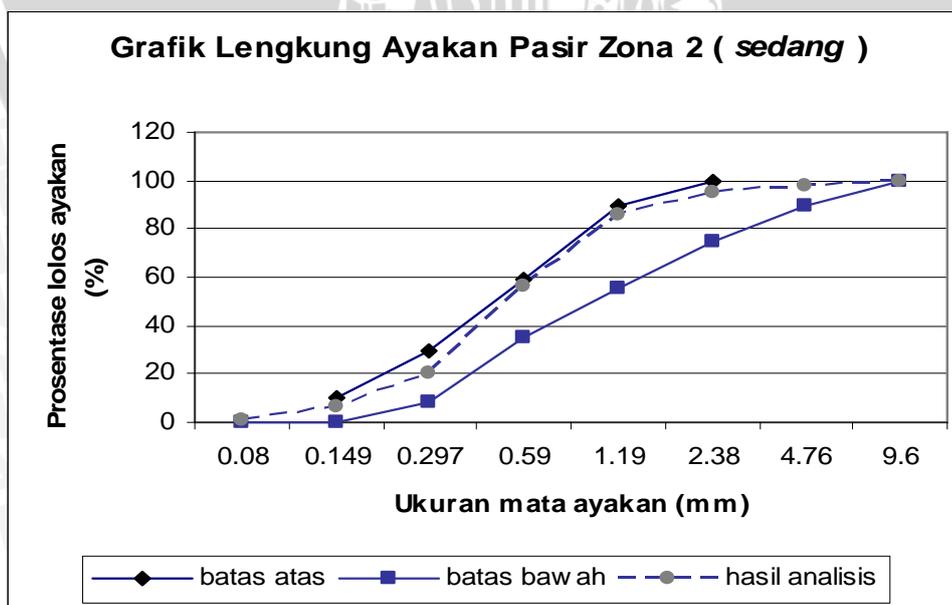
ASTM C 33 – 89a = 2.3 – 3.1

SNI S – 04 – 1989 – F = 1.5 – 3.8

Benda Uji =  $(227.66 / 100) = 2.276 \sim 2.3$

Kandungan lumpur =  $0.47 \% < 5 \%$  ( SNI S – 04 – 1989 – F )

Gb L1. Grafik Analisa Ayakan Agregat Halus



Sumber : Hasil Pengujian Lab Beton dan Aplikasi Semen PT. Semen Gresik. Tbk

## 6. Kesimpulan

Dari hasil pengujian diatas dapat diketahui bahwa agregat halus termasuk agregat normal karena modulus halusnya 2.3 ( sesuai standard ) dan Pasir masuk dalam zona gradasi yang disyaratkan yaitu dalam zone II yang diklasifikasikan sebagai pasir agak kasar.

## HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

### 1. Maksud

Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengujian untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis permukaan ( SSD ), berat jenis semu, dan angka penyerapan daripada agregat halus, apakah sesuai dengan standard ASTM C 128 dan SNI M – 10 – 1989 – F atau tidak

### 2. Tujuan

- a. Untuk mendapatkan nilai untuk berat jenis curah, berat jenis permukaan, dan berat jenis semu
- b. Mendapatkan nilai penyerapan air pada agregat halus.

### 3. Peralatan

- a. Timbangan, kapasitas 1 kg atau lebih dengan ketelitian 0.1 gram
- b. Picnometer dengan kapasitas 500 gram
- c. Kerucut terpancung, diameter bagian atas (  $40 \pm 3$  ) mm, diameter bagian bawah (  $90 \pm 3$  ) mm, dan tinggi (  $75 \pm 3$  ) mm. dibuat dari logam tebal minimum 0.8 mm
- d. Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat (  $340 \pm 15$  ) gr, diameter permukaan penumbuk (  $25 \pm 3$  ) mm
- e. Saringan No.4 ( 4.75 mm )
- f. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (  $110 \pm 5$  )°C
- g. Pengukuran suhu dengan ketelitian pembacaan 1° C
- h. Talam
- i. Bejana tempat air
- j. desikator

#### 4. Pelaksanaan

- a. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu (  $110 \pm 5$  ) $^{\circ}\text{C}$ , sampai berat tetap, yang dimaksud berat tetap adalah keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut – turut, tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar dari 0.1 %, didinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air selama (  $24 \pm 4$  ) jam.
- b. Buang air perendam dengan hati – hati, jangan ada butiran yang hilang, tebarkan agregat diatas talam, keringkan diudara panas dengan cara membalik – balik benda uji, lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh ( SSD )
- c. Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji kedalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpancung, keadaan kering permukaan jenuh tercapai apabila benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak.
- d. Segera setelah tercapai kondisi kering permukaan jenuh, masukan 500 gram benda uji kedalam piknometer, masukan air suling sampai mencapai 90 % isi piknometer, putar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya, untuk mempercepat proses ini dapat digunakan pompa hampa udara, tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang ikut terhisap, dapat juga dilakukan dengan merebus piknometer.
- e. Rendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar  $25^{\circ}\text{C}$
- f. Tambahkan air sampai mencapai tanda batas
- g. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0.1 gram (  $B_t$  )
- h. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu (  $110 \pm 5$  ) $^{\circ}\text{C}$  sampai berat tetap, kemudian dinginkan benda uji dengan desikator.
- i. Setelah benda uji dingin kemudian timbanglah (  $B_k$  )
- j. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air gunakan penyesuaian dengan suhu standar  $25^{\circ}\text{C}$  (  $B$  ).

## 5. Hasil pengujian

Tabel L2. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Nomor Contoh	A
Berat Benda Uji kering permukaan jenuh 500 (gr)	500
Berat Benda Uji kering oven Bk (gr)	499.8
Berat Piknometer diisi air (pada suhu kamar) B (gr)	1261.5
Berat piknometer+benda uji (ssd)+air(pada suhu kamar) Bt (gr)	1579.6

Nomor Contoh	A
Berat jenis curah (bulk specific grafiti) $Bk/(B+500-Bt)$	2.75
Berat jenis kering permukaan jenuh (bulk specific grafiti saturated surface dry) $500/(B+500-Bt)$	2.75
Berat jenis semu (apparent specific grafiti) $Bk/(B+Bk-Bt)$	2.75
Penyerapan (%) (absorption) $(500-Bk)/(Bk \times 100\%)$	1.21

Sumber : Hasil Pengujian Lab Beton dan Aplikasi Semen PT. Semen Gresik. Tbk

## 6. Kesimpulan

- Berat jenis ( SSD ) standar = 2.6 ( ASTM C 128 )
- Penyerapan = 3 % ( ASTM C 128 )
- Berat jenis curah = 2.748
- Berat jenis kering permukaan jenuh = 2.749
- Berat jenis semu = 2.751
- Penyerapan = 1.21

**HASIL PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT HALUS**

## 1. Tujuan

Untuk mendapatkan nilai kadar air yang terkandung dalam agregat halus

## 2. Peralatan

- Timbangan dengan ketelitian 0.1 % berat contoh
- Oven, yang dilengkapi pengatur suhu untuk memanasi sampai (  $110 \pm 5$  ) °C
- Talam logam tahan karat berkapasitas cukup besar untuk mengeringkan benda uji

3. Pelaksanaan
  - a. Timbang dan catatlah berat talam (  $W_r$  )
  - b. Masukkan benda uji kedalam talam kemudian timbang dan catat beratnya (  $W_2$  )
  - c. Hitunglah berat benda uji (  $W_3 = W_2 - W_r$  )
  - d. Keringkan benda uji beserta talam dalam oven dengan suhu (  $110 \pm 5$  ) $^{\circ}\text{C}$  sampai berat tetap
  - e. Setelah kering timbang dan catat berat benda uji beserta talam (  $W_4$  )
  - f. Hitunglah berat benda uji kering (  $W_5 = W_3 - W_4$  )
4. Hasil pengujian

Tabel L3. Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus

NOMOR CONTOH	No. 01
NOMOR TALAM	A
1. Berat talam + contoh basah (gr)	1103.6
2. Berat talam + contoh kering (gr)	1103.1
3. Berat air = (1 - 2) (gr)	0.5
4. Berat talam (gr)	103.6
5. Berat contoh kering = (2 - 4) (gr)	999.5
6. Kadar air = (3/5) (%)	0.05

Sumber : Hasil Pengujian Lab Beton dan Aplikasi Semen PT. Semen Gresik. Tbk

#### 5. Kesimpulan

Kadar air pasir (rata-rata ) = 0,05 %

Dari hasil uji pendahuluan maka kadar air pasir yang diperoleh memenuhi syarat untuk digunakan sebagai perencanaan campuran karena kurang dari 5%

## LAMPIRAN 2 :

**HASIL PEMERIKSAAN GRADASI AGREGAT KASAR**

## 7. Maksud

Untuk menentukan pembagian butir agregat kasar dengan menggunakan saringan, sehingga dapat diketahui apakah sesuai dengan standart ASTM C 35 maupun SNI S – 04 – 1989 – F atau tidak.

## 8. Tujuan

- c. untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah presentase agregat kasar
- d. mengetahui modulus kehalusan dari agregat kasar

## 9. Peralatan

- g. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0.2 % dari berat benda uji
- h. Satu set saringan agregat halus
- i. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai ( 100+5) C
- j. Alat pemisah contoh
- k. Mesin penguncang saringan
- l. Talam, kuas, sikat kuning, sendok dan alat – alat lainnya

## 10. Pelaksanaan

- c. Ambil bahan, timbang sampai mencapai berat bersih ( netto ) 10000 gram.( ASTM C 136 )
- d. Bahan diisikan pada satu seri ayakan yang telah disusun dengan ayakan terbesar berada paling atas. Susunannya adalah sebagai berikut : 38.1 mm, 25.4 mm, 19.1 mm, 9.52 mm, 4,75 mm, 2,38 mm.

## 11. Hasil pengujian

Tabel L1. Hasil Pengujian Analisa Ayakan Agregat Halus

SARINGAN		AGREGAT YANG DIAYAK			KUMULATIF	
SK SNI 08-1989-F		SISA AYAKAN (gr)			TERTAHAN	LOLOS
mm	inch	TERTAHAN	JUMLAH	%	%	%
38.1	1.5	0	0	0.00	0.00	100.00
25.4	1	13.1	13.1	0.13	0.13	99.87
19.1	3/4	3297.2	3310.3	33.01	33.14	66.86
9.52	3/8	5614.6	8924.9	56.21	89.35	10.65
4.75	No. 4	746.6	9671.5	7.47	96.82	3.18
2.38	No. 8	197.7	9869.2	1.98	98.80	0.95
Pan	Pan	119.5	9988.7	0.95	100	0
		9988.7		100	418.25	

Sumber : Hasil Pengujian Lab Beton dan Aplikasi Semen PT. Semen Gresik. Tbk

Modulus kehalusan

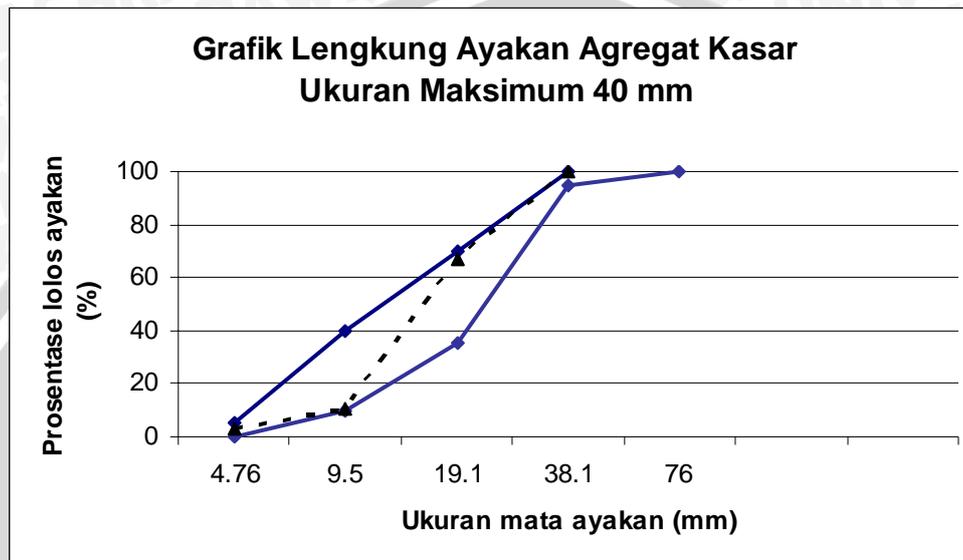
ASTM C 35 – 37 = 7.49 – 9.55

SNI S – 04 – 1989 – F = 6 – 7.10

Benda Uji = ( 418.25 / 100 ) = 4.183

Kandungan lumpur = 0.95 % < 1 % ( SNI S – 04 – 1989 – F )

Gb L1. Grafik Analisa Ayakan Agregat Kasar



Sumber : Hasil Pengujian Lab Beton dan Aplikasi Semen PT. Semen Gresik. Tbk

## 12. Kesimpulan

Dari hasil pengujian tersebut agregat kasar yang digunakan tergolong agregat normal, dimana nilai modulus halusanya sebesar 4.1825. Agregat batu pecah masuk dalam zona gradasi yang disyaratkan yaitu dalam zone agregat maksimum 40 mm

## HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR

### 7. Maksud

Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengujian untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis permukaan ( SSD ), berat jenis semu, dan angka penyerapan daripada agregat kasar, apakah sesuai dengan standard ASTM C 127 dan SNI M – 12 – 1989 – F atau tidak

### 8. Tujuan

- c. Untuk mendapatkan nilai untuk berat jenis curah, berat jenis permukaan, dan berat jenis semu agregat kasar
- d. Mendapatkan nilai penyerapan air pada agregat kasar.

## 9. Peralatan

- k. Keranjang kawat dengan kapasitas kira – kira 5 kg
- l. Tempat air dengan kapasitas dan bentuk sesuai untuk pemeriksaan
- m. Timbangan dengan kapasitas 5 kg dan ketelitian 0.1 % dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi alat penggantung keranjang
- n. Saringan No.4 ( 4.75 mm )
- o. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (  $110 \pm 5$  ) $^{\circ}\text{C}$
- p. Alat pemisah contoh

## 10. Pelaksanaan

- k. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan lain yang melekat pada permukaan agregat kasar.
- l. Keringkan benda uji dalam oven dengan suhu (  $110 \pm 5$  ) $^{\circ}\text{C}$  sampai berat tetap.
- m. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1 – 3 jam kemudian timbang dengan ketelitian 0.5 gram ( Bk ).
- n. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama  $24 \pm 4$  jam
- o. Keluarkan benda uji dari air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang, untuk butiran yang besar pengeringan harus satu – persatu
- p. Timbang benda uji kering permukaan jenuh ( Bj )
- q. Letakan benda uji didalam keranjang, guncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya dalam air ( Ba ), dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$

## 11. Hasil pengujian

Tabel L2. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Nomor Contoh	A
Berat benda uji kering permukaan jenuh (Bj) (gr)	5159.3
Berat benda uji kering oven (Bk) (gr)	4996.4
Berat benda uji di dalam air (Ba) (gr)	3289.5

Nomor Contoh	A
Berat jenis curah (Bulk specific gravity) (Bk/(Bj-Ba))	2.672
Berat jenis ssd (Bj/(Bj-Ba))	2.759
Berat jenis semu (Bk/(Bk-Ba))	2.927
Penyerapan (%) ((Bj-Bk)/Bk x 100%)	2.060

Sumber : Hasil Pengujian Lab Beton dan Aplikasi Semen PT. Semen Gresik. Tbk

## 12. Kesimpulan

- g. Berat jenis ( SSD ) standar = 2.6 ( ASTM C 127 )
- h. Penyerapan = 3 % ( ASTM C 127 )
- i. Berat jenis curah = 2.672
- j. Berat jenis kering permukaan jenuh = 2.759
- k. Berat jenis semu = 2.927
- l. Penyerapan = 2.060

## HASIL PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT KASAR

### 6. Tujuan

Untuk mendapatkan nilai kadar air yang terkandung dalam agregat kasar

### 7. Peralatan

- d. Timbangan dengan ketelitian 0.1 % berat contoh
- e. Oven, yang dilengkapi pengatur suhu untuk memanasi sampai ( 110±5 )°C
- f. Talam logam tahan karat berkapasitas cukup besar untuk mengeringkan benda uji

### 8. Pelaksanaan

- g. Timbang dan catatlah berat talam (  $W_r$  )
- h. Masukkan benda uji kedalam talam kemudian timbang dan catat beratnya (  $W_2$  )
- i. Hitunglah berat benda uji (  $W_3 = W_2 - W_r$  )
- j. Keringkan benda uji beserta talam dalam oven dengan suhu ( 110±5 )°C sampai berat tetap
- k. Setelah kering timbang dan catat berat benda uji beserta talam (  $W_4$  )
- l. Hitunglah berat benda uji kering (  $W_5 = W_3 - W_4$  )

## 9. Hasil pengujian

Tabel L3. Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

NOMOR CONTOH	No. 01
NOMOR TALAM	A
1. Berat talam + contoh basah (gr)	5105.2
2. Berat talam + contoh kering (gr)	5073.3
3. Berat air = (1 - 2) (gr)	31.9
4. Berat talam (gr)	105.2
5. Berat contoh kering = (2 - 4) (gr)	4968.1
6. Kadar air = (3/5) (%)	0.64

Sumber : Hasil Pengujian Lab Beton dan Aplikasi Semen PT. Semen Gresik. Tbk

## 10. Kesimpulan

Kadar air pasir (rata-rata) = 0.64 %

Dari hasil uji pendahuluan maka kadar air batu pecah yang diperoleh memenuhi syarat untuk digunakan sebagai perencanaan campuran karena kurang dari 5%



## LAMPIRAN 3 :

**TABEL PERENCANAAN MIX DESIGN**

Tabel L1. Form Mix Design

No.	Uraian	Nilai	
1	Kuat tekan yang disyaratkan (28 hari,5%)	20	Mpa
2	Deviasi Standar	7	MPa
3	Nilai tambah (margin)	11.48	MPa
4	Kuat tekan rata-rata target	31.48	Mpa
5	Jenis semen	Tipe 1	
6	Jenis agregat Kasar	Batu pecah	
	Jenis agregat halus	Alami	
7	Faktor air semen bebas	0.55	(silinder)
8	Faktor air semen maksimum	0.6	
9	Slump	100-120	mm
10	Ukuran agregat maksimum	40	mm
11	Kadar air bebas	185	kgm <sup>-3</sup>
12	Kadar semen	336.36	kgm <sup>-3</sup>
13	Kadar semen maksimum	-	kgm <sup>-3</sup>
14	Kadar semen minimum	-	kgm <sup>-3</sup>
15	Gradasi agregat halus	zona 2	
16	Gradasi agregat kasar atau gabungan	-	
17	Persen agregat halus	35	%
18	Berat jenis relatif (ssd)	2.757	kgm <sup>-3</sup>
19	Berat isi beton	2473	kgm <sup>-3</sup>
20	Kadar agregat gabungan	1951.64	kgm <sup>-3</sup>
21	Kadar agregat Halus	683.07	kgm <sup>-3</sup>
22	Kadar agregat kasar	1268.56	kgm <sup>-3</sup>

Sumber : Hasil Pengujian Lab Beton dan Aplikasi Semen PT. Semen Gresik. Tbk

### Perencanaan Campuran Beton ( Mix Desain )

1. Kuat tekan yang disyaratkan  $f'_c = 20 \text{ MPa}$
2. Deviasi standar = 7 Mpa
3. Nilai tambah =  $1.64 \times 7 = 11.48 \text{ MPa}$
4. Kuat tekan target  $f'_{cr} = 31.48 \text{ MPa}$
5. Jenis semen adalah Semen Portland Tipe 1
6. Jenis Agregat :
  - Jenis agregat halus alami
  - Jenis agregat kasar batu pecah
7. Nilai faktor air semen
  - Nilai FAS bebas : tabel 1 ( 37 MPa )
  - Grafik 1 : FAS = 0,55
8. Nilai FAS max. = 0,600
9. Nilai slump = 10 cm – 12 cm , ditetapkan nilai slump 60 -180 mm
10. Ukuran butiran max. kerikil = 40 mm
11. Nilai kadar air bebas =  $\frac{2}{3} \times 175 + \frac{1}{3} \times 205 = 185 \text{ kg/m}^3$  ( tabel 2 )
12. Kadar semen =  $185 / 0,55 = 336.36 \text{ kg/m}^3$
13. Kadar semen minimum =  $275 \text{ kg/m}^3$  ( tabel 3 )
14. Pasir berada dalam zona 2

Perhitungan prosentase agregat :

berdasarkan hasil analisa saringan untuk saringan no. 4

% lolos agregat halus (a/100) = 97.94%

% lolos agregat kasar (b/100) = 3.18 %

$$\frac{a}{100}x + \frac{b}{100}y = \frac{c}{100}$$

dimana (c/100) diambil dari grafik batas gradasi gabungan untuk ukuran besar butir maksimum 40 mm

**c/100 = 36% ~ (diambil dari zona B)**

jadi

$$97.94x + 3.18y = 36$$

didapatkan:

$$x = 35\%$$

$$y = 65\%$$

$$97.94(0.35) + 3.18(0.65) = 36.346 \sim \text{masuk zona B}$$

jadi

prosentase agregat halus = 35%

prosentase agregat kasar = 65%

15. Berat jenis relatif agregat :

- Berat jenis agregat halus = 2,75
- Berat jenis agregat kasar = 2,76
- Berat Jenis relatif =  $0,35 ( 2,75 ) + 0,65 ( 2,76 ) = 2,757$

16. Berat jenis beton =  $2473 \text{ kg/m}^3$  ( grafik 2 )

17. Kadar agregat gabungan =  $2473 - 185 - 336.36 = 1951.64 \text{ kg/m}^3$

18. Kadar agregat halus =  $0,35 \times 1951.64 = 683.07 \text{ kg/m}^3$

19. Kadar agregat kasar =  $1951.64 - 683.07 = 1268.56 \text{ kg/m}^3$

20. Perbandingan campuran beton :

- Semen :  $336.36 \text{ kg/m}^3$
- Air :  $185 \text{ kg/m}^3$
- Pasir :  $683.07 \text{ kg/m}^3$
- Kerikil :  $1268.56 \text{ kg/m}^3$

❖ Jadi perbandingan kebutuhan untuk  $1\text{m}^3$  campuran beton ( satuan kg )  
**Semen : Air : Pasir : Kerikil  $\rightarrow 1 : 0.55 : 2.03 : 3.77$**

LAMPIRAN 4 :

### RANCANGAN KEBUTUHAN MATERIAL

Tabel L1. Hasil rancangan material balok beton 15 x15 x 75 Cm<sup>3</sup> ( 3 buah )

Uraian	Jumlah total bahan yang dibutuhkan ( Kg )	Banyaknya serat limbah aluminium yang dibutuhkan ( kg )			
		0%	1%	2%	3%
Semen	17.028	0	0.513	1.026	1.529
Air	9.366	-	-	-	-
Pasir	34.581	-	-	-	-
Kerikil	64.221	-	-	-	-
Jumlah	125.196	0	0.513	1.026	1.529

#### Perhitungan Perencanaan Material

Dalam penelitian digunakan 3 buah benda uji balok untuk setiap komposisi campuran, dimana volume balok = 0.016875 ( 0.15m x 0.15m x 0.75m ). Maka untuk kebutuhan material untuk 3 buah benda uji balok adalah :

1. Semen =  $336.36 \text{ kg/m}^3 \times 0.016875 \text{ m}^3 \times 3 \text{ buah}$   
= 17.028 kg
2. Air =  $185 \text{ kg/m}^3 \times 0.016875 \text{ m}^3 \times 3 \text{ buah}$   
= 9.366 kg
3. Agregat Halus =  $683.07 \text{ kg/m}^3 \times 0.016875 \text{ m}^3 \times 3 \text{ buah}$   
= 34.581 kg
4. Agregat Kasar =  $1268.56 \text{ kg/m}^3 \times 0.016875 \text{ m}^3 \times 3 \text{ buah}$   
= 64.221 kg

**LAMPIRAN 5 :****1. HASIL PENGUJIAN SERAT ALUMINIUM**

- I. Pengujian yang akan dilakukan pada serat adalah uji berat jenisnya.
- Timbang air sebanyak 100 ml ( $w_1$ )
  - Masukkan serat aluminium hingga skala pada gelas ukur naik sampai skala 200 ml, dan timbang beratnya ( $w_2$ )
  - Hitung berat jenis aluminium
- II. Hasil pengujian dilaboratorium diperoleh berat jenis serat yaitu 1.52

Tabel L1. Berat Jenis Aluminium

Nomor Contoh	A
Volume (V) (ml)	100
Berat benda uji (Bt) (gr)	152
Berat jenis (gr/ml)	1.52

Sumber : Hasil Pengujian Lab Beton dan Aplikasi Semen PT. Semen Gresik. Tbk

**2. PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON**

Hasil pengujian dilaboratorium diperoleh nilai kuat tekan maksimum rata – rata silinder pada usia 28 hari yaitu maks = 31.064 Mpa

Tabel L2. Kuat tekan Beton Rata - rata

No	Benda Uji	Tinggi ( cm )	Berat ( kg )	Beban Maks ( kg )	Kuat Tekan ( Mpa )	Kuat Tekan rata - rata ( Mpa )
1	Beton Normal	30.1	12.4	54800	31.026	31.064
2	Beton Normal	30.5	12.4	52000	29.441	
3	Beton Normal	30	12.3	57800	32.725	

Sumber : Hasil Pengujian Lab Beton dan Aplikasi Semen PT. Semen Gresik. Tbk

Dari hasil pengujian kuat tekan diatas didapatkan nilai maks sebesar 31.064 Mpa, dimana hasil ini telah mencapai kuat tekan beton yang disyaratkan dalam perencanaan mix design sebesar 20 Mpa. Hal ini berarti perencanaan mix design dapat digunakan dalam perencanaan campuran beton dengan mutu  $f'c$  sebesar 20 Mpa.

**LAMPIRAN 6 :****PENGUJIAN SLUMP TEST**

## 1. Tujuan

Untuk memperoleh angka slump beton

## 2. Peralatan

- a) Cetakan dari logam tebal minimum 1.2 mm berupa kerucut terpancung dengan diameter bagian bawah 203 mm, bagian atas 102 mm, dan tinggi 305 mm ; bagian atas dan bawah terbuka
- b) Tongkat pemadat dengan diameter 16 mm, panjang 600 mm, ujung dibulatkan dibuat dari baja yang bersih dan bebas dari karat
- c) Pelat logam dengan permukaan yang kokoh, rata, dan kedap terhadap air
- d) Mistar ukur

## 3. Cara Pengujian

- a) Basahilah cetakan dan plat dengan kain basah
- b) Letakan cetakan diatas pelat dengan kokoh
- c) Isilah cetakan sampai penuh dengan beton segar dalam tiga lapis, tiap lapis berisi kira – kira 1/3 cetakan, setiap lapis ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 tusukan secara merata.
- d) Segera setelah selesai penusukan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat dan semua sisa benda uji yang jatuh disekitar cetakan harus disingkirkan, kemudian cetakan diangkat perlahan – lahan tegak lurus keatas ; seluruh pengujian mulai pegisian sampai cetakan diangkat harus selesai dalam jangka waktu 2.5 menit.
- e) Balikan cetakan dan letakan perlahan – lahan disamping benda uji, ukurlah slump yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi benda uji.

#### 4. Hasil Pengujian

Tabel L1. Hasil Pengujian Slump Balok 15 x 15 x 75 Cm<sup>3</sup>

No	Jenis Beton	Kode Benda Uji	f.a.s	Slump ( cm )	Rata - rata ( cm )
1	Beton Normal	BN1	0.55	11.5	11.13
		BN2	0.55	11.5	
		BN3	0.55	10.4	
2	Beton Serat 1%	BF1	0.55	9.6	11.00
		BF2	0.55	11.7	
		BF3	0.55	11.7	
3	Beton Serat 2%	BF1	0.55	10.2	9.97
		BF2	0.55	10.2	
		BF3	0.55	9.5	
4	Beton Serat 3%	BF1	0.55	6.2	5.87
		BF2	0.55	5.7	
		BF3	0.55	5.7	

Sumber : Hasil Pengujian Lab Beton dan Aplikasi Semen PT. Semen Gresik. Tbk

#### 5. Kesimpulan

Menurut standard ASTM C 143, syarat nilai slump untuk adukan beton dengan serat adalah antara 1 inchi ( 2.54 cm ) sampai 4 inchi ( 10.16 cm ), sedangkan untuk beton normal antara 5 sampai 15 cm. Dengan demikian ditinjau dari nilai slump diatas, adukan beton normal dan adukan beton dengan serat memenuhi syarat untuk dapat digunakan dalam penelitian ini.

## LAMPIRAN 7 :

## 1. PERHITUNGAN ANALISIS VARIAN SATU ARAH

Tabel L1. Analisa Varian Satu Arah Terhadap Kuat Lentur

Sampel	Kuat Lentur (Kg)				Total
	Normal	I	II	III	
1	4.844	4.933	3.067	4.622	$\left( \sum_{i,j} Y_{ij} \right)^2$
2	4.267	3.378	2.756	4.422	
3	3.933	3.844	2.911	3.644	
Jumlah = $\sum Y_i$	13.044	12.155	8.734	12.688	46.621
Rata-rata = $\bar{Y}_i$	4.348	4.052	2.911	4.229	

Sumber: Hasil pengujian dan perhitungan

Dari hasil penelitian tersebut dibuat langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

## e. Model

Model yang cocok untuk analisis ini adalah model tetap, karena hanya ada 4 perlakuan yang tersedia untuk percobaan ini. Model tersebut adalah:

$$Y_{ij} = u + \tau_i + \epsilon_{ij} \quad \begin{array}{l} \text{nilai } i = 1, 2, \dots, 4 \\ \text{nilai } j = 1, 2, \dots, 4 \end{array}$$

Dengan:

$Y_{ij}$  = Kuat lentur dari balok ke-j yang memperoleh perlakuan ke-i.

$u$  = Nilai tengah umum (rata-rata populasi) kuat lentur.

$\tau_i$  = Pengaruh perlakuan ke-i.

$\epsilon_{ij}$  = Pengaruh galat percobaan.

## f. Asumsi

Asumsi yang dibutuhkan untuk analisis ini adalah:

a. Komponen-komponen  $u$ ,  $\tau_i$ , dan  $\epsilon_{ij}$  bersifat aditif.

b. Nilai-nilai  $\tau_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 6$ ) tetap,  $\sum_i \tau_i = 0$ ;  $E(\tau_i) = \tau_i$ .

c.  $\epsilon_{ij}$  timbul secara acak, menyebar secara normal dengan nilai tengah nol dan ragam  $\sigma^2$ . Atau dituliskan  $E(\epsilon_{ij}) = 0$ ,  $E(\epsilon_{ij}^2) = \sigma^2$ .

### g. Hipotesis

Ada 2 hipotesis penelitian, yaitu hipotesis awal ( $H_0$ ) dan hipotesis alternatif ( $H_1$ ). Hipotesis yang akan diuji melalui model analisis ini pada penelitian tentang pengaruh penggunaan serat aluminium terhadap kuat lentur beton adalah:

$H_0 = \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = \tau_6 = 0$ , artinya tidak ada pengaruh penggunaan serat aluminium terhadap kuat lentur beton.

$H_1 = \tau_1 \neq \tau_2 \neq \tau_3 \neq \tau_4 \neq \tau_5 \neq \tau_6 \neq 0$ , artinya ada pengaruh penggunaan serat Aluminium terhadap kuat lentur beton

### h. Perhitungan

h. Menentukan derajat bebas (db) untuk setiap sumber keragaman:

$$db_{\text{total}} = \text{total banyaknya pengamatan} - 1 = 12 - 1 = 11$$

$$db_{\text{perlakuan}} = \text{total banyaknya perlakuan} - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$db_{\text{galat}} = db_{\text{total}} - db_{\text{perlakuan}} = 11 - 3 = 8$$

i. Dengan menggunakan notasi  $Y_{ij}$  sebagai hasil pengujian kuat lentur untuk masing-masing sampel,  $t$  sebagai jumlah perlakuan, dan  $r$  jumlah ulangan, maka dihitung jumlah kuadrat (JK), sebagai berikut:

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{Y^2}{rt} = \frac{\left(\sum_{i,j} Y_{ij}\right)^2}{rt}$$

$$= \frac{(46.621)^2}{3 \times 4}$$

$$= 181.127$$

**JK Total (JKT)**

$$= \sum_{i,j} Y_{ij}^2 - FK$$

$$= [(4.844)^2 + (4.267)^2 + \dots + (3.644)^2] - 181.127$$

$$= 187.333 - 181.127$$

$$= 6.206$$

$$\text{JK Perlakuan (JKP)} = \frac{Y_1^2 + \dots + Y_t^2}{r} - FK$$

$$= \sum \frac{(\text{total perlakuan})^2}{r} - FK$$

$$= \frac{(13.044)^2 + (12.155)^2 + \dots + (12.688)^2}{3} - 181.127$$

$$3$$

$$\begin{aligned}
 &= 3.926 \\
 \text{JK Galat (JKG)} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\
 &= 6.206 - 3.926 \\
 &= 2.28
 \end{aligned}$$

- j. Ditentukan kuadrat tengah (KT) melalui pembagian setiap JK dengan derajat bebasnya, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{KT Perlakuan (KTP)} &= \frac{\text{JK Perlakuan}}{t-1} = \frac{3.926}{4-1} \\
 &= 1.309
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{KT Galat (KTG)} &= \frac{\text{JK Galat}}{t(r-1)} = \frac{2.28}{4(3-1)} = \frac{2.28}{8} \\
 &= 0.285
 \end{aligned}$$

- k. Ditentukan nilai  $F_{\text{hitung}}$  dengan:

$$F_{\text{hitung}} = \frac{\text{KT Perlakuan}}{\text{KT Galat}} = \frac{1.309}{0.285} = \mathbf{4.592}$$

- l. Ditentukan nilai  $F_{\text{tabel}}$  dari pembacaan tabel F dengan menggunakan db perlakuan sebagai  $f_1$  dan db galat sebagai  $f_2$ . Nilai  $F_{\text{tabel}}$  untuk derajat bebas 3 dan 8 ( $f_1 = 3$  dan  $f_2 = 8$ ) pada taraf 5% adalah **4.07**

- m. Ditentukan koefisien keragaman (kk) dengan:

$$\text{kk} = \frac{(\text{KT Galat})^{\frac{1}{2}}}{\text{nilai tengah umum}} \times 100\%$$

$$\text{Nilai tengah umum} = \frac{Y..}{rt} = \frac{46.621}{4 \times 3} = 3.89$$

$$\text{kk} = \frac{(0.285)^{\frac{1}{2}}}{3.89} \times 100\%$$

$$\text{kk} = \mathbf{13.72 \%}$$

- n. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, dibuat tabel analisa ragam sebagai berikut:

Tabel L2. Analisis Ragam untuk Kuat Lentur Balok Tanpa Tulangan  
Campuran Serat Aluminium Limbah Mesin Bubut

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel
					5%
Perlakuan	3	3.926	1.309	4.592	4.07
Galat	8	2.28	0.285		
Total	11	6.206			

Sumber: Hasil perhitungan

### i. Keputusan

Berdasarkan hasil perhitungan manual dan menggunakan didapatkan nilai  $F_{hitung} = 4.592$  lebih besar daripada  $F_{tabel}$  pada taraf 5% ( 4.07 ), maka diputuskan Menolak  $H_0$ . Artinya, ada pengaruh pada prosentase variasi serat aluminium terhadap kuat lentur beton.

## 2. PERHITUNGAN ANALISIS VARIAN SATU ARAH DENGAN SPSS FOR WINDOWS VERSI 11

### 1. Test Homogenitas pada variabel

Test of Homogeneity of Variances			
LENTUR			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.225	3	8	.163

### 2. Test Oneway ANOVA

Tabel L3. Analisa Varian Satu Arah Terhadap Kuat Lentur Dengan SPSS Versi 11

ANOVA					
LENTUR					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.926	3	1.309	4.590	.038
Within Groups	2.281	8	.285		
Total	6.207	11			

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan software spss for windows versi 11 didapatkan nilai  $F_{hitung} = 4.590$  lebih besar daripada  $F_{tabel}$  pada taraf 5% ( 4.07 ), maka diputuskan Menolak  $H_0$ . Artinya, ada pengaruh pada prosentase variasi serat aluminium terhadap kuat lentur beton.

LAMPIRAN 8 :

### PERHITUNGAN KUAT LENTUR BETON USIA 28 HARI

Besar Kuat Lentur :

$$\sigma_x = \frac{P.L}{b.h^2} \text{ (ASTM C 78)}$$

dengan:

$\sigma_x$  = Kuat Lentur ( Mpa )

P = Beban maksimum yang diberikan ( N )

b = lebar balok ( mm )

h = tinggi balok ( mm )

L = Panjang Balok ( mm )

Contoh perhitungan:

$$P = 2180 \text{ kg} = 21800 \text{ N}$$

$$\sigma_x = \frac{21800 \text{ N} \cdot 750 \text{ mm}}{150 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_x = 4.844 \text{ Mpa}$$

**Tabel L1. Hasil Pembacaan Kuat lentur Beton Usia 28 Hari**

Jenis Beton	Panjang Serat ( mm )	Berat Benda	Kode Benda Uji	Beban Maks P ( Kg )	Modulus Runtuh fr ( kg/cm )	fr rerata ( Mpa )
Beton Normal	40	39.2	BN1	2180	4.844	4.348
	40	40.1	BN2	1920	4.267	
	40	40.8	BN3	1770	3.933	
Beton Serat 1%	40	36.8	BF1	2220	4.933	4.052
	40	35.6	BF2	1520	3.378	
	40	35.3	BF3	1730	3.844	
Beton Serat 2%	40	33.9	BF1	1380	3.067	2.911
	40	35.7	BF2	1240	2.756	
	40	32.3	BF3	1310	2.911	
Beton Serat 3%	40	37.1	BF1	2080	4.622	4.230
	40	35.1	BF2	1990	4.422	
	40	36.4	BF3	1640	3.644	

Sumber : Hasil Pengujian Lab Beton dan Aplikasi Semen PT. Semen Gresik. Tbk

## LAMPIRAN 9 :

## STANDARD SPESIFIKASI SEMEN TIPE PORTLAND CEMEN 1

Tabel L1. Spesifikasi semen jenis PC1

Jenis Pengujian	SNI	ASTM	HASIL UJI PC I
	15-2049- 94 PC I	C 150-02 PC I	
Komposisi Kimia:			
Silikon Dioksida (SiO <sub>2</sub> ),%	-	-	20,92
Aluminium Oksida (Al <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ),%	-	-	5,94
Ferri Oksida (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ),%	-	-	3,78
Kalsium Oksida (CaO),%	-	-	65,21
Magnesium Oksida (MgO),%	≤ 6,00	≤ 6,00	0,97
Sulfur Trioksida (SO <sub>3</sub> ),%	≤ 3,50	≤ 3,50	2,22
Hilang Pijar (LOI),%	≤ 5,00	≤ 3,00	1,35
Kapur Bebas ,%	-	-	0,59
Bagian tidak Larut ,%	≤ 3,00	≤ 0,75	0,43
Alkali (Na <sub>2</sub> O + 0,658 K <sub>2</sub> O),%	≤ 0,60	≤ 0,60	0,19
Tricalcium Silicate (C <sub>3</sub> S),%	-	-	57,82
Dicalcium Silicate (C <sub>2</sub> S),%	-	-	16,36
Tricalcium Aluminate (C <sub>3</sub> A),%	-	-	8,16
Tetracalsium Aluminate Ferrit (C <sub>4</sub> AF),%	-	-	11,50

( Sumber : PT. Semen Gresik Tbk. )

## LAMPIRAN 10 :

**PERALATAN PENELITIAN**

Pada pelaksanaan penelitian diperlukan berbagai macam peralatan untuk menunjang kelancaran serta untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan maksud dan tujuan dari penelitian. Adapun alat – alat yang dipergunakan antara lain :

## 1. Alat pemotong

Alat pemotong berupa gunting seng dan tang kecil digunakan untuk membuat serat limbah aluminium menjadi potongan – potongan yang sesuai dengan ukuran yang dikehendaki.

## 2. Mesin Desak

Mesin yang digunakan untuk kuat desak adalah Compression Testing Machine merek “ Tinius Olsen “ dengan kapasitas 200000 kg. Mesin ini selain dipakai sebagai alat pengujian kuat desak, juga digunakan sebagai alat pengujian kuat tarik dan kuat lentur beton.

## 3. Timbangan

Timbangan yang digunakan dipenelitian ada dua macam, yaitu timbangan dengan kapasitas besar dan kapasitas kecil. Timbangan kapasitas besar dengan merek “ Toledo “, dengan kapasitas 300 kg, sedangkan timbangan dengan kapasitas kecil merek “ Fragile “ dengan kapasitas 20 kg, dan satu timbangan elektrik untuk mengukur berat jenis agregat

## 4. Alat Pembebanan

Untuk pembebanan digunakan alat Universal Testing Machine, Alat ini dapat dipasangkan pada mesin kuat desak, digunakan untuk memberikan beban pengujian kuat lentur.

## 5. Mesin Pengaduk Beton ( Molen )

Mesin yang bentuk dan prinsip kerjanya seperti alat pengaduk adonan roti ini mempunyai kapasitas adukan sebesar  $0.2 \text{ m}^3$ , mesin aduk dengan merek “ Lancaster “, memiliki tiga buah mata untuk mengaduk dan digerakan oleh mesin penggerak dengan bantuan tenaga listrik. Setelah selesai mengaduk, alat pengaduk dapat ditarik keatas agar memudahkan pengambilan adukan beton.

## 6. Kerucut Abrams

Kerucut Abrams digunakan untuk mengukur tingkat kelecakan adukan beton, yaitu dengan uji slump. Tinggi kerucut 30 cm dengan lubang dikedua ujungnya, lubang bagian atas mempunyai diameter 10 cm, sedangkan lubang bagian bawah berdiameter

20 cm. Alat ini dilengkapi dengan tongkat pemadat terbuat dari baja dengan diameter 16 mm, panjang 600 mm, ujungnya dibulatkan dan bebas dari karat. Untuk mengukur besarnya nilai slump yang terjadi dengan menggunakan mistar ukur.

#### 7. Cetakan Benda Uji

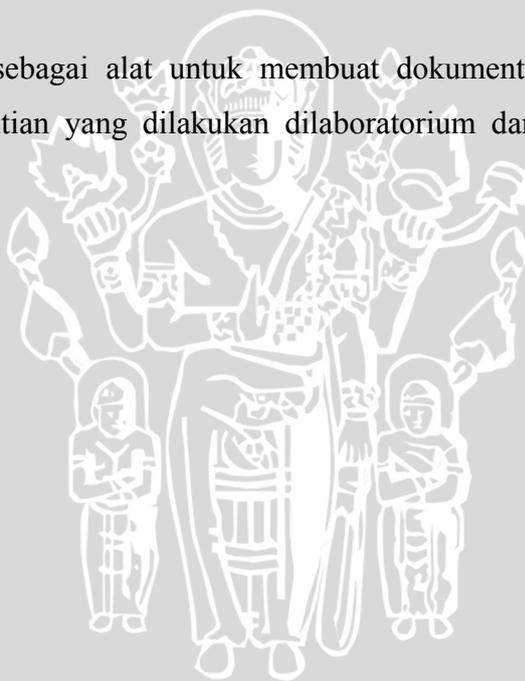
Cetakan yang digunakan adalah cetakan silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk uji kuat tekan, sedangkan cetakan balok ukuran 15 x 15 x 75 cm untuk uji kuat lentur. Cetakan silinder dan balok terbuat dari logam yang sisi –sisinya dapat dilepas satu sama lain. Sebelum pengecoran dimulai, semua sisi dalam diberi oli bekas agar setelah beton kering, cetakan silinder dan balok mudah untuk dilepaskan.

#### 8. Oven dengan Pengatur Suhu.

Alat pemanas yang digunakan untuk mengeringkan agregat dapat diatur suhunya sesuai kebutuhan

#### 9. Kamera

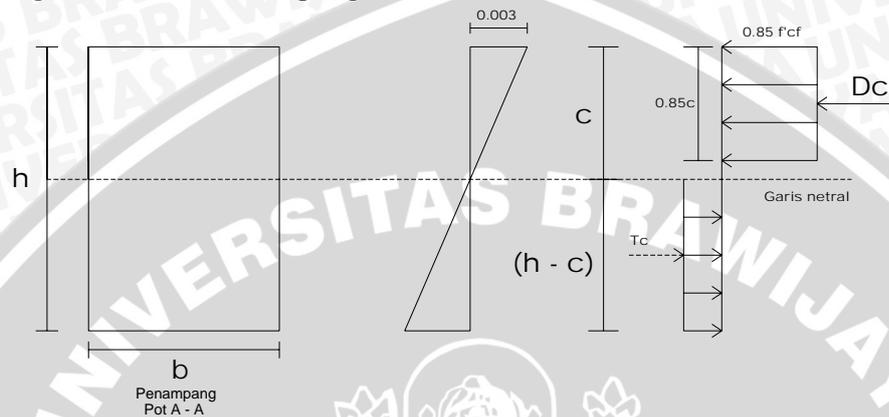
Kamera dipakai sebagai alat untuk membuat dokumentasi setiap langkah – langkah pekerjaan penelitian yang dilakukan dilaboratorium dari awal sampai akhir penelitian.



LAMPIRAN 11 :

**PERHITUNGAN KUAT LENTUR****a. Contoh perhitungan kuat lentur dengan serat**Diket :  $b = 150 \text{ mm}$        $f_{\text{blk}} = 4.052 \text{ Mpa}$  ( Beton variasi serat 1% ) $h = 150 \text{ mm}$        $f'_{\text{tf}} = 2.3 \text{ Mpa}$  ( Beton variasi serat 1% )

Diagram Analisa Penampang



Penyelesaian :

**1. Momen batas pada saat balok beton runtuh, yaitu :**

Dengan menggunakan anggapan bahwa :

$$\sum H = 0$$

$$Dc = Tc$$

$$\begin{aligned} 0.85 \cdot f_{\text{blk}} \cdot c \cdot b &= f_{\text{tf}} \cdot (h - c) \cdot b \\ 0.85 \cdot 4.052 \cdot c \cdot 150 &= 2.3 \cdot (150 - c) \cdot 150 \\ 516.63 c &= 51750 - 345 c \\ c &= 60.06 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Mu = Tc \left[ 0.575c + \left( \frac{h-c}{2} \right) \right] \quad (\text{Swamy dan Al Ta'an ; 1981})$$

$$= f_{\text{blk}} \cdot \frac{1}{2} \cdot x(h-c) \cdot b + \left[ 0.575c + \left( \frac{h-c}{2} \right) \right]$$

$$= 2.3 \cdot \frac{1}{2} \cdot 89.94 \cdot 75 \cdot \left[ 0.575 \cdot 60.06 + \left( \frac{150 - 60.06}{2} \right) \right]$$

$$= 7757.325 \text{ N} \times 79.5045 \text{ mm}$$

$$= 616742.246 \text{ N.mm}$$

$$Mu = Tc [0.575c + 0.575(h-c)] \quad (\text{Jindall , 1983})$$

$$\begin{aligned}
 &= 7757.325[0.575 \times 60.06 + 0.575(150 - 60.06)] \\
 &= 7757.325 \text{ N} \times 86.25 \text{ mm} \\
 &= 669069.281 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

**2. Momen ultimate yang dapat didukung oleh penampang balok diatas, yaitu**

:

Diket :  $b = 150 \text{ mm}$        $f'c = 12.94 \text{ Mpa}$  ( Beton variasi serat 1% )  
 $h = 150 \text{ mm}$        $f'tf = 2.3 \text{ Mpa}$  ( Beton variasi serat 1% )

$$Mu = Tc \left[ 0.575c + \left( \frac{h-c}{2} \right) \right] \quad (\text{Swamy dan Al Ta'an ; 1981})$$

$$= f'c \cdot \frac{1}{2} \cdot h \cdot b \cdot \left[ 0.575 \cdot c + \left( \frac{h-c}{2} \right) \right]$$

$$= 23 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 150 \text{ mm} \cdot 75 \text{ mm} \left[ 0.575 \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot 150 \right) + \left( \frac{150-75}{2} \right) \right]$$

$$= 12937.5 \text{ N} \times 80.625 \text{ mm}$$

$$= 1043085.938 \text{ N.mm}$$

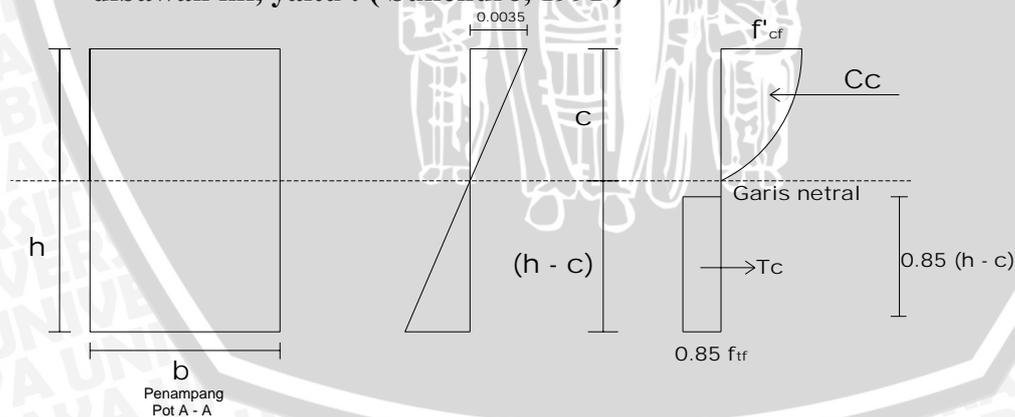
$$Mu = Tc [0.575c + 0.575(h-c)] \quad (\text{Jindall ; 1983})$$

$$= 12937.5 \text{ N} \cdot [0.575 \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot 150 \right) + 0.575(150 - 75)]$$

$$= 12937.5 \text{ N} \times 86.25 \text{ mm}$$

$$= 1115859.375 \text{ N.mm}$$

**3. Momen lentur Nominal yang dapat didukung oleh penampang balok dibawah ini, yaitu : ( Suhendro, 1991 )**



Diket :  $b = 150 \text{ mm}$

$f'_{blk} = 4.052 \text{ Mpa}$  ( Beton variasi serat 1% )

$h = 150 \text{ mm}$

$f'tf = 2.3 \text{ Mpa}$  ( Beton variasi serat 1% )

Penyelesaian :

Dengan menggunakan anggapan bahwa :

$$\sum H = 0$$

$$C_c = T_c$$

$$f'_{blk} \cdot c \cdot b = 0.85 f_{tf} \cdot (h - c) \cdot b$$

$$4.052 \cdot c \cdot 150 = 0.85 \cdot 2.3 \cdot (150 - c) \cdot 150$$

$$607.8c = 43987.5 - 293.25c$$

$$c = 48.82 \text{ mm}$$

**Menghitung Momen Lentur Nominal ( $M_n$ )**

$$M_n = T_{cf} \cdot \frac{(h-c)}{2} + C_c \cdot \frac{5}{8} \cdot c \quad (\text{Suhendro, 1991})$$

$$= 0.85 \times 2.3 \times [0.85 \times (h-c) \times b] \times \frac{(h-c)}{2} + f'_{blk} \times c \times b \times \frac{5}{8} \cdot c$$

$$= 0.85 \times 2.3 \times [0.85 \times (150 - 48.82) \times 150] \times \frac{(150 - 48.82)}{2} + (4.052 \times 48.82 \times 150) \times \frac{5}{8} \times 48.82$$

$$= 2181290.2 \text{ Nmm}$$

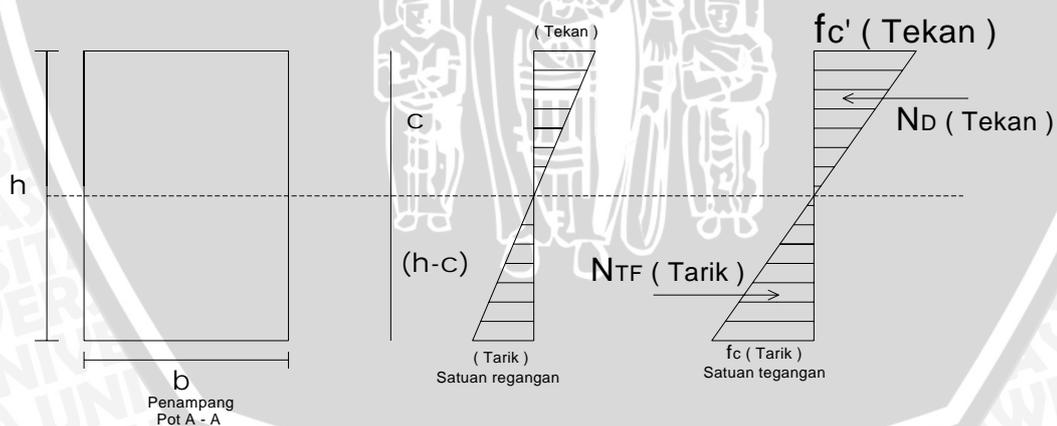
**b. Contoh perhitungan kuat lentur beton tanpa serat (Istimawan D.)**

$$\text{Diket : } b = 150 \text{ mm}$$

$$f'_c = 4.348 \text{ Mpa (Beton normal)}$$

$$h = 150 \text{ mm}$$

$$f_{tf} = 2.91 \text{ Mpa (Beton normal)}$$



**1. Momen batas pada saat balok beton runtuh, yaitu**

Dengan menggunakan anggapan bahwa :

$$\sum H = 0$$

$$N_D = N_{TF}$$

$$f'_c \times c \times b = f_t \times (h - c) \times b$$

$$4.348 \times c \times 150 = 2.91 \times (150 - c) \times 150$$

$$652.2 c = 32737.5 - 218.25 c$$

$$870.45 c = 32737.5$$

$$c = 37.61 \text{ mm}$$

## 2. Resultante Gaya Tarik dan Gaya tekan

Gaya tekan

$$\begin{aligned} N_D &= f'_c \times \frac{1}{2} \times c \times b \\ &= \frac{1}{2} \times 4.348 \text{ N/mm}^2 \times 37.61 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \\ &= 12264.62 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z &= \left[ \frac{2}{3} \times (37.61 \text{ mm}) \right] + \left[ \frac{2}{3} \times (112.39 \text{ mm}) \right] \\ &= 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya Tarik

$$\begin{aligned} N_{TF} &= f_t \times \frac{1}{2} \times c \times b \\ &= 2.91 \text{ N/mm}^2 \times \frac{1}{2} \times 112.39 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \\ &= 24529.118 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z &= \left[ \frac{2}{3} \times (12.85 \text{ mm}) \right] + \left[ \frac{2}{3} \times (137.15 \text{ mm}) \right] \\ &= 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

## 3. Menghitung Momen Tahanan ( $M_R$ )

Pada daerah tekan

$$\begin{aligned} M_R &= N_D \times Z \\ &= 12264.62 \text{ N} \times 100 \text{ mm} \\ &= 1226462 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Pada Daerah Tarik

$$\begin{aligned} M_R &= N_{TF} \times Z \\ &= 24529.118 \text{ N} \times 100 \text{ mm} \\ &= 2452911.8 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

## 2. Momen ultimate yang dapat didukung oleh penampang balok diatas, yaitu :

$$\text{Diket : } b = 150 \text{ mm} \quad f'_c = 31.06 \text{ Mpa (Beton normal)}$$

$$h = 150 \text{ mm} \quad f'_t = 2.91 \text{ Mpa (Beton normal)}$$

Dengan menggunakan anggapan bahwa :

$$\sum H = 0$$

$$N_D = N_{TF}$$

$$f'c \times c \times b = f_t \times (h - c) \times b$$

$$31.06 \times c \times 150 = 2.91 \times (150 - c) \times 150$$

$$2329.5 c = 32737.5 - 218.25 c$$

$$2547.75 c = 32737.5$$

$$c = 12.85 \text{ mm}$$

### 3. Resultante Gaya Tarik dan Gaya tekan

Gaya tekan

$$N_D = f'c \times \frac{1}{2} \times c \times b$$

$$= \frac{1}{2} \times 31.06 \text{ N/mm}^2 \times 12.85 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$$

$$= 29934.075 \text{ N}$$

$$Z = \left[ \frac{2}{3} \times (12.85 \text{ mm}) \right] + \left[ \frac{2}{3} \times (137.15 \text{ mm}) \right]$$

$$= 100 \text{ mm}$$

Gaya Tarik

$$N_{TF} = f_t \times \frac{1}{2} \times c \times b$$

$$= 2.91 \text{ N/mm}^2 \times \frac{1}{2} \times 137.15 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$$

$$= 29932.988 \text{ N}$$

$$Z = \left[ \frac{2}{3} \times (12.85 \text{ mm}) \right] + \left[ \frac{2}{3} \times (137.15 \text{ mm}) \right]$$

$$= 100 \text{ mm}$$

Menghitung Momen Tahanan ( $M_R$ )

Pada daerah tekan

$$M_R = N_D \times Z$$

$$= 29934.075 \text{ N} \times 100 \text{ mm}$$

$$= 2993407.5 \text{ N.mm}$$

Pada Daerah Tarik

$$M_R = N_{TF} \times Z$$

$$= 29932.988 \text{ N} \times 100 \text{ mm}$$

$$= 2993298.8 \text{ N.mm}$$

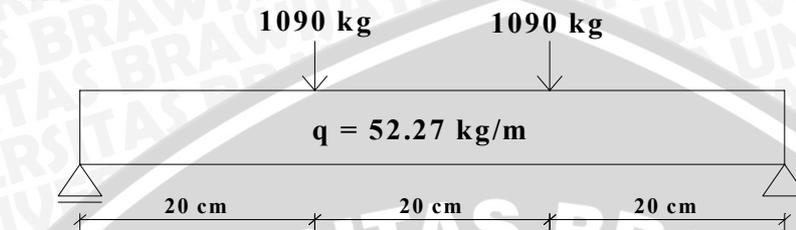
## PERHITUNGAN TEGANGAN LENTUR

Perhitungan Tegangan Lentur berdasarkan ASTM C 78 :

$$R = \frac{Pl}{bd^2}$$

### Perhitungan Tegangan Lentur Teoritis

#### Beton Normal 1

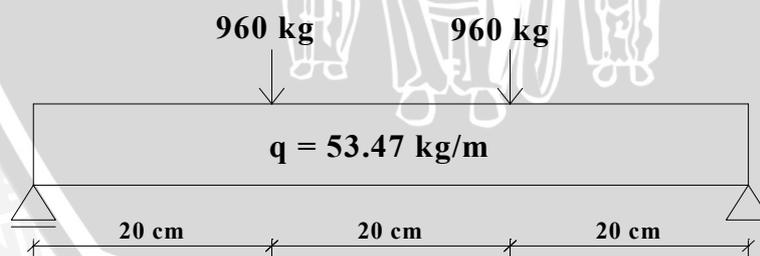


$$\begin{aligned} M_{maks} &= (R_1 \times 0.3) - [(q \times L) \times \frac{1}{2} \cdot L + P \times L] \\ &= (1105.681 \text{ kg} \times 0.3 \text{ m}) - [(52.27 \text{ kg/m} \times 0.3 \text{ m}) \times \frac{1}{2} \cdot 0.3 \text{ m} + \\ &\quad 1090 \text{ kg} \times 0.1 \text{ m}] \\ &= 331.7043 \text{ m} - 111.352 \text{ kg.m} \\ &= 220.3523 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{12} \times 15 \times 15^3 \\ &= 4218.75 \text{ Cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f &= \frac{M \cdot c}{I} \\ &= \frac{2203523 \text{ Nmm} \times 75 \text{ mm}}{42187500 \text{ mm}^4} \\ &= 3.917 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

#### Beton Normal 2

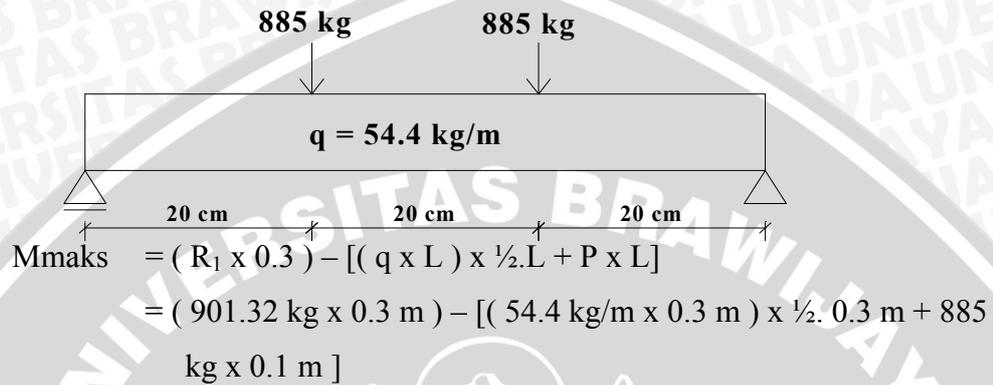


$$\begin{aligned} M_{maks} &= (R_1 \times 0.3) - [(q \times L) \times \frac{1}{2} \cdot L + P \times L] \\ &= (976.041 \text{ kg} \times 0.3 \text{ m}) - [(53.47 \text{ kg/m} \times 0.3 \text{ m}) \times \frac{1}{2} \cdot 0.3 \text{ m} + \\ &\quad 960 \text{ kg} \times 0.1 \text{ m}] \\ &= 292.8123 \text{ kg.m} - 98.4062 \text{ kg.m} \\ &= 194.4061 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$I = \frac{1}{12} \times 15 \times 15^3$$

$$\begin{aligned}
 &= 4218.75 \text{ Cm}^4 \\
 f &= \frac{M_{\text{max}}}{I} \\
 &= \frac{1944061 \text{ Nmm} \times 75 \text{ mm}}{42187500 \text{ mm}^4} \\
 &= 3.456 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

**Beton Normal 3**

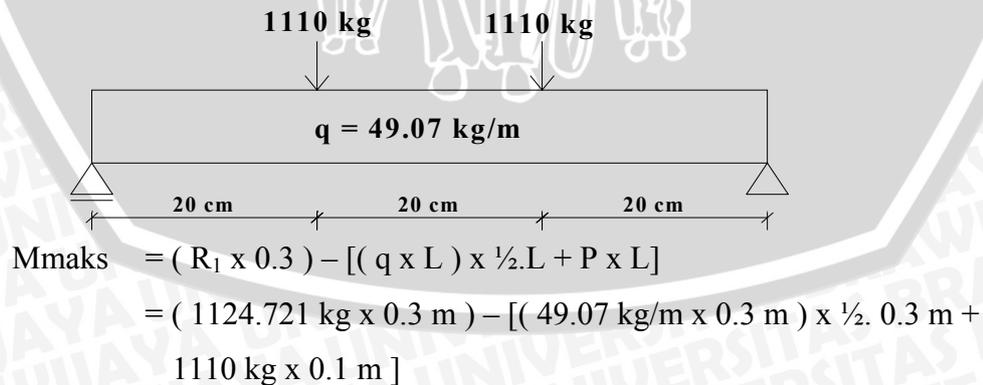


$$\begin{aligned}
 &= 270.396 \text{ kg.m} - 90.948 \text{ kg.m} \\
 &= 179.448 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{12} \times 15 \times 15^3 \\
 &= 4218.75 \text{ Cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{M_{\text{max}}}{I} \\
 &= \frac{1794480 \text{ Nmm} \times 75 \text{ mm}}{42187500 \text{ mm}^4} \\
 &= 3.19 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

**Beton Fiber 1% - 1**



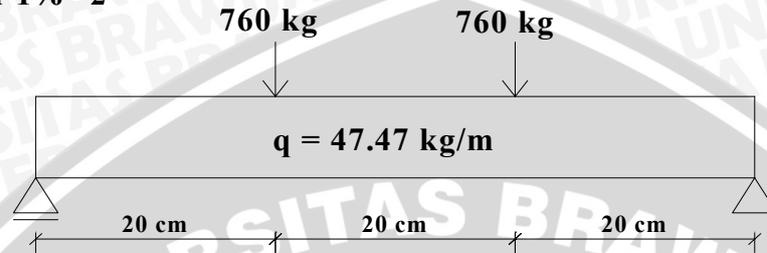
$$\begin{aligned}
 &= 337.416 \text{ kg.m} - 113.208 \text{ kg.m} \\
 &= 224.208 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{12} \times 15 \times 15^3 \\
 &= 4218.75 \text{ Cm}^4
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 f &= \frac{M.c}{I} \\
 &= \frac{2242080 \text{ Nmm} \times 75 \text{ mm}}{42187500 \text{ mm}^4} \\
 &= 3.9859 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

**Beton Fiber 1% - 2**

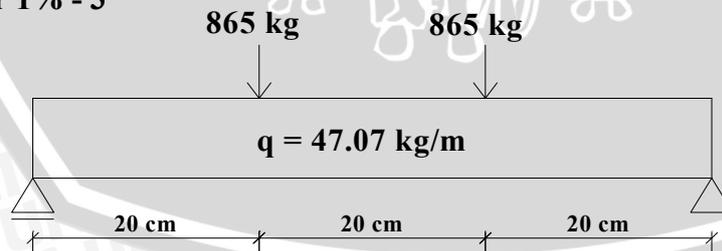


$$\begin{aligned}
 M_{\text{maks}} &= (R_1 \times 0.3) - [(q \times L) \times \frac{1}{2} \cdot L + P \times L] \\
 &= (774.241 \text{ kg} \times 0.3 \text{ m}) - [(47.47 \text{ kg/m} \times 0.3 \text{ m}) \times \frac{1}{2} \cdot 0.3 \text{ m} + 760 \\
 &\quad \text{kg} \times 0.1 \text{ m}] \\
 &= 232.272 \text{ kg.m} - 78.136 \text{ kg.m} \\
 &= 154.136 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{12} \times 15 \times 15^3 \\
 &= 4218.75 \text{ Cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{M.c}{I} \\
 &= \frac{1541360 \text{ Nmm} \times 75 \text{ mm}}{42187500 \text{ mm}^4} \\
 &= 2.74 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

**Beton Fiber 1% - 3**

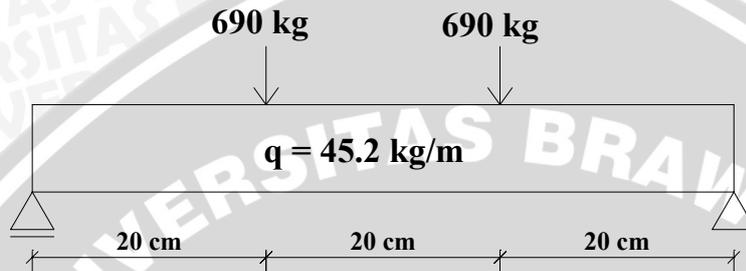


$$\begin{aligned}
 M_{\text{maks}} &= (R_1 \times 0.3) - [(q \times L) \times \frac{1}{2} \cdot L + P \times L] \\
 &= (879.121 \text{ kg} \times 0.3 \text{ m}) - [(47.07 \text{ kg/m} \times 0.3 \text{ m}) \times \frac{1}{2} \cdot 0.3 \text{ m} + 865 \\
 &\quad \text{kg} \times 0.1 \text{ m}] \\
 &= 263.736 \text{ kg.m} - 88.618 \text{ kg.m} \\
 &= 175.118 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 I &= 1/12 \times 15 \times 15^3 \\
 &= 4218.75 \text{ Cm}^4 \\
 f &= \frac{M \cdot c}{I} \\
 &= \frac{1751180 \text{ Nmm} \times 75 \text{ mm}}{42187500 \text{ mm}^4} \\
 &= 3.11 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

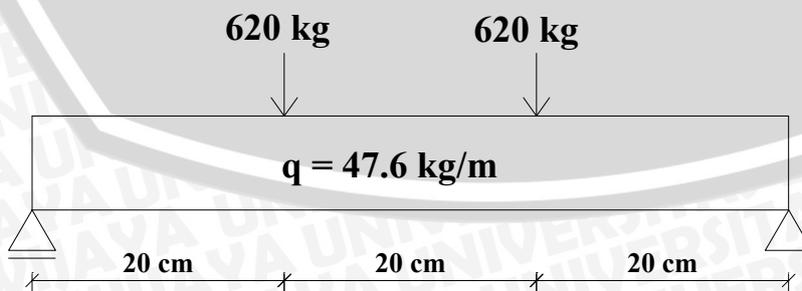
**Beton Fiber 2% - 1**



$$\begin{aligned}
 M_{\text{maks}} &= (R_1 \times 0.3) - [(q \times L) \times \frac{1}{2} \cdot L + P \times L] \\
 &= (703.56 \text{ kg} \times 0.3 \text{ m}) - [(45.2 \text{ kg/m} \times 0.3 \text{ m}) \times \frac{1}{2} \cdot 0.3 \text{ m} + 690 \text{ kg} \times 0.1 \text{ m}] \\
 &= 211.068 \text{ kg.m} - 71.034 \text{ kg.m} \\
 &= 140.034 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= 1/12 \times 15 \times 15^3 \\
 &= 4218.75 \text{ Cm}^4 \\
 f &= \frac{M \cdot c}{I} \\
 &= \frac{1400340 \text{ Nmm} \times 75 \text{ mm}}{42187500 \text{ mm}^4} \\
 &= 2.49 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

**Beton Fiber 2% - 2**



$$\begin{aligned}
 M_{\text{maks}} &= (R_1 \times 0.3) - [(q \times L) \times \frac{1}{2} \cdot L + P \times L] \\
 &= (634.28 \text{ kg} \times 0.3 \text{ m}) - [(47.6 \text{ kg/m} \times 0.3 \text{ m}) \times \frac{1}{2} \cdot 0.3 \text{ m} + 620 \text{ kg} \times 0.1 \text{ m}]
 \end{aligned}$$



$$= 190.284 \text{ kg.m} - 65.57 \text{ kg.m}$$

$$= 124.714 \text{ kg.m}$$

$$I = 1/12 \times 15 \times 15^3$$

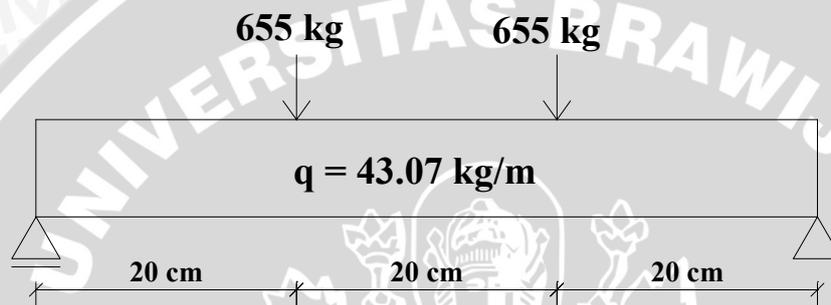
$$= 4218.75 \text{ Cm}^4$$

$$f = \frac{M \cdot c}{I}$$

$$= \frac{1247140 \text{ Nmm} \times 75 \text{ mm}}{42187500 \text{ mm}^4}$$

$$= 2.217 \text{ N/mm}^2$$

**Beton Fiber 2% - 3**



$$M_{maks} = (R_1 \times 0.3) - [(q \times L) \times \frac{1}{2} \cdot L + P \times L]$$

$$= (667.921 \text{ kg} \times 0.3 \text{ m}) - [(43.07 \text{ kg/m} \times 0.3 \text{ m}) \times \frac{1}{2} \cdot 0.3 \text{ m} + 655 \text{ kg} \times 0.1 \text{ m}]$$

$$= 200.376 \text{ kg.m} - 67.438 \text{ kg.m}$$

$$= 132.938 \text{ kg.m}$$

$$I = 1/12 \times 15 \times 15^3$$

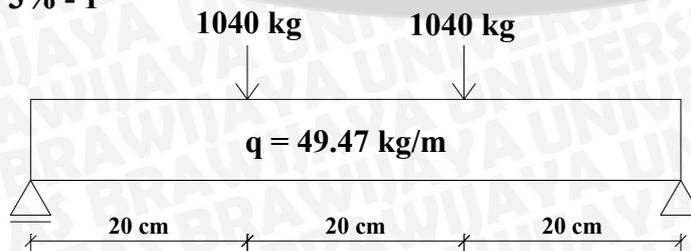
$$= 4218.75 \text{ Cm}^4$$

$$f = \frac{M \cdot c}{I}$$

$$= \frac{1329380 \text{ Nmm} \times 75 \text{ mm}}{42187500 \text{ mm}^4}$$

$$= 2.36 \text{ N/mm}^2$$

**Beton Fiber 3% - 1**

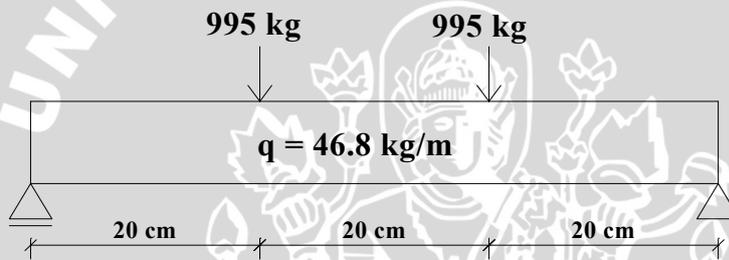


$$\begin{aligned}
 M_{maks} &= (R_1 \times 0.3) - [(q \times L) \times \frac{1}{2}L + P \times L] \\
 &= (1054.841 \text{ kg} \times 0.3 \text{ m}) - [(49.47 \text{ kg/m} \times 0.3 \text{ m}) \times \frac{1}{2} \cdot 0.3 \text{ m} + \\
 &\quad 1040 \text{ kg} \times 0.1 \text{ m}] \\
 &= 316.452 \text{ kg.m} - 106.226 \text{ kg.m} \\
 &= 210.226 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{12} \times 15 \times 15^3 \\
 &= 4218.75 \text{ Cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{M_{maks}}{I} \\
 &= \frac{2102260 \text{ Nmm} \times 75 \text{ mm}}{42187500 \text{ mm}^4} \\
 &= 3.74 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

### Beton Fiber 3% - 2

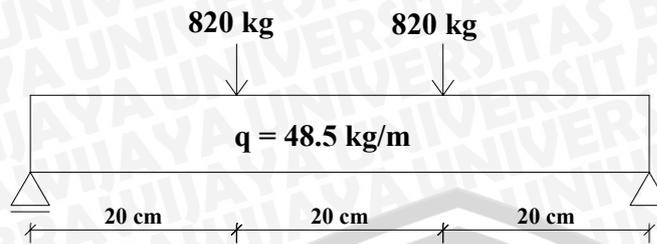


$$\begin{aligned}
 M_{maks} &= (R_1 \times 0.3) - [(q \times L) \times \frac{1}{2}L + P \times L] \\
 &= (1009.04 \text{ kg} \times 0.3 \text{ m}) - [(46.8 \text{ kg/m} \times 0.3 \text{ m}) \times \frac{1}{2} \cdot 0.3 \text{ m} + 995 \\
 &\quad \text{kg} \times 0.1 \text{ m}] \\
 &= 302.712 \text{ kg.m} - 101.606 \text{ kg.m} \\
 &= 201.106 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{12} \times 15 \times 15^3 \\
 &= 4218.75 \text{ Cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{M_{maks}}{I} \\
 &= \frac{2011060 \text{ Nmm} \times 75 \text{ mm}}{42187500 \text{ mm}^4} \\
 &= 3.575 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

### Beton Fiber 3% - 3



$$\begin{aligned} M_{\text{maks}} &= (R_1 \times 0.3) - [(q \times L) \times \frac{1}{2} \cdot L + P \times L] \\ &= (834.55 \text{ kg} \times 0.3 \text{ m}) - [(48.5 \text{ kg/m} \times 0.3 \text{ m}) \times \frac{1}{2} \cdot 0.3 \text{ m} + 820 \text{ kg} \\ &\quad \times 0.1 \text{ m}] \\ &= 250.365 \text{ kg.m} - 84.183 \text{ kg.m} \\ &= 166.182 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{12} \times 15 \times 15^3 \\ &= 4218.75 \text{ Cm}^4 \end{aligned}$$

$$f = \frac{M \cdot c}{I}$$

$$= \frac{1661820 \text{ Nmm} \times 75 \text{ mm}}{42187500 \text{ mm}^4}$$

$$= 2.95 \text{ N/mm}^2$$



**LAMPIRAN 12 :**

**A. DOKUMENTASI PENELITIAN**

**1. Persiapan bahan dan peralatan**



Gambar.1



Gambar.2



Gambar.3



Gambar.4



Gambar.5



Gambar.6

**2. Pengujian Bahan**



Gambar 1



Gambar 2



Gambar 3



Gambar 4



Gambar 5



Gambar 6

### 3. Proses Pembuatan Benda Uji



Gambar 1



Gambar 2



Gambar 3



Gambar 4



Gambar 5



Gambar 6



Gambar 7



Gambar 8

#### 4. Pengujian Slump



Gambar 1



Gambar 2



Gambar 3



Gambar 4

### 5. Reaksi Pada Saat Pembuatan Benda Uji



Gambar 1



Gambar 2

### 6. Pelepasan Bekisting dan Perawatan Benda Uji



Gambar 1



Gambar 2

### 7. Pengujian Kuat Lentur



Gambar 1



Gambar 2



Gambar 3



Gambar 4

## **B. KETERANGAN GAMBAR :**

### **1. Persiapan bahan dan peralatan**

- a. Gb. 1. Bahan material untuk campuran beton
- b. Gb. 2. Pengambilan bahan material untuk diuji
- c. Gb. 3. Serat dari limbah aluminium sebagai filler
- d. Gb. 4. Alat timbangan
- e. Gb. 5. Menimbang berat material campuran beton
- f. Gb. 6. Memotong serat sesuai kebutuhan

### **2. Pengujian Bahan**

- a. Gb. 1. Uji analisa ayakan untuk agregat halus
- b. Gb. 2. Uji analisa ayakan untuk agregat kasar
- c. Gb. 3. Pengujian berat jenis dan absorpsi untuk agregat halus dan kasar
- d. Gb. 4. Menimbang berat talam
- e. Gb. 5. Pengujian berat jenis serat limbah aluminium
- f. Gb. 6. Menimbang berat jenis serat aluminium

### **3. Proses Pembuatan Benda Uji**

- a. Gb. 1. Menyiapkan cetakan untuk benda uji silinder dan balok
- b. Gb. 2. Cetakan balok ukuran  $15 \times 15 \times 75 \text{ cm}^3$
- c. Gb. 3. Membasahi mesin pengaduk ( mixer ) dengan air sebelum dipakai.
- d. Gb. 4. Memasukan bahan campuran beton kedalam mixer.
- e. Gb. 5. Memasukan serat aluminium kedalam adukan beton
- f. Gb. 6. Proses pencampuran serat pada adukan beton
- g. Gb. 7. Memasukan beton serat kedalam cetakan silinder
- h. Gb. 8. Memasukan beton serat kedalam cetakan balok

### **4. Pengujian Slump**

- a. Gb. 1. Memasukan adukan beton kedalam kerucut Abrams
- b. Gb. 2. Memadatkan adukan beton sebanyak 25 tusukan tiap lapis
- c. Gb. 3. Mengukur nilai slump untuk beton normal.
- d. Gb. 4. Mengukur nilai slump untuk beton serat.

### **5. Reaksi Pada Saat Pembuatan Benda Uji**

- a. Gb. 1. Reaksi yang terjadi antara serat aluminium dengan beton

- b. Gb. 2. Reaksi yang terjadi antara serat aluminium dengan beton setelah beton mengeras

#### 6. Pelepasan Bekisting dan Perawatan Benda Uji

- a. Gb. 1. Pelepasan cetakan benda uji setelah umur satu hari
- b. Gb. 2. Memasukan benda uji kedalam bak rendaman selama 28 hari.

#### 7. Pengujian Kuat Lentur

- a. Gb. 1. Pengujian kuat lentur untuk balok normal
- b. Gb. 2. Pengujian kuat lentur untuk balok serat
- c. Gb. 3. Pengujian kuat tekan dan modulus untuk balok normal
- d. Gb. 4. Penyebaran serat yang merata.

