

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PERLAKUAN BETON PASCA
PENGECORAN TERHADAP KUAT DESAKNYA
PADA UMUR 28 HARI**



Disusun Oleh :

**R. Singgih Purnomo
No. Mhs: 93310041
NIRM : 930051013114120040**

**Bagus Dharma Bhilawa
No. Mhs : 94310029
NIRM : 940051013114120029**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2000**

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PERLAKUAN BETON PASCA
PENGECORAN TERHADAP KUAT DESAKNYA
PADA UMUR 28 HARI**

Disusun Oleh :

R. Singgih Purnomo

No. Mhs: 93310041

NIRM : 930051013114120040

Bagus Dharma Bhilawa

No. Mhs : 94310029

NIRM : 940051013114120029

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2000**

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
PENGARUH PERLAKUAN BETON PASCA
PENGECORAN TERHADAP KUAT DESAKNYA
PADA UMUR 28 HARI

Disusun oleh :

R. Singgih Purnomo
No. Mhs. : 93 310 041
NIRM. : 930051013114120040

Bagus Dharma Bhilawa
No. Mhs. : 94 310 029
NIRM. : 940051013112120029

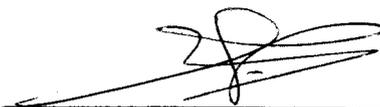
Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Sarwidi, MSCE, Ph.D.

Dosen Pembimbing I

Ir. H. Susastrawan, MS.

Dosen Pembimbing II



Tanggal : 01/05/2020



Tanggal : 29-4-2020

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrohiim

Assalamu'alaikum wr. Wb.

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “ Pengaruh Perlakuan Beton Pasca Pengecoran Terhadap Kuat Desaknya Pada Umur 28 Hari “.

Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh jenjang kesarjanaan Strata 1 pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Kami menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, karena keterbatasan waktu dan pengetahuan kami dalam menghadapi berbagai permasalahan dalam teknologi beton yang cukup kompleks.

Dalam kesempatan ini kami ingin mnyampaikan rasa terima kasih kami yang sebesar-besarnya atas segala bantuan yang telah diberikan kepada kami dalam menghadapi berbagai persoalan dan penyelesaian tugas akhir ini, ucapan terima kasih ini kami tujukan kepada :

1. Ir. H. Widodo, MSCE. Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Ir. H. Tadjuddin BM. Aris, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

3. Ir. H. Sarwidi, MSCE, Ph.D, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
4. Ir. H. Susastrawan, MS, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
5. Ir. Ilman Noor, MSCE, selaku Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia.
6. Ibu, bapak dan saudara-saudara kami yang telah memberikan bantuan dan dorongan.
7. Teman-teman seperjuangan yang telah memberikan dorongan dan motivasi.
8. Karyawan laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dan masih banyak lagi pihak-pihak lain yang turut membantu kami dalam menyelesaikan tugas akhir ini baik secara material maupun spiritual yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Akhir kata kami berharap tugas akhir ini bermanfaat khususnya bagi kami dan umumnya bagi masyarakat yang berkecimpung didalam proses perancangan beton.

Wassalamu'alaikum wr. Wb.

Yogyakarta, April 2000

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERSEMBAHAN	
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAKSI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah	3
1.3 Tujuan penelitian	3
1.4 Batasan penelitian	3
1.5 Manfaat penelitian	6
1.6 Hipotesis	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Hasil penelitian yang telah dilakukan	7
2.2 Beberapa literatur yang menunjang penelitian	8

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Beton	13
3.2 Faktor air semen (fas)	16
3.3 Bahan penyusun beton	17
3.3.1 Semen portland	17
3.3.2 Air	23
3.3.3 Agregat	25
3.4 Kekentalan adukan beton	33
3.5 Susut pada beton	35
3.6 Perencanaan campuran beton	36
3.7 Perawatan beton	41
3.8 Umur beton	42
3.9 Kuat desak beton	42

BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN

4.1 Persiapan material	46
4.1.1 Pemeriksaan agregat halus	47
4.1.2 Pemeriksaan agregat kasar	49
4.2 Perencanaan campuran beton	51

BAB V PEMBAHASAN

5.1 Hasil penelitian	55
5.1.1 Perlakuan beton tanpa perawatan	55

5.1.2 Perlakuan beton yang dirawat dengan disiram	56
5.1.3 Perlakuan beton yang dirawat dengan ditutup karung basah	58
5.1.4 perlakuan beton dengan dijemur	60
5.2 Evaluasi dan kajian penelitian	63
5.2.1 Grafik kuat desak antara benda uji ditutup karung basah selama 28 hari dengan benda uji yang disiram air	63
5.2.2 Grafik kuat desak antara benda uji benda uji ditutup karung basah selama 28 hari dengan benda uji yang ditutup karung basah selama 7 dan 14 hari.....	65
5.2.3 Graafik kuat desak benda uji ditutup karung basah selama 28 hari dengan benda uji tanpa perawatan	66
5.2.4 Grafik kuat desak antara benda uji ditutup karung basah dengan benda uji yang dijemur	67
5.3 Analisa	69

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan	74
6.2 Saran	75

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

1. Tabel 1.1 Variasi benda uji dan perlakuannya serta jumlah sampel	4
2. Tabel 1.2 Lanjutan	5
3. Tabel 3.1 Waktu yang dibutuhkan untuk hidrasi	15
4. Tabel 3.2 Unsur-unsur pokok yang terkandung didalam semen	19
5. Tabel 3.3 Senyawa yang terdapat didalam semen portland	19
6. Tabel 3.4 Nilai deviasi standar	36
7. Tabel 3.5 Kuat desak beton untuk berbagai faktor air semen	38
8. Tabel 3.6 Faktor iar seman maksimum	38
9. Tabel 3.7 Nilai <i>slump</i>	39
10. Tabel 3.8 Ukuran agregat maksimum	39
11. 10 Tabel 3.9 Volume air yang diperlukan tiap m ³ adukan beton	40
12. 11. Tabel 3.10 Volume agregat kasar tiap m ³ adukan beton	41
13. 12. Tabel 4.1 Data hasil saringan	48
14. Tabel 4.2 Kebutuhan bahan untuk 1 m ³ adukan beton	54
15. Tabel 5.1 Data beton tanpa perawatan	56
16. Tabel 5.2 Perawatan disiram air selama 7 hari	57
17. Tabel 5.3 Perawatan disiram air selama 14 hari	57
18. Tabel 5.4 Perawatan disiram air selama 28 hari	58
19. Tabel 5.5 Perawatan ditutup karung basah selama 7 hari	59
20. Tabel 5.6 Perawatan ditutup karung basah selama 14 hari	59
21. Tabel 5.7 Perawatan ditutup karung basah selama 28 hari	60

22. Tabel 5.8 Beton dijemur selama 7 hari	61
23. Tabel 5.9 Beton dijemur selama 14 hari	62
24. Tabel 5.10 Beton dijemur selama 28 hari	62
25. Tabel 5.11 Prosentase selisih kuat desak	72

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 2.1 Kekuatan tekan beton dalam berbagai umur dan tempereatur	11
2. Gambar 3.1 Hubungan antara kuat desak beton dengan faktor air semen	17
3. Gambar 3.2 Kenaikan temperatur dalam beton untk bermacam- macam tipe semen	23
4. Gambar 3.3 Pengaruh temperatur terhadap kebutuhan air	24
5. Gambar 3.4 Kuat Desak rata-rata betomn berdasarkan macam- macam semen	44
6. Gambar 3.5 Pengaruh jumlah semen dan uara terperangkap terhadap kuat desak beton	44
7. Gambar 3.6 Kuat desak betonn berdasarkan variasi perawatan.....	45
8. Gambar 5.1 Grafik perbandingan kuat desak antara benda uji diutup karung basah selama 28 hari dengan benda uji disiram air selama 7 hari ...	64
9. Ganbar 5.2 Grafik perbandingan kuat desak antara benda uji diutup karung basah selama 28 hari dengan benda uji disiram air selama 14 hari .	64
10. Ganbar 5.3 Grafik perbandingan kuat desak antara benda uji diutup karung basah selama 28 hari dengan benda uji disiram air selama 28 hari.....	65

11.	Gambar 5.4 Grafik perbandingan kuat desak antara benda uji ditutup karung basah selama 28 hari dengan benda uji ditutup karung basah selama 7 hari.....	65
12.	Gambar 5.5 Grafik perbandingan kuat desak antara benda uji ditutup karung basah selama 28 hari dengan benda uji ditutup karung basah selama 14 hari.....	66
13.	Gambar 5.6 Grafik perbandingan kuat desak antara benda uji ditutup karung basah selama 28 hari dengan benda uji ditutup karung basah selama 28 hari.....	66
14.	Gambar 5.7 Grafik perbandingan kuat desak antara benda uji ditutup karung basah selama 28 hari dengan benda uji dijemur selama 7 hari.....	67
15.	Gambar 5.8 Grafik perbandingan kuat desak antara benda uji ditutup karung basah selama 28 hari dengan benda uji dijemur selama 14 hari	67
16.	Gambar 5.9 Grafik perbandingan kuat desak antara benda uji ditutup karung basah selama 28 hari dengan benda uji dijemur selama 28 hari.....	68
17.	Gambar 5.10 Grafik kuat desak benda uji beton umur 28 hari dalam berbagai perlakuan	69
18.	Gambar 5.11 Perbandingan antara kuat desak beton dengan umur beton	72

DAFTAR LAMPIRAN

1. Kartu peserta Tugas Akhir lamp. 1
2. Data pemeriksaan Modulus Halus Butir agregat halus lamp. 2
3. Data pemeriksaan berat jenis agregat halus lamp. 3
4. Data pemeriksaan berat jenis agregat kasar lamp. 4
5. Data pemeriksaan berat volume agregat kasar lamp. 5
6. Hasil pengujian benda uji beton lamp. 6 dan lamp. 7

ABSTRAKSI

Beton merupakan campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambah, sehingga membentuk massa padat. Penggunaan beton sudah sangat umum digunakan dalam struktur bangunan karena mudah dalam pelaksanaan dan mampu menahan kekuatan sesuai dengan perencanaan, akan tetapi kualitas kekuatan beton tersebut antara lain tergantung dari pada pelaksanaan dan perlakuannya.

Tugas akhir ini membahas tentang pengaruh perlakuan yang berbeda pada beton terhadap kuat desak beton pada umur 28 hari. Variasi perlakuan tersebut adalah merawat beton dengan disiram air, ditutup karung basah dan menjemur beton dengan sinar matahari langsung, sehingga didapat kekuatan akhir dari kuat desak beton dari berbagai variasi perlakuan. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui variasi kuat desak beton pada umur 28 hari dalam berbagai macam perlakuan terhadap beton pasca pengecoran, sedangkan manfaatnya adalah memberikan gambaran seberapa besar pengaruh dari perlakuan beton terhadap kuat desaknya pada umur 28 hari. Pembuatan benda uji beton memakai metode ACI (*American Concrete Institute*).

Dijelaskan dalam hasil penelitian bahwa, perlakuan beton dengan ditutup karung goni basah selama 28 hari menghasilkan kuat desak beton yang tertinggi jika dibandingkan dengan perlakuan yang berbeda selama 28 hari terhadap sampel benda uji lainnya. Hasil pengujian kuat desak terhadap benda uji dengan variasi perlakuan lainnya menunjukkan penurunan terhadap benda uji dengan perlakuan ditutup karung goni basah. Prosentase penurunan kuat desak dari benda uji yang disiram sebesar 1,64% sedangkan benda uji tanpa perawatan sebesar 21,29% dan benda uji yang dijemur sebesar 30,04%. Melihat hasil penelitian maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. perlakuan dengan cara menutupi beton dengan karung basah menghasilkan kuat desak yang lebih tinggi dibandingkan beton yang disiram,
2. kekuatan beton akan menurun sejalan dengan lamanya penjemuran dan
3. dengan menjaga kelembaban beton akan meningkatkan kuat desaknya.

BAB I

PENDAHULUAN

Pada Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian dan manfaat penelitian sebagai dasar dari penelitian. Dasar-dasar tersebut selengkapnya akan diuraikan seperti berikut ini.

1.1 Latar belakang

Beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan struktur bangunan gedung. Hal ini disebabkan bahan-bahan mudah didapat, relatif, murah serta mudah untuk pengerjaannya.

Beton dibuat dengan cara mencampurkan semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah sehingga mengeras dan menjadi massa padat. Pengerasan itu terjadi oleh peristiwa reaksi kimia antara air dan semen, dan hal ini berjalan selama waktu yang panjang dan akibatnya campuran itu selalu bertambah keras setara dengan umurnya.

Beton yang sudah mengeras dapat dianggap sebagai batu tiruan dengan rongga-rongga antara butiran yang besar (agregat kasar) diisi oleh butiran yang kecil (agregat halus) dan pori-pori antara agregat halus ini diisi oleh semen dan air (pasta semen). Pasta semen ini selain mengisi pori-pori antara butiran-butiran agregat halus juga berfungsi sebagai perekat/pengikat dalam proses pengerasan,

sehingga butiran-butiran saling terikat dengan kuat dan terbentuklah massa yang kompak atau padat.

Kekuatan, ketahanan, dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat-sifat bahan dasar penyusun, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan dan juga salah satu faktor yang tidak kalah penting dalam seluruh proses pelaksanaan pembuatan beton dari sekian banyak variabel yang berpengaruh dalam menentukan kualitas beton adalah tahap perawatan beton selama proses pengeringan.

Reaksi kimia yang terjadi pada proses pengikatan dan penguatan beton tergantung pada pengaliran airnya. Meskipun pada keadaan normal air tersedia dalam jumlah yang memadai untuk menjalani proses hidrasi penuh selama pencampuran tetapi perlu adanya jaminan bahwa masih ada air yang tertahan atau jenuh untuk memungkinkan kelanjutan proses reaksi kimia, karena proses hidrasi ini berjalan sangat lambat. Penguapan yang terlalu cepat dapat menyebabkan kehilangan air yang berarti sehingga mengakibatkan proses hidrasi terhenti dengan konsekuensi berkurangnya kekuatan beton.

Disini dapat dikatakan bahwa beton harus dijaga agar berada dalam suhu yang dikehendaki artinya suhu tidak terlalu tinggi dan juga tidak terlalu rendah, karena jika suhu terlalu tinggi maka akan terjadi penguapan yang cepat yang mengakibatkan kekurangan air untuk proses hidrasi dan jika suhu terlalu rendah maka ini akan memperlambat proses hidrasi sehingga untuk penyempurnaan proses hidrasi tersebut membutuhkan waktu yang relatif lebih lama dan ini

mengakibatkan pada umur 28 hari kekuatan yang terjadi belum maksimal, maka dalam pembuatan beton juga dibutuhkan pemanasan guna menghindari penurunan suhu.

1.2 Rumusan masalah

Pelaksanaan pekerjaan beton dilapangan membutuhkan ketelitian dan kecermatan dalam pembuatan beton sehingga beton yang dibuat untuk struktur bangunan dapat merupakan beton yang dapat menahan beban yang diterimanya disamping dari meterial atau bahan penyusun beton itu sendiri maka dengan perawatan yang baik pada saat pengeringan diharapkan akan mendapatkan beton yang baik. Dengan demikian, maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti yaitu :

“Sejauh mana pengaruh perlakuan beton pasca pengecoran yang dilakukan terhadap kuat desaknya pada umur 28 hari ?”

1.3 Tujuan penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui variasi kuat desak beton pada umur 28 hari dalam berbagai macam perlakuan terhadap beton pasca pengecoran.

1.4 Batasan penelitian

Mengacu pada tujuan diatas, maka perlakuan yang dilakukan adalah dengan :

- a. perawatan standar,
- b. disirami air,
- c. ditutup dengan karung basah dan
- d. dijemur.

Benda uji tersebut diperlakukan dengan berbagai variasi lamanya perawatan dan untuk lebih lengkapnya mengenai variasi perawatan dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Variasi benda uji dan perlakuannya serta jumlah sampel

No	Variasi benda uji	Keterangan	Jumlah sampel
1	V ₀	Benda uji tanpa perawatan (beton yang ditempatkan pada ruangan yang lembab dan tidak terkena sinar matahari)	5
2	V ₁	Benda uji disiram air	
	V _{1.1}	Benda uji disiram air selama 7 hari setelah itu beton ditempatkan pada ruangan yang lembab sampai umur 28 hari	5
	V _{1.2}	Benda uji disiram air selama 14 hari setelah itu beton ditempatkan pada ruangan yang lembab sampai umur 28 hari	5
	V _{1.3}	Benda uji disiram air selama 28 hari	5
3	V ₂	Benda uji ditutup karung basah	
	V _{2.1}	Benda uji ditutup karung basah selama 7 hari setelah itu beton ditempatkan pada ruangan yang lembab sampai umur 28 hari	5
	V _{2.2}	Benda uji ditutup karung basah selama 14 hari setelah itu beton ditempatkan pada ruangan yang lembab sampai umur 28 hari	5
	V _{2.3}	Benda uji ditutup karung basah selama 28 hari	5

Tabel 1.2 Lanjutan

4	V ₃	Benda uji langsung dijemur	
	V _{3.1}	Benda uji dijemur selama 7 hari setelah itu beton ditempatkan pada ruangan yang lembab sampai umur 28 hari	5
	V _{3.2}	Benda uji dijemur selama 14 hari setelah itu beton ditempatkan pada ruangan yang lembab sampai umur 28 hari	5
	V _{3.3}	Benda uji dijemur selama 28 hari	5
		Jumlah keseluruhan benda uji	50

Untuk memperjelas analisis, dibuat beberapa batasan masalah sebagai berikut.

1. Ditentukan mutu beton yang digunakan adalah beton dengan $f'c = 20$ Mpa.
2. Perawatan yang dilakukan didasarkan pada pekerjaan beton dilapangan.
3. Pengujian kuat desak beton dilakukan pada umur 28 hari dengan perlakuan seperti yang tercantum pada Tabel 1.1 dan Tabel 2.1.
4. Perlakuan-perlakuan yang dilakukan pada benda uji secara rinci antara lain :
 - a) menyirami beton dengan air selama 2 kali sehari,
 - b) menutupi beton dengan karung basah selama 5 jam setiap hari dan
 - c) dijemur dengan sinar matahari langsung.
5. Beton yang digunakan tanpa tulangan, tanpa bahan tambah dan berbentuk kubus.
6. Semen yang digunakan adalah semen tipe I merek nusantara.
7. Air yang digunakan diambil dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia.

8. Perencanaan beton menggunakan metode ACI.
9. Adukan beton yang dicampur dengan molen dianggap homogen.
10. Benda uji berupa kubus dengan ukuran $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$

1.5 Manfaat penelitian

Agar masyarakat dapat mengetahui sejauh mana pengaruh berbagai macam perlakuan pada beton terhadap kuat desaknya pada umur 28 hari.

1.6 Hipotesis

Pada saat pengeringan beton membutuhkan lebih banyak air untuk reaksi antara semen dan air, jika dalam proses pengeringan beton tidak dirawat dengan baik maka reaksi yang terjadi tidak sempurna yang akan menimbulkan retak-retak pada permukaan beton dan ini akan mengurangi kuat tekan dari beton dan jika beton dirawat dengan baik maka beton akan mempunyai kuat tekan yang lebih baik dari beton standar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Untuk menghindari duplikasi dalam pengerjaan tugas akhir ini penulis memaparkan hasil penelitian dari tugas akhir yang pernah dilakukan dan literatur yang menunjang penyusunan dan dijadikan sebagai acuan seperti yang dijelaskan berikut ini.

2.1 Hasil penelitian yang pernah dilakukan

Sebagai bahan perbandingan dan bahan referensi untuk penelitian kami, maka memaparkan hasil penelitian yang sudah dilaksanakan guna menghindari duplikasi. Hasil penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Arianto dan Yuliawan (1996)

Penelitian yang dilakukan oleh Arianto dan Yuliawan (1996) tentang perawatan beton dengan cara perendaman sampel beton uji mulai hari ke-2 sampai hari ke-28. Dari hasil penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa beton yang direndam selama 14 hari mempunyai peningkatan kuat desak hingga 29,68 % dibandingkan dengan beton tanpa perawatan.

2. Surya dan Cahyo lalito (1999)

Penelitian yang lain yang juga telah dilakukan oleh Surya dan Cahyo Lalito (1999) tentang Pengaruh Variasi Suhu Terhadap Kuat Lentur Sisa Balok

Beton Bertulang Pasca Bakar yang dalam pembuatan betonnya menggunakan perawatan beton dengan cara memercikan beton dengan air.

2.2 Beberapa literatur yang menunjang penelitian

Dasar dari penelitian yang kami lakukan tidak lepas dari literatur-literatur yang sudah ada mengenai teknologi beton. Literatur-literatur yang menunjang penelitian adalah seperti yang dimaksud berikut ini.

1. Tjokrodimulyo (1995)

Perawatan beton ialah suatu pekerjaan menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab, sejak adukan beton dipadatkan sampai beton dianggap cukup keras. Kelembaban permukaan beton itu harus dijaga untuk menjamin proses hidrasi semen (reaksi semen dan air) berlangsung dengan sempurna. Proses hidrasi butir-butir semen berlangsung sangat lambat, maka penambahan air masih diperlukan oleh bagian dalam dari butir-butir semen untuk menyempurnakan proses hidrasi.

Bila hal ini tidak dilakukan, maka akan terjadi beton yang kurang kuat dan juga timbul retak-retak, selain itu kelembaban permukaan beton pada waktu perawatan akan menyebabkan beton lebih tahan terhadap cuaca dan lebih kedap air.

2. Winter dan Nilson (1991)

Kekuatan akhir yang dicapai oleh beton dalam proses pembuatannya sangat tergantung pada kondisi kelembaban dan temperatur pada masa – masa awal beton tersebut dicetak.

30% atau lebih kekuatan beton akan hilang disebabkan oleh pengeringan yang terlalu cepat. Untuk mencegah beberapa kerusakan, maka beton harus dijaga atau diupayakan agar tidak kehilangan kelembabannya paling tidak selama 7 sampai 14 hari pertama dengan cara menyirami beton dengan air, merendam dan juga menutupi permukaan beton dengan karung goni basah atau sejenisnya, bahkan ditemukan metode terbaru untuk mengurangi penguapan yaitu menggunakan selaput penghambat penguapan dan kertas anti air.

Jumlah yang sama juga akan hilang jika suhu turun menjadi 40^o F atau dibawah itu, bahkan beton yang baru dicetak yang sangat dingin kekuatannya dapat berkurang sekitar 50%, sehingga diperlukan pemanasan dalam perawatannya.

3. Murdock, Brook dan Hendarko (1986)

Reaksi kimia yang terjadi pada pengikatan dan pengerasan beton tergantung pada pengadaan airnya. Meskipun pada keadaan normal, air yang tersedia dalam jumlah yang memadai untuk hidrasi penuh selama pencampuran, perlu adanya jaminan bahwa masih ada air yang tertahan atau jenuh untuk memungkinkan berlanjutnya proses kimia tersebut. Penguapan dapat menyebabkan suatu kehilangan air yang cukup berarti sehingga mengakibatkan proses hidrasi terhenti dengan konsekuensi berkurangnya peningkatan kekuatan.

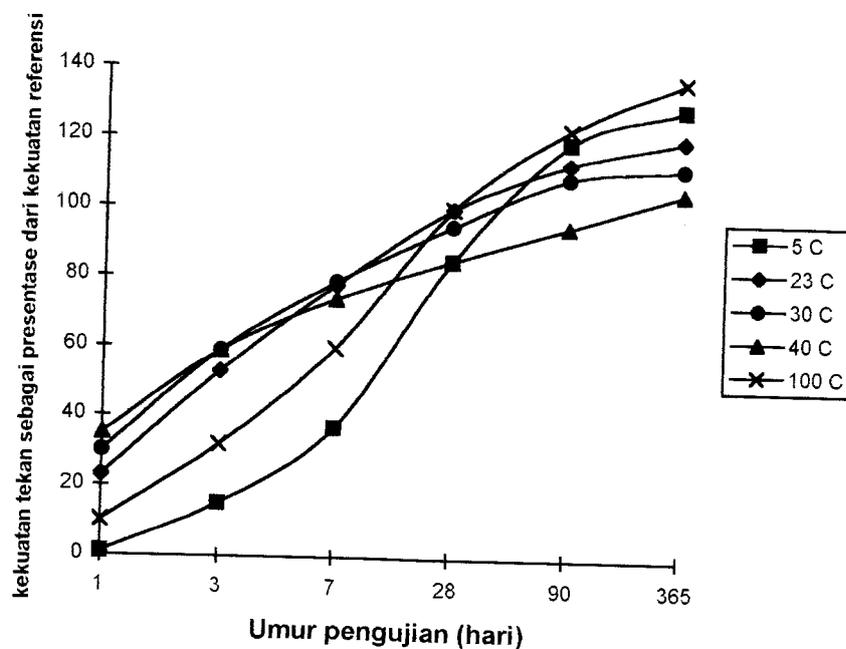
Oleh karena itu direncanakan suatu cara perawatan untuk mempertahankan beton supaya terus menerus berada dalam keadaan basah selama periode beberapa hari atau bahkan beberapa minggu, termasuk pencegahan penguapan dengan pengadaan beberapa selimut pelindung yang sesuai maupun membasahi permukaannya berulang-ulang.

4. Ferguson (1986)

Banyaknya air relatif terhadap banyaknya semen merupakan hal yang sangat penting dalam menentukan kekuatan beton. Perawatan pada saat pengerasan yang tepat dari beton menghendaki agar air dalam adukan tidak diperbolehkan menguap dari beton sampai beton telah mencapai kekuatan yang diinginkan. Temperatur juga merupakan suatu faktor yang penting terhadap kecepatan dimana beton mencapai kekuatannya. Temperatur-temperatur yang rendah akan memperlambat proses hidrasi tetapi meningkatkan kekuatan potensial apabila temperatur normal dikembalikan, tetapi jika temperatur normal tidak dikembalikan atau temperatur masih rendah maka kekuatan beton tidak akan tercapai pada saat umur beton mencapai 28 hari.

Temperatur-temperatur awal yang tinggi akan menghasilkan pengikatan yang cepat dan kehilangan permanen yang lama dari kekuatan potensial artinya pada beton dengan umur awal jika pada temperatur yang tinggi akan menghasilkan pengikatan yang cepat sehingga jika diuji pada umur awal maka beton pada temperatur tinggi akan menghasilkan kekuatan awal yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton pada temperatur rendah tetapi karena pada umur-umur awal beton sudah mendapatkan temperatur yang tinggi maka penguapan dan

reaksi akan berlangsung cepat sehingga air yang terdapat dalam beton akan menghilang dan ini akan mengakibatkan kekuatannya menurun atau hilang pada saat pembentukan kekuatan akhir, tetapi jika temperatur yang diberikan pada beton umur awal sangat tinggi maka akan mengakibatkan kehilangan kekuatan karena sebelum air dan semen bereaksi air telah cepat menguap untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 kekuatan tekan beton dalam berbagai umur dan temperatur

Dari gambar diatas diperoleh bahwa pada umur-umur awal beton (1-3 hari) kekuatan tekan beton lebih baik pada temperatur 40°C, pada umur 3-7 hari

kekuatan baik pada temperatur 30°C, pada umur 7-28 hari kekuatan betonn baik pada temperatur 23°C dan diatas 28 hari kekuatan tekan beton akan meningkat pada temperatur 100°C.

BAB III

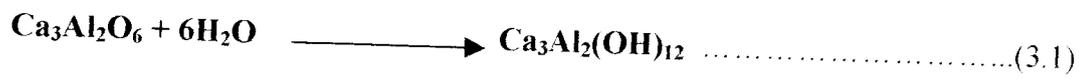
LANDASAN TEORI

Untuk mendukung penelitian yang akan kami lakukan maka, kami menyajikan teori yang berhubungan dengan penelitian yang kami rangkum dari berbagai literatur, diantaranya mengenai beton, faktor air semen, bahan penyusun beton, kekentalan adukan beton, susut pada beton, perencanaan campuran beton, perawatan beton, umur beton dan kuat desak beton. Untuk lebih jelasnya, hal-hal tersebut akan dijelaskan sebagai berikut ini.

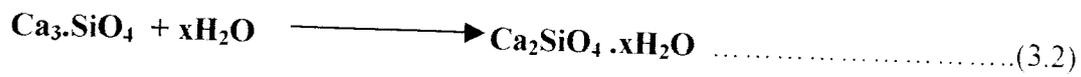
3.1 Beton

Beton adalah suatu material seperti batu yang didapatkan dengan cara pencampuran yang teliti antara semen, pasir, kerikil, atau agregat lain dan air untuk mengeras dalam rangka memperoleh bentuk dan ukuran dari struktur yang diinginkan (Tjokrodimulyo, 1995). Bagian terbesar dari bahan - bahannya adalah agregat yang baik dan pilihan. Semen dan air bereaksi kimia untuk melekatkan partikel - partikel agregat menjadi massa yang padat. Air tambahan dibutuhkan untuk penyempurnaan reaksi kimia. Proses hidrasi pada semen portland sangat kompleks dan tidak semua reaksi dapat diketahui secara rinci, maka proses reaksi tersebut hanya bisa dibuat perkiraan antara unsur $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$, $\text{Ca}_2\text{SiO}_4 + x\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{Ca}_3\text{SiO}_5 + (x+1)\text{H}_2\text{O}$ yang bereaksi dengan air.

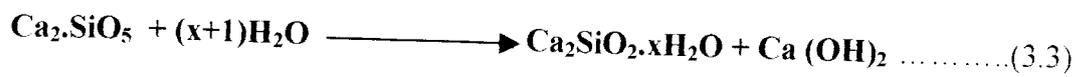
Adapun perkiraan proses reaksi hidrasi yaitu:



Pada reaksi pertama (persamaan 3.1) C_3A atau $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ bereaksi sangat cepat dengan air pada 24 jam pertama yang mengakibatkan terjadinya ikatan awal pada beton selama 24 jam pertama dan menghasilkan kuat tekan beton yang rendah serta beton sudah dapat dilepas dari cetakan karena reaksi C_3A dengan air telah membentuk masa padat beton setelah itu reaksi dilanjutkan dengan reaksi kedua yaitu antara trikalsium silikat (C_3S) atau $\text{Ca}_3\text{O}.\text{SiO}_4$ dengan air (persamaan (3.2)).



Pada reaksi kedua trikalsium silikat (C_3S) atau $\text{Ca}_3\text{O}.\text{SiO}_4$ bereaksi dengan air sudah mulai agak lambat dan menghasilkan pengikatan atau pembentukan masa padat. Reaksi ini berlangsung berkisar pada hari ke-2 hingga hari ke-14 yang juga meneruskan reaksi dari C_3A untuk menyempurnakan pembentukan massa padat beton kemudian reaksi dilanjutkan untuk menyempurnakan reaksi yang terjadi pada beton antara dikalsium silikat (C_2S) atau $\text{Ca}_2.\text{SiO}_5$ dengan air (lihat persamaan (3.3)).



Pada reaksi ini berlangsung sangat lambat dan terjadi pada umur beton lebih dari 14 hari dan memberikan kekuatan akhir. Unsur C_2S ini juga membuat semen tahan terhadap serangan unsur kimia dan juga mengurangi besar susutan pengeringan. Oleh karena itu jika dalam semen unsur C_3S dan C_3A mempunyai

prosentase yang lebih tinggi maka akan menghasilkan proses pengerasan yang cepat pada pembentukan kekuatan awalnya disertai suatu panas hidrasi yang tinggi dan menghasilkan suhu beton yang tinggi sehingga nantinya akan terjadi perbedaan temperatur antara beton dan udara sekitar yang mengakibatkan timbul retakan-retakan kecil dipermukaan beton, sebaliknya jika dalam semen terdapat C_2S dengan prosentase yang tinggi maka proses pengerasan akan berjalan sangat lambat dan ini akan mengakibatkan beton pada umur 28 hari kekuatan yang dihasilkan tidak akan maksimal karena proses reaksi yang lambat sehingga reaksi yang terjadi belum sempurna (Vlack, 1983). Untuk lebih mengetahui waktu yang dibutuhkan oleh bahan penyusun semen untuk mencapai 80% reaksi hidrasi dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Waktu yang dibutuhkan untuk hidrasi.

Senyawa kimia	Waktu (hari)
C_3A	6
C_3S	10
C_2S	100
C_4AF	50

Hasil utama dari proses reaksi hidrasi ialah yang biasa disebut *Tobermorite* yang berbentuk gel. Karena proses hidrasi berlangsung sangat lambat maka penambahan air sangat diperlukan guna penyempurnaan proses hidrasi yang terjadi pada beton, baik pada beton biasa maupun pada beton mutu tinggi yang juga memerlukan perawatan yang sama dalam penyempurnaan proses hidrasi (Tjokrodimulyo, 1995).

Kekuatan semen yang telah mengeras tergantung pada jumlah air yang dipakai waktu proses hidrasi berlangsung. Pada dasarnya jumlah air yang diperlukan untuk proses hidrasi hanya sekitar 25 % dari berat semennya, penambahan jumlah air akan mengurangi kekuatan beton (Winter and Nilson, 1991).

Beton dapat mempunyai rentang kekuatan yang lebar yaitu dapat diperoleh dengan cara mengatur secara tepat proporsi dari material – material pokok. Semen khusus, Agregat khusus, Bahan tambah, dan metode perawatan yang khusus menjadikan banyak variasi dari beton akan diperoleh.

3.2 Faktor Air Semen (Fas)

Faktor air semen sangat mempengaruhi kekuatan beton, faktor air semen (fas) merupakan perbandingan antara berat air dan berat semen dalam adukan. Kenaikan fas mempunyai pengaruh terhadap sifat-sifat beton.

Hubungan antara faktor air semen dan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis dengan rumus seperti pers. (3.1).

$$f'c = \frac{A}{B^{1.5 \cdot x}} \dots\dots\dots(3.1)$$

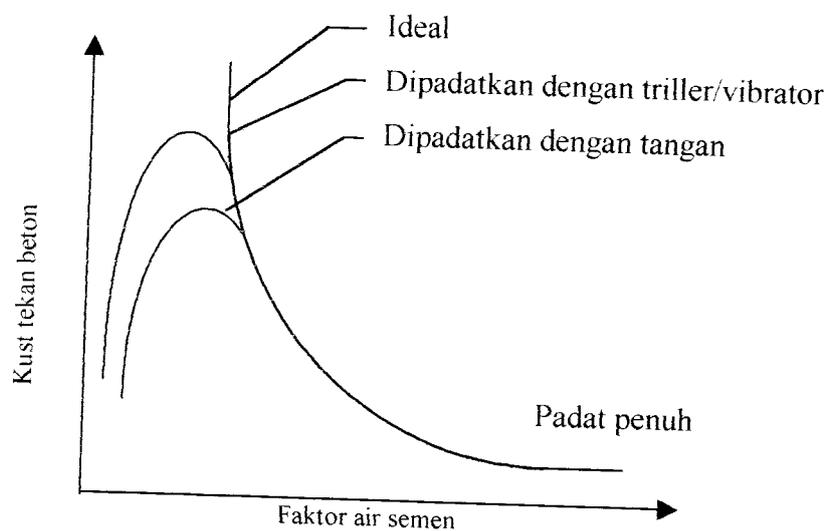
Dengan :

$f'c$ = Kuat tekan beton

x = fas (yang semula dalam proporsi volume)

A, B = konstanta

Dengan demikian semakin besar faktor air semen semakin rendah kuat tekan betonnya. Walaupun menurut rumus tersebut tampak semakin rendah fas kekuatan beton semakin tinggi, akan tetapi karena kesulitan pemadatan maka dibawah fas tertentu kekuatan beton itu malahan lebih rendah, karena betonnya kurang padat akibat pemadatannya sulit (Tjokrodimulyo, 1995). Dengan demikian ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat tekan beton maksimum lihat Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Hubungan antara kuat desak beton dengan Fas (Tjokrodimulyo, 1995 : 7.36)

3.3 Bahan Penyusun Beton

Bahan-bahan penyusun beton terdiri dari : Semen Portland, Air dan Agregat. Bahan-bahan tersebut akan diterangkan dibawah ini.

3.3.1 Semen Portland

Semen sudah diketahui dan digunakan paling tidak sejak dua ribu tahun yang lalu Bangsa Romawi sudah banyak menggunakan bahan ini pada proyek

konstruksi mereka bahkan banyak diantaranya masih berdiri. Semen yang mereka gunakan adalah semen alami dan semen pozzolan, dibuat dari campuran batu gamping dan lempung serta dari campuran kapur mati dengan abu vulkanik yang mengandung silika.

Semen portland moderen dibuat dari beberapa bahan yang mempunyai proporsi yang tepat antara batu kapur, silika, allumina, dan besi dan sebagian kecil magnesia dan sulfur trioksida (Smith and Andres, 1989).

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara membakar bersama-sama : kapur, silika dan alumina pada suhu $\pm 1500^{\circ}\text{C}$ yang menjadi klinker. Kemudian klinker-klinker ini didinginkan dan dihaluskan sampai menjadi bubuk. Biasanya lalu ditambahkan gips atau kalsium sulfat sebagai bahan pengontrol waktu ikat. Bahan tambah lain kadang – kadang ditambahkan untuk membentuk semen khusus, misalnya : kalsium klorida untuk menjadikan semen cepat mengeras (Tjokrodimulyo, 1995)

Semen portland dibuat dengan melalui beberapa langkah, sehingga menjadikan semen sangat halus dan memiliki sifat adhesif maupun kohesif

Kemudian dari berbagai reaksi kimia yang terjadi dalam proses pembuatan semen tersebut terjadi beberapa senyawa kimia yang menjadi unsur – unsur pokok penyusun semen seperti terlihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Unsur-unsur pokok yang terkandung didalam semen

Bahan	Rumus kimia	Kadar (%)
Kapur	CaO	60 – 65
Silika	SiO ₂	17 – 25
Alumina	Al ₂ O ₃	3 – 8
Besi	Fe ₂ O + K ₂ O	0,5 – 6
Magnesia	MgO	0,5 – 4
Sulfur	SO ₃	1 – 2
Soda (potash)	Na ₂ O + K ₂ O	0,5 – 1

Komposisi semen portland dan senyawa kimia yang ada berpengaruh terhadap sifat-sifat semen. Ada empat macam senyawa kimia penting yang mempengaruhi sifat semen yang berhubungan dengan sifat ikatan dan sifat pengerasan semen yang dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Senyawa yang terdapat dalam semen portland

Senyawa	Rumus Kimia
Trikalsium silikat (C ₃ S)	3CaO ₂ SiO ₂
Dikalsium silikat (C ₂ S)	2CaOSiO ₂
Trikalsium aluminat (C ₃ A)	2CaAl ₂ O ₃
Tetrakalsium aluminoforit (C ₂ AF)	4CaOAl ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃

Semen Portland yang dipakai untuk struktur harus mempunyai kualitas tertentu yang telah ditetapkan agar dapat berfungsi secara efektif. Pemeriksaan secara berkala perlu dilakukan, baik yang masih berbentuk bubuk kering maupun

yang pasta semennya sudah keras, juga betonnya yang dibuat dari semen tersebut.

Sifat-sifat fisik semen yang penting yaitu:

- 1 kehalusan butir,
- 2 waktu ikatan,
- 3 panas hidrasi dan
- 4 berat jenis.

Berikut ini adalah penjelasan lebih rinci mengenai sifat-sifat fisik semen di atas.

1. Kehalusan butir semen

Reaksi antara semen dan air dimulai dari permukaan butir-butir semen, sehingga semakin luas permukaan butir-butir semen (dari berat semen yang sama) makin cepat proses hidrasinya. Hal ini berarti bahwa, butir-butir semen yang halus akan menjadi lebih kuat dan menghasikan panas hidrasi yang lebih cepat dari pada semen dengan butir-butir yang lebih kasar. Secara umum, semen berbutir halus meningkatkan kohesi pada beton segar dan dapat pula mengurangi *bleeding*, akan tetapi menambah kecenderungan beton untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut. Menurut peraturan, paling sedikit 78% berat semen harus dapat lewat ayakan nomor 200 (lubang 1/200 inci), namun perlu dicatat bahwa jikaa butir-butir semen terlalu halus, sifat semen akan menjaid kebalikannya karena terjadi hidrasi awal oleh kelembaban udara.

2. Waktu ikatan

Semen jika dicampur dengan air akan membentuk bubur yang secara bertahap menjadi kurang plastis dan akhirnya mengeras. Pada proses ini tahap pertama dicapai ketika pasta semen cukup kaku untuk menahan suatu tekanan. Waktu untuk mencapai tahap ini disebut waktu ikatan. Waktu tersebut dihitung sejak air dicampur dengan semen. Waktu ikatan dibagi menjadi dua bagian yaitu ; waktu ikatan awal (*initial time*) dan waktu ikatan akhir (*final setting time*).

3. Panas hidrasi

Silikat dan aluminat pada semen bereaksi dengan air menjadi media perekat yang memadat lalu membentuk massa yang keras. Reaksi membentuk media perekat ini disebut hidrasi. Hidrasi semen bersifat eksotermis dengan panas yang dikeluarkan kira-kira 120 kal/gr.

Panas hidrasi naik sesuai dengan ketinggian temperatur pada saat hidrasi terjadi. Untuk semen biasa panas hidrasi tersebut bervariasi antara 37 kal/gr pada 5°C sampai dengan 80 kal/gr pada 40°C. Untuk semua jenis semen pada umumnya kira-kira 50% dari panas total dibebaskan pada waktu antara 1 dan 3 hari pertama, kira-kira 75% sampai hari ke-7 dan antara 83-91% dalam jangka waktu 6 bulan. Laju perubahan panas tergantung pada komposisi semen (Smith and Andres, 1989).

4. Berat jenis

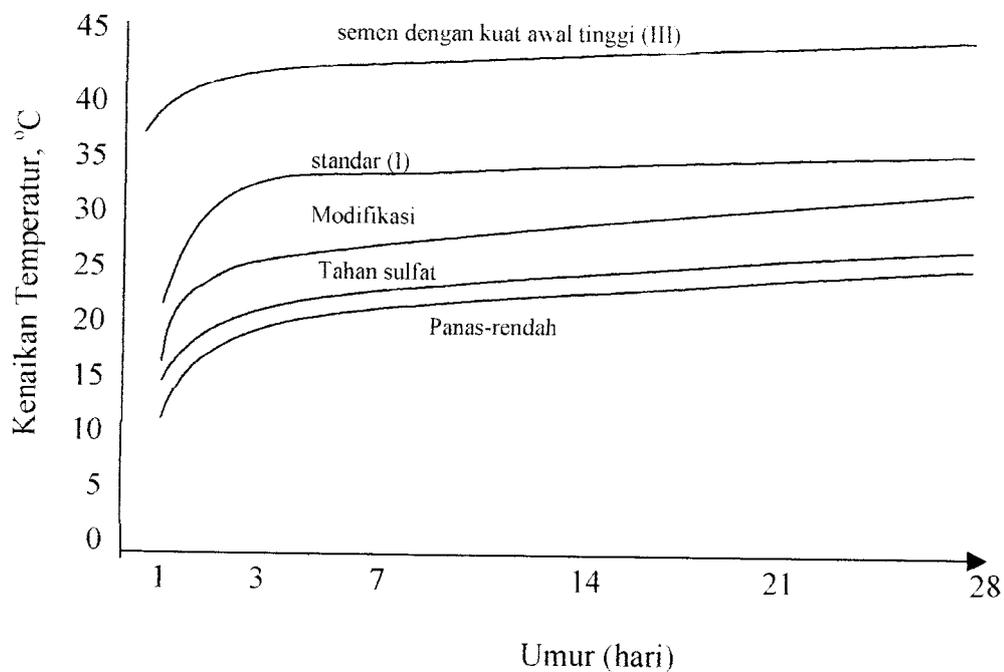
Berat jenis semen berkisar pada $3,15 \text{ gr/cm}^3$. Berat jenis ini bukan merupakan petunjuk kualitas semen, nilai ini hanya digunakan dalam perbandingan campuran saja.

Di Indonesia semen dibagi menjadi 5 jenis (PUBI-1982), yaitu :

Jenis I, jenis II, jenis III, jenis IV dan jenis V yang diterangkan dibawah ini.

1. Jenis I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
4. Jenis IV : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi rendah.
5. Jenis V : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Didalam setiap penggunaan semen yang berbeda pada beton akan mengalami perbedaan kenaikan temperatur yang berbeda-beda sejalan dengan meningkatnya umur beton (lihat Gambar 3.2).



Gambar 3.2 Kenaikan temperatur dalam beton untuk bermacam-macam tipe semen (Ferguson, 1986 : 7)

3.3.2 Air

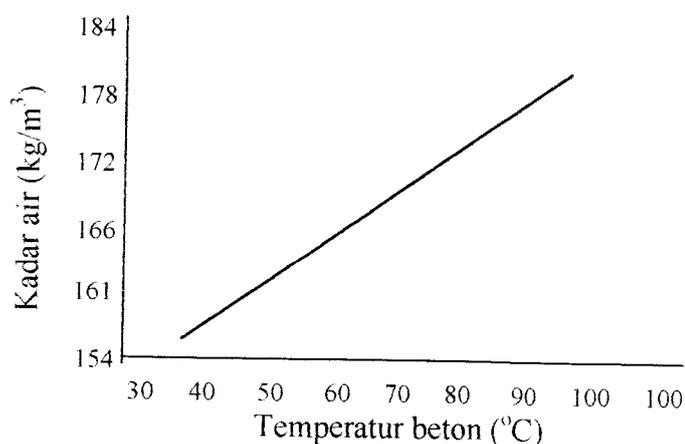
Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang dibutuhkan hanya sekitar 25% dari berat semen, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35 kelebihan air ini dipakai sebagai pelumas. Tetapi perlu dicatat bahwa tambahan air sebagai pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena akan mengurangi kekuatan beton serta betonnya porous. Selain itu kelebihan air akan bersama-sama dengan semen bergerak kepermukaan adukan beton segar yang baru saja dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan merupakan suatu lapisan tipis yang dikenal dengan *laitance*. Selaput tipis ini akan mengurangi

lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah. Apabila ada kebocoran cetakan, air bersama-sama semen juga akan keluar sehingga terjadilah sarang-sarang kerikil.

Secara umum air yang dapat dipakai bahan pencampur beton adalah air yang bila dipakai dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang memakai air suling.

Air yang dipergunakan untuk pengadukan dapat juga dipakai untuk perawatan tetapi harus yang tidak menimbulkan noda atau endapan yang merusak warna permukaan hingga sedap dipandang. Besi dan zat organik dalam air umumnya sebagai penyebab utama pengotoran atau perubahan warna terutama jika perawatan cukup lama.

Air mempunyai pengaruh yang penting dalam pembentukan pasta semen yang berpengaruh pada sifat mudah dikerjakan (*Workability*), kekuatan, susut dan keawetan mortarnya dan kebutuhan air dalam pembuatan beton meningkat sejalan dengan meningkatnya temperatur (lihat Gambar 3.3).



Gambar 3.3 Pengaruh temperatur terhadap kebutuhan air
(Sagel, Kole dan Kusuma, 1993 : 184)

Dalam pemakaian air untuk beton, sebaiknya air memenuhi syarat-syarat :

1. tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter,
2. tidak mengandung garam-garaman yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter,
3. tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter dan
4. tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

3.3.3 Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat dalam campuran beton jumlahnya berkisar antara 70% - 75% dari volume beton.

Agregat akan sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton karena semen dan air tidak memberikan andil yang cukup besar pada kekuatan beton dan pada umumnya pemilihan agregat yang baik akan menghasilkan beton dengan kekuatan yang baik, lebih tahan terhadap cuaca serta ekonomis.

Faktor-faktor dari agregat yang berpengaruh terhadap kuat desak beton yaitu : bentuk agregat, tekstur permukaan butiran, berat jenis agregat, ukuran maksimum butir agregat, gradasi agregat, modulus halus butir, kadar air agregat, kekuatan agregat yang akan dijelaskan seperti berikut ini.

1. Bentuk agregat

Sifat-sifat dan tekstur permukaan dari butir-butir agregat sebenarnya belum teridentifikasi dengan jelas, sehingga sifat-sifat tersebut sulit diukur dengan baik dan pengaruhnya terhadap beton juga sulit diperiksa dengan teliti.

Bentuk butir ditentukan oleh dua sifat yang tidak saling tergantung, yaitu kebulatan dan sferikal.

Kebulatan atau ketajaman sudut ialah sifat yang dimiliki butir yang tergantung pada ketajaman relatif dari sudut dan ujung butir sedangkan sferikal ialah sifat yang tergantung pada rasio antara luas bidang permukaan butir dan volume butir.

Bentuk butiran agregat lebih berpengaruh pada beton segar daripada setelah beton mengeras. Berdasarkan bentuk butiran agregat dapat dibedakan menjadi 4 macam yaitu : agregat bulat, agregat bulat sebagian, agregat bersudut, agregat panjang dan agregat pipih. Bentuk butiran tersebut akan diterangkan berikut ini.

- a. Agregat bulat adalah agregat yang mempunyai rongga udara minimum 33 persen oleh karena itu mempunyai rasio permukaan-volume yang kecil sehingga hanya memerlukan pasta semen yang sedikit untuk menghasilkan beton yang baik, tetapi ikatan antar butir-butirnya kurang kuat sehingga tidak cocok untuk beton mutu tinggi dan perkerasan jalan raya.
- b. Agregat bulat sebagian mempunyai rongga sekitar 35 sampai 38 persen sehingga membutuhkan lebih banyak pasta semen. Ikatan antar butirnya lebih baik daripada agregat bulat tetapi tidak cocok juga untuk beton mutu tinggi.

- c. Agregat bersudut mempunyai rongga antara 38 sampai 40 persen. Ikatan antar butirnya baik sehingga membentuk daya lekat yang baik dan membutuhkan pasta semen yang banyak tetapi dapat digunakan untuk beton mutu tinggi maupun perkerasan jalan.
- d. Agregat panjang jika ukuran terbesarnya lebih dari $9/5$ ukuran rata-rata. Ukuran rata-rata agregat ialah rata-rata ukuran dalam ayakan yang meloloskan dan yang menahan butiran agregat.
- e. Agregat pipih adalah agregat yang ukuran terkecil butirannya kurang dari $3/5$ ukuran rata-ratanya.

2. Tekstur permukaan butiran

Tekstur permukaan ialah suatu sifat permukaan yang tergantung pada ukuran apakah permukaan butir termasuk halus atau kasar, mengkilap atau kusam dan macam dari kekasaran permukaan. Pada umumnya permukaan butiran hanya disebut sebagai kasar, agak kasar, agak licin dan licin. Tetapi berdasarkan pada pemeriksaan visual butiran agregat, tekstur permukaan butiran agregat dapat dibedakan menjadi ; sangat halus (*glassy*), halus, granuler, kasar, berkrystal (*crystalline*), berpori dan berlubang-lubang.

Tekstur permukaan tergantung pada kekasaran, ukuran molekul, tekstur batuan dan juga tergantung pada besar gaya yang bekerja pada permukaan butiran yang telah membuat licin dan kasar permukaan tersebut.

Butir-butir dengan tekstur permukaan yang licin membutuhkan air lebih sedikit daripada butir-butir yang tekstur permukaannya kasar. Dilain pihak, hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis tertentu dari agregat kasar, kekasaran

Sifat-sifat fisik agregat misalnya bentuk dan tekstur permukaan secara nyata mempengaruhi mobilitas (yaitu mudah dikerjakan) dari beton segarnya, maupun daya lekat antara agregat dan pastanya. Kuat rekatan antara agregat dan pasat semen tergantung pada tekstur permukaan agregat.

3. Berat jenis agregat

Agregat dapat dibedakan berdasarkan berat jenisnya, yaitu : agregat normal, agregat berat dan agregat ringan. Ketiga macam agregat tersebut akan dijelaskan dibawah ini.

- a. Agregat normal ialah agregat yang berat jenisnya antara $2,5 - 2,7 \text{ gr/cm}^3$. Agregat ini biasanya berasal dari granit, basalt dan kuarsa. Beton yang dihasilkan berberat jenis sekitar $2,3 \text{ gr/cm}^3$ dengan kuat tekan antara 15 MPa sampai 40 MPa.
- b. Agregat berat ialah agregat yang berat jenisnya lebih dari $2,8 \text{ gr/cm}^3$ misalnya magnetik, barytes (BaSO_4) dan serbuk besi (Fe_3O_4). Beton yang dihasilkan berat jenisnya tinggi yang efektif sebagai dinding pelindung radiasi sinar X.
- c. Agregat ringan ialah yang mempunyai berat jenis kurang dari $2,0 \text{ gr/cm}^3$ yang biasanya dibuat untuk non struktural akan tetapi bisa juga untuk beton struktural atau blok dinding tembok.

4. Ukuran maksimum butir agregat

Adukan beton dengan tingkat kemudahan pengerjaan yang sama atau beton dengan kekuatan yang sama, akan membutuhkan yang lebih sedikit apabila dipakai butir-butir kerikil yang besar-besar. Oleh karena itu, untuk mengurangi

Adukan beton dengan tingkat kemudahan pengerjaan yang sama atau beton dengan kekuatan yang sama, akan membutuhkan yang lebih sedikit apabila dipakai butir-butir kerikil yang besar-besar. Oleh karena itu, untuk mengurangi jumlah semen (sehingga biaya pembuatan beton berkurang) dibutuhkan ukuran butir-butir maksimum agregat yang sebesar-besarnya. Pengurangan jumlah semen ini juga berarti pengurangan panas hidrasi dan ini berarti mengurangi kemungkinan beton untuk retak akibat susut atau perbedaan panas yang besar. Walaupun demikian, Besar butir maksimum agregat tidak dapat terlalu besar karena ada faktor-faktor lain yang membatasi. Faktor-faktor tersebut adalah :

- a. ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari $\frac{3}{4}$ kali bersih jarak antar baja tulangan atau antara baja tulangan dan cetakan,
- b. ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari $\frac{1}{3}$ kali tebal plat, dan
- c. ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari $\frac{1}{5}$ kali jarak terkecil antara bidang samping cetakan.

5. Gradasi agregat

Gradasi agregat ialah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama volume pori akan besar sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil.

Pada agregat untuk pembuatan beton digunakan butiran yang kemampatannya tinggi karena volume porinya sedikit dan ini berarti hanya membutuhkan bahan ikat sedikit saja.

Modulus halus butir ini didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir-butir agregat yang tertinggal diatas suatu ayakan dan kemudian dibagi 100. Susunan lubang ayakan itu ialah : 38 mm, 19 mm 9,6 mm 4,8 mm, 2,4 mm, 1,20 mm, 0,6 mm, 0,3 mm dan 0,15 mm.

Semakin besar nilai modulus halus butir menunjukkan bahwa makin besar butir-butir agregatnya. Modulus halus butir selain untuk menjadi ukuran kehalusan butir juga dapat dipakai untuk mencari nilai perbandingan berat antara pasir dan kerikil bila kita akan membuat campuran beton.

7. Kadar air agregat

Air yang ada pada suatu agregat perlu diketahui untuk menghitung jumlah air yang diperlukan dalam campuran adukan beton dan juga untuk mengetahui berat satuan agregat. Keadaan kandungan air didalam agregat dibedakan atas 4 macam yaitu : kering tungku, kering udara, jenuh kering muka dan basah. Keadaan kandungan air agregat tersebut akan dijelaskan dibawah ini.

a. Kering tungku

Benar benar tidak berair dan ini berarti dapat secara penuh menyerap air.

b. Kering udara

Butir-butir agregat yang keringpermukaannya tetapi mengandung sedikit air didalam porinya. Oleh karena itu agregat dalam kondisi ini masih dapat sedikit menghisap air.

c. Jenuh kering muka

Pada tingkat ini tidak ada air dipermukaan tetapi butir-butirnya berisi air sejumlah yang dapat diserap, dengan demikian butiran-butiran agregat pada

tahap ini tidak menyerap dan tidak juga menambah jumlah air bila dipakai dalam campuran adukan beton.

d. Basah

Pada tingkat ini butir-butir mengandung banyak air baik didalam maupun dipermukaan butirannya sehingga bila dipakai untuk campuran akan memberi air.

8. Kekuatan agregat

Kekuatan beton tidak lebih tinggi daripada kekuatan agregatnya. Oleh karena itu sepanjang kuat tekan agregat lebih tinggi daripada beton yang dibuat dari agregat tersebut maka agregat masih dianggap cukup kuat.

Butir-butir agregat yang lemah, yaitu butir-butir yang kekuatannya lebih rendah daripada pasta semen yang telah mengeras, tidak dapat menghasilkan beton yang kekuatannya dapat diandalkan. Akan tetapi untuk butir-butir agregat yang kekuatannya sedang atau cukup mempunyai kuat tekan yang sedang, mungkin malahan dapat menguntungkan karena dapat mengurangi konsentrasi tegangan yang terjadi pada pasta beton selama pembebanan, pembasahan, pengeringan atau pemanasan serta pendinginan, dengan demikian membantu mengurangi bahaya akibat terjadinya retakan dalam beton.

Dalam praktek agregat umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok, yaitu : batu, kerikil dan pasir yang akan dijelaskan berikut ini.

1. Batu

Batu adalah agregat dengan ukuran butiran lebih besar dari 40 mm dan dapat dibedakan menjadi 3 kategori umum berdasarkan keadaan geologi aslinya, yaitu : batuan beku, batuan sedimen dan batuan metamorfosis.

2. Kerikil

Kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu dengan ukuran 5 – 40 mm Adapun persyaratan kerikil sebagai agregat adalah :

- a. butir-butirnya tajam, kuat dan bersudut,
- b. tidak mengandung tanah atau kotoran,
- c. harus tidak mengandung garam yang menghisap air dari udara,
- d. harus yang benar-benar tidak mengandung zat organik,
- e. harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik sehingga rongganya sedikit,
- f. bersifat kekal, tidak hancur atau berubah karena cuaca,
- g. tidak boleh mengandung butiran – butiran yang pipih dan panjang lebih dari 20 % dari berat keseluruhan.

3. Pasir

Pasir merupakan bahan batuan berukuran kecil, ukuran butirannya ≤ 5 mm. Pasir dapat berupa pasir alam, pasir buatan, pasir galian.

Untuk mendapatkan nilai kuat desak yang lebih besar maka digunakan pasir dengan gradasi yang lebih besar. Variasi besar butiran (gradasi) yang baik

akan menghasilkan rongga mortar yang lebih sedikit. Pasir seperti ini hanya memerlukan pasta semen yang lebih sedikit.

Volume pasir biasanya mengembang bila sedikit mengandung air. Pengembangan volume itu disebabkan karena adanya lapisan tipis air disekitar butir-butir pasir. Ketebalan lapisan air itu bertambah dengan bertambahnya kandungan air dalam pasir dan ini berarti pengembangan volume secara keseluruhan. Akan tetapi pada suatu kadar air tertentu volume pasir mulai berkurang dengan bertambahnya kadar air. Pada suatu kadar air tertentu pula, besar penambahan volume pasir itu menjadi nol berarti volume pasir menjadi sama dengan volume pasir kering.

3.4 Kekentalan adukan beton

Dalam pembuatan beton, bagian pekerjaan yang tidak kalah pentingnya selain perawatan dalam pencapaian kekuatan tekan beton yang baik adalah pemadatan. Jika beton tidak dipadatkan dengan sempurna maka sejumlah gelembung udara mungkin akan terperangkap dan mengakitbatkan rongga-rongga udara pada beton setelah mengeras dan ini akan mengakibatkan pengurangan kekuatan tekannya karena beton dengan rongga minimal adalah yang terpadat dan terkuat.

Dengan menggunakan jumlah air yang minimal konsisten dengan derajat *workability* yang dibutuhkan untuk memberikan kepadatan maksimal. *Workability* (sifat mudah dikerjakan) merupakan tingkat kemudahan beton segar untuk diaduk, dituang dan dipadatkan. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan adalah :

1. gradasi agregat,
2. bentuk partikel agregat,
3. pengaruh kombinasi dari gradasi dan bentuk agregat,
4. pengaruh proporsi campuran, dan
5. kadar air.

Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecekan/kekentalan adukan beton. Semakin cair adukan beton segar maka semakin mudah cara pengerjaannya tetapi sebaliknya jika adukan beton segar terlalu kental maka tingkat pengerjaannya akan semakin sulit. Untuk mengetahui tingkat kekentalan adukan beton biasanya dilakukan dengan percobaan *slump*.

Untuk menentukan besarnya nilai *slump* pada umumnya digunakan alat-alat corong baja dan tongkat seperti penjelasan berikut ini.

1. Corong baja yang berbentuk kerucut berlubang pada kedua ujungnya. Bagian bawah berdiameter 20 cm dan bagian atas berdiameter 10 cm serta tinggi 30 cm disebut kerucut Abrams.
2. Tongkat baja dengan diameter 16 mm dan panjang 60 cm yang bagian ujungnya dibulatkan.

Pelaksanaan percobaan *slump* ini mula-mula corong baja ditaruh diatas tempat yang rata dan tidak menghisap air, dengan diameter yang besar berada dibawah. Adukan beton dimasukkan kedalam corong tersebut kira-kira sebanyak 1/3 volume corong. Setelah adukan dimasukkan kemudian ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali dengan tongkat baja. Kemudian adukan kedua dimasukkan kedalam corong dengan volume yang sama dengan volume adukan yang pertama

lalu ditusuk-tusuk kembali tetapi penusukkan jangan sampai mengenai adukan yang pertama, lalu adukan ketiga dimasukkan dan ditusuk pula. Bila adukan ketiga telah selesai ditusuk, lalu permukaan adukan beton diratakan hingga rata dengan permukaan corong. Setelah itu tunggu 60 detik dan kemudian corong ditarik lurus keatas. Ukur penurunan permukaan atas adukan beton setelah ditarik. Besar penurunan adukan beton tersebut disebut *slump*.

Dari penurunan nilai *slump* dapat dibedakan atas tiga jenis, yaitu :

1. *slump* sebenarnya,
2. *slump* geser, dan
3. *slump* jatuh.

3.5 Susut pada beton

Karena beton kehilangan kelembabannya karena penguapan, maka beton akan menyusut. Karena kelembaban tidak pernah meninggalkan beton seluruhnya secara seragam, perbedaan-perbedaan kelembaban mengakibatkan terjadinya tegangan-tegangan internal dan susut yang berbeda. Tegangan-tegangan yang disebabkan oleh perbedaan susut dapat cukup besar dan ini merupakan salah satu alasan perlunya kondisi-kondisi perawatan yang basah.

Dalam beton biasa, besarnya susut akan tergantung kepada keterbukaan dan beton itu sendiri. Keterbukaan terhadap angin sangat memperbesar kecepatan susut, atmosfir yang lembab akan mengurangi susut dan kelembaban yang rendah akan menambah susut.

3.6 Perencanaan campuran beton

Perencanaan campuran beton yang dipakai dalam penelitian ini menggunakan metode ACI (*American Concrete Institute*). Adapun 7 langkah perencanaan dengan metode ACI adalah sebagai berikut ini.

1. Menghitung kuat desak rata-rata, berdasarkan kuat desak yang diisyaratkan (kuat desak karakteristik) dan nilai margin yang tergantung dari tingkat pengawasan mutunya. Nilai margin adalah :

$$m = 1,64 \cdot s_d$$

dengan s_d adalah nilai deviasi standar yang diambil dari Tabel. 3.4. Kuat desak rata-rata dihitung dari kuat desak yang disyaratkan ditambah margin.

$$\sigma'_{br} = \sigma'_{bk} + m$$

dengan : σ'_{br} = kuat desak rata-rata, (Kg/cm²)

σ'_{bk} = kuat desak yang disyaratkan, (Kg/cm²) dan

m = nilai margin, (Kg/cm²)

Tabel 3.4 Nilai Deviasi Standar (Kg/cm²)

Volume Pekerjaan		Mutu Pelaksanaan		
	m ³	Baik sekali	Baik	Cukup
Kecil	< 1000	45 < s ≤ 55	55 < s ≤ 65	65 < s ≤ 85
Sedang	1000 – 3000	35 < s ≤ 45	45 < s ≤ 55	55 < s ≤ 75
Besar	> 3000	25 < s ≤ 35	35 < s ≤ 45	45 < s ≤ 65

atau dengan rumus :

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_1^N (\sigma'_b - \sigma'_{bm})^2}{(N - 1)}} \dots\dots\dots(3.4)$$

dengan :

S_d = deviasi standar (Kg/cm²)

σ'_b = kekuatan tekan beton dari benda uji (Kg/cm²)

σ'_{bm} = kekuatan tekan beton rata-rata (Kg/cm²)

$$\sigma'_{bm} = \frac{\sum_1^N \sigma'_b}{N} \dots\dots\dots(3.5)$$

N = jumlah benda uji

2. Menetapkan faktor air semen berdasarkan kuat tekan desak rata-rata pada umur yang dikehendaki (lihat Tabel 3.5) dan keawetannya berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan (lihat Tabel 3.6). Dari kedua hhasil tersebut dipilih yang paling rendah.

Tabel 3.5 Kuat desak beton untuk berbagai faktor air semen

Faktor air semen (fas)	Kemungkinan kuat desak beton Umur 28 hari	
	Beton <i>non air entrained</i> (Kg/cm ²)	Beton <i>air entrained</i> (Kg/cm ²)
0.360	420	340
0.450	350	280
0.540	280	225
0.630	225	185
0.720	175	140
0.810	140	115

Tabel 3.6 Faktor air semen maksimum

Kondisi	fas
1. Beton dalam ruangan bangunan :	
a. Keadaan keliling non korosif	0,6
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif.	0,52
2. Beton diluar ruangan bangunan :	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,6
3. Beton yang masuk kedalam tanah:	0,6
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	0,55
4. Beton yang kontiyu berhubungan dengan air :	0,52
a. Air tawar	0,57
b. Air laut	0,52

3. Berdasarkan jenis strukturnya, ditetapkan nilai *slump* dan ukuran agregat berdasarkan ukuran agregat maksimum (Tabel 3.7 dan Tabel 3.8)

Tabel 3.7 Nilai *slump*

Pemakaian beton	Maksimum (cm)	Minimum (cm)
- Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang,	12,5	5,0
- Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan struktur dibawah tanah,	9,0	2,5
- Pelat, balok, kolom dan dinding	15,5	7,5
- Perkerasan jalan	7,5	5,0
- Pembetonan masal	7,5	2,5

Tabel 3.8 Ukuran agregat maksimum

Tebal maks Konstruksi (cm)	Ukuran butir maks dalam (mm)			Plat tebal dengan tulangan ringan/tanpa tulangan
	Dinding balok kolom bertulang	Dinding tak bertulang	Plat tebal dengan tulangan berat	
6,25 – 12,5	12,5 – 19,6	19,6	19,6 – 25	19,6 – 38,1
15,0 – 27,5	19,6 – 38,1	38,1	38,1	38,1 – 76,2
30,0 – 76,5	38,1 – 76,5	76,2	38,1 – 76,2	76,2
> 76,5	38,1 – 76,5	150	38,1 – 76,2	76,2 - 150

4. Menetapkan jumlah air yang diperlukan, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai *slump* yang diinginkan. (lihat Tabel 3.9)

Tabel 3.9 Volume air yang diperlukan tiap m³ adukan beton

SLUMP (cm)	AIR (Ltr) YANG DIPERLUKAN TIAP m ³ ADUKAN BETON UNTUK UKURAN AGREGAT MAKSIMAL (mm)								
	9,6	12,5	19,6	25	38,1	50	76,2	150	
	BETON BIASA <i>NON AIR ANTRAINED</i>								
2,5 – 5,0	213	203	188	183	168	157	147	127	
7,4 – 10,0	234	223	208	208	183	173	163	142	
15,0 – 17,5	248	234	218	218	193	183	173	152	
PERKIRAAN UDARA TERPERANGKAP (%)	3	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2	
	BETON BERGELEMBUNG <i>AIR ENTRAINED</i>								
	2,5 – 5,0	188	183	168	157	147	137	127	111
	7,4 – 10,0	208	198	183	173	163	152	142	122
	15,0 – 17,5	218	208	208	183	173	163	152	132
	PERKIRAAN UDARA TERPERANGKAP (%)	8	7,0	6,0	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0

5. Menghitung semen yang diperlukan berdasarkan hasil dari langkah 2 dan 4.

$$\text{Berat semen} = \frac{\text{Kebutuhan air}}{\text{Faktor air semen}}$$

6. Menetapkan volume agregat kasar yang diperlukan persatuan volume beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai modulus halus agregat halusnya.

Tabel 3.10 Volume agregat kasar tiap m³ adukan beton

Ukuran Maksimal kerikil (mm)	Volume kerikil tusuk kering (SSD) tiap satuan volume adukan beton untuk berbagai nilai modulus halus butir (m ³)			
	2,4	2,6	2,8	3,0
9,50	0,46	0,44	0,42	0,40
12,70	0,55	0,53	0,51	0,49
19,20	0,65	0,63	0,61	0,59
25,00	0,70	0,68	0,66	0,64
38,10	0,76	0,74	0,72	0,70
50,00	0,79	0,77	0,75	0,73
76,00	0,84	0,82	0,80	0,78
150,00	0,90	0,88	0,86	0,84

- Menghitung volume agregat halus yang diperlukan berdasarkan jumlah air, semen dan agregat kasar yang diperlukan serta udara yang terperangkap dalam adukan beton dengan cara hitungan volume absolut.

3.7 Perawatan beton

Dalam proses pembuatan beton, setelah beton dicetak hal yang harus dilakukan adalah perawatan terhadap beton tersebut, yaitu perlakuan tertentu untuk menjaga kelembaban atau temperatur guna menghindari retakan pada beton dan mencegah kehilangan air terlalu banyak yang diperlukan untuk proses hidrasi semen sehingga proses pengerasan semen dapat berlangsung dengan baik. Karena retakan pada beton dapat mengakibatkan kerusakan yang serius jika bahan-bahan perusak dapat mencapai tulangan (Sagel, Kole dan Kusuma, 1993)

Metode perawatan beton terhadap beton yang baru dicetak dapat bermacam-macam disesuaikan dengan kondisi dilapangan, adapun jenis-jenis perlakuan yang dapat digunakan adalah :

1. dibiarkan dalam bekisting,
2. menutupi dengan lembar plastik foli,
3. menutupi dengan goni basah,
4. menggenangi dengan air (untuk bagian struktur yang datar)
5. menyemprot/memerciki dengan air pada permukaan beton (*sprinkling*)
6. menyemprot permukaan beton dengan *curing compound* perlakuan ini diterapkan untuk daerah yang mempunyai temperatur tinggi dan
7. *steam curing* yaitu dengan menguapi beton supaya menjaga permukaan beton agar tetap basah dan lembab.

3.8 Umur beton

Beton yang telah mengeras akan mempunyai kekuatan tekan lebih baik bersamaan dengan meningkatnya umur beton. Beton yang tidak menggunakan bahan aditif akan mempunyai kekuatan yang baik mulai pada umur 28 hari. Sejalan dengan bertambahnya umur maka kekuatan beton akan meningkat, ini dikarenakan proses reaksi yang terjadi didalam beton antara air dan semen semakin sempurna (Tjokrodimulyo, 1995)

3.9 Kuat desak Beton

Sifat beton pada umumnya lebih baik jika kuat desaknya lebih tinggi. Dengan demikian untuk meninjau mutu beton biasanya secara umum hanya

ditinjau kuat tekannya saja. Adapun faktor-faktor yang sangat mempengaruhi kekuatan beton ialah :

1. faktor air semen,
2. umur beton,
3. jenis semen,
4. jumlah semen dan udara terperangkap,
5. sifat agregat dan
6. perawatan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat desak beton selengkapnya akan dijelaskan berikut ini.

1. Faktor air semen

Faktor air semen (fas) ialah faktor utama yang mempengaruhi kuat desak beton. Gambar 3.1 memperlihatkan bahwa dengan fas yang berbeda akan menghasilkan kuat desak yang berbeda pula (Tjokrodimulyo, 1995).

2. Umur beton

Kuat desak beton bertambah sejalan dengan umur beton (Dunham, 1966) artinya semakin lama umur beton maka semakin besar kuat desaknya.

3. Jenis semen

Jenis semen mempengaruhi kuat desak rata-rata dan juga kuat akhir, seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.4.

ditinjau kuat tekannya saja. Adapun faktor-faktor yang sangat mempengaruhi kekuatan beton ialah :

1. faktor air semen,
2. umur beton,
3. jenis semen,
4. jumlah semen dan udara terperangkap,
5. sifat agregat, dan
6. perawatan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat desak beton selengkapnya akan dijelaskan berikut ini.

1. Faktor air semen

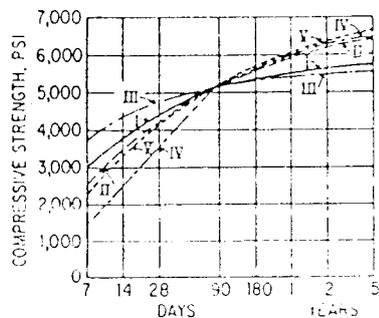
Faktor air semen (fas) ialah faktor utama yang mempengaruhi kuat desak beton. Gambar 3.1 memperlihatkan bahwa dengan fas yang berbeda akan menghasilkan kuat desak yang berbeda pula (Tjokrodimulyo, 1995).

2. Umur beton

Kuat desak beton bertambah sejalan dengan umur beton (Dunham, 1966) artinya semakin lama umur beton maka semakin besar kuat desaknya.

3. Jenis semen

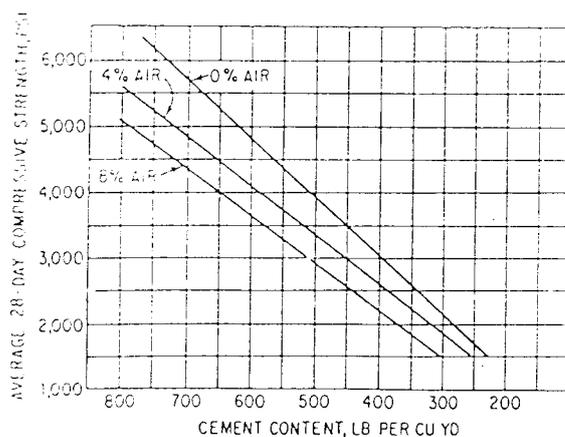
Jenis semen mempengaruhi kuat desak rata-rata dan juga kuat akhir, seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Kuat desak rata-rata beton berdasarkan macam-macam tipe semen (Merritt, 1983 : 5.11)

4. Jumlah semen dan udara terperangkap

Kuat desak beton menurun akibat adanya penurunan jumlah semen dan kuat desak tersebut akan menurun akibat banyaknya udara yang terperangkap (Merritt, 1983) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5.



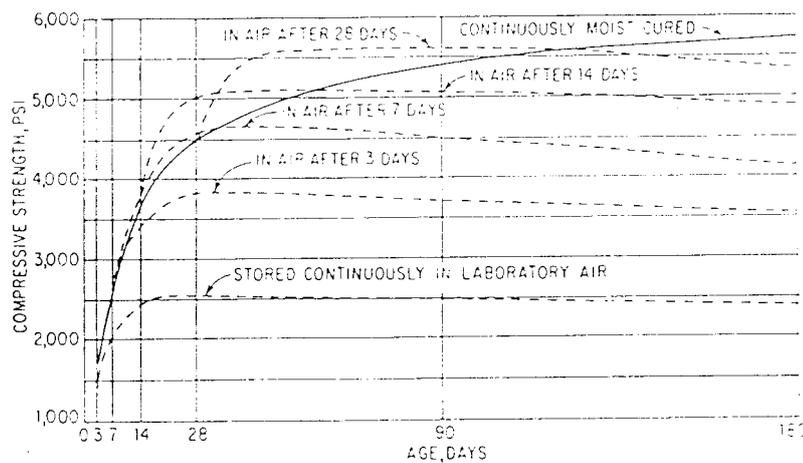
Gambar 3.5 Pengaruh jumlah semen dan ura terperangkap terhadap kuat desak beton, (Merritt, 1983 : 5.10)

5. Jenis Agregat

Kuat desak beton tidak lebih tinggi dari kekuatan agregat dalam hal ini adalah agregat kasar. Semakin baik kekuatan agregat maka kuat desak beton akan semakin baik pula (Tjokrodimulyo, 1995)

6. Perawatan

Perawatan pada beton sangat penting untuk mendapatkan kuat desak beton yang baik. Selama reaksi hidrasi semen berlangsung kelembaban beton harus dijaga (lihat Gambar 3.6).



Gambar 3.6 Kuat desak beton berdasarkan variasi perawatan (Merritt., 1983 : 5.11)



BAB IV

PELAKSANAAN PENELITIAN

Penelitian tugas akhir ini merupakan studi eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium. Dalam pelaksanaan penelitian ini menggunakan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia di Yogyakarta.

Tahap pelaksanaan penelitian ini adalah persiapan bahan atau material yang terdiri dari agregat halus dan agregat kasar. Pemeriksaan agregat halus meliputi pemeriksaan kadar lumpur dan berat jenis serta modulus halus butiran, sedangkan pemeriksaan agregat kasar meliputi pemeriksaan berat jenis dan pemeriksaan berat tusuk kering, Tahap berikutnya setelah persiapan material selesai adalah perencanaan campuran beton.

Berikut ini adalah penjelasan lebih lanjut mengenai persiapan material dan perencanaan campuran beton

4.1 Pesiapan material

Persiapan material ini bertujuan untuk memudahkan dalam pelaksanaan penelitian sehingga dalam penelitian nantinya tidak ada gangguan yang akan menghambat jalannya penelitian.

Material yang digunakan untuk membuat benda uji dalam penelitian ini adalah :

1. semen portland tipe I merek Nusantara,
2. agregat halus (pasir) dari kali Boyong,
3. agregat kasar (kerikil) dari Clereng Kulon Progo,
4. air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.

4.1.1 Pemeriksaan agregat halus

Pemeriksaan agregat halus dalam penelitian ini antara lain :

1. pemeriksaan kadar lumpur,
2. pemeriksaan berat jenis pasir,
3. modulus halus butiran.

Pemeriksaan-pemeriksaan diatas akan dijelaskan berikut ini.

1. Pemeriksian Kadar Lumpur

Pemeriksaan kadar lumpur ini bertujuan untuk mengetahui kadar lumpur yang terkandung pada pasir yang akan digunakan dalam penelitian sebagai bahan adukan beton. Kadar lumpur yang terkandung dalam agregat halus (pasir) tidak boleh lebih dari 5%.

Perhitungan kandungan lumpur.

Sebelum dicuci :

- berat cawan : 68 gr
- berat pasir (bo) : $\frac{100 \text{ gr}}{168 \text{ gr}} +$

Sesudah dicuci :

- berat cawan : 68 gr
- berat pasir (b1) : $\frac{98,3 \text{ gr}}{166,3 \text{ gr}}$ +

$$\begin{aligned} \text{Kandungan lumpur} &= \frac{168 - 166,3}{100} \times 100\% \\ &= 1,7\% \end{aligned}$$

Maka dari penelitian kandungan lumpur yang didapat sebesar 1,7 % sehingga tanah dari kali Boyong dapat dipakai dalam campuran adukan beton.

2. Pemeriksaan Modulus Halus Butiran

Pemeriksaan modulus halus butiran bertujuan untuk mengetahui distribusi butiran (gradasi) agregat halus dengan menggunakan saringan. Dari hasil penelitian didapat data-seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data hasil saringan

No.	Lubang saringan (mm)	Berat tertinggal (gr)
1	38	-
2	19	-
3	9,6	-
4	4,75	-
5	2,36	5,1
6	1,2	221
7	0,6	352
8	0,3	238,9
9	0,15	138
10	sisia	45

Dari data diatas dapat dihitung berapa besar Modulus Halus Butiran agregat halus yang digunakan dalam penelitian . Adapun perhitungan Modulus Halus Butiran selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

3. Pemeriksaan berat volume

Pemeriksaan berat volume yang dilakukan ialah untuk mengetahui berat volume dalam kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*) yang nantinya dipakai untuk menghitung berat agregat halus yang diperlukan dalam adukan beton. Data yang diperoleh dari pemeriksaan tersebut dapat dilihat pada Lampiran 3.

Adapun perhitungan berat volume agregat halus (pasir) berdasarkan data yang diperoleh adalah sebagai berikut.

Sampel I :

$$\text{Berat jenis pasir I} = \frac{300}{610 - 500} = 2,73 \text{ gr/cm}^3$$

Sampel II :

$$\text{Berat jenis pasir II} = \frac{300}{615 - 500} = 2,61 \text{ gr/cm}^3$$

Dari hasil pemeriksaan kedua sampel diatas didapat berat jenis rata-rata sebesar :

$$Bj_{\text{rata-rata}} = \frac{2,73 + 2,61}{2} = 2,67 \text{ gr/cm}^3$$

4.1.2 Pemeriksaan agregat kasar (Kerikil)

Pemeriksaan agregat kasar (kerikil) yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pemeriksaan berat jenis dan berat tusuk kering kerikil.

1. Pemeriksaan berat jenis

Pemeriksaan berat jenis kerikil dilakukan sebanyak dua kali, sehingga diperoleh data sebagaimana yang terlihat pada Lampiran 4.

Adapun perhitungan berat jenis kerikil adalah sebagai berikut.

Sampel I :

$$\text{Berat jenis kerikil I} = \frac{300}{620 - 500} = 2,5 \text{ gr/cm}^3$$

Sampel II :

$$\text{Berat jenis kerikil II} = \frac{300}{615 - 500} = 2,61 \text{ gr/cm}^3$$

Dari hasil pemeriksaan kedua sampel diatas didapat berat jenis rata-rata sebesar :

$$Bj_{\text{rata-rata}} = \frac{2,5 + 2,61}{2} = 2,56 \text{ gr/cm}^3$$

2. Pemeriksaan berat tusuk kering

Dari hasil pemeriksaan berat tusuk kering yang dilakukan diperoleh data yang dapat dilihat pada Lampiran 5.

Adapun perhitungan berat tusuk kering kerikil adalah sebagai berikut.

Sampel I :

$$\text{Berat tusuk kering kerikil I} = \frac{18,3235 - 11,211}{\frac{1}{4} \pi \times 15^2 \times 30} = 1,342 \times 10^{-3} \text{ Kg/cm}^3$$

Sampel II :

$$\text{Berat tusuk kering kerikil II} = \frac{18,396 - 11,211}{\frac{1}{4} \pi \times 15^2 \times 30} = 1,355 \times 10^{-3} \text{ Kg/cm}^3$$

Dari hasil pemeriksaan kedua sampel diatas didapat berat tusuk kering rata-rata sebesar :

$$\text{Berat tusuk kering rata-rata} = \frac{1,342 \times 10^{-3} + 1,355 \times 10^{-3}}{2} = 1,3485 \times 10^{-3} \text{ Kg/cm}^3$$

4.2 Perencanaan campuran beton

Dalam pembuatan beton, supaya memperoleh mutu beton yang sesuai dengan perencanaan maka terlebih dahulu direncanakan campuran bahan pembentuk beton sehingga didapat komposisi yang tepat antara semen, pasir, kerikil dan air.

Metode yang digunakan dalam perencanaan campuran bahan penyusun beton pada penelitian ini menggunakan metode ACI (*American Concrete Institute*). Langkah – langkah perencanaan tersebut meliputi :

1. menghitung kuat desak rata – rata beton berdasarkan kuat desak yang direncanakan,
2. menentukan faktor air semen (fas),
3. menentukan nilai *slump*,
4. menentuksan jumlah air,
5. menentukan jumlah semen,
6. menentukan volume agregat kasar dan
7. menentukan volume agregat halus.

Langkah – langkah tersebut diatas akan dijelaskan dibawah ini.

1. Menghitung kuat desak rata – rata beton berdasarkan pada kuat desak yang direncanakan (σ'_{bk}) sebesar 20 MPa , dengan mengambil nilai deviasi standar (s_d) = 55 (berdasarkan Tabel 3.3), maka didapat nilai margin (m) = $1,64 \times s_d$
 $= 1,64 \times 55 = 90,20 \text{ Kg/cm}^2$

$$= 9,02 \text{ MPa}$$

Kuat desak rata – rata adalah ;

$$\sigma'_{br} = \sigma'_{bk} + m$$

$$= 20 + 9,020$$

$$= 29,020 \text{ MPa}$$

2. Menentukan faktor air semen (fas) berdasarkan kuat desak rata – rata (interpolasi dar tabel 3.4) didapat nilai fas sebesar 0,527
3. Nilai *slump* diambil 7,5 – 10 cm.
4. Menentukan jumlah air yang diperlukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai *slump* yang diambil dengan ukuran agregat maksimum 38,1 mm (lihaat Tabel 3.7) didapat jumlah volume air yang diperlukan sebesar 183 liter tiap meter kubik adukan beto (Tabel 3.8).
5. Menentukan jumlah semen yang diperlukan, dihitung dari nilai fas dan volume kebuutuhan air yaitu :

$$\text{Berat semen} = \frac{\text{kebutuhan air}}{\text{Fas}} = \frac{183}{0,527} = 347,25 \text{ Kg}$$

Volume semen yang diperlukan sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Volume semen} &= \frac{\text{Berat semen}}{\text{Berat jenis semen}} = \frac{347,25 \times 10^{-3}}{3,15} \\ &= 0,1102 \text{ m}^3 \text{ tiap m}^3 \text{ beton} \end{aligned}$$

6. Menentukan volume agregat kasar yang diperlukan berdasarkan ukuran maksimum agregat kasar dan nilai modulus halus butiran pasir, didapat volume agregat kasar $0,742 \text{ m}^3$ tiap m^3 adukan beton (lihat Tabel 3.9).

Berat agregat kasar = volume kering tusuk ssd x berat kering tusuk ssd

$$= 0,742 \times 1348,5 = 1000,587 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume agregat kasar} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Berat volume agregat}} \\ &= \frac{1000,587}{2560} \\ &= 0,391 \text{ m}^3 \text{ tiap m}^3 \text{ adukan beton} \end{aligned}$$

7. Menentukan volume agregat halus yang diperlukan berdasarkan jumlah air semen dan agregat halus serta udara yang terperangkap sebesar 1% dalam adukan beton.

Volume tanpa pasir = volume air + volume semen + volume kerikil + volume udara

$$= 0,183 + 0,1102 + 0,391 + 0,01$$

$$= 0,694 \text{ m}^3$$

$$\text{volume pasir} = 1 - 0,694 = 0,306 \text{ m}^3$$

berat pasir = volume pasir x berat jenis pasir

$$= 0,306 \times 2,67 \times 10^3$$

$$= 817,02 \text{ Kg}$$

Berdasarkan hitungan perencanaan komposisi beton, maka kebutuhan bahan susun beton untuk tiap m^3 adukan beton dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Kebutuhan bahan untuk 1 m^3 adukan beton

BAHAN	VOLUME	BERAT
AIR	183 liter	183 liter
SEMEN	0,1102 m^3	347,13 Kg
PASIR	0,306 m^3	817,02 Kg
KERIKIL	0,391 m^3	1000,587 Kg

Volume 1 sampel benda uji kubus ukuran $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$

$$V = 15^3 = 3375 \text{ cm}^3 = 3,375 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Kebutuhan bahan tiap 1 sampel benda uji

1. Air = $3,375 \times 10^{-3} \times 183 = 0,617$ liter
2. Semen = $3,375 \times 10^{-3} \times 347,13 = 1,172$ Kg
3. Pasir = $3,375 \times 10^{-3} \times 817,02 = 2,757$ Kg
4. Kerikil = $3,375 \times 10^{-3} \times 1000,587 = 3,377$ Kg

BAB V

PEMBAHASAN

Setelah seluruh proses penelitian sampai dengan pengujian benda uji selesai dilaksanakan maka, diuraikan mengenai hasil penelitian, evaluasi dan kajian penelitian serta analisa yang akan dibahas berikut ini.

5.1 Hasil penelitian

Dari penelitian yang dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia didapat data-data dari sampel beton benda uji yang menunjukkan kekuatan maksimum beton dari berbagai variasi perlakuan.

5.1.1 Perlakuan beton tanpa perawatan

Perlakuan pada beton tanpa perawatan di penelitian ini adalah menempatkan beton pada tempat yang lembab yang mempunyai suhu ruang sekitar 75°F atau 28°C untuk menjaga agar kelembaban beton terjaga dan pada perawatan standar beton tidak dirawat secara khusus sehingga beton yang dihasilkan akan menjadi bahan perbandingan untuk beton yang mengalami perlakuan khusus. Adapun data yang diperoleh seperti terlihat pada Tabel 6.1.

Tabel 5.1 Data beton tanpa perawatan

Sampel	Dimensi (cm)	Luas (cm ²)	Berat (gr)	Berat satuan (ton/m ³)	P max (Kn)	Kuat desak (MPa)
V ₀₁	15 x 15,17 x 15,195	227,55	8120	2,348	510	22,64
V ₀₂	15,14 x 15,02 x 15,02	227,41	8040	2,354	500	22,21
V ₀₃	15,11 x 15,11 x 15,19	228,31	8025	2,314	495	21,89
V ₀₄	14,95 x 15 x 15,135	224,25	8034	2,367	450	20,27
V ₀₅	14,96 x 15,16 x 14,995	226,79	7939	2,200	525	23,38

Kuat desak rata-rata beton tanpa perawatan umur 28 hari :

$$\frac{22,64+22,21+21,89+20,27+23,38}{5} = 22,078 \text{ MPa}$$

Kuat desak karakteristik (σ'_{bk}) = kuat desak rata-rata (σ'_{bm}) – m

Dimana m = margin = 1,64 . s_d

$$= 1,64 \cdot 55 = 90,20 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 9,02 \text{ MPa}$$

maka kuat desak karakteristik (σ'_{bk}) = 22,078 – 9,02 = 13,058 MPa

5.1.2 Perlakuan beton yang dirawat dengan disiram

Perawatan beton dengan disiram air menggunakan air yang ada pada laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia dengan variasi penyiraman sebagai berikut :

1. disiram selama 7 hari,
2. disiram selama 14 hari, dan
3. disiram selama 28 hari.

Penyiraman dilakukan selama 2 kali sehari dan beton diletakkan pada udara terbuka dengan suhu udara berkisar antara 80°F - 85°F atau sekitar 30°C -

35°C. Beton yang dirawat dengan disiram ini dihindari dari air hujan guna mengetahui peningkatan kekuatan secara murni dengan perawatan disiram tanpa adanya penambahan air dari hujan. Adapun data yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 5.2 sampai dengan Tabel 5.4.

Tabel 5.2 Perawatan disiram selama 7 hari

Sampel	Dimensi (cm)	Luas (cm ²)	Berat (gr)	Berat satuan (ton/m ³)	P max (Kn)	Kuat desak (MPa)
V ₁₁₁	15,555 x 14,925 x 14,975	223,50	8005	2,303	565	25,53
V ₁₁₂	14,97 x 15,03 x 14,965	224,99	7808	2,319	530	23,79
V ₁₁₃	14,985 x 15,165 x 15,115	227,25	8147	2,372	540	24,00
V ₁₁₄	15,1 x 15,01 x 15,01	226,65	7619	2,11	550	24,51
V ₁₁₅	15,035 x 14,865 x 15,115	223,49	7849	2,323	590	26,66

Kuat desak rata-rata beton dengan perawatan disiram selama 7 hari

$$\frac{25,53 + 23,79 + 24 + 24,51 + 26,66}{5} = 24,89 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat desak karakteristik } (\sigma'_{bk}) &= 24,89 - 9,02 \\ &= 15,87 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tabel 5.3 Perawatan disiram selama 14 hari

Sampel	Dimensi (cm)	Luas (cm ²)	Berat (gr)	Berat satuan (ton/m ³)	P max (Kn)	Kuat desak (MPa)
V ₁₂₁	15,03 x 15,485 x 15,08	226,65	8170	2,328	610	27,18
V ₁₂₂	15,02 x 14,92 x 14,81	224,09	7975	2,400	585	26,37
V ₁₂₃	15 x 15,375 x 15,20	228,00	8184	2,324	600	26,58
V ₁₂₄	15,245 x 15,095 x 15,11	228,08	8069	2,321	590	26,13
V ₁₂₅	15,285 x 15,035 x 15,205	228,61	8019	2,295	575	25,40

Kuat desak rata-rata beton dengan perawatan disiram selama 14 hari

$$\frac{27,18 + 26,37 + 26,58 + 26,13 + 25,4}{5} = 26,33 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat desak karakteristik } (\sigma'_{bk}) &= 26,33 - 9,02 \\ &= 17,31 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tabel 5.4 Perawatan disiram selama 28 hari

Sampel	Dimensi (cm)	Luas (cm ²)	Berat (gr)	Berat satuan (ton/m ³)	P max (Kn)	Kuat desak (MPa)
V ₁₃₁	15,1 x 15,33 x 14,9	231,48	8262	2,395	670	29,23
V ₁₃₂	15,135 x 14,94 x 14,945	226,12	7941	2,349	610	27,25
V ₁₃₃	15,013 x 14,97 x 14,9	224,74	7908	2,362	635	28,54
V ₁₃₄	15,15 x 14,99 x 15,34	227,09	8308	2,385	630	28,02
V ₁₃₅	15,175 x 15,075 x 14,83	228,76	8089	2,3843	565	24,95

Kuat desak rata-rata beton dengan perawatan disiram selama 28 hari

$$\frac{29,23 + 27,25 + 28,54 + 28,02 + 24,95}{5} = 27,59 \text{ MPa}$$

5

$$\begin{aligned} \text{Kuat desak karakteristik } (\sigma'_{bk}) &= 27,59 - 9,02 \\ &= 18,57 \text{ MPa} \end{aligned}$$

5.1.3 Perlakuan beton yang dirawat dengan ditutup karung basah

Perawatan yang dilakukan pada penelitian ini adalah menutupi beton dengan karung goni yang dibasahkan dan karung goni basah tersebut menutupi semua permukaan baton sehingga setiap permukaan beton dapat menyerap secara merata air yang ada pada karung goni tersebut. Suhu udara yang terjadi pada sekeliling beton yang ditutupi karung berkisar antara 68°F - 70°F atau 20°C - 23°C. Variasi lama perawatannya adalah sebagai berikut :

1. ditutup karung basah selama 7 hari,
2. ditutup karung basah selama 14 hari dan
3. ditutup karung basah selama 28 hari.

Variasi perawatan yang dilakukan ini bertujuan untuk mengetahui perawatan optimal yang menghasilkan kekuatan beton yang maksimal sehingga nantinya dapat dipakai sebagai referensi dalam pekerjaan dilapangan. Adapun data yang diperoleh dari pengujian benda uji dapat dilihat pada Tabel 5.5 sampai dengan Tabel 5.7.

Tabel 5.5 Perawatan ditutup karung basah selama 7 hari

Sampel	Dimensi (cm)	Luas (cm ²)	Berat (gr)	Berat satuan (ton/m ³)	P max (Kn)	Kuat desak (MPa)
V ₂₁₁	14,965 x 14,975 x 15,24	224,10	8143	2,385	555	25,01
V ₂₁₂	15,75 x 15,08 x 15,055	227,03	7612	2,129	550	24,47
V ₂₁₃	15,265 x 15,145 x 15,27	231,19	8187	2,319	565	24,68
V ₂₁₄	14,86 x 14,925 x 15,51	221,79	8159	2,372	600	27,32
V ₂₁₅	15,59 x 14,94 x 15,015	224,32	8030	2,296	530	23,86

Kuat desak rata-rata beton dengan perawatan ditutup karung basah selama 7 hari

$$\frac{25,01 + 24,47 + 24,68 + 27,32 + 23,86}{5} = 25,07 \text{ MPa}$$

Kuat desak karakteristik (σ'_{bk}) = 25,07 – 9,02

$$= 16,05 \text{ MPa}$$

Tabel 5.6 Perawatan ditutup karung basah selama 14 hari

Sampel	Dimensi (cm)	Luas (cm ²)	Berat (gr)	Berat satuan (ton/m ³)	P max (Kn)	Kuat desak (MPa)
V ₂₂₁	15,1 x 15,28 x 15,035	227,03	8245	2,377	610	27,14
V ₂₂₂	15,025 x 14,985 x 15,075	225,15	8005	2,358	620	27,81
V ₂₂₃	15,14 x 15,065 x 14,885	224,24	8038	2,368	560	25,22
V ₂₂₄	15,05 x 15,115 x 15,305	227,48	8190	2,352	610	27,08
V ₂₂₅	15 x 14,925 x 15,145	223,88	7925	2,337	650	29,32

Kuat desak rata-rata beton dengan perawatan ditutup karung basah selama 14 hari

$$\frac{27,14 + 27,81 + 25,22 + 27,08 + 29,32}{5} = 27,31 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat desak karakteristik } (\sigma'_{bk}) &= 27,31 - 9,02 \\ &= 18,29 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tabel 5.7 Perawatan ditutup karung basah selama 28 hari

Sampel	Dimensi (cm)	Luas (cm ²)	Berat (gr)	Berat satuan (ton/m ³)	P max (Kn)	Kuat desak (MPa)
V ₂₃₁	15,17 x 15,22 x 15,155	229,90	8274	2,365	655	28,78
V ₂₃₂	15,34 x 14,93 x 14,88	222,16	8103	2,378	625	28,41
V ₂₃₃	15,2 x 15,15 x 15,1	228,76	8123	2,336	625	27,59
V ₂₃₄	15,34 x 15,045 x 15,27	229,73	8298	2,355	590	25,94
V ₂₃₅	15,135 x 15,26 x 15,14	229,14	8150	2,331	670	29,53

Kuta desak rata-rata beton dengan perawatan ditutup karung basah selama 28 hari

$$\frac{28,78+28,41+27,59+25,94+29,53}{5} = 28,05 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat desak karakteristik } (\sigma'_{bk}) &= 28,05 - 9,02 \\ &= 19,03 \text{ MPa} \end{aligned}$$

5.1.4 Perlakuan beton dengan dijemur

Perawatan ini dilakukan dengan menjemur beton dibawah sinar matahari langsung dengan suhu udara berkisar antara 120°F - 160°F atau 40°C - 45°C dan dihindari dari terkena air hujan sehingga dapat diketahui seberapa kekuatan yang dapat dihasilkan oleh beton oleh karena penguapan yang terlalu cepat. Variasi yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. beton dijemur selama 7 hari,
2. beton dijemur selama 14 hari dan

3. beton dijemur selama 28 hari.

Setelah beton dijemur selama 7 hari dan 14 hari kemudian diletakkan pada ruangan yang lembab dan mengembalikan suhu ketempat yang lebih rendah supaya dapat diketahui seberapa kekuatan yang hilang jika beton dijemur dibandingkan dengan beton standar dan perawatan ini dilakukan untuk mengetahui seberapa kekukatan beton seandainya beton dalam keadaan yang sangat jelek sehingga didapat kekuatan minimal dari beton. Adapun data yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 5.8 sampai dengan Tabel 5.10.

Tabel 5.8 Beton dijemur selama 7 hari

Sampel	Dimensi (cm)	Luas (cm ²)	Berat (gr)	Berat satuan (ton/m ³)	P max (Kn)	Kuat desak (MPa)
V ₃₁₁	14,84 x 15 x 15,12	222,60	7887	2,343	465	21,09
V ₃₁₂	15,275 x 15,18 x 14,975	227,32	8062	2,322	450	19,99
V ₃₁₃	15,035 x 15,06 x 15,095	226,43	7825	2,289	500	22,4
V ₃₁₄	15,22 x 15,03 x 14,755	228,76	7965	2,359	490	21,63
V ₃₁₅	14,78 x 14,9 x 15,115	220,22	7593	2,281	510	23,39

Kuat desak rata-rata beton dengan perawatan dijemur selama 7 hari.

$$\frac{21,09+19,99+22,4+21,63+23,39}{5} = 21,7 \text{ MPa}$$

5

Kuat desak karakteristik (σ'_{bk}) = 21,7 - 9,02

$$= 12,68 \text{ Mpa}$$

Tabel 5.9 Beton dijemur selam 14 hari

Sampel	Dimensi (cm)	Luas (cm ²)	Berat (gr)	Berat satuan (ton/m ³)	P max (Kn)	Kuat desak (MPa)
V ₃₂₁	15,45 x 14,9 x 14,995	223,43	7993	2,315	450	20,34
V ₃₂₂	15 x 15,015 x 15,115	225,23	7989	2,347	430	19,28
V ₃₂₃	15,06 x 14,835 x 14,985	223,42	7780	2,324	470	21,2
V ₃₂₄	15,3 x 15,11 x 15,32	231,18	8245	2,328	520	22,7
V ₃₂₅	15,12 x 15,175 x 15,45	229,45	8017	2,262	535	23,5

Kuat desak rata-rata beton dengan perawatan dijemur selama 14 hari.

$$\frac{20,34+19,28+21,2+22,7+23,5}{5} = 21,404 \text{ MPa}$$

5

Kuat desak karakteristik (σ'_{bk}) = 21,404 – 9,02

$$= 12,384 \text{ MPa}$$

Tabel 5.10 Beton dijemur selama 28 hari

Sampel	Dimensi (cm)	Luas (cm ²)	Berat (gr)	Berat satuan (ton/m ³)	P max (Kn)	Kuat desak (MPa)
V ₃₃₁	15,12 x 15,175 x 15,45	229,45	8051	2,271	430	18,93
V ₃₃₂	15,47 x 14,97 x 14,795	231,59	7977	2,328	450	19,63
V ₃₃₃	15,26 x 15,02 x 15,22	228,60	7992	2,291	460	20,32
V ₃₃₄	14,96x 14,98 x 14,97	224,10	7818	2,388	415	18,70
V ₃₃₅	14,93 x 14,97 x 15,125	223,50	7847	2,321	455	20,56

Kuat desak rata-rata beton dengan perawatan dijemur selama 28 hari.

$$\frac{18,93+19,63+20,32+18,7+20,56}{5} = 19,628 \text{ MPa}$$

5

Kuat desak karakteristik (σ'_{bk}) = 19,628 – 9,02

$$= 10,608 \text{ MPa}$$

5.2 Evaluasi dan kajian penelitian

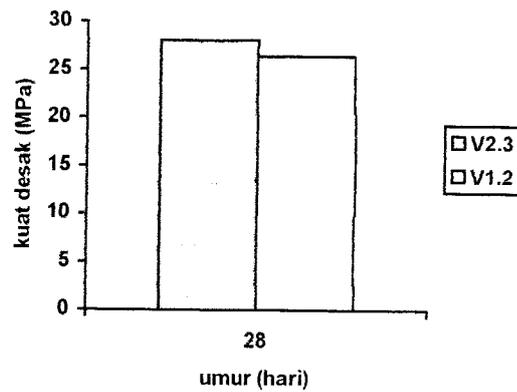
Hasil penelitian yang diperoleh dari pengujian di laboratorium akan dikaji dan dievaluasi yang meliputi :

1. membandingkan kuat desak dari benda uji standar dengan benda uji yang mendapat perlakuan dengan dirawat dan dijemur selama 7 hari, 14 hari dan 28 hari,
2. dengan membandingkan benda uji tersebut diatas maka dapat dilihat sejauh mana peningkatan atau penurunan tingkat kekuatan desak beton benda uji.

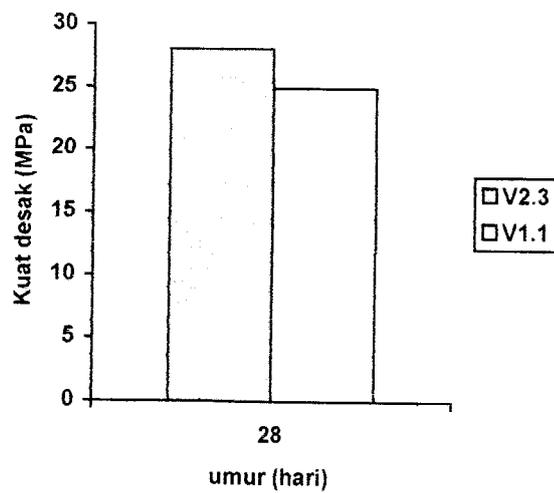
Untuk memudahkan dalam melakukan perbandingan kuat desak benda uji standar dengan benda uji yng dirawat maka disajikan dalam bentuk grafik.

5.2.1 Grafik kuat desak antara benda uji ditutup karung basah selama 28 hari dengan benda uji yang disiram air

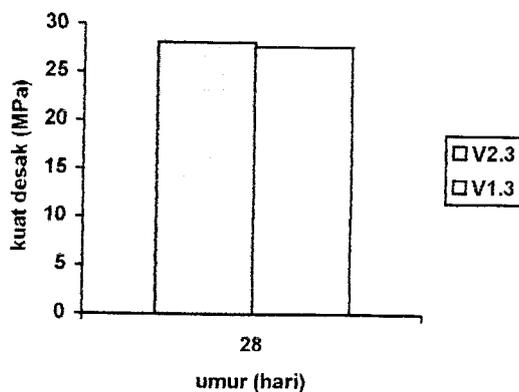
Perbandingan kuat desak antara benda uji yang ditutup karung basah selama 28 hari dengan benda uji yang mendapat perlakuan disiram air ditunjukkan oleh Gambar 5.1 sampai dengan Gambar 5.3.



Gambar 5.1 Grafik perbandingan kuat desak antara benda uji ditutup karung basah selama 28 hari (V2.3) dengan benda uji disiram selama 7 hari (V1.1)



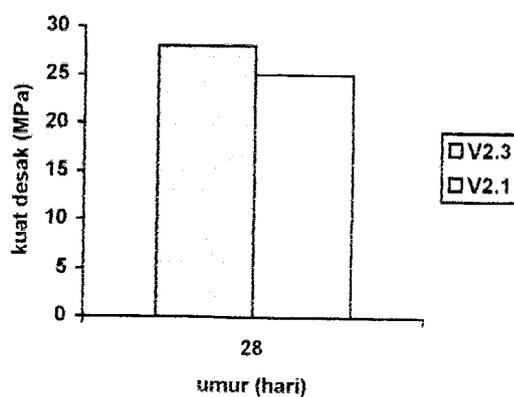
Gambar 5.2 Grafik perbandingan kuat desak antara benda uji ditutup karung basah selama 28 hari (V2.3) dengan benda uji disiram selama 14 hari (V1.2)



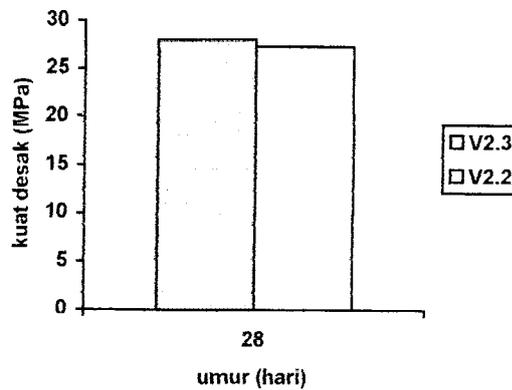
Gambar 5.3 Grafik perbandingan kuat desak antara benda ditutup karung basah selama 28 hari (V2.3) dengan benda uji disiram selama 28 hari (V1.3)

5.2.2 Grafik kuat desak antara benda uji ditutup karung basah selama 28 hari dengan benda uji yang ditutup karung basah selama 7 dan 14 hari

Perbandingan kuat desak benda uji yang ditutup karung basah selama 28 hari dengan benda uji yang mendapat perlakuan dirawat dengan karung basah selama 7 dan 14 hari ditunjukkan oleh Gambar 5.4 sampai dengan Gambar 5.6.

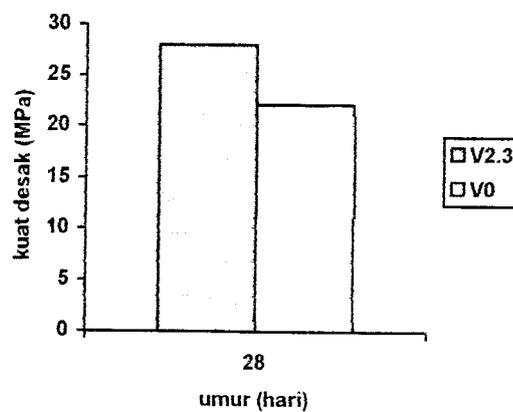


Gambar 5.4 Grafik perbandingan kuat desak antara benda uji ditutup karung basah selama 28 hari (V2.3) dengan benda uji ditutup karung basah selama 7 hari (V2.1)



Gambar 5.5 Grafik perbandingan kuat desak antara benda uji ditutup karung basah selama 28 hari (V2.3) dengan benda uji ditutup karung basah selama 14 hari (V2.2)

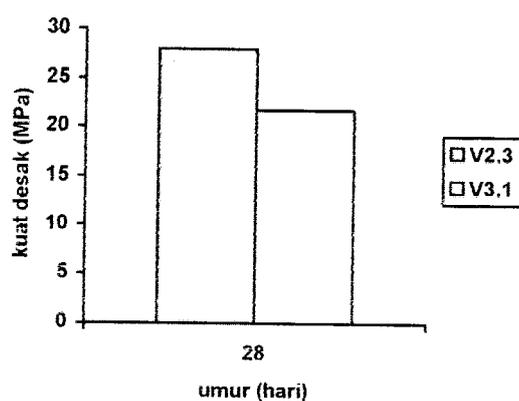
5.2.3 Grafik kuat desak antara benda uji ditutup karung basah selama 28 hari dengan benda uji yang tidak dirawat



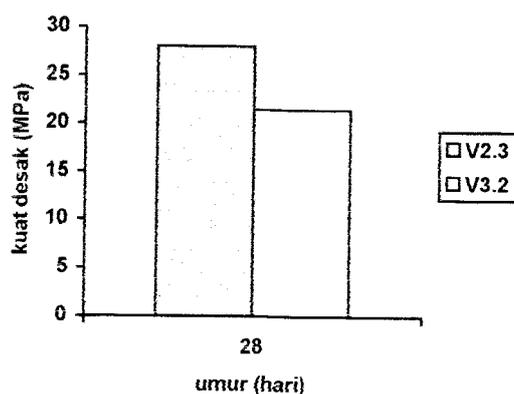
Gambar 5.6 Grafik perbandingan kuat desak antara benda uji ditutup karung basah selama 28 hari (V2.3) dengan benda uji tanpa perawatan (V0)

5.2.4 Grafik kuat desak antara benda uji ditutup karung basah selama 28 hari dengan benda uji yang dijemur

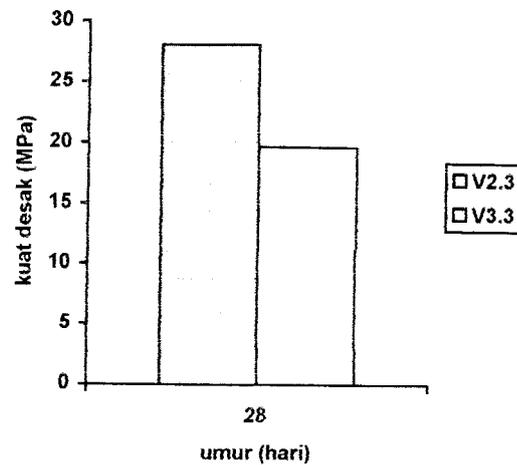
Perbandingan kuat desak antara benda uji yang ditutup karung basah selama 28 hari dengan benda uji yang mendapat perlakuan dijemur ditunjukkan oleh Gambar 5.7 sampai dengan Gambar 5.9.



Gambar 5.7 Grafik perbandingan kuat desak antara benda uji ditutup karung basah selama 28 hari (V2.3) dengan benda uji dijemur selama 7 hari (V3.1)

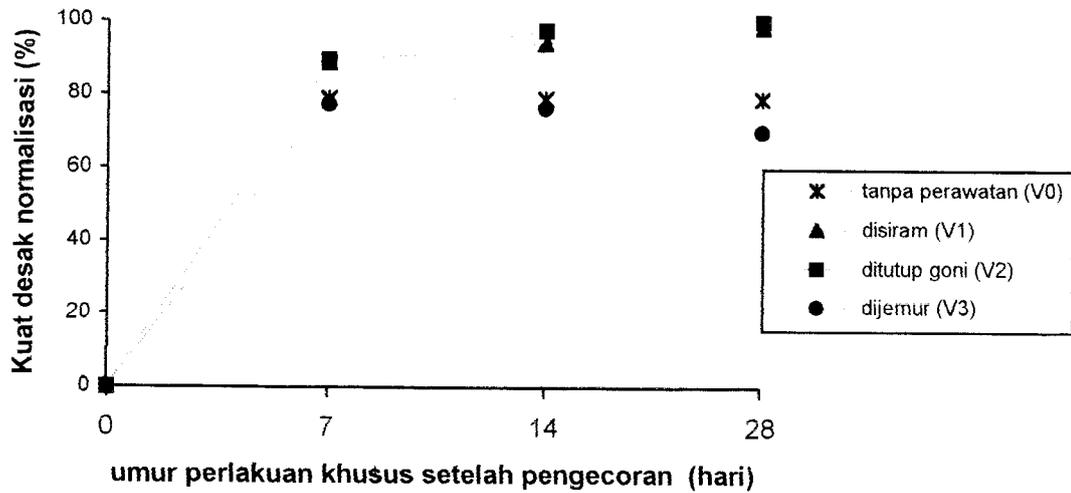


Gambar 5.8 Grafik perbandingan kuat desak antara benda uji ditutup karung basah selama 28 hari (V2.3) dengan benda uji dijemur selama 14 hari (V3.2)



Gambar 5.9 Grafik perbandingan kuat desak antara benda uji ditutup karung basah selama 28 hari (V2.3) dengan benda uji dijemur selama 28 hari (V3.3)

Untuk mempermudah melihat variasi kuat desak benda uji pada setiap variasi perlakuan berdasarkan data yang didapat pada Gambar 6.1 sampai dengan Gambar 6.9, maka dibuat grafik perbandingan antara variasi perlakuan yang satu dengan variasi perlakuan lainnya (lihat Gambar 6.10).



Gambar 5.10 Grafik kuat desak benda uji beton umur 28 hari dalam berbagai macam perlakuan

5.3 Analisa

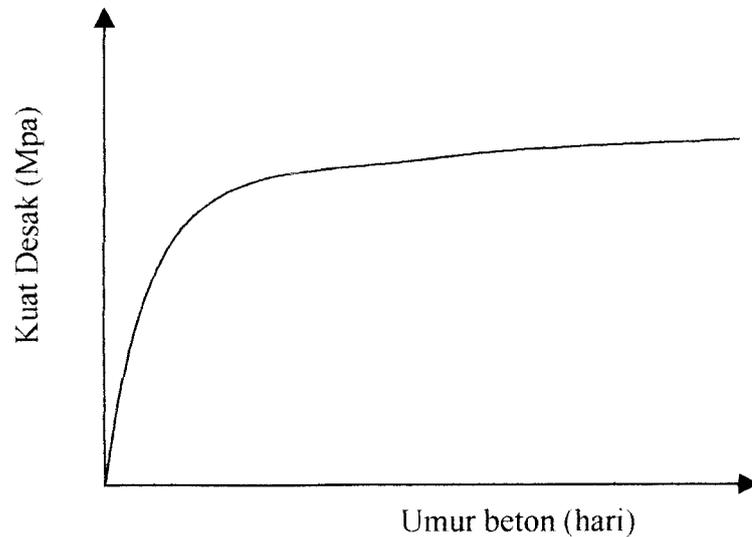
Berdasar dari data hasil penelitian yang disajikan dalam Gambar 5.1 sampai dengan Gambar 5.9 dan didasarkan pada teori yang telah ada maka didapat analisa sebagai berikut:

1. beton segar harus dijaga kelembabannya supaya terjamin proses hidrasi berlangsung baik sehingga kuat desak beton dapat tercapai seperti yang direncanakan (Tjokrodimulyo, 1995),
2. dari hasil penelitian didapat beton yang tidak dirawat secara khusus melainkan hanya menjaga kelembaban beton setelah 28 hari kekuatannya tidak mengalami banyak perubahan jika ditempatkan didalam ruang yang lembab atau ruangan yang tidak memiliki temperatur udara yang tinggi,

3. karena proses reaksi hidrasi air dan semen berlangsung sangat lambat maka dibutuhkan penambahan air guna meningkatkan kekuatan desak beton dan juga penambahan air ini juga berguna untuk menggantikan air yang hilang karena penguapan yang terjadi (Tjokrodimulyo, 1995),
4. dari hasil pengujian benda uji beton yang dirawat dengan cara menutupi beton dengan karung goni basah lebih baik dibandingkan dengan benda uji beton yang dirawat dengan menyiraminya dengan air, tetapi kedua perawatan tersebut menghasilkan kuat desak yang lebih baik dari pada beton tanpa perawatan. Peningkatan kuat desak beton yang terjadi dapat dijelaskan karena berdasarkan teori diatas bahwa proses reaksi beton itu sangat lambat dan membutuhkan lebih banyak air untuk melanjutkan proses reaksi hidrasi antara air dan semen maka dengan penambahan air melalui penyiraman atau ditutup karung goni basah maka dapat menambahkan air pada beton untuk melanjutkan proses reaksi hidrasi tersebut.
5. peningkatan kuat desak beton antara yang dirawat dengan menyirami beton dengan air dan ditutup karung basah juga mengalai perbedaan. Perbedaan ini terjadi karena jika beton disiram maka air pada beton tersebut sebagian diserap beton untuk melanjutkan proses hidrasi dan sebagian lagi menguap tetapi jika ditutup karung basah maka penguapan yang terjadi akan lebih kecil dari pada jika dibandingkan hanya dengan disiram saja karena air yang terdapat pada goni akan dipertahankan oleh karung goni,
6. peningkatan kekuatan desak beton ini meningkat sejalan dengan lamanya perawatan beton yang dilakukan dan suhu yang tidak terlalu tinggi yang

menyebabkan kehilangan/penguapan air terlalu cepat yang mengakibatkan terhentinya proses hidrasi sehingga reaksi yang terjadi tidak sempurna dan beton yang dihasilkan tidak maksimal,

7. temperatur-temperatur awal yang tinggi untuk beton pada umur muda menghasilkan pengikatan yang cepat dan kehilangan permanen dari kekuatan potensial dan kekuatan beton akan menurun ketika beton mencapai umur 28 hari (Fergusson, 1986),
8. benda uji beton yang dijemur setelah diuji menunjukkan bahwa dengan adanya peningkatan temperatur udara maka kekuatan desak beton semakin rendah dan kekuatan desak itu menurun sejalan dengan lamanya waktu penjemuran yang semakin lama akan menguapkan air yang ada didalam beton dan berdasarkan teori diatas dapat dijabarkan bahwa walaupun setelah dijemur dan suhu beton dikembalikan seperti semula tetapi beton tidak dirawat secara khusus atau dengan menjaga permukaan beton tetap basah serta beton ditempatkan pada ruangan yang lembab kekuatan yang dihasilkan tidak akan mencapai maksimum karena terjadinya kehilangan air untuk proses hidrasi air dan semen dan juga terjadi retak-retak kecil disekitar permukaan beton karena adanya perbedaan temperatur sehingga terjadi penyusutan yang cepat dari beton dan retak-retak tersebut menjadi semakin besar ketika beton diuji dan menjadikan beton kehilangan kekuatan,
9. beton akan mengeras dan meningkat kekuatannya bersamaan dengan umur beton (Dunham,1966), seperti yang terlihat pada Gambar 5.11.



Gambar 5.11 Perbandingan antara kuat desak beton dengan umur beton (Dunham, 1966 : 4)

10. Dari hasil penelitian yang terlihat pada Gambar 6.10, bahwa kuat desak beton meningkat sejalan dengan lamanya umur beton akan tetapi jika beton pada umur muda mendapat perawatan yang baik maka kenaikan kekuatan yang dihasilkan akan lebih baik sehingga kekuatan akhirnya pun akan lebih baik pula.

Adapun prosentase selisih kuat desak beton dibandingkan dengan beton standar dapat dilihat pada Tabel 5.11

Tabel 5.11 Prosentase penurunan kuat desak

Jenis variasi Benda uji	Prosentase penurunan kuat desak dibandingkan dengan beton yang ditutup karung basah berdasarkan lama waktu perawatan			Keterangan
	7 hari	14 hari	28 hari	
V ₀	21,29%	21,29%	21,29%	Benda uji tanpa perawatan
V ₁	11,27%	6,13%	1,64%	Benda uji disiram air
V ₂	10,62%	2,64%	0%	Benda uji ditutup karung
V ₃	22,64%	23,69%	30,04%	Benda uji dijemur

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah menganalisa data yang telah didapatkan dari hasil penelitian, maka dapat diberikan kesimpulan dan saran sebagai berikut ini.

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari pengamatan dan analisa hasil adalah sebagai berikut ini.

1. Perawatan dengan cara menutupi beton dengan karung basah menghasilkan kuat desak beton yang lebih baik benda uji yang dirawat dengan disiram air.
2. Beton yang dijemur menghasilkan kuat desak yang rendah dibandingkan dengan beton standar.
3. Peningkatan kuat desak beton bertambah sejalan dengan lamanya waktu perawatan. Sebaliknya, benda uji yang dijemur kekuatan desaknya mengalami penurunan sejalan dengan lamanya waktu penjemuran dan suhu yang tinggi.
4. Dengan menjaga kelembaban permukaan beton dari pertama kali beton mengeras akan meningkatkan kekuatan desaknya.
5. Dengan mengetahui besarnya prosentase peningkatan / penurunan kuat desak dari benda uji beton tersebut masyarakat dapat memilih jenis atau metode perawatan yang menurut mereka lebih efektif sesuai dengan besar kecilnya pekerjaan maupun kondisi di lapangan.

6.2 Saran

Untuk meningkatkan hasil penelitian yang lebih baik serta untuk mengembangkan penelitian lebih lanjut disarankan untuk dilakukan penelitian dengan memperhatikan :

1. pengaruh temperatur terhadap kuat desak beton,
2. penggunaan “curing compound” dalam perawatan beton pada daerah yang mempunyai temperatur tinggi,
3. variasi dimensi benda uji,
4. kondisi perlakuan dan spesifikasi beton yang sama tetapi digunakan tipe semen yang berbeda,
5. perawatan beton yang dilakukan selama durasi tertentu saja, misalnya :
 - a) perawatan dilakukan selama 3 sampai 6 hari setelah cetakan dibuka, ✓
 - b) perawatan dilakukan selama 8 sampai 13 hari setelah cetakan dibuka, ✓
 - c) perawatan dilakukan selama 15 sampai 27 hari setelah cetakan dibuka, dan setelah berbagai durasi perawatan tersebut beton diletakkan ditempat/ruangan yang lembab dan di uji pada umur 28 hari,
6. waktu pengujian yang lebih lama terhadap benda uji misalnya, benda uji umur 1 s/d 3 tahun.

Berdasarkan pada hasil penelitian yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 6.11, maka disarankan perlu adanya perhatian yang lebih serius mengenai perawatan terhadap beton yang baru dicetak/dicor, karena penurunan kuat tekan beton pada beton yang tidak dirawat cukup signifikan.

Daftar Pustaka

- Anang, S. J. dan S. Cahyo Lalito, 1999, **Pengaruh Variasi Suhu Terhadap Kuat Lentur Sisa Balok Beton Bertulang Pasca Bakar**, *Tugas akhir Jenjang S-1*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, UII, Yogyakarta.
- Arianto, T. dan H. Yuliawan, 1996, **Pengaruh Perawatan Beton Terhadap Kuat Desak Beton**, *Tugas Akhir Jenjang S-1*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, UII, Yogyakarta.
- Dunham, C. W., 1966, **The Theory And Practice Of Reinforced Concrete**, Fourth Edition, Kogakusha Company, Ltd., Tokyo.
- Ferguson, P., M., 1986, **Dasar-Dasar Beton Bertulang**, Edisi Keempat, Diterjemahkan oleh Sutanto, B. dan K. Setianto, Erlangga, Jakarta
- George W. and Nilson, 1991, **Design Of Concretes Structures**, Eleventh Edition, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd.
- Jackson, N., 1983, **Civil Engineering Materials**, Third Edition, Macmillan Publishers, Ltd, Hong Kong.
- MacGregor, J. G., 1997, **Reinforced Concrete Mechanics And Design**, Third Edition, Prentice-Hall International, Inc. United States of America.
- Merritt, F. S., 1983, **Standart Handbook For Civil Engineers**, Third Edition, McGraw-Hill, Inc., New York.
- Murdock, L. J., K. M. Brook, 1986, **Bahan Dan Praktek Beton**, Edisi Keempat, Diterjemahkan oleh S. Hendarko, Erlangga. Jakarta. .
- Sagel, R. Ing., P. Kole, Ing. dan G. H. Kusuma, Ir., 1993, **Pedoman Pengerjaan Beton**, Erlangga, Jakarta
- Smith, R. C. and C. K. Andres, 1989, **Materials Of Construction**, Fourth Edition, McGraw-Hill Book Company, Singapore
- Tjokrodimulyo, K., 1995, **Teknologi Beton**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Vlack, V., 1983, **Ilmu Dan Teknologi Bahan**, Edisi keempat, Erlangga, Jakarta.

LAMPIRAN



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

TA 3be
 Progamme 1be

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	R. SINGGIH DEWONO	03 210 011		ISS
2.	BAGUS DHARMA B.	21 210 022		ISS

JUDUL TUGAS AKHIR :

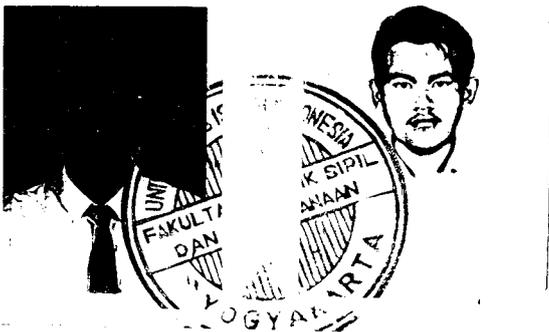
PENCARUH VARIASI METODE PERAWATAN

TERHADAP KUALITAS KERJA BETON SELAMA PROSES PENGERINGAN
(SEMENATARA)

Dosen Pembimbing I : IR. H. SAHWDI, MSc, Ph.D
 Dosen Pembimbing II : IR. H. SUSASTRAWAN, MS

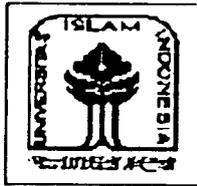
1

2



Yogyakarta, 21 Jun 2000
 Au Dekan,
 Fakul Jurusan Teknik Sipil,

IR. H. TADJUDDIN BI ARIS, MS



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kalkurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN GRADASI AGREGAT HALUS

Jenis Benda Uji : pasir
 Nama Benda uji : _____
 Asal : Gunung Pongoro
 Keperluan : _____

Diperiksa oleh :

1) R. SINGIH P 03-041
 2) BABUS D.B 04-024

Tanggal : 10 Februari 2000

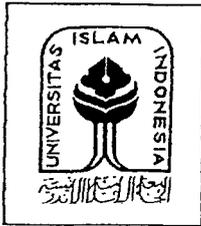
ALAT - ALAT :

1. Timbangan kapaitas 20 kg
2. Mesin penggetar / mesin ayak
3. Saringan 1 (satu) set (40, 20, 10, 4.80, 2.40, 1.20, 0.60, 0.30, 0.15, pan) mm
4. Sikat baja (Kasar / halus)
5. Kuas , Lap kaos
6. Piring, serok . dll

LUBANG AYAKAN (mm)	BERAT TERTINGGAL (gram)		BERAT TERTINGGAL (%)		BERAT TERTINGGAL KUMULATIF	
	I	II	I	II	I	II
PERCOBAAN KE :						
40	...0...	...0...	...0...	...0...	...0...	...0...
20	...0...	...0...	...0...	...0...	...0...	...0...
10	...0...	...0...	...0...	...0...	...0...	...0...
4.80	...0...	...0...	...0...	...0...	...0...	...0...
2.40	51,3	4,9	61,53	8,30	61,53	69,83
1.20	221	24	22,1	2,4	22,63	22,63
0.60	350	354	35,0	35,4	57,63	57,00
0.30	240,5	287,3	24,05	28,73	81,68	85,72
0.15	141	135	14,1	13,5	95,78	99,22
SISA	42,2	47,8	4,22	4,78	-	-
Jumlah	1688	1660	.....	.....	258,25	258,01
Jumlah rata-rata	.....	.....	.....	.....	258,15	.....

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} \frac{\text{pasir}}{\text{pasir}} = \frac{258,15}{100} = 2,5815$$

Yogyakarta, 12 Februari 2000



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN

BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Jenis Benda Uji : pasir Diperiksa oleh :

Nama Benda Uji : - 1) SAHABUDDIN 01 315 001

Asal : Kampus Indonesia 2) SAHABUDDIN 01 315 001

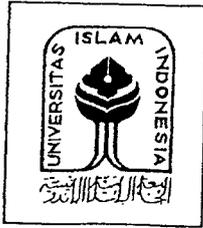
Keperluan : - Tanggal : 12 FEB 2000

ALAT – ALAT :

4. Timbangan kapasitas 20 kg
5. Gelas ukur
6. Dan lain-lain

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Volume air (W1)	500 (cm ³)	500 (cm ³)
Berat pasir (V)	200 (gr)	300 (gr)
Volume air + pasir (W2)	610 (cm ³)	615 (cm ³)
Berat jenis agregat $\frac{V}{W2 - W1}$	2.78 (gr/cm ³)	2.27 (gr/cm ³)
Berat jenis agregat rata-rata	2.67 gr/cm ³	

Yogyakarta, 12 FEBRUARI 2000



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN

BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Jenis Benda Uji : kerikil
 Nama Benda Uji : _____
 Asal : ciawang
 Keperluan : _____

Diperiksa oleh :

1) P. SINEGHT P. 02 210 091

2) ABUS D. B.

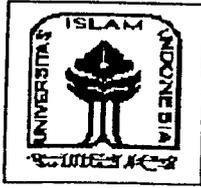
Tanggal : 28 Februari 2000

ALAT – ALAT :

1. Timbangan kapasitas 20 kg
2. Gelas ukur
3. Dan lain-lain

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Volume air (W1)	500 (cm ³)	500 (cm ³)
Berat kerikil (V)	200 (gr)	200 (gr)
Volume air + kerikil (W2)	620 (cm ³)	620 (cm ³)
Berat jenis agregat $\frac{V}{W2 - W1}$	213 (gr/cm ³)	216 (gr/cm ³)
Berat jenis agregat rata-rata	214,5 (gr/cm ³)	

Yogyakarta, 28 Februari 2000



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT KASAR

Jenis Benda Uji : konkrit
 Nama Benda uji : _____
 Asal : cawang
 Keperluan : _____

Diperiksa oleh :
 1) R. SIKREH P. 92.210.0211
 2) BAELIS, DE. 92.210.0209

Tanggal : 12 Februari 2000

ALAT - ALAT

1. Timbangan Kapasitas minimal 20 Kg
2. Cetakan silinder ($\varnothing 15 \times t 30$) cm
3. Tongkat penumbuk $\varnothing 16$ mm panjang 60 cm
4. Serok /cetok
5. Dan lain-lain

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat cetakan silinder (W1)	117,211 Kg	117,211 Kg
Berat cetakan silinder + Agregat (W2)	187,335 Kg	187,335 Kg
Volume silinder (V) $\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot t$	5200,75 CM ³	5200,75 CM ³
Berat Volume Agregat = $\frac{W2 - W1}{V}$	132,124 $\frac{kg}{cm^3}$	132,124 $\frac{kg}{cm^3}$
Berat Volume Agregat Rata - rata	132,124 $\frac{kg}{cm^3}$	

Yogyakarta, 12 Februari 2000

HASIL PENGUJIAN BENDA UJI BETON

Tempat pengujian : Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII
 Dicor tanggal : 15 Februari 2000
 Diuji tanggal : 17 Maret 2000

No.	Sampel	Dimensi (cm)	Berat (kg)	P max (kn)
1	V01	15 x 15,17 x 15,105	8,120	510
2	V02	15,4 x 15,02 x 15,02	8,040	500
3	V03	15,11 x 15,11 x 15,10	8,025	495
4	V04	14,95 x 15 x 15,135	8,034	450
5	V05	14,06 x 15,16 x 14,995	7,939	525
6	V08	14,925 x 14,075 x 15,55	8,005	565
7	V12	14,07 x 15,03 x 14,965	7,808	530
8	V113	14,085 x 15,165 x 15,115	8,147	540
9	V114	15,1 x 15,01 x 15,01	7,619	550
10	V115	15,035 x 14,845 x 15,115	7,849	590
11	V121	15,03 x 15,085 x 15,08	8,170	610
12	V122	15,02 x 14,92 x 14,81	7,975	585
13	V123	15,1 x 15,375 x 15,20	8,184	600
14	V124	15,245 x 15,005 x 15,11	8,069	590
15	V125	15,285 x 15,035 x 15,205	8,019	575
16	V131	15,1 x 15,33 x 14,9	8,062	670
17	V132	15,135 x 14,94 x 14,945	7,941	610
18	V133	15,013 x 14,07 x 14,9	7,908	635
19	V134	15,115 x 14,94 x 15,34	8,308	630
20	V135	15,175 x 15,075 x 14,83	8,089	565
21	V211	14,965 x 14,975 x 15,24	8,143	555
22	V212	15,76 x 15,08 x 15,055	7,612	550
23	V213	15,265 x 15,145 x 15,27	8,187	565
24	V214	14,86 x 14,925 x 15,51	8,159	600
25	V215	15,159 x 14,94 x 15,015	8,030	530
26	V221	15,1 x 15,28 x 15,025	8,245	610
27	V222	15,025 x 14,985 x 15,075	8,005	620
28	V223	15,14 x 15,065 x 14,885	8,028	560
29	V224	15,05 x 15,115 x 15,305	8,190	610
30	V225	15 x 14,925 x 15,145	7,925	650
31	V231	15,17 x 15,22 x 15,155	8,274	655
32	V232	15,134 x 14,92 x 14,88	8,102	625
33	V233	15,2 x 15,115 x 15,1	8,123	625
34	V234	15,14 x 15,045 x 15,127	8,298	590
35	V235	15,135 x 15,126 x 15,14	8,150	670
36	V311	14,84 x 15 x 15,12	7,887	465
37	V312	15,275 x 15,110 x 14,975	8,162	450
38	V313	15,025 x 15,06 x 15,0975	7,875	500
39	V314	15,122 x 15,03 x 14,75	8,065	510

HASIL PENGUJIAN BENDA UJI BETON

Tempat pengujian : Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII
 Dicor tanggal : 15 Februari 2000
 Diuji tanggal : 17 Maret 2000

No.	Sampel	Dimensi (cm)	Berat (kg)	P max (kn)
40	V315	14,78 x 14,9 x 15,115	7,593	510
41	V321	15,215 x 14,9 x 14,995	7,993	450
42	V322	15 x 15,015 x 15,115	7,780	420
43	V323	15,06 x 14,835 x 14,985	7,780	470
44	V324	15,3 x 15,11 x 15,32	8,245	520
45	V325	15,12 x 15,175 x 15,145	8,017	535
46	V321	15,12 x 15,175 x 15,145	8,051	430
47	V322	15,147 x 14,97 x 14,795	7,977	450
48	V333	15,26 x 15,02 x 15,22	7,952	460
49	V334	14,98 x 14,98 x 14,97	7,818	415
50	V335	14,93 x 14,97 x 15,125	7,847	455

