

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1. PENDAHULUAN**

Saat ini telah banyak dilakukan penelitian untuk penggunaan bahan material lain khususnya limbah padat yang dapat digunakan sebagai material pengganti pembentuk beton. Salah satu diantaranya yaitu penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat alam dari sisa bongkaran bangunan, sisa bangunan yang terbakar, sisa bangunan terkena gempa dan sisa beton siap pakai (*readymix*) yang disebut dengan beton daur ulang (*recycled concrete*). Beton memiliki sifat dasar yang unik sehingga diperlukan pengetahuan yang cukup luas mengenai sifat bahan dasar terutama sifat bahan dasar dari agregat daur ulang. Agregat daur ulang ini memiliki sifat dasar yang berbeda dengan agregat alam sehingga perbedaan ini mengakibatkan perbedaan sifat beton yang dihasilkan. Adapun perbedaan-perbedaan ini akan dikaji berdasarkan referensi penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

#### **II.2. BAHAN PEMBENTUK BETON**

Bahan pembentuk beton terdiri dari campuran dari agregat halus dan kasar (pasir, kerikil, batu pecah atau jenis agregat lain ) dengan semen dan air sebagai pengikatnya.

##### **II.2.1. AGREGAT**

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar (aduk) dan beton. Agregat dapat ditinjau dari asalnya, berat jenisnya, bentuknya, tekstur permukaannya dan besar butirannya. Dalam penelitian ini, kami menggunakan agregat alam untuk agregat kasar (diameter butiran lebih kecil dari 25,4 mm ) dan agregat halus (diameter butiran lebih kecil dari 4,76 mm) serta agregat daur ulang untuk agregat kasar yang akan dikombinasikan dengan agregat kasar alam dengan perbandingan prosentase yang telah ditentukan.

Agregat yang dapat dipakai untuk beton harus memenuhi syarat-syarat :

1. Agregat yang bersih dari unsur organik
2. Keras
3. Bebas dari sifat penyerapan zat kimia
4. Tidak bercampur dengan tanah liat/lumpur
5. Distribusi/gradasi ukuran agregat memenuhi ketentuan-ketentuan yang berlaku

#### II.2.1.a. AGREGAT ALAM

Agregat alam adalah agregat yang didapat dari hasil tambang batuan alam.

Agregat alam dibedakan menjadi 3 kelompok yaitu :

1. Kerikil dan pasir alam  
Kerikil dan pasir alam berasal dari hasil pengikisan batuan induk yang kemudian terbawa oleh arus air atau angin yang kemudian mengendap di suatu tempat. Endapan-endapan kerikil atau pasir sering kali terdapat didarat (tidak di sungai)
2. Agregat batu pecah  
Terkadang sulit untuk mendapatkan kerikil dan pasir langsung dari alam sehingga diatasi dengan memecah batuan alam menjadi kerikil atau pasir. Kekerasan kerikil dari batu pecah ini lebih baik dibandingkan dengan langsung dari alam. Untuk memecahkan batuan alam ini digunakan alat pemecah batu (*stone crusher*) dan bahkan masih ada dengan cara manual.
3. Agregat batu apung  
Batu apung merupakan agregat alam yang ringan dan banyak digunakan. Batu apung termasuk dalam agregat ringan. Agregat ringan yaitu agregat yang memiliki berat jenis kurang dari 2,0.

Penelitian mengenai agregat kasar alam ini telah banyak dilakukan oleh para peneliti. Sebagai contoh, Neville, A.M., (1996) telah melakukan penelitian mengenai karakteristik agregat alam, diantaranya adalah nilai densitas (*density*)

antara 2400-3000 kg/m<sup>3</sup>, nilai absorpsi antara 0,7-4,0 dan nilai abrasi antara 15-30% (Suharwanto, 2004).

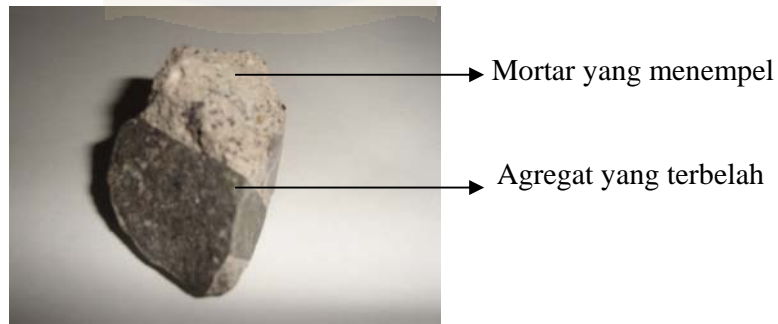
### II.2.1.b. AGREGAT DAUR ULANG

Agregat daur ulang adalah agregat yang berasal dari limbah beton dimana dalam penelitian ini kami menggunakan limbah beton yang berasal dari sisa benda uji di laboratorium bahan dan konstruksi Teknik Sipil Undip, yang dihancurkan secara manual menjadi agregat halus dan kasar yang digunakan sebagai bahan pengganti agregat alam sebagian atau seluruhnya dalam campuran beton. Agregat daur ulang merupakan salah satu kelompok agregat buatan. Dimana agregat buatan yaitu agregat yang dibuat dengan tujuan penggunaan tertentu, atau karena kekurangan agregat batuan-batuan alam.

Proses pembuatan agregat daur ulang dilakukan dengan cara memecahkan limbah beton menjadi ukuran agregat dengan gradasi yang baik sebagai pengisi beton. Pecahan limbah beton ini dapat berupa agregat yang terbelah, agregat dengan mortar yang menempel pada permukaannya dan pecahan mortar dari limbah beton, untuk memperjelas hal ini dapat dilihat pada gambar dibawah.

Gambar II.1

Agregat daur ulang



Dalam Disertasi Suharwanto (2004), Studi eksperimental Hansen, T.C. dan Narud, H. (1983) membuat beton dengan faktor perbandingan air-semen (*water content* atau *w/c*) 0,70 kemudian beton tersebut dipecahkan menjadi agregat kasar dan halus. Hasil studi eksperimental tersebut adalah :

- nilai prosentase berat mortar yang menempel pada partikel agregat alam adalah antara 25-35% untuk diameter butiran 16-32 mm, 40% untuk diameter butiran 8-16 mm, dan 60% untuk diameter butiran 4-8 mm;
- nilai densitas agregat daur ulang pada kondisi SSD adalah 2340 kg/m<sup>3</sup> untuk diameter butiran 4-8 mm, 2490 kg/m<sup>3</sup> untuk diameter butiran 16-32 mm, dan 2279 kg/m<sup>3</sup> untuk agregat halus daur ulang;
- nilai absorpsi agregat daur ulang adalah 8,7 % untuk diameter butiran 4-8 mm, 3,7% untuk diameter butiran 16-32 mm, dan 9,8% untuk agregat halus daur ulang dan 17% untuk agregat halus yang hanya terdiri dari mortar saja;
- nilai abrasi agregat daur ulang adalah 41,4% untuk diameter butiran 4-8 mm dan 22,4% untuk diameter butiran 16-32 mm.

Suharwanto (2004) melakukan studi eksperimental dimana agregat daur ulang mengandung mortar sebesar 25 hingga 45% untuk agregat kasar, dan 70 hingga 100% untuk agregat halus. Kandungan mortar tersebut mengakibatkan berat jenis agregat menjadi lebih kecil, lebih porous atau berpori, sehingga kekerasannya berkurang, bidang temu (interface) yang bertambah, dan unsur-unsur kimia agresif (seperti Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan MgSO<sub>4</sub>) lebih mudah masuk dan merusak.

Berdasarkan hasil penelitian dari Mostafa Tavakoli dan Parviz Soroushian ( ACI Materials Journal, Title no. 93-M21) karakteristik dan sifat dari agregat daur ulang memiliki perbedaan dengan agregat alam sehingga diperoleh perbandingan properti dari agregat alam dan agregat buatan yaitu ( Tabel II.1 ) :

Tabel II.1

Perbandingan properti agregat alam dan agregat daur ulang

Source of aggregate	Natural aggregate		RC- U.S 23		RC I-75	
	6A	17A	6A	17A	6A	17A
MDOT gradation	6A	17A	6A	17A	6A	17A
Max. aggregate size in.	1,0	0,75	1,0	0,75	1,0	0,75
Unit Weight, lb/ft <sup>3</sup>	100.8	98.7	82.54	83.33	84.92	85.65
Unit Weight,ssd, lb/ft <sup>3</sup>	99.7	96.79	79.68	79.76	79.65	79.23
Bulk spesific gravity, dry	2.67	2.58	2.37	2.31	2.22	2.09
Bulk spesific gravity, ssd	2.69	2.63	2.45	2.41	2.37	2.26

Absorption, % by weight	1.11	1.97	3.6	4.48	6.62	8.1
L.A Abrasion loss, % by weight	22.87	22.87	28.72	26.4	42.69	41.67

Keterangan :

- 1 in=25,4 mm ; 1 lb/ft<sup>3</sup>= 16,02 kg/m<sup>3</sup>
- MDOT gradation yaitu metode gradasi Michigan Department of Transportation.
- RC-U.S 23 yaitu kode untuk agregat daur ulang yang berasal dari pekerjaan di Fenton.
- RC I-75 yaitu kode untuk agregat daur ulang yang berasal dari proyek rekonstruksi di Detroit.
- MDOT 6A yaitu metode gradasi untuk agregat yang lolos saringan 1.5 in 100%
- MDOT 17A yaitu metode gradasi untuk agregat yang lolos saringan 1.0 in 100%

Berdasarkan hasil penelitian Foster, Stephen W, bahwa partikel agregat daur ulang yang diproduksi dengan menggunakan pemecah batu (*stone crusher*) mempunyai bentuk gradasi yang baik, namun memiliki absopsi yang tinggi dan berat jenis yang rendah dibandingkan dengan agregat alam. ( Tabel II.2. ). (*ACI , October 1986*)

Tabel II.2.

Properti dari material agregat daur ulang dan agregat alam

	agregat daur ulang		agregat alam
	sekali daur ulang	dua kali daur ulang	kerikil
absorpsi	3.43-5.00	8.36	1.02
Berat jenis agregat kasar	2.31-2.4	2.11	2.67
material agregat halus	pasir		
absorpsi	7.17-8.31		1.38
Berat jenis agregat halus	2.15-2.23		2.6

## II.2.2. SEMEN PORTLAND

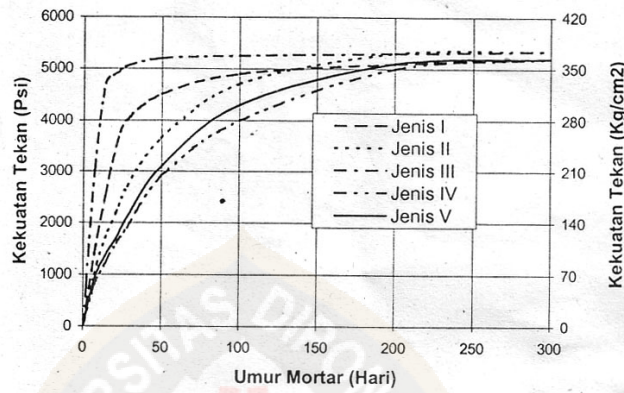
Semen adalah bahan yang berupa bubuk halus yang bertindak sebagai pengikat untuk agregat. Bahan baku pembuatan semen adalah bahan-bahan yang mengandung kapur, siliki, alumina, oksida besi dan oksida-oksida lain. Jika semen dicampur dengan air disebut pasta semen, sedangkan jika pasta semen dengan pasir disebut mortar semen.

Berdasarkan tinjauan pemakaiannya, semen portland dibedakan menjadi 5 (lima) :

- 1) Type I : Semen portland jenis umum (*normal portland cement*) , yaitu jenis semen portland untuk penggunaan dalam konstruksi beton secara umum yang tidak memerlukan sifat-sifat khusus.
- 2) Type II : Semen jenis umum dengan perubahan-perubahan (*modified portland cement*) . Semen ini memiliki panas hidrasi lebih rendah dan keluarnya panas lebih lambat daripada semen Type I. Semen Type II digunakan untuk pencegahan serangan sulfat dari lingkungan terhadap bangunan beton, seperti struktur bangunan air/drainase dengan kadar konsentrasi sulfat tinggi didalam air tanah.
- 3) Type III : Jenis semen dengan waktu pengerasan yang cepat (*high-early-strength portland cement*). Waktu perkerasan bagi jenis ini umumnya kurang dari seminggu. Digunakan pada struktur-struktur bangunan yang bekistingnya harus cepat dibuka dan akan segera dipakai kembali.
- 4) Type IV : Semen dengan hidrasi panas rendah yang digunakan pada konstruksi dam/bendungan, bangunan-bangunan masif, dengan tujuan panas yang terjadi sewaktu hidrasi merupakan faktor penentu bagi keutuhan beton.
- 5) Type V : Semen penangkal sulfat. Digunakan untuk beton yang lingkungannya mengandung sulfat, terutama pada tanah/air tanah dengan kadar sulfat tinggi.

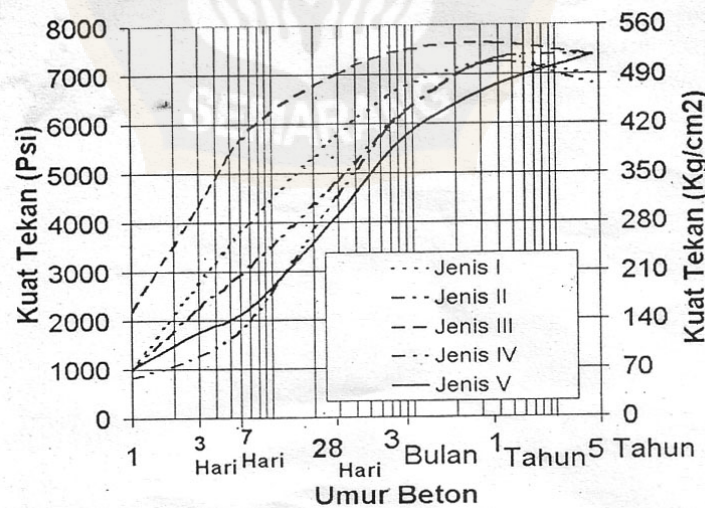
Grafik. II.1

Perkembangan kekuatan tekan mortar untuk berbagai tipe Portland Cement (*Teknologi Beton, 2001*)



Grafik II.2

Perkembangan kekuatan tekan beton untuk berbagai tipe Portland Cement dengan FAS 0.49 (*Teknologi Beton, 2001*)



### II.2.3. AIR

Air digunakan sebagai bahan pencampur dan pengaduk beton untuk mempermudah pekerjaan. Menurut PBI 1971 NI-2, pemakaian air untuk beton tersebut sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut:



- 1) Tidak mengandung Lumpur (benda melayang lainnya)
- 2) Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya)
- 3) Tidak mengandung minyak dan alkali
- 4) Tidak mengandung senyawa asam

### **II.3. BETON**

Beton dapat didefinisikan sebagai bahan bangunan dan konstruksi yang sifat-sifatnya dapat ditentukan terlebih dahulu dengan mengadakan perencanaan dan pengawasan yang teliti terhadap bahan-bahan yang dipilih (*Teknologi beton, 2001*).

#### **II.3.1. BETON AGREGAT ALAM**


Beton agregat alam yaitu beton yang dibentuk dari agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) yang berasal dari hasil tambang batuan alam. Beton agregat alam sudah sejak lama digunakan yang disebut dengan beton biasa. Penelitian juga telah banyak dilakukan dimana beton agregat alam mempunyai densitas (*density*) antara 2200-2500 kg/m<sup>3</sup>.


#### **II.3.2. BETON AGREGAT DAUR ULANG**

Beton agregat daur ulang adalah beton yang terbentuk dari agregat daur ulang yang berasal dari limbah beton sebagai pengganti agregat alam sebagian atau seluruhnya. Beberapa peneliti yang telah melakukan studi eksperimental terhadap beton daur ulang memberikan informasi tentang kekurangan dan kelemahan beton agregat daur ulang bila dibandingkan dengan beton agregat alam. Disamping itu, informasi tentang beton agregat daur ulang juga masih sangat sedikit, sehingga penelitian lanjutan mengenai beton agregat daur ulang sangat diperlukan, agar para pengguna beton agregat daur ulang menjadi lebih yakin (*Suharwanto, 2004*).



Beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai perilaku mekanik ( kuat tekan dan kuat tarik) beton agregat daur ulang yaitu :

-  Penelitian dari Building Contractors Society of Japan, 1978 memperoleh nilai kuat tekan beton agregat alam dan daur ulang untuk berbagai prosentase kandungan agregat kasar dan halus daur ulang yang dapat dilihat pada Tabel II.3.
 

Penelitian untuk nilai pengujian kuat tarik belah beton agregat daur ulang adalah 1/5-1/8 bila dibandingkan dengan beton agregat alam.
-  Penelitian yang dilakukan oleh Suharwanto( 2004) , menunjukkan penurunan nilai kuat tarik belah beton agregat daur ulang dari beton agregat alam, yaitu 11,5% ( $\approx$  12%)

Tabel II.3.

Nilai kuat tekan beton daur ulang dengan perbandingan prosentase agregat

w/c	Beton agregat alam 100% agregat kasar dan halus alam	Beton agregat daur ulang		
		100% agregat kasar daur ulang dan 100% agregat halus alam	100% agregat kasar daur ulang, 50% agregat halus alam dan 50% agregat halus daur ulang alam	100% agregat kasar dan halus daur ulang
0,45	37,5	37,0	34,0	30,0
0,55	28,9	28,5	25,0	21,5
0,68	22,0	21,0	17,5	13,0

#### II.4. METODE MIX DESIGN

Metode perencanaan *mix design* yang tepat diperlukan untuk menghasilkan campuran beton (*Concrete Mix Design*) yang memenuhi syarat mutu dan mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Ada beberapa metode rancangan campuran beton antara lain yaitu :

1. Cara coba-coba di laboratorium (*Trial and Error*)  
Yaitu dengan membuat campuran beton dengan perbandingan-perbandingan bahan penyusun yang berbeda-beda sehingga diperoleh komposisi dengan *workability* tertentu.
2. Fineness modulus method  
Metode modulus kehalusan dari Prof. Duff Abram ini pada dasarnya menggunakan tabel perbandingan bahan dari Prof. Duff Abram
3. Cara DOE (*Department of Environment*)  
Metode ini berasal dari negara Inggris yang pada prinsipnya menggunakan dasar kuat tekan beton ukuran 15 x 15 x 15 cm.
4. Cara ACI (*American Concrete Institute*) committee 61354  
Metode rancangan campuran beton ini berasal dari Amerika yang berdasarkan kuat tekan beton silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
5. Cara High Strength Concrete Mix Design  
Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Shacklock, metode ini digunakan untuk beton mutu tinggi ( $> K.350 \text{ kg/cm}^2$ )

Metode rancangan yang lazim dipergunakan terutama di Indonesia adalah cara ACI (*American Concrete Institute*) dan cara DOE (*Department of Environment*). Dalam penelitian ini kami menggunakan metode DOE untuk menghitung campuran dalam beton dengan menggunakan benda uji silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

## II.5. ANALISIS DATA

Analisis data kuat tekan dan kuat tarik dilakukan dengan menggunakan program komputer antara lain MS Excel dan SPSS serta mengacu pada peraturan PBI 1971. Adapun analisis yang akan dilakukan antara lain yaitu uji normalitas, uji korelasi, uji regresi yaitu untuk mengetahui normalitas data, hubungan antar variabel dan persamaan hubungannya. pengujian data dengan menggunakan PBI 1971 untuk mengetahui kelayakan penggunaan data yang diperoleh.