

**DAUR ULANG BETON BEKAS
SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR
PADA CAMPURAN BETON**

TUGAS AKHIR

18529
SML
P

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Ujian Sarjana

Oleh :

SUNARWAN

NIM : 05.811.0014



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
2008**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 19/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)19/7/24

LEMBAR PENGESAHAN

**DAUR ULANG BETON BEKAS
SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR
PADA CAMPURAN BETON**

TUGAS AKHIR

Oleh :

SUNARWAN

05.811.0014

Disetujui :

Pembimbing I

(Ir. Nuril Mahda Rangkuti)

Pembimbing II

(Ir. Kamaluddin Lubis)

Mengetahui :

Dekan



(Drs. Dadan Ramdan, M.Eng.,MSc)

Ka. Program Studi



(Ir. H. Edy Hermanto)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 19/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
- Access From (repository.uma.ac.id)19/7/24

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Allhamdulillah Kehadirat Allah SWT, bahwa berkat Rahmat-Nya serta Karunia-Nya yang telah memberi petunjuk, kesehatan, dan kekuatan kepada penulis sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya yang berjudul **“DAUR ULANG BETON BEKAS SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN BETON.**

Adapun penyusunan dari Tugas Akhir ini adalah merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi untuk menempuh ujian sarjana pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area. Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, penyusun menyadari betapa terbatasnya kemampuan serta dangkalnya ilmu yang penyusun miliki, sehingga dapatlah dikatakan bahwa penyusunan naskah yang merupakan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Walaupun demikian, harapan penyusun tidak lebih agar naskah yang sederhana ini ada manfaatnya dan dapat dijadikan bahan perbandingan bagi rekan-rekan mahasiswa Universitas Medan Area khususnya dan para pembaca umumnya.

Dan selanjutnya atas segala bimbingan serta bantuan yang telah diberikan baik berupa moril maupun material hingga sampai terwujudnya naskah Tugas Akhir ini.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Prof. DR. H. A. Ya'kup Matondang, MA sebagai rektor Universitas Medan Area.

2. Drs. Dadan Ramdan, M.eng., Msc sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Ibu Ir. Hj. Haniza, MT sebagai Pembantu Dekan I Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir. H. Edy Hermanto sebagai Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
5. Ibu Ir. Nuril Mahda Rangkuti sebagai Pembimbing Pertama
6. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis sebagai Pembimbing Kedua.
7. Ibu Delisma Siregar, ST sebagai Kepala Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Medan.
8. Bapak Sunardi sebagai Asisten Laboratorium Bahan Rekayasa Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Medan.
9. Bapak Samiran, SST sebagai Site Manager PT. Care Indonusa Proyek Politeknik Kesehatan Medan.
10. Bapak dan Ibu Staf Dosen dan Pegawai Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area.
11. Orang tua tercinta, Ayahanda Kamaruddin dan Ibunda Panem serta kekasih Santi dan kedua adik saya Ratnadewi, Sukesiyani yang telah memberikan dorongan, semangat dan doa.
12. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area.

Medan, Juni 2007

S u n a r w a n
05.811.0014

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

ABSTRAK

Limbah beton bekas yang dihasilkan disaat meruntuhkan suatu bangunan biasanya dibuang begitu saja pada suatu tempat. Seiring kemajuan zaman, tentu lambat laun lahan untuk penumpukan akan mengurangi lahan produktif. Kajian ini, dimaksudkan untuk melihat sejauh mana material beton bekas ini dapat dimanfaatkan kembali (di **daur-ulang**) sebagai bahan campuran beton.

Material beton bekas tersebut akan dispesifikasi sedemikian rupa dan dipakai sebagai agregat kasar pengganti kerikil. Dengan menganggap material tersebut sebagai split (batu pecah), pada kajian ini dicoba untuk mendesign campuran beton dengan menggunakan material baru dan material bekas.

Dari hasil penelitian yang dilakukan, terlihat bahwa:

- (1) Beton asal/ normal (mix design K-300), kuat tekan karakteristik yang tercapai sebesar :
 - Umur 7 hari (σ_{bk}) 375.79 Kg/Cm².
 - Umur 28 hari (σ_{bk}) 338.23 Kg/Cm².
- (2) Beton daur-ulang dengan mix design K-300, kuat tekan karakteristik yang tercapai sebesar :
 - Umur 7 hari (σ_{bk}) 345.22 Kg/Cm².
 - Umur 28 hari (σ_{bk}) 310.80 Kg/Cm².

Dari data-data ini terlihat bahwa material beton bekas/ beton hancur masih cukup baik dipakai kembali sebagai agregat kasar untuk campuran beton. Walaupun demikian, pemakaiannya dinilai tidak ekonomis dari segi biaya, karena biaya pekerjaan-pekerjaan pengolahannya sampai menjadi material yang siap pakai, pada kajian ini sedikit lebih mahal dibanding biaya material yang biasa.

ABSTRACT

Concrete rubble ex- which yielded by is moment demolish a[n building usually thrown off hand at one particular place. Along advances of age, of course by degrees land for heaping will lessen productive land. This study, meant for seeing how far this scar concrete material can be re-exploited (in **recycle**) as component of concrete mixture.

Material theex- concrete will specification of in such a manner and used as rugged aggregate of cobble substitution. By assuming the material as split (rupture stone), at this study tried for mendesign concrete mixture by using new material andex- material.

From the done research result, seen that:

- (1) Origin concrete/ Normal (mix design K-300), compressive strength of characteristic which reached equal :
 - Life of 7 day (sulfur bk) 375.79 Kg/Cm².
 - Life of 28 day (sulfur bk) 338.23 Kg/cm²
- (2) Recycle concrete with mix design K-300, compressive strength of characteristic which reached equal :
 - Life of 7 day (sulfur bk) 345.22 Kg/cm²
 - Life of 28 day (sulfur bk) 310.80 Kg/cm²

From this data seen thatex- concretes materials/ breakdown concrete still be good enough re-used as rugged aggregate for concrete mixture. Even though, the usage assessed not be economic from the angle of expense, because expense of work of the processings until becoming readily material using, at this study a few compared are costlier expense of ordinary materials.

DAFTAR ISI

	Hal
LEMBAR JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR NOTASI	x
BAB I. PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Permasalahan	2
I.3 Maksud dan Tujuan	3
I.4 Pembatasan Masalah	3
I.5 Metodologi Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Bahan-Bahan Penyusun Beton	6
II.1.1 Semen	10
a. Umum	10
b. Semen Portland	10
c. Komposisi Semen Portland	11
d. Persyaratan Kimia Komposisi Semen Portland.....	14

e.	Jenis-Jenis Semen Portland	15
f.	Sifat – sifat Semen Portland	18
II.1.2	Agregat Halus	19
a.	Umum	19
b.	Persyaratan Umum Agregat Halus	20
II.1.3	Agregat Kasar	22
a.	Umum	22
b.	Persyaratan Umum Agregat Kasar.....	22
II.1.4	Air	24
a.	Umum.....	24
b.	Sumber – sumber Air Yang Kita Kenal	26
c.	Persyaratan Umum Air Untuk Campuran Beton.....	29
II.1.5	Bahan Tambahan	30
a.	Umum.....	30
b.	Plastiment. VZ	32
 BAB III. METODOLOGI PENELITIAN		
III.1	Pemeriksaan Agregat Halus	33
III.1.1	Pencucian Pasir Lewat Ayakan No.200	33
III.1.2	Pemeriksaan Kandungan Organik (Colorimetric Test)	34
III.1.3	Pemeriksaan Berat Jenis dan Absorpsi	35
III.1.4	Pemeriksaan Gradasi dan Modulus Kehalusan	37
III.2	Pemeriksaan Agregat Kasar	38
III.2.1	Pemeriksaan Berat Jenis dan Absorpsi	39
III.2.2	Pemeriksaan Gradasi dan Modulus Kehalusan	40

III.2.3	Pemeriksaan Keausan Dengan Mesin Los Angeles	41
III.2.4	Pemeriksaan Agregat Dengan Percobaan Rudeloff.....	43
III.3	Material Beton Bekas	44
III.3.1	Penyediaan Material	44
III.3.2	Proses Penghancuran Material	45
III.4	Pembuatan Benda Uji Kubus Beton	46
III.4.1	Perencanaan Campuran Beton Benda Uji	46
III.4.2	Pembuatan Benda Uji	51
III.5	Pemeriksaan Benda Uji	52
III.5.1	Pengujian Kuat Tekan Beton	52
III.5.2	Perhitungan Kekuatan Tekan Karakteristik Beton	53
BAB IV. PEMBAHASAN		
IV.1	Hasil Pemeriksaan	54
IV.2	Pemeriksaan Pada Beton	54
IV.3	Kuat Tekan Karakteristik Beton	55
IV.4	Kajian Biaya Bahan/Material	56
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN		
V.1	Kesimpulan	59
V.2	Saran	59
DAFTAR PUSTAKA		61
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel II.1. Bahan Dasar Pembuatan Semen Portland	12
Tabel II.2. Kandungan Senyawa - Senawa Semen	13
Tabel II.3. Komposisi Semen Portland	14
Tabel II.4. Batas-Batas Gradasi Agregat Halus	21
Tabel II.5. Batas-Batas Gradasi Agregat Kasar	23
Tabel II.6. Komposisi Kimia dalam Air Laut	27
Tabel III.1. Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum	48
Tabel III.2. Jumlah Air Bebas Untuk Campuran Beton	49
Tabel IV.1. Kuat Tekan Karakteristik Beton	55

DAFTAR GAMBAR

	Lampiran
Gambar Mixer dan Material Daur Ulang.....	D-1
Gambar Sample Kubus 15 x 15.....	D-2
Gambar Bacaan	D-3
Gambar Sample Kubus 15 x 15 dan Timbangan Sample	D-4
Gambar Timbangan Sample dan Bacaan Timbangan	D-5
Gambar Oven dan Timbangan Digital.....	D-6
Gambar Semen Padang Type I dan Larutan NaOH	D-7
Gambar Bak Perendam	D-8
Gambar Cetakan Kubus dan Alat Slump Test.....	D-9
Gambar Ayakan Standar Agregat.....	D-10
Gambar Agregat Split Kasar dan Agregat Split Halus	D-11
Gambar Agregat Split Sedang	D-12
Gambar Pasir dan Material Daur Ulang.....	D-13
Gambar Strenght Test	D-14
Gambar Molen dan Cawan.....	D-15

DAFTAR NOTASI

- $\sigma'b$: Kuat tekan beton yang didapat dari hasil pengujian (Kg/cm^2)
- $\sigma'bk$: Kuat tekan karakteristik beton (Kg/cm^2)
- $\sigma'bm$: Kuat tekan rata-rata (Kg/cm^2)
- P : Beban tekan (Kg)
- A : Luas permukaan benda uji (Cm^2)
- Σ : Jumlah
- N : Jumlah benda uji
- S : Standart deviasi



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kemajuan teknologi sangat mempengaruhi kehidupan manusia, pemikiran bertambah maju, cara kerja bertambah efisien dan ekonomis. Begitu juga dengan bangunan-bangunan saat ini, dimana-mana terlihat bangunan baru, seperti gedung bertingkat, perumahan, pasar swalayan, stadion olah raga, menara-menara, toko-toko, lapangan terbang, semuanya dilaksanakan dengan memerlukan material beton.

Berdirinya bangunan baru, seperti bangunan bertingkat tinggi maupun bangunan sipil semuanya tidak luput dari penggunaan material beton, tetapi individu yang bergerak dibidang industri bangunan selayaknya mengetahui mendetail mengenai struktur beton dan bahan-bahan untuk pembuat beton, terutama bahan pengisi beton seperti agregat kasarnya, Sehingga sebagai perencana ataupun sebagai pelaksana pada pekerjaan industri konstruksi tidak mendapatkan kendala serius bila material di lapangan terjadi kesulitan pengadaan / keterbatasan seperti agregat kasar. Konstruksi beton benar - benar memerlukan perencanaan campuran dan pelaksanaan yang teliti, Oleh sebab itu percobaan material beton **daur ulang** sebagai pengganti agregat kasar perlu dilakukan di laboratorium, agar diperoleh kuat tekan beton yang sesuai atau yang diharapkan. Pemeriksaan secara lebih dekat dilakukan untuk memperoleh beton ideal untuk konstruksi sehingga dalam pelaksanaannya dapat menghasilkan kerja yang efisien, dan memberikan hasil yang memenuhi syarat sesuai dengan standard yang

penting perlu juga dilakukan perhitungan biaya produksi terutama untuk agregat kasar beton bekas untuk dibandingkan dengan material yang konvensional, agar dibuat apakah memiliki nilai ekonomis.

Di saat meruntuhkan atau menghancurkan suatu bangunan lama untuk mendirikan suatu bangunan baru yang lebih memenuhi syarat fisik dan kekuatannya, maka limbah beton bekas atau beton hancur yang dihasilkan cukup banyak dan biasanya dibuang begitu saja pada suatu tempat. Pada saat ini pembuangan tersebut mungkin belum menjadi masalah. Namun lambat laun lahan untuk penumpukan akan semakin menyempit dan secara ekonomis akan mengurangi lahan produktif.

Dari segi materialnya, maka limbah beton bekas ini mungkin dapat digunakan kembali sebagai agregat kasar pengganti kerikil atau batu pecah pada suatu campuran beton. Dengan mengecilkan fraksi butir-butir pada beton bekas atau dispesifikasi sedemikian rupa sehingga mendekati tekstur butiran krikil, diharapkan campuran beton yang berbentuk masih memenuhi syarat-syarat kekuatan yang diinginkan atau direncanakan.

1.2. Permasalahan

Masalah pencemaran lingkungan akibat limbah-limbah industri/struktur dewasa ini cukup mengkhawatirkan dan sudah menjadi masalah universal. Oleh sebab itu semakin dibutuhkan teknologi yang berwawasan lingkungan yang dapat meminimalkan limbah-limbah yang ada atau pengolahannya menjadi lebih bermanfaat. Karena limbah suatu buangan yang biasanya tidak memiliki nilai guna bahkan akan merusak lingkungan apabila tidak dilakukan proses

pengolahannya. Dalam penulisan tugas akhir ini akan ditinjau sejauh mana material beton bekas ini dapat dimanfaatkan kembali sebagai campuran beton. Untuk itu sebelumnya dilakukan penelitian dan percobaan-percobaan untuk mengetahui apakah limbah-limbah tersebut dapat **didaur ulang** untuk pemanfaatan kembali.

1.3. Maksud dan Tujuan

Maksud penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana *mengenai pemanfaatan kembali limbah beton bekas sebagai agregat kasar (split) pada campuran beton.*

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui perbandingan kuat tekan beton antara agregat kasar beton sisa (daur ulang) dengan agregat kasar batu pecah (split).
2. Untuk mengetahui perbandingan biaya / harga agregat kasar daur ulang di lapangan dengan agregat kasar (split) biasa.

1.4. Pembatasan masalah

Dengan pertimbangan agar permasalahan yang akan kita bahas tidak melebar, mengingat luasnya sifat-sifat yang dimiliki oleh beton dan untuk mempermudah penulisan tugas akhir ini, maka penulis menganggap perlunya diadakan pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Material beton bekas diambil dari bahan sisa pecahan sample silinder Proyek Gedung Tenaga Kesehatan Politeknik Kesehatan Medan yang telah

diuji di Laboratorium Bahan Rekayasa Politeknik Negeri Medan Jurusan Teknik Sipil, Medan.

2. Mix design menggunakan mutu beton K-300 dengan proporsi yang sama, percobaan minimal 2 variasi, yaitu :
 - Campuran Beton dengan menggunakan beton bekas (daur ulang) sebagai pengganti agregat kasar.
 - Campuran beton dengan menggunakan batu pecah (split) sebagai agregat kasarnya.
3. Masalah yang ditinjau adalah:
 - Kekuatan tekan
 - Kemudahan pengerjaan
 - Kajian ekonomis.

1.5. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Study Experimental merupakan serangkaian pengujian dilaboratorium, meliputi :
 - Pemeriksaan agregat
 - Pembuatan benda uji beton
 - Pengujian kekuatan tekan beton.

Berdasarkan tata cara rencana campuran Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971.

2. Study Literature digunakan sebagai dasar pembahasan secara teoritis dengan menggunakan sumber teori yang berhubungan dengan penelitian ini.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Bahan-Bahan Penyusun Beton

Beton merupakan gabungan material yang terdiri dari agregat dan bahan pengikat yang mempersatukan agregat tersebut. Selain itu dapat pula ditambahkan bahan-bahan tambah lain untuk mendapatkan sifat-sifat beton yang diinginkan. Seorang perencana harus dapat membuat perencanaan yang ekonomis dalam hal jumlah bahan penyusun beton untuk mencapai kekuatan yang diinginkan. Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang pada saat ini banyak dipakai di Indonesia dalam pembangunan fisik. Karena sifatnya yang unik maka diperlukan pengetahuan yang cukup luas, antara lain mengenai sifat bahn dasarnya, cara pembuatannya, cara evaluasinya dan variasi bahan tambahannya.

Dalam bidang bangunan yang dimaksud dengan beton adalah campuran dari agregat halus dan agregat kasar (pasir, kerikil, batu pecah, atau jenis agregat lain) dengan semen, yang dipersatukan oleh dalam perbandingan tertentu. Beton juga 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. Bahan-bahan pilihan itu adalah semen, air, dan agregat. Agregat dapat berupa kerikil, batu pecah, sisa bahan mentah tambang, agregat ringan buatan, pasir, atau bahan sejenis lainnya. Agregat, semen, dan air, dalam perbandingan tertentu dicampur bersama-sama sampai campuran menjadi homogen dan bersifat plastis sehingga mudah dikerjakan. Karena hidrasi semen oleh air, adukan tersebut akan

mengeras/membantu, dan memiliki kekerasan dan kekuatan yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai tujuan. Dalam adukan beton, campuran air dan semen membentuk pasta yang disebut pasta semen. Pasta semen ini, kecuali mengisi pori-pori diantara butiran-butiran agregat halus, juga berfungsi sebagai perekat/pengikat. Dalam proses pengerasan sehingga butiran-butiran agregat saling terikat dengan kuat, dan terbentuklah suatu masa yang kompak/padat.

Jika digunakan suatu jenis pasta semen tertentu, variasi-variasi semen pada adukannya, memperlihatkan hal-hal sebagai berikut :

1. Makin banyak pasta semen, mengakibatkan adukan beton makin encer, harga makin mahal, makin mudah berpori, makin mudah mendapatkan permukaan yang halus/licin, tetapi makin besar susut pengerasannya.
2. Makin kurang jumlah pasta semen, berakibat adukan makin kaku/kasar, harganya makin murah, makin sulit pengisian rongga-rongga, makin kasar permukaannya, makin kurang susut pengerasannya.
3. Jumlah pasta semen yang terlalu kurang sehingga tidak semua rongga terisi penuh, menghasilkan adukan kasar yang sukar ditempatkan dan mudah terjadi sarang-sarang kerikil.

Pada umumnya beton terdiri dari kurang lebih 15% semen, 10% air, 3% udara, selebihnya pasir dan kerikil. Campuran tersebut setelah mengeras mempunyai sifat yang berbeda-beda, tergantung pada cara pembuatannya. Perbandingan campuran, cara menyampur, cara mengangkut, cara mencetak, cara memadatkan, cara merawat, dan sebagainya akan mempengaruhi sifat-sifat beton. Sifat-sifat beton yang akan diuraikan tidak terlalu semua harus dimiliki oleh konstruksi beton, dan sifat-sifat tersebut juga relatif ditinjau dari sudut pemakaian

beton itu sendiri. Yang penting beton harus memiliki sifat-sifat yang sesuai dengan tujuan pemakaian beton itu. Misalnya suatu kolom bangunan, yang penting harus memiliki kekuatan tekan yang tinggi yang cukup kuat untuk menahan beban bangunan itu, sedang sifat kerapatan air tidak penting untuk diperhatikan sebaliknya lantai suatu bak air harus memiliki sifat rapat air. Dengan kata lain sifat-sifat penting dari beton yang harus ada dalam suatu konstruksi harus disesuaikan dengan kebutuhan, sehingga konstruksi lebih ekonomis.

Untuk menjamin agar beton yang dihasilkan memenuhi persyaratan yang diminta, dianjurkan agar pertama-tama menguji terlebih dahulu agregat yang akan digunakan, kemudian membuat uji coba beton atau campuran uji beton setelah rancangan campuran (*mix design*) dilakukan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi mutu beton adalah :

1. Mutu bahan batuan.
2. Jenis/mutu semen.
3. Faktor air semen.
4. Gradasi/susunan butir bahan batuan.
5. Pelaksanaan pembuatan beton.
6. Curing (pematangan) beton, yaitu perawatan beton untuk dapat mencapai kekuatan yang diinginkan.

Beton atau batuan-batuan sebagai hasil campuran dari agregat yang diikat oleh pasta semen setelah beberapa lama menjadi keras dapat dibedakan menurut bahan pembentukannya, segi pelaksanaannya, kekerasannya dan lamanya pengerasan beton tersebut;

- a. Mortal

Mortal adalah beton yang butiran-butiran agregatnya tidak melebihi ukuran 4 mm.

b. Beton segar

Beton segar adalah beton yang masih dapat dikerjakan sesuai dengan bentuk yang diinginkan.

c. Beton hijau

Beton hijau yaitu beton yang baru saja dituangkan, dan kemudian akan dipadatkan dengan alat penggetar atau dengan tusukan-tusukan, menumbuk atau dengan memukul cetakan.

d. Beton muda

Beton muda ialah beton yang menunggu atau sedang mencapai kekerasan atau beton yang telah dipadatkan 24 jam setelah pengerasan.

Dari segi berat jenis beton itu dapat dibagi menjadi :

a. Beton ringan

b. Beton biasa

c. Beton berat

Dalam beton yang direncanakan dengan seksama dan kemudian dipadatkan dengan baik terdapat hanya sedikit rongga – rongga udara, yaitu kurang dari dua persen.

Sifat – sifat beton dalam keadaan masihsegar dan setelah mengeras dapat memperlihatkan perbedaan – perbedaan yang cukup besar.

Ini tergantung pada jenis mutu serta perbandingan – perbandingan dari bahan – bahan campurannya. Oleh karena itu kita harus berusaha untuk mengenal serta menghayati akan pentingnya sifat – sifat dari bahan – bahan campuran beton tersebut yang dapat mempengaruhi perilaku beton.

II.1.1 Semen

a. Umum

Semen adalah bahan perekat hidrolis (hydraulic binder), yang berarti bahwa senyawa-senyawa yang terkandung dalam semen dapat bereaksi dengan air dan membentuk zat baru yang bersifat sebagai perekat terhadap batuan dan zat baru yang terbentuk tersebut tidak dapat larut dalam air.

Semen merupakan suatu hasil industri yang dapat menjadi sangat kompleks dengan campuran serta susunan yang berbeda – beda.

Ada beberapa jenis bahan perekat hidrolis, seperti: sement portland, semen blended, semen high alumina dan sebagainya. Selain itu bahan perekat hidrolis, dikenal juga bahan perekat non hidrolis (non-hydraulic binder), seperti: kapur (lime).

b. Semen Portland

Diantara jenis-jenis bahan perekat hidrolis yang dikenal, sement portland adalah bahan perekat yang paling luas penggunaannya sebagai bahan konstruksi pada saat ini. Penggunaannya antara lain meliputi beton, adukan, plesteran, bahan penambal, adukan encer (grout) dan sebagainya. Kata “Portland” pada sement Portland mulai digunakan ketika Joseph Aspdin, seorang pemahat batu di Inggris, pada tahun 1824 membuat paten tentang seni pahat batu-batuan. Ia membuat semen yang digunakannya dengan nama “*Portland Cement*”, karena bentuk dan warna semen yang telah mengeras menyerupai batuan yang ada di Pulau Portland.

Pada tahun 1850 semen Portland dengan kualitas yang baik dikembangkan di Inggris dengan pembukaan 4 (empat) pabrik semen. Sejak itu diberbagai negara

Eropa dan Amerika bermunculan pabrik-pabrik semen, kemudian disusun oleh Jepang pada tahun 1875 dan negara-negara lainnya.

Semen portland dipergunakan dalam semua jenis beton struktural seperti tembok, lantai, jembatan, terowongan dan sebagainya, yang diperkuat dengan tulangan atau tanpa tulangan.

Selanjutnya semen portland itu di gunakan dalam segala macam adukan seperti pondasi, telapak, dam, tembok penahan, perkerasan jalan dan sebagainya.

Apabila semen portland di campur dengan pasir atau kapur di hasilkan dengan adukan yang di pakai untuk pasangan bata atau batu, atau sebagai bahan plesteran untuk permukaan tembok sebelah luar maupun sebelah dalam.

Bilamana semen portland di campurkan dengan agregat kasar (batu pecah atau kerikil) dan agregat halus (pasir) kemudian di bubuhi air maka terdapatlah beton.

Semen portland didefinisikan sesuai dengan ASTM C150, sebagai semen hidrolik, yang di hasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang pada umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambah dengan di giling bersama dengan bahan utamanya.

c. Komposisi Semen Portland

Semen Portland adalah perekat hidrolis yang dihasilkan dari penggilingan klinker yang terdiri dari kalsium silikat (CaSiO_2) dan kalsium sulfat (CaSO_4) sebagai bahan tambahan.

Adapun bahan dasar pembuatan semen Portland tercantum pada tabel II.1.

Tabel II.1 Bahan dasar pembuatan semen Portland

Bahan Dasar	Rumur Kimia	Simbol Dalam Kimia Semen
Kapur	CaO	C
Silika	SiO ₂	S
Alumina	Al ₂ O ₃	A
Besi	Fe ₂ O ₃	F

Sumber : Tabel 1.3 Teknologi Beton Canisius 2001

Persentase bahan-bahan dasar pembuatan semen tersebut memenuhi nilai modulus hidrolis antara 1,8 – 2,2 agar didapat semen portland dengan hidrolisitas yang baik. Modulus hidrolis adalah perbandingan kadar kapur (CaO) terhadap kadar silika (SiO₂) ditambah kadar alumina (Al₂O₃) dan kadar besi (Fe₂O₃). Dalam bentuk rumus, modulus hidrolis dinyatakan sebagai berikut.

$$M = \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

Dari proses pembakaran diperoleh senyawa baru berupa klinker yang merupakan kombinasi dari keempat bahan dasar. Jumlah kombinasi keempat bahan dasar tersebut mencapai 90% dari berat semen yang dihasilkan dan dikenal sebagai komponen-komponen utama semen. Komponen-komponen utama tersebut tercantum pada tabel II.2.

Tabel II.2 Kandungan Senyawa – Senyawa Semen

Senyawa	Rumus Kimia	Simbol dalam Kimia Semen
Trikalsium Silikat	3CaO_2	C_3S (alite)
Dikalsium Silikat	$2\text{CaO}.\text{SiO}_2$	C_2S (belite)
Trikalsium Aluminat	$3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A (celite)
Tetrakalsium Aluminoforit	$4\text{CaO}.\text{Fe}_2\text{O}_3.\text{Al}_2\text{O}_3$	C_4AF (felite)
Kapur bebas	CaO	—
Batu tahu (Gips)	CaCO_4	—

Sumber : Tabel 1.2 Teknologi Beton Canisius 2001

Selain senyawa-senyawa utama di atas, 10% dari berat semen mengandung magnesium (MgO), oksida-oksida alkali (Na_2O , K_2O), titanium (TiO_2), phosphorus pentaoksida (P_2O_5) dan gypsum ($\text{Ca}_2\text{SO}_4.2\text{H}_2\text{O}$).

Spesifikasi komposisi semen Portland tergantung kepada jenis semen yang dihasilkan dan bahan baku yang digunakan pada proses produksi. Secara umum komposisi semen portland diperlihatkan pada tabel II.3.

Tabel II.3 Komposisi semen portland

Senyawa	Komposisi (% berat)
CaO	60 – 65
SiO ₂	20 – 24
Al ₂ O ₃	4 – 8
Fe ₂ O ₃	2 – 5
HgO	0,1 – 5,5
Na ₂ O + K ₂ O	0,5 – 1,3
TiO ₂	0,1 – 0,4
P ₂ O ₅	0,1 – 0,2
SO ₃	1 – 3

Sumber : Tabel 1.1 Teknologi Beton Canisius 2001

d. Persyaratan Kimia dari Komposisi Semen Portland

Komposisi semen portland harus memenuhi nilai tertentu dari perbandingan-perbandingan berikut:

- (1) Perbandingan silika (SiO₂) terhadap alumina (Al₂O₃) ditambah oksida besi (Fe₂O₃), disebut rasio silika:

$$SR = \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3}$$

Nilai SR menunjukkan apakah semen memiliki kandungan silika tinggi atau rendah, umumnya nilai SR berkisar antara 1,6 – 3,5.

- (2) Perbandingan alumina (Al₂O₃) terhadap oksida besi (Fe₂O₃), disebut rasio alumina:

$$AR = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$$

Nilai AR umumnya berkisar antara 1,6 – 3,5

- (3) Perbandingan kapur (CaO) terhadap silika (SiO₂) ditambah alumina (Al₂O₃) dan besi (Fe₂O₃), disebut faktor kejenuhan kapur (lime saturation factor):

$$LSF = \frac{1,0 CaO - 0,7 SO_3}{2,8 SiO_2 + 1,2 Al_2O_3 + 0,65 Fe_2O_3}$$

Nilai LSF berkisar antara 0,66 – 1

e. Jenis-Jenis Semen Portland

Sesuai dengan kebutuhan pemakaian semen yang disebabkan oleh kondisi lokasi ataupun kondisi tertentu yang dibutuhkan pada pelaksanaan konstruksi, dalam perkembangannya dikenal berbagai jenis semen portland, antara lain:

(1) Semen Portland Biasa

Semen portland jenis ini digunakan dalam pelaksanaan konstruksi beton secara umum apabila tidak diperlukan sifat-sifat khusus, misalnya ketahanan terhadap sulfat, panas hidrasi rendah, kekuatan awal yang tinggi dan sebagainya.

ASTM mengklasifikasikan semen jenis ini sebagai type I, sementara SII-013-81 mengklasifikasikan sebagai jenis I.

(1) Semen Portland dengan Ketahanan Sedang Terhadap Sulfat

Semen jenis ini digunakan pada konstruksi apabila dibutuhkan sifat ketahanan terhadap sulfat dengan tingkat sedang, yaitu kandungan sulfat

(SO₃) pada air tanah dan tanah masing-masing 0,08% - 0,17% dan 125 ppm, serta ph tidak kurang dari 6.

ASTM mengklasifikasikan semen jenis ini sebagai type II, sementara SII-013-81 mengklasifikasikan sebagai jenis II.

(2) Semen Portland dengan Kekuatan Awal Tinggi

Merupakan semen portland yang digiling lebih halus dan mengandung C₃S lebih banyak dibanding semen portland biasa. ASTM mengklasifikasikan semen ini sebagai type III, sementara SII-013-81 mengklasifikasikan sebagai jenis III.

Semen jenis ini memiliki pengembangan kekuatan awal yang tinggi dan kekuatan tekan pada waktu yang lama juga lebih tinggi dibanding semen portland biasa, umumnya digunakan pada keadaan-keadaan darurat, pembetonan pada musin dingin dan beton pra-tekan.

(3) Semen Portland dengan Panas Hidrasi Rendah

Semen jenis ini memiliki kandungan C₃S dan C₃A yang lebih sedikit, tetapi memiliki kandungan C₂S yang lebih banyak dibanding semen portland biasa dan memiliki sifat-sifat:

- Panas hidrasi rendah;
- Kekuatan tekan awal rendah, tetapi kekuatan tekan pada waktu yang lama sama dengan semen portland biasa;
- Susut akibat proses pengeringan rendah;
- Memiliki ketahanan terhadap bahan kimia, terutama sulfat.

ASTM mengklasifikasikan semen jenis ini sebagai type IV, sementara SII-013-81 mengklasifikasikan sebagai jenis IV.

(4) Semen Portland dengan Ketahanan Tinggi Terhadap Sulfat

Semen jenis ini memiliki ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Kekuatan tekan pada umur 28 hari lebih rendah dibanding semen portland biasa. Sementara ini diklasifikasikan sebagai type V pada ATSM, sedangkan pada SII-013-81 diklasifikasikan sebagai jenis V.

Semen jenis ini digunakan pada konstruksi apabila dibutuhkan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat, yaitu kandungan sulfat (SO_3) pada air tanah dan tanah masing-masing 0,17% - 1,67% dan 125 ppm – 1250 ppm, seperti pada konstruksi pengolahan limbah atau konstruksi di bawah permukaan air.

(5) Semen Portland dengan Kekuatan Awal Sangat Tinggi

Semen jenis ini memiliki pengembangan kekuatan awal yang sangat tinggi. Kekuatan tekan pada umur 1 hari dapat menyamai kekuatan tekan umur 3 hari dari semen dengan kekuatan awal tinggi. Semen ini digunakan pada konstruksi yang perlu segera diselesaikan atau pekerjaan perbaikan beton.

(6) Semen Portland Koloid

Semen jenis ini digunakan untuk pembetonan pada tempat dalam dan sempit. Pada penggunaannya semen ini digunakan dalam bentuk koloid dan dipompa.

(7) Semen Portland Blended

Semen portland blended dibuat dengan mencampur material selain gypsum ke dalam klinker. Umumnya bahan yang dipakai adalah terak

dapurtinggi (blast-furnase slag), pozzolan, abu terbang (fly ash) dan sebagainya.

Jenis-jenis semen portland blended adalah:

- Semen Portland Abu Terbang (Portland Fly Ash Cement);
- Semen Portland Terak Dapur tinggi (Portland Blastfurnase Slag Cement);
- Semen Super Masonary; dll.

Dalam kajian ini semen yang digunakan adalah semen yang banyak diperdagangkan atau yang dipakai secara umum, yaitu semen type I (Semen Portland Biasa) dengan merk Semen Padang.

f. Sifat – sifat semen portland

Pada pragraf – pragraf terdahulu telah dibahas mengenai senyawa – senyawa atau oksida – oksida dan kemudian ikatan – ikatan dari senyawa – senyawa tersebut yang terdapat dalam semen portland.

Sifat – sifat semen portland sangat di pengaruhi oleh susunan ikatan dari oksida – oksida serta dari bahan – bahan kotoran lainnya.

Untuk menilai sifat – sifat dan mutu semen perlu di lakukan pengujian di laboratorium.

Pengujian dilaksanakan berdasarkan suatu standart yaitu standart cara pengujian dan standart persyaratan mutu.

Standart yang paling umum dianut di dunia ialah standart ASTM – C150, standart Inggris BS – 12, standart Jerman DIN dan standart “Internasional Standart Organization” ISO

II.1.2 Agregat Halus

a. Umum

Agregat halus adalah butiran mineral yang dapat melalui ayakan persegi 4,8 mm, dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami batu-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan alat pemecah batu (stone crusher).

Pasir alam dapat dijumpai sebagai gundukan-gundukan di sepanjang sungai, sering disebut sebagai pasir sungai dan memiliki bentuk butiran bulat. Disamping itu pasir alam juga dapat berupa bahan galian dari gunung, disebut sebagai pasir gunung dan memiliki butiran yang tajam.

Agregat halus dapat digolongkan menjadi tiga jenis :

1. Pasir galian

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

2. Pasir sungai

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

3. Pasir laut

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Bentuk butirannya halus dan bulat, karena proses gesekan. Pasir jenis ini banyak mengandung garam, oleh

karena itu kurang baik untuk bahan bangunan. Garam yang ada dalam pasir ini menyerap kandung air dari udara, sehingga mengakibat pasir selalu agak basah, dan juga menyebabkan pengembangan setelah bangunan setelah selesai dibangun. Oleh karena itu, sebaiknya pasir jenis ini tidak digunakan untuk bahan bangunan.

b. Persyaratan Umum Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan untuk pembuatan beton harus memiliki susunan butiran yang beraneka ragam sesuai dengan batas-batas gradasi agregat halus yang baik. Hal ini akan memperkecil ruang-ruang kosong dan menghasilkan beton yang padat.

Ruang-ruang kosong yang diisi oleh pasir memungkinkan pemakaian semen yang minimal, juga berarti akan mengurangi penyusutan. Batas-batas gradasi agregat halus diperlihatkan pada tabel II.4.

Tabel II.4 Batas-batas gradasi agregat halus

Lubang Ayakan mm	Persen Tembus Kumulatif %
9,5	100
4,75	98,2
2,36	95,7
1,18	68,5
0,60	27,8
0,30	7,6
0,15	1,2
0,15	0

Sumber : Tabel 11.5 Teknologi Beton Canisius 2001

Selain batas-batas gradasi di atas, agregat halus juga harus memenuhi beberapa persyaratan lain, yaitu:

- (1) Agregat halus tidak dibenarkan mengandung lumpur, diartikan sebagai bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm, lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering).
- (2) Agregat halus tidak dibenarkan mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak, dibuktikan dengan percobaan warna Abrams-Harder.
- (3) Pada dua ayakan yang berurutan, butiran yang tertahan tidak dibenarkan lebih dari 45% jumlah keseluruhan serta modulus kehalusan $\geq 2,3$ dan $\leq 3,2$.
- (4) Agregat halus untuk beton yang senantiasa basah, lembab atau mengalami kontak langsung dengan tanah basah tidak dibenarkan mengandung bahan yang bereaksi dengan alkali yang terkandung dalam semen.

Dalam hal ini harus digunakan semen dengan kadar alkali kurang dari 0,60% atau digunakan bahan tambahan yang dapat mengurangi pemuai akibat reaksi alkali agregat.

- (5) Kehilangan berat setelah 5 kali siklus perendaman pada pengujian keawetan tidak boleh lebih dari 10% jika digunakan sodium sulfat dan tidak boleh lebih dari 15% jika digunakan magnesium sulfat.

II. 1.3 Agregat Kasar

a. Umum

Agregat kasar, seperti halnya agregat halus, merupakan batuan hasil desintegrasi alami batu-batuan. Bentuk butiran agregat kasar umumnya bulat dengan permukaan licin dan tersusun dari beberapa ukuran butiran, serta memiliki ukuran butiran minimum tertinggal diatas ayakan dengan lubang 4,8 mm, tetapi lolos ayakan 40 mm.

b. Persyaratan Umum Agregat Kasar

Agregat kasar untuk pembuatan beton harus memiliki susunan butiran yang beraneka ragam ukurannya. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi ruang-ruang kosong diantara agregat tersebut, sehingga akan mengurangi penggunaan semen atau tercapainya penggunaan semen yang minimal. Bila diayak dengan susunan ayakan tertentu, agregat kasar harus memenuhi batas-batas gradasi seperti tercantum pada tabel II. 5 berikut.

Tabel II.5 Batas-batas gradasi agregat kasar

Lubang Ayakan (mm)	Persen Tembus Komulatif (%)
75	100
50	97,32
37,5	88,4
30	74,1
25	51,0
19	17,6
12	1,1
9,5	0,2
4,75	0,1
2,36	0
1,18	0
0,60	0
0,30	0
0,15	0
0,15	0

Sumber : Tabel 11.6 Teknologi Beton Canisius 2001

Selain memenuhi persyaratan gradasi di atas, agregat kasar sebagai bahan pembentuk beton harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- (1) Agregat kasar harus terdiri dari butiran yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butiran pipih dapat dipakai apabila jumlah butiran pipih tersebut tidak melebihi 20% dari berat agregat kasar keseluruhan. Butiran agregat kasar harus keras, artinya tidak hancur oleh pengaruh terik matahari dan hujan.
- (2) Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur, diartikan sebagai bagian-bagian yang dapat melewati ayakan 0,063 mm, lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering).

- (3) Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.
- (4) Kekerasan butiran agregat kasar, diperiksa dengan bejana penguji Rudeloff, harus memenuhi persyaratan berikut:
- Tidak terjadi pembubukan lebih dari 24% pada fraksi 9,5 mm – 19,0 mm;
 - Tidak terjadi pembubukan lebih dari 22% pada fraksi 19,0 mm – 30,0 mm.
- (5) Jika pengujian kekerasan dilakukan dengan mesin pengaus Los Angeles, tidak boleh terjadi keausan lebih dari 50% berat.

II.1.4 Air

a. Umum

Air dalam tiga wujudnya, cairan di laut, es yang mengambang, dan awan di udara yang merupakan uap air.

Air adalah zat kimia yang penting bagi semua bentuk kehidupan yang diketahui sampai saat ini di bumi, tetapi tidak di planet lain. Air menutupi hampir 71% permukaan bumi. Terdapat 1,4 triliun kilometer kubik (330 juta mil³) tersedia di bumi. Air sebagian besar terdapat di laut (air asin) dan pada lapisan-lapisan es (di kutub dan puncak-puncak gunung), akan tetapi juga dapat hadir sebagai awan, hujan, sungai, muka air tawar, danau, uap air, dan lautan es. Air dalam obyek-obyek tersebut bergerak mengikuti suatu siklus air, yaitu: melalui penguapan, hujan, dan aliran air di atas permukaan tanah (*runoff*, meliputi mata air, sungai, muara) menuju laut. Air bersih penting bagi kehidupan manusia. Di banyak tempat di dunia terjadi kekurangan persediaan air. Selain di bumi, sejumlah besar air juga diperkirakan terdapat pada kutub utara dan selatan planet Mars, serta pada bulan-bulan Europa dan Enceladus. Air dapat berwujud padatan (es), cairan (air) dan gas (uap air). Air merupakan satu-satunya zat yang secara alami terdapat di permukaan bumi dalam ketiga wujudnya tersebut. Pengaturan air yang kurang baik dapat menyebabkan kekurangan air, monopolisasi serta privatisasi dan bahkan menyulut konflik.

Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H_2O : satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air bersifat tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) and temperatur 273,15 K (0 °C). Zat kimia ini merupakan suatu pelarut yang penting, yang memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia lainnya, seperti garam-garam, gula, asam, beberapa jenis gas dan banyak macam molekul organik.

Keadaan air yang berbentuk cair merupakan suatu keadaan yang tidak umum dalam kondisi normal, terlebih lagi dengan memperhatikan hubungan antara hidrida-hidrida lain yang mirip dalam kolom oksigen pada tabel periodik, yang mengisyaratkan bahwa air seharusnya berbentuk gas, sebagaimana hidrogen sulfida. Dengan memperhatikan tabel periodik, terlihat bahwa unsur-unsur yang mengelilingi oksigen adalah nitrogen, fluor, dan fosfor, sulfur dan klor. Semua elemen-elemen ini apabila berikatan dengan hidrogen akan menghasilkan gas pada temperatur dan tekanan normal. Alasan mengapa hidrogen berikatan dengan oksigen membentuk fasa berkeadaan cair, adalah karena oksigen lebih bersifat elektronegatif ketimbang elemen-elemen lain tersebut (kecuali fluor). Tarikan atom oksigen pada elektron-elektron ikatan jauh lebih kuat dari pada yang dilakukan oleh atom hidrogen, meninggalkan jumlah muatan positif pada kedua atom hidrogen, dan jumlah muatan negatif pada atom oksigen. Adanya muatan pada tiap-tiap atom tersebut membuat molekul air memiliki sejumlah momen dipol. Gaya tarik-menarik listrik antar molekul-molekul air akibat adanya dipol ini membuat masing-masing molekul saling berdekatan, membuatnya sulit untuk dipisahkan dan yang pada akhirnya menaikkan titik didih air. Gaya tarik-menarik ini disebut sebagai ikatan hidrogen.

Air sering disebut sebagai *pelarut universal* karena air melarutkan banyak zat kimia. Air berada dalam kesetimbangan dinamis antara fase cair dan padat di bawah tekanan dan temperatur standar. Dalam bentuk ion, air dapat dideskripsikan sebagai sebuah ion hidrogen (H^+) yang berasosiasi (berikatan) dengan sebuah ion hidroksida (OH^-).

Kekuatan dan mutu beton umumnya sangat penting dipengaruhi oleh jumlah air yang dipergunakan. Air yang dipergunakan harus sesuai pada batas yang memungkinkan untuk pelaksanaan pekerjaan campuran beton dengan baik.

Jarang sekali kita menaruh perhatian terhadap mutu air yang akan dipergunakan untuk campuran beton, biasanya air campuran beton di anggap cukup baik, bilamana air itu dapat di minum.

Air minum yang terdapat di kota relatif bebas dari bahan – bahan kimia atau bahan – bahan lain yang dapat merugikan beton

Namun demikian tidak semua air yang dapat diminum itu akan memuaskan apabila di pakai sebagai air campuran beton.

Di beberapa daerah air minum itu mengandung cukup banyak sulfat.

Air yang mengandung sedikit gula dan sulfat dapat di gunakan untuk air minum.

Air buangan yang mengandung kotoran – kotoran berupa bahan – bahan buangan industri dapat mengurangi mutu beton.

b. Sumber – sumber air yang kita kenal

1. Air yang terdapat di udara.

Air yang terdapat di udara atau air atmosfer ada di sekitar kita yaitu dalam awan.

Kemurnian dari jenis air ini adalah sangat tinggi namun demikian sampai kini belum mungkin untuk memperoleh air atmosfer itu dengan cara yang mudah.

2. Air laut.

Air laut yang mengandung antara 30.000 mg/l – 36.000 mg/l atau 3 – 3,6% garam, pada umumnya dapat di gunakan sebagai air campuran beton tak bertulang.

Unsur – unsur yang terdapat dalam air laut adalah sebagai berikut :

Tabel II.6 Komposisi Kimia dalam Air Laut

Senyawa	Konsentrasi g/kg pada salinitas 35 ppt
Klorida (Cl)	19.353
Natrium (Na)	10.730
Sulfat (S)	2.712
Magnesium (Mg)	1.294
Kalsium (Ca)	0.413
Kalium (K)	0.387
Bicarbonat (HCO ₃)	0.142
Bromida (Br)	0.067
Strontium (Sr)	0.008
Brom (B)	0.004
Flourida (F)	0.001

Sumber : Buletin Mina Diklat, Oktober 2003 oleh Rahbiah

Air asin yang terdapat di pedalaman, mengandung antara 1000 – 5000 mg/l garam.

Air dengan kadar garam sedang, mengandung antara 2000 – 10000 mg/l garam.

Air laut tidak boleh di gunakan untuk pembuatan beton pratekan, yang batang – batang baja pratekannya berhubungan langsung dengan betonnya. Pasir dan kerikil yang di peroleh dari laut kadang – kadang di pakai untuk pembuatan beton

.kadar garam pada agregat tersebut biasanya tidak lebih dari 1% dari berat air campuran.

Jenis agregat demikian itu , bilamana di campur dengan air yang dapat di minum, kadar garamnya akan turun dan akan menjadi lebih rendah dari pada kadar garam air laut.

3. Air hujan.

Air hujan yang sedang turun menyerap gas – gas serta uap dari udara. Udara terdiri dari komponen – komponen utama antara lain : Zat asam (oxygen), Nitrogen dan karbonioxida. Bahan – bahan padat serta garam yang larut dalam air hujan terjadi akibat kondensasi.

4. Air permukaan

Air permukaan dapat di bagi dalam : air sungai, air danau dan air reservoir. Erosi yang di sebabkan oleh aliran air permukaan, membawa serta bahan – bahan organik dan mineral – mineral. Air sungai dan air danau dapat di gunakan sebagai air campuran beton, asalkan tidak tercampur oleh air pembuangan industri. Air dari rawa – rawa serta terdapat dalam genangan – genangan, tercampur oleh bahan – bahan organik, sehingga sama sekali tidak boleh di pakai untuk air campuran beton.

5. Air tanah

Air tanah terutama terdiri dari :

Kation : Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ dan K^+

Anion : $\text{CO}_3^{=}$, HCO_3^- , SO_4^- , Cl^- , NO_3^-

Dan dalam kadar yang lebih rendah adalah unsur unsur :

Fe , Mn , Al , B , F dan Se

Di samping itu air tanah menyerap pula gas – gas serta bahan – bahan organik seperti CO_2 , H_2S dan NH_3 .

Jumlah air yang digunakan pada campuran beton dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu:

- (1) Air bebas, yaitu air yang digunakan untuk keperluan hidrasi semen.
- (2) Air serapan agregat.

c. Persyaratan Umum Air Untuk Campuran Beton

Air yang digunakan untuk campuran beton harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- (1) Air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garam, bahan-padat, bahan terlarut, bahan organik, sulfat, khalorida dan bahan lainnya yang dapat merusak beton dan baja tulangan, sebaiknya digunakan air bersih yang dapat diminum.
- (2) Apabila terdapat keragu-raguan mengenai air, dianjurkan untuk mengirimkan contoh air ke lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui untuk diselidiki sampai seberapa jauh air itu mengandung zat-zat yang dapat merusak beton dan/atau tulangan.
- (3) Jumlah air yang dipakai untuk membuat adukan beton dapat ditentukan dengan ukuran isi atau ukuran berat dan harus dilakukan setepat-tepatnya.

II.1.5 Bahan Tambahan

a. Umum

Bahan tambahan (admixture) adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan, yang dibubuhkan pada campuran beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu. Penggunaan bahan tambahan seharusnya hanya dipertimbangkan untuk beton yang ingin diubah sifatnya karena suatu alasan tertentu maupun yang tidak dapat dimodifikasi dengan perubahan profeksi dari komposisi campuran beton normalnya. Misalnya *plasti-cizer* untuk menjadikan suatu campuran yang kaku lebih plastis.

Tujuan penggunaan bahan tambah untuk beton (admixture) secara umum adalah untuk memperoleh sifat-sifat beton yang diinginkan, sesuai dengan tujuan/keperluannya.

Sifat-sifat beton yang dapat diperbaiki antara lain :

1. Memperbaiki kelecakan beton segar
2. Mengatur faktor air semen pada beton segar
3. Mengurangi penggunaan semen
4. Mencegah terjadinya segregasi dan bleeding
5. Mengatur waktu pengikatan aduk beton
6. Meningkatkan kuat desak beton keras
7. Meningkatkan sifat kedap air pada beton keras
8. Meningkatkan sifat tahan lama pada beton keras (lebih awet) sifat tahan lama ini dapat berhubungan dengan tahan terhadap pengaruh zat kimia, tahan terhadap gesekan, dan sebagainya.

II.1.5 Bahan Tambahan

a. Umum

Bahan tambahan (admixture) adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan, yang dibubuhkan pada campuran beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu. Penggunaan bahan tambahan seharusnya hanya dipertimbangkan untuk beton yang ingin diubah sifatnya karena suatu alasan tertentu maupun yang tidak dapat dimodifikasi dengan perubahan profeksi dari komposisi campuran beton normalnya. Misalnya *plasti-cizer* untuk menjadikan suatu campuran yang kaku lebih plastis.

Tujuan penggunaan bahan tambah untuk beton (admixture) secara umum adalah untuk memperoleh sifat-sifat beton yang diinginkan, sesuai dengan tujuan/keperluannya.

Sifat-sifat beton yang dapat diperbaiki antara lain :

1. Memperbaiki kelecakan beton segar
2. Mengatur faktor air semen pada beton segar
3. Mengurangi penggunaan semen
4. Mencegah terjadinya segregasi dan bleeding
5. Mengatur waktu pengikatan aduk beton
6. Meningkatkan kuat desak beton keras
7. Meningkatkan sifat kedap air pada beton keras
8. Meningkatkan sifat tahan lama pada beton keras (lebih awet) sifat tahan lama ini dapat berhubungan dengan tahan terhadap pengaruh zat kimia, tahan terhadap gesekan, dan sebagainya.

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah dari bahan tambahan kimia. Jika ditinjau dari fungsinya, ASTM membagi bahan tambah untuk beton menjadi 7 jenis

- (1) Type A *water reducing admixture*, yaitu bahan tambahan yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampuran pembuatan beton dengan konsistensi tertentu.
- (2) Type B *Retarding admixture*, yaitu bahan tambahan yang berfungsi untuk menghambat pengikatan beton
- (3) Type C *Accelerating admixture*, yaitu bahan tambahan yang berfungsi untuk mempercepat waktu pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.
- (4) Type D *Water reducing & retarding admixture*, yaitu bahan tambahan yang selain mengurangi air pencampur yang diperlukan dalam menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, juga untuk menghambat waktu pengikatan beton.
- (5) Type E *Water reducing & accelerating admixture*, yaitu bahan tambahan yang selain mengurangi air pencampur yang diperlukan dalam menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, juga mempercepat waktu pengikatan.
- (6) Type F *Water reducing & high range admixture*, yaitu bahan tambahan yang berfungsi mengurangi air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebanyak 12% atau lebih.
- (7) Type G *Water reducing high range & retarding admixture*, yaitu bahan tambahan yang selain mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan dalam menghasilkan beton dengan konsistensi 12% atau lebih, juga menghambat waktu pengikatan beton.

b. Bahan Tambahan Plastiment VZ

Plastiment VZ adalah jenis bahan tambahan berupa cairan dan tergolong type D *Water reducing & retarding admixture*, adapun kegunaannya adalah menghambat pengikatan beton dengan pengunduran waktu ikat awal (± 3 jam) dan penurunan slump (slump loss) yang lebih lama. Disamping itu juga dapat meningkatkan workabilitas dan kekuatan beton.

Penggunaan Plastiment VZ sebagai bahan tambahan disarankan untuk beton bila dibutuhkan modifikasi karakteristik waktu pengikatan atau perbaikan workabilitas pada pelaksanaan pengecoran (placing), seperti pada:

- Beton pompa (pumped concrete)
- Beton siap campur (ready mix concrete)
- Beton pracetak (precast)
- Shotscrete (wet mix)
- Beton prategang (prestress)

Technical data:

- | | |
|------------------------|--|
| (1) Type | : Water reducing & retarding admixture |
| (2) Warna | : Kuning Pekat |
| (3) Berat jenis | : 1,13 kg/l |
| (4) Tempat penyimpanan | : Bebas dari suhu rendah (pembekuan) |
| (5) Kemasan | : 205 liter/ drum |
| (6) Dosis | : 300 ± 50 ml untuk pemakaian 100 kg semen |
| (7) Aplikasi | : Dicampur dengan air untuk adukan semen. |

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Pemeriksaan Agregat Halus

Pemeriksaan yang dilakukan pada agregat halus meliputi:

- (1) Pencucian pasir lewat ayakan no. 200;
- (2) Pemeriksaan kandungan organik (Colorimetric Test);
- (3) Pemeriksaan berat jenis dan absorpsi;
- (4) Pemeriksaan gradasi dan modulus kehalusan.

III.1.1 Pencucian Pasir Lewat Ayakan No. 200

A. Tujuan:

Untuk memeriksa kandungan lumpur pasir.

B. Peralatan:

- a. Ayakan no. 200
- b. Oven

C. Bahan:

- a. Pasir
- b. Air

D. Prosedur Pemeriksaan:

- a. Timbang pasir sebanyak 500 gram
- b. Tuangkan pasir di atas ayakan dan dicuci dengan air.
- c. Pasir dicuci sambil diremas agar gumpalan lumpur melarut. Hingga akhirnya air yang melalui ayakan kelihatan jernih.

- d. Pasir yang tertahan pada ayakan dituang ke pan. Air yang tersisa disedot dengan jarum pengedot hingga tidak ada genangan di atas pan.
- e. Masukkan pan yang berisi pasir tersebut ke dalam oven dengan suhu $(100 \pm 5) ^\circ\text{C}$ selama 24 jam.
- f. Setelah 24 jam pasir dikeluarkan, kemudian ditimbang dan dicatat beratnya. Berat yang hilang merupakan berat pasir yang melalui ayakan no. 200 atau berupa lumpur.

E. Pedoman:

Agregat halus tidak dibenarkan mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan dari berat kering). Apabila kadar lumpur melebihi 5% maka pasir harus dicuci.

III.1.2 Pemeriksaan Kandungan Organik (*Colorimetric Test*)

A. Tujuan:

Untuk memeriksa kadar bahan organik yang terkandung dalam pasir.

B. Peralatan:

- a. Botol terbuat dari gelas bening kapasitas 500 ml, memakai tutup yang tidak tembus air.
- b. Standard warna.

C. Bahan:

- a. Pasir
- b. Larutan NaOH 3%.

D. Prosedur Pemeriksaan:

- a. Masukkan pasir sebanyak 130 ml ke dalam gelas bening dan isikan larutan NaOH 3% hingga volume pasir dan larutan menjadi 200 ml.
- b. Pasir diaduk dengan baik dan didiamkan selama 24 jam.
- c. Setelah didiamkan 24 jam warna larutan akan berubah. Tentukan warna larutan dengan menggunakan standard warna.

E. Pedoman:

Standard warna no. 3 adalah batas yang menentukan apakah kadar bahan organik pada pasir lebih atau kurang dari yang disyaratkan.

III.1.3 Pemeriksaan Berat Jenis dan Absorpsi**A. Tujuan:**

Untuk menentukan berat jenis dan persentase absorpsi pasir.

B. Peralatan:

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- b. Piknometer dengan kapasitas 500 ml
- c. Kerucut terpancung, diameter bagian atas (40 ± 3) mm, diameter bagian bawah (75 ± 3) mm dan dibuat dari logam dengan tabel minimum 0,8 mm.
- d. Batang perojok yang memiliki bidang perojok yang rata, berat (340 ± 15) gram dan diameter permukaan perojok (25 ± 3) mm.
- e. Oven
- f. Bejana
- g. Cawan.

C. Bahan:

- a. Pasir
- b. Air

D. Prosedur Pemeriksaan:

- a. Keringkan pasir menggunakan oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat konstan.
- b. Pasir direndam selama 24 jam.
- c. Buang air perendam, tebarkan pasir di atas talam dan keringkan di udara panas. Pengeringan dilakukan hingga tercapai keadaan SSD.
- d. Periksa keadaan SSD dengan menyisihkan pasir kedalam kerucut terpancung dan dipadatkan menggunakan batang perojok. Keadaan SSD tercapai jika pasir berubah dari bentuk tercetak ketika kerucut terangkat.
- e. Segera setelah tercapai keadaan SSD pasir sebanyak 500 gram dimasukkan kedalam piknometer. Kemudian piknometer diisi dengan air hingga 90% isi piknometer dan diguncang-guncang hingga udara keluar dari dalam pori pasir.
- f. Tambahkan air hingga mencapai tanda batas.
- g. Timbang piknometer berisi pasir dan air hingga ketelitian 0,1 gram (C)
- h. Keluarkan pasir, keringkan dalam oven dengan suhu, $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ hingga berat konstan (A)
- i. Timbang berat piknometer berisi hingga tanda batas (C).

E. Pedoman:

1. Berat jenis SSD $= \frac{500}{B + 500 - C}$
2. Berat jenis kering $= \frac{500}{B + 500 - C}$
3. Berat jenis semu $= \frac{A}{B + A - C}$
4. Absorpsi $= \frac{500 - A}{A} \times 100 \%$

III.1.4 Pemeriksaan Gradasi dan Modulus Kehalusan**A. Tujuan:**

Untuk memeriksa penyebaran butiran (gradasi) dan menentukan nilai modulus kehalusan (FM)

B. Peralatan:

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,2 % dari berat pasir.
- b. Satu set ayakan dengan susunan:
9,52 mm – 4,75 mm, 2,38 mm – 1,19 mm – 0,595 mm – 0,297 mm –
0,150 mm.
- c. Penggetar
- d. Oven
- e. Splitter.

C. Bahan:

- a. Pasir.

D. Prosedur Pemeriksaan:

- a. Pasir dikeringkan menggunakan oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ hingga berat konstan
- b. Ayakan disusun dari ayakan terbesar hingga terkecil
- c. Susunan ayakan diletakkan di atas penggetar, setelah terlebih dahulu pasir dimasukkan kedalam ayakan yang paling atas, dan digetarkan selama 15 menit.
- d. Setelah selesai penggetaran, timbang berat pasir yang tertahan pada masing-masing ayakan.

E. Pedoman:

1.
$$FM = \frac{\% \text{ kumulatif tertahan hingga ayakan } \Phi 0,150 \text{ mm}}{100}$$
2. Agregat halus, dalam hal ini pasir, dibagi dalam beberapa kelas berdasarkan nilai modulus kehalusan (FM), yaitu:
 - Pasir halus : $2,20 \leq FM \leq 2,60$
 - Pasir sedang : $2,60 < FM \leq 2,90$
 - Pasir kasar : $2,90 < FM \leq 3,20$

III.2 Pemeriksaan Agregat Kasar

Pemeriksaan yang dilakukan pada agregat kasar (kerikil) meliputi:

- (1) Pemeriksaan berat jenis dan absorpsi;
- (2) Pemeriksaan gradasi dan modulus kehalusan;
- (3) Pemeriksaan keausan menggunakan mesin pengaus Los Angeles;
- (4) Pemeriksaan dengan percobaan Rudeloff.

III.2.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Absorpsi

A. Tujuan:

Untuk menentukan berat jenis dan persentase absorpsi krikil.

B. Peralatan:

- a. Keranjang kawat ukuran 3,35 mm atau 2,36 mm dan kapasitas 5 kg
- b. Bejana yang dilengkapi dengan pipa agar permukaan air selalu tetap
- c. Timbangan dengan kapasitas 5 kg dan ketelitian 0,1% dari berat contoh yang ditimbang.
- d. Oven
- e. Splitter
- f. Ayakan no. 4.

C. Bahan:

- a. Krikil
- b. Air

D. Prosedur Pemeriksaan:

- a. Krikil yang diperoleh dari pembagian menggunakan splitter diayak dengan ayakan no. 4
- b. Krikil dicuci untuk menghilangkan debu dan bahan lain yang melekat pada permukaan
- c. Rendam krikil dengan air selama 24 jam
- d. Setelah 24 jam, keluarkan krikil dari dalam air dan keringkan menggunakan kain yang menyerap air hingga tercapai keadaan SSD.
- e. Timbang krikil dalam keadaan SSD sebanyak 2500 gram (B)

- f. Kerikil dimasukkan kedalam keranjang kawat dan ditimbang beratnya didalam air (C)
- g. Keringkan kerikil menggunakan oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ selama 24 jam dan timbang beratnya (A).

E. Pedoman:

1. Berat jenis SSD $= \frac{B}{B - C}$
2. Berat jenis kering $= \frac{A}{B - C}$
3. Berat jenis semu $= \frac{A}{A - C}$
4. Absorpsi $= \frac{B - A}{A} \times 100 \%$

III.2.2 Pemeriksaan Gradasi dan Modus Kehalusan

A. Tujuan:

Untuk memeriksa penyebaran butiran (gradasi) dengan menggunakan ayakan dan menentukan nilai modulus kehalusan (FM).

B. Peralatan:

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,2% dari berat pasir
- b. Satu set ayakan dengan diameter susunan:
38,1 mm – 19,1 mm – 9,52 mm, 4,75 mm – 2,38 mm – 1,19 mm, 0,595 mm – 0,297 mm – 0,150 mm.
- c. Penggetar
- d. Oven
- e. Splitter.

C. Bahan:

- a. Kerikil.

D. Prosedur Pemeriksaan:

- a. Kerikil dikeringkan menggunakan oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ hingga berat konstan.
- b. Ayakan disusun dari ayakan terbesar hingga terkecil
- c. Susunan ayakan diletakkan di atas penggetar, setelah terlebih dahulu kerikil dimasukkan kedalam ayakan yang paling atas, dan digetarkan selama 15 menit
- d. Setelah selesai penggetaran, timbang berat pasir yang tertahan pada masing-masing ayakan.

E. Pedoman:

1.
$$FM = \frac{\% \text{ kumulatif tertahan hingga ayakan } \Phi 0,150 \text{ mm}}{100}$$
2. Agregat kasar yang baik untuk campuran beton adalah agregat kasar dengan modulus kehalusan (FM) antara 5,5 dan 7,5.

III.2.3 Pemeriksaan Keausan Dengan Mesin Los Angeles**A. Tujuan:**

Untuk memeriksa ketahanan aus agregat kasar/ kering

B. Peralatan:

- a. Mesin Los Angeles, terdiri dari silinder baja tertutup dengan diameter 28" (71 cm) dan panjang dalam 20" (50 cm). Silinder bertumpu pada dua poros pendek yang tidak menerus dan berputar pada poros mendatar.

Dibagian dalam silinder terdapat bilah baja melintang setinggi 3,56” (8,9 cm).

b. Ayakan:

- ϕ 38,1 mm;
- ϕ 25 mm;
- ϕ 19 mm;
- ϕ 1,68 mm;

c. Timbangan dengan ketelitian 5 gram

d. Bola-bola baja dengan diameter 46,8 mm dan berat 500 ± 25 gram

e. Oven.

C. Bahan:

a. Kerikil.

D. Prosedur Pemeriksaan:

a. Kotoran yang melekat pada permukaan kerikil dibersihkan dengan cara mencuci kerikil

b. Setelah bersih kerikil yang dikeringkan menggunakan oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ hingga berat konstan dan timbangan beratnya sesuai dengan susunan perbutiran sebagai berikut:

- ϕ (38,1 – 25) mm : 5000 ± 25 gram;
- ϕ (25-19,1) mm : 5000 ± 25 gram;

c. Mesin Los Angeles dibersihkan dan kerikil dimasukkan bersama 12 (dua belas) buah bola baja

d. Mesin Los Angeles diputar sebanyak 1000 putaran

- e. Setelah mesin berhenti berputar, kerikil dikeluarkan dan diayak dengan ayakan ϕ 1,68 mm.
- f. Kerikil yang bertahan di atas ayakan dicuci hingga bersih, kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam.
- g. Setelah 24 jam kerikil ditimbang beratnya.

E. Pedoman:

- a. $\% \text{ keausan} = \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100 \%$
- b. Pada pengujian keausan dengan mesin pengaus Los Angeles, persentase keausan tidak boleh lebih dari 50%.

III.2.4 Pemeriksaan Agregat Dengan Percobaan Rudeloff

A. Tujuan:

Untuk menentukan kekuatan lawan tekan dari agregat kasar

B. Peralatan:

- a. Peralatan Rudeloff, terdiri dari sebuah silinder yang kokoh terbuat dari baja, dengan diameter dalam berukuran 118 mm dan pelat pendasar berdiameter 240 mm, dilengkapi dengan plunger berdiameter 116 mm
- b. Meja penggetar (Vibrator Table)
- c. Oven
- d. Compression Machine dengan kemampuan tekan 40 ton atau lebih
- e. Ayakan dengan diameter 25,4; 19,1; 9,52; dan 1,68 mm.

C. Bahan:

- a. Kerikil.

D. Prosedur Pemeriksaan:

- a. Persiapkan bahan ± 2 kg untuk tiap fraksi yaitu;
 - Fraksi 1. $37,5 \text{ mm} > 0 > 19,1 \text{ mm}$
 2. $19,1 \text{ mm} > 0 > 9,5 \text{ mm}$
- b. Silinder diisi dengan bahan uji kering dan dipadatkan dengan menggetarkan di atas meja sampai setinggi 10 cm atau kira-kira 1,1 liter dan permukaan diratakan. Kemudian plunger dimasukkan di atasnya
- c. Peralatan yang berisi bahan uji ini diletakkan dibawah mesin kompresi dan ditekan dengan tekanan 20 ton yang harus dicapai dalam tempo 1,5 menit dan tekanan dipertahankan selama 30 detik
- d. Bahan dikeluarkan dari silinder dan diayak dengan ayakan berdiameter 1,68 mm
- e. Persentase bahan yang melalui 1,68 mm terhadap seluruh bahan yang diuji menyatakan nilai pengujian sistem rudeloff dan disebut dengan angka Rudeloff (= R).

E. Pedoman:

- Fraksi 1. $R < 22 \%$ dari berat total
- Fraksi 2. $R < 24 \%$ dari berat total.



III.3 Material Beton Bekas

III.3.1 Penyediaan Material

Dalam penelitian ini, material beton bekas / beton hancur diambil dari material sisa uji tekan Silinder $\text{Ø}15 \times 30 \text{ cm}$ dengan mutu K-300 dari proyek pembangunan gedung Politeknik Kesehatan Medan yang telah ditest pada

pengujian Kuat Tekan Silinder yang dilakukan Dilaboratorium Bahan Rekayasa Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Medan.

Sesuai dengan ketersediaan bahan dilapangan berikut informasinya maka material yang dipakai adalah material sisa dari uji tekan Silinder beton dengan kekuatan karakteristik rencana sebesar 300 kg/cm^2 (K-300). Pengujian tekan Silinder Ø15x30 cm tersebut dilakukan dalam kaitannya dengan pelaksanaan pembangunan gedung Politeknik Kesehatan Medan Jalan Jamin Ginting. Proporsi campuran beton (mix design proportion) direncanakan oleh PT. Kreasibeton Nusapersada Komplek Kawasan Industri Medan II Jalan Pulau Karimun Kav. 392 Mabar. Data-data Mix design dan hasil pengujian kuat tekan Silinder Ø15x30 cm dari beton asal ini dapat dilihat pada Lampiran .

III.3.2 Proses Penghancuran Material

Material sisa yang berupa kubus-kubus beton tersebut selanjutnya diremukkan atau dihancurkan lagi dengan tujuan agar ukurannya dapat dispesifikasi sesuai dengan yang dibutuhkan. Proses penghancuran ini dilakukan secara manual yaitu dengan memakai martil yang beratnya $\pm 2 \text{ kg}$.

Pecahan-pecahan dari material beton bekas tersebut akan terlihat berupa suatu material agregat dengan butiran-butiran yang terdiri dari kerikil/ batu pecah yang terganggu, pecahan dari pasta semen atau gabungan keduanya. Material ini akan dipakai kembali untuk campuran beton yang baru menggantikan posisi agregat yang biasa/ konvensional. Untuk itu sebelumnya dilakukan penyaringan, memilih gradasi perbutiran yang memenuhi syarat untuk digunakan sebagai agregat kasar.

III.4 Pembuatan Benda Uji Kubus Beton

III.4.1 Perencanaan Campuran Beton Benda Uji

Dalam tahapan awal pemeriksaan beton diadakan persiapan bahan-bahan yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton. Persiapan ini cukup penting, sebab memulai percobaan terhadap bahan, akan diperoleh data pendukung, khususnya pemeriksaan agregat dan semen.

Ada beberapa cara yang dikenal untuk merencanakan campuran beton, salah satunya adalah design of normal concrete mixes. Informasi yang dibutuhkan sebelum perencanaan adalah:

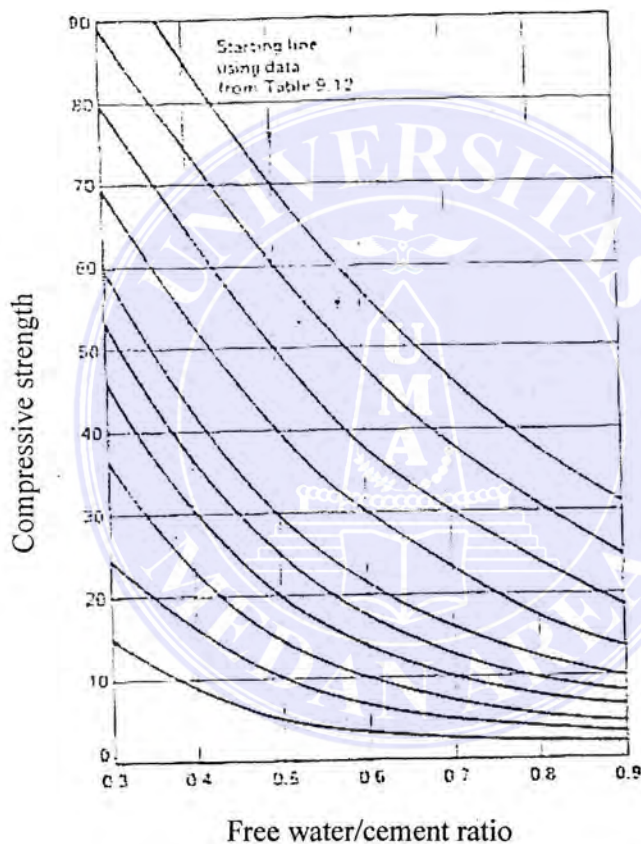
1. Kegunaan beton setelah mengeras
2. Kekuatan beton yang disyaratkan
3. Kondisi lingkungan
4. Data-data campuran yang menyangkut:
 - Semen : Jenis semen yang digunakan
 - Agregat : Berat jenis, kapasitas penyerapan, kadar air serta analisa saringan
 - Admixture : Jenis dan persentase admixture yang digunakan.

Dalam kajian ini direncanakan beberapa kuat tekan karakteristik rencana dengan memakai material beton bekas sebagai agregat kasar dan memakai material batu split sebagai agregat kasarnya. Dengan menganggap beton bekas sebagai split, dicoba untuk me – mix design beton dengan kuat tekan karakteristik rencana masing - masing : K-300.

Tahapan untuk mendapatkan jumlah masing-masing bahan campuran adalah:

(1) Menentukan faktor air semen

Penetapan faktor air semen ditetapkan berdasarkan grafik hubungan antara kokoh tekan pada umur 28 hari dengan faktor air semen seperti tercantum pada gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1. Grafik hubungan antara faktor air semen dengan kokoh tekan umur 28 hari.

Nilai faktor air semen dikontrol dengan nilai faktor air semen maksimum yang diperbolehkan yang dapat dilihat pada tabel III.1 dibawah ini:

Tabel III.1 Jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum

Sumber : Tabel 4.3.4 PBI 1971

Keterangan	Jumlah semen minimum per M3 beton (kg)	Nilai faktor air semen maksimum
Beton dalam ruang bangunan:		
a. Keadaan keliling non korosif	275	0.60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap-uap korosif.	375	0.52
Beton diluar ruang bangunan:		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.	325	0.60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.	275	0.60
Beton yang masuk kedalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti.	325	0.55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air.	375	0.52
Beton yang kontinyu berhubungan dengan air:		
a. Air tawar	275	0.57
b. Air laut.	375	0.52

(2) Menentukan jumlah air bebas

Besarnya jumlah air bebas dalam campuran beton ditentukan dengan menggunakan tabel dibawah ini:

Tabel III.2 Jumlah air bebas untuk campuran beton (Kg/m^3)

Sumber : Tabel III.10 Teknologi Beton Kanisius 2001

A g r e g a t		Nilai slump rencana (cm)			
Ukuran kamsimum	Jenis	0 – 1 kaku	1 – 3 kental	3 – 6 sedang	6 – 18 encer
20 mm	kerikil	135	160	180	195
	batu pecah	170	190	210	225
40 mm	kerikil	115	140	160	175
	batu pecah	155	175	190	205

(3) Menentukan berat semen

Jumlah semen yang diperlukan didapat berdasarkan jumlah air bebas dan faktor air semen.

$$\text{Berat semen} = \frac{\text{berat air bebas}}{\text{faktor air bebas}}$$

Jumlah semen yang didapat dikontrol dengan memakai tabel III.1 di atas.

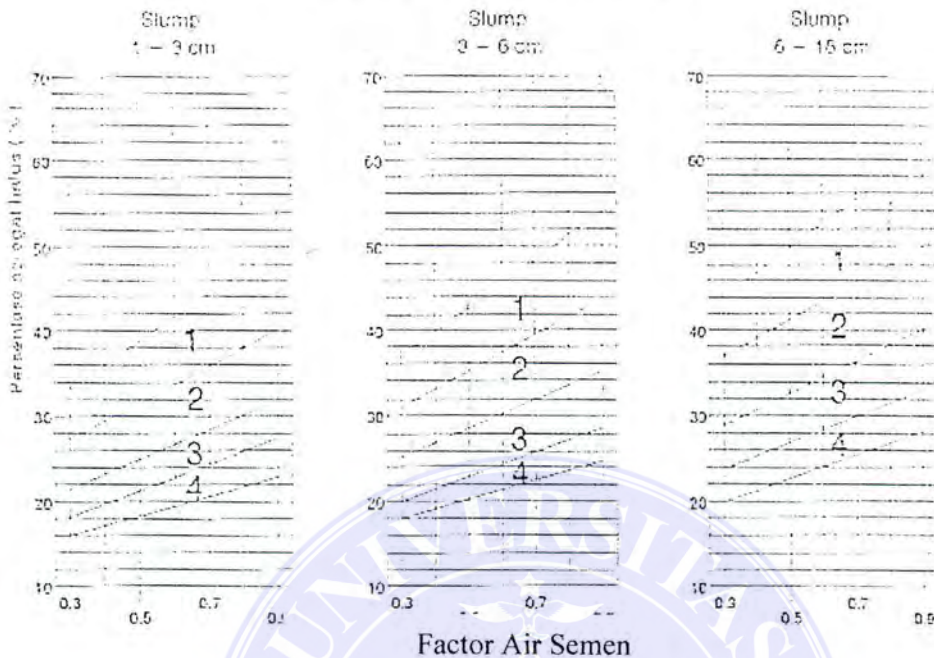
(4) Menentukan persentase agregat halus

Persentase agregat halus ditentukan berdasarkan:

- Zona agregat halus
- Ukuran maksimum agregat
- Nilai faktor air semen
- Nilai slump yang direncanakan.

Untuk mendapat nilai persentasenya dapat dilihat gambar dibawah ini:

UKURAN AGREGAT 40 MM



Gambar 2. Persentase agregat halus terhadap agregat campuran untuk agregat halus zone 2 (dua).

- (5) Menentukan volume dalam 1 M^3 campuran beton adalah sebesar volume semen + volume air bebas.
- (6) Menentukan volume agregat campuran

$$\text{Volume agregat campuran} = 1 \text{ M}^3 - \text{volume pasta}$$
- (7) Menentukan persentase agregat kasar terhadap agregat campuran.

$$\text{Persentase agregat kasar terhadap agregat campuran} = (100 - \text{Persentase agregat halus terhadap agregat kasar}).$$

(8) Menentukan berat jenis agregat campuran

Berat jenis agregat campuran =

(% agregat halus terhadap agregat kasar * berat jenis agregat halus) + (% agregat kasar terhadap agregat campuran * berat jenis agregat kasar).

(9) Menentukan berat agregat campuran, agregat halus dan agregat kasar.

Berat agregat campuran = volume agregat campuran * berat jenis agregat campuran.

Berat agregat halus = (% agregat halus terhadap agregat campuran * berat agregat campuran).

Berat agregat kasar = (% agregat kasar terhadap agregat campuran * berat agregat campuran).

III.4.2 Pembuatan Benda Uji

Benda uji beton yang dibuat berupa kubus sisi 15 x 15 cm. Jumlah benda uji masing-masing campuran adalah 20 (dua puluh) buah. Untuk penyesuaian dengan kapasitas molen yang dipakai maka setiap campuran dibuat beberapa tahap, masing-masing terdiri dari 5 (lima) buah kubus beton.

Pembuatan benda uji beton dilaksanakan dengan data-data sebagai berikut:

- (1) Semen : Type I, merk dagang semen Padang
- (2) Agregat halus : Pasir, asal Binjai, kandungan air 1,00 %
- (3) Agregat kasar : Split bekas (material beton bekas), kandungan air 1,80 %
- (4) Air : PDAM Tirtanadi

- (5) Alat pencampur : Mesin molen kapasitas 50 liter
- (6) Alat pemadat : Penggetar listrik dengan diameter batang penggetar
24 mm
- (7) Curing : Direndam dalam air.

Berat masing-masing bahan yang terpakai tercantum dalam lampiran , dan hasil pembuatan benda uji dapat terlihat pada lampiran .

III.5 Pemeriksaan Benda Uji

Benda uji yang berada dalam proses perawatan (curing), sesuai dengan umur dari benda uji diadakan pemeriksaan kekuatan tekan beton pada hari-hari tertentu, yaitu 7 dan 28 hari.

III.5.1 Pengujian Kekuatan Tekan Beton

Pengujian kekuatan tekan beton dilakukan menggunakan mesin kompres elektrik berkapasitas 200 ton terhadap masing-masing benda uji sesuai dengan umur benda uji tersebut.

Kekuatan tekan benda uji beton dihitung dengan rumus:

$$\sigma'b = \frac{P}{A}$$

dimana:

$\sigma'b$ = kekuatan tekan (kg/cm^2);

P = beban tekan (kg);

A = luas permukaan benda uji (cm^2).

Hasil-hasil pengujian dari uji tekan kubus beton yang dilakukan seperti tercantum pada lampiran.

III.5.2. Perhitungan Kekuatan Tekan Karakteristik Beton

Kekuatan tekan beton rata-rata dihitung dengan rumus:

$$\sigma'_{bm} = \frac{\sum_{i=1}^N \sigma'_b}{N}$$

dimana:

N = jumlah benda uji, yang harus diambil minimum 20 buah.

σ'_{bm} = kekuatan tekan beton rata-rata (kg/cm^2)

σ'_b = kekuatan tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji (kg/cm^2).

Deviasi standart dihitung menurut rumus:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\sigma'_b - \sigma'_{bm})^2}{N-1}}$$

dimana:

S = deviasi standart (kg / cm^2)

Kekuatan tekan karakteristik dihitung dengan rumus:

$$\sigma'_{bk} = \sigma'_{bm} - 1.64 * S$$

dimana:

σ'_{bk} = kekuatan tekan karakteristik (kg/cm^2).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pelaksanaan percobaan Mix design K-300 dengan menggunakan agregat daur ulang beton sisa sebagai pengganti agregat kasar, maka dapat di simpulkan :

- (1) Material beton bekas masih cukup baik dipakai kembali sebagai agregat kasar pengganti kerikil untuk campuran beton.
- (2) Pemakaian material beton bekas sebagai pengganti agregat kasar tidak ekonomis dari segi biaya, karena total harga material ditambah biaya pengolahannya lebih mahal dibanding dengan agregat biasa / batu split.

V.2 Saran

Dari pengalaman penulis selama melaksanakan percobaan pengujian daur ulang beton sisa sebagai pengganti agregat kasar ini, hal yang perlu di perhatikan

- (1) Perlu kiranya kajian yang lebih mendalam mengenai sifat-sifat beton daur ulang ini seperti : kekuatan, modulus elastisitas dan lain-lain.
- (2) Sebaiknya dipertimbangkan cara yang efektif didalam mensfesifikasi fraksi butiran dalam upaya memperoleh ukuran yang sesuai dengan yang dibutuhkan.
- (3) perlunya di perhatikan tentang bahan material daur ulang dari mana asal dan mutunya, juga alat yang baik dan lengkap untuk membuat material daur ulang yang di gunakan dalam percobaan.

Dengan adanya masalah ini penulis mengharapkan agar di masa yang akan datang dapat di perhatikan dan dapat di lakukan untuk perubahan ke arah yang lebih baik.

Akhir kata penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan percobaan dan penyelesaian tugas akhir ini.



DAFTAR PUSTAKA

Departemen PU. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 N.I. 2.*

Bandung : Direktorat Pendidikan Masalah Bangunan.

Departemen PU. 1982. *Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia.* Bandung :

Direktorat Pendidikan Masalah Bangunan.

Murdock, L. J. Dan Brook, K. m., *Bahan dan Praktek Beton*, Edisi Keempat,

Penerbit Erlangga Jakarta 10420, 1986.

Pendidikan Dan Kebudayaan , Departemen. 1978. *Konstruksi Beton.* Jakarta. PT.

Gaya Tunggal.

PEDC Bandung 1982. *Teknologi Bahan 2 dan 3 .* Bandung : PEDC Bandung.

Teknologi Beton, Dr. Wuryati Samekto, M.Pd., Candra Rahmadiyanto, ST,

Kanisius 2001

