

**SKRIPSI**  
**PEMANFAATAN LIMBAH PECAHAN BETON SEBAGAI**  
**PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT TERHADAP KUAT TARIK**  
**BELAH DENGAN FAS 0,3 DAN 0,5**

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Sarjana Teknik sipil*  
*Universitas Medan Area*

Oleh :

SONIA SONITA MUNTHE

NPM : 14.811.0077



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MEDAN AREA**  
**MEDAN**  
**2019**

**PEMANFAATAN LIMBAH PECAHAN BETON SEBAGAI  
PENGANTI SEBAGIAN AGREGAT TERHADAP KUAT  
TARIK BELAH DENGAN FAS 0,3 DAN 0,5**

**SKRIPSI**

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan ujian Sarjana Teknik sipil  
Universitas Medan Area*

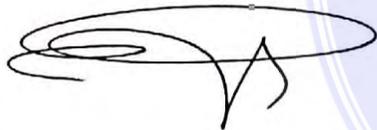
Oleh :

SONIA SONITA MUNTHE

14.811. 0077

Disetujui Oleh :

**Pembimbing I**



( Ir. H. Irwan, MT )

**Pembimbing II**



(Ir. Nurmaidah, MT)

Mengetahui :



(Dr. Faisal Ahri Tanjung, SST. MT)



(Ir. Kamaluddin Lubis, MT)

## SURAT PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam skripsi ini benar – benar hasil karya sendiri bukan jiplakan dari karya tulis orang lain, baik nebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan metode ilmiah.

Medan, April 2019



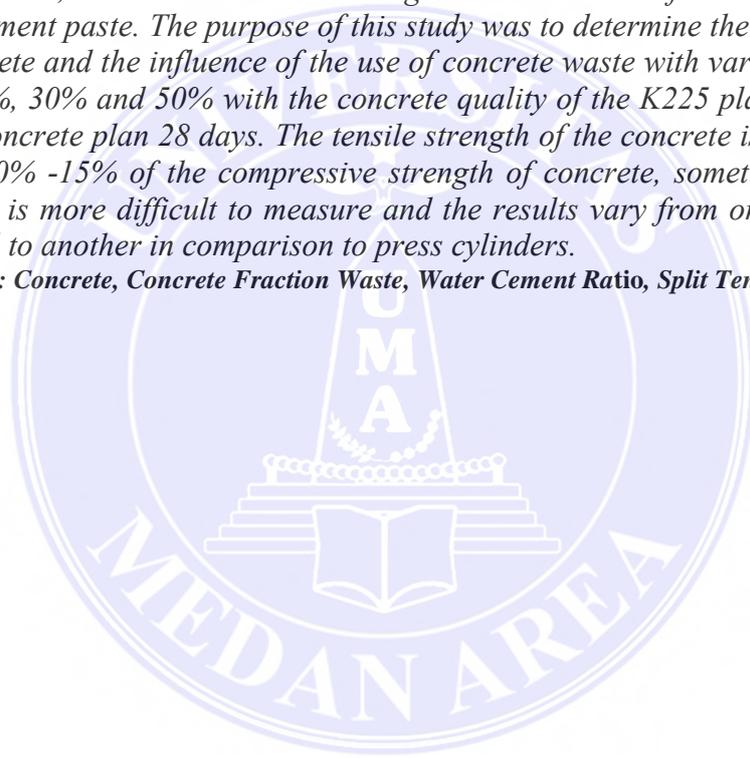
Sonia S Munthe



## **ABSTRACT**

*Concrete is a major factor in the construction sector at this time. Concrete is chosen as building material because it has high compressive strength. Structurally the concrete has a considerable compressive stress, so it is useful for structures that resist compressive forces. However, concrete also has a disadvantage, namely its tensile strength is very low and brittle, so that to hold the tensile force is added reinforcing steel. The addition of reinforcing steel has not provided optimal results. Often we encounter on a beam, there are longitudinal cracks or fine cracks caused by the pulling force acting on the beam. Concrete strength depends on several aspects, one of which is the water cement ratio(w/c ratio) used in concrete mixtures. To reach a concrete mixture that meets the requirements, the concrete mixture that uses a large fas value, will require less cement paste, whereas the concrete dough that uses a small fas value, will require more cement paste. The purpose of this study was to determine the tensile strength of concrete and the influence of the use of concrete waste with variations of waste 0%, 15%, 30% and 50% with the concrete quality of the K225 plan, with the age of the concrete plan 28 days. The tensile strength of the concrete is relatively low, about 10% -15% of the compressive strength of concrete, sometimes 20%. This strength is more difficult to measure and the results vary from one experimental material to another in comparison to press cylinders.*

**Keywords:** *Concrete, Concrete Fraction Waste, Water Cement Ratio, Split Tensile Strength*



## ABSTRAK

Beton merupakan faktor utama dalam bidang konstruksi pada saat ini. Beton dipilih sebagai bahan bangunan karena mempunyai kekuatan tekan yang tinggi. Secara struktural beton mempunyai tegangan tekan cukup besar, sehingga bermanfaat untuk struktur yang menahan gaya-gaya tekan. Akan tetapi, beton juga memiliki kelemahan yaitu kekuatan tariknya sangat rendah dan bersifat getas (*brittle*), sehingga untuk menahan gaya tarik tersebut ditambahkan baja tulangan. Penambahan baja tulangan pun belum memberikan hasil yang optimal. Sering kita jumpai pada suatu balok, terdapat retak memanjang atau retak halus yang disebabkan oleh gaya tarik yang bekerja pada balok tersebut. Kekuatan beton bergantung pada beberapa aspek, salah satunya adalah faktor air semen (FAS) yang dipakai dalam adukan beton. Untuk mencapai adukan beton yang memenuhi syarat, maka adukan beton yang menggunakan nilai fas yang besar, akan lebih sedikit membutuhkan pasta semen, sebaliknya adonan beton yang menggunakan nilai fas yang kecil, akan lebih banyak membutuhkan pasta semen. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui kuat tarik belah beton serta pengaruh dari penggunaan limbah pecahan beton dengan variasi limbah 0%, 15%, 30% dan 50% dengan mutu beton rencana K225, dengan umur rencana beton 28 hari. Kuat tarik beton relatif rendah, kira-kira 10%-15% dari kekuatan tekan beton, kadang-kadang 20%. Kekuatan ini lebih sukar untuk diukur dan hasilnya berbeda-beda dari satu bahan percobaan ke bahan percobaan yang lain dibandingkan untuk silinder-silinder tekan.

**Kata kunci : Beton, Limbah Pecahan Beton, Faktor Air Semen, Kuat Tarik Belah**

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis sampaikan Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas Rahmat-Nya memberikan kesempatan pada penulis, sehingga mampu menyelesaikan Skripsi ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Skripsi ini berjudul “Pemanfaatan Limbah Pecahan Beton Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Terhadap Kuat Tarik Belah Dengan FAS 0,3 dan 0,5 (Penelitian)” merupakan tugas akhir yang wajib diselesaikan untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program Strata I (S1) di jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area.

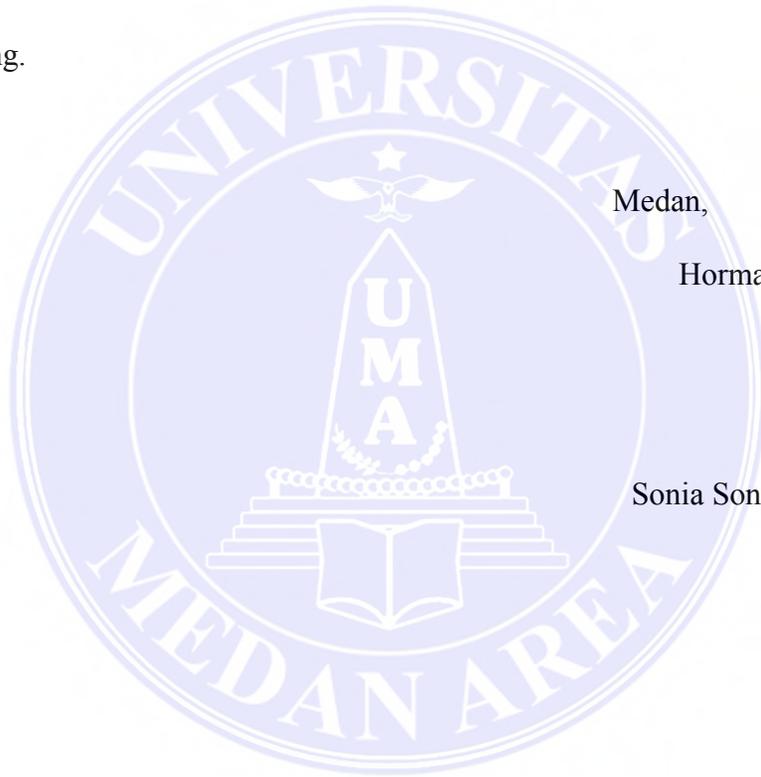
Sesuai dengan judulnya, dalam skripsi ini akan dilakukan penelitian seperti: pengujian bahan-bahan campuran beton, pengujian kuat tarik belah beton dan pengolahan data dari penelitian (Riset). Dalam proses penulisan skripsi ini, penulis banyak menemukan kesulitan, namun berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak yang berkaitan dengan penulis skripsi ini, sehingga dapat di selesaikan.

Penulismenyampaikanterimakasihkepada :

1. Bapak. Prof.Dr.Dadan Ramdan M.Eng,M.Sc, Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Faisal Amri Tanjung, SST. MT, Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, MT, Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir.H.Irwan, MT, Dosen Pembimbing Skripsi I.
5. Bapak Ir.Nurmaidah, MT, Dosen Pembimbing Skripsi II.
6. Kedua Orang Tua Tercinta & Seluruh Keluarga.
7. Seluruh Dosen Dan Pegawai Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area.

8. Kepala Laboratorium Beton Universitas Sumatera Utara yang mengizinkan saya melakukan penelitian dan para Asisten Lab yang membimbing saya selama penelitian.
9. Seluruh teman –teman yang telah memberikan dukungannya.

Kemungkinan masih terdapat kekurangan dalam penyusunan skripsi ini oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dimasa mendatang.



Medan, April 2019

Hormat Saya

Sonia Sonita Munthe

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>ix</b>
<b>BAB I : PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Rumusan Masalah .....	3
1.4 Pembatasan Masalah .....	3
1.5 Metode Pengambilan Data .....	4
<b>BAB II : TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Beton .....	5
2.2 Sifat-sifat Beton .....	6
2.2.1 Beton segar.....	6

2.2.2 Beton Keras.....	9
2.3 Material Beton .....	10
2.3.1 Semen Portland .....	10
2.3.2 Sifat dan Karakteristik Semen Portland .....	13
2.3.3 Agregat .....	17
2.3.4 Air .....	31
2.4 Bahan Tambah .....	33
2.4.1 Tujuan Penggunaan Bahan Tambah .....	33
2.4.2 Limbah Pecahan Beton .....	34
2.5 Kuat Tarik Belah Beton .....	36
2.6 Penelitian sebelumnya .....	
2.7 Slump .....	40
2.8 Standar Devisiasi .....	42
<b>BAB III : METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>43</b>
3.1 Metode Penelitian .....	43
3.2 Bahan dan Alat.....	43
3.3 Diagram Alir Penelitian .....	44

3.4 Tahapan Penelitian.....	46
3.5 Perencanaan Campuran Beton ( <i>Mix Design</i> ) .....	59
3.6 Pembuatan Benda Uji .....	66
3.7 Uji Slump .....	67
3.8 Pengujian Kuat Tarik Belah .....	68
<b>BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>69</b>
4.1 Perencanaan Campuran Beton K225 .....	69
4.2 Nilai Slump .....	70
4.3 Pengujian Kuat Tarik Belah Silinder Beton .....	72
4.4 Pembahasan .....	76
<b>BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>77</b>
5.1 Kesimpulan .....	77
5.2 Saran .....	77
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>78</b>
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Agregat Halus .....	21
Gambar 2.2 Agregat Kasar.....	22
Gambar 2.3 Limbah Pecahan Beton.....	36
Gambar 2.4 Dial Compression Mecine .....	37
Gambar 2.5 Slump Test .....	41
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian .....	45
Gambar 3.2 Analisa Ayakan Agregat Halus .....	48
Gambar 3.3 Diagram Analisa Ayakan Pasir Zona 2 .....	49
Gambar 3.4 Berat Jenis Pasir .....	50
Gambar 3.5 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus .....	51
Gambar 3.6 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Pasir .....	52
Gamabr 3.7 Pemeriksaan Kadar Lumpur Kerikil .....	53
Gambar 3.8 Analisa Ayakan Agregat Kasar .....	54
Gambar 3.9 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar .....	55
Gambar 3.10 Pemeriksaan Berat Jenis agregat Kasar .....	56
Gambar 3.11 Campuran Limbah Pecahan beton FAS 0,3 .....	63

Gabar 3.12 Campuran Limbah Pecahan Beton FAS 0,5 .....	65
Gambar 4.1 Nilai Slump Beton FAS 0,3 .....	71
Gambar 4.2 Nilai Slump Beton FAS 0,5 .....	72
Gambar 4.3 Kuat Tarik Belah Beton FAS 0,3 .....	74
Gambar 4.4 Kuat Tarik Belah Beton FAS 0,5 .....	75
Gambar 4.5 Pola Retak Pada Pengujian Kuat Tarik Belah .....	76



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Senyawa Penyusun Semen Portland .....	15
Tabel 2.2 Batas Gradasi Agregat Halus .....	28
Tabel 2.3 Batas Gradasi Agregat Kasar .....	29
Tabel 2.4 Nilai Standar Devisiasi .....	42
Tabel 3.1 Susuna Ayakan Agregat Halus .....	47
Tabel 3.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus .....	53
Tabel 3.3 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar .....	56
Tabel 3.4 Waktu Ikat Semen .....	59
Tabel 4.1 Mix Design K225 FAS 0,3 .....	69
Tabel 4.2 Mix Design K225 FAS 0,5 .....	70
Tabel 4.3 Data Pengujian Slump Test FAS 0,3 .....	71
Tabel 4.4 Data Pengujian Slump Test FAS 0,5 .....	72
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton FAS 0,3 .....	73
Tabel 4.6 Hasil pegujian Kuat Tarik Belah Beton FAS 0,5 .....	74

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Beton merupakan faktor utama dalam bidang konstruksi pada saat ini. Sering kita jumpai material utama dalam pembuatan suatu konstruksi bangunan adalah beton. Jalan, jembatan, gedung bahkan dinding penahan pada bendungan pun juga terbuat dari beton.

Beton dipilih sebagai bahan bangunan karena mempunyai kekuatan tekan yang tinggi. Secara struktural beton mempunyai tegangan tekan cukup besar, sehingga bermanfaat untuk struktur yang menahan gaya-gaya tekan. Akan tetapi, beton juga memiliki kelemahan yaitu kekuatan tariknya sangat rendah dan bersifat getas (*brittle*), sehingga untuk menahan gaya tarik tersebut ditambahkan baja tulangan. Penambahan baja tulangan pun belum memberikan hasil yang optimal. Sering kita jumpai pada suatu balok, terdapat retak memanjang atau retak halus yang disebabkan oleh gaya tarik yang bekerja pada balok tersebut.

Kelemahan beton dalam hal menahan gaya tarik menuntut adanya inovasi dalam pembuatan beton terutama untuk meningkatkan kuat tarik beton tersebut. Salah satu inovasinya adalah penambahan maupun penggantian agregat kasar sebagai salah satu bahan penyusun beton. Kerikil atau batu pecah (*split*) merupakan agregat kasar yang umumnya digunakan pada campuran beton. Sudah banyak penelitian yang mengkaji tentang penggantian kerikil atau batu pecah (*split*) sebagai agregat kasar dengan bahan material yang lain, salah satunya adalah limbah hasil industri. Limbah atau bahan yang sudah tidak dapat difungsikan kembali adalah salah satu bahan material yang dapat digunakan untuk

pengganti agregat kasar. Sebagai contoh limbah pecahan genteng, limbah pecahan ubin atau keramik hingga limbah pecahan beton.

Menggunakan kembali limbah beton untuk penggunaan beton baru, menjadi alternatif bahan beton yang menguntungkan, karena agregat yang digunakan adalah agregat yang telah dibuang. Pemanfaatan kembali limbah beton akan meningkatkan umur penggunaan material dari limbah itu sendiri. Agregat daur ulang memiliki beberapa kualitas, sifat fisik dan kimia. Variabilitas kualitas ini mengakibatkan perbedaan sifat-sifat material beton yang dihasilkan dan cenderung menurunkan kuat tarik belah beton.

Kekuatan beton bergantung pada beberapa aspek, salah satunya adalah faktor air semen (FAS) yang dipakai dalam adukan beton. Untuk mencapai adukan beton yang memenuhi syarat, maka adukan beton yang menggunakan nilai fas yang besar, akan lebih sedikit membutuhkan pasta semen, sebaliknya adonan beton yang menggunakan nilai fas yang kecil, akan lebih banyak membutuhkan pasta semen. Dengan demikian jelas, bahwa nilai faktor air semen dalam suatu adukan beton erat sekali kaitannya dengan jumlah semen yang diperlukan dalam adukan beton tersebut, selanjutnya akan mempengaruhi kekuatan beton itu sendiri (Armeyn, 2006).

Dalam penelitian, penulis ingin mengetahui seberapa besar pengaruh faktor air semen dan penggunaan limbah beton sebagai pengganti sebagian agregat kasar terhadap kuat tarik belah beton normal. Beton normal adalah beton yang memiliki berat isi 2200 – 2500 kg/m<sup>3</sup> menggunakan agregat alam yang dipecah dan mutu sedang adalah beton yang memiliki kuat tekan 21 – 40 MPa. Kuat tarik beton relatif rendah, kira-kira 10%-15% dari kekuatan tekan beton,

kadang-kadang 20%. Kekuatan ini lebih sukar untuk diukur dan hasilnya berbedabeda dari satu bahan percobaan ke bahan percobaan yang lain dibandingkan untuk silinder-silinder tekan ( Ferguson, 1986:11 ).

## **1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian**

Adapun maksud dari penelitian adalah menganalisa bahan campuran limbah pecahan beton sebagai bahan pengganti sebagian agregat kasar dengan variasi 0%, 15%, 30% dan 50% dengan fas yang berbeda yaitu fas 0,3 dan fas 0,5.

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui hasil tinjauan kuat tarik belah beton dengan limbah pecahan beton sebagai pengganti sebagian agregat dengan menggunakan faktor air semen yang telah ditentukan dalam perencanaan campuran beton.

## **1.3 Rumusan Masalah**

Dengan ini maka penulis merumuskan permasalahan sebagai berikut :

- a. Bagaimana tinjauan penggunaan limbah pecahan beton sebagai pengganti sebagian dari agregat kasar?
- b. Tinjauan pengaruh faktor air semen dalam campuran beton dengan limbah pecahan beton sebagai bahan pengganti sebagian agregat
- c. Apakah dengan limbah pecahan beton dan faktor air semen yang ditentukan akan menghasilkan kuat tarik belah yang di rencanakan?

## **1.4 Pembatasan Masalah**

Untuk mempermudah dalam pelaksanaan penelitian ini, maka permasalahan yang ditinjau dibatasi sebagai berikut :

- a. Beton yang direncanakan adalah beton normal.
- b. faktor air semen yang direncanakan yaitu 0,3 dan 0,5

- c. Setiap kuat tarik rencana yang ditinjau memiliki masing-masing rencana campuran beton dengan nilai fas 0,3 dan 0,5 dengan limbah beton 0%, 15%, 30% dan 50% dari berat total agregat kasar alami.
- d. Limbah beton yang digunakan yaitu benda uji yang ada di laboratorium dan diambil secara acak.
- e. Pengujian kuat tarik belah beton pada umur 28 hari.
- f. Reaksi kimia tidak ditinjau
- g. Tidak meneliti lebih lanjut faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan dan modulus elastisitas.

### **1.5. Metode Pengambilan Data**

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang sesuai dengan yang diharapkan dan dapat memperkecil kendala-kendala dalam pelaksanaannya. Maka diperlukan metode penelitian pengumpulan data dilakukan dengan melakukan survey dan penyediaan material beton, pengujian material, rancangan campuran (*Mix Design*), Pembuatan benda uji (silinder), Pemeliharaan, dan pengujian Kuat tarik setelah mencapai umur 28 hari. Disamping itu untuk mendukung terlaksananya penulisan hasil penelitian ini diperlukan beberapa literature baik dari Jurnal, buku-buku serta *e-book* yang berdasar kandari internet yang berkaitan dengan penelitian ini.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Beton

Beton adalah bahan yang diperoleh dari mencampur semen, pasir, agregat kasar, air (bahan tambahan yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat sampai bahan bangunan dan kimia dengan perbandingan tertentu) yang mengeras menjadi benda padat. Agregat merupakan bagian yang terbanyak dalam pembentukan beton sedangkan semen dan air akan membentuk pasta yang akan mengikat agregat. Tugas perekat yaitu menghubungkan pasir atau kerikil dan mengisi lubang-lubang diantaranya. Tambahan air baru memungkinkan pengikat dan pengerasan dari perekat.

Jenis-jenis beton yaitu sebagai berikut :

##### 1. Beton Ringan

Berat jenisnya  $< 1900 \text{ kg/m}^3$ , dipakai untuk elemen non-struktural. Dibuat dengan cara-cara berikut : membuat gelembung udara dalam adukan semen, menggunakan agregat ringan ( tanah liat bakar/batu apung ) atau pembuatan beton non-pasir.

##### 2. Beton Normal

Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi ( 2200 – 2500 )  $\text{kg/m}^3$  menggunakan agregat alam yang dipecah. perencanaan campuran beton normal harus didasarkan pada data sifat-sifat bahan yang akan dipergunakan dalam produksi beton. Susunan campuran beton yang diperoleh dari perencanaan harus dibuktikan melalui uji coba yang menunjukkan bahwa proporsi tersebut dapat memenuhi kekuatan beton yang disyaratkan.

### 3. Beton Berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang mempunyai berat isi lebih besar dari pada beton normal atau lebih dari  $2400 \text{ kg/m}^3$ . Beton jenis ini biasanya digunakan untuk kepentingan tertentu seperti menahan radiasi, menahan benturan dan lainnya.

Menurut PBI 1971, beton dapat diklasifikasikan menjadi tiga (Wuryati samekto, 2001) :

#### 1. Beton Kelas I

Beton untuk pekerjaan-pekerjaan non-struktural dan dalam pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Mutu beton kelas I dinyatakan dengan  $B_0$ .

#### 2. beton kelas II

Beton untuk pekerjaan struktural secara umum dan dalam pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar :  $B_1$ ,  $K_{125}$ ,  $K_{175}$ ,  $K_{225}$ .

#### 3. Beton Kelas III

Beton-beton untuk pekerjaan struktural dimana dipakai mutu dengan kekuatan tekan karakteristik yang lebih tinggi dari  $225 \text{ kg/m}^3$ . Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Mutu beton kelas III dinyatakan dengan huruf K dengan angka dibelakangnya yang menyatakan kekuatan karakteristik beton yang bersangkutan.

## 2.2 Sifat-sifat Beton

### 2.2.1 Beton segar

Kemudahan pengerjaan (*Workability*), umumnya dinyatakan dalam besaran nilai slump (cm) dan dipengaruhi oleh :

#### 1. Kemudahan pengerjaan (*Workability*)

Kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari slump yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. Unsur – unsur yang mempengaruhinya antara lain :

##### a. Jumlah air pencampur

Semakin banyak air, semakin mudah dikerjakan

##### b. Kandungan semen

Jika FAS tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannya semakin tinggi.

##### c. Gradasi campuran pasir – kerikil

Jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mudah dikerjakan.

##### d. Bentuk butiran agregat kasar

Agregat berbentuk bulat ( guli ) lebih mudah dikerjakan

##### e. Butir maksimum

##### f. Cara pemadatan dan alat pemadat

#### 2. Pemisahan kerikil ( *Segregation* )

Kecenderungan butir – butir kasar untuk lepas dari campuran beton dinamakan segregasi. Hal ini akan menyebabkan sarang kerikil yang pada akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton. Segregasi ini disebabkan oleh beberapa hal. Pertama, campuran kurus atau kurang semen. Kedua, terlalu banyak air. Ketiga, besar ukuran agregat maksimum lebih dari 40

mm. keempat, semakin besar permukaan butir agregat, semakin mudah terjadi segregasi.

Kecenderungan terjadinya segregasi ini dapat dicegah jika :

- a. Tinggi jatuh diperpendek
- b. Penggunaan air sesuai dengan syarat
- c. Cukup ruangan antara batang tulangan dengan acuan
- d. Ukuran agregat sesuai dengan syarat
- e. Pemasakan baik

### 3. Pemisahan air (*Bleeding*)

Kecenderungan air untuk naik ke permukaan pada beton yang baru dipadatkan dinamakan bleeding. Air yang naik ini membawa semen dan butir – butir halus pasir, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput (*laitance*). Bleeding ini dipengaruhi oleh :

- a. Susunan butir agregat

Jika komposisinya sesuai, kemungkinan untuk terjadinya bleeding kecil.

- b. Banyaknya air

Semakin banyak air berarti semakin besar pula kemungkinan terjadinya bleeding

- c. Kecepatan hidrasi

Semakin cepat beton mengeras, semakin kecil kemungkinan terjadinya bleeding

- d. Proses pematangan

Pematangan yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya bleeding

Bleeding ini dapat dikurangi dengan cara :

1. Memberi lebih banyak semen
2. Menggunakan air sesedikit mungkin
3. Memasukan sedikit udara dalam adukan untuk beton khusus

### 2.2.2 Beton keras

#### 1). Sifat jangka pendek

- Kuat tekan, dipengaruhi oleh :
  - a. Perbandingan air semen dan tingkat pemadatan
  - b. Jenis semen dan kualitasnya
  - c. Jenis dan kekasaran permukaan agregat
  - d. pada keadaan normal, kekuatan bertambah sesuai dengan umur
  - e. perawatan
- Kuat tarik  
Kuat tarik beton berkisar  $1/18$  kuat tekan beton saat umurnya masih muda dan menjadi  $1/20$  sesudahnya. Kuat tarik berperan penting dalam menahan retak-retak akibat perubahan kadar air dan suhu
- Kuat geser  
Didalam prakteknya, kuat tekan dan tarik selalu diikuti oleh kuat geser.

#### 2). Sifat jangka panjang

- Rangkak adalah peningkatan deformasi (regangan) secara bertahap terhadap waktu akibat beban yang bekerja secara konstan, dipengaruhi oleh :
  - a. Kekuatan rangkak berkurang bila kuat tekan makin besar
  - b. Perbandingan campuran. Bila FAS berkurang maka rangkak berkurang
  - c. Agregat. Rangkak bertambah bila agregat halus dan semen bertambah banyak
  - d. Umur. Kecepatan rangkak berkurang sejalan dengan umur beton.
- Susut adalah berkurangnya volume beton, jika terjadi kehilangan kandungan uap air akibat penguapan , dipengaruhi oleh :
  - a. Agregat . berperan sebagai penahan susut pasta semen
  - b. Faktor air semen. Efek susut makin besar jika FAS makin besar
  - c. Ukuran elemen beton. Laju dan besarnya penyusutan berkurang jika volume elemen beton makin besar.

## 2.3 Material Beton

### 2.3.1 Semen Portland

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.

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 merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Semen yang digunakan untuk pekerjaan harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknik yang diberikan.

Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting.

Proses pembuatan semen Portland dilaksanakan melalui beberapa tahapan yaitu ;

- a. Penambangan di *quarry*
- b. Pemecahan di *crushing plant*
- c. Penggilingan (*blending*)
- d. Pencampuran bahan – bahan
- e. Pembakaran (*ciln*)
- f. Penggilingan kembali hasil pembakaran
- g. Penambahan bahan tambah (*gypsum*)
- h. Pengikatan (*packing plant*)

Proses pembuatan semen Portland dapat dibedakan menjadi 2, yaitu :

a. Proses Basah

Pada proses basah, sebelum dibakar bahan dicampur dengan air ( *slurry* ) dan digiling hingga berupa bubur halus. Proses basah umumnya dilakukan jika yang diolah merupakan bahan – bahan lunak seperti kapur dan lempung.

Bubur halus yang dihasilkan selanjutnya dimasukkan dalam sebuah pengering ( *oven* ) berbentuk silinder yang dipasang miring ( *ciln* ). Suhu ciln ini sedikit dinaikkan dan diputar dengan kecepatan tertentu. Bahan akan mengalami perubahan sedikit demi sedikit akibat naiknya suhu dan akibat terjadinya *sliding* didalam *ciln*. Pada suhu 100° C air mulai menguap dan pada suhu 850° C karbondioksida dilepaskan. Pada suhu 1400° C, berlangsung permulaan perpaduan didaerah pembakaran, dimana akan terbentuk klinker yang terdiri dari senyawa kalsium silikat dan kalsium aluminat. Klinker tersebut selanjutnya didinginkan, kemudian dihaluskan menjadi butir halus dan ditambah dengan bahan gypsum sekitar 1% - 5%.

b. Proses Kering

Proses kering biasanya digunakan untuk jenis batuan yang lebih keras misalnya untuk batu kapur jenis shale. Pada proses ini bahan dicampur dan digiling dalam keadaan kering menjadi bubuk kasar. Selanjutnya bahan tersebut dimasukkan kedalam ciln dan proses selanjutnya sama dengan proses basah.

## 2.3.2 Sifat dan Karakteristik Semen Portland

### a. Sifat Fisika Semen Portland

Sifat – sifat fisika semen Portland meliputi :

#### 1. Kehalusan Butir (*Fineness*)

Kehalusan butir semen mempengaruhi proses hidrasi. Dengan butiran partikel yang semakin halus maka reaksi hidrasi semakin cepat karena hidrasi dimulai dari permukaan butir. Kehalusan butir semen yang tinggi dapat mengurangi *bleeding* atau naiknya air kepermukaan, tetapi menambah kecenderungan beton untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut. Menurut ASTM butir semen yang lewat ayakan No.200 harus lebih dari 78 %.

#### 2. Kepadatan (*density*)

Berat jenis semen yang disyaratkan oleh ASTM adalah 3.15 Mg/m<sup>3</sup>. pada kenyataannya berat jenis semen yang diproduksi berkisar 3.05 Mg/m<sup>3</sup> sampai 3.25 Mg/m<sup>3</sup>. pengujian berat jenis dilakukan dengan menggunakan *Le Chatelier Flask* menurut standar ASTM C – 188.

#### 3. Konsistensi

Konsistensi semen Portland lebih banyak pengaruhnya pada saat pencampuran awal, yaitu pada saat terjadi pengikatan sampai pada saat beton mengeras. Konsistensi yang terjadi sangat bergantung pada kehalusan semen dan kecepatan hidrasi.

#### 4. Waktu Pengikatan

Waktu ikat adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras terhitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan. Waktu ikat dibedakan menjadi 2 yaitu :

- 1) Waktu ikat awal ( *initial setting time* ) yaitu waktu pencampuran semen dengan air menjadi pasta semen hingga hilangnya sifat keplastisan,
- 2) Waktu ikat akhir ( *final setting time* ) yaitu waktu antara terbentuknya pasta semen hingga beton mengeras. Pada semen Portland *initial setting time* berkisar antara 1 -2 jam, tetapi tidak boleh kurang dari 1 jam, sedangkan *final setting time* tidak boleh lebih dari 8 jam.

#### 5. Panas hidrasi

Panas hidrasi adalah panas yang terjadi pada saat semen bereaksi dengan air, dinyatakan dalam kalori/gram. Dalam pelaksanaannya perkembangan panas ini dapat mengakibatkan masalah yakni timbulnya retakan pada saat pendinginan. Oleh karena itu perlu perawatan (curing) pada saat pelaksanaan.

#### b. Sifat dan karakteristik semen Portland

##### 1) Senyawa kimia

Secara garis besar, ada 4 senyawa kimia utama yang menyusun semen Portland, yaitu :

- a. Trikalسيوم Silikat (  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  ) yang disingkat menjadi C3S

- b. Dikalsium Silikat (  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  ) yang disingkat menjadi C<sub>2</sub>S
- c. Trikalsium Aluminat (  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  ) yang disingkat menjadi C<sub>3</sub>A
- d. Tetrakalsium Aluminoferrit (  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  ) yang disingkat menjadi C<sub>4</sub>AF

Tabel 2.1 karakteristik senyawa penyusun semen portland

Nilai	Trikalsium Silikat $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ Atau C <sub>3</sub> S	Dikalsium Silikat $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ Atau C <sub>2</sub> S	Trikalsium Aluminat $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ Atau C <sub>3</sub> A	Tetrakalsium Aluminoferrit $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ 3 Atau C <sub>4</sub> AF
Penyemenan	Baik	Baik	Buruk	Buruk
Kecepatan Reaksi	Sedang	Lambat	Cepat	Lambat
Pelepasan panas hidrasi	Sedang	Sedikit	Banyak	Sedikit

Sumber: Teknologi Beton, Paul Nugraha dan Antoni

Menurut SK.SNI T – 15 – 1990 – 03 : 2, semen Portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya dan membagi semen portland menjadi lima jenis yaitu :

Tipe I, semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Jenis ini paling banyak diproduksi karena digunakan untuk hampir semua jenis konstruksi.

Tipe II, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Semen tipe II memiliki kadar C<sub>3</sub>A tidak lebih dari 8% dan digunakan untuk konstruksi bangunan dan beton

yang terus-menerus berhubungan dengan air kotor atau air tanah atau untuk pondasi yang tertanam didalam tanah yang mengandung air agresif (Garam-garam dan Sulfat ) dan saluran air buangan.

Tipe III, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi. Semen tipe ini memiliki kadar C3A serta C3S yang tinggi dan butirannya digiling sangat halus, sehingga cepat mengalami proses hidrasi. Semen jenis ini dipergunakan pada daerah yang memiliki temperature rendah terutama pada daerah yang memiliki musim dingin.

Tipe IV, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah . Semen jenis ini memiliki panas hidrasi yang rendah, kadar C3S – nya dibatasi maksimum sekitar 35% dan kadar C3A- nya maksimum 5% digunakan untuk pekerjaan bendung ( bendungan ), pondasi berukuran besar dan pekerjaan besar lainnya.

Tipe V, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Semen tipe ini digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut, air buangan industry, bangunan yang terkena pengaruh gas atau uap kimia yang agresif serta untuk bangunan yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat dalam prosentase yang tinggi.

## 2) Sifat Kimia

Sifat kimia semen meliputi :

- Kesegaran semen
- Sisa yang tak larut (*Insoluble Residue*)

- Panas hidrasi semen
- Kekuatan pasta semen dan faktor air semen (FAS)

### 2.3.3 Agregat

Kandungan agregat dalam campuran beton berkisar 60%-70% dari berat campuran beton. Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau buatan. Agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu, agregat kasar dan agregat halus.

Menurut standart ASTM agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirannya lebih besar dari 4.75 mm sedangkan agregat halus adalah agregat yang ukuran butirnya lebih kecil dari 4.75 mm. Agregat yang digunakan dalam campuran beton biasanya berukuran lebih kecil dari 40 mm.

Agregat dalam campuran beton memiliki sifat-sifat yang sangat berpengaruh terhadap mutu campuran beton. Agregat yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat dan ketentuan yang diberikan oleh ASTM C-33-82 "*Standard Specification for Concrete Aggregates*".

Agregat dapat dibedakan menjadi beberapa jenis :

a. Jenis agregat berdasarkan berat

Ada 3 jenis agregat berdasarkan beratnya, yaitu :

1. Agregat normal yaitu agregat yang memiliki berat isi tidak kurang dari 1200 kg/m<sup>3</sup>.
2. Agregat ringan yaitu agregat yang memiliki berat isi 350 – 880 kg/m<sup>3</sup> untuk agregat kasarnya dan 750 – 1200 kg/m<sup>3</sup> pada agregat halusya.

Campuran dari kedua agregat tersebut memiliki berat isi maksimum 1400 kg/m.

3. Agregat berat adalah agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari 2800 kg/m<sup>3</sup>.

b. Jenis agregat berdasarkan bentuk

Test standar yang dapat digunakan dalam menentukan bentuk agregat ini adalah ASTM D-3398. Kalsifikasi agregat berdasarkan bentuknya adalah sebagai berikut :

1. Agregat bulat
2. Agregat bulat sebagian dan tidak teratur
3. Agregat bersudut
4. Agregat panjang
5. Agregat pipih
6. Agregat pipih dan panjang

c. Jenis agregat berdasarkan tekstur permukaan

Jenis agregat berdasarkan tekstur permukaan dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Agregat licin/halus (*glassy*)

Agregat jenis ini lebih sedikit membutuhkan air dibandingkan dengan agregat permukaan kasar. Dari hasil penelitian kekasaran agregat akan menambah kekuatan gesekan antara pasta semen dengan permukaan butir. Sehingga beton yang menggunakan agregat licin cenderung mutunya rendah.

2. Berbutir (*granular*)

Pecahan agregat jenis ini berbentuk bulat dan seragam.

3. Kasar

Pecahannya kasar dapat terdiri dari batuan berbutir halus atau kasar yang mengandung bahan-bahan berkrystal yang tidak dapat dengan terlihat jelas melalui pemeriksaan visual.

4. Kristalin (*crystalline*)

Agregat jenis ini mengandung Kristal-kristal yang Nampak dengan jelas melalui pemeriksaan visual.

5. Berbentuk sarang lebah (*honeycombs*)

Tampak dengan jelas pori-porinya dan rongga-rongganya. Melalui pemeriksaan visual, kita dapat melihat lubang-lubang pada batumannya.

d. Jenis agregat berdasarkan ukuran butir nominal

Dari ukurannya, agregat dapat dibedakan menjadi 2 golongan yaitu agregat kasar dan agregat halus.

1. Agregat halus adalah agregat yang semua butirnya menembus ayakan berlubang 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.0 mm (BS.812,1976)

2. Agregat kasar adalah agregat yang semua butirnya tertinggal ayakan berlubang 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.0 mm (BS.812,1976)

e. Jenis agregat berdasarkan gradasi

Gradasi agregat adalah distribusi dari ukuran agregat. Distribusi ini

bervariasi dapat dibedakan menjadi 3 yaitu :

1. Gradasi sela (*gap gradation*)

Jika salah satu atau lebih dari ukuran butir atau fraksi pada 1 set ayakan tidak ada, maka gradasi ini menunjukkan garis horizontal dalam grafiknya.

Keistimewaan dari gradasi ini antara lain :

- a. Pada nilai Faktor Air Semen tertentu, kemudahan pengerjaan akan lebih tinggi bila kandungan pasir lebih sedikit.
- b. Pada kondisi kelecakan yang tinggi, lebih cenderung mengalami segregasi, oleh karena itu gradasi sela dipakai pada tingkat kemudahan pekerjaan yang rendah, yang pemadatannya dengan penggetaran (*vibration*)
- c. Gradasi ini tidak berpengaruh buruk terhadap kekuatan beton.

2. Gradasi menerus

Didefinisikan jika agregat yang semua ukuran butirnya ada dan terdistribusi dengan baik. Agregat ini lebih sering dipakai dalam campuran beton untuk mendapatkan angka pori yang kecil dan kemampuan tinggi sehingga terjadi interlocking dengan baik, campuran beton membutuhkan variasi ukuran agregat. Dibandingkan dengan gradasi sela atau seragam, gradasi menerus adalah yang paling baik.

3. Gradasi Seragam

Agregat yang memiliki ukuran yang sama didefinisikan sebagai agregat seragam. Agregat ini terdiri dari batas yang sempit dari ukuran

fraksi, dalam diagram terlihat garis yang hampir tegak/vertical. Agregat dengan gradasi ini biasanya dipakai untuk beton ringan yaitu jenis beton tanpa pasir, atau untuk mengisi agregat gradasi sela, atau untuk campuran agregat yang kurang baik atau tidak memenuhi syarat.

## 1. Agregat Halus



Gambar 2.1 Agregat Halus  
Sumber: Dokumentasi Penelitian 2018

Agregat halus (pasir) yang digunakan sebagai bahan didalam perencanaan campuran beton adalah merupakan butiran-butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat dan ukuran butir terletak antara 0.075-4.75 mm.

Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 macam yaitu :

### a. Pasir galian

Pasir yang diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam.

### b. Pasir sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus dan bulat akibat proses gesekan.

c. Pasir pantai

Pasir pantai berasal dari sungai yang mengendap di muara sungai (dipantai) atau hasil gerusan air di dasar laut yang terbawa air laut dan mengendap di pantai. Pasir pantai biasanya berbutir halus dan banyak mengandung garam. Sehingga pasir laut diteliti terlebih dahulu sebelum dipakai.

Adapun persyaratan menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI '71), bahwa agregat halus yang digunakan sebagai bahan campuran beton adalah :

- a. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan – batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan alat – alat pemecah batu.
- b. Agregat halus yang digunakan harus terdiri dari butir – butiran yang tajam, keras serta bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh – pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian – bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm. apabila kadar lumpur melebihi 5%, maka agregat halus harus dicuci.
- d. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan – bahan organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari

Abram – Harder (dengan larutan NaOH)

e. Agregat halus harus terdiri dari butir – butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak harus memenuhi syarat – syarat berikut :

- Sisa diatas ayakan 4 mm harus minimum 2% berat.
- Sisa diatas ayakan 1 mm harus minimum 10% berat.
- Sisa diatas ayakan 0.25 mm, harus berkisar antara 80% dan 95% berat

## 2. Agregat Kasar



Gambar 2.2 Agregat kasar

Sumber: Dukumentasi Penelitian 2018

Agregat kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal pada ayakan berlubang 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.0 mm (BS.812,1976). Adapun persyaratan menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI '71) bahwa agregat kasar yang digunakan sebagai bahan campuran beton adalah :

- a. Agregat kasar dalam beton dapat berupa kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan – batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu.
- b. Agregat kasar harus terdiri dari butir – butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir – butir yang pipih hanya dapat dipakai, apabila jumlah butir – butir yang pipih tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya. Butir – butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh – pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
- c. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian – bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm. apabila kadar lumpur melebihi 1% maka agregat kasar harus dicuci.
- d. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat – zat yang dapat merusak beton, seperti zat – zat yang reaktif alkali.
- e. Kekerasan dari butir – butir agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari Rudeloff dengan beban penguji 20T, dengan harus memenuhi syarat – syarat berikut :
  - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9.5 – 19 mm lebih dari 24% berat.
  - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19 – 30 mm lebih dari 22%.

Atau dengan mesin pengaus Los Angeles, dengan tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%.

a. Agregat kasar harus terdiri dari butir – butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak harus memenuhi syarat – syarat berikut :

- Sisa diatas ayakan 31.5 mm harus 0% berat.
- Sisa diatas ayakan 4 mm harus berkisar antara 90 – 98% berat.
- Selisih antara sisa – sisa komulatif diatas 2 ayakan yang berurutan, adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.

b. Besar butir agregat maksimum tidak boleh lebih daripada 1/5 jarak terkecil antara bidang – bidang samping dari cekatan, 1/3 dari tebal plat atau 3/4 dari jarak bersih minimum diantara batang – batang atau berkas – berkas tulangan. Penyimpangan dari pembatasan ini diijinkan, apabila menurut penilaian pengawas ahli, cara – cara pengecoran beton adalah sedemikian rupa hingga menjamin tidak terjadinya sarang – sarang kerikil.

Adapun Sifat-sifat agregat sangat berpengaruh pada mutu campuran beton, yaitu :

- a. Serapan air dan kadar air agregat
- b. Berat jenis agregat
- c. Gradasi agregat
- d. Modulus halus butir
- e. Ketahanan kimia

- f. Kekekalan
- g. Perubahan volume
- h. Kotoran organik

## A. Serapan Air dan Kadar Air Agregat

### 1. Serapan Air

Serapan air dihitung dari banyaknya air yang mampu diserap oleh agregat pada kondisi jenuh permukaan kering atau kondisi SSD (*Standarded Surface Dry*),

dimana kondisi ini merupakan:

- a. Keadaan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah atau mengurangi air dari pasta.
- b. Kadar air dilapangan lebih banyak mendekati kondisi SSD daripada kondisi kering tungku

### 2. Kadar air

Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam suatu agregat, Kadar Air agregat dapat dibedakan menjadi 4 jenis.

- a. Kadar air kering tungku, yaitu keadaan yang benar-benar tidak berair
- b. Kadar air kering udara, yaitu kondisi agregat yang permukaannya kering tetapi sedikit mengandung air dalam porinya dan masih dapat menyerap air.
- c. Jenuh kering permukaan, yaitu keadaan dimana tidak ada air dipermukaan agregat, tetapi agregat tersebut masih mampu

menyerap air. Pada kondisi ini, air didalam agregat tidak akan menambah atau mengurangi air pada campuran beton.

- d. Kondisi basah, yaitu kondisi dimana butir-butir agregat banyak mengandung air sehingga akan menyebabkan penambahan kadar air campuran beton.

## B. Berat Jenis dan Daya Serap Agregat

Berat jenis agregat adalah rasio antara masa padat agregat dan masa air dengan volume sama pada suhu yang sama. Hubungan antara berat jenis dengan daya serap adalah jika semakin tinggi nilai berat jenis agregat maka semakin kecil daya serap air agregat tersebut.

Berat jenis agregat dibedakan menjadi 2 istilah, yaitu :

- a. Berat Jenis mutlak, jika volume benda padatnya tanpa pori
- b. Berat Jenis semu, jika volume benda padatnya termasuk pori-pori tertutupnya .

## C. Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama ( seragam ) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan menjadi volume pori yang kecil. Hal ini karna butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit, dengan kata lain kemampatannya ( kepadatannya ) tinggi. Gradasi agregat dibagi menjadi dua macam, yaitu gradasi agregat halus dan gradasi agregat kasar.

### 1. Gradasi agregat halus

Menurut SK.SNI T – 15 – 1990 – 03 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari *British Standar* di Inggris. Agregat halus dikelompokkan dalam 4 zone ( daerah ) seperti pada tabel 2.1 dibawah ini :

Tabel 2.2 Batas Gradasi Agregat Halus

Lubang ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4.8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2.4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1.2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0.6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0.3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0.15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Sumber : Teknologi Beton, Ir. Tri Muliono, MT

Keterangan :

- Daerah I = Pasir Kasar
- Daerah II = Pasir agak Kasar
- Daerah III = Pasir agak Halus
- Daerah IV = Pasir Halu

## 2. Gradasi agregat kasar

Menurut British Standar (B.S), gradasi agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang baik, sebaiknya masuk dalam batas-batas yang tercantum dalam tabel 2.3.

Tabel 2.3 Batas Gradasi Agregat Kasar menurut B.S

Lubang	Persen Butir Lewat Ayakan, Besar Butir Maks		
	Ayakan MM	40 mm	20 mm
40	95-100	100	100
20	30-70	95-100	100
12.5	-	-	90-100
10	Okt-35	25-35	40-85
4.8	0-5	0-10	0-10

Sumber : Teknologi Beton, Ir Tri Mulyono MT

Gradasi yang baik kadang sulit didapatkan langsung dari suatu tempat. Dalam praktek biasanya dilakukan pencampuran agar didapat gradasi yang baik antara agregat kasar dan agregat halus.

#### D. Modulus Halus Butir

Modulus halus butir (*fineness modulus*) adalah suatu indek yang dipakai untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran agregat. Modulus halus butir ini didefinisikan sebagai jumlah persen (%) kumulatif dari butir-butir agregat yang tertinggal diatas suatu set ayakan dan kemudian dibagi 100 (seratus). Susunan lubang ayakan itu adalah sebagai berikut : 40 mm, 20 mm, 10 mm, 4.8 mm, 2.4 mm, 1.2 mm, 0.60 mm, 0.30 mm dan 0.15 mm. Makin besar nilai modulus halus butir menunjukkan bahwa makin besar butiran agregatnya. Pada umumnya pasir memiliki modulus halus butir antara 1.5 sampai 3.8 sedangkan untuk kerikil dan batu pecah biasanya 5 sampai 8.

#### E. Ketahanan Kimia

Pada umumnya beton tidak tahan terhadap serangan kimia. Adapun bahan kimia yang biasanya menyerang beton yaitu serangan alkali dan serangan sulfat.

Bahan-bahan kimia pada dasarnya bereaksi dengan komponen-komponen tertentu dari pasta semen yang telah mengeras sebagian besar tergantung pada jenis semen yang digunakan, seperti yang diuraikan dibagian semen Portland. Ketahanan terhadap serangan kimia bertambah dengan bertambahnya kedepan terhadap air.

#### F. Kekekalan

Sifat ketahanan agregat terhadap perubahan cuaca disebut ketahanan cuaca atau kekekalan. Sifat ini merupakan petunjuk kemampuan agregat untuk menahan perubahan volume yang berlebihan yang diakibatkan perubahan-perubahan pada kondisi lingkungan, misalnya pembekuan dan pencairan, perubahan suhu, musim kering dan musim hujan yang berganti-ganti. Kekekalan agregat dapat diuji dengan menggunakan larutan kimia untuk memeriksa reaksinya pada agregat.

Syarat mutu untuk agregat normal adalah sebagai berikut :

1. Agregat halus jika diuji dengan larutan garam sulfat ( Natrium Sulfat,  $\text{NaSO}_4$  ), bagiannya yang hancur maksimum 10% dan jika diujidengan Magnesium Sulfat (  $\text{MgSO}_4$  ) bagiannya yang hancur maksimum 15%.
2. Agregat halus jika diuji dengan larutan garam sulfat ( Natrium Sulfat,  $\text{NaSO}_4$  ), bagiannya yang hancur maksimum 12% dan jika diuji dengan Magnesium Sulfat (  $\text{MgSO}_4$  ) bagiannya yang hancur maksimum 18%.

#### G. Perubahan Volume

Faktor utama yang menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan dalam volume adalah kombinasi reaksi kimia antar semen dengan air seiring dengan mengeringnya beton. Jika agregat mengandung senyawa kimia yang dapat mengganggu proses hidrasi pada semen, maka beton yang berbentuk akan mengalami keretakan. ASTM C.330, memberikan ketentuan bahwa susut kering untuk agregat tidak boleh melebihi 0.10%.

#### H. Kotoran Organik

Bahan-bahan organik yang biasa dijumpai terdiri dari daun-daunan yang membusuk, humus dan asam. Apabila agregat terlalu banyak mengandung bahan-bahan organik maka proses hidrasi akan terganggu sehingga dapat menyebabkan penurunan mutu pada beton yang dihasilkan.

#### 2.3.4 Air

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

Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, tetapi perbandingan air dengan semen atau biasa disebut *Faktor Air Semen*. Penggunaan air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit

akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton.

Air yang diperlukan pada campuran beton dipengaruhi oleh faktor – faktor dibawah ini :

- a. Ukuran agregat maksimum semakin besar maka kebutuhan air menurun.
- b. Bentuk butir, untuk bentuk bulat maka kebutuhan air menurun sedangkan untuk batu pecah diperlukan lebih banyak air.
- c. Gradasi agregat, dimana bila gradasi baik kebutuhan air akan menurun untuk kelecakan yang sama.
- d. Kotoran dalam agregat, makin banyak kotoran pada agregat maka kebutuhan air meningkat.
- e. Jumlah agregat halus, jika agregat halus sedikit maka kebutuhan air semakin menurun.

Menurut SNI – 03 – 2847 – 2002 bahwa air yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi syarat – syarat sebagai berikut :

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan – bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik atau bahan – bahan lainnya yang merugikan beton atau tulangan.
2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.

3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut :

- Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.

## 2.4 Bahan Tambah

*Admixture* adalah bahan-bahan yang ditambah ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya.

Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton. Di Indonesia bahan tambah telah banyak digunakan. Manfaat dari penggunaan bahan tambah ini perlu dibuktikan dengan menggunakan bahan agregat dan jenis semen yang sama dengan bahan yang akan dipakai di lapangan. Dalam hal ini bahan yang dipakai sebagai bahan tambah harus memenuhi ketentuan yang diberikan oleh SNI.

### 2.4.1 Tujuan Menggunakan Bahan Tambah

Tujuan menggunakan bahan tambah menurut *manual of concrete practice* dalam *admixtures and concrete* adalah sebagai berikut :

1. Memodifikasi beton segar, mortar dan grouting
  - a. Menambah sifat kemudahan pekerjaan tanpa menambah kandungan air.
  - b. Menghambat atau mempercepat waktu pengikatan awal dari campuran beton.

- c. Mengurangi atau mencegah secara preventif penurunan atau perubahan volume .
- d. Mengurangi segregasi.
- e. Mengembangkan dan meningkatkan sifat penetrasi dan pemompaan beton segar.
- f. Mengurangi kehilangan nilai slump.

## 2. Memodifikasi beton keras, mortar dan *grouting*

- a. Menghambat atau mengurangi ekolusi panas selama pengerasan awal.
- b. Mempercepat laju pengembangan kekuatan beton pada umur muda.
- c. Menambah kekuatan beton.
- d. Menambah sifat keawetan beton atau ketahanan dari gangguan dari luar.
- e. Mengurangi kapilaritas dari air.
- f. Mengurangi sifat permeabilitas.
- g. Menghasilkan struktur beton yang baik.
- h. Menambah kekuatan ikatan beton betulang.
- i. Mencegah korosi yang terjadi pada baja ( *embedded metal* )

### 2.4.2 Limbah Pecahan Beton

Sangat diperlukan suatu teknologi konstruksi yang dapat mengurangi eksploitasi alam dan dapat memanfaatkan limbah-limbah beton. Salah satu contoh upaya mengurangi dampak tersebut adalah menggunakan kembali limbah beton untuk penggunaan beton baru. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar pengaruh limbah beton sebagai pengganti agregat kasar terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas.

Beton adalah salah satu teknologi konstruksi dalam disiplin ilmu bahan yang selalu berkembang hingga saat ini. Sering kali bahan-bahan yang diperlukan untuk pembuatan beton secara masif diberbagai daerah menimbulkan kerusakan alam. Dalam pelaksanaan konstruksi, banyak pula limbahlimbah beton hasil dari pengujian dan pembongkaran bangunan maupun jalan. Kontribusi limbah beton terhadap timbunan sampah konstruksi cukup besar. Hal ini sejalan dengan semakin meningkatnya aktifitas konstruksi bangunan.

Di Indonesia, limbah konstruksi biasanya tidak dimanfaatkan dengan baik. Sebagian besar dibuang begitu saja di lahan terbuka dan beberapa digunakan sebagai bahan urugan. Ketersediaan material tersebut sangat banyak. Sehingga potensi untuk mendaur ulang sangat mungkin untuk dilakukan. Sangat diperlukan suatu teknologi konstruksi yang dapat mengurangi eksploitasi alam dan dapat memanfaatkan limbah-limbah beton. Salah satu contoh upaya mengurangi dampak tersebut adalah menggunakan kembali limbah beton untuk penggunaan beton baru. Hal ini menjadi alternatif bahan beton yang menguntungkan, karena agregat yang digunakan adalah agregat yang telah dibuang.

Pemanfaatan kembali limbah beton akan mengurangi limbah yang tidak dipakai. Agregat daur ulang memiliki beberapa kualitas, sifat fisik dan kimia. Variabilitas kualitas ini mengakibatkan perbedaan sifat-sifat material beton yang dihasilkan dan cenderung menurunkan kuat tekan beton.

Berdasarkan hasil studi eksperimental, agregat daur ulang mengandung mortar sebesar 25 hingga 45% untuk agregat kasar, dan 70 hingga 100% untuk agregat halus. Di samping itu, pada agregat daur ulang juga terdapat retak mikro, dimana retak tersebut dapat ditimbulkan oleh tumbukan mesin pemecah batu

(*stone crusher*) pada saat proses produksi agregat daur ulang yang tidak dapat membelah daerah lempengan atau patahan pada agregat alam. Selain itu, hasil dari pengujian eksperimental dengan sinar X (*X-ray*) terdapat perbedaan kandungan unsur-unsur kimia di dalam agregat daur ulang, yaitu unsur silika (Si) dan kalsium (Ca). Hal ini dikarenakan agregat daur ulang sebelumnya merupakan beton yang telah mengalami reaksi hidrasi, dimana unsur Si dan Ca yang terdapat pada agregat daur ulang diperoleh dari senyawa kalsium silika hidrat (C-S-H), *ettringite* (C-A S-H), dan  $\text{Ca(OH)}_2$  pada pasta semen yang masih menempel pada agregat alam. Oleh karena itu, unsur Ca pada agregat daur ulang lebih banyak dari pada unsur Si (Suharmanto, 2008).



Gambar 2.3 Limbah Pecahan Beton  
Sumber: Dokumentasi Penelitian 2018

## 2.5 Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah beton merupakan salah satu parameter penting kekuatan beton. Nilai kuat tarik belah diperoleh melalui pengujian tekan di laboratorium dengan membebani setiap benda uji silinder secara lateral sampai pada kekuatan

maksimumnya. Pengujian dapat dilakukan pada skala tertentu dengan berbagai kondisi, jenis, beban maupun ukuran benda uji.

Parameter kuat tarik beton secara tepat sulit untuk diukur. Suatu pendekatan yang umum untuk mengukur nilai kuat tarik beton adalah dengan pengujian kuat tarik belah beton yang umumnya memberikan hasil yang mencerminkan besarnya kuat tarik yang sebenarnya, hasilnya digunakan untuk menentukan nilai kuat tarik beton. Nilai pendekatan yang diperoleh dari hasil pengujian berulang kali mencapai kekuatan  $0,50f_c' - 0,60f_c'$ , sehingga untuk beton normal digunakan nilai  $0,57f_c'$  (Dipohosodo, 1999).



Gambar 2.4 Dial Compression Mecine  
Sumber: Dokumentasi Penelitian 2018

Karena kecilnya nilai kuat tarik beton maka digunakan baja tulangan untuk memperbaiki nilai kuat tarik beton. Tapi masih saja ada terjadi keruntuhan bangunan akibat tidak mampu menahan beban. Kegagalan perencanaan kekuatan beton ini sering terjadi karena tidak baiknya *quality control* pada pekerjaan beton saat pelaksanaan.

Secara umum perencanaan yang baik mempertimbangkan semua aspek yang mungkin dapat terjadi pada bangunan. Salah satu aspek yang berperan penting dalam perencanaan adalah menentukan karakteristik dan kemampuan material yang akan dipakai pada struktur. Hal ini membutuhkan pengujian secara mendalam terhadap sifat dari material seperti kekuatan, durabilitas, dan sifat mekanis beton lainnya. Data kekuatan beton yang diukur di laboratorium adalah kekuatan yang diuji pada skala kecil dan diuji hanya pada beberapa sampel dan satu jenis benda uji saja dan hasil kekuatan beton bukanlah suatu karakteristik mutlak.

Uji kuat tarik dilakukan dengan memberikan tegangan tarik pada beton secara tidak langsung. Spesimen silinder direbahkan dan ditekan sehingga terjadi tegangan tarik pada beton. Uji ini disebut juga *Splitting test* atau *Brazillian test* karena metode ini diciptakan di Brazil.

Kuat tarik belah dari benda uji dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$F_{ct} = \frac{2P}{LD} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan pengertian :

F<sub>ct</sub> = kuat tarik – belah dalam MPa

P = beban uji maksimum (beban belah / hancur) dalam newton (N) yang ditunjukkan mesin uji tekan

L = panjang benda uji dalam mm

D = diameter benda uji dalam mm

Faktor – faktor yang mempengaruhi kekuatan beton yaitu :

### 1. Umur Beton

Kekuatan beton akan semakin bertambah tinggi dengan bertambahnya umur. Yang dimaksudkan disini adalah sejak beton dicetak. Laju kenaikan kuat tekan beton mula – mula cepat, lama – kelamaan laju kenaikan tersebut semakin lambat. Sehingga sebagai standar kuat tekan beton ialah kuat tekan beton pada umur 28 hari.

### 2. Faktor Air Semen

Faktor air semen ialah perbandingan berat antara air dan semen Portland didalam campuran adukan beton. Faktor air semen atau *Water Cement Ratio* (WCR) adalah indikator yang penting dalam perancangan campuran beton karena FAS merupakan perbandingan jumlah air terhadap jumlah semen dalam suatu campuran beton. Jadi dapat dikatakan,

$$FAS \left( \frac{kg}{l} \right) = \frac{\text{Berat Air } (kg/m^3)}{\text{Jumlah Semen } (l/m^3)} \dots\dots\dots (2)$$

Fungsi FAS,yaitu :

1. Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan
2. Memberi kemudahan dalam pengerjaan beton.

Diketahui bahwa semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Ada batas-batas dalam hal ini. Nilai FAS yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Umumnya nilai FAS minimum yang diberikan sekitar 0,4 dan maksimum 0,65. Rata-rata ketebalan lapisan yang memisahkan antar artikel dala, beton sangat bergantung pada faktor air semen yang digunakan dan kehalusan butir semennya.

### 3. Kepadatan

Kekuatan beton berkurang jika kepadatan beton berkurang.

#### a. Jumlah Pasta Semen

Pasta semen dalam beton berfungsi untuk merekatkan butir – butir agregat. Sehingga jika pasta semen terlalu sedikit maka rekatan antar butir kurang kuat yang menyebabkan kuat tekan beton berkurang.

#### b. Jenis Semen

Jenis semen sangat mempengaruhi kuat tekan beton. Seperti pada pembahasan sebelumnya, bahwa semen Portland memiliki sifat tertentu. Misalnya cepat mengeras dan sebagainya yang sangat mempengaruhi kuat tekan beton.

#### c. Sifat Agregat

Beberapa sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan beton :

##### 1. Kekasaran Permukaan.

2. Bentuk Agregat

3. Kuat Tekan Agregat

## 2.6 Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian-penelitian terdahulu yang menyerupai penelitian ini menjelaskan berbagai hal yang berbeda –beda dari setiap penelitian yang ada. Pada setiap penelitian mempunyai maksud dan tujuan yang berbeda dan hasil penelitian yang berbeda juga.

Beberapa penelitian menjelaskan pengaruh penggunaan limbah pecahan beton sebagai pengganti agregat kasar maupun sebagai agregat halus dengan menggunakan variasi yang berbeda-beda terhadap kuat tekan, kuat tarik, modulus elastisitas, faktor air semen dan lainnya. Penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar berpengaruh pada kuat tekan. Kuat tekan cenderung menurun seiring dengan bertambahnya persentase agregat limbah beton dan penggunaan limbah beton juga berpengaruh pada nilai modulus elastisitas. Modulus elastisitas juga cenderung menurun seiring dengan bertambahnya persentase agregat limbah beton (Soelarso, Baehaki, Nur Fatah Sidik, 2016).

Faktor air semen juga berpengaruh pada kekuatan beton dan kemudahan dalam pengerjaan beton. Semakin rendah nilai f.a.s makasemakin tinggi nilai kuat tekan betonnya. Namun pada kenyataannya jika nilai f.a.s kurang dalam pengadukan beton sulit untuk dipadatkan. Dengan demikian adasuatu nilai f.a.s tertentu yang dapat menghasilkan kuat tekan beton maksimum. Kepadatan adukan beton sangat mempengaruhi kuat tekan beton setelah mengeras. Ada pori udara sebanyak 5 persen mengurangi kuat tekan beton sampai 35 persen, dan pori

sebanyak 10 persen mengurangi kuat tekan beton sampai 60 persen (Tjokrodimulyo, 1995).

Ada berbagai macam cara untuk menguji suatu benda uji dan setiap cara pengujian mempunyai maksud dan tujuan. Salah satu contoh yaitu pengujian kuat tarik belah beton. Kuat tarik belah adalah salah satu parameter penting kekuatan beton. Nilai kuat tarik belah diperoleh melalui pengujian tekan di laboratorium dengan membebani setiap benda uji silinder secara lateral sampai pada kekuatan maksimumnya. Pengujian dapat dilakukan pada skala tertentu dengan berbagai kondisi, jenis, beban maupun ukuran benda uji (Renaldo Glantino Regar, 2014).

Hubungan antara kuat tekan dan kuat tarik belah beton sudah banyak diteliti oleh para ahli dibidang beton. Dalam SNI T-15-1991-03 pasal 3.2.5 ditetapkan bahwa besarnya nilai kuat tarik memiliki hubungan dengan nilai kuat tekanbeton. Dengan begitu maka faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan juga merupakan faktor yang mempengaruhi nilai kuat tarik belah secara signifikan. Faktor yang mempengaruhi kuat tarik belah tersebut adalah pengaruh ukuran, pengaruh rasio diameter spesimen-ukuran agregat, pengaruh rasio panjang-diameter, pengaruh kondisi kelembaban benda uji dan pengaruh karakteristik mesin uji.

## 2.7 Slump

Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan dan dipadatkan atau dapat memenuhi syarat *workability*. Cara uji Slump ialah salah satu cara untuk mengukur kelecakan beton segar, yang dipakai pula untuk memperkirakan tingkat

kemudahan dalam pengerjaannya. Dimana semakin besar nilai slump berarti beton segar makin encer dan ini makin mudah dikerjakan.

Cara pengujian slump yaitu dengan kerucut didirikan di atas alas yang telah dibersihkan, kemudian beton segar dimasukkan ke dalam kerucut dengan sekop kecil, kira-kira sepertiga tinggi kerucut. Dengan menggunakan batang besi, beton ditumbuk sebanyak 25 kali. Tambahkan lapisan kedua dan tumbuk 25 kali, tambahkan dan tumbuk beton sampai kerucut penuh. Angkat kerucut perlahan keatas dalam waktu 5-7 detik dan hitung berapa nilai dari slump.

Uji slump berguna untuk mengecek adanya perubahan kadar air. Bila jumlah air adalah konstan dan kadar lengas agregat konstan maka slump test berguna untuk menunjukkan adanya perbedaan pada gradasi atau adanya perbandingan berat yang salah. Kelemahan uji slump adalah tidak dapat mengukur kelecakan campuran beton yang kaku.



Gambar 2.5 Slump test  
Sumber: Penelitian 2018

## 2.8 Standar Deviasi

Standar deviasi adalah alat ukur tingkat mutu pelaksanaan pembuatan pembetonan. Nilai S ini digunakan sebagai salah satu data masukan pada perencanaan campuran beton.

$$S = \sqrt{\frac{\sum(f_c - f_{cr})^2}{N-1}} \dots\dots\dots(3)$$

Rumus standar deviasi :

- Dengan :
- S = Deviasi Standar
  - F<sub>c</sub> = Kuat tekan masing-masing silinder beton
  - F<sub>cr</sub> = Kuat tekan rata-rata
  - N = Banyaknya nilai Kuat tekan beton

Tabel 2.4 Nilai Standar Deviasi

Volume Pekerjaan	Mutu Pelaksanaan ( MPa )		
	Baik Sekali	Baik	Cukup
Kecil (<1000 m <sup>3</sup> )	4.5 < s.d ≤ 5.5	5.5 < s.d ≤ 6.5	6.5 < s.d ≤ 8.5
Sedang (1000 – 3000 m <sup>3</sup> )	3.5 < s.d ≤ 4.5	4.5 < s.d ≤ 5.5	5.5 < s.d ≤ 6.5
Besar (>3000 m <sup>3</sup> )	2.5 < s.d ≤ 3.5	3.5 < s.d ≤ 4.5	4.5 < s.d ≤ 5.5

Sumber : Teknologi Beton, Ir. Kardiyono Tjokrodimuljo, ME

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Metode Penelitian**

Metode penelitian adalah cara yang digunakan peneliti untuk mendapatkan data yang bertujuan untuk menentukan jawaban atas permasalahan yang diajukan. “Metode penelitian adalah cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu” (Sugiyono, 2008: 3).

Metode penelitian mencakup prosedur dan teknik penelitian. Metode penelitian merupakan langkah penting untuk memecahkan masalah-masalah penelitian. Dengan menguasai metode penelitian, bukan hanya dapat memecahkan berbagai masalah penelitian, namun juga dapat mengembangkan bidang keilmuan yang digeluti. Selain itu, memperbanyak penemuan-penemuan baru yang bermanfaat bagi masyarakat luas dan dunia pendidikan.

Dalam penelitian ini dilakukan dengan cara membuat benda uji (sampel) Laboratorium Beton Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara. Benda uji dalam penelitian ini adalah beton normal yang menggunakan limbah pecahan beton sebagai pengganti sebagian agregat kasar dengan variasi campuran 0 %, 15%, 30%, dan 50%. Sampel dalam tiap variasi dalam penelitian ini adalah 5 benda uji bentuk silinder dengan diameter 15 dan tinggi 30 cm untuk menguji kuat tarik beton dengan mutu beton K225. Sedangkan waktu pengujian dilakukan setelah beton berumur 28 hari.

#### **3.2 Bahan dan Alat**

##### **1. Bahan**

Bahan yang menjadi objek penelitian ini adalah limbah pecahan beton dari

benda-benda uji di laboratorium yang tidak digunakan. Bahan lain yang digunakan adalah semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil) dan air.

## 2. Alat

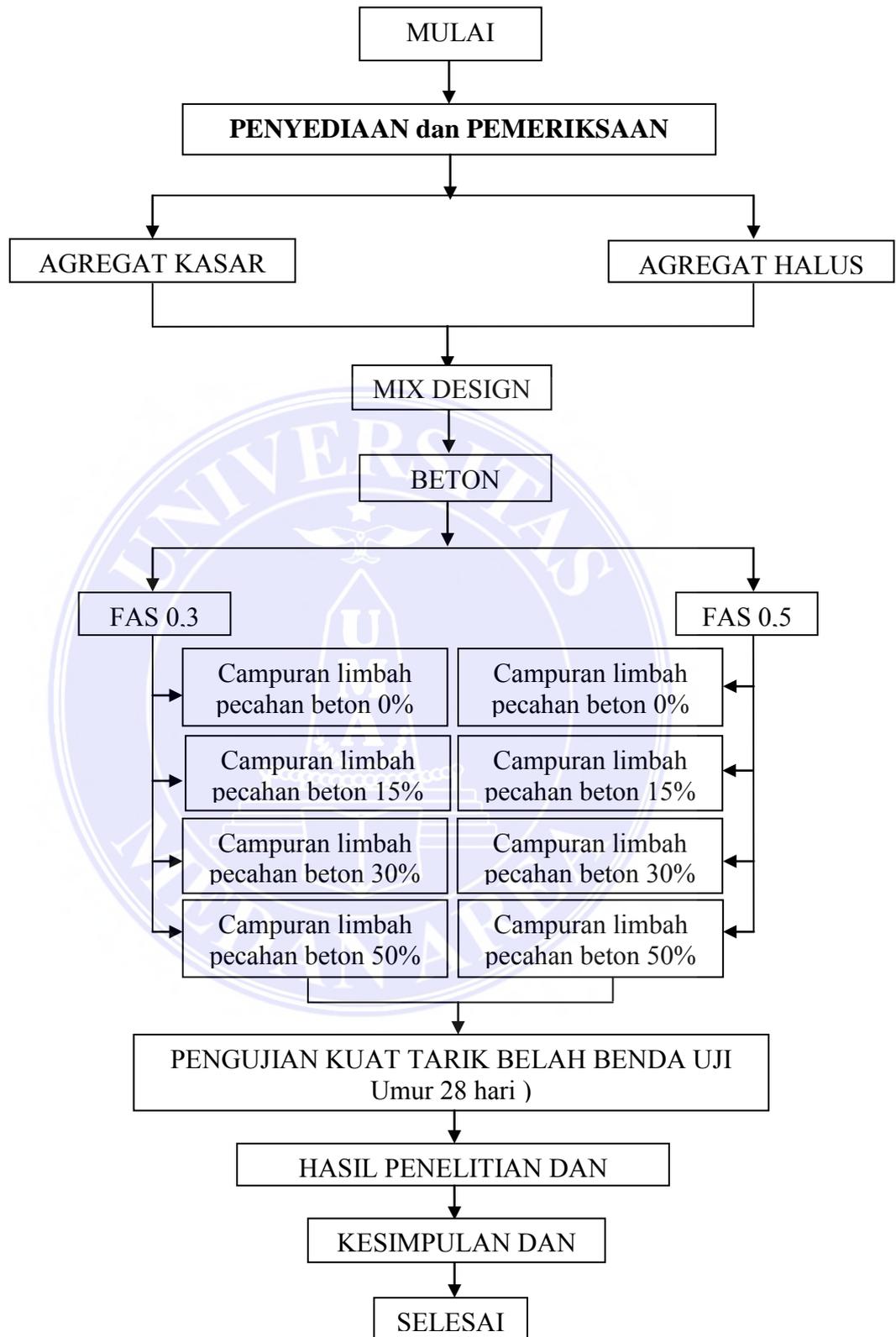
Peralatan yang digunakan dalam penelitian berasal dari Laboratorium Beton Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara.

## 3. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Agustus – Desember 2018. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara.

### 3.3 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap. Tahap persiapan, tahap pelaksanaan dan tahap analisis dan pembahasan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram alir tahapan penelitian di bawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

### 3.4 Tahapan Penelitian

Pada tahap ini dilakukan pemeriksaan terhadap limbah pecahan beton serta pemeriksaan bahan campuran . pemeriksaan bahan campuran yang dilakukan yaitu :

#### 1. Analisa Agregat Halus

##### a. Pemeriksaan analisa ayakan agregat halus

Agregat halus merupakan bahan dasar pembuatan beton yang memegang peranan penting dalam menentukan mutu beton, karena agregat merupakan bahan pengisi yang diikat oleh semen dan air menjadi masa padat yang mengeras dan dikenal sebagai beton, dengan demikian kualitas agregat halus mempengaruhi langsung dari mutu beton. Agregat halus adalah agregat yang butirannya lolos ayakan ukuran 4,8 mm atau 4,75 mm. Karakteristik kualitas agregat halus sebagai komponen struktural beton sangat berpengaruh menentukan karakteristik kualitas beton yang dihasilkan.

Bentuk agregat halus mempengaruhi kualitas mutu beton yang dibuat. Agregat berbentuk bulat mempunyai rongga udara minimum 33% lebih kecil dari rongga udara yang dipunyai oleh agregat berbentuk. Tekstur permukaan agregat halus yang bertekstur halus akan lebih sedikit membutuhkan air dibandingkan dengan agregat dengan permukaan kasar. Dengan semakin sedikitnya air yang dibutuhkan kemungkinan menghasilkan beton yang bermutu tinggi. Maka diadakan penelitian terhadap penggunaan agregat halus yang akan digunakan. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui pengaruh karakteristik agregat halus pada campuran beton.

Tabel 3.1 Susunan ayakan agregat halus

Susunan ayakan (mm)	Persentase lolos (%)
9,5	100
4,75	95 - 100
2,36	87 - 100
1,18	74 - 85
0,6	46 - 60
0,3	15 - 30
0,15	02 - 10

Sumber : Sumber ASTM C33

Derajat kehalusan atau kekerasan suatu agregat ditentukan oleh modulus kehalusan atau *finesse modulus*.

1. Pasir halus =  $2,20 < FM \leq 2,60$
2. Pasir sedang =  $2,60 < FM \leq 2,90$
3. Pasir kasar =  $2,90 < FM \leq 3,20$

Nilai FM dapat dicari dengan rumus :

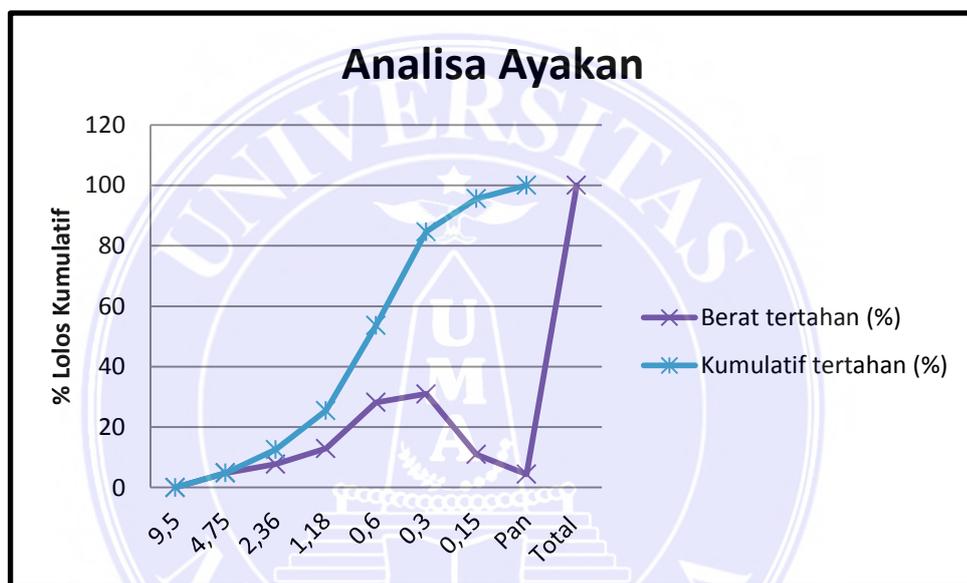
$$FM = \frac{\sum \% \text{Tertahan Kumulatif}}{100}$$

Pengujian agregat halus :

1. Ambil pasir yang kering sebanyak 2 (dua) sampel masing-masing beratnya 1000 gram.
2. Sediakan ayakan dan susun berturut-turut dari atas kebawah sesuai ukurannya, 9.5, 4.75, 2.36, 1.18, 0.6, 0.3, 0.15 dan pan.
3. Masukkan pasir kedalam ayakan lalu ditutup.
4. Letakkan ayakan diatas mesin penggetar (*shieve sheker machine*).

5. Hidupkan mesin selama 5 (lima) menit.
6. Timbang sampel yang tertahan pada masing-masing ayakan.
7. Lakukan cara diatas untuk sampel 2 (dua).

Pemeriksaan analisa ayakan agregat halus bertujuan untuk mengetahui kehalusan atau gradasi dari pada agregat dan hasil dari analisa ayakan dapat dilihat pada gambar grafik di bawah ini.



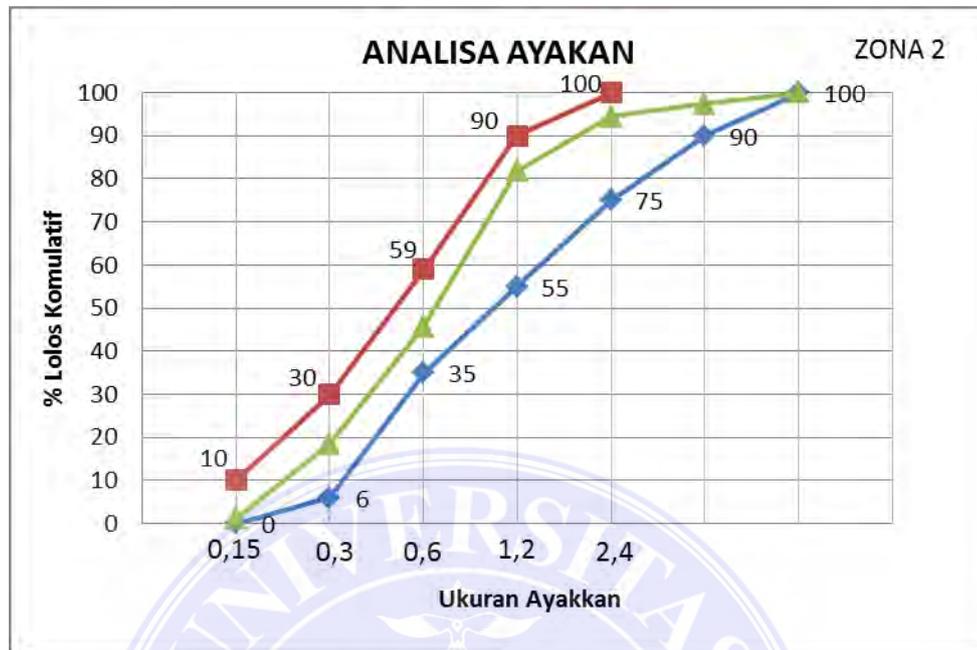
Gambar 3.2 Analisa Ayakan Agregat Halus

Sumber : Data Penelitian 2018

$$Fineness\ modulus = \frac{276,85}{100} = 2,77$$

Dari hasil percobaan diperoleh *Fineness Modulus* (FM) sebesar 2,77, dapat disimpulkan bahwa pasir yang dipakai termasuk pasir sedang karena berada dalam standart pasir sedang, yakni  $2,6 < FM < 2,9$ .

Bila dimasukkan kedalam grafik zona untuk agregat halus, maka pasir tergolong kedalam zona 2.



Gambar 3.3 Digram Analisa Ayakan Pasir Zona 2  
Sumber : SNI

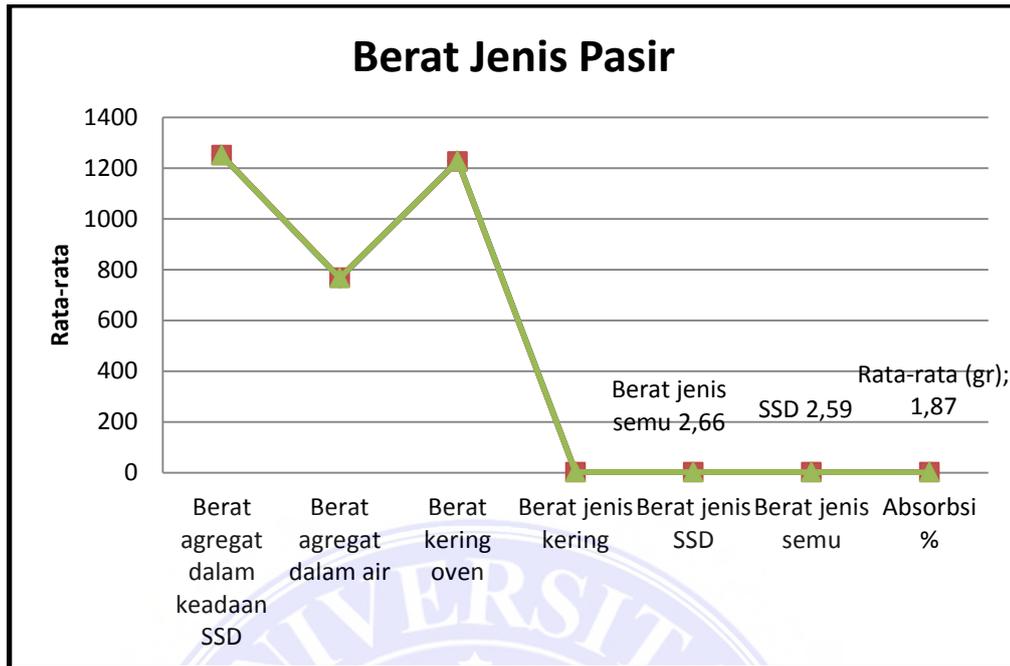
b. Berat jenis Pasir

1. Tujuan Penelitian :

- a. Untuk menentukan berat jenis agregat halus dalam keadaan kering oven,
- b. Menentukan berat jenis agregat halus kering permukaan,
- c. Menentukan ladar air agregat halus kering permukaan henuh air (SSD) dan penyerapan (absorpsi) pasir.

2. Pedoman Penelitian : Berat jenis kering < Berat jenis SSD < Berat jenis semu

3. Dari hasil penelitian didapat :



Gambar 3.4 Berat Jenis Pasir

Sumber : Data Penelitian 2018

Dari gambar 3.4 di atas hasil pemeriksaan berat jenis pasir dapat disimpulkan bahwa persyaratan untuk berat SSD harus berada diantara berat jenis kering dan berat jenis semu, sedangkan untuk spesifikasi absorpsi harus  $< 5\%$  dari hasil pemeriksaan yang didapat material tersebut memenuhi persyaratan dan dapat digunakan dalam campuran beton.

#### c. Berat Isi Pasir

Berat isi agregat sangat dipengaruhi oleh beberapa factor seperti jenis, gradasi agregat, diameter maksimum agregat. Dalam SII No.52-1989, berat isi agregat beton disyaratkan harus lebih dari 1,2 kg/liter.

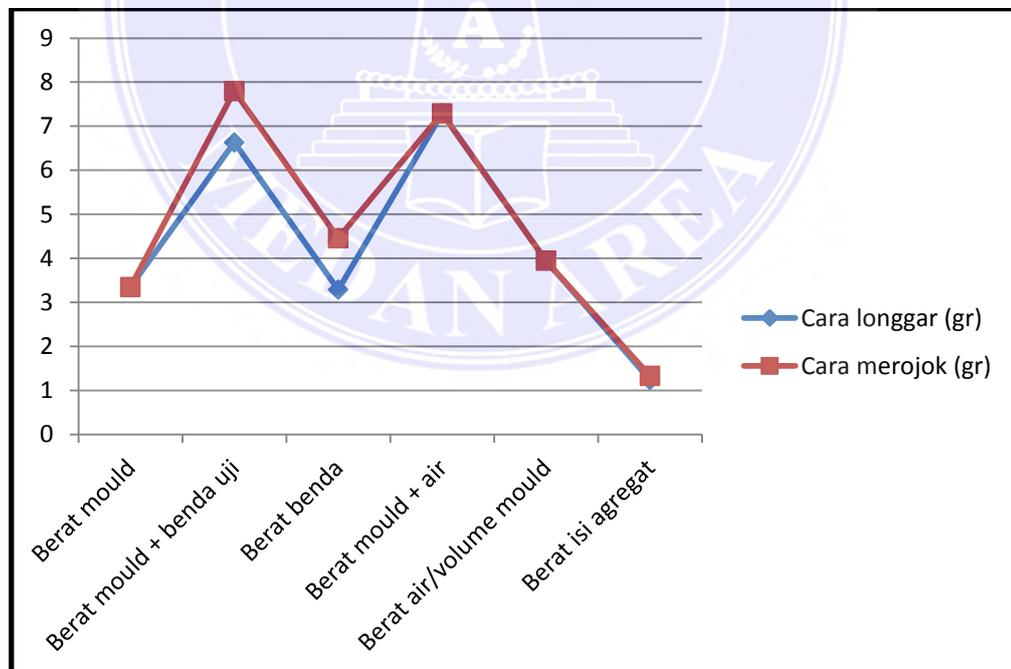
#### Prosedur pelaksana

##### a. Dengan cara gembur

1. Timbang berat bejana dan catat
2. Masukkan pasir kedalam bejana dan ratakan permukaan bejana

3. Timbang bejana yang sudah berisi pasir lalu catat
  4. Kemudian timbang bejana yang berisi air lalu catat
- b. Dengan cara padat/merojok
1. Timbang berat bejana lalu catat
  2. Masukkan pasir 1/3 bagian bejana lalu dirojok sebanyak 25 kali, tambahkan pasir 2/3 bagian bejana dan dirojok sebanyak 25 kali, kemudian masukkan pasir pada bejana sampai penuh lalu dirojok sebanyak 25 kali, dan ratakan permukaan bejana
  3. Timbang bejana yang sudah berisi pasir lalu catat
  4. Kemudian timbang bejana yang sudah berisi air lalu catat.

Hasil dari pemeriksaan berat isi pasir dengan cara gembur dan cara merojok dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini.



Gambar 3.5 hasil pemeriksaan berat isi agregat halus

Sumber : Data penelitian 2018

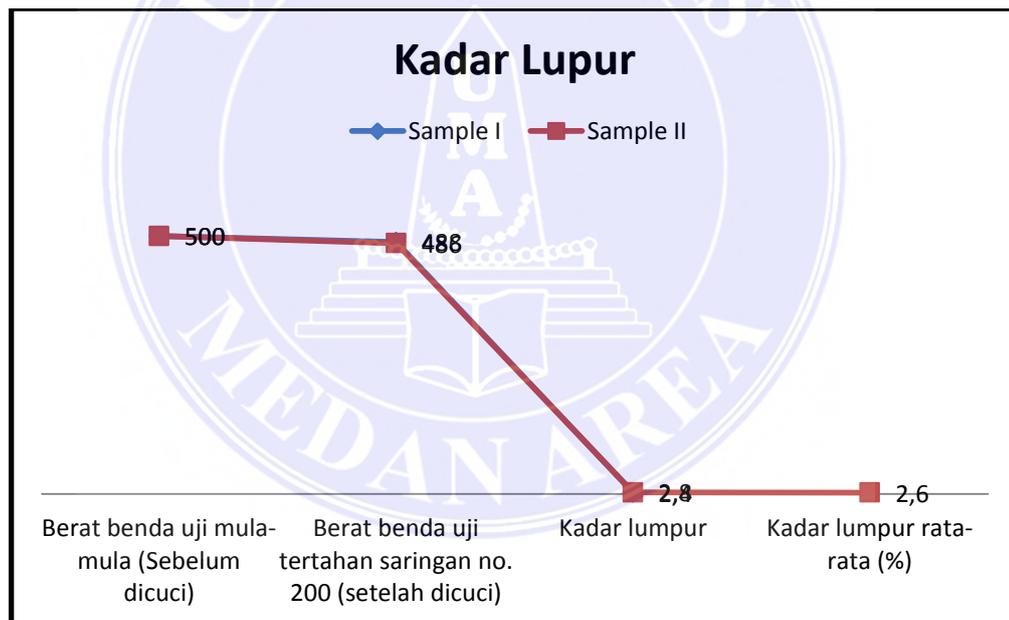
Dari gambar 3.5 dapat disimpulkan bahwa berat isi dengan cara longgar dan merojok harus memenuhi persyaratan yaitu,  $>1125 \text{ Kg/m}^3$  untuk cara longgar dan  $>1250 \text{ Kg/m}^3$  untuk cara merojok. Dari hasil yang didapat material tersebut memenuhi persyaratan.

#### d. Kadar lumpur Agregat Halus

Tujuan penelitian : menerangkan prosedur pemeriksaan kadar air pada agregat dan menghitung persentase kadar air pada agregat.

Pedoman Penelitian : Kandungan lumpur tidak dibenarkan melebihi 5% apabila melebihi maka pasir harus dicuci

Hasil dari penelitian : dapat dilihat pada gambar grafik di bawah



Gambar 3.6 hasil pemeriksaan kadar lumpur pasir

Sumber : Data penelitian 2018

Dari gambar 3.6 Persentase kadar lumpur pasir yang didapat adalah sebesar 2,6%. Pasir ini layak digunakan sebagai bahan penyusun mix design, karena memenuhi persyaratan yaitu harus  $< 5\%$ .

#### e. Kesimpulan Pemeriksaan Agregat Halus

Tabel 3.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Pemeriksaan	Hasil
Kadar Lumpur	2,6%
Analisa Ayakan	2,77
Berat Jenis (SSD)	2,59 gr/cm <sup>3</sup>
Absorpsi	1,8%

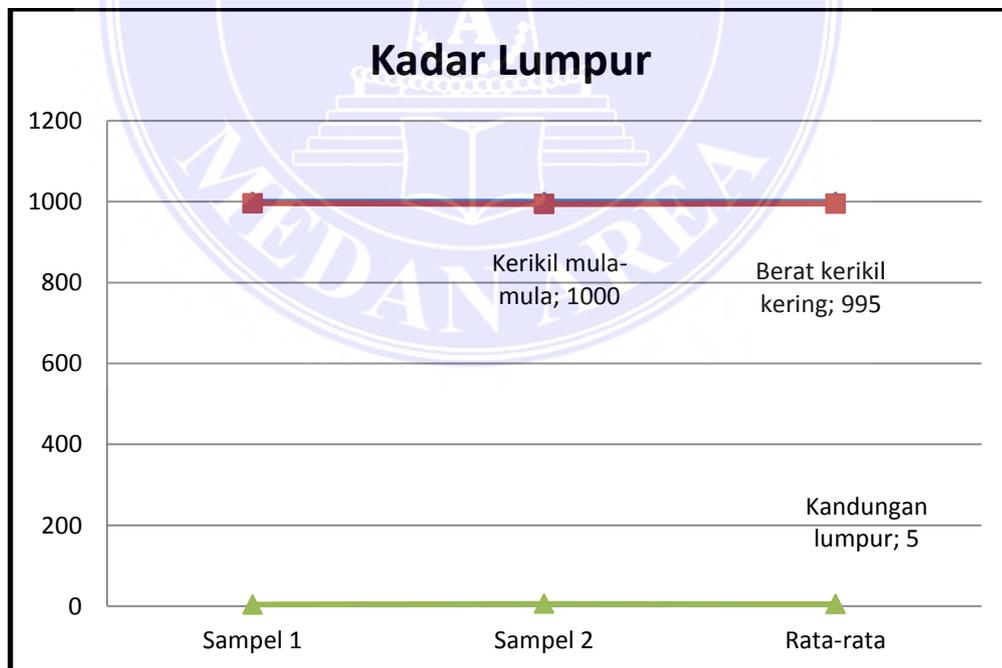
Sumber : Data penelitian 2018

## 2. Analisa Agregat Kasar

### a. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

Tujuan Penelitian : untuk menentukan kadar lumpur pada agregat kasar

Pedoman Penelitian : Kandungan kadar lumpur pada agregat kasar tidak melebihi 1% apabila melebihi maka agregat harus dicuci.



Gambar 3.7 Hasil pemeriksaan kadar lumpur Kerikil

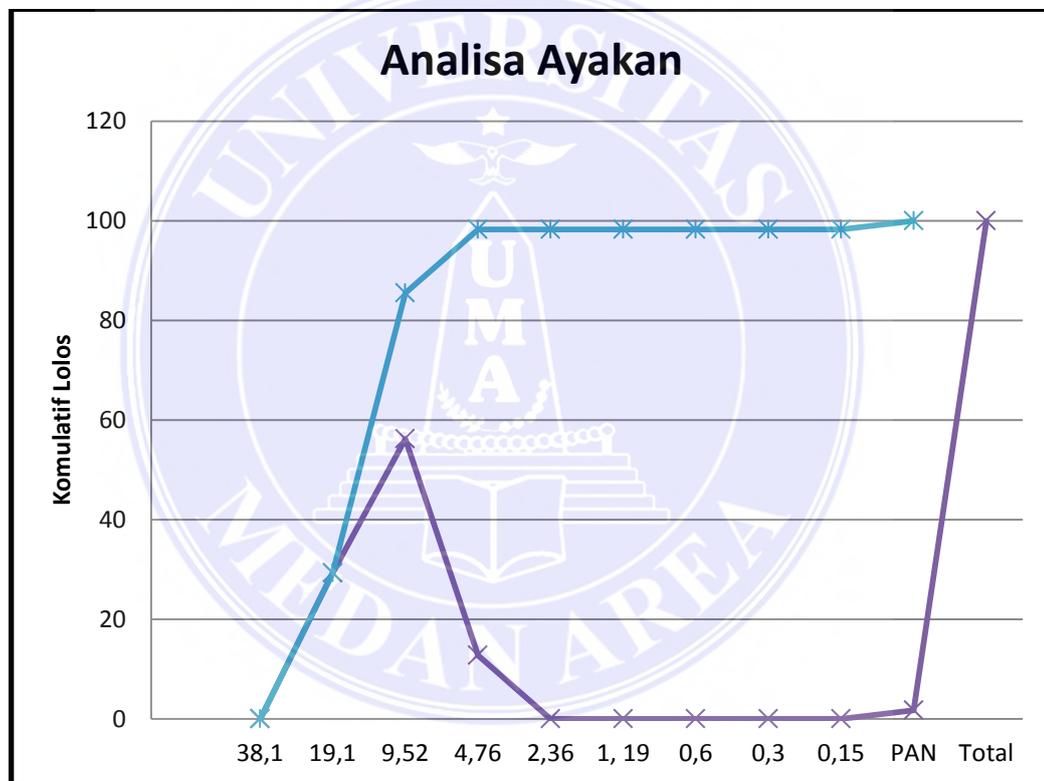
Sumber : Data penelitian 2018

Dari hasil penelitian yang terlihat di gambar 3.7 di atas kadar lumpur agraget kasar yang di dapat sebesar = 0,50% , sehingga batu pecah dapat digunakan dalam percobaan.

b. Analisa ayakan agregat kasar

Tujuan Penelitian : untuk memeriksa penyebaran gradasi dan menentukan modulus kehalusan (FM).

Pedoman Penelitian :  $FM = \frac{\Sigma\% \text{ komulatif tertahan ayakan } 0,150mm}{100}$



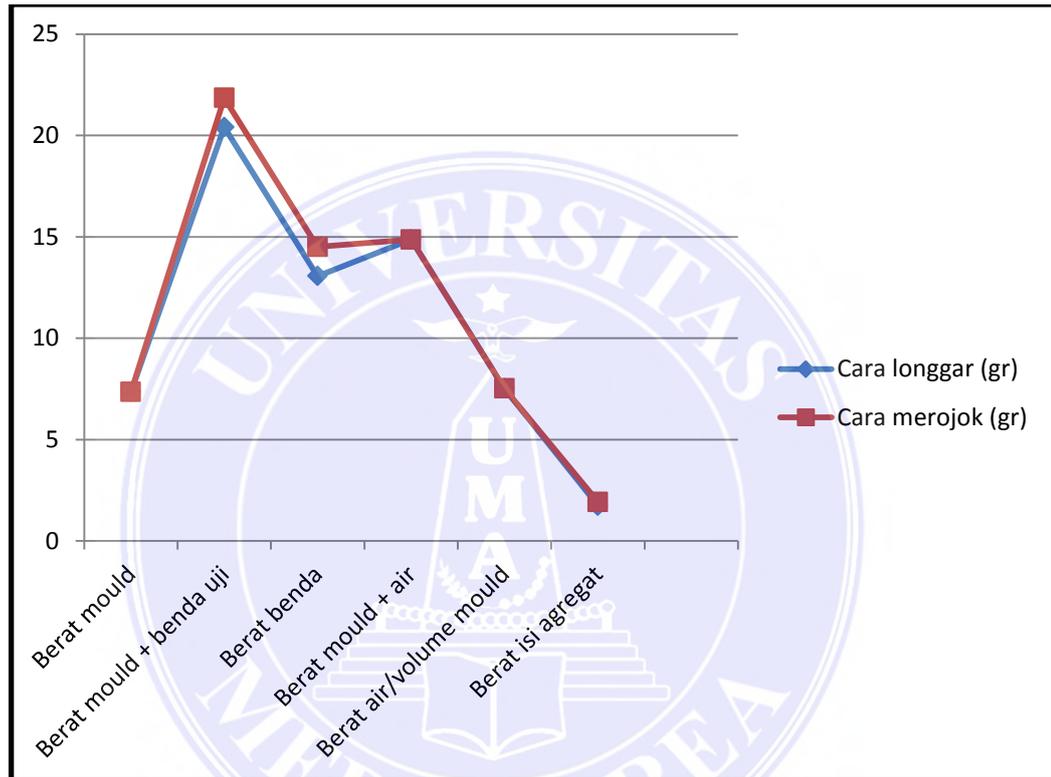
Gambar 3.8 Analisa Ayakan Agregat Kasar  
Sumber : Data penelitian 2018

Pada gambar 3.8 menunjukkan hasil pemeriksaan dari analisa ayakan agregat kasar bahwa FM yang didapat sebesar 7,04 sehingga dapat digunakan dalam percobaan. Sesuai dengan syarat bahwa agregat kasar yang dapat dipakai dalam campuran beton harus mempunyai modulus kehalusan (FM) antara 5,5-7,5.

### c. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar

Tujuan Penelitian : Untuk menentukan berat isi batu pecah dengan cara padat dan cara longgar.

Pedoman Penelitian : Dari hasil penelitian berat isi dengan cara merojok lebih besar dari pada berat isi yang tidak dirojok.



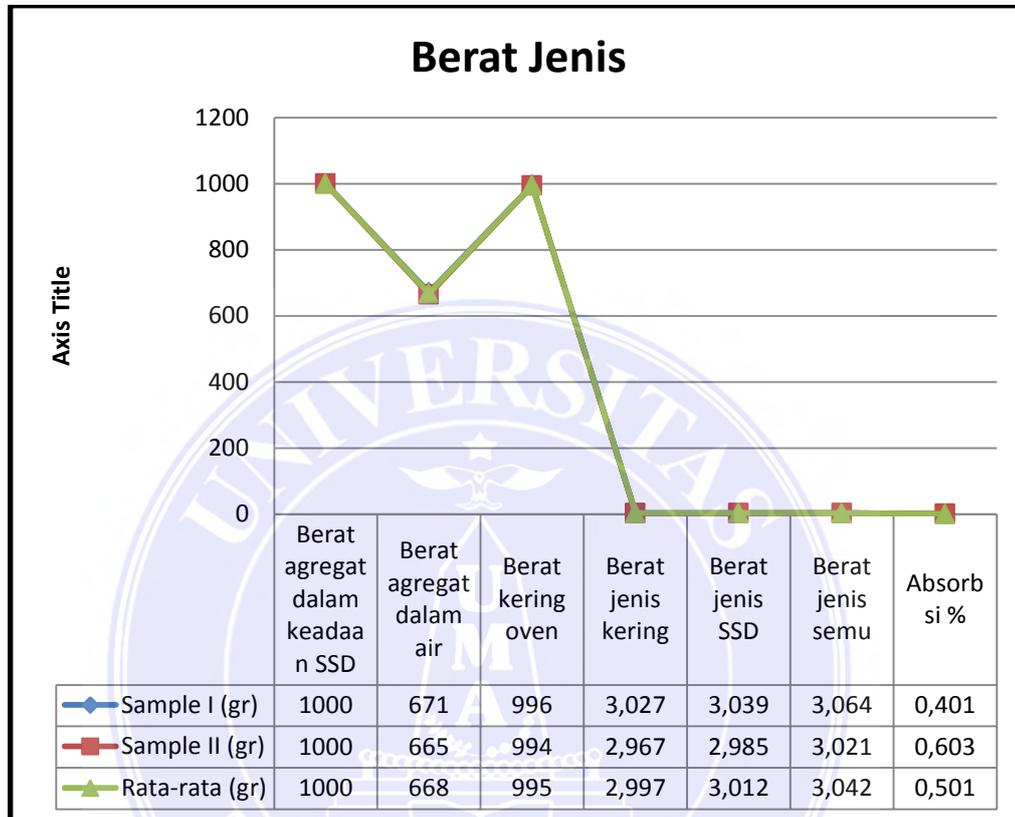
Gambar 3.9 hasil pemeriksaan berat isi agregat Kasar  
Sumber : Data penelitian 2018

Dari gambar 3.9 dan perhitungan hasil data pengujian berat isi pada pada agregat kasar, didapat hasil dari berat isi lepas yaitu 1,737 kg/liter dan berat isi padat yaitu sebesar 1,928 kg/liter. Bila dibandingkan dengan persyaratan menurut SII 0052 – 80, bahwa berat isi harus lebih besar dari 1,2 kg/liter, maka kedua cara pemadatan diatas telah memenuhi syarat.

### d. Pemeriksaan Berat Jenis dan Absorpsi Agregat Kasar

Tujuan penelitian : Untuk menentukan berat dan penyerapan (absorpsi) air batu pecah

Pedoman Penelitian : berat jenis kering < berat jenis SSD , berat jenis semu



Gambar 3.10 hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar

Sumber : Data penelitian 2018

Dari hasil penelitian diperoleh : berat jenis kering =  $2,996 \text{ gr/ cm}^3$

Berat jenis SSD =  $3,012 \text{ gr/ cm}^3$

Berat semu =  $3,042 \text{ gr/ cm}^3$

Absorpsi =  $0,501 \text{ %/ cm}^3$

#### e. Kesimpulan Pemeriksaan Agregat Kasar

Tabel 3.3 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Pemeriksaan	Hasil
Kadar Lumpur	0,50

Analisa Ayakan	7,04
Berat Isi	1,737 kg/m <sup>3</sup>
Berat Jenis (SSD)	3,024 gr/cm <sup>3</sup>
Absorpsi	0,501%

---

Sumber : Data penelitian 2018

### 3. Waktu Ikat Semen

Waktu ikat adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, dihitung mulai dan bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen sehingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekan.

Semen sebagai bahan dasar bila kena air akan membentuk suatu bahan yang lengket seperti lem yang akhirnya mengeras. Selain kadar air waktu semen juga diperlukan dan tidak dapat diabaikan. Untuk mengetahui waktu ikat semen dilakukan suatu percobaan dengan menggunakan jarum *vicat apparatus*.

Pengikatan semen adalah pengeras semen segera setelah bereaksi dengan air dan terdiri dari 2 keadaan yaitu :

1. Waktu ikat awal adalah waktu ikat yang diperlukan pasta semen untuk mulai pengikatan ditandai dengan penetrasi sedalam 35 mm dimana

$T_{awal} > 45$  menit

2. Waktu ikat akhir adalah waktu ikat yang diperlukan semen untuk mengikat sempurna yang ditandai dengan penetrasi jarum *vicat apparatus* sedalam 0 mm.

Prosedur pelaksana :

1. Timbang semen sebanyak 350 gram dan air sebanyak persentase air yang tepat pada percobaan konsisten semen. Semen yang diambil terlebih dahulu diayak dengan ayakan no. 100 untuk membuang semen yang lebih menggumpal.
2. Mangkuk mixer dibasahi dengan air secukupnya sehingga permukaan basah, tetapi tidak ada air yang menggenang.
3. Masukkan semen tambah air kedalam mangkuk mixer dan diamkan selama 15 detik.
4. Hidupkan mixer dengan kecepatan lambat selama 30 detik dan kemudian matikan selama 15 detik.
5. Hidupkan kembali mixer dengan putaran cepat selama 60 detik.
6. Hentikan pengadukan lalu gumpalkan pasta semen hingga berbentuk bola dan kemudian lemparkan dari tangan kiri ke tangan kanan sebanyak 6 kali dengan jarak kurang lebih 15 cm.
7. Masukkan kedalam mould yang telah dialasi dengan plat kaca dengan menekan gumpalan semen.
8. Dengan mould pada bagian lubang yang terbesar plat kaca dan mould terlebih dahulu diolesi dengan vaselin agar tidak lengket.
9. Bagian pasta semen yang keluar melalui lubang yang kecil diratakan dengan scrap tanpa mengganggu pasta semen tersebut dan diamkan selama 30 menit.
10. Selama masa 30 menit atur jarum vikat tepat berada diatas permukaan pasta semen dan atur jarum penunjuk angka penetrasi tepat berada pada angka nol.

11. Penetrasi jarum dilakukan setara berulang-ulang dengan selang waktu yang sama.

Table 3.4 waktu ikat semen

No. test	Waktu penurunan	Penurunan	Keterangan waktu
	Air (menit)	(mm)	pencatatan
1	15	2	10.20
2	30	9	10.35
3	45	7	10.50
4	60	5	11.05
5	75	1	11.20
6	90	0,5	11.35
7	105	0,1	11.50
8	120	0	12.05

Sumber : Data penelitian 2018

#### 4. Pemeriksaan Ayakan Agregat Kasar Limbah Pecahan Beton

Tujuan Penelitian : Untuk menentukan gradasi dan modulus kehalusan limbah pecahan beton (FM).

Pedoman Penelitian : Pemeriksaan agregat kasar limbah pecahan beton disesuaikan dengan lolos ayakan 38,1 mm. Dari hasil pemeriksaan ayakan tersebut didapat nilai FM = 7,15 sehingga dapat digunakan dalam percobaan.

### 3.5 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton merupakan suatu hal yang kompleks jika dilihat dari perbedaan sifat dan karakteristik bahan penyusunnya. Karena bahan

penyusun tersebut akan menyebabkan variasi dari produk beton yang dihasilkan.

Pada dasarnya perancangan campuran dimaksudkan untuk menghasilkan suatu proporsi campuran bahan yang optimal dengan kekuatan yang maksimum.

### 1. *mix design*

*Mix design* ialah rasio campuran semen agregat yang telah ditetapkan sebelumnya yang sesuai dengan spesifikasi beton. Cara ini menawarkan kemudahan campuran karena perbandingannya sudah ditetapkan sebelumnya sehingga tidak memerlukan analisis campuran dan hanya berlaku pada kondisi-kondisi normal saja.

Persyaratan dasar dalam memilih dan menentukan jumlah bahan campuran adalah :

- a) Kuat tekan minimum yang didapat dari pertimbangan *structural*
- b) Kemudahan pengerjaan yang dibutuhkan untuk pemadatan sesuai dengan peralatan pemadatan yang tersedia
- c) Factor air-semen (fas) maksimum atau kandungan semen maksimum untuk memberikan ketahanan yang cukup sesuai dengan kondisi-kondisi lokasi pengerjaan
- d) Kandungan semen maksimum untuk menghindari penyusutan, keretakan akibat siklus temperature dalam massa beton

Pada umumnya, *mix design* berpedoman pada masalah-masalah :

1. Rencana kandungan air dalam beton
2. Keadaan gradasi agregat yang digunakan

Metode-metode *mix design* antara lain :

1. Metode SKSNI T-15-1990-03

2. Metode Inggris

3. Metode ACI

## 2. Desain komposisi material

Berikut ini diketahui hasil pemeriksaan material yang akan digunakan :

- a) Analisa ayakan pasir = 2,77
- b) Berat jenis pasir = 2,59
- c) Absorbs pasir = 1,87 %
- d) Kadar lumpur pasir = 2,6 %
- e) Analisa ayakan kerikil = 7,04
- f) Berat jenis kerikil = 3,024
- g) Absorbs kerikil = 0,501 %
- h) Kadar lumpur kerikil = 0,5 %

## 3. Perencanaan kuat tarik

Perencanaan beton normal ini dilakukan dengan menggunakan metode SNI, maka pertama yang dilakukan adalah menentukan kuat tarik karakteristik. Dengan kekuatan beton yang direncanakan sebesar 15% dari kuat beton yang direncanakan dengan harga standart devisiasi sebesar  $70 \text{ kg/cm}^2$  maka nilai margin diperoleh sebesar  $1,64 \times 70 = 114,8 \text{ kg/cm}^2$ . Jadi kekuatan beton yang direncanakan adalah kekuatan tekan karakteristik dengan margin sebesar  $225 + 114,8 = 339,8 \text{ kg/cm}^2$ . Diketahui berat isi beton normal rencana sebesar  $2300 \text{ kg/m}^3$ .

## 4. kadar air semen

Dengan ukuran agregat maksimum 40 mm, tipe agregat batu pecah dengan slump 60-180 mm, maka diperlukan kadar air bebas sebanyak  $205 \text{ kg/cm}^2$ .

## 5. kadar semen

Dari hasil perkiraan kadar air sebesar  $205 \text{ kg/cm}^2$  maka diperoleh kadar semen yang merupakan perbandingan kadar air bebas dengan dengan factor air semen yaitu sebesar  $205/0,5 = 410 \text{ kg/cm}^2$  dan  $205/0,3 = 683,33 \text{ kg/cm}^2$ .

## 6. komposisi agregat

Dengan hasil grafik hubungan antara ukuran maksimum agregat halus = 10 mm dengan zona agregat halus adalah zona 2, ukuran maksimum agregat kasar = 40 mm , nilai slump 60 mm – 180 mm dan FAS sebesar 0,3 dan 0,5, serta berat isi beton normal rencana  $2300 \text{ kg/m}^3$ , maka dapat diperoleh komposisi agregat halus dan kasar sebesar :

Kebutuhan agregat unuk FAS 0,5 =  $2300 - (205 + 410) = 1685 \text{ kg/m}^3$

Kebutuhan agregat unuk FAS 0,3 =  $2300 - (205 + 683,33) = 1411,67 \text{ kg/m}^3$

Berdasar dari langkah-langkah perencanaan campuran diatas, maka diperoleh komposisi campuran per  $\text{m}^3$  sebagai berikut :

### 1. Untuk FAS 0,5

- a. Semen =  $410 \text{ kg/m}^3$
- b. Kerikil =  $1011 \text{ kg/m}^3$
- c. Pasir =  $674 \text{ kg/m}^3$
- d. Air =  $205 \text{ kg/m}^3$

### 2. untuk FAS 0,3

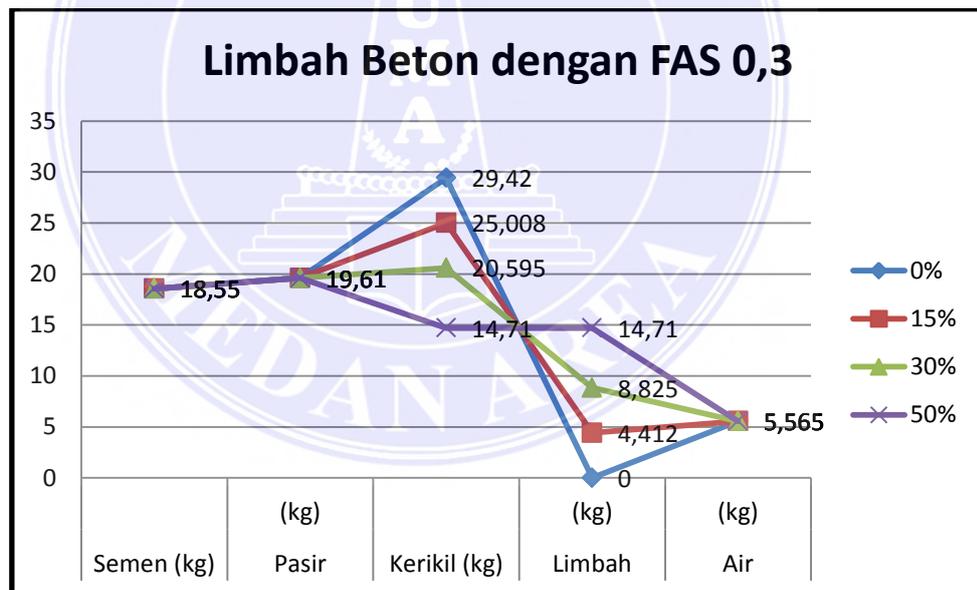
- a. Semen =  $683,33 \text{ kg/m}^3$
- b. Kerikil =  $846,99 \text{ kg/m}^3$
- c. Pasir =  $564,68 \text{ kg/m}^3$

d. Air = 205 kg/m<sup>3</sup>

### 7. komposisi bahan tambah

Sesuai dengan perencanaan peneliti bahwa komposisi bahan tambah menggunakan limbah pecahan beton. Komposisi ini menggunakan 4 (empat) variasi dengan FAS 0,3 dan 0,5 dimana masing-masing variasi memperoleh 5 (lima) sample dengan jumlah total 40 (dua puluh) sampel dari seluruh variasi tersebut. Adapun tiap variasi menggunakan campuran persentase sebesar 0 %, 15 %, 30 % dan 50 %. Variasi penggunaan bahan tambah dengan cara mengurangi berat agregat kasar.

Pada gambar 3.11 di bawah dapat kita ketahui komposisi campuran limbah pecahan beton yang digunakan



Gambar 3.11 campuran limbah pecahan beton FAS 0,3

Sumber : Data penelitian 2018

A . Variasi I = 0% untuk FAS 0,3

Diketahui massa silinder = 0,0053 m<sup>3</sup> x *factor safety*

$$= 0,0053 \text{ m}^3 \times 1,2$$

$$= 0,00636 \text{ m}^3$$

Kebutuhan bahan untuk 1 silinder :

1. semen :  $683,33 \times 0,00636$

$$= 4,346 \text{ kg}$$

2. pasir :  $564,68 \times 0,00636$

$$= 3,591 \text{ kg}$$

3. kerikil :  $846,99 \times 0,00636$

$$= 5,387 \text{ kg}$$

4. air :  $205 \times 0,00636$

$$= 1,304 \text{ kg}$$

Kebutuhan limbah pecahan beton untuk :

Variasi 15 % = kerikil x 15 %

$$= 5,387 \times 0,15$$

$$= 0,808 \text{ kg}$$

Variasi 30 % = kerikil x 30 %

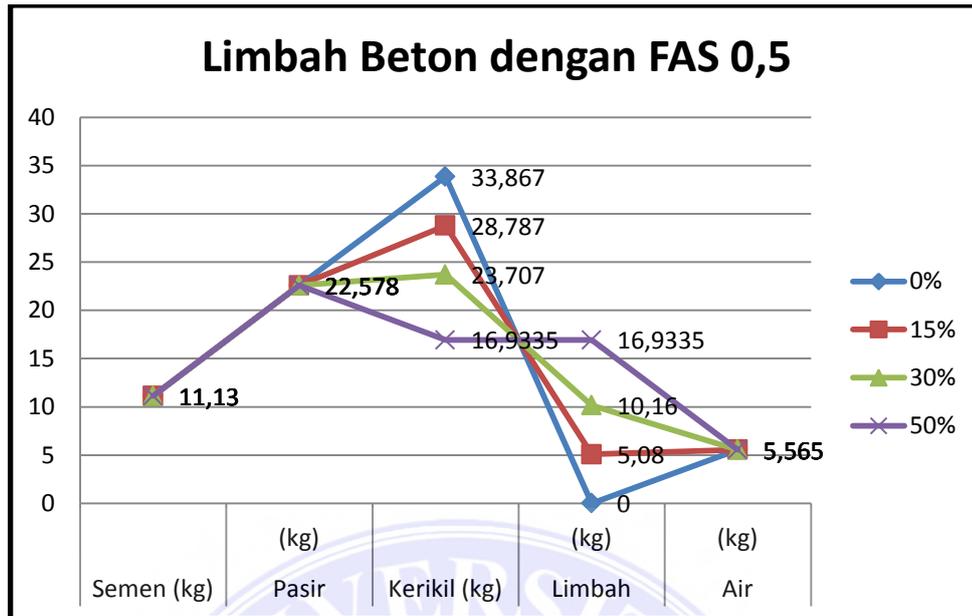
$$= 5,387 \times 0,3$$

$$= 1,616 \text{ kg}$$

Variasi 50 % = kerikil x 50 %

$$= 5,387 \times 0,50$$

$$= 2,694 \text{ kg}$$



Gambar 3.12 campuran limbah pecahan beton FAS 0,5

Sumber : Data penelitian 2018

#### B. Variasi I = 0% untuk FAS 0,5

Kebutuhan bahan untuk 1 silinder :

1. semen :  $410 \times 0,00636 = 2,608 \text{ kg}$
2. pasir :  $674 \times 0,00636 = 4,277 \text{ kg}$
3. kerikil :  $1011 \times 0,00636 = 6,430 \text{ kg}$
4. air :  $205 \times 0,00636 = 1,304 \text{ kg}$

Kebutuhan limbah pecahan beton untuk :

Variasi 15 % = kerikil x 15 %

$$= 6,430 \times 0,15$$

$$= 0,965 \text{ kg}$$

Variasi 30 % = kerikil x 30 %

$$= 6,430 \times 0,3$$

$$= 1,929\text{kg}$$

Variasi 50 % = kerikil x 50 %

$$= 6,430 \times 0,50$$

$$= 3,215 \text{ kg}$$

### 3.6 Pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji untuk tes beton cukup sederhana namun tetap perlu memperhatikan beberapa hal agar tes beton yang akan kita lakukan dapat berjalan dengan baik sesuai dengan apa yang diharapkan. Secara umum terdapat dua macam jenis benda uji beton yaitu :

1. Kubus beton dengan ukuran panjang 15 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15 cm
2. Silinder beton dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm

Pada pembuatan benda uji kali ini memakai cetakan jenis silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Silinder beton yang dibuat adalah replikasi dari beton yang digunakan untuk bahan bangunan. Silinder beton ini dibuat dari adukan beton yang akan digunakan, yang merupakan sampel yang akan diuji di laboratorium. Jumlah silinder beton yang akan dibuat sebanyak 40 (empat puluh) buah sesuai dengan acuan yang tertera pada SNI 2493:2011.

Langkah awal untuk pembuatan beton ialah mempersiapkan bahan yang sudah ditakar atau sudah diperhitungkan penggunaan materialnya, kemudian masukkan semua material tersebut kedalam molen untuk diaduk sampai merata. Jangan lupa untuk memasukkan limbah pecahan beton kedalam molen sebagai bahan pengganti sebagian agregat kasar. Setelah merata material tersebut

dipindahkan ke wadah atau pan yang besar, selanjutnya dilakukan uji *slump* untuk mengetahui tingkat kekentalan atau keenceran beton tersebut.

Setelah melalui proses uji *slump* beton tersebut dimasukkan kedalam cetakan silinder yang sudah dibersihkan dan dilumasi minyak solar agar mempermudah saat pembongkaran cetakan dan tidak merusak bentuk beton. Proses pengisian beton kedalam cetakan dilakukan dalam 3 (tiga) lapis dengan volume yang sama, tiap 1/3 lapisnya dirojok dengan tongkat besi sebanyak 25 kali. Proses merojok dilakukan dibagian tepi silinder agar diperoleh beton yang simetri menurut sumbunya. Setelah lapisan ketiga selesai dirojok, penuhi permukaan atas dengan adukan beton kemudian ratakan dengan tongkat perata hingga permukaan rata. Pindahkan cetakan yang berisi beton ke ruangan yang lembab dan biarkan selama 24 jam setelah itu cetakan dibongkar dan benda uji tersebut direndam selama 7 hari sebagai perawatan beton (*cured*). Setelah perendaman selama 7 hari, beton kemudian diangkat dan dipindahkan ke ruangan lain, lalu biar beton sampai berumur 28 hari untuk di uji kuat tekannya.

### 3.7 Uji slump

Slump pada dasarnya merupakan salah satu pengtesan sederhana untuk mengetahui *workability* beton segar sebelum diterima dan diaplikasikan dalam pekerjaan pengecoran. *Workability* beton segar pada umumnya diasosiasikan dengan :

1. Homogenitas atau kerataan campuran adukan beton segar (*homogeneity*)
2. Kelekatan adukan pasta semen (*cohesiveness*)
3. Kemampuan alir beton segar (*flowability*)

4. Kemampuan beton segar mempertahankan kerataan dan kelekatan jika dipindah dengan alat angkut (*mobility*)
5. Mengindikasikan apakah beton segar masih dalam kondisi plastis (*plasticity*)

Namun selain besaran nilai slump, yang harus diperhatikan untuk menjaga kelayakan pengerjaan beton segar adalah tampilan visual beton, jenis dan sifat keruntuhan pada saat pengujian slump dilakukan. Slump beton segar harus dilakukan sebelum beton dituangkan dan jika terlihat indikasi plastisitas beton segar telah menurun cukup banyak, untuk melihat apakah beton segar masih layak dipakai atau tidak. Pengukuran slump dilakukan dengan mengacu pada aturan yang ditetapkan dalam SNI 1972-2008.

### 3.8 Pengujian kuat tarik belah

Pengujian dilakukan pada umur 28 hari untuk tiap variasi beton sebanyak 5 buah. Pengujian kuat tarik belah dilakukan dengan menggunakan Tensile Splitting Test (TST) yaitu suatu pembelahan silinder oleh suatu desakan ke arah diameternya untuk mendapatkan kuat tarik belah. Pada mesin pengujian ditambahkan suatu batangan agar dapat membagi beban merata pada panjang silinder. Dari beban maksimal yang diberikan kekuatan tarik belah dihitung sebagai berikut :

$$f_t = \frac{2P}{\pi ld}$$

Dengan :  $f_t$  = kekuatan tarik belah ( N/mm<sup>2</sup>)

P = beban maksimal (N)

l = panjang silinder (mm)

d = diameter (mm)

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Perencanaan Campuran Beton K 225

Tabel 4.1 Mix Design K 225 FAS 0,3

No	Uraian	Tabel/grafik	Nilai
1	Kuat tekan yang direncanakan	Ditetapkan	K 225
2	Devisiai standar (S)	Diketahui	70 kg/cm <sup>2</sup>
3	Nilai tambah/margin M		114,8 kg/cm <sup>2</sup>
4	Kuat tekan rata-rata		339,8 kg/cm <sup>2</sup>
5	Jenis semen	Ditetapkan	Tipe 1
6	Jenis agregat kasar	Ditetapkan	Batu pecah
	Jenis agregat halus	Ditetapkan	pasir
7	Faktor air semen		0,3
8	Faktor air semen maksimum	Ditetapkan	0,3
9	Slump	Ditetapkan	60-180 mm
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	40 mm
11	Kadar air bebas	Tabel 2.15	205 kg/cm <sup>2</sup>
12	Kadar semen	11:8	683,33 kg/cm <sup>2</sup>
13	Kadar semen maksimum	ditetapkan	683,33 kg/cm <sup>3</sup>
14	Kadar semen minimum	Ditetapkan	
15	FAS yang disesuaikan		
16	Susunan besar butir agregat	Grafik 2.11	Gradasi zona 2
17	Persen agegat halus	Grafik 3. 2	40%
18	Berat jenis relatif agregat		2,59 diketahui
19	Berat jenis beton	Grafik 3.3	2300 kg/cm <sup>3</sup>
20	Kadar agregat gabungan	19-12-11	1411,67 kg/cm <sup>3</sup>
21	Kadar agregat halus	17 x 20	564,668 kg/cm <sup>3</sup>
22	Kadar agregat kasar	20-21	847,002
23	Kadar agregat ( limbah )		0 %

Sumber : Hasil Penelitian 2018

Tabel 4.2 Mix Design K 225 FAS 0,5

No	Uraian	Tabel/grafik	Nilai
1	Kuat tekan yang direncanakan	Ditetapkan	K 225
2	Devisiai standar (S)	Diketahui	70 kg/cm <sup>2</sup>
3	Nilai tambah/margin M		114,8 kg/cm <sup>2</sup>
4	Kuat tekan rata-rata		339,8 kg/cm <sup>2</sup>
5	Jenis semen	Ditetapkan	Tipe 1
6	Jenis agregat kasar	Ditetapkan	Batu pecah
	Jenis agregat halus	Ditetapkan	pasir
7	Faktor air semen		0,5
8	Faktor air semen maksimum	Ditetapkan	0,5
9	Slump	Ditetapkan	60-180 mm
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	40 mm
11	Kadar air bebas	Tabel 2.15	205 kg/cm <sup>2</sup>
12	Kadar semen	11:8	410 kg/cm <sup>2</sup>
13	Kadar semen maksimum	ditetapkan	410 kg/cm <sup>3</sup>
14	Kadar semen minimum	Ditetapkan	275 kg/cm <sup>3</sup>
15	FAS yang disesuaikan		
16	Susunan besar butir agregat	Grafik 2.11	Gradasi zona 2
17	Persen aegat halus	Grafik 3. 2	40%
18	Berat jenis relatif agregat		2,59 diketahui
19	Berat jenis beton	Grafik 3.3	2300 kg/cm <sup>3</sup>
20	Kadar agregat gabungan	19-12-11	1685 kg/cm <sup>3</sup>
21	Kadar agregat halus	17 x 20	674 kg/cm <sup>3</sup>
22	Kadar agregat kasar	20-21	1011 kg/cm <sup>3</sup>
23	Kadar agregat ( limbah )		0 %

Sumber : Hasil Penelitian 2018

#### 4.2 Nilai Slump

Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang memenuhi syarat *workability*. Nilai slump dipengaruhi oleh

Beberapa faktor, antara lain:

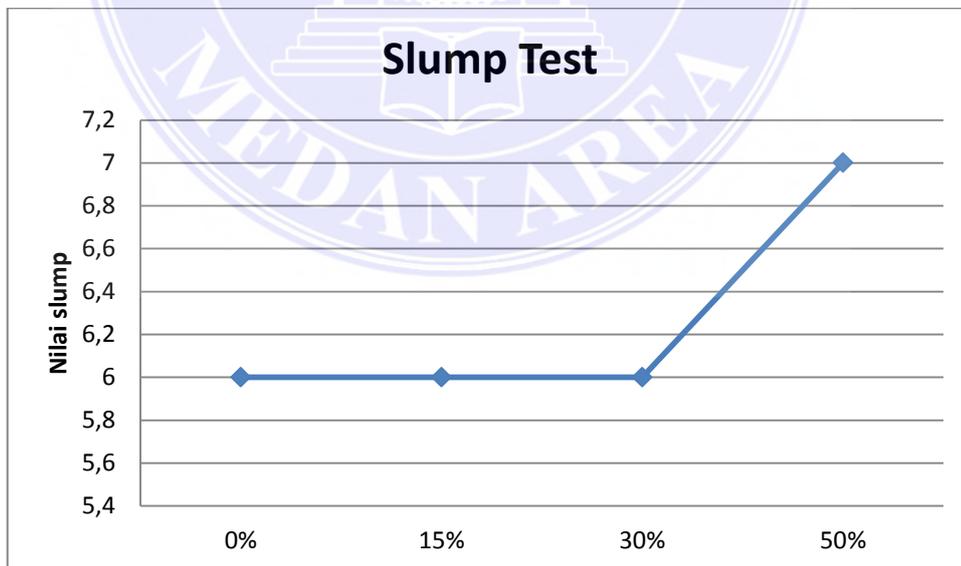
1. Gradasi dan bentuk permukaan agregat
2. Faktor air semen
3. Volume udara pada adukan beton
4. Karakteristik semen
5. Bahan tambahan

Hasil pengujian nilai slump dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.3 Data hasil pengujian slump test beton normal dengan FAS 0,3

Variasi	Nilai Slump ( cm )
0 %	6
15 %	6
30 %	6
50 %	7

Sumber : Hasil penelitian 2018



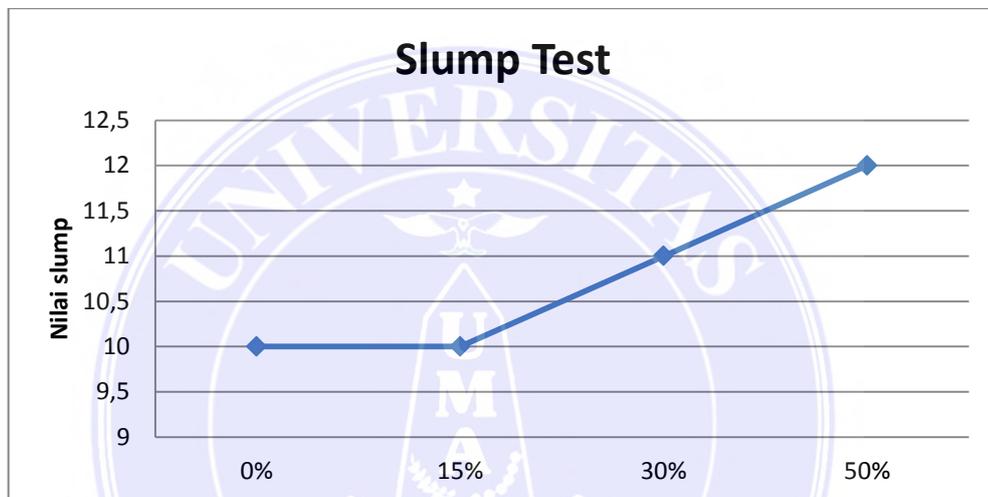
Gambar 4.1 Nilai slump beton Fas 0,3

Sumber : Hasil penelitian 2018

Tabel 4.4 Data hasil pengujian slump test beton normal dengan FAS 0,5

Variasi	Nilai Slump ( cm )
0 %	10
15 %	10
30 %	11
50 %	12

Sumber : Hasil penelitian 2018



Gambar 4.2 Nilai slump beton Fas 0,5

Sumber : Hasil penelitian 2018

Faktor air semen sangat mempengaruhi nilai dari slump beton. Semakin kecil nilai FAS maka semakin kecil nilai dari slump dan sebaliknya semakin besar nilai FAS maka semakin besar nilai slump. Dapat kita lihat pada gambar 4.1 dan gambar 4.2 di atas pengaruh daripada faktor air semen tersebut. Pemeriksaan slump beton juga dilakukan untuk melihat kekentalan dari campuran beton.

### 4.3 Pengujian Kuat tarik belah Silinder Beton

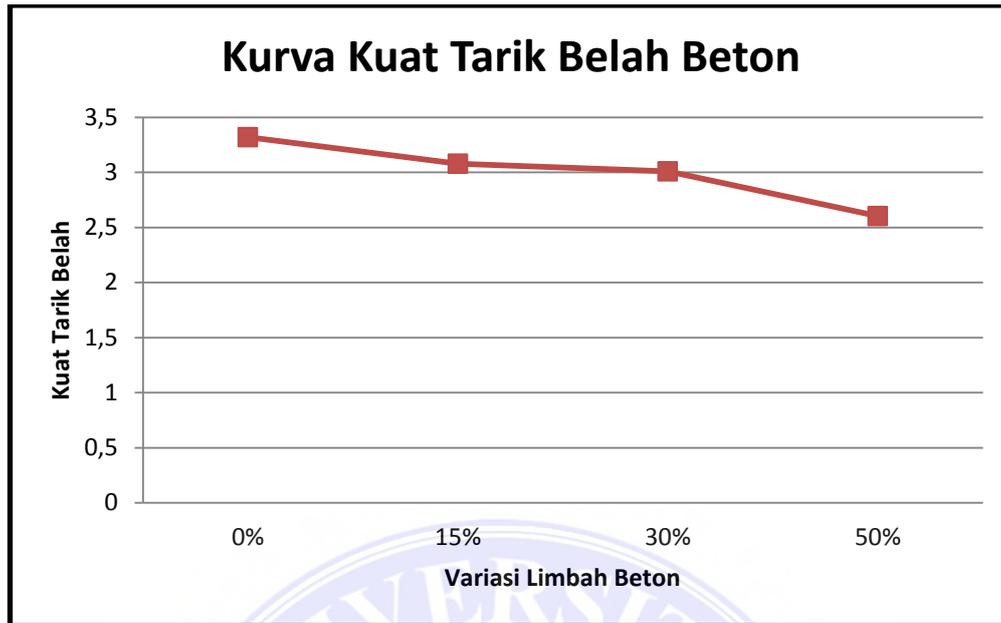
Pengujian kuat tarik belah belah beton dilakukan pada umur 28 hari dengan memberikan tegangan tarik pada beton. Kekuatan tarik belah beton relatif rendah, kira-kira 10%-15% dari kekuatan tekan beton. Pada dasarnya pengujian

kuat tarik belah beton mengacu pada SNI 03 – 2491 – 2002 “*Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*”.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Fas 0.3

Varia si	No. Benda Uji	Berat	Umur	Tgl Pembuatan Benda Uji	Tgl Pengujian Benda Uji	Nilai Tarik Belah		Rata- rata
						KN	MPA	
0 %	1	12,690	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	200	2,83	3,318
	2	12,527	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	240	3,40	
	3	12,610	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	250	3,54	
	4	12,597	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	238	3,37	
	5	12,680	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	246	3,48	
15 %	1	12,396	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	250	3,54	3,078
	2	12,334	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	200	2,83	
	3	12,570	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	220	3,11	
	4	12,431	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	218	3,08	
	5	12,381	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	200	2,83	
30 %	1	12,020	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	210	2,97	3,008
	2	12,454	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	230	3,25	
	3	12,369	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	226	3,20	
	4	12,425	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	230	3,25	
	5	12,180	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	210	2,97	
50 %	1	12,050	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	138	1,95	2,602
	2	12, 253	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	200	2,83	
	3	12,957	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	210	2,97	
	4	12,486	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	180	2,54	
	5	12,628	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	192	2,72	

Suber : Hasil Penelitian 2018



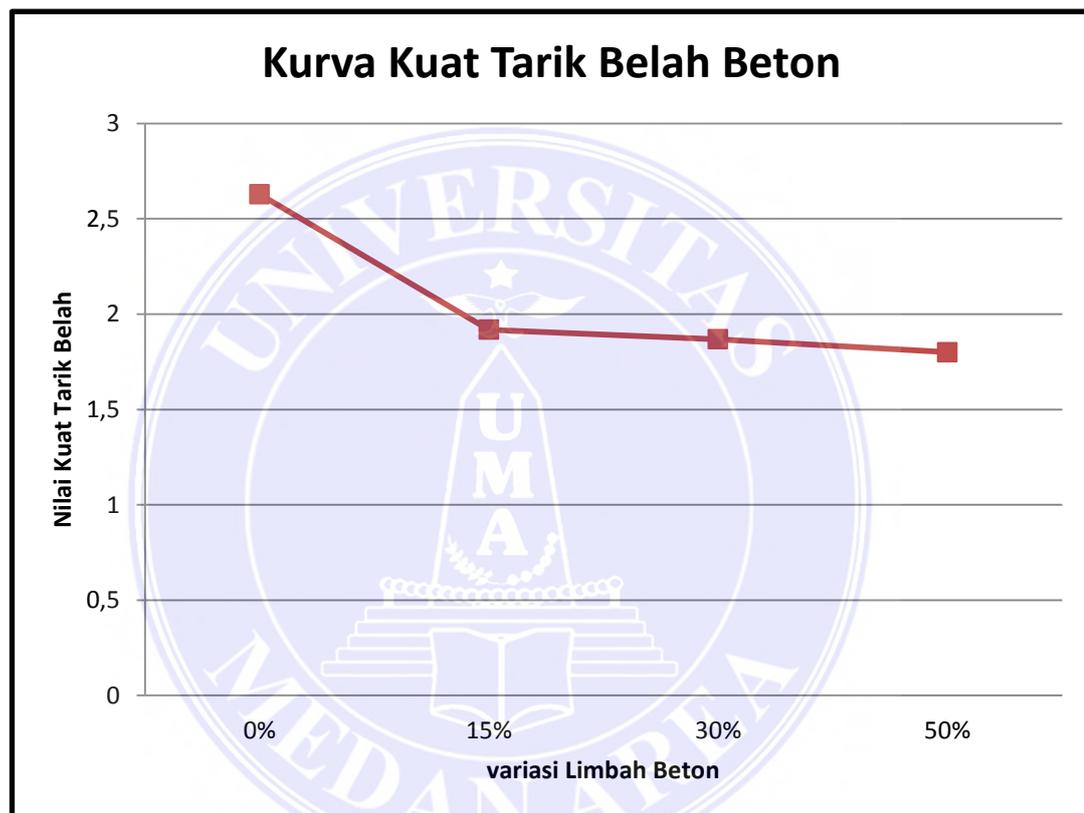
Gambar 4.3 Kuat Tarik Belah Beton FAS 0,3  
Sumber : Hasil Penelitian 2018

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Fas 0,5

Variasi	No. Benda Uji	Berat	Umur	M Tgl Pembuatan Benda Uji	Tgl Pengujian Benda Uji	Nilai Tarik Belah		Rata-rata
						KN	MPA	
	1	12,119	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	186	2,63	2,628
	2	12,030	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	180	2,54	
	3	12, 270	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	190	2,69	
	4	12,194	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	180	2,54	
	5	12,593	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	194	2,74	
15 %	1	12,018	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	150	2,12	1,918
	2	12,001	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	120	1,70	
	3	11,762	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	114	1,61	
	4	12,198	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	156	2,21	
	5	11,950	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	138	1,95	
30 %	1	11,674	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	140	1,98	1,868
	2	11,850	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	130	1,84	
	3	12,171	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	120	1,70	
	4	11,986	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	136	1,92	

	5	12,286	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	134	1,90	
50 %	1	11,774	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	136	1,92	
	2	11,762	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	122	1,73	
	3	11,671	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	120	1,70	1,8
	4	11,970	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	128	1,81	
	5	11,993	28	9 Okt 2018	6Nov 2018	130	1,84	

Suber : Hasil Penelitian 2018



Gambar 4.4 Kuat Tarik Belah Beton FAS 0,5  
Sumber : Hasil Penelitian 2018

Pada gambar 4.3 didapat hasil pengujian silinder beton pada umur 28 hari yang menunjukkan penurunan kekuatan pada beton. Pada kuat tarik belah rata-rata beton varasi 15% masih memenuhi kuat tarik belah yang telah direncanakan.

#### 4.4 Pembahasan

Pemanfaatan beton daur ulang dalam sistem konstruksi merupakan ide untuk pemanfaatan limbah beton yang sering menimbulkan masalah bagi

lingkungan. Seringkali beton sisa gedung yang tidak terpakai atau sisa beton ready-mix dibuang begitu saja dan bahkan mengganggu lingkungan sekitar. Usaha untuk memanfaatkan limbah beton dapat mengurangi masalah lingkungan dan dapat memberi nilai ekonomis terhadap konstruksi.

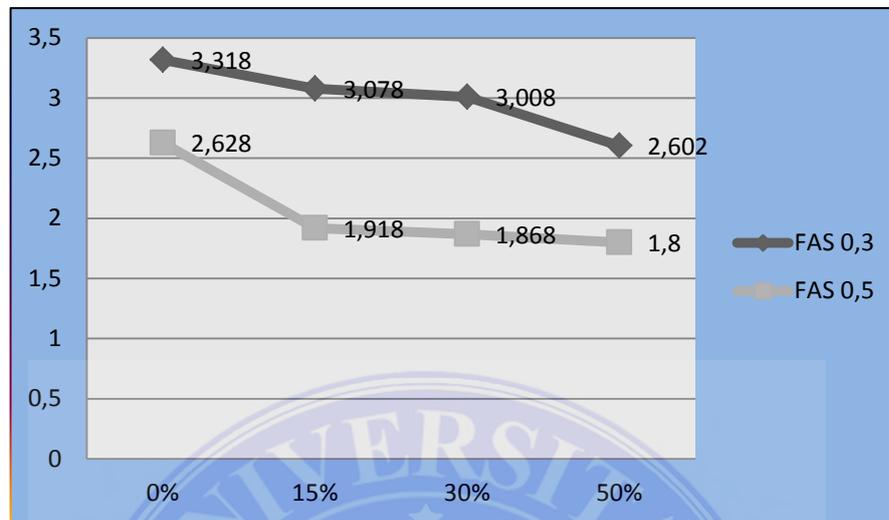
Pada penelitian ini, peneliti menggunakan limbah beton yang ada di laboratorium pengujian beton. Limbah beton digunakan sebagai pengganti sebagian agregat kasar untuk campuran beton baru. Benda uji dibuat berbentuk silinder dengan campuran adukan beton menggunakan batu pecah dan pasir. Pecahan limbah beton sebagai agregat kasar digunakan dengan variasi 0%, 15%, 30% dan 50% dengan jumlah benda uji masing-masing 5 buah dengan umur pengujian 28 hari.

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendam dalam air, pengujian benda uji dilakukan dengan menggunakan *universal Testing Machine (UTM)*. Hasil pengujian benda uji dengan menggunakan limbah beton sebagai agregat kasar menunjukkan terjadinya penurunan nilai kuat tarik belah. Penambahan limbah setiap persenan variasi mengakibatkan berkurang atau menurunnya kekuatan beton.

Pada gambar 4.3 kuat tarik belah beton menunjukkan penurunan kekuatan beton. Penurunan kekuatan beton diakibatkan penambahan limbah pecahan beton. Kurva diatas menunjukkan kuat tarik belah beton tertinggi terdapat pada variasi 15% yaitu 3,318. Pada penambahan setiap variasi limbah beton akan mempengaruhi beton.

Pada gambar 4.4 kuat tarik belah beton dengan fas 0,5 juga mengalami penurunan kekuatan beton. Akan tetapi pada fas 0,5 mengalami penurunan yang

lebih besar dibandingkan dengan fas 0,3. Kuat tarik belah beton tertinggi terdapat pada variasi 15% yaitu 1,918.



Gambar 4.5 kurva hubungan FAS-kuat tarik belah beton

Sumber : Hasil Penelitian 2018

Hubungan FAS dengan kuat tarik belah beton dapat dilihat pada gambar 4.5 diatas. Dari grafik menunjukkan pengaruh fas terhadap kuat tarik belah beton, semakin kecil nilai fas maka nilai kuat tariknya akan semakin besar akan tetapi mempengaruhi proses pengerjaan beton dan sebaliknya semakin besar nilai fas maka nilai kuat tariknya akan semakin menurun akan tetapi mempermudah dalam pengerjaan beton.

Dari penelitian ini dapat diketahui, penggunaan limbah beton sebagai bahan pengganti sebagian agregat kasar memenuhi kekuatan beton yang ditentukan. Akan tetapi kekuatan beton itu sendiri tidak lepas dari pengaruh factor air semen. Oleh karena itu hubungan dari keduanya sangat erat seperti yang telah dibahas di penelian ini dan dapat dilihat pada gambar 4.5 di atas.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan limbah pecahan beton mengakibatkan penurunan kekuatan beton pada setiap penambahan variasi limbah pecahan beton.
2. Pada penambahan setiap variasi limbah pecahan dengan FAS 0,3 dan 0,5 masih memenuhi nilai kuat tarik belah beton yang direncanakan
3. Limbah pecahan beton yang dapat digunakan sebagai pengganti sebagian dari agregat kasar yaitu sekitar 15% - 30% dengan menggunakan FAS 0,3.
4. Semakin besar nilai FAS maka semakin lemah atau berkurang kekuatan beton dan sebaliknya semakin kecil nilai FAS maka semakin kuat kekuatan beton yang didapat.
5. Semakin besar nilai FAS maka semakin mudah dalam pengerjaan beton dan sebaliknya semakin kecil nilai FAS maka semakin sulit dalam pengerjaan beton.
6. Nilai slump yang didapat dengan penambahan limbah pecahan beton sesuai dengan nilai slump yang direncanakan.

#### 5.2 Saran

Saran yang dapat penulis berikan setelah melihat hasil dan hambatan-hambatan yang dilalui dalam penelitian ini adalah :

1. Perlu kiranya diteliti nilai kuat tekan beton dengan limbah pecahan beton sebagai pengganti sebagian agregat kasar

2. Untuk peneliti selanjutnya dapat membuat hubungan atau membandingkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton.
3. Penambahan zat aditif dalam campuran beton yang dapat memperkuat beton atau menambah kekuatan beton dapat dibuat dalam penelitian lanjutan dari penelitian ini.
4. Melakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan limbah beton dengan mutu tertentu agar hasil yang didapatkan dapat lebih terkontrol.
5. Melakukan penelitian lanjutan terhadap pola retak pada benda uji.



## DAFTAR PUSTAKA

- Aji, Pujo & Rahmat Purwono. 2010, "*Pengendalian Mutu Beton*", itspress Surabaya.
- Anonim, 2002, "*Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Spesimen Beton Silinder*" SK SNI 2491-2014, Badan Standar Nasional (BSN).
- Anonim, 2000, "*Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*" SK SNI 03-2834-2000, Badan Standar Nasional (BSN).
- Bardoso H & Bernardinus Herbuniman. "*Pemanfaatan Beton Daur Ulang Sebagai Substitusi Agregat Kasar Pada Beton Mutu Tinggi*", Bandung: Fakultas Teknik Institut Teknologi Nasional, 2010.
- Muliyono, Tri. 2003, "*Teknologi Beton*", Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Nugraha. P, Antoni. 2007, "*Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, Beton kinerja Tinggi*", Penerbit Andi, Surabaya.
- Soelarso dkk. 2016. "*Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Beton Normal Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas*", Banten: Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Tjokrodinuljo, K. 2012. "*Teknologi Beton*", penerbit KMTS FT UGM.

## ANALISA AYAKAN AGREGAT HALUS UNTUK MATERIAL BETON

Nama : Sonia S Munthe

NPM : 148110077

Material : Pasir (Agregat Halus)

Tanggal :

Berat fraksi tertahan						
Diameter ayakan (mm)	Sampel I (gr)	Sampel II (gr)	Berat total	Berat tertahan (%)	Kumulatif tertahan (%)	Kumulatif lolos (%)
9,5	0	0	0	0	0	100
4,75	44	53	97	4,85	4,85	95,15
2,36	72	83	155	7,75	12,60	87,40
1,18	124	134	258	12,90	25,50	74,50
0,6	283	280	563	28,15	53,65	46,35
0,3	317	303	620	31	84,65	15,35
0,15	112	107	219	10,95	95,60	4,40
Pan	48	40	88	4,40	100	0
Total	1000	1000	2000	100		

$$\text{Fineness modulus (FM)} = \frac{276,85}{100} = 2,77$$

1. Pasir halus =  $2,20 < FM \leq 2,60$
2. Pasir sedang =  $2,60 < FM \leq 2,90$
3. Pasir kasar =  $2,90 < FM \leq 3,20$

# PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN ABSORBSI

## AGREGAT HALUS UNTUK

### MATERIAL BETON

Nama : Sonia S Munthe

NPM : 148110077

Material : Pasir (Agregat Halus)

Tanggal :

		Sample I (gr)	Sample II (gr)	Rata-rata (gr)
Berat agregat dalam keadaan SSD	(B)	1250	1250	1250
Berat agregat dalam air	(C)	766	768	767
Berat kering oven	(A)	1228	1226	1227
Berat jenis kering	$= \frac{A}{(B - C)}$	2,54	2,54	2,54
Berat jenis SSD	$= \frac{B}{(B - C)}$	2,58	2,59	2,59
Berat jenis semu	$= \frac{A}{(A - C)}$	2,66	2,66	2,66
Absorpsi %	$= \frac{(B - A) \times 100}{A}$	1,79	1,96	1,87

**PEMERIKSAAN BERAT ISI AGREGAT HALUS**  
**UNTUK MATERIAL BETON**

Nama : Sonia S Munthe

NPM : 148110077

Material : Pasir (Agregat Halus)

Tanggal :

		Agregat halus	
		Cara longgar (gr)	Cara merojok (gr)
Berat mould	W1	3,345	3,345
Berat mould + benda uji	W2	6,630	7,800
Berat benda	$W3=w2-w1$	3,285	4,455
Berat mould + air	W4	7,290	7,290
Berat air/volume mould	$V=w4-w1$	3,945	3,945
Berat isi agregat	$W3/V$ (kg/Lt)	1,232	1,329

**PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR PASIR UNTUK  
MATERIAL BETON**

Nama : Sonia S Munthe

NPM : 148110077

Material : Pasir (Agregat Halus)

Tanggal :

		Berat contoh (gram)	
		Sample I	Sample II
Berat benda uji mula-mula (Sebelum dicuci)	(A)	500	500
Berat benda uji tertahan saringan no. 200 (setelah dicuci)	(B)	488	486
Kadar lumpur	$\frac{A - B}{A} \times 100\%$	2,4	2,8
Kadar lumpur rata-rata (%)			2,6

**PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN AGREGAT**  
**KASAR UNTUK MATERIAL BETON**

Nama : Sonia S Munthe

NPM : 148110077

Material : Kerikil Pasir (Agregat Kasar)

Tanggal :

Ukuran lubang ayakan (mm)	Berat fraksi tertahan				Komulatif	
	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Barat total (gr)	%	Tertahan %	Lolos %
38,1	0	0	0	0	0	100,00
19,1	621	551	1172	29,3	29,3	70,7
9,52	1059	1190	2249	56,225	85,525	14,475
4,76	272	238	510	12,75	98,275	1,725
2,36	0	0	0	0	98,275	1,725
1,19	0	0	0	0	98,275	1,725
0,60	0	0	0	0	98,275	1,725
0,30	0	0	0	0	98,275	1,725
0,15	0	0	0	0	98,275	1,725
PAN	48	21	69	1,725	100	0,00
Total	2000	2000	4000	100		

**PEMERIKSAAN BERAT ISI AGREGAT KASAR**  
**UNTUK MATERIAL BETON**

Nama : Sonia S Munthe

NPM : 148110077

Material : Kerikil Pasir (Agregat Kasar)

Tanggal :

Agregat Kasar			
		Cara longgar (gr)	Cara merojok (gr)
Berat mould	W1	7,35	7,35
Berat mould + benda uji	W2	20,41	21,85
Berat benda	$W3=w2-w1$	13,06	14,5
Berat mould + air	W4	14,869	14,869
Berat air/volume mould	$V=w4-w1$	7,519	7,519
Berat isi agregat	$W3/V$ (kg/Lt)	1,737	1,928

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN ABSORBSI AGREGAT  
KASAR UNTUK MATERIAL BETON**

Nama : Sonia S Munthe

NPM : 148110077

Material : Kerikil Pasir (Agregat Kasar)

Tanggal :

		Sample I (gr)	Sample II (gr)	Rata-rata (gr)
Berat agregat dalam keadaan SSD	(B)	1000	1000	1000
Berat agregat dalam air	(C)	671	665	668
Berat kering oven	(A)	996	994	995
Berat jenis kering	$= \frac{A}{(B - C)}$	3,027	2,967	2,997
Berat jenis SSD	$= \frac{B}{(B - C)}$	3,039	2,985	3,012
Berat jenis semu	$= \frac{A}{(A - C)}$	3,064	3,021	3,042
Absorpsi %	$= \frac{(B - A) \times 100}{A}$	0,401	0,603	0,501

**PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR AGREGAT KASAR**  
**UNTUK MATERIAL BETON**

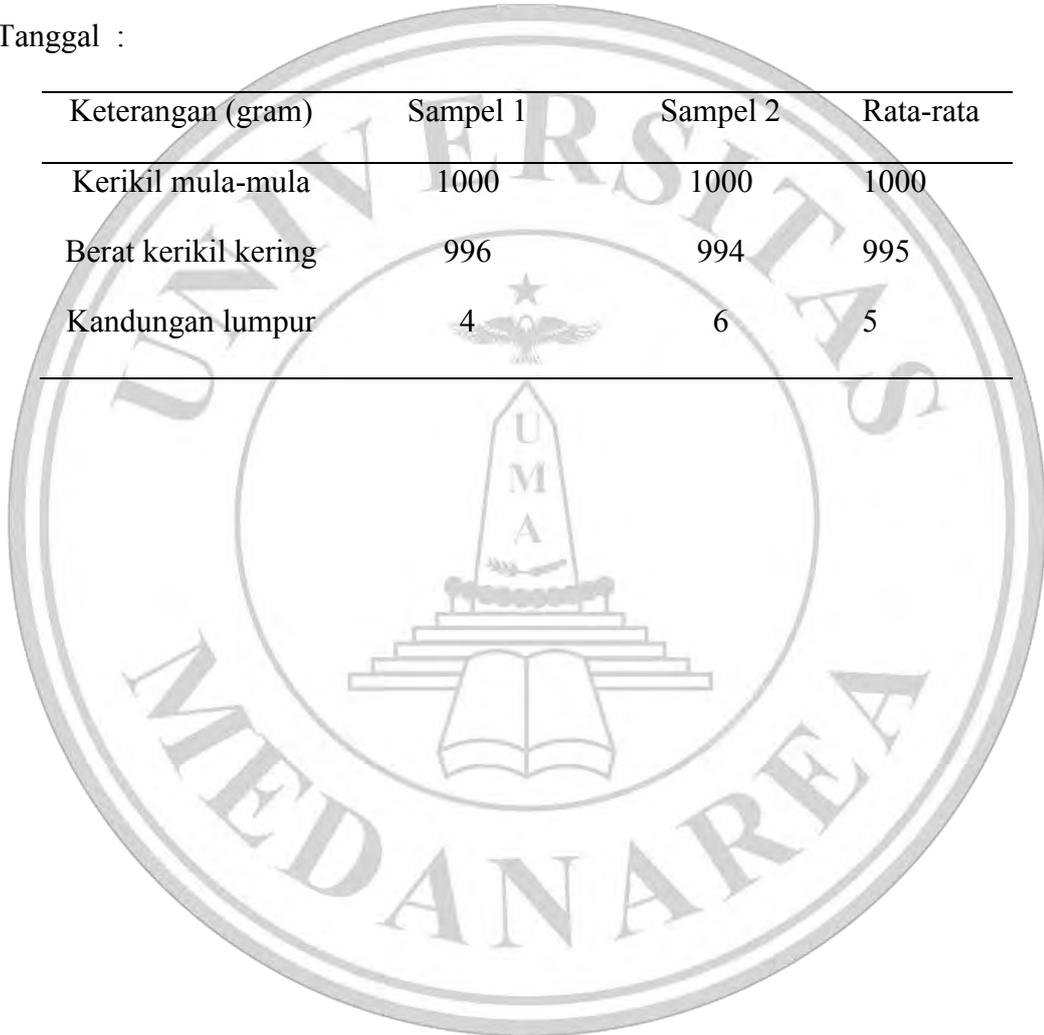
Nama : Sonia S Munthe

NPM : 148110077

Material : Kerikil Pasir (Agregat Kasar)

Tanggal :

Keterangan (gram)	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Kerikil mula-mula	1000	1000	1000
Berat kerikil kering	996	994	995
Kandungan lumpur	4	6	5



**PEMERIKSAAN WKTU IKAT SEMEN**  
**UNTUK MATERIAL BETON**

Nama : Sonia S Munthe

NPM : 148110077

No. test	Waktu penurunan	Penurunan	Keterangan waktu
	Air (menit)	(mm)	pencatatan
1	15	2	10.20
2	30	9	10.35
3	45	7	10.50
4	60	5	11.05
5	75	1	11.20
6	90	0,5	11.35
7	105	0,1	11.50
8	120	0	12.05

## ALAT DAN BAHAN



Oven



Saringan untuk kerikil



Timbangan



Saringan untuk pasir



Bejana



Sekop kecil



Rojokan



Kerucut untuk uji slump



Mixer



Mesin penggetar (Electric shieve shaker)



Rudelloff



Ayakan Pasir



Molen



Kerikil



Cetakan silinder



Pasir



Semen



Proses pengayakan pasir



Limbah pecahan beton



Persiapan bahan-bahan untuk di cor



Pembersihan molen dan memasukkan agregat ke dalam molen



Proses pengecoran bahan-bahan



Proses pengecoran



Memasukkan hasil pengecoran ke dalam kerucut dan sambil di rojok



Uji slump beton



Beton yang selesai dimasukkan ke dalam cetakan



Memasukkan beton ke dalam cetakan silinder



Beton yang telah kering dan dapat dilepas dari cetakan



Proses pembukaan cetakan



Silinder beton diletakkan ke dalam perendaman



Silinder yang telah di buka dari cetakan



Beton yang telah di angkat dari dalam perendaman



Benda uji ditimbang terlebih dahulu sebelum di uji



Pembacaan nilai kuat tarik belah beton



Proses pengujian benda uji silinder



Pola retak yang diakibatkan saat pengujian kuat tarik belah beton



Benda uji yang telah selesai di uji

Hasil pengujian

