



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PEMANFAATAN LIMBAH BOTOL PLASTIK  
JENIS PET ( *POLY ETHYLENE TEREPHTHALATE* ) UNTUK  
AGREGAT KASAR PEMBUATAN *PAVING BLOCK***

**TESIS**

**R. AGUS MURDIYOTO  
NPM : 0906576321**

**PROGRAM PASCASARJANA  
PROGRAM STUDI ILMU MATERIAL  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS INDONESIA  
JAKARTA  
JULI 2011**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PEMANFAATAN LIMBAH BOTOL PLASTIK  
JENIS PET ( *POLY ETHYLENE TEREPHTHALATE* ) UNTUK  
AGREGAT KASAR PEMBUATAN *PAVING BLOCK***

**TESIS**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains

**R. AGUS MURDIYOTO  
NPM : 0906576321**

**PROGRAM PASCASARJANA  
PROGRAM STUDI ILMU MATERIAL  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS INDONESIA  
JAKARTA  
JULI 2011**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : R. Agus Murdiyoto

NPM : 0906576321

Tanda Tangan :



Tanggal : 2 Juli 2011

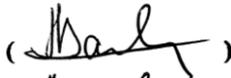
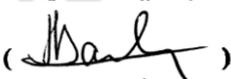
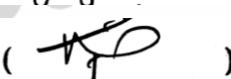
## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh

Nama : R. Agus Murdiyoto  
NPM : 0906576321  
Program Studi : Ilmu Material  
Judul Tesis : Pemanfaatan limbah botol plastik jenis PET ( *Poly Ethylene Terephthalate* ) untuk agregat kasar pembuatan *paving block*

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Pascasarjana Ilmu Material, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia**

### DEWAN PENGUJI

Ketua	: Dr. Bambang Soegijono	(  )
Sekretaris / Pembimbing	: Dr. Bambang Soegijono	(  )
Penguji I	: Dr. Muhammad Hikam	(  )
Penguji II	: Dr. Budhy Kurniawan	(  )
Penguji III	: Dr. Azwar Manaf, M.Met	(  )

Ditetapkan di : Jakarta  
Tanggal : 2 Juli 2011

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat ALLAH SWT, karena atas berkah dan rahmat-Nya, kami dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Sain pada Program Studi Ilmu Material ,Program Pasca Sarjana, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Kami menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai dengan penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi kami untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, kami ucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Bambang Soegijono, selaku dosen pembimbing dan sekaligus sebagai Ketua Program Studi yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan kami dalam menyusun tesis serta memberikan fasilitas untuk penyelesaian tesis ini.
2. Bapak Dr. Muhammad Hikam selaku penguji I
3. Bapak Dr. Budhy Kurniawan selaku penguji II
4. Bapak Dr. Azwar Manaf, M.Met selaku penguji III
5. Staf Tata Usaha Program Studi Ilmu Material yang telah memberikan bantuan dan kemudahan, terutama dalam pengurusan administrasi
6. Teman-teman seangkatan yang selalu memberikan bantuannya dengan ikhlas pada saat penyusunan tesis ini.

Ucapan terima kasih ini juga penulis sampaikan kepada semua pihak yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini. Semoga amal dan budi baik yang diberikan mendapat balasan kebaikan dan keberkahan dari ALLAH SWT.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan tesis ini, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak demi sempurnanya tesis ini.

Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi pengembangan dunia ilmu pengetahuan dan teknologi, terutama teknologi terapan.

Jakarta, 2 Juli 2011

Penulis



## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : R. Agus Murdiyoto  
NPM : 0906576321  
Program Studi : Ilmu Material  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis karya : Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“ Pemanfaatan limbah botol plastik jenis PET ( *Poly Ethylene Terephthalate* ) untuk agregat kasar pembuatan *paving block* ”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian persyaratan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta  
Pada tanggal : 2 Juli 2011  
Yang menyatakan



(R. Agus Murdiyoto)

## ABSTRAK

Nama : R. Agus Murdiyoto  
Program Studi : Ilmu Material  
Judul : Pemanfaatan limbah botol plastik jenis PET ( *Poly Ethylene Terephthalate* ) untuk agregat kasar pembuatan *paving block*

Pembuatan *paving block* pada umumnya terdiri dari Portland Semen, Pasir dan air dengan perbandingan tertentu. Pada penelitian ini penulis menambahkan agregat kasar yang berasal dari limbah botol plastik jenis PET yang dipanaskan pada suhu 220°C dan kemudian dicetak dan dibentuk seperti layaknya agregat kasar.

Hasil pengujian agregat kasar menunjukkan bahwa agregat tersebut diklasifikasikan sebagai agregat ringan dengan berat isi lepas sebesar 705,43 kg/m<sup>3</sup> dan berat isi padat sebesar 758,48 kg/m<sup>3</sup>.

Komposisi bahan pembuat *paving block* adalah 1 bagian PC dengan 4 bagian Pasir dan 0,4 bagian Air. Dengan komposisi agregat kasar sebesar 0% , 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% terhadap berat pasir dan merupakan substitusi berat pasir pada pembuatan *paving block* didapat hasil bahwa penambahan agregat kasar akan menambah kekuatan tekan *paving block* itu sendiri. Paving block tanpa bahan tambah kekuatan tekan rata-rata sebesar 86,91 kg/cm<sup>2</sup> dan diklasifikasikan sebagai *paving block* kelas mutu D yang dapat digunakan untuk taman dan penggunaan lainnya. Dengan penambahan agregat kasar sebesar 15% nilai rata-rata kuat tekannya menjadi maksimum yaitu sebesar 132,73 kg/cm<sup>2</sup> dan diklasifikasikan sebagai *paving block* kelas mutu C yang dapat digunakan untuk pejalan kaki. Penambahan agregat kasar lebih besar dari 15 % kuat tekan rata-ratanya akan mengalami penurunan walaupun masih lebih besar dari *paving balock* tanpa agregat kasar. Kenaikan kuat tekan *paving block* yang menggunakan agregat kasar disebabkan bahan tambah agregat kasar bersifat polimer semi kristalin .

Kata kunci: *paving block*, agregat kasar, polimer semi kristalin

## ABSTRACT

Name : R. Agus Murdiyoto  
Study Program : Material Science  
Title : Utilization of plastic bottle waste of PET (Poly Ethylene Terephthalate) type as coarse aggregate for making paving blocks

Paving blocks generally consist of Portland Cement, sand and water mixed together with a certain ratio. In this research the writer uses coarse aggregate derived from plastic bottle waste of PET type which is heated at a temperature of 220<sup>0</sup> C, then molded and shaped like usual coarse aggregate.

Test results on the coarse aggregate indicate that the coarse aggregate is classified as a lightweight aggregate with a density of 758.48 kg/m<sup>3</sup> and a loose density of 705.43 kg/m<sup>3</sup>.

The composition of the materials for the paving block is one part of PC, 4 parts of sand and 0.4 part of water. With coarse aggregate composition of 0%, 10%, 15%, 20%, 25% and 30% to the weight of sand and coarse aggregate which serves as substitution of sand weight in making paving blocks the writer obtains the result that the addition of coarse aggregate will increase the compressive strength of paving blocks. Paving blocks without additional materials have an average compressive strength of 86.91 kg/cm<sup>2</sup> and are classified as paving blocks of D quality class which can be used for parks and others. With an addition of coarse aggregate by 15% the average compressive strength increases to maximum by 132.73 kg/cm<sup>2</sup> and these paving blocks are classified as C quality class which can be used for pedestrians. With an addition of coarse aggregate which is greater than 15% the average compressive strength will decrease, although the average compressive strength is still higher than that of paving blocks without coarse aggregate. The increase in compressive strength of paving blocks using coarse aggregate derived from plastic bottle waste of PET type is due to additional material of coarse aggregate is semi-crystalline polymer.

Key words: paving block, coarse aggregate, semi-crystalline polymers

## DAFTAR ISI

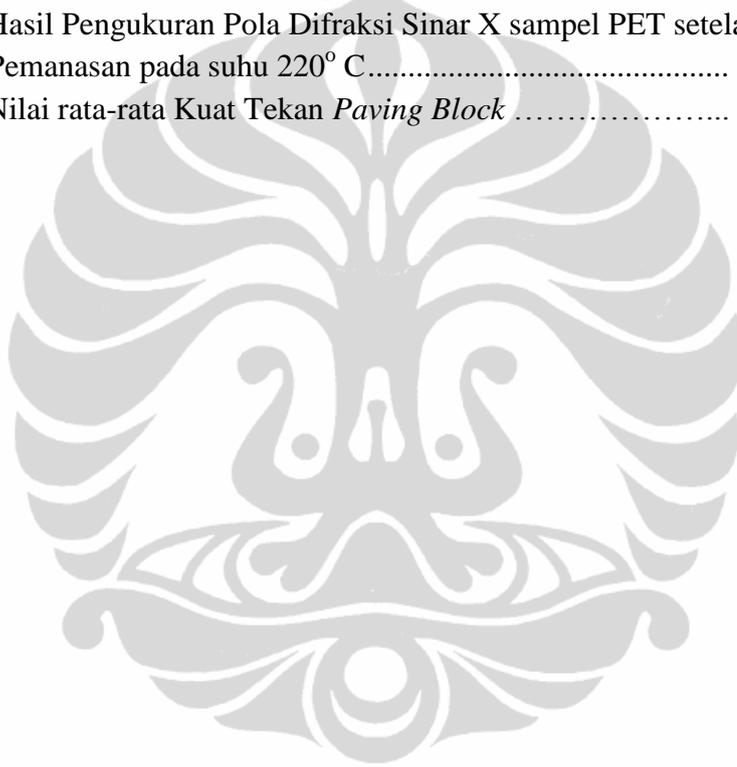
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3. Hipotesa.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Sistematika Penulisan .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Semen Portland.....	4
2.2 Agregat .....	5
2.3 Air .....	13
2.4 Polyethylene Terephthalate .....	13
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>15</b>
3.1 Tempat Penelitian .....	15
3.2 Bahan dan Alur Penelitian.....	15
3.3 Pengujian Bahan Pembentuk <i>Paving block</i> .....	17
3.3.1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.....	17
3.3.2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.....	18
3.3.3. Pengujian Berat Isi Agregat.....	19
3.3.4. Pengujian Analisa Ayak .....	20
3.3.5. Pengujian Kadar Lumpur .....	20
3.3.6. Pengujian Kadar Air Agregat .....	21
3.3.7. Pengujian Kadar Organik .....	22
3.3.8. Pengujian Keausan Agregat.....	22
3.3.9. X-Ray Deffraction (XRD) .....	23
3.3.10. Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> .....	24
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>26</b>
4.1 Pendahuluan.....	26
4.2. Data dan Analisa Pengujian Material .....	26
4.2.1. Agregat Halus .....	26
4.2.2. Pengujian Agregat Kasar.....	31
4.2.3. Pengujian dengan alat XRD.....	35
4.2.4. Pengujian Kuat Tekan .....	37

<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>	<b>41</b>
5.1. Kesimpulan .....	41
5.2. Saran .....	42
<b>DAFTAR ACUAN.....</b>	<b>43</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Diagram Alir Pelaksanaan Pengujian .....	16
Gambar 3.2. Mesin Uji Tekan Beton/ <i>Paving Block</i> .....	25
Gambar 4.1. Hasil Analisa Ayak Agregat Halus.....	29
Gambar 4.2 Hasil Analisa Ayak Agregat Kasar .....	34
Gambar 4.3. Grafik hubungan Keausan Agregat dengan kuat Tekan Batuan Induk .....	35
Gambar 4.4. Pola Difraksi Sinar X sampel PET .....	36
Gambar 4.5. Hasil Pengukuran Pola Difraksi Sinar X sampel PET setelah Pemanasan pada suhu 220° C.....	37
Gambar 4.6. Nilai rata-rata Kuat Tekan <i>Paving Block</i> .....	39



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kuat tekan Paving Block.....	4
Tabel 2.2. Gradasi Agregat kasar.....	10
Tabel 2.3. Gradasi Agregat Halus .....	11
Tabel 3.1. Bahan Penelitian.....	15
Table 4.1. Data Uji BJ dan Penyerapan Air Agregat Halus .....	26
Tabel 4.2. Hasil Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Halus .....	27
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus .....	28
Tabel 4.4 Data Hasil Uji Analisa Ayak Agregat Halus.....	28
Table 4.5 Data Hasil Uji Kadar Lumpur Agregat Halus .....	30
Table 4.6 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus .....	30
Table 4.7 Data Uji BJ dan Penyerapan Air Agregat Kasar.....	31
Table 4.8. Hasil Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Kasar.....	32
Tabel 4.9. Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar .....	32
Tabel 4.10 Data Hasil Uji Analisa Ayak Agregat Kasar.....	33
Table 4.11 Hasil Pengujian Kekerasan / Keausan Agregat Kasar .....	34
Table 4.12. Kuat Tekan <i>Paving Block</i> .....	37
Table 4.13 Kuat Tekan Rata-Rata <i>Paving Block</i> .....	38
Table 4.14. Hasil Rekapitulasi Pengujian Agregat .....	40
Table 4.15 Hasil Rekapitulasi Pengujian <i>Paving Block</i> .....	40

# B A B I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Paving block* merupakan salah satu elemen bahan bangunan yang banyak digunakan sebagai pelapis perkerasan jalan . Pada umumnya dipakai untuk perkerasan halaman , tempat parkir atau untuk jalan lingkungan . Di masa yang akan datang, tidak menutup kemungkinan *paving block* digunakan untuk lapangan parkir di pelabuhan atau untuk jalan menuju pelabuhan. Untuk maksud tersebut diatas *paving block* harus memenuhi kualitas sebagai bahan bangunan yang akan digunakan sebagai pelapis perkerasan jalan. Salah satu karakteristik kualitas yang harus dimiliki *paving block* adalah kekuatan tekan .Kualitas *paving block* akan semakin baik jika memiliki kuat tekan yang semakin tinggi.

*Paving block* terbuat dari campuran semen portland, agregat dan air dengan atau tanpa bahan tambah lainnya yang tidak mengurangi mutu *paving block* tersebut. Agregat yang biasa digunakan adalah agregat halus (pasir) , namun adakalanya digunakan juga agregat kasar (kerikil) dengan ukuran / diameter kecil.

Botol plastik jenis PET ( *Poly Ethylene Terephthalate* ) merupakan limbah plastik yang tidak dapat diurai oleh tanah sehingga keberadaannya sangat mengganggu lingkungan sekitarnya. Pemanfaatan limbah botol plastik yang dapat merubah bentuknya sangat diharapkan oleh masyarakat, sehingga keberadaannya tidak mengganggu lingkungan lagi. Salah satu pemanfaatan limbah botol plastik khususnya yang berlogo PET adalah merubah bentuknya menjadi agregat kasar yang dikategorikan sebagai agregat ringan dan digunakan untuk beton ringan sebagaimana yang telah dilakukan oleh Ir Pratikto,MSi dari Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta tahun 2010.Pada penelitian tersebut penambahan agregat ringan buatan dapat meningkatkan kekuatannya.

Pada kesempatan ini penulis akan menambahkan agregat ringan buatan yang berasal dari limbah botol plastik berlogo PET ini pada pembuatan *paving block*. Dengan menambahkan agregat buatan dari limbah botol plastik , diharapkan dapat meningkatkan kekuatan tekan dari *paving block* itu sendiri. Banyaknya agregat buatan dari limbah botol plastik untuk *paving block* ini didasarkan pada perbandingan ( prosentase ) terhadap banyaknya agregat halus (pasir) yang ada pada *paving block* tersebut. Perbandingan antara agregat kasar yang berasal dari pengolahan limbah botol plastik

dengan agregat halus ( sebagai substitusi agregat halus ) adalah : 10% ; 15% ; 20% ; 25% dan 30%

## 1.2 Perumusan Masalah

Limbah plastik merupakan limbah yang tidak dapat diurai oleh tanah sehingga keberadaannya sangat mengganggu lingkungan sekitarnya. Berbagai cara diusahakan oleh manusia untuk merubah limbah plastik menjadi hal yang bermanfaat , mulai dari mendaur ulang limbah plastik sampai memanfaatkan limbah plastik untuk campuran bahan bangunan. Salah satu yang akan dibahas pada penulisan ini adalah pemanfaatan limbah botol plastik khususnya yang berlogo PET dengan merubah bentuknya menjadi agregat kasar yang dikategorikan sebagai agregat ringan yang dapat digunakan untuk beton ringan maupun untuk *paving block*. Namun berapa perbandingan antara agregat halus dan agregat kasar dari limbah botol plastik pada pembuatan *paving block* ini dapat meningkatkan kekuatan tekannya ?.

## 1.3. Hipotesa

Penambahan agregat kasar yang berasal dari limbah botol plastik jenis PET ( *Poly Ethylene Terephthalate* ) akan meningkatkan kekuatan tekan *paving block*.

## 1.4. Tujuan Penelitian

Hal yang dapat dilihat langsung dari pemanfaatan limbah botol plastik ini adalah beratnya yang ringan dan tidak mudah berubah bentuk. Untuk itulah pemanfaatannya sebagai agregat kasar pada pembuatan *paving block* sangat diharapkan. Tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini adalah :

1. Menentukan kuat tekan *paving block* dari beragam perbandingan campuran antara agregat kasar dengan agregat halus ( 0,10 ; 0,15 ; 0,20 ; 0,25 ; 0,30)
2. Menentukan kekuatan tekan optimum *paving block* yang menggunakan variasi perbandingan campuran seperti tersebut di atas

## 1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tesis ini meliputi BAB I hingga BAB V yang mengacu pada pedoman teknis penulisan tugas akhir mahasiswa Universitas

Indonesia sesuai dengan surat Keputusan Rektor Universitas Indonesia No. 628/SK/R/UI/2008.

BAB I merupakan pendahuluan yang terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, sistematika penulisan.

BAB II merupakan tinjauan pustaka yang terdiri dari uraian tentang bahan pembentuk *paving block* seperti agregat halus, semen portland, air dan agregat kasar yang berasal dari limbah botol plastik berlogo PET

Pada BAB III merupakan metodologi penelitian yang meliputi proses pembuatan sampel, pengujian sample ,hingga pengolahan data pengujian.

BAB IV merupakan hasil dan pembahasan. Hasil dan analisa data merupakan hasil interpretasi data yang diperoleh dari hasil karakterisasi sample berdasarkan hipotesis dan dasar teori yang mendukungnya.

BAB V merupakan kesimpulan dan saran. Kesimpulan dan saran adalah intisari dari seluruh kegiatan penelitian yang merupakan jawaban dari permasalahan dan tujuan yang ingin dicapai.

## B A B II TINJAUAN PUSTAKA

*Paving block* menurut SNI 03-0691-1996 didefinisikan sebagai suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu *paving block* itu. Klasifikasi *paving block* adalah sebagai berikut :

- *Paving block* mutu A : digunakan untuk jalan
- *Paving block* mutu B : digunakan untuk pelataran parkir
- *Paving block* mutu C : digunakan untuk pejalan kaki
- *Paving block* mutu D : digunakan untuk taman dan penggunaan lain

Kekuatan tekan masing-masing mutu *paving block* seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 2.1 : Kuat tekan *paving block* ( SNI 03-0691-1996 )

Mutu	Kuat Tekan (MPa)	
	Rata-rata	Minimum
A	40	35
B	20	17
C	15	12,5
D	10	8,5

### 2.1. Semen Portland

Semen portland adalah bahan perekat hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *klinker* (bahan ini terutama dari silikat kalsium yang bersifat hidrolis). Semen hidrolis sendiri adalah semen yang dapat bereaksi dengan air dan menghasilkan benda keras yang stabil dan tidak mudah larut (Wuryati Samekto & Candra Rahmadiyanto, 2001).

#### Klasifikasi Semen Portland

Type semen menurut SNI 15-2094-2004 dan ASTM C-150-2004 adalah sebagai berikut :

- Type I (*Ordinary Portland Cement*) adalah semen yang dipakai untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.
- Type II (*Moderate Sulfat Resistance*) adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat sedang dan panas hidrasi sedang.
- Type III (*High Early Strength*) adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kuat tekan awal yang tinggi.
- Type IV (*Low Heat of Hydration*) adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah, biasanya digunakan untuk struktur beton seperti Dam.
- Type V (*Sulfat Resistance*) adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat yang tinggi

## 2.2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton atau mortar (Wuryati Samekto & Candra Rahmadiyanto, 2001). Agregat (bahan pengisi) di dalam adukan beton menempati kurang lebih 70% dari volume beton / mortar. Oleh karena itu sifat-sifat agregat sangat mempengaruhi sifat-sifat beton / mortar yang dihasilkan.

Sifat yang paling penting dari agregat ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap pengaruh musim dan agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan.

Tujuan penggunaan agregat dalam beton / mortar adalah (Wuryati Samekto & Candra Rahmadiyanto, 2001) :

1. Menghemat pemakaian semen
2. Untuk menghasilkan kekuatan yang besar
3. Untuk mengurangi susut beton / mortar
4. Untuk mendapatkan susunan yang padat pada beton / mortar

5. Untuk mengontrol agar adukan memiliki workability yang baik.

### 2.2.1 Klasifikasi Agregat

#### A. Ditinjau dari sumbernya

Ditinjau dari sumbernya agregat dibagi menjadi dua cara, agregat alam dan agregat buatan.

##### a. Agregat Alam

Agregat alam yaitu agregat yang berasal dari alam tanpa pengolahan terlebih dahulu. Agregat alam pada umumnya menggunakan bahan baku batu alam hasil penghancurannya. Sebagian besar dari agregat yang berasal dari alam materialnya berasal dari batuan padat. Ada tiga jenis batuan yang digunakan sebagai sumber agregat yaitu : (i) batuan beku, (ii) batuan endapan dan (iii) batuan metamorf. Penggolongannya dari tiga jenis batuan ini didasarkan pada proses pembentukan batuan (Concrete Technology)

- **Batuan Beku**

Batuan beku yang digunakan sebagai sumber agregat sangat baik untuk beton, karena sifatnya yang keras, kuat dan padat. Batuan ini cenderung berwarna terang dan gelap. Proses terjadinya batuan beku karena meletusnya gunung berapi, akibat magma yang dikandung berupa lava dan mengadakan kontak dengan udara dan akhirnya membeku.

- **Batuan Endapan**

Batuan yang terjadi karena lapuk (hilang) akibat terkena erosi yang mengakibatkan pelapukan pada batu yang lama kelamaan hancur menjadi butiran-butiran halus dibawa oleh air, diendapkan disuatu tempat yang makin lama makin tebal sehingga membentuk batuan endapan. Kualitas agregat yang berasal dari batuan ini bervariasi tergantung pada proses pembentukan yang terjadi.

- Batuan Metamorf

Batuan induknya berasal dari batuan beku dan batuan endapan yang terjadi akibat tekanan dan suhu yang tinggi.

b. Agregat Buatan

Agregat buatan adalah agregat yang dihasilkan sebagai hasil sampingan atau bahan buangan dari suatu produk tertentu. Contoh agregat buatan adalah: pecahan bata atau potongan batu bata yang tidak dipakai, limbah beton dan limbah plastik termasuk limbah botol plastik yang dibuat mirip dengan bentuk agregat.

**B. Ditinjau dari berat jenisnya**

Ditinjau dari berat jenisnya agregat dibedakan atas tiga macam : agregat normal, agregat ringan dan agregat berat :

- Agregat ringan, jenis agregat ini dipakai untuk menghasilkan beton ringan dengan berat isi tidak lebih dari  $2100 \text{ kg/m}^3$ . Beton yang dibuat dengan agregat ringan mempunyai sifat yang tahan api.
- Agregat normal, jenis agregat ini dapat digunakan untuk tujuan umum dan menghasilkan beton dengan berat isi umum antara  $2100\text{-}2700 \text{ kg/m}^3$ .
- Agregat berat, agregat berat dapat digunakan secara efektif dan ekonomis untuk jenis beton yang harus dapat menahan radiasi sehingga dapat memberi perlindungan sinar x, sinar y dan neutron. Agregat ini dipakai dalam pembuatan beton dengan berat isi tinggi lebih dari  $2700 \text{ kg/m}^3$ .

**C. Ditinjau dari bentuknya**

Bentuk dari agregat sangat penting pada beton karena mempengaruhi *workability* beton. Bentuk dari agregat dipengaruhi oleh jenis batuan dan proses pemecahan batuan. Ditinjau dari bentuknya agregat digolongkan dalam bentuk-bentuk sebagai berikut (Wuryati Samekto & Candra Rahmadiyanto, 2001):

a. Bulat

Umumnya agregat ini berbentuk bulat atau bulat telur. Agregat ini banyak ditemukan disungai atau pantai dan mempunyai rongga udara minimum, ini berarti agregat mempunyai resiko luas permukaan yang kecil, sehingga hanya memerlukan sedikit pasta semen untuk menghasilkan adukan beton yang baik. Tetapi ikatan antar butir-butir menjadi kurang kuat sehingga ikatannya (lekatannya) lemah. Oleh karena itu, agregat seperti ini tidak cocok untuk beton mutu tinggi maupun perkerasan jalan raya.

b. Bersudut

Bentuk ini tidak beraturan, mempunyai sudut-sudut yang tajam dan permukaannya kasar. Agregat ini terbentuk karena pecahan mesin pemecah batu.

c. Pipih

Agregat pipih ialah agregat yang memiliki perbandingan ukuran terlebar dan tertebal pada butiran itu lebih dari tiga ( $T < 1/3 L$ ), biasanya berasal dari batubatuan yang berlapis.

d. Memanjang (lonjong)

Butir agregat dikatakan memanjang (lonjong) jika perbandingan ukuran yang terpanjang (terbesar) dan terlebar lebih dari tiga ( $L < 1/3 P$ ). Butir yang terlalu pipih dan yang terlalu panjang tidak boleh melebihi 20%

#### **D. Ditinjau dari besar butirannya**

Ukuran agregat maksimum yang digunakan untuk beton tergantung pada tujuan penggunaannya. Ukuran agregat maksimum yang biasa digunakan dalam pembuatan beton pada umumnya adalah 5-50 mm. Agregat dibagi menjadi dua kategori berdasarkan ukurannya (ASTM D 8 – 94):

- a. Agregat kasar, ukurannya lebih besar dari 4,75 mm.
- b. Agregat halus, ukurannya lebih kecil dari 4,75 mm.

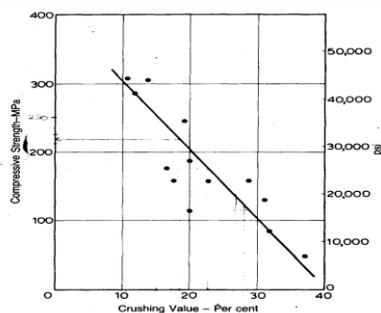
Berdasarkan SK SNI T-15-1990-03 agregat halus untuk beton adalah agregat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir sebesar 5 mm. Sedangkan agregat kasar untuk beton adalah agregat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu dan mempunyai ukuran butir antara 5-40 mm. Besar butir yang direncanakan tergantung pada pemakaian.

### E. Kekuatan Agregat

Kekuatan dari agregat sangat menentukan terhadap kuat tekan beton / mortar yang akan dibuat. Untuk beton struktural dengan kekuatan yang tinggi memerlukan agregat yang keras dan kuat. Kekuatan agregat dapat diuji dengan kuat tekan langsung atau kuat tekan tidak langsung.

Pengujian kuat tekan langsung biasanya benda uji masih berupa batu alam yang belum dipecah, bentuk dari benda uji dibuat kubus ukuran 50 x 50 x 50 mm atau bentuk silinder dengan diameter 50 mm dan tinggi 100 mm, kemudian ditekan dengan mesin tekan, sampai mencapai beban maksimum. Kuat tekannya dinyatakan dengan beban maksimum dibagi dengan luas penampang.

Pengujian kuat tekan tidak langsung, yaitu diuji kekerasannya. Pada umumnya cara ini yang paling banyak digunakan untuk mengetahui kekuatan agregat. Untuk mengetahui kekerasan agregat, menurut standar pengujian yang berlaku di Indonesia adalah dengan ditest abrasi dengan menggunakan alat Los Angelos, atau diuji kuat hancurnya dengan bejana tekanan Rudeloff. Hubungan antara keausan agregat yang diuji dengan bejana british dengan kuat tekan batuan induknya dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



**Grafik 2.1. Hubungan keausan Agregat dengan Kuat Tekan Batuan Induk**

## F. Susunan Besar Butiran (Gradasi)

Gradasi adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Susunan butiran atau gradasi dari agregat akan mempengaruhi kepadatan beton. Agar beton yang dihasilkan memiliki kepadatan yang baik maka, susunan butiran harus bervariasi dari yang besar sampai yang kecil. Untuk mengetahui susunan butiran dapat dilakukan dengan analisa ayak. Syarat susunan butiran di Indonesia diatur dalam SKSNI, Namun sering juga menggunakan syarat susunan butiran berdasarkan ASTM atau British Standard. Menurut Standard tersebut gradasi agregat harus memenuhi syarat seperti tersebut dibawah ini:

### a. Persyaratan gradasi agregat kasar

Syarat susunan butiran menurut BS 882 : 1973 dan ASTM Standard C33 – 74 adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2. :Gradasi Agregat Kasar

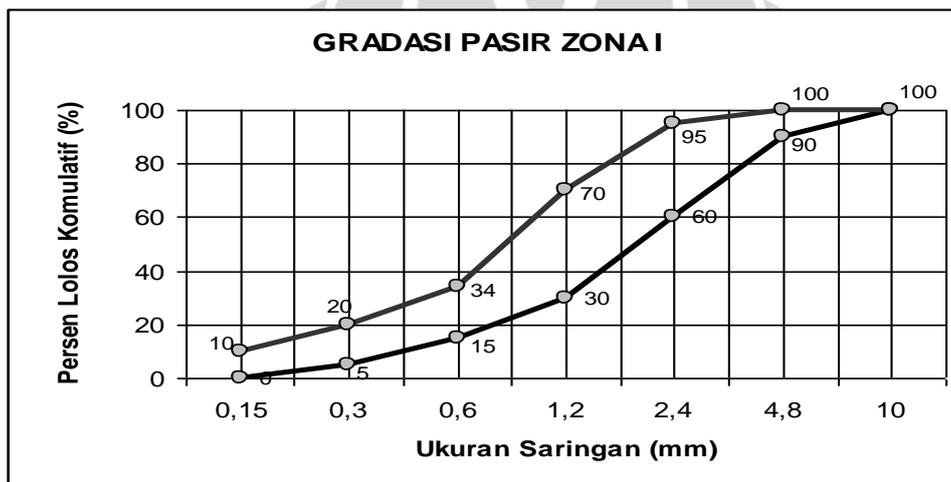
Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan		
	Besar Butir Maksimum		
	40 mm	20 mm	12,5 mm
40	95 -100	100	100
20	30 - 70	95 -100	100
12,5	-	-	90 - 100
10	10 - 35	25 - 55	40 - 85
4,8	0 - 5	0 -10	0 - 10

### b. Persyaratan gradasi agregat halus

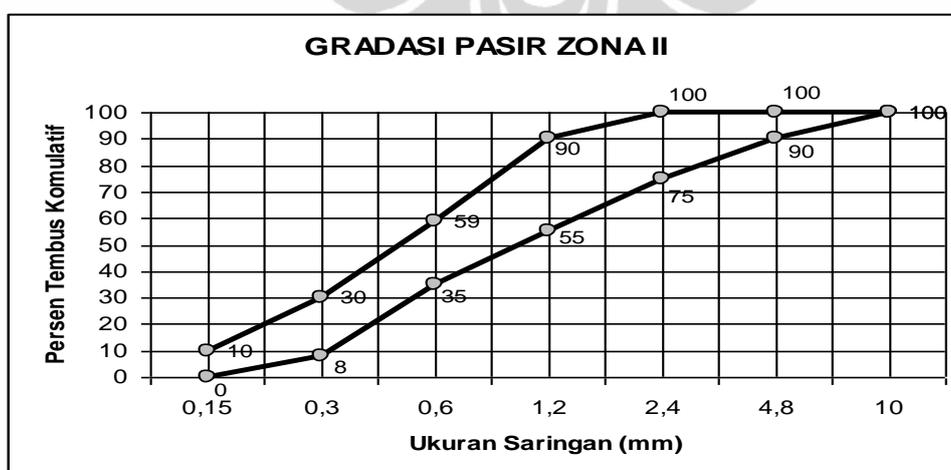
Susunan gradasi agregat halus menurut BS 882 yang juga dipakai di Indonesia saat ini dibagi menjadi 4 zone atau daerah dan ASTM dengan gradasi masing-masing sebagai berikut:

Tabel 2.3 : Gradasi Agregat Halus menurut BS

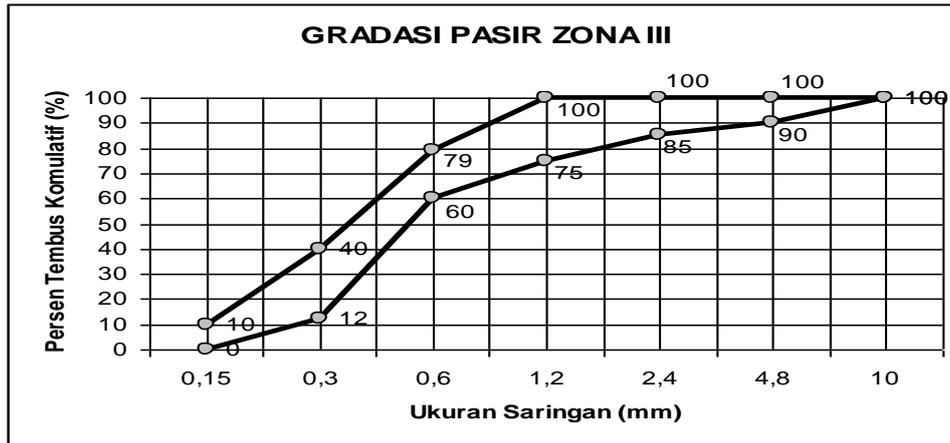
Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir yang Lewat Ayakan			
	Zone I	Zone II	Zone III	Zone IV
10	100	100	100	100
4,8	90 -100	90 -100	90 -100	95 -100
2,4	60 - 95	75 -100	85 -100	95 -100
1,2	30 -70	55 - 90	75 -100	90 -100
0,6	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 -100
0,3	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,15	0 -10	0 -10	0 -10	0 -15



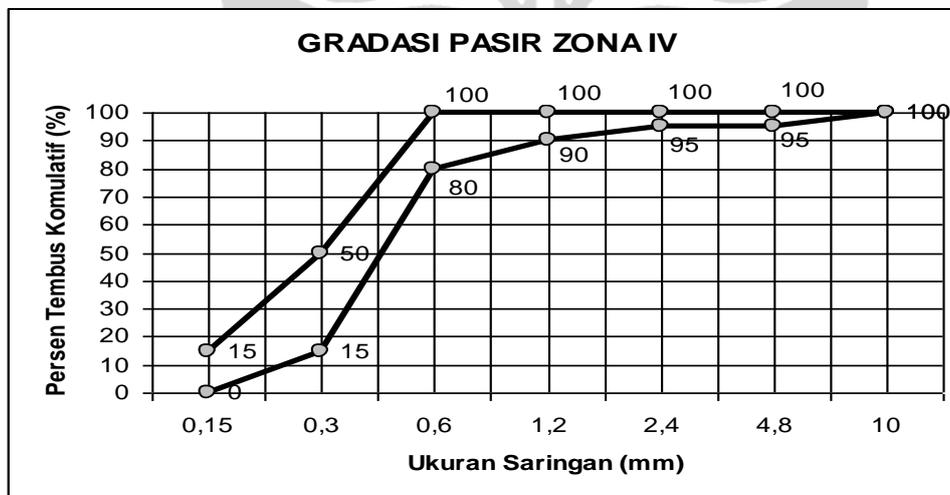
Grafik 2.2. Gradasi Pasir Zone I



Grafik 2.3. Gradasi Pasir Zone II



Grafik 2.4. Gradasi Pasir Zone III



Grafik 2.5. Gradasi Pasir Zone IV

Persyaratan susunan butiran agregat selain ada yang menggunakan persen tertinggal kumulatif dan persen tembus kumulatif ada juga yang menggunakan angka kehalusan (*fineness modulus*). Angka kehalusan adalah jumlah persen tertinggal kumulatif pada tiap-tiap ayakan dari satu seri ayakan yang ukuran lubangnya 2 kali lipat dimulai dari ayakan berukuran 0,15 mm dibagi seratus. Berdasarkan angka kehalusan menurut SK SNI S-04-1989-F agregat kasar memiliki angka kehalusan 6,0-7,10. Sedangkan pada agregat halus memiliki angka kehalusan 1,5-3,8.

### 2.3. Air

Air adalah salah satu bahan yang penting dalam pembuatan beton, air diperlukan agar terjadi reaksi kimia dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas agregat agar mudah dalam pengerjaannya. Air yang umumnya dapat digunakan untuk beton adalah air yang dapat diminum (Tri Mulyono, 2003). Tetapi tidak semua air dapat memenuhi syarat tersebut karena mengandung berbagai macam unsur yang dapat merugikan.

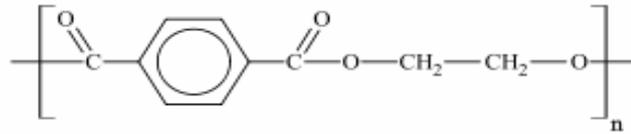
SK SNI S-04-1989-F mensyaratkan air yang dapat digunakan sebagai bahan bangunan sebagai berikut:

1. Air harus bersih
2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
3. Tidak mengandung benda-benda yang tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
4. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter. Kandungan klorida (Cl), tidak lebih dari 500 ppm dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 ppm sebagai  $\text{SO}_3$ .
5. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan dan beton yang memakai air suling, maka penurunan kekuatan adukan dan beton yang memakai air yang diperiksa tidak lebih dari 10%.
6. Semua air yang mutunya meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi mutunya menurut pemakaiannya.
7. Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat tersebut diatas tidak boleh mengandung klorida lebih dari 50 ppm.

### 2.4. Polyethylene Terephthalate

*Polyethylene Terephthalate* (plastik PET atau PETE) adalah polimer jernih dan kuat dengan sifat-sifat penahan gas dan kelembaban. Kemampuan plastik PET untuk menampung karbon dioksida (karbonasi) membuatnya sangat ideal untuk digunakan sebagai botol-botol minuman ringan (bersoda / terkarbonasi).

Rumus molekul PET adalah :



Selain itu plastik PET juga sering digunakan sebagai botol air minum kemasan. Pada kemasan botol air minum terdapat simbol ( logo ) di bagian bawah botol seperti di bawah ini :



Tanda ini merupakan logo daur ulang dengan angka 1 di tengahnya terus ada tulisan PETE atau PET (*Polyethylene Terephthalate*) di bawah segitiga. Dipakai untuk botol plastik, berwarna jernih / transparan / tembus pandang contohnya botol airmineral , botol jus dan hampir semua botol minuman lainnya. Perlu ditekankan untuk botol jenis PET atau PETE dipakai HANYA SEKALI SAJA, karena bila terlalu sering dipakai terlebih sering digunakan untuk menyimpan air hangat maupun panas dapat mengakibatkan lapisan polimer pada botol akan meleleh dan mengeluarkan zat karsinogenik yang dalam jangka panjang dapat menyebabkan kanker. Bagi para pekerja yang berhubungan dengan pengolahan PET ataupun daur ulang plastik PET harus waspada karena di dalam membuat PET terdapat bahan yang disebut antimoni trioksida, bahan Antimoni Trioksida yang dapat masuk ke dalam tubuh melalui sistem pernafasan yaitu akibat menghirup debu yang mengandung senyawa ini. Dalam jangka waktu lama akan mengakibatkan iritasi kulit dan saluran pernafasan. Bagi pekerja wanita senyawa ini dapat meningkatkan masalah menstruasi dan keguguran, bila melahirkan, anak mereka kemungkinan besar akan mengalami pertumbuhan yang lambat hingga usia 12 bulan. Di dunia mayoritas bahan plastik PET untuk serat sintetis (sekitar 60%), di tekstil PET biasa digunakan dengan polyester, bahan dasar botol kemasan 30%.

## B A B III METODE PENELITIAN

### 3.1. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta dan Laboratorium Material Program Pasca Sarjana Ilmu Material FMIPA Universitas Indonesia.

### 3.2. Bahan dan Alur Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini agregat halus , agregat kasar , semen Portland dan air tawar dengan rincian sebagai berikut :

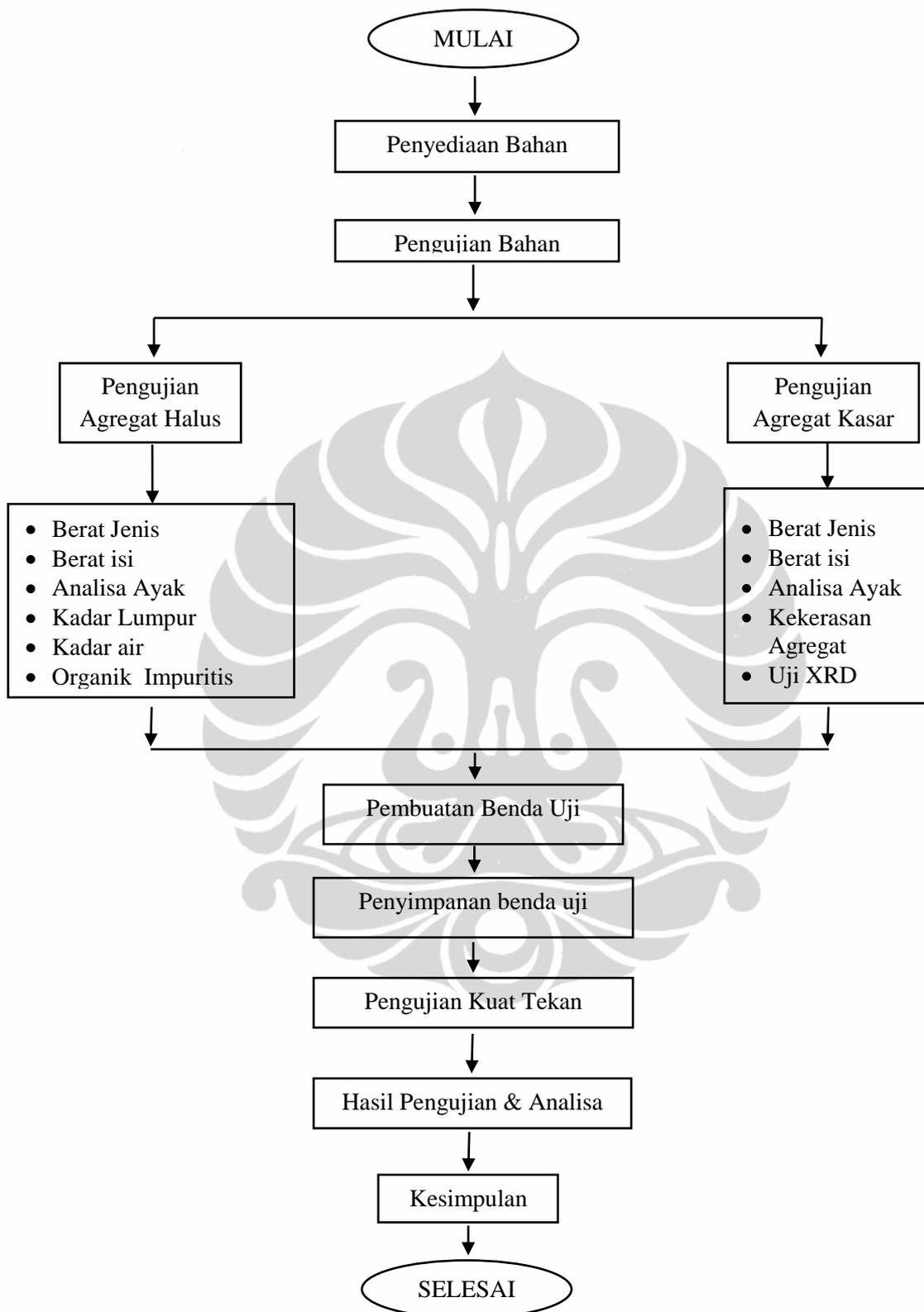
**Tabel 3.1 Bahan Penelitian**

No	Nama Bahan	Asal Bahan	Produk	Keterangan
1	Pasir ( Agregat Halus )	Bogor	Alami	-
2	Agregat Kasar	PET	Buatan	Diproses
3	Semen Portland	PCC	Tiga Roda	-
4	Air Tawar	Lab. Bahan PNJ	PDAM	-

Sumber : Olahan sendiri

Khusus untuk agregat kasar yang berasal dari limbah plastik jenis PET diolah dengan cara dipanaskan pada suhu 220° C sampai cair dan kemudian di cetak dengan cetakan yang lubangnya tidak beraturan . Setelah dingin dibuka dari cetakan dan dipecah sehingga menyerupai agregat kasar alami.

Tahapan yang dilakukan dalam proses penelitian adalah seperti yang terlihat pada Gambar 3.1 :



**Gambar 3.1. Diagram Alir Pelaksanaan Pengujian**

### 3.3. PENGUJIAN BAHAN PEMBENTUK *PAVING BLOCK*

#### 3.3.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

##### 3.3.1.1. Tujuan

Untuk mendapatkan nilai berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus serta mengklasifikasikan jenis agregat halus.

##### 3.3.1.2. Prosedur Pengujian

Benda uji di rendam dalam air pada suhu kamar selama kurang lebih 24 jam. Setelah 24 jam, agregat dikeluarkan dari air dan agregat di keringkan di udara terbuka dengan cara ditebarkan di atas talam dan di bolak-balikkan agregat halus sampai tercapai kondisi jenuh permukaan kering (  $JPK = SSD$  ). Untuk memeriksa keadaan jenuh permukaan kering dengan cara mengisi benda uji ke dalam kerucut terpancung dan dipadatkan dengan tongkat sebanyak 25 kali tusukan, kemudian kerucut diangkat. Kondisi jenuh permukaan kering akan tercapai apabila benda uji lerengnya runtuh tetapi tingginya masih tetap. Setelah itu, benda uji diambil sebanyak kurang lebih 500 gram dan dimasukkan ke dalam picnometer serta dimasukkan air suling sebanyak 90 % dari isi picnometer, kemudian picnometer di putar dan digerak-gerakkan sampai terlihat gelembung udara di dalamnya. Picnometer kemudian di rendam dalam air dan suhu air di ukur untuk penyesuaian perhitungan pada suhu  $25^{\circ}C$ . Setelah itu air ditambahkan sampai batas tertentu. Langkah selanjutnya adalah menimbang picnometer berisi air dan benda ujinya. Setelah itu benda uji dikeluarkan dan dikeringkan dalam oven pada suhu  $110 \pm 5^{\circ}C$  sampai beratnya tetap dan kemudian didinginkan. Benda uji yang sudah di dinginkan ditimbang dan timbang juga picnometer yang penuh berisi air.

##### 3.3.1.3. Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{❖ Berat jenis ssd} &= \frac{B_{ssd}}{B + B_{ssd} - BT} \\ \text{❖ Penyerapan air} &= \frac{B_{ssd} - BK}{BK} \times 100 \% \end{aligned}$$

Dimana :

- B<sub>ssd</sub> : Berat benda uji dalam keadaan jenuh permukaan kering /ssd ( gram )  
 B : Berat picnometer + air  
 B<sub>T</sub> : Berat picnometer + benda uji + air ( gram )  
 B<sub>K</sub> : Berat benda uji kering oven ( gram )

### 3.3.2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

#### 3.3.2.1. Tujuan

Untuk mendapatkan nilai berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar serta mengklasifikasikan jenis agregat kasar.

#### 3.3.2.2. Prosedur Pengujian

Benda uji di rendam dalam air pada suhu kamar selama kurang lebih 24 jam. Setelah direndam 24 jam , agregat dikeluarkan dari air dan di lap dengan kain penyerap air sampai selaput air pada permukaan hilang atau dalam kondisi jenuh permukaan kering. Benda uji ditimbang dalam keadaan jenuh permukaan kering. Kemudian langkah berikutnya, benda uji dimasukkan dalam keranjang, dimasukkan dalam air dan diguncang-guncangkan benda ujinya untuk mengeluarkan gelembung udara yang tersekap dan kemudian ditimbang. Setelah itu agregat dimasukkan dalam oven pada suhu  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  sampai benda uji kering. Setelah itu dikeluarkan dari oven dan didinginkan pada suhu kamar selama 1 sampai 3 jam dan kemudian ditimbang.

#### 3.3.2.3. Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{❖ Berat jenis (SSD)} &= \frac{BJ}{BJ - BA} \\ \text{❖ Penyerapan air} &= \frac{BJ - BK}{BK} \times 100\% \end{aligned}$$

Dimana :

- B<sub>J</sub> : Berat benda uji dalam keadaan jenuh permukaan kering/ssd (gram)  
 B<sub>K</sub> : Berat benda uji kering oven ( gram )  
 B<sub>A</sub> : Berat benda uji dalam air ( gram )

### 3.3.3. Pengujian Berat Isi Agregat

#### 3.3.3.1. Tujuan

Untuk menentukan berat isi lepas dan berat isi padat pada agregat halus maupun agregat kasar.

#### 3.3.3.2. Prosedur Pengujian

##### 3.3.3.4.1. Berat Isi Lepas

Selinder ditimbang dan dicatat beratnya (W1). Agregat dimasukkan ke dalam wadah dengan hati-hati supaya tidak terjadi pemisahan butiran dari ketinggian maksimum 5 cm di atas wadah dengan menggunakan sendok spesi atau sekop kecil sampai penuh. Permukaan benda uji diratakan dengan menggunakan mistar perata dan kemudian ditimbang serta dicatat berat wadah beserta isinya (W2). Setelah itu kemudian dihitung berat benda ujinya ( $W3 = W2 - W1$ ).

##### 3.3.3.4.2. Berat Isi Padat

Selinder ditimbang dan dicatat beratnya (W1). Isilah silinder atau wadah dengan benda uji dalam tiga lapis dengan ketebalan /ketinggian yang sama. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pada pemadatan tongkat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap lapisan. Permukaan benda uji diratakan dengan menggunakan mistar perata dan kemudian ditimbang serta dicatat berat wadah beserta benda ujinya (W4). Setelah itu kemudian dihitung berat benda ujinya ( $W5 = W4 - W1$ ).

#### 3.3.3.3. Perhitungan

$$\diamond \text{ Berat Isi Agregat Lepas} = \frac{W3}{V}$$

$$\diamond \text{ Berat Isi Agregat Padat} = \frac{W5}{V}$$

$$\diamond \text{ Voids} = \left[ \frac{(BJagregat * 0.988) - BeratIsi}{(BJagregat * 0.988)} \right] \times 100\%$$

Dimana:

$W3$  = Berat benda uji dalam kondisi lepas (Kg).

$W_5$  = Berat benda uji dalam kondisi dipadatkan (Kg).

$V$  = Isi wadah atau silinder. Dapat dicari dengan menimbang air dan mengisi silinder sampai penuh. Berat air sama dengan isi wadah.

### **3.3.4. Pengujian Analisa Ayak Agregat**

#### **3.3.4.1. Tujuan**

Untuk menentukan pembagian butir (gradasi agregat halus dan kasar dengan menggunakan saringan).

#### **3.3.4.2. Prosedur Pengujian**

Benda uji dikeringkan di dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ , sampai berat tetap dan kemudian ditimbang sesuai dengan berat yang disyaratkan. Menyusun saringan, dengan menempatkan saringan paling besar dibagian atas dan meletakkan PAN pada bagian bawah. Agregat dimasukkan dari bagian atas dan kemudian di tutup bagian atas saringan dengan penutup saringan. Langkah selanjutnya adalah meletakkan susunan saringan dalam mesin penggetar saringan dan kemudian mesin penggetar saringan dijalankan selama  $\pm 15$  menit. Setelah selesai digetarkan kemudian benda uji (agregat) yang terdapat pada masing-masing saringan ditimbang beratnya.

#### **3.3.4.3. Perhitungan**

Menghitung persentase berat benda uji yang tertahan diatas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.

### **3.3.5. Pengujian Kadar Lumpur**

#### **3.3.5.1. Tujuan**

Untuk mendapatkan nilai kadar lumpur pada agregat halus dan membandingkannya dengan spesifikasi teknis yang ada.

#### **3.3.5.2. Prosedur Pengujian**

Memasukkan benda uji ( agregat halus ) ke dalam talam dan kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai beratnya tetap dan kemudian benda uji di timbang ( $W_1$ ). Benda uji dimasukkan ke dalam wadah dan diberi air pencuci secukupnya sampai benda uji terendam. Guncang guncangkan

wadah dan tuangkan air cucian ke dalam susunan saringan no.16 dan no. 200. Pada waktu menuangkan air cucian usahakan agar bahan kasar tidak ikut tertuang. Masukkan air pencuci baru, dan ulangi pekerjaan diatas sampai air cucian menjadi bersih. Semua bahan yang tertahan diatas saringan no.16 dan no. 200 dikembalikan ke dalam wadah dan kemudian seluruh bahan tersebut dimasukkan ke dalam talam yang telah diketahui beratnya (W2) dan kemudian dikeringkan dalam oven sampai beratnya tetap. Setelah kering benda uji ditimbang dan dicatat beratnya (W3). Berat bahan kering ( agregat halus ) tersebut dihitung dengan rumus  $W4 = W3 - W2$ .

### 3.3.5.3.Perhitungan

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W1 - W4}{W1} \times 100\%$$

## 3.3.6. PENGUJIAN KADAR AIR AGREGAT

### 3.3.6.1.Tujuan

Untuk menentukan kadar air yang terdapat dalam agregat , sehingga dapat ditentukan faktor air semennya ( perbandingan antara air dan semen )

### 3.3.6.2.Prosedur Pengujian

Menimbang dan mencatat berat talam (W1) kemudian memasukkan benda uji ke dalam talam dan ditimbang serta dicatat beratnya (W2). Menghitung berat benda uji ( $W3 = W2 - W1$ ).Benda uji beserta talam dikeringkan dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ , sampai berat tetap.Setelah kering, ditimbang dan dicatat berat benda uji beserta talamnya (W4). Berat benda uji kering adalah  $W5 = W4 - W1$ .

### 3.3.6.3.Perhitungan

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{W3 - W5}{W5} \times 100 \%$$

### **3.3.7. Pengujian Kadar Organik**

#### **3.3.7.1. Tujuan**

Untuk mendapatkan kadar organik agregat halus dan membandingkan kadar organik hasil pengujian dengan standar spesifikasi teknis yang ada

#### **3.3.7.2. Prosedur Pengujian**

Mengisi botol gelas dengan benda uji (agregat halus) sampai mencapai  $\pm$  130 ml dan kemudian menambahkan natrium hidroksida sampai permukaan larutan mencapai  $\pm$  200 ml. Botol ditutup kemudian dikocok dan dibiarkan selama 24 jam. Setelah 24 jam kita bandingkan warna cairan yang terlihat diatas benda uji dengan warna standar.

#### **3.3.7.3. Perhitungan**

Benda uji dinyatakan mengandung zat organik jika setelah 24 jam warna cairan diatas benda uji lebih tua dari warna standar

### **3.3.8. Pengujian Keausan Agregat Kasar**

#### **3.3.8.1. Tujuan**

Untuk mengetahui kekerasan dari agregat kasar, apakah agregat tersebut layak digunakan untuk beton (*paving block*)

#### **3.3.8.2. Prosedur Pengujian**

Agregat kasar disaring dengan saringan 14 mm dan 10 mm, kemudian diambil agregat yang berada diatas saringan 10 mm dan 14 mm sebagai benda uji agregat. Menimbang bejana beserta alasnya ( $W_1$  gram) dan memasukkan benda uji kedalam bejana 10 cm dalam tiga lapisan yang masing-masing lapisan dipadatkan dengan batang baja sebanyak 25 kali (*Tinggi jatuh batang baja tersebut adalah 50 mm di atas permukaan agregat*). Meratakan permukaan agregat dengan mistar perata dan kemudian menimbang berat bejana beserta agregatnya ( $W_2$  gram). Menghitung berat benda uji A yaitu  $W_2 - W_1$  (gram). Meletakkan stempel penekan di atas benda uji, kemudian diletakkan di mesin tekan dan ditekan sampai mencapai 400 KN dalam waktu 10 menit. Setelah tercapai, maka penekanan dihentikan dan kemudian mengeluarkan benda

uji dari dalam bejana. Benda uji disaring dengan saringan 2,36 mm dan kemudian benda uji yang tertahan di atas saringan 2,36 mm ditimbang (B). Menghitung prosentase benda uji yang tertahan diatas saringan 2,36 mm sampai satu desimal.

### 3.3.8.3.Perhitungan

$$\text{Keausan} = \frac{A - B}{A} \times 100 \%$$

Dimana: A = Berat benda uji mula-mula (gram).

B = Berat benda uji tertahan diatas saringan 2,36 mm.

### 3.3.9. X-Ray Diffraction (XRD)

#### 3.3.9.1.Tujuan

Untuk mengetahui apakah bahan limbah botol plastik jenis PET maupun setelah berbentuk agregat kasar berbentuk kristalin atau amorfus

#### 3.3.9.2.Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam pengukuran penelitian ini antara lain adalah XRD yang dimiliki oleh Laboratorium Program Studi Ilmu Material Program Pasca Sarjana FMIPA Universitas Indonesia.

Bahan yang akan diuji terdiri dari 2 (dua) bentuk bahan yaitu

- Limbah botol plastik asli dari jenis PET yang dipotong sesuai spesifikasi yang ada
- Limbah botol plastik jenis PET yang telah dilebur dan dibuat agregat kasar

#### 3.3.9.3.Prosedur Pengujian

Pertama-tama menyiapkan bahan / sampel yang akan diambil datanya. Karena sampel berbentuk padatan maka harus memperhatikan tebal dan diameter sampel agar tidak melebihi batas ruang sampel holder. Membuka ruang sampel, kemudian memasukkan sampel yang akan diambil datanya setelah itu menutup ruang sampel. Menyesuaikan parameter untuk pengambilan data dan memulai pengambilan data. Setelah selesai melakukan pengukuran, langkah selanjutnya

adalah mengambil data dari komputer berupa hardcopy maupun soft copy yang dapat dibuka melalui software EXCEL, IGOR dan lain-lain dalam bentuk ASCII file. Data yang didapat adalah data antara intensitas vs sudut  $2\theta$ .

Data dari hasil pengukuran XRD dimasukkan ke program *Automated Powder Diffraction (APD)*. Hal ini untuk mengubah extension file menjadi .udf. Selanjutnya konversi data udf dimasukkan ke program Match, sehingga di dapat bentuk grafik dengan puncak-puncaknya yang menunjukkan bentuk benda uji kristalin atau amorfus

### 3.3.10. Pengujian Kuat Tekan *Paving block*

Sebelum melakukan pengujian kuat tekan *paving block* dilakukan pembuatan *paving block* ukuran 10 x 20 x 8 cm melalui 2 ( dua ) tahap yaitu tahap I pembuatan agregat kasar dan tahap II pembuatan *paving block*.

Tahap I : Pembuatan agregat kasar dilakukan dengan cara :

1. Pencarian limbah botol plastik berlogo PET
2. Pemotongan botol plastik menjadi bentuk segitiga atau segiempat dengan ukuran kecil
3. Pencairan limbah botol plastik yang telah di potong-potong pada suhu 220°C
4. Pencetakan agregat kasar dengan bentuk dan ukuran yang bervariasi

Tahap II : Pembuatan *paving block* dilakukan dengan cara :

1. Pencetakan *paving block* dengan perbandingan campuran 1 PC : 4 Pasir dengan faktor air semen (W/C rasio) 0,4
2. Pencetakan *paving block* dengan perbandingan campuran 1 PC : 4 Ps : Agregat kasar dengan banyaknya agregat kasar sebagai substitusi agregat halus (pasir) sebesar 0,10 berat pasir ; 0,15 berat pasir ; 0,20 berat pasir : 0,25 dan 0,50 berat pasir, masing-masing 3 buah

### Pengujian *Paving block*

Setelah pencetakan *paving block* selesai dan telah berumur 28 hari , langkah berikutnya adalah melakukan pengujian tekan dengan cara memasang *paving block* di mesin uji tekan seperti gambar berikut :



Gambar 3.2. Mesin uji tekan beton / *paving block*

Kekuatan tekan *paving block* di dapat dari rata-rata kuat tekan 3 *paving block* yang ditekan pada mesin uji tekan. Besarnya kekuatan tekan adalah :

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \text{kg/cm}^2$$

Dimana :

$\sigma$  = kekuatan tekan (  $\text{kg/cm}^2$  )

P = besarnya gaya maksimum yang diterima oleh *paving block* ( kg )

A = luas permukaan *paving block* (  $\text{cm}^2$  )

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1.1. Pendahuluan

Setelah diadakan pengujian di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta dan Laboratorium Ilmu Material Program Pasca Sarjana FMIPA Universitas Indonesia , maka didapatkan hasil pengujian yang disajikan dalam bentuk tabel-tabel yang terdapat pada bab ini. Hasil pengujian-pengujian meliputi:

1. Pengujian Agregat Halus
  - Berat Jenis & Penyerapan Air
  - Berat Isi
  - Analisa Ayak
  - Kadar lumpur agregat
  - Kadar air agregat
  - Organic Impuritis Agregat
2. Pengujian Agregat Kasar
  - Berat Jenis
  - Berat Isi
  - Analisa Ayak
  - Keausan Agregat ( kekerasan agregat )
  - Uji X-Ray Diffraction (XRD)
3. Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

### 4.2. Data dan Analisa Pengujian Material

#### 4.2.1 Agregat Halus

##### 4.2.1.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air

Tabel 4.1. Data Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pemeriksaan	1	2	Rata-rata
Berat Agregat SSD (gram)	500	500	500

Berat Agregat + Air + Piknometer (gram)	1553	1530	1541,5
Berat Agregat Kering Oven (gram)	494,4	495	494,75
Berat piknometer + air (gram)	1245	1218	1231,5
$BJ_{SSD} (B_{SSD}/(B + B_{SSD} - B_T))$	2,61	2,66	2,64
Penyerapan Air (%) $((B_{SSD} - B_K)/B_K \times 100\%)$	1,13	1,01	1,07

### Analisa :

Dari pengujian berat jenis didapat berat jenis kering permukaan SSD sebesar **2,64**. Dengan berat jenis ini maka agregat yang digunakan dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal karena berada diantara **2,2 – 2,7**. Dari data tersebut dapat juga dilihat penyerapan air sebesar **1,07 %**. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering muka sebesar **1,07 %** dari berat kering agregat itu sendiri. Hasil pengujian penyerapan air ini sesuai dengan yang disyaratkan yaitu maksimum **3 %** (SII no 52 tahun 1980).

#### 4.2.1.2 Berat Isi Agregat Halus

##### A. Berat Isi lepas

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Halus

Pemeriksaan	Pengujian	
	1	2
Berat silinder kosong ( $W_1$ kg)	2,195	
Volume Tabung ( $m^3$ )	0,002644	
Berat silinder + agregat ( $W_2$ kg)	5,940	6,152
Berat agregat ( $W_3$ kg)	3,745	3,957
Berat isi lepas = $(W_2 - W_1) / V$	1416,41	1496,60
Berat isi lepas rata-rata ( $kg/m^3$ )	<b>1456,50</b>	
Void (%)	42,53	45,60
Void rata-rata (%)	<b>44,06</b>	

## B. Berat Isi padat

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus

Pemeriksaan	Pengujian	
	1	2
Berat silinder kosong ( $W_1$ kg)	2,195	
Volume Tabung ( $m^3$ )	0,002644	
Berat silinder + agregat ( $W_2$ kg)	6,410	6,410
Berat agregat ( $W_3$ kg)	4,215	4,215
Berat isi padat = $(W_2 - W_1) / V$	1594,18	1594,18
Berat isi padat rata-rata ( $kg/m^3$ )	<b>1594,18</b>	
Void (%)	39,08	39,08
Void rata-rata (%)	<b>39,08</b>	

### Analisa :

Dari pengujian berat isi, didapat berat isi lepas **1456,50  $kg/m^3$**  dan berat isi padat **1594,18  $kg/m^3$** . Hasil pengujian ini sesuai yang disyaratkan yaitu berat isi minimal sebesar  $1200 \text{ kg/m}^3$  (SII 0052 – 80). Dari pengujian ini pula didapat nilai void rata-rata untuk berat isi lepas 44,06% dan nilai void berat isi padat 39,08% . Nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu maksimum 50%.

### 4.2.1.3. Analisa Ayak

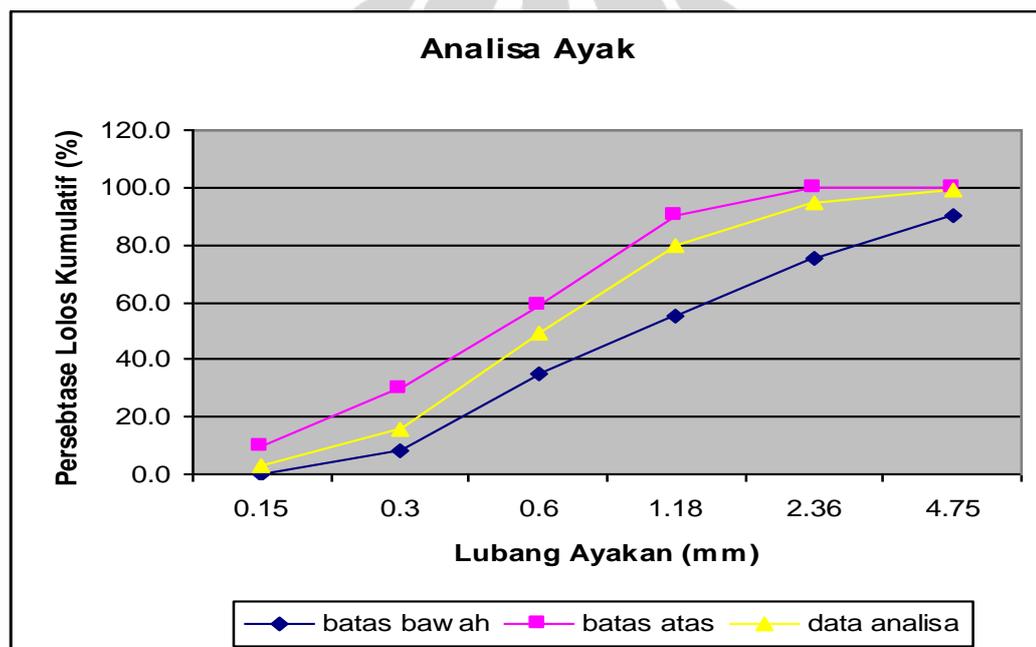
Tabel 4.4 Data Hasil Uji Analisa Ayak Agregat Halus

Lubang Saringan (mm)	Berat Tertahan (gram)	% Berat Tertahan	% Berat Tertahan Kumulatif	% Lolos Kumulatif	Spesifikasi
4.75	8	0.8	0.8	99.2	90-100
2.36	43	4.3	5.1	94.9	75-100
1.18	148	14.8	19.9	80.1	55-90
600	311	31.1	51	49	35-59
300	337	33.7	84.7	15.3	8-30

150	120	12	96.7	3.3	0-10
PAN	33	3.3	100	0	
Jumlah	1000	100	258		

$$FM = \frac{\% \text{Tertahan Komulatif}}{100} = 2,58 \%$$

Gbr 4.1 Hasil Analisa Ayak Agregat Halus



#### Analisa :

Dari hasil pengujian analisis ayak diperoleh modulus kehalusan butir (FM) sebesar **2,58** dan dari grafik gradasi termasuk dalam Zone II (BS 882 : 1973). Hasil pengujian ini sesuai dengan yang disyaratkan karena modulus kehalusan butir (FM) antara 1,5 – 3,8 (SK SNI S -04-1989 - F).

#### 4.2.1.4. Kadar Lumpur

Tabel 4.5 Data Hasil Uji Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengukuran	I	II
W1 gram	100	100
W2 gram	733.5	670
W3 gram	831	767
W4 gram	97.5	97
Kadar Lumpur	<b>2.50</b>	<b>3.00</b>
Kadar Lumpur Rata-Rata (%)	<b>2.75</b>	

#### Analisa :

Kadar lumpur yang didapat dari hasil pengujian yaitu 2.75 % . Hasil ini memenuhi standar yang disyaratkan yaitu lebih kecil dari 5 % (SK SNI S -04-1989 - F). Jadi agregat halus layak digunakan untuk campuran beton maupun *paving block*

#### 4.2.1.5. Kadar Air

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Jenis Pengujian	Pengujian	
	1	2
Berat Agregat Kondisi Asli ( $W_1$ gram)	500	500
Berat Kering Oven ( $W_2$ gram)	485	490
Kadar air ( $(W_1 \text{ gram} - W_2 \text{ gram}) / W_2 \text{ gram} \times 100 \%$ )	3,09	2,04
Kadar Air Rata-Rata (%)	2.57	

#### Analisa :

Dari hasil pengujian kadar air didapat kadar air sebesar **2,57%** . Nilai ini lebih besar dibandingkan dengan penyerapan airnya yaitu 1,07%. Hal ini berarti

kondisi agregat dalam keadaan basah. Untuk mencapai kondisi SSD maka air perlu dikurangi 1,5% dari berat agregat halus.

#### 4.2.1.6. *Organic Impurities*

Setelah diuji dan dibandingkan dengan warna standar, warna benda uji tidak lebih tua dari warna standar (cairan benda uji endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding (ASTM C40-92)). Dengan demikian agregat tidak mengandung bahan organik sehingga tidak perlu dilakukan pencucian untuk menghilangkan bahan organik yang terdapat dalam agregat halus tersebut.

### 4.2.2 Pengujian Agregat Kasar

#### 4.2.2.1 Berat Jenis

Tabel 4.7 Data Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pemeriksaan	1	2	Rata-rata
Berat Agregat SSD ( $B_j$ gram)	1305,5	1308,5	
Berat Agregat dalam Air ( $B_A$ gram)	319	320	
Berat Agregat Kering Oven ( $B_K$ gram)	1289,8	1294,3	
$B_{JSSD}$ ( $B_j/(B_j - B_A)$ )	1,32	1,32	1,32
Penyerapan Air (%) ( $(B_j - B_K)/B_K \times 100\%$ )	1,22	1,10	1,16

#### Analisa :

Dari pengujian berat jenis pada agregat kasar didapat berat jenis SSD **1,32**. Dengan berat jenis seperti ini maka agregat yang dipakai dapat diklasifikasikan sebagai agregat ringan karena kurang dari 2,20. Dari data tersebut dapat juga dilihat bahwa penyerapan air sebesar **1,16%**, yang berarti kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai kondisi SSD adalah sebesar 1,16 % Hal ini dapat dikatakan bahwa penyerapan air agregat kasar memenuhi persyaratan karena kurang dari 3 %

#### 4.2.2.2 Berat Isi Agregat Kasar

##### A. Berat Isi lepas

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Kasar

Pemeriksaan	Pengujian		
	1	2	3
Berat silinder kosong ( $W_1$ kg)	4,692		
Volume Tabung ( $m^3$ )	0,007207		
Berat silinder + agregat ( $W_2$ kg)	9,839	9,694	9,795
Berat agregat ( $W_3$ kg)	5,147	5,002	5,103
Berat isi lepas = $(W_2 - W_1) / V$	714,17	694,05	708,06
Berat isi lepas rata-rata ( $kg/m^3$ )	<b>705,43</b>		
Void (%)	45,24	46,78	45,71
Void rata-rata (%)	<b>45,91</b>		

##### B. Berat Isi padat Agregat Kasar

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar

Pemeriksaan	Pengujian		
	1	2	3
Berat silinder kosong ( $W_1$ kg)	4,692		
Volume Tabung ( $m^3$ )	0,007207		
Berat silinder + agregat ( $W_2$ kg)	10,165	10,150	10,160
Berat agregat ( $W_3$ kg)	5,473	5,458	5,468
Berat isi padat = $(W_2 - W_1) / V$	759,40	757,32	758,71
Berat isi padat rata-rata ( $kg/liter$ )	<b>758,48</b>		
Void (%)	41,79	41,95	41,87
Void rata-rata (%)	<b>41,87</b>		

### Analisa :

Dari pengujian berat isi, didapat hasil berat isi lepas sebesar **705,43 kg/m<sup>3</sup>** dan untuk berat isi padat sebesar **758,48 kg/m<sup>3</sup>**. Pengujian ini tidak memenuhi syarat bahwa berat isi harus lebih besar dari 1200 kg/m<sup>3</sup> (SII 0052 – 80). Hal ini menunjukkan bahwa agregat kasar merupakan **agregat ringan**. Nilai Void dari berat isi lepas rata-rata **45,91%** dan berat isi padat rata-rata **41,87 %** nilai ini masih dalam batas teoritis yang diijinkan yaitu max 50%.

#### 4.2.2.3 Analisa Ayak Agregat Kasar

Tabel 4.10 Data Hasil Analisa Ayak Agregat Kasar

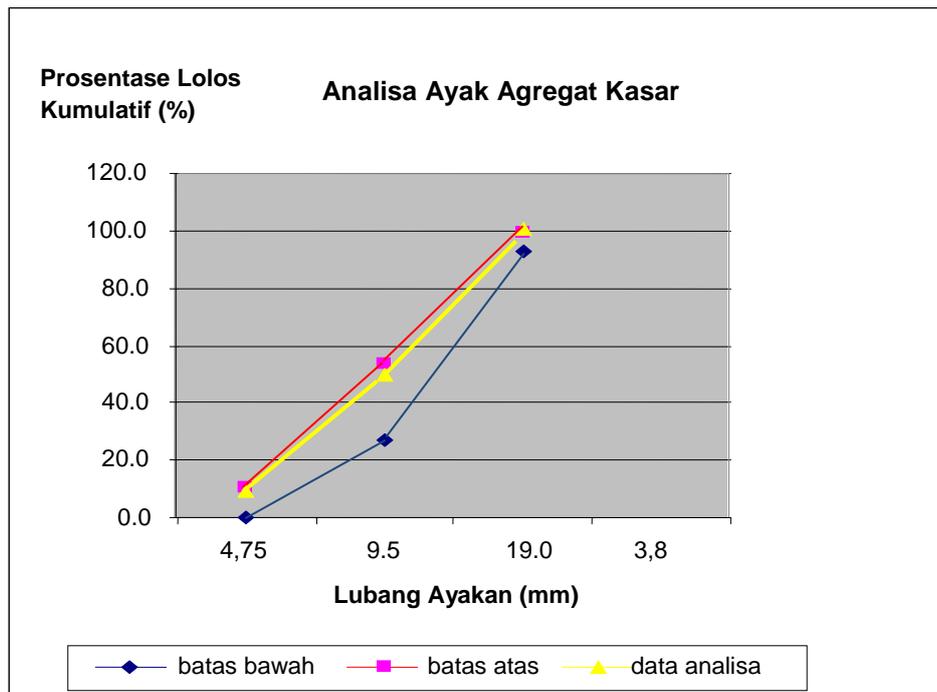
Lubang Saringan (mm)	Berat Tertahan (gram)	% Berat Tertahan	% Berat Tertahan Kumulatif	% Lolos Kumulatif	Spesifikasi (uk.agregat mak.20mm)
19	0	0	0	100	95-100
9,5	1566,3	51,95	51,95	48,05	25-55
4,75	1155	38,31	90,26	9,74	0 - 10
2,36	200	6,63	96,89	3,11	0
1,18	51	1,69	98,58	1,42	0
0,60	5	0,17	98,75	1,25	0
0,30	0	0	98,75	1,25	0
0,15	0	0	98,75	1,25	0
PAN	37,7	1,25	100	0	0
Jumlah	3015	100	633,93		

$$FM = \frac{\% \text{ Tertahan Kumulatif}}{100} = 6,34\%$$

### Analisa :

Dari hasil pengujian analisa ayak agregat kasar didapat hasil pengujian tidak sesuai dengan spesifikasi yang ada ( untuk ukuran agregat maksimum 20 mm ), namun demikian Modulus Kehalusan (FM) sebesar **6,34** sesuai dengan yang disyaratkan yaitu antara 6 – 7,1 (SK-SNI S-04-1989-F)

Gambar 4.2. Hasil Analisa Ayak Agregat Kasar



#### 4.2.2.4 Kekerasan atau Keausan Agregat Kasar

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Kekerasan atau Keausan Agregat Kasar

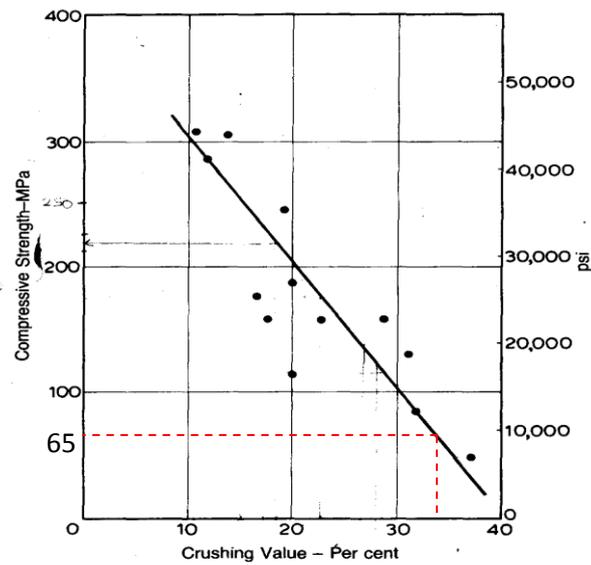
Pengukuran.	I
Berat agregat + alat ( W1 gram )	12898
Berat agregat (W2gram)	1432
Berat Agregat tertahan di atas saringan 2.36 mm ( gram )	950
Crushing Value/Keausan (%)	<b>33,66</b>

#### Analisa :

Dari hasil uji keausan dengan menggunakan Bejana British didapat keausan agregat kasar sebesar 33,66 %. Nilai ini bila diplotkan kedalam grafik dibawah ini maka akan didapat kuat tekan batuan induknya sebesar 65 Mpa.

**Gambar 4.3 Grafik Hubungan keausan Agregat dengan Kuat Tekan Batuan**

**Induk**

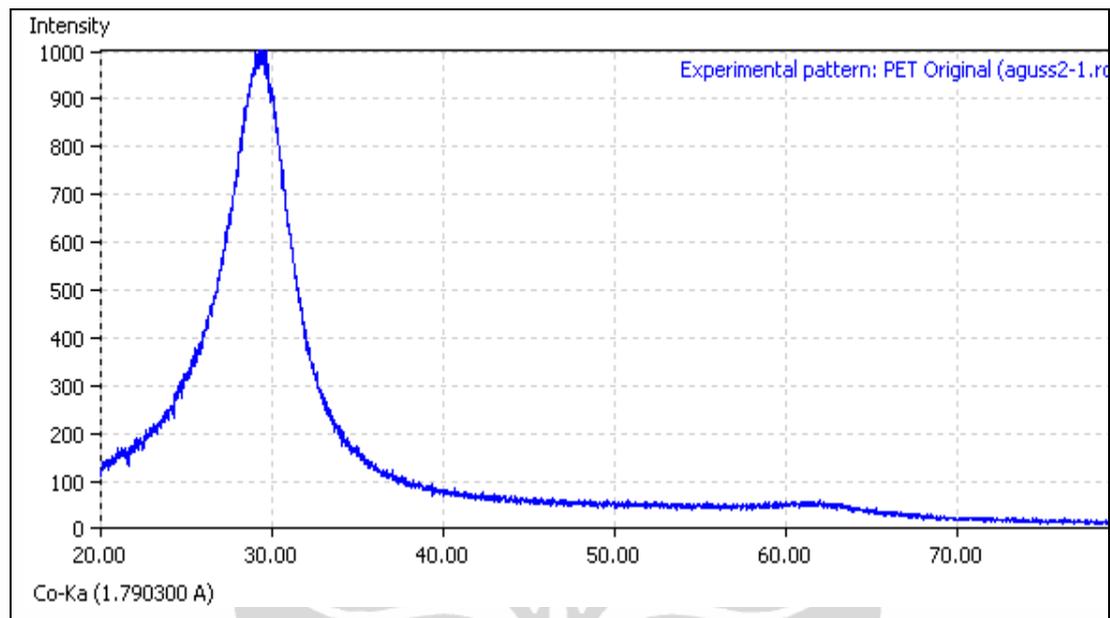


#### 4.2.3. Pengujian dengan alat XRD

Pengujian XRD meliputi pengujian limbah botol plastik jenis PET original dan limbah botol plastik jenis PET yang telah diproses menjadi agregat kasar.

Pola difraksi sinar-x pada sampel PET original ( masih dalam bentuk plastik ) seperti ditunjukkan pada gambar berikut :

Gambar 4.4. Pola difraksi sinar-x sampel PET

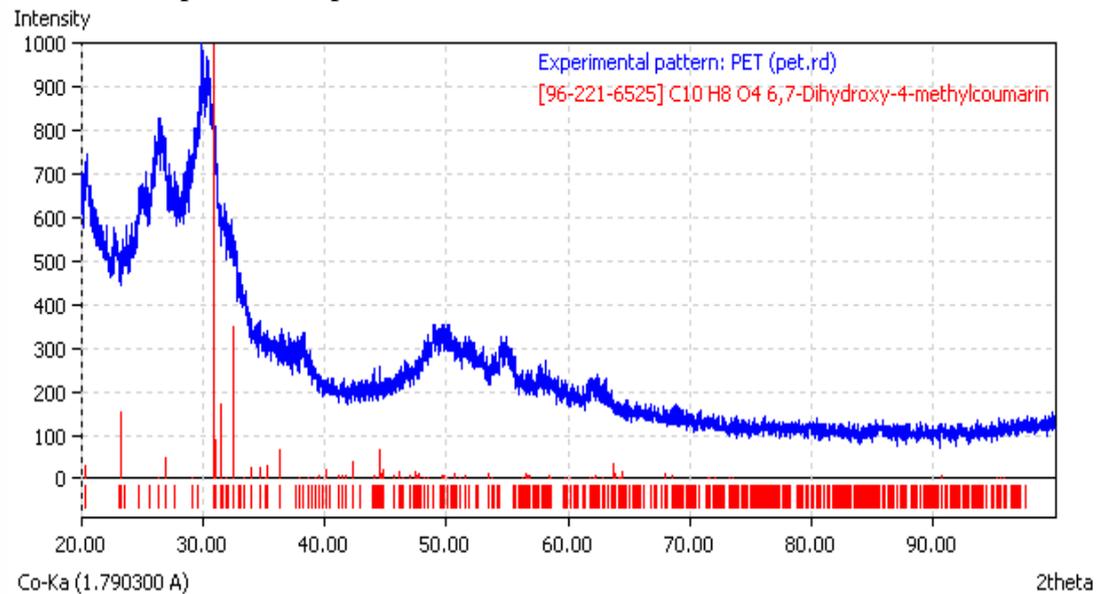


Pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa sampel PET original dengan rumus kimia  $(C_{10}H_8O_4)_n$  memiliki struktur yang amorphus yang ditandai dengan tidak ditemukannya puncak-puncak bragg pada pola difraksi sinar-x tersebut. Pola amorphus ini terjadi karena kaidah difraksi yaitu fenomena hamburan berkas sinar oleh sebuah Kristal tidak terpenuhi, dengan kata lain bahwa atom-atom penghambur tidak tersusun secara periodic melainkan dalam suatu cara yang independen, maka sinar-sinar yang dihamburkan akan memiliki hubungan fasa random/acak satu sama lain, sedemikian rupa sehingga sinar-sinar yang terhambur saling melemahkan satu dengan lainnya (terjadi interfrensi destruktif).

Pada penelitian ini yang diharapkan penambahan agregat kasar dari limbah botol plastik jenis PET kedalam pembuatan *paving block* akan meningkatkan kuat tekannya, maka agregat kasar buatan tersebut harus berbentuk kristalin. Dengan demikian maka harus dilakukan proses pemanasan dengan spesifikasi PET semi kristalin. Suhu pemanasan sebesar  $220^{\circ}C$

Pada proses pemanasan ini akan menghasilkan polimer semi kristalin, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.5.

Gambar 4.5 Hasil pengukuran pola difraksi sinar-x sampel PET setelah dilakukan pemanasan pada suhu 220<sup>0</sup> C



Pada Gambar 4.5 menunjukkan bahwa telah terbentuk puncak-puncak difraksi Bragg yang diduga memiliki fasa tunggal (*single phase*). Fasa yang terbentuk adalah 6,7-Dihydroxy-4-methylcoumarin (C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>O<sub>4</sub>) yang memiliki struktur kristal Triclinic, dengan grup ruang (space group) P -1 (2), dan parameter kisi  $a=6.8390 \text{ \AA}$   $b=7.1430 \text{ \AA}$   $c=9.5490 \text{ \AA}$   $\alpha=68.233^\circ$   $\beta=85.262^\circ$   $\gamma=69.443^\circ$ .

#### 4.2.4. Pengujian Kuat Tekan

Tabel 4.12 Kuat Tekan *Paving Block*

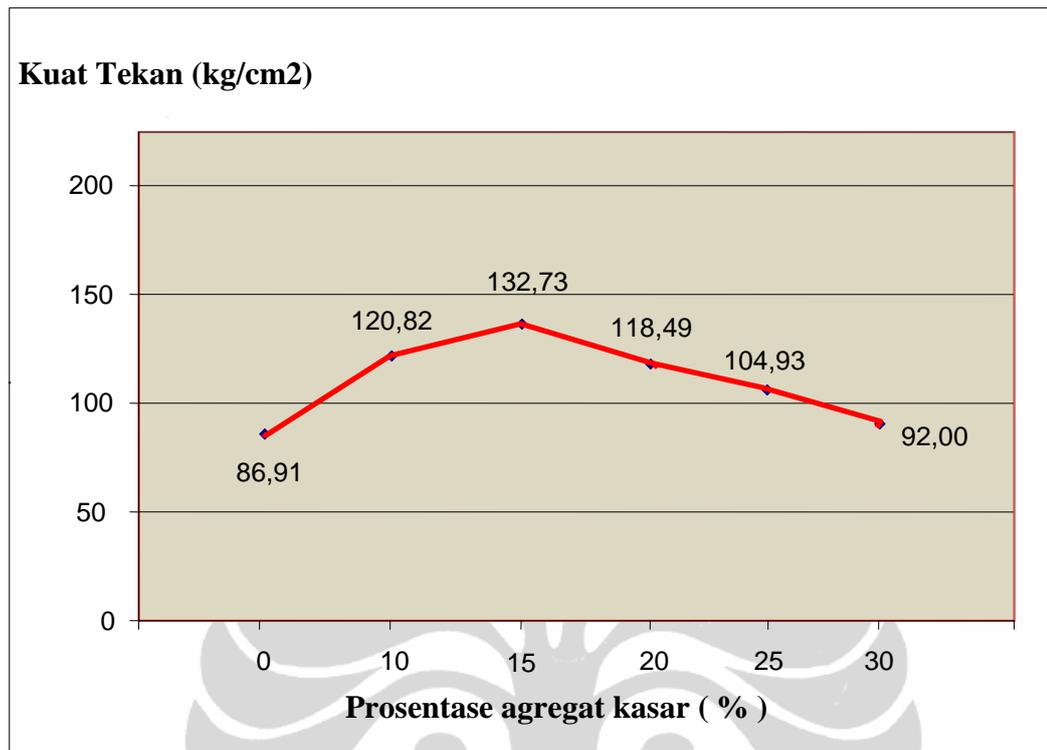
% Agregat Kasar	No	Berat (gram)	Ukuran Paving Block t = 8 cm			Hasil Pengujian		Kuat Tekan Rata-rata (kgf/cm <sup>2</sup> )
			P (cm)	L (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Beban Max (kgf)	Kuat Tekan (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	1	2719	18,5	8,5	157,25	13800	87,76	
0%	2	2722	18,5	8,5	157,25	13500	85,85	86,91
	3	2754	18,5	8,5	157,25	13700	87,12	
	1	2927	18,5	8,5	157,25	17800	113,19	

10%	2	2842	18,5	8,5	157,25	18800	119,55	120,82
	3	2840	18,5	8,5	157,25	20400	129,73	
	1	2876	18,5	8,5	157,25	22800	144,99	
15%	2	2841	18,5	8,5	157,25	20100	127,82	132,73
	3	2863	18,5	8,5	157,25	19400	125,37	
	1	2791	18,5	8,5	157,25	18800	119,55	
20%	2	2753	18,5	8,5	157,25	17900	113,83	118,49
	3	2745	18,5	8,5	157,25	19200	122,10	
	1	2843	18,5	8,5	157,25	17300	110,02	
25%	2	2660	18,5	8,5	157,25	16300	103,66	104,93
	3	2766	18,5	8,5	157,25	15900	101,11	
	1	2743	18,5	8,5	157,25	15000	95,39	
30%	2	2679	18,5	8,5	157,25	14500	92,21	92,00
	3	2644	18,5	8,5	157,25	13900	88,39	

Dari tabel tersebut di atas dapat disederhanakan sehingga hanya di dapat hasil rata-rata kuat tekan *paving block* sebagai berikut :

Tabel 4.13 Kuat Tekan Rata-Rata *Paving Block*

% Agregat Kasar	Kuat Tekan Rata (kg/cm <sup>2</sup> )
0 %	86,91
10 %	120,82
15 %	132,73
20 %	118,49
25 %	104,93
30 %	92,00

Gambar 4.6. Nilai rata-rata kuat tekan *paving block***Analisa :**

Dari hasil pengujian kuat tekan *paving block* didapat hasil sebagai berikut :

1. *Paving block* tanpa agregat kasar mempunyai kuat tekan minimal 85,85 kg/cm<sup>2</sup> dan maksimal 87,76 kg/cm<sup>2</sup> dengan kuat tekan rata-rata 86,91 kg/cm<sup>2</sup>. Hal ini berarti *paving block* tanpa bahan tambah agregat kasar tersebut termasuk kelas mutu D yang dapat digunakan untuk taman dan penggunaan lainnya.
2. *Paving block* dengan penambahan agregat kasar 10% , 20% , 25% dan 30% masing-masing kuat tekannya memiliki harga diatas 85 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai rata-rata lebih besar dari 100 kg/cm<sup>2</sup> kecuali pada penambahan 30 % nilai kuat tekan rata-rata sebesar 92 kg/cm<sup>2</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa *paving block* dengan penambahan agregat kasar 10% , 20% , 25% dan 30% termasuk kelas mutu D yang dapat digunakan untuk taman dan penggunaan lainnya.
3. *Paving block* dengan penambahan agregat kasar 15 % walaupun nilai rata-rata kuat tekannya sebesar 132,73 kg/cm<sup>2</sup>, namun karena nilai kuat tekan masing-masing *paving block* lebih besar dari 125 kg/cm<sup>2</sup>, maka dapat

dikatakan bahwa *paving block* dengan penambahan agregat kasar 15 % termasuk kelas mutu C yang dapat digunakan untuk pejalan kaki

4. Secara keseluruhan penambahan agregat kasar yang berasal dari limbah botol plastik jenis PET yang dipanaskan akan menambah kuat tekan *paving block*.

**Ringkasan :**

Tabel 4.14. Hasil Rekapitulasi Pengujian Agregat

No	Sifat-Sifat Agregat	Satuan	Agregat Halus	Agregat Kasar Buatan (PET)
1	Berat Jenis SSD	-	2,64	1,32
2	Penyerapan Air	%	1,07	1,16
3	Berat Isi Lepas	Kg/m <sup>3</sup>	1456,50	705,43
4	Voids	%	44,06	45,91
5	Berat isi Padat	Kg/m <sup>3</sup>	1594,18	758,48
6	Voids	%	39,08	41,87
7	Modulus Kehalusan	%	2,58	6,31
8	Kadar Air	%	2,57	-
9	Kadar Lumpur	%	2,75	-
10	Organic Impuritis	Standar	Lebih Cerah	-
11	Keausan Agregat	%	-	33,66

Tabel 4.15. Hasil Rekapitulasi Pengujian *Paving Block*

% Agregat Kasar	Kuat Tekan Rata (kg/cm <sup>2</sup> )
0 %	86,91
10 %	120,82
15 %	132,73
20 %	118,49
25 %	104,93
30 %	92,00

## BAB V KESIMPULAN

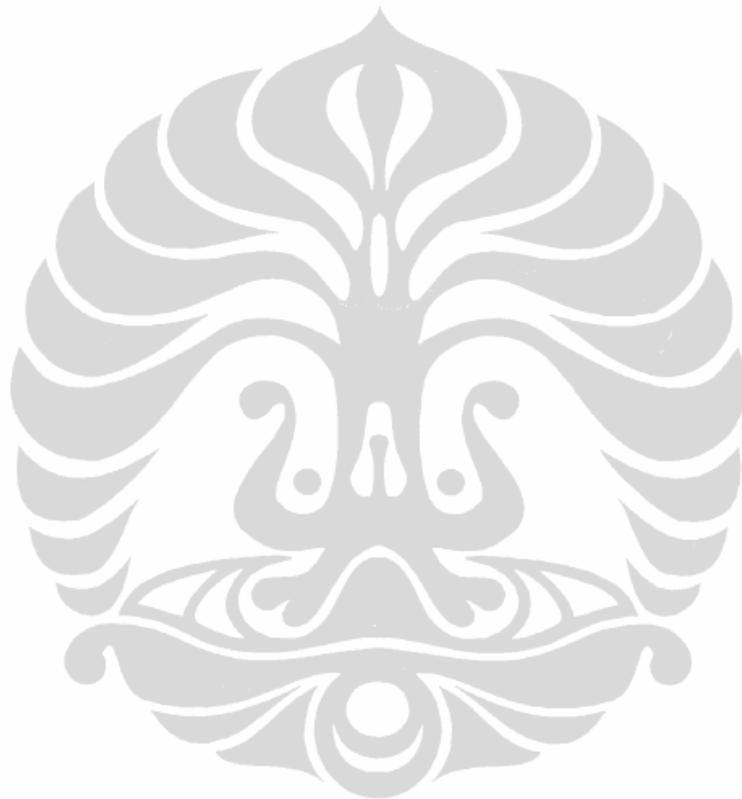
### 5.1 Kesimpulan

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

1. Pada pengujian agregat halus maupun agregat kasar semuanya memenuhi syarat sebagai bahan pembentuk *paving block*
2. Agregat kasar yang berasal dari limbah botol plastik jenis PET dikategorikan sebagai agregat ringan
3. *Paving block* tanpa agregat kasar mempunyai kuat tekan rata-rata sebesar  $86,91 \text{ kg/cm}^2$ . Hal ini berarti *paving block* tanpa bahan tambah agregat kasar tersebut termasuk kelas mutu D yang dapat digunakan untuk taman dan penggunaan lainnya.
4. *Paving block* dengan penambahan agregat kasar 10% , 20% , 25% dan 30% masing-masing kuat tekannya memiliki harga diatas  $85 \text{ kg/cm}^2$  dan nilai rata-rata lebih besar dari  $100 \text{ kg/cm}^2$  kecuali pada penambahan 30 % nilai kuat tekan rata-rata sebesar  $92 \text{ kg/cm}^2$ . Hal ini menunjukkan bahwa *paving block* dengan penambahan agregat kasar 10% , 20% , 25% dan 30% termasuk kelas mutu D yang dapat digunakan untuk taman dan penggunaan lainnya.
5. *Paving block* dengan penambahan agregat kasar 15 % walaupun nilai rata-rata kuat tekannya sebesar  $132,73 \text{ kg/cm}^2$ , namun karena nilai kuat tekan masing-masing *paving block* lebih besar dari  $125 \text{ kg/cm}^2$ , maka dapat dikatakan bahwa *paving block* dengan penambahan agregat kasar 15 % termasuk kelas mutu C yang dapat digunakan untuk pejalan kaki
6. Secara keseluruhan penambahan agregat kasar yang berasal dari limbah botol plastik jenis PET yang dipanaskan akan menambah kuat tekan *paving block*.

## 5.2 Saran-saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi perbandingan antara PC dan pasir yang berbeda dan dengan variasi campuran air yang lebih sedikit atau lebih banyak dari yang kami lakukan. Disamping itu perlu juga dibuat dengan variasi campuran agregat kasar yang berasal dari limbah botol plastik jenis PET.



## DAFTAR ACUAN

- American Society for Testing Material, 2004. *Annual Book of Standard*, ASTM C 150-2004
- American Society for Testing Material, 2005. *Annual Book of Standard*, ASTM C 39-94
- American Society for Testing Material, 2005. *Annual Book of Standard*, ASTM C 496- 94
- Hikam, M. (2007). *Catatan Kuliah Kristalografi dan Teknik Difraksi*. Program Studi Ilmu Material. Departemen fisika FMIPA. Universitas Indonesia
- Mulyono,Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius
- Muller,Candia., Fitriani,Eva. 2006. *Training Manual Manufacturing of Concrete Hollow Blocks*. Jakarta : ILO
- Pratikto .2010. *Beton Ringan Beragregat Limbah Botol Plastic jenis PET (Poly Ethylene Terephthalate)*, Seminar Nasional Teknik Sipil PNJ, 2010
- Samekto,Wuryati & Rahmadiyanto,Chandra. 2001. *Teknologi Bahan*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius
- Standar Nasional Indonesia (SNI 03-0691-1996). *Bata Beton ( Paving Block )*. 1996. Jakarta : Dewan Standarisasi Nasional Indonesia
- Standar Nasional Indonesia (SNI 15-2094-2004). *Klasifikasi Portland Semen*. 2004. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Indonesia
- Standar Nasional Indonesia ( SK SNI S04-1989-F ). *Persyaratan Bahan Pembentuk Beton untuk Konstruksi*. 1989. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Indonesia
- Standar Nasional Indonesia ( SNI 03-3407-1994 ), *Metode Pengujian Berat Isi Beton Struktural*. 1994. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Indonesia
- Standar Nasional Indonesia ( SK SNI M 08 - 1989 - F ). 1989. *Metode Pengujian Analisa Ayak Agregat*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Indonesia
- Standar Nasional Indonesia ( SK SNI M 10 - 1989 - F ), *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat*. 1989. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional Indonesia
- Wikipedia.2010. *Poly Ethylene Terephthalate* , <http://www.wikipedia.org>
- Wikipedia.2009. *Teknologi Paving Block*, <http://www.wikipedia.org>

**LAMPIRAN : Gambar Proses Pembuatan Sampel dan Pengujian Agregat**



**Proses Peleburan Limbah Botol Plastik**



**Proses Peleburan Limbah Botol Plastik**



**Proses Pencetakan Agregat Kasar**



**Agregat Kasar dari Limbah Botol Plastik**



**Pembuatan / Pencetakan Paving Block**



**Paving Block Pasca Pencetakan**



**Pengujian Kekerasan Agregat Kasar**



**Pengujian Kekerasan Agregat Kasar**



**Pengujian Analisa Ayak Agregat**



**Pengujian Berat Jenis Agregat**



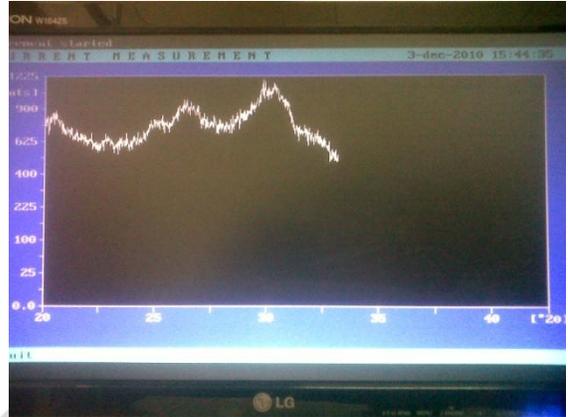
**Pengujian Berat Isi Agregat Kasar**



**Pengujian Berat Isi Agregat Kasar**



**Pengujian XRD Agregat Kasar**



**Pengujian XRD Agregat Kasar**



**Pengujian Kuat Tekan Paving Block**



**Pengujian Kuat Tekan Paving Block**



**Pengujian Kuat Tekan Paving Block**



**Pengujian Kuat Tekan Paving Block**