PERPUSTAKAAN FTSP UII
HADIAH/BELI
TGL. TERIMA : 15 - 12 - 2007
NO. JUDUL : 2684
NO. INV. : 5120002684001
002684

TUGAS AKHIR

PENGARUH BAHAN TAMBAH *SUPERPLASTICIZER* (SIKAMENT-NN) TERHADAP KUAT DESAK BETON f'c 35 MPa

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Jogjakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil



Di susun oleh :

Nama : SUTRISNO
No. Mhs : 02 511 130

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2007

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

TUGAS AKHIR

PENGARUH BAHAN TAMBAH *SUPERPLASTICIZER* (SIKAMENT-NN) TERHADAP KUAT DESAK BETON f'c 35 MPa

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Jogjakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil

Disusun Oleh :

Sutrisno

02.511.130

Disetujui :

Pembimbing :

Ir. H. Suharyatmo, MT.

Tanggal : 17/X/07

Ir. H. A. Kadir Aboe, MS.

Tanggal : 18/10/2007

HALAMAN MOTTO

Katakanlah: "Dia-lah Allah, yang Maha Esa. Allah adalah Tuhan yang bergantung kepada-Nya segala sesuatu. Dia tiada beranak dan tidak pula diperanakkan. Dan tidak ada seorangpun yang setara dengan Dia." (Q.S. Al – Ikhlas: 1 - 4)

"Hai sekalian manusia, bertakwalah kepada Tuhan-mu yang Telah menciptakan kamu dari seorang diri, dan dari padanya[263] Allah menciptakan isterinya; dan dari pada keduanya Allah memperkembang biakkan laki-laki dan perempuan yang banyak. dan bertakwalah kepada Allah yang dengan (mempergunakan) nama-Nya kamu saling meminta satu sama lain[264], dan (peliharalah) hubungan silaturrahim. Sesungguhnya Allah selalu menjaga dan Mengawasi kamu". (Qs. An Nisaa' : 1)

"Sesungguhnya telah ada pada (diri) Rasulullah itu suri teladan yang baik bagimu (yaitu) bagi orang yang mengharap (rahmat) Allah dan (kedatangan) hari kiamat dan Dia banyak menyebut Allah." (Q.S. Al – Ahzab: 21)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim

Assalammu'alaikum Wr. Wb

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang. Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah mencurahkan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya kepada penyusun, sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir tentang "PENGARUH BAHAN TAMBAH SUPERPLASTICIZER (SIKAMENT-NN) TERHADAP KUAT DESAK BETON f'c 35 MPa", ini dengan baik.

Tugas Akhir ini dilaksanakan sebagai salah satu syarat untuk mencapai derajat Sarjana S-1 yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.

Dengan selesainya laporan tugas akhir ini, penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak sebagai berikut ini.

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW yang telah menunjukkan jalan yang terbaik bagi manusia.
2. Dr. Ir. Ade Ilham, MT , selaku dosen pembimbing Utama dengan penuh kesabaran dan ketekunan serta penuh pengertian, meluangkan waktu ditengah-tengah kesibukan untuk membimbing penulis.
3. Ir. H. Suharyatma, MT, selaku pengganti dosen pembimbing Utama dengan penuh kesabaran dan ketekunan serta penuh pengertian, meluangkan waktu ditengah-tengah kesibukan untuk membimbing penulis.
4. Ir. H. A. Kadir Aboe, MS, selaku pengganti dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan ide-ide dasar dan bimbingannya hingga selesainya penelitian penulis.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

MOTTO i

PERSEMBAHAN ii

KATA PENGANTAR iii

ABSTRAKSI v

DAFTAR ISI vi

DAFTAR SIMBOL ix

DAFTAR TABEL x

DAFTAR GAMBAR xi

DAFTAR LAMPIRAN xii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Rumusan Masalah 2

1.3. Tujuan Penelitian 3

1.4 Manfaat Penelitian 3

1.5 Batasan Masalah 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6

BAB III LANDASAN TEORI 9

3.1 Umum 9

3.2. Materi Penyusun Beton 10

3.2.1 Semen Portland 10

3.2.2 Agregat 11

3.2.3 Air 13

3.2.4 Bahan Tambah (*Superplasticizer*) 14

3.3 Faktor air semen (f.a.s) 15

3.4 Workability 16
3.5 Pengadukan Beton 17
3.8 Perencanaan Campuran Beton 19
3.8 Kuat Tekan Beton 32

BAB IV METODE PENELITIAN 34
4.1. Persiapan Bahan dan Alat 34
4.2.1 Pengadaan Bahan 34
4.2.2.Alat 35
4.2 Pemeriksaan Bahan Campuran Beton 37
4.3.1 Pemeriksaan Agregat Halus 37
4.3.2 Pemeriksaan Agregat Kasar 40
4.3 Perhitungan Komposisi Campuran Beton 42
4.4 Pengadukan Beton 43
4.5 Pengujian Slump 43
4.6 Pembuatan Benda Uji 44
4.7 Perawatan Beton 45
4.8 Pengujian Beton 46
4.8 Pengolahan Data 46
4.10 Langkah-langkah Penelitian 47

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHSAN 48
5.1 Hasil Uji Laboratorium 48
5.2 Pengaruh Pengurangan air dan Penambahan *Superplasticizer* terhadap workabilitas 49
5.3 Pengaruh pengurangan air terhadap Kuat Tekan 53
5.4 Analisis Hubungan Tegangan-Regangan 64
5.5 Modulus Elastisitas 74

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 77
6.1 Kesimpulan 77
6.2 Saran-Saran 78

DAFTAR PUSTAKA .....
LAMPIRAN .....

PENGARUH PENAMBAHAN *SUPERPLASTICIZER (SIKAMENT NN)* *TERHADAP* KUAT DESAK BETON TEKAN f'c 35 MPa

ABSTRAKS

Berdasarkan komposisi campurannya, beton normal masih mungkin untuk ditingkatkan lagi kinerjanya dengan mengurangkan kandungan air dan menambah superplasticizer. Kinerja yang dapat ditingkatkan adalah kelecakan dan kuat tekannya. Pengurangan kandungan air dan penambahan superplasticizerdengan interval 0-30% dari kondisi normal dengan mempertahankan slump lebih besar 150 mm, tanpa terjadi bleeding dan segregation. Mutu beton yang direncanakan 35 MPa yang diuji pada umur 3,7,14 dan 28 hari. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa pengurangan air dan penambahan superplasticizer, nilai slump lebih besar dari 150 mm dapat tercapai tanpa terjadi bleeding dan segregasi. Kuat tekan maksimum sebesar 70,026 MPa untuk kuat tekan rencana 35 MPa diperoleh pada pengurangan kandungan air 30% dan penambahan superplasticizer 2,48 % dari berat semen. Beton dengan pengurangan air dan penambahan superplasticizer mempunyai peningkatan kuat tekan awal yang lebih tinggi apabila dibanding dengan beton normal menurut PBI 1971. Peningkatan kuat tekan terlihat jelas pada umur 3 hari menuju umur 7 hari. Beton dengan kuat tekan tinggi akan mempunyai modulus elastis yang tinggi pula, kuat tekan tertinggi pada beton dengan pengurangan air 30% dengan kuat tekan sebesar 70,026 MPa dengan moduls elastis sebesar 43986,5456 MPa.

Kata kunci: *kandungan air, superplasticizer, kelecakan, kuat tekan beton.*

DAFTAR SIMBOL

A	=	Luas
b	=	Lebar balok
h	=	Tinggi balok
D	=	Diameter
c	=	Jarak serat terluar terhadap garis netral
$f'c$	=	Kuat Desak Beton
$f'cr$	=	Kuat Desak Beton rata-rata
$f'ct$	=	Kuat Tarik
$f'sh'$	=	Kuat Geser
$f'lt$	=	Kuat Lentur
k	=	Konstanta (1,64)
L	=	Panjang Silinder
M	=	momen yang bekerja pada balok
m	=	Nilai Tambah (Margin)
n	=	Jumlah Data
P	=	Beban
Sd	=	Standar Deviasi
FAS	=	Faktor Air Semen
Wa	=	Berat Air
Ws	=	Berat Semen
ε	=	Regangan
σ	=	Tegangan
Ec	=	Modulus Elastisitas
A_h	=	Jumlah air yang dibutuhkan menurut agregat halusnya
A_k	=	Jumlah air yang dibutuhkan menurut agregat kasarnya
Bj	=	Berat Jenis
V	=	Volume
W	=	Berat

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 11
Tabel 3.2 19
Tabel 3.5 20
Tabel 3.6 22
Tabel 3.7 23
Tabel 3.8 24
Tabel 3.9 24
Tabel 3.10 25
Tabel 3.11 25
Tabel 3.12 26
Tabel 3.13 27
Tabel 3.14 28
Tabel 3.15 28
Tabel 3.16 29
Tabel 4.1 42
Tabel 4.2 45
Tabel 5.2 50
Tabel 5.3.1 53
Tabel 5.3.2 55
Tabel 5.3.3 57
Tabel 5.3.4 59
Tabel 5.3.5 62
Tabel 5.3.6 62
Tabel 5.5.1 74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 21
Gambar 3.2 22
Gambar 3.3 30
Gambar 3.4 31
Gambar 4.1 47
Gambar 5.2 51
Gambar 5.3.1 54
Gambar 5.3.2 56
Gambar 5.3.3 58
Gambar 5.3.4 60
Gambar 5.3.5 61
Gambar 5.4.1 65
Gambar 5.4.2 66
Gambar 5.4.3 67
Gambar 5.4.4 68
Gambar 5.4.5 69
Gambar 5.4.6 70
Gambar 5.4.7 71
Gambar 5.4.8 72

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	Konsultasi Tugas Akhir.... .....
LAMPIRAN 2	Perencanaan kebutuhan beton ....
LAMPIRAN 3	Data Kuat Tekan.....
LAMPIRAN 4	Dokumentasi .....

5. Ir. Helmy Akbar Bale, MT, selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan untuk kesempurnaan Tugas Akhir penulis dan selaku Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian di Laboratorium bahan Konstruksi Teknik.
6. DR. Ir. Ruzardi, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
7. Ir. H. Faisol, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
8. Segenap staff dan Karyawan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan teknik Sipil, Fakultas teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
9. Semua pihak yang telah membantu kami dalam menyusun tugas akhir ini.

Penyusun menyadari bahwa hasil penelitian tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu saran dan kritik dari pembaca sangat diharapkan agar dapat dijadikan bahan masukan dan bekal yang berharga bagi penyusun untuk waktu yang akan datang dan untuk penelitian yang lain.

Akhir kata, semoga tugas akhir ini cukup bermanfaat dan dapat dijadikan bahan masukan bagi pembaca khususnya yang bergerak di bidang teknik sipil. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Amin.

Wabillahittaufik walhidayah, Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Jogjakarta, Juni 2007

Penyusun

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton adalah salah satu unsur dalam pemilihan bahan konstruksi. Penggunaan beton ini karena mempunyai beberapa kelebihan, antara lain : kuat desak tinggi, ekonomis, tahan terhadap panas dan lain-lain. Selain itu pengelolaannya relatif mudah dan material pembuatannya mudah didapat.

Mengingat pentingnya penggunaan teknologi beton dalam pembangunan, banyak usaha yang dilakukun untuk memperbaiki mutu beton. Salah satunya adalah dengan menambahkan bahan tambah atau additive pada beton. Bahan tambah yang akan digunakan adalah bahan tambah *Superplasticizer*. *Superplasticizer* adalah bahan tambah untuk meningkatkan workability beton segar dan dapat mereduksi jumlah air pada cmpuran beton tanpa mengurangi nilai slum, sehingga beton dapat dikerjakan dengan baik, tidak terjadi pemisahan agregat dan mutu beton meningkat. Superplastizicer secara kimia mampu membuat pasta bergerak lebih bebas mengisi pori-pori sehingga pada beton segar campuran akan lebih lecak maka dalam pengerjaan akan terjaga workabilitinya.Bahan tambah ini dapat banyak mengurangi air pada campuran beton sementara *slump* beton bertambah sampai 8 in (208 mm) atau lebih.(Nawy, 1990). Pengaruh ini dapat meningkatkan workabilitas beton sampai pada tingkat yang cukup besar.

10. benda uji kuat tekan dan tegangan-reganga berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm,
11. perawatan beton dengan cara direndam dalam air sampai diuji,
12. pengujian dilaksanakan setelah beton berumur 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari,
13. pengaruh suhu, udara, dan faktor lain tidak diperhitungkan,
14. pelaksanaan penelitian pengujian kuat teken dan tegangan regangan beton dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) FTSP Universitas Islam Indonesia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Umum

Dalam ilmu teknik sipil beton merupakan hal yang utama dalam struktur. Seiring dengan kemajuan jaman perkembangan yang cepat dalam bidang seni serta analisis perancangan dan konstruksi beton telah menyebabkan dibangunya struktur beton yang sangat khas seperti Auditorium Kresge di Boston, Marina Tower, Lake Point Tower di Chicago dan lain-lain.(Nawy, 1990).

Beton merupakan Fungsi Dari bahan penyusunya yang terdiri dari bahan semen hidrolik (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*adxture atau additive*).(Mulyono, 2005). Kekuatan, keawetan, dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat-sifat bahan dasarnya, nilai perbandingan bahan-bahanya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan, dan cara perawatan selama proses pengerasan.(Tjokrodimulyjo, 1992).

Sesuai dengan tingkat perkembangan mutu beton, pada sekarang ini banyak sekali campuran beton mulai menggunakan bahan tambah (admixture). Fungsi bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya.(Mulyono, 2005).

Bahan yang mulai sering digunakan adalah bahan tambah superplasticizer, karena selain bisa meningkatkan workabilitas, superplasticizer juga bisa meningkakan mutu beton.

2.2 Pengaruh *Superplasticizer*

2.2.1 Pengaruh pemakaian bahan tambah *Superplasticizer* terhadap kuat desak beton

Penelitian yang dilakukan Muzammil dan Budiono (1994) menghasilkan kuat tekan bahan yang direncanakan mendekati kuat tekan yang dihasilkan bahkan bisa lebih besar dari rencana. Bahan tambah Superplasticizer jenis Merguus PB dapat mengurangi air, mempermudah pekerjaan dan mutu beton semakin tinggi, tetapi bahan tambah ini dapat memperlambat pengeringan terutama bila prosentase pemakaianya terlalu besar.

Penelitan ini menggunakan metode ACI dan dosis bahan tambah antara 0.7% - 4%. Hasil yang didapatkan dari jumlah bahan tambah 0.7% - 2.5% benda uji pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari mengalami penigkatan sedangkan untuk pemakaian 2.5% keatas kekuatanya semakin menurun. Kekuatan beton maksimum terjadi pada prosentase pemakaian bahan tambah sebesar 1%.

2.2.2 Pengaruh bahan tambah *Superplasticizer* (Sikament-NN) terhadap kuat desak beton.

Pada penelitian Suwardani dan Sahdi (2005) menunjukkan bahwa Kuat desak beton semakin menaik seiring dengan bertambahnya umur beton. Pada penelitian ini penggunaan SP sebesar 0.6%, 1.0%, dan 1,5% dari berat semen.

Sesuai anjuran pabrik PT. Sika Nusa Pratama penggunaan SP adalah 0,6% - 1,5% dan menggunakan slump 10 cm. Pada umur 7 hari dihasilkan kuat desak tertinggi dengan penggunaan SP sebesar 1%, untuk 21 hari SP sebesar 0.6% dan 28 hari SP sebesar 0.6%.Bahan tambah ini dapat mereduksi air sesuai dengan ketentuan PT. Sika Nusa Pratama hingga 30%, terbukti variasi penggunaan SP 0.6%, 1,0%, 1,5% dapat mereduksi atau mengurangi air sebesar 11,11%, 18,26%, dan 27,28%.

2.2.3 Pengaruh kandungan air dan penambahan *Superplasticizer* pada karakteristik beton dengan kuat tekan 20 Mpa dan 25 Mpa.

Pada penelitian Bramantyo dan Susanto (2005) menunjukkan bahwa adukan beton normal dapat meningkatkan workabilitasnya ditandai tercapainya slump lebih besar atau sama dengan 180 mm, tanpa terjadi bleeding dan segresi. Hal ini dengan adanya penambahan Superplasticizer sebanyak 1% - 2,35% dari berat semen untuk pengurangan air 10% dan 20%. Penambahan Superplasticizer tanpa disertai penguapan air hanya akan menambah workabilitas, hal ini terjadi pada variasi N 20 SP dan N 25 SP. Namun untuk variasi dengan pengurangan air disamping workabilitas meningkat juga disertai dengan peningkkatan kekuatan. Variasi optimum terjadi pada N 20-20 SP dan N 25-20 SP, dengan dosis superplasticizer 2,1% - 2,35% dari berat semen. Kombinasi pengurangan air 30% dan 40% dengan penambahan Superplasticizer 3,41% - 10,15%, beton tidak kering dalam 24 jam, sehingga jika diuji pada umur yang pendek menghasilkan

kekuatan yang rendah, dan terjadi perubahan warna yang agak gelap.Kuat tekan meningkat dengan nilai prosentase 8% - 13 % dari kuat tekan rencana.

2.3 Keaslian Penelitian

Dari beberapa penelitian diatas cukup jelas bahwa Superplasticizer sangat berpengaruh terhadap peningkatan mutu beton, selain kekutan beton meningkat Superplasticizer juga dapat meningkatkan workabilitas dengan ketentuan bahwa jika kombinasi antara pengurangan air bersesuaian dengan dosis penggunaan Superplasticizer.

Akan tetapi dari hasil penelitian diatas rata-rata hasil yang didapat kurang valit karena variable bahan tambah Superplasticizer yang dipakai kurang bervariasi.

Pada penelitian ini akan mencoba mencari sifat-sifat beton dari kuat desak dan tegangan-regangan. Selain meningkatkan workabilitas, meningkatkan kekuatan beton keras, meningkatkan keawetan beton keras, juga mencari desain campuran beton normal dengan memodifikasi jumlah air dan menambahkan *Superplasticizer* (Sikament-NN) pada kuat tekan rencana 35 Mpa dengan variasi pengurangan kandungan air adalah 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, dengan nilai slump lebih dari 150 mm. Diharapkan penelitian ini mendapatkan hasil yang lebih valit sesuai variasi pengurangan air dan penambahan *Superplasticizer* (Sikament-NN).

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Sampai saat ini beton merupakan salah satu elemen dari bangunan yang sangat penting. Hal ini terbukti digunakan beton secara luas sebagai bahan bangunan. Beton merupakan bahan dari campuran antara semen, agregat halus dan kasar, serta air dengan adanya rongga-rongga udara. Bahan tambah yang digunakan sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat , sampai bahan buangan non-kimia. Kekuatan, keawetan, dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat-sifat bahan-bahan dasar penysunnya tersebut diatas, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan, dan cara perawatan selama proses pengerasan (Tjokrodimuljo, 1992).

Pembuatan beton yang baik harus memperhitungkan dengan seksama cara-cara memperoleh adukan beton (beton segar, *freesh cocrete*) yang baik dan beton (beton keras, *hardened concrete*) yang dihasilkan juga baik. Beton segar yang baik adalah beton segar yang dapat diaduk, dapat diangkut, dapat dituang, dapat dipadatkan,

tidak ada kecenderungan untuk terjadi segregasi (pemisahan kerikil dari adukan). (Tjokrodimuljo, 1992).

3.2 Materi Penyusun Beton

Sifat beton ini tergantung pada proporsi campuran dan kesempurnaan dari adukan bahan pembentuk campuran. Uraian tentang bahan-bahan pembentuk beton adalah sebagai berikut.

3.2.1 Semen Portland

Semen portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu (Nawy, 1990).

Fungsi semen adalah untuk merekatkan butiran-butiran agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat. Semen juga berfungsi untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran-butiran agregat (Astanto, 2001). Karena semen fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen sangat penting dalam campuran beton,semakin maksimal daya ikat pada materi penyusun beton maka semakin maksimal pula kuat desak beton yang didapatkan.

Bahan baku pembentuk semen adalah :

1. kapur (CaO)-dari batu kapur,
2. Silika (SiO_2) -dari lempung,
3. Alumina (AL_2O_3)-dari lempung (Nawy,1985).

Sebagai hasil perubahan susunan kimia yang terjadi diperoleh susunan kimia yang komplek, namun pada semen biasa dapat dilihat pada Tabel 3.1. berikut ini. (Tjokrodimulyo, 1992).

Tabel 3.1 Unsur kimia penyusun semen Portland

Bahan Dasar	Rumus Kimia	% dalam PC
kapur	CaO	60-65
silika	SiO_2	17-25
alumina	Al_2O_3	3-8
besi oksida	Fe_2O_3	0.5-6
magnesia	MgO	0.5-4
sulfur	SO_3	1-2
soda/potash	$Na_2O + K_2O$	0.5-1

(Sumber : Tjokrodimulyo, 1992)

3.2.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang mengisi hampir 78% dari volume beton. Ada dua jenis agregat, yaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) (Astanto, 2001).

Pada agregat pemukaan yang halus pada kerikil dan permukaan yang kasar pada batu pecah berpengaruh pada lekatan dan besar tegangan saat reta-retak beton mulai terbentuk. Oleh karena itu kekasaran permukaan ini berpengaruh terhadap bentuk kurva tegangan –regangan tekan beton, dan terhadap kekuatan betonnya.

Pengaruh kekuatan agregat terhadap kekuatan beton sebenarnya tidak begitu besar karena umumnya kekuatan agregat lebih tinggi daripada pastanya. Desain

campuran beton biasanya diikuti sub-desain campuran agregat, pasta semen, dan mortar. Meskipun demikian bila dikehendaki kekuatan beton yang tinggi, diperlukan juga agregat yang kuat agar kekuatannya tidak lebih rendah dari pastanya. Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah kekasaran permukaan dan ukuran maksimum.

Bahwa sekitar tiga per empat beton ditempati agregat, agregat yang lemah tidak dapat menghasilkan beton yang kuat karena kekuatan agregat sangat menentukan kekuatan beton.Neville (1975). Selain itu sifat-sifat agregat juga mempengaruhi kaewetan dan penampilan struktur beton.

Semakin besar ukuran maksimum agregat yang dipakai akan berakibat semakin tinggi kekuatan betonnya. Hal ini karena pemakaian butir agregat besar menyebabkan pemakaian pasta yang lebih sedikit berarti porinya sedikit pula. Namun kerena butir-butinya besar mengakibatkan luas permukaannya lebih sempit, dan ini berakibat lekatan antara pasta semen dan agregatnya kurang kuat, dan karena butirannya besar dapat menghalangi susutan pasta, dan ini berakibat retakan-retakan kecil pada pasta sekitar butirannya. Hal ini dapat memperlemah kekuatan beton. (Tjokrodimulyo, 1992).

3.2.3 Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk mereaksikan semen, serta untuk menjadi pelumas antarabutir-butir agregat untuk mempermudah dalam pengerjaan beton.

(Tjokrodimuljo, 1992). Air yang digunakan untuk campuran beton biasanya sesuai dengan yang dipakai untuk air minum. Air digunakan untuk menjadikan semen bereaksi dan dijadikan pelumas antara butir-butir agregat sehingga mudah dikerjakan dan dipadatkan.Penggunaan air dalam campuran beton harus sesui komposisi yang direncanakan,karena jika penggunaan air semakin sedikit maka pengerjaan pemadatan beton akan semakin susah akibatnya cetakan beton akan terjadi pori-pori/ kropos,tentu saja ini akan mempengaruhi kekuatan beton itu sendiri karena kurang maksimalnya pemadatan.Begitu sebaliknya jika penggunaan air terlalu banyak akan terjadi terlalu cairnya campuran beton maka kurang maksimal sebagai fungsinya karena air digunakan untuk menjadikan semen bereaksi dan dijadikan pelumas antara butir-butir agregat

Menurut Buku Konstruksi Beton Bertulang (Astanto, 2001), ada beberapa persyaratan air sebagai pencampur konstruksi beton antara lain:

1. tidak mengandung klorida (CI) lebih dari 0,5 gram/liter,
2. tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram /liter,
3. tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gram/liter,
4. tidak mengandung zat organic, asam, dan garam-garam yang dapat merusak beton lebih dari 15 gram/liter.

3.2.4 Bahan Tambah (*Admixture*)

Bahan campuran tambahan (admixtures) adalah bahan selain air, agregat, maupun semen yang ditambahkan kedalam campuran sesaat atau selama

pencampuran. Fungsi bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat beton agar "menjadi cocok untuk pengerjaan tertentu, ekonomis, dan menghemat energi".(Nawy, 1990).

Dalam buku Teknologi Beton (Tjokrodimuljo, 1992), menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (1982), bahan kimia tambahan dapat dibedakan menjadi 5 jenis yaitu:

1. bahan kimia tambahan untuk mengurangi jumlah air yang dipakai. Dengan pemakaian bahan ini akan diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai *slump* yang sama,
2. bahan kimia tambahan untuk memperlambat proses ikatan dan pengerasan beton,
3. bahan kimia tambahan untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton,
4. bahan kimia tambahan yang berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat proses ikatan dan pengerasan beton,

Superplasticizer adalah bahan tambah kimia (*chemical admixture)* yang mempunyai pengaruh dalam meningkatkan workabilitas beton sampai pada tingkat yang cukup besar. Alternatif lain, bahan ini dapat meningkatkan kekuatan beton karena memungkinkan pengurangan kadar air guna mempertahankan workabalitas yang sama (Murdock dkk, 1991). Pengaruh s*uperplasticizer* akan meningkatkan kinerja beton segar berupa peningkatan workabilitas dan kekuatan beton terhadap gaya desak dan gaya geser.

Menurut Ramachandran (1979), *superplasticizer* adalah salah satu jenis bahan campuran (*admixture*) pengurang air itu digunakan untuk beton dengan kebutuhan air yang lebih rendah. Keuntungan dasar *superplasticizer* meliputi:

1. workabilitas beton tinggi, menghasilkan penempatan yang mudah tanpa mengurangi jumlah semen dan kekuatan;
2. beton mutu tinggi dengan workabilitas normal tetapi jumlah air yang lebih rendah; dan
3. campuran beton dengan lebih sedikit semen tetapi workabilitas dan kekuatan normal.

3.3 Faktor Air-Semen

Faktor air-semen adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Secara umum semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai FAS yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun.(Mulyono, 2005).

Pengontrolan ketat perlu diberikan terhadap faktor air-semen dan persentase udara dalam campuran. Kekuatan beton pada umur tertentu bergantung pada

perbandingan berat air dan berat semen dalam campuran, semakin kecil faktor air-semen semakin tinggi kekuatan beton (Nawy, 1990)

Kenaikan faktor air-semen mempunyai pengaruh sebaliknya terhadap sifat-sifat beton. Beton yang mempunyai faktor air-semen minimal dan cukup untuk memberikan *workabilitas* tertentu yang dibutuhkan untuk pemadatan yang sempurna tanpa pekerjaan pemadatan yang berlebihan, merupakan beton yang terbaik. (Murdock dan Brook, 1991)

3.4 *Workability*

Ukuran kemudahan (workability) adalah kemudahan untuk dipadatkan dan dapat mengisi rongga udara, kemudahan dituangkan dalam cetakan, kemudahan selama dikerjakan dan digetarkan tidak terjadi pemisahan antara campuran beton. Workabilitas merupakan tingkat kemudahan pengerjaan pada beton segar. Besarnya nilai/tingkat workabilitas beton segar tergantung pada besarnya nilai *slump* campuran, semakin besar nilai *slump* semakin besar pula tingkat workabilitasnya. Beton dengan workabilitas yang baik mempunyai keuntungan dalam penempatan yang cepat dan mudah (Ramachandran, 1979).Semakin mudah pengerjaan beton maka semakin mudah pula pemadatan beton segar dalam cetakan ini akan berpengaruh pada kekuatan beton itu sendiri, karena semakin padat campuran beton maka kuat desak akan menjadi maksimal.

Peningkatan kekuatan beton terjadi seiring dengan waktu. Pada proses pembuatan beton terjadi reaksi hidrasi antara semen dan air. Reaksi ini membutuhkan

waktu sampai tercapai kekuatan tertinggi yang bisa dicapai. Reaksi hidrasi akan terhenti bila tidak ada lagi tersedia semen dan air yang memungkinkan terjadinya reak

Dalam buku Teknologi Beton (Tjokrodimuljo, 1992), unsure-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan dikerjakan antar lain :

1. jumlah air yang dipakai dalam campuran adukan beton,
2. penambahan semen kedalam campuran,
3. gradasi campuran pasir dan krikil,
4. pemakaian butir-butir batuan yang bulat,
5. pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai, dan
6. cara pemadatan adukan beton.

3.5 Pengadukan Beton

Secera umum pengadukan dilakukan sampai didapatkan suatu sifat yang plastis dalam campuran beton yang segar. Selama proses pengadukan, kekentalan campuran beton harus diawasi terus dengan cara memeriksa nilai slump. Proses pencampuran bahan-bahan dasar beton (pasir, kerikil, semen, dan air) dalam perbandingan yang baik disebut proses pengadukan beton. Pengadukan dilakukan sampai warna adukan tampak rata, kelecakan yang cukup, dan tampak campurannya juga homogen. Proses pengadukan dapat dilakukan dengan mesin ataupun tangan (Tjokrodimuljo, 1992).

Pengadukan beton dilakukan agar diperoleh suatu komposisi yang solid dari bahan-bahan penyusun berdasarkan rancangan campuran beton.Komposisi yang baik akan menghasilkan kuat tekan yang tinggi, tetapi jika pelaksanaanya tidak dikontrol dengan baik , kemungkinan dihasilkanya beton yang tak sesuai dengan rencana akan semakin besar.(Mulyono 2005).

Metode pengadukan beton ada 2 yaitu,(Mulyono 2005) :

a. pengadukan manual (pengadukan dengan tangan), dilakukan bila kebutuhan beton yang dibuat lebih kecil dari 10 m^3 dalam suatu periode yang pendek,
b. pengadukan dengan mesin, penggunaan mesin aduk untuk pekerjaan beton yang besar justru lebih ekonomis. Campuran beton yang dihasilkan biasanya akan bersifat lebih homogen.

Maka dalam penelitian ini pengadukan campuran beton dilakukan dengan mesin, karena campuran beton yang dihasilkan akan lebih homogen dan ekonomis.

3.7 Perencanaan Campuran Beton

Metode perancangan campuran adukan beton yang dipakai adalah metode perancangan menurut cara Inggris. Perancangan adukan beton cara Inggris ini tercantum dalam *Design of Normal Concrete Mixes* telah menggantikan cara *Road Note No. 4* sejak tahun atau lebih dikenal di Indonesia dengan cara *DOE (Department of Environment).*

Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan 28 hari.
2. Menetapkan nilai deviasi standar (sd).

   a). Standar deviasi ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya, makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standar.

   Jika pelaksana tidak mempunyai data pengalaman atau mempunyai pengalaman kurang dari 15 benda uji, maka nilai deviasi standar diambil dari tingkat pengendalian mutu pekerjaan pada **tabel 3.4** dibawah ini

Tabel 3.1 Hubungan tingkat pengendalian mutu pekerjaan dengan sd

Tingkat pengendalian mutu pekerjaan	Standar deviasi, sd (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa kendali	8,4

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

   b). Jika pelaksana mempunyai data pengalaman pembuatan beton serupa minimum 30 silinder yang diuji kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari, maka jumlah data dikoreksi terhadap nilai deviasi standar deengan suatu faktor pengali

Tabel 3.5 Faktor Pengali Deviasi Standar

Jumlah Data	30,0	25,00	20,00	15,00	< 15
Faktor Pengali	1,0	1,03	1,08	1,16	Tidak boleh

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

3. Menghitung nilai tambah Margin (M)

   $M = K \times Sd$ ..... (3.4)

   Keterangan :

   M = Nilai tambah

   K = 1,64

   Sd = Standar deviasi

4. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan

   $f'cr = f'c + M$ ..... (3.5)

   Keterangan :

   f'cr = Kuat tekan rata-rata

   f'c = Kuat tekan yang disyaratkan

   M = Nilai tambah

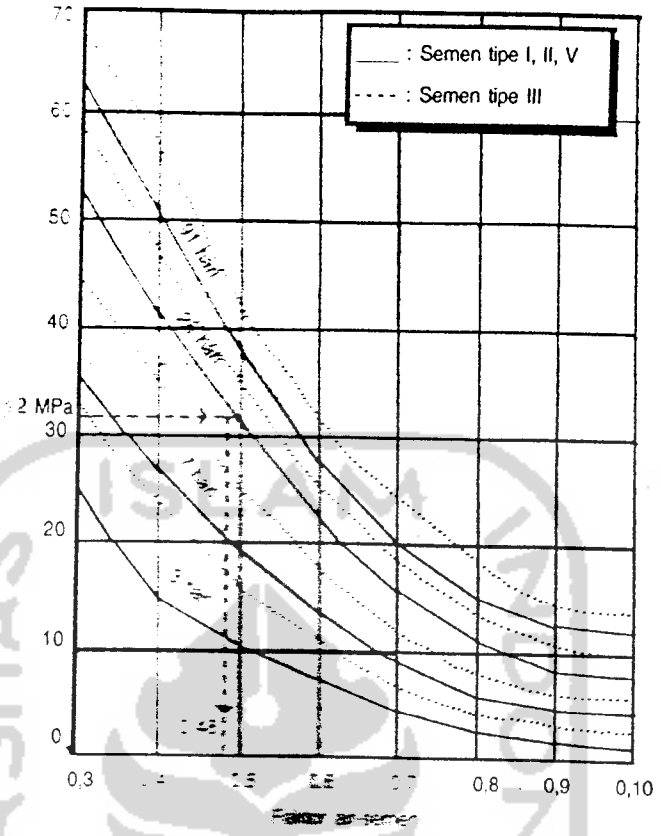
5. Menetapkan jenis semen

6. Menetapkan jenis agregat

7. Menetapkan faktor air-semen

   Cara menetapkan faktor air-semen diperoleh dari nilai terendah tiga cara.

   Cara pertama : Tarik garis lurus dan memotong umur beton pada tabel 3.1 didapatkan faktor air-semen



Gambar 3.1 Hubungan faktor air-semen dengan kuat tekan rata-rata silinder beton (sebagai perkiraan nilai fas)

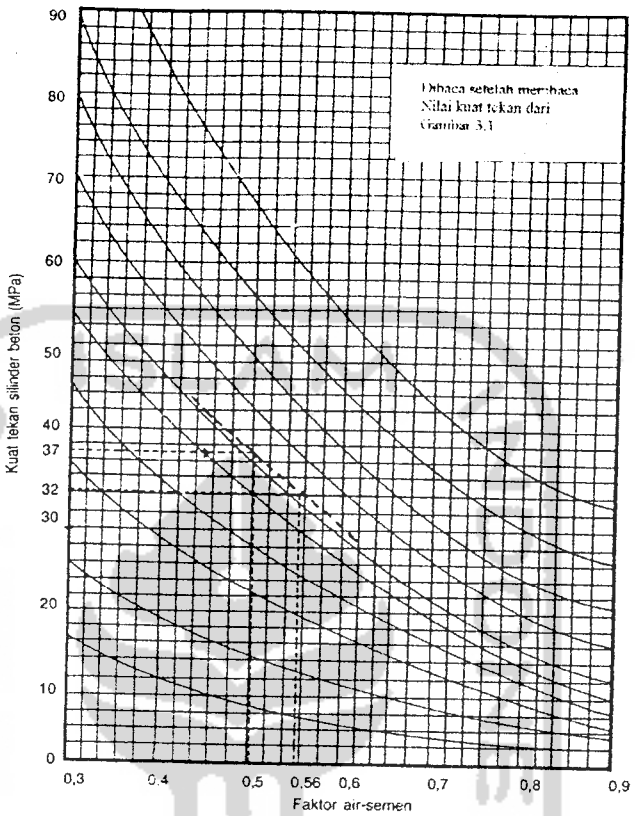
Cara kedua : Diketahui jenis semen, jenis agregat kasar. Kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari maka digunakan **tabel 3.6** dibawah ini.

Tabel 3.6 Perkiraan kuat tekan beton (Mpa) dengan faktor air semen 0,50

Jenis Semen	Jenis Agregat kasar (kerikil)	Umur beton (hari)			
		3	7	28	91
I, II, V	Alami	17	23	33	40
	Batu pecah	19	27	37	45
III	Alami	21	28	38	44
	Batu pecah	25	33	44	48

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

Dari Tabel diatas diperoleh nilai kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari dengan faktor air-semen 0,5. gunakan grafik dibawah ini.



Gambar 3.2 Grafik mencari faktor air-semen

Caranya, tarik garis kekanan mendatar sesuai kuat tekan rencana, tarik garis keatas 0,5 dan berpotongan pada titik A. Buat garis putus-putus dimulai dari titik A ke atas dan ke bawah melengkung seperti garis yang di atas dan di bawahnya. Sekarang dengan f'cr pada langkah 4, tarik ke kanan memotong garis putus yang dibuat tadi di B dan tarik garis ke bawah maka diperoleh faktor air-semen yang baru.

Cara Ketiga : Dengan melihat persyaratan untuk berbagai pembetonan dan lengkungan khusus, beton yang berhubungan dengan air tanah mengandung sulfat untuk beton bertulang terendam air.

Tabel 3.7 Persyaratan Faktor Air-Semen Maksimum untuk Berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus

Jenis Pembetonan	*Fas* Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan :	
a. keadaan keliling non-korosif	0,60
b. keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	0,52
Beton di luar ruang bangunan :	
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,55
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dalam tanah	Lihat tabel 3.9
Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar/payau/laut	Lihat tabel 3.8

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

Tabel 3.8 Faktor Air Semen Maksimum untuk Beton Bertulang dalam Air

Berhubungan dengan	Tipe semen	Faktor air semen
Air tawar	Semua tipe I – V	0,50
Air payau	Tipe I + Pozolan (15 -40%) atau S.P. Pozolan	0,45
	Tipe II atau V	0,50
Air laut	Tipe II atau V	0,45

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

Tabel 3.9 Faktor Air-Semen Maksimum untuk Beton yang Berhubungan dengan Air Tanah yang Mengandung Sulfat

Konsentrasi sulfat (SO_3)			Jenis semen	*Fas* maks
Dalam tanah		SO_3 dalam air tanah (g/l)		
Total SO_3 %	SO_3 dalam campuran air : tanah = 2 : 1 (g/l)			
< 0,2	< 0,1	< 0,3	Tipe I, dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	0,50
0,2 – 0,5	1,0 – 1,9	0,3 – 1,2	Tipe I tanpa Pozolan	0,50
			Tipe I dengan Pozolan (15-40%) atau semen portland pozolan (PPC)	0,55
			Tipe II atau V	0,55
0,5 – 1,0	1,9 – 3,1	1,2 – 2,5	Tipe I dengan Pozolan (15-40%) atau semen portland pozolan (PPC)	0,45
			Tipe II atau V	0,45
1,0 – 2,0	3,1 – 5,6	2,5 – 5,0	Tipe II atau V	0,45
> 2,0	> 5,6	> 5,0	Tipe II atau V dan lapisan pelindung	0,45

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

8. Menetapkan faktor air-semen

   Faktor air-semen yang dipakai adalah faktor air-semen terendah dari ketiga cara dalam langkah 7.

9. Menetapkan nilai Slump

   Tabel 3.10 Penetapan nilai slump

Pemakaian Beton	Maksimal	Minimal
Dinding, pelat fondasi dan fondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Fondasi telapak tidak bertulang kaison, dan struktur di bawah tanah	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom, dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

10. Menetapkan ukuran besar butir agregat maksimum

11. Menetapkan kebutuhan air

Untuk menetapkan kebutuhan air per meter kubik digunakan **tabel 1.6** di bawah ini dan dilanjutkan dengan perhitungan :

Tabel 3.11 Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton (liter)

Besar Ukuran maks (mm)	Jenis batuan	Slump			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

Tabel 3.12 Penentuan kebutuhan air berdasarkan agregat

Besar Ukuran maks kerikil (mm)	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

12. Menetapkan kebutuhan semen

Berat semen per meter kubik beton dihitung dengan :

$$\text{Berat Semen} = \frac{\text{Jumlah air yang dibutuhkan (langkah 11)}}{\text{Faktor air - semen maksimum (langkah 8)}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.6)$$

13. Menetapkan kebutuhan semen minimum

Kebutuhan semen minimum ditetapkan lewat tabel antara lain untuk menghindari beton dari kerusakan akibat lingkungan khusus misalnya lingkungan korotif, air payau dan air laut.

Tabel 3.13 Kebutuhan semen minimum untuk berbagai pembetonan dan Lingkungan khusus

Jenis Pembetonan	Kebutuhan Semen min
Beton di dalam ruang bangunan :	
c. keadaan keliling non-korosif	275
d. keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	
Beton di luar ruang bangunan :	
c. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325
d. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275
Beton yang masuk ke dalam tanah :	
c. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325
d. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dalam tanah	Lihat tabel 3.14
Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar/payau/laut	Lihat tabel 3.15

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

Tabel 3.14 Kandungan Semen Minimum untuk Beton yang Berhubungan dengan Air Tanah yang Mengandung Sulfat

Konsentrasi sulfat (SO_3)			Jenis Semen	Kand. Semen min. (kg/m^3)		
Dalam tanah				Ukuran maks. Agregat (mm)		
Total SO_3 %	SO_3 dlm camp air : tanah = 2 : 1 (g/l)	SO_3 dlm air tnh (g/l)		40	20	10
< 0,2	< 0,1	< 0,3	Tipe I, dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	280	300	350
0,2 – 0,5	1,0 – 1,9	0,3 – 1,2	Tipe I tanpa Pozolan	290	330	380
			Tipe I dengan Pozolan (15-40%) atau semen portland pozolan (PPC)	270	310	360
			Tipe II atau V	250	290	340
0,5 – 1,0	1,9 – 3,1	1,2 – 2,5	Tipe I dengan Pozolan (15-40%) atau semen portland pozolan (PPC)	340	380	430
			Tipe II atau V	290	330	380
1,0 – 2,0	3,1 – 5,6	2,5 – 5,0	Tipe II atau V	330	370	420
> 2,0	> 5,6	> 5,0	Tipe II atau V dan lapisan pelindung	330	370	420

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

Tabel 3.15 Kebutuhan Semen Minimum untuk Beton Bertulang dalam Air

Berhubungan dengan	Tipe semen	Kandungan semen minimum	
		Ukuran maksimum agregat (mm)	
		40	20
Air tawar	Semua tipe I – V	280	300
Air payau	Tipe I + Pozolan (15 -40%) atau S.P. Pozolan	340	380
	Tipe II atau V	290	330
Air laut	Tipe II atau V	330	370

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

14. Menentukan kebutuhan semen yang dipakai

Digunakan kebutuhan semen terbesar dari langkah 12 dan Langkah 13

15. Menentukan golongan pasir

Golongan pasir ditentukan dengan cara menghitung hasil ayakan hingga dapat ditemukan golongannya.

Dalam SK-SNI-T-15-1990-03 kekasaran pasir dibagi menjadi 4 daerah yaitu

Daerah I = Pasir kasar

Daerah II = Pasir agak kasar

Daerah III = Pasir agak halus

Daerah IV = Pasir halus

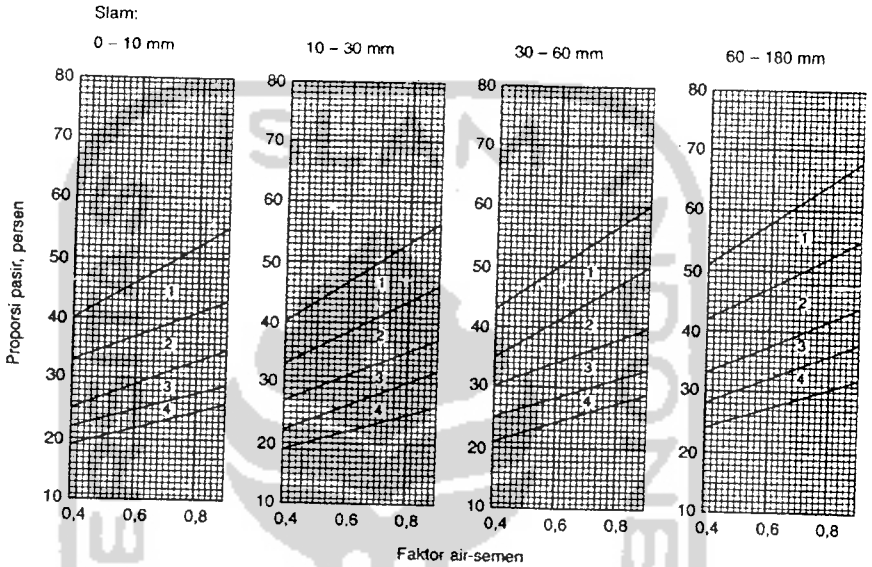
Tabel 3.16 Gradasi Pasir

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
48	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,5	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

16. Menentukan perbandingan pasir dan kerikil

Untuk menentukan perbandingan pasir dan kerikil dicari dengan bantuan grafik di bawah ini. Dengan melihat nilai slump yang diinginkan, ukuran butir maksimum, zona pasir, faktor air-semen.



Gambar 3.3 Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 20 mm

17. Menentukan berat jenis campuran pasir dan kerikil

$$\text{Bj campuran} = \frac{P}{100} \text{ x Bj pasir} + \frac{K}{100} \text{ x Bj kerikil} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.7)$$

Keterangan :

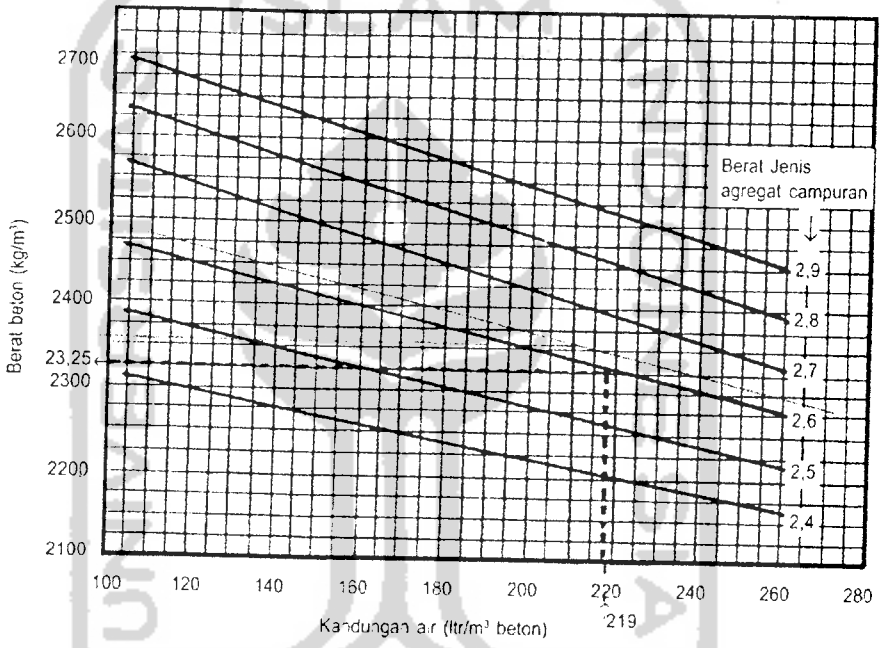
Bj campuran = Berat jenis campuran

P = Persentase pasir terhadap agregat campuran

K = Persentase kerikil terhadap agregat campuran

18. Menentukan Berat Beton

Untuk menentukan berat beton digunakan data berat jenis campuran kebutuhan dan kebutuhan air tiap meter kubik, setelah ada data, kemudian dimasukkan dalam grafik beton di bawah ini



Gambar 3.4 Grafik hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran, dan berat beton

19. Menentukan kebutuhan pasir dan kerikil

berat pasir + berat kerikil = berat beton - kebutuhan air - kebutuhan semen

.....(3.8)

20. Menentukan kebutuhan pasir

kebutuhan pasir = kebutuhan pasir dan kerikil x persentase berat pasir

.....(3.9)

21. Menentukan kebutuhan kerikil

kebutuhan kerikil = kebutuhan pasir dan kerikil - kebutuhan pasir

.....(3.10)

3.8 Kuat Tekan Beton

Untuk pengujian kuat desak beton ($f'c$) pada umur 28 hari sesuai SK SNI T-1991-03 dengan kekuatan rencana $f'c = 35$ MPa.

$$f'c = \frac{P}{A} \quad \text{.....(3.11)}$$

$f'c$ = Kuat tekan beton (N/mm^2, MPa);

P = Beban tekan (N);

A = Luas permukaan bidang tekan (mm^2).

3.9 Tegangan Regangan

Setiap bahan akan megalami perubahan bentuk apabila mendapat beban dan apabila perubahan bentuk terjadi maka gaya internal didalam bahan tersebut akan menahannya, dan gaya internal tersebut disebut tegangan. Bila suatu bahan mengalami tegangan, maka itu akan mengalami perubahan bentuk yang dikenal sebagai regangan (MJ. Smith, 1985).

BAB IV
METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab metode penelitian ini berisikan tentang, material penyususun beton, model dan benda uji, peralatan penelitian, metode pelaksanaan penelitian, serta bagan alir penelitian.

4.1 Persiapan Bahan dan Alat

Sebelum melaksanakan penelitian terlebih dahulu dilakukan persiapan bahan dan alat yang akan digunakan dalam penelitian sebagai sarana mencapai maksud dan tujuan penelitian.

4.1.1 Bahan

Bahan-bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah agregat, semen Portland (PC), air, dan *superplasticizer* yang akan diuraikan berikut ini.

1. Agregat

   Agregat yang dipakai dalam penelitian ini terdiri dari agregat kasar (kerikil) dan agregat halus (pasir). Kerikil yang akan dipakai adalah kerikil yang lolos ayakan 2,0 cm yang berasal dari Celereng, Kulonprogo. Sedangkan pasir yang akan dipakai adalah pasir yang lolos ayakan 0,5 cm yang berasal dari Cangkringan, Yogyakarta

2. Semen Portland (PC)

   Semen portland yang dipakai dalam penelitian ini adalah semen jenis I merk semen Gresik dengan berat 50 kg/zak. Pemilihan jenis ini dilakukan karena

paling umum dipakai sebagai bahan campuran beton dan tidak memerlukan persyaratan khusus. Semen di tempatkan pada suatu tempat yang kering dan tidak terkena kelembaban air.

3. Air

Air yang dipakai dalam penelitian ini diambil dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

4. *Superplasticizer*

Bahan kimia tambahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah *superplasticizer* tipe *naphthalene formaldehyde sulphonate* merk *sikament-NN* yang diproduksi oleh PT. Sika Indonesia dengan berat jenis 1,17 kg/liter.

4.1.2 Alat

Untuk kelancaran pelaksanaan penelitian diperlukan adanya persiapan alat yang akan digunakan sebagai sarana mencapai maksud dan tujuan penelitian. Peralatan-peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mesin uji kuat tekan

Mesin uji kuat tekan digunakan untuk menguji kuat tekan beton dengan merk *ADR 3000*. Mesin ini juga digunakan untuk menguji kuat tarik serta kuat geser beton. Mesin ini mempunyai kapasitas sebesar 3000 kN.

2. Mollen (mesin aduk beton)

   Mesin aduk beton (molen) digunakan untuk mengaduk bahan susun beton sehingga dihasilkan campuran adukan beton yang homogen.

3. Talam baja dan cetok

   Kegunaan talam baja adalah sebagai alas untuk pengujian *slump* serta untuk menampung sementara adukan beton yang dikeluarkan dari mesin pengaduk beton. Cetok digunakan untuk memasukkan adukan beton ke dalam dan cetakan benda uji.

4. Cetakan benda uji silinder

   Cetakan yang akan digunakan dalam penelitian ini berbentuk silinder dan balok. Cetakan silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm digunakan untuk membuat benda uji kuat desak.

5. Kerucut *Abrams* dan tongkat pemadat

   Kerucut *Abrams* digunakan untuk pengujian *slump*. Pengujian *slump* dilakukan untuk mengetahui adukan beton. Kerucut *Abrams* mempunyai dua lubang pada ujungnya dengan diameter 10 cm pada ujung atas, diameter 20 cm pada ujung bawah, dan tinggi 30 cm. Untuk memadatkan adukan beton menggunakan tongkat pemadat dari baja dengan panjang 60 cm dan diameter 16 mm yang ujungnya berbentuk bulat.

6. Timbangan

   Timbangan dipakai untuk menimbang bahan susun beton yang akan digunakan serta untuk menimbang benda uji sebelum pengujian.

7. Mistar dan kaliper

Mistar dan kaliper digunakan untuk mengukur dimensi benda uji sebelum pengujian. Mistar juga digunakan untuk mengukur penurunan nilai *slump*.

8. Ayakan

Ayakan yang digunakan untuk mengetahui gradasi pasir dan kerikil. Ukuran ayakan yang digunakan untuk mengetahui gradasi pasir adalah 4,8 ; 2,4 ; 1,2 ; 0,6 ; 0,3 dan 0,15 mm. Sedangkan untuk mengetahui gradasi kerikil digunakan ayakan dengan ukuran adalah 40; 20; 10; dan 4,8 mm.

9. Gelas ukur

Gelas ukur dipakai untuk menakar jumlah air dan *superplasticizer* yang diperlukan dalam pembuatan adukan beton.

4.2 Pemeriksaan Bahan Campuran Beton

Pemeriksaan bahan campuran beton dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat dari bahan campuran beton tersebut. Pemeriksaan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pemeriksaan terhadap agregat kasar (kerikil) dan agregat halus (pasir):

4.2.1 Agregat Halus (Pasir)

Pemeriksaan terhadap agregat halus (pasir) meliputi:

a. Modulus halus butir (MHB) pasir

Langkah-langkah pengujian analisis saringan agregat kasar adalah sebagai berikut:

1. benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5) ^{0}C, sampai berat tetap,
2. saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas,
3. saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit,
4. hitunglah persentase berat benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji setelah disaring.

b. Berat jenis dan kadar air pasir

Langkah-langkah pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus adalah sebagai berikut:

1. cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan,
2. keringkan benda uji dalam oven dengan suhu (110 ± 5) ^{0}C, sampai berat tetap,
3. buang air perendam dengan hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, tebarkan di atas talam, keringkan di udara panas dengan cara membalik-balikkan benda uji, lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh,

4. setelah tercapai kering permukaan jenuh masukkan 500 gram benda uji ke dalam piknometer, masukkan air suling sampai mencapai 90% isi piknometer, putar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya,
5. tambahkan air sampai mencapai tanda batas,
6. timbang picnometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (Bt),
7. keluarkan benda uji, keringkan benda uji dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)\ ^0C$, sampai berat tetap,
8. setelah benda uji dingin, kemudian ditimbang (Bk),
9. tentukan berat piknometer berisi air penuh (B),
10. hitunglah berat jenis kadar air pasir dengan persamaan:
    a. Berat jenis curah *(bulk specific gravity)*, gram/cm^3

$$= \frac{Bk}{(B + 500 - Bt)} \quad \text{.....(4.1)}$$

    b. Berat jenis jenuh kering muka *(saturated surface dry)*, gram/cm^3

$$= \frac{500}{(B + 500 - Ba)} \quad \text{.....(4.2)}$$

    c. Berat jenis semu *(apparevt specific grafity)*, gram/cm^3

$$= \frac{Bk}{(B + Bk - Bt)} \quad \text{.....(4.3)}$$

    d. Penyerapan Air

$$= \frac{(500 - Bk)}{Bk} x100\% \quad \text{.....(4.4)}$$

c. Kandungan lumpur agregat halus (Pasir)

Langkah-langkah pengujian kandungan lumpur agregat halus adalah sebagai berikut:

1. Timbang pasir kering oven sebanyak 500 gram (W_1),
2. Pasir dimasukkan ke dalam gelas ukur dan dituangi air,
3. Gelas ukur dikocok-kocok selama 1 menit sampai air keruh dan didiamkan selama 1 menit, kemudian air keruh dibuang pelan-pelan jangan sampai pasir terbuang,
4. Langkah 2 dan 3 diulang beberapa kali sampai air dalam gelas ukur seperti semula,
5. Pasir kemudian dikeluarkan dan dimasukkan kedalam oven pada 105^0 selama kurang lebih 24 jam,
6. Setelah 24 jam pasir dikeluarkan dari oven, setelah dingin ditimbang berat pasirnya (W_2),
7. Hitung kandungan lumpur dengan persamaan:

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} x100\% \quad \text{.....(4.5)}$$

4.2.2 Agregat Kasar (Kerikil)

. Berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

Langkah-langkah pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar adalah sebagai berikut:

1. cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan,

2. keringkan benda uji dalam oven dengan suhu (110 ± 5) ^{0}C, sampai berat tetap,
3. dinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1-3 jam,kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram (Bk),
4. rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam,
5. keluarkan benda uji dari air, lap dengan kain pennyerap sampai selaput air pada permukaan hilang, untuk butiran besar pengeringan harus satu persatu,
6. timbang benda uji kering permukaan jenuh (Bj),
7. letakkan benda uji dalam keranjang, goncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya dalam air (Ba),
8. ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan pada suhu standar (5 ^{0}C),
9. hitunglah berat jenis dan penyerapan agregat kasar dengan persamaan:
   a. Berat jenis curah *(bulk specific gravity)*, gram/cm^3

$$= \frac{Bk}{(Bj - Ba)} \quad \ldots\ldots (1)$$

   b. Berat jenis jenuh kering muka *(saturated surface dry)*, gram/cm^3

$$= \frac{Bj}{(Bj - Ba)} \quad \ldots\ldots (2)$$

   c. Berat jenis semu *(apparevt specific grafity)*, gram/cm^3

$$= \frac{Bk}{(Bk - Ba)} \quad \ldots\ldots (3)$$

d. Penyerapan Air

$$= \frac{(Bj - Bk)}{Bk} x100\% \quad \ldots\ldots (4)$$

4.3 Perhitungan Komposisi Campuran Beton

Komposisi campuran adukan beton diperoleh dari hasil perancangan campuran adukan beton menurut cara inggris atau di Indonesia dikenal dengan cara DOE (*Department Of Environment*). Perhitungan ini bertujuan untuk menentukan banyaknya masing-masing bahan dalam adukan beton. Langkah-langkah perancangan campuran adukan beton menurut cara DOE dapat dilihat pada lampiran 2.

Hasil perhitungan komposisi campuran untuk beton normal dan variasi pengurangan kadar air (dengan interval 5% dari berat total air) dapat dilihat pada ***Tabel 4.1***.

Tabel 4.1 Komposisi bahan campuran beton dengan pengurangan kandungan air untuk kuat tekan 25 dan 30 Mpa

Mutu Rencana (MPa)	Pengurangan Air (%)	Sampel Beton	Air (kg/m^3)	Semen (kg/m^3)	Pasir (kg/m^3)	Kerikil (kg/m^3)
35	0	BS35-0%	210	525	567	1053
	0	BS355-0%	210			
	5	BS35-5%	199,5			
	10	BS35-10%	189			
	15	BS35-15%	178,5			
	20	BS35-20%	168			
	25	BS35-25%	157,5			
	30	BS35-30%	147			

4.4 Pengadukan Beton

Secera umum pengadukan dilakukan sampai didapatkan suatu sifat yang plastis dalam campuran beton yang segar. Selama proses pengadukan, kekentalan campuran beton harus diawasi terus dengan cara memeriksa nilai slump. Proses pencampuran bahan-bahan dasar beton (pasir, kerikil, semen, dan air) dalam perbandingan yang baik disebut proses pengadukan beton. Pengadukan dilakukan sampai warna adukan tampak rata, kelecakan yang cukup, dan tampak campurannya juga homogen.

Pengadukan beton dilakukan agar diperoleh suatu komposisi yang solid dari bahan-bahan penyusun berdasarkan rancangan campuran beton. Komposisi yang baik akan menghasilkan kuat tekan yang tinggi, tetapi jika pelaksanaanya tidak dikontrol dengan baik , kemungkinan dihasilkanya beton yang tak sesuai dengan rencana akan semakin besar.(Mulyono 2005).

Dalam penelitian ini pengadukan campuran beton dilakukan dengan mesin (molen), karena campuran beton yang dihasilkan akan lebih homogen dan ekonomis.

4.5 Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* adalah suatu cara untuk mengukur kelecakan adukan beton, yaitu kecairan/kepadatan adukan yang berguna dalam pengerjaan beton. Mula-mula kerucut Abrams di letakkan ditempat yang rata dan tida menghisap air.

Adukan beton dimasukkan ke dalam kerucut Abrams dengan hati-hati dan kerucut Abrams dipegang erat-erat agar tidak bergerak, jumlah adukan yang dimasukkan kira-kira $\frac{1}{3}$ volume kerucut Abrams. Setelah adukan masuk lalu ditusuk-tusuksebanyak 25 kali dengan tongkat baja. Kemudian adukan kedua dengan volume sama dengan adukan pertama dimasukkan dan ditusuk-tusuk juga. Kemudian adukan ketiga dimasukkan, setelah adukan ketiga selesai ditusuk-tusuk lalu permukaan beton diratakan. Setelah 60 detik, kemudian tarik kerucut Abrams lurus ke atas dan ukur penurunan permukaan adukan betonsetelah kerucut Abrams ditarik. Kemudian nilai slump awal diukur, jika nilai slump belum mencapai rencana yaitu ≥ 150 mm maka penambahan SP dilakukan dengan coba-coba sedikit demi sedikit hingga mencapai nilai slump ≥ 150 mm, begitu seterusnya untuk adukan berikutnya. Besar penurunan adukan beton tersebut disebut nilai *slump*. (Tjokrodimuljo, 1992)

4.6 Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang akan di buat pada penelitian ini dicetak dalam bentuk silinder (diameter 15 cm dan tinggi 30 cm) untuk pengujian kuat desak dan tegngan-regangan.Jumlah benda uji dan variasi pengurangan air dapat dilihat pada **tabel 4.1**. berikut ini.

Tabel 4.1 Jumlah benda uji dengan pengurangan air dan penambahan *superplasticizier* .

No.	Mutu beton (MPa)	Jenis benda uji	Umur benda uji (hari)	Variasi pengurangan air (%)	Jumlah Benda uji	Total Benda Uji
1	35	Kuat tekan	3	0; 5; 10; 15; 20; 25; 30	3	21
		Kuat tekan	7	0; 5; 10; 15; 20; 25; 30	3	21
		Kuat tekan	14	0; 5; 10; 15; 20; 25; 30	3	21
		Kuat tekan	28	0; 5; 10; 15; 20; 25; 30	5	35
		Tegangan-Regangan	28	0; 5; 10; 15; 20; 25; 30	1	7
						105

Ket : Penambahan *superplasticizier* dilakukan dengan cara coba-coba hingga mencapai nilai slump ≥ 150 mm

4.7 Perawatan Beton

Nawy (1990), mengatakan bahwa kondisi perawatan yang baik dapat dicapai dengan menggunakan salah satu metode dibawah ini:

1. beton dibasahi terus-menerus dengan air,
2. beton direndam di dalam air,
3. beton dilindungi dengan karung basah, film plastik, atau kertas perawatan tahan air,
4. dengan menggunakan perawatan gabungan acuan membran cair untuk mempertahankan uap air semula dari bahan basah.

Perawatan beton dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan cara merendam beton di dalam air selama 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari setelah beton dikeluarkan dari cetakan sampai pengujian beton tersebut dilaksanakan.

4.8 Pengujian Beton

Pengujian Kuat Desak dan Tegangan Regangan Benda Uji

Pengujian beton dilaksanakan pada beton umur 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Pengujian-pengujian yang dilaksanakan adalah pengujian kuat desak dan tegangan-regangan.Pengujian kuat desak dan tegangan regangan dilakukan sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Tahapan pengujian dilakukan sebagai berikut:

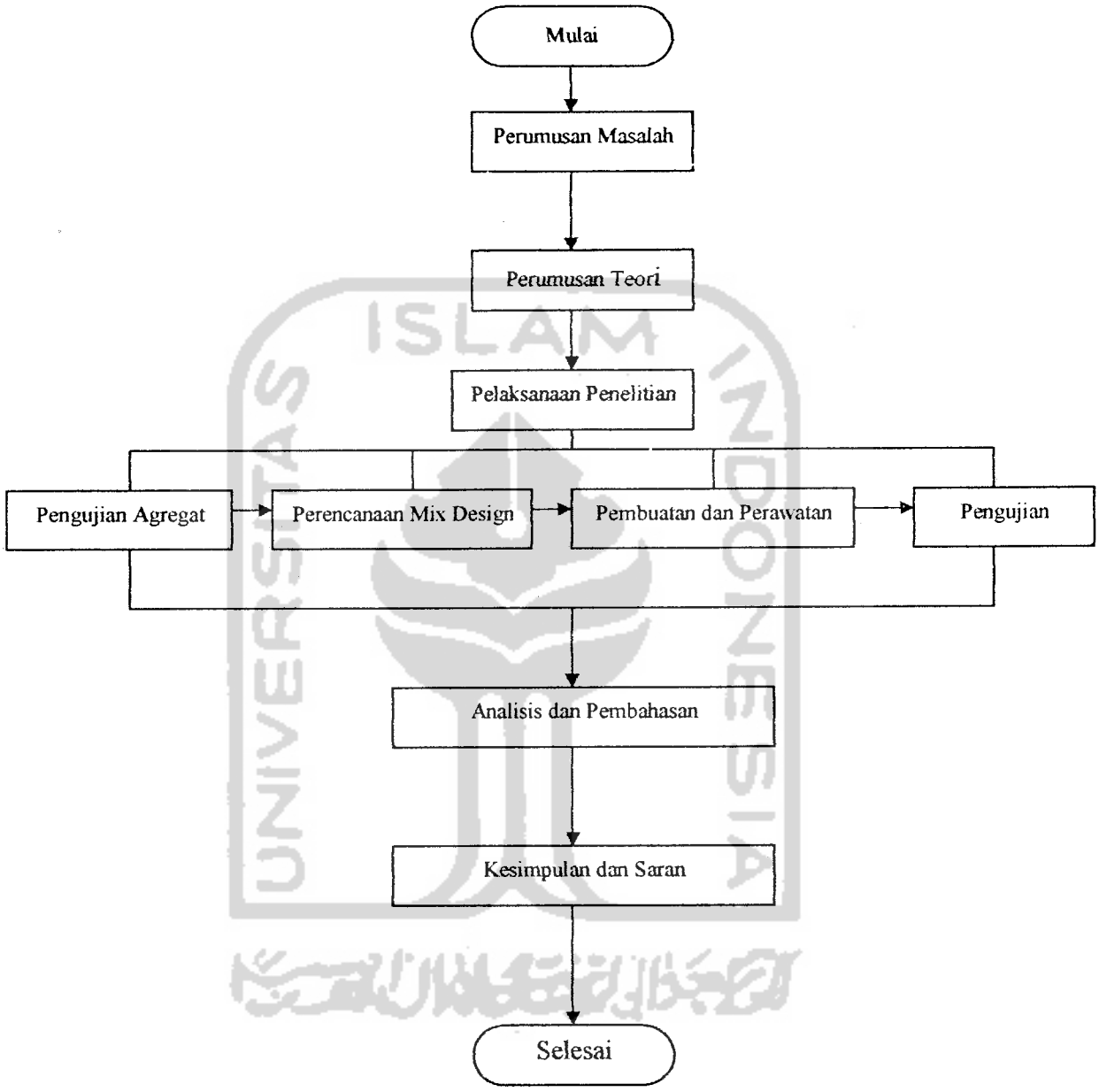
1. Benda uji dikeluarkan dari rendaman satu hari sebelum pengujian
2. Menimbang berat benda uji
3. Mengukur dimensi benda uji
4. Benda uji diletakkan pada mesin desak
5. Pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur / pecah dan dicatat pembebanan maksimumnya
6. Untuk benda uji tegangan regangan, besarnya regangan dibaca setiap pembebanan 10 KN.

4.9 Pengolahan Data

Dari hasil pengujian berupa data-data kasar yang masih perlu diolah lebih lanjut. Hasil pengujian yang dilakukan nantinya akan mengahasilkan pengaruh perawatan dan penambahan *superplasticizer* (SP) pada mutu beton.

4.10. Langkah-langkah penelitian

Langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada *flow chart* berikut ini :



Gambar 4.1. Flow Chart Penelitian

BAB V
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Pada bab ini mrmbicarakan hasil penelitian yang dilakukan dilaboratorium Bahan Konstruksi Teknik dan pembehasan mengenai hasil penelitian yang diperoleh. Hasil penelitian yang didapat meliputi : berat jenis agregat kasar dan halus, gradasi pasir, nilai slump dan aliran slump serta hasil pengujian beton yaitu kuat tekan dan tegangan-regangan..

5.2 Data-data hasil pengujian laboratorium

Hasil data pengujian bahan dilaboraturium yang meliputi pengujian pemeriksaan berat jenis dan kadar air pasir, pemeriksaan berat jenis dan kadar air kerikil, pemeriksaan berat volume agregat kasar, modulus halus butir (MHB) agregat halus, dan gradasi pasir . Berat jenis digunakan untuk menentukan volume yang akan diisi oleh agregat. Berat jenis dari agregat pada akhirnya akan menentukan bera jenis dari beton jadi secara tidak langsung menentukan banyaknya campuran agregat dalam campuran beton. Modulus halus butir (MHB) adalah suatu indeks yang dipakai untuk mengukur kekasaran atau kahalusan butir-butir agregat, dan diefinisika sebagi persen kumulatif dari butir agregat yang tertinggal dalam satu set ayakan. Makin besar nilai MHB suatu agregat berarti semakin besar butiran agregatnya. Umumnya untuk agregat halus mempunyai MHB sekitar 1,50-3,80%.

Dari hasil pengujian di laboraturium diperoleh berat jenis jenuh kering muka pasir = 2,621 gr/cm^3, berat jenis jenuh kering muka agregat kasar = 2,643 gr/cm^3, Modulus Halus Butir = $\frac{273,45}{100}$ = 2,7345, dan hasil analisa ayakan masuk daerah :II dan Jenis pasir : agak kasar.

Data tersebut digunakan untuk perhitungan perencanaan campuran beton, untuk lebih jelasnya lihat lampiran II.

Agregat merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan beton, pada beton biasanya terdapat sekitar 60% sampai 80% volume agregat. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat , dimana agregat yang kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada di antara agregat yang berukuran besar (Nawy, 1990). Agregat untuk beton harus memenuhi ketentuan dari mutu dan cara uji agregat beton dalam Standar Industri Indonesia .

5.3 Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan *Superplasticizer* terhadap Workabilitas

Dengan adanya workabilitas yang tinggi pada beton segar akan memudahkan pekerjaan pada saat penuangan beton kedalam cetakan. Pada saat penuangan dan pemadatan beton segar mudah dilaksanakan maka workabilitas beton tersebut tinggi.(Swamy 1989). Tingkat workabilitas beton ditunjukkan dengan besarnya nilai *slump*. Nilai *slump* menunjukkan seberapa besar runtuhnya adukan beton dari posisi awal sampai beton berhenti mengalir. Nilai *slump* yang tinggi menujukkan tingkat kelecakan beton tinggi dan bisa dikatakan bahwa tingkat workabilitas beton itu juga tinggi.

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kuat tekan beton normal maka beton normal akan dikurangi kandungan airnya secara gradual mulai 5, 10, 15, 20, 25, 30%. Dengan adanya pengurangan air secara gradual maka akan mengakibatkan tingkat kelecakan beton menjadi berkurang. Untuk dapat meningkatkan tingkat kelecakan beton maka perlu dilakukan penambahan *superplasticizer* dengan kadar tertentu. Pada penelitian ini beton normal dan beton dengan pengurangan kandungan air dan penambahan *superplasticizer* ditetapkan memiliki nilai *slump* lebih dari 150 mm.

Pada penelitian ini untuk meningkatkan workabilitas tidak dengan menambahkan air karena semakin banyak kandungan air dalam beton maka kekuatan beton akan semakin rendah (porositas tinggi beton akan cenderung keropos), akan

tetapi justru mengurangi persen jumlah air dan fungsi sebagai workabilitas digantikan dengan penambahan SP (superplasticizer). Mekanisme kerja atau proses SP itu sendiri adalah SP mengikat butiran semen sehingga semen tidak dapat melukakan reaksi hidrasi dengan air dalam waktu tertentu.Hal ini akan mengakibatkan perubahan fisik beton ,butiran beton lebih lepas sehingga campuran beton akan lebih encer.

Data hasil pengujian beton segar berupa nilai *slump* sebelum dan sesudah penambahan *superplasticizer* dapat dilihat pada tabel 5.2

Tabel 5.3 Nilai slump, penambahan SP dan nilai fas beton 35 MPa

Sampel Uji	fas	Pengurangan Air (%)	Slump sebelum SP (mm)	Penambahan SP (%)	Slump setelah SP (mm)
BS35-0%	0,37	0	90	0,45	170
BS35-5%	0,35	5	10	0,56	180
BS35-10%	0,33	10	0	0,90	162,5
BS35-15%	0,31	15	0	1,51	182,5
BS35-20%	0,30	20	0	1,58	189
BS35-25%	0,28	25	0	1,92	180
BS35-30%	0,26	30	0	2,48	185

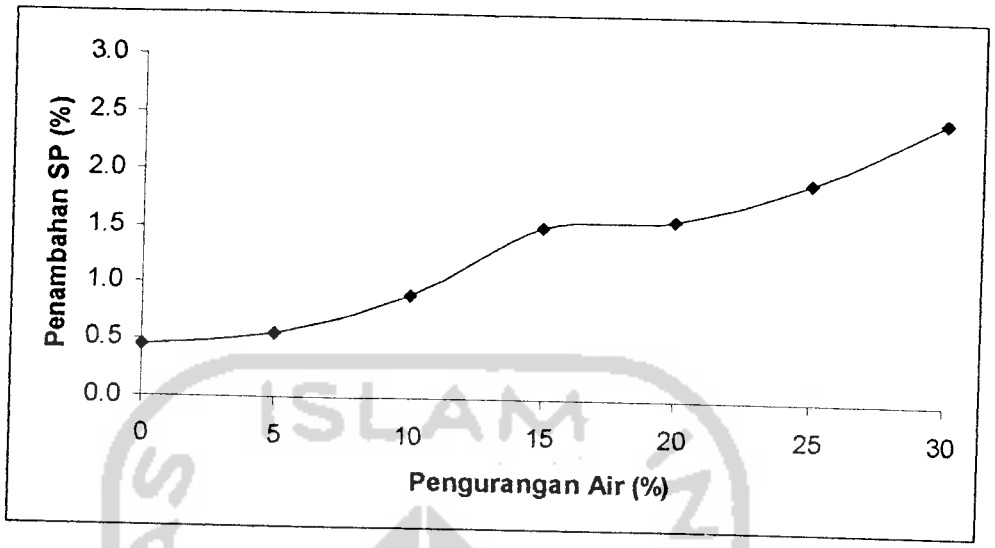
Dari tabel 5.3 memperlihatkan akibat pengurangan air terjadi penurunan nilai *slump*, bahkan pada pengurangan air 10% hingga 30% nilai *slump* yang terjadi adalah 0 mm. Hal ini terjadi karena kandungan air pada beton normal dikurangi maka kelecakan beton juga akan berkurang. Jadi jelaslah bahwa dengan dilakukan pengurangan air pada campuran beton maka maka tingkat workabilitas beton akan menurun yang dilihat lewat penurunan nilau *slump*.

Untuk tetap menjaga workabilitas beton maka beton tersebut perlu ditambahkan bahan tambah *superplasticizeer* yang berfungsi meningkatkan tingkat kelecakan beton. Pada pengerjaan pengadukan beton B35-0%,dan beton B35-5%

untuk mencapai nilai slump lebih besar dari 150 mm relatif lebih mudah dalam pengerjaannya, sedangkan pada pengerjaan beton B35-10%, B35-15%, B35-20% B35-25%, dan beton B35-30% untuk mencapai *slump* lebih besar dari 150 mm relaif agak sulit dicapai karena beton segar tersebut lebih kental karena dosis pengurangan air yang cukup tinggi. Hal ini terlihat dari nilai *slump* sebelum penambahan *superplasticizer* sangat rendah yakni sebesar 0 mm. Untuk mencapai *slump* yang ditetapkan lebih besar dari 150 mm maka semakin banyak dosis pengurangan kandungan air pada campuran maka semakin banyak pula dosis penambahan *superplasticizer* yang digunakan. Jadi jelaslah bahwa dengan penggunaan *superplasticizer* pada beton dapat meningkatkan workabilitas beton melalui meningkatnya kelecakan beton.

Dari tabel 5.3 memperlihatkan nilai *slump* untuk seluruh variasi campuran adukan beton dengan pengurangan air dan penambahan *superplasticizer* yang dihasilkan lebih besar dari 150 mm. Hal ini sesuai yang diperoleh Swamy (1989), bahwa dengan penggunaan *superplasticizer* nilai slump yang didapat antara 150 – 250 mm Swamy (1989) mengatakan bahwa dengan pemakaian *superplasticizer* akan meningkatkan workabilitas 12 %. Dalam kajian ini peningkatan kelecakan dari nilai slump awal sebelum dan sesudah dicampur *superplasticizer* meningkat sangat tinggi. Hal ini sebagaimana yang terjadi pada variasi beton B35-0% dengan kelecakan awal 90 mm meningkat menjadi 170 mm tanpa terjadi segregasi dan *bleeding*, hanya dengan menambahkan *superplasticizer* 0,4511% dari berat semen (tabel 5.1). Bahkan terlihat dari variasi B35-10%, B35-15%, B35-20%, B35-25% dan B35-30% dengan pengurangan air sebesar 10%, 15%, 20%, 25%, 30% terlihat slump awal sebelum penambahan *superplasticizer* sebesar 0 mm kemudian ditambah *superplasticizer* workabilitasnya naik dengan peningkatan slump menjadi lebih besar dari 150 mm.

Hubungan penambahan *superplasticizer* akibat pengurangan kandungan air dapat dilihat pada grafik 5.3.



Gambar 5.3 Grafik penguragan Air dengan penambahan SP f'c 35 MPa

Dari grafik 5.3 terlihat terjadi penambahan *superplasticizer* yang mengalami peningkatan mulai 0% hingga 30 % pengurangan air. Hal ini terjadi karena semakin tinggi pengurangan air, maka semakin tinggi pula penambahan *superplasticizer* untuk menghasilkan *slump* 150 mm atau lebih(Hastoro, 2005).

Hal ini terlihat jelas dari variasi B35-10%, B35-15%, B35-20%, B35-25% dan B35-30% dengan pengurangan air sebesar 10%, 15%, 20%, 25%, 30% penambahan *superplasticizer* akan terus meningkat.

Untuk pengurangan air 25% dan 30 %, nilai *slump* lebih dari 150 mm dapat dicapai tetapi adukan lebih kohesif dan kental. Sifat-sifat warkabilitasnyapun sedikit berbeda dibandingkan beton dengan pengurangan air yang lebih sedikit. Campuran ini terlihat berwarna agak kecoklatan yang menunjukkan campuran *superplasticizer* terlalu banyak. Walaupun demikian pada saat penuangan pada cetakan sedikit mengalami hambatan karena campuran adukan beton cepat mengeras, hal ini

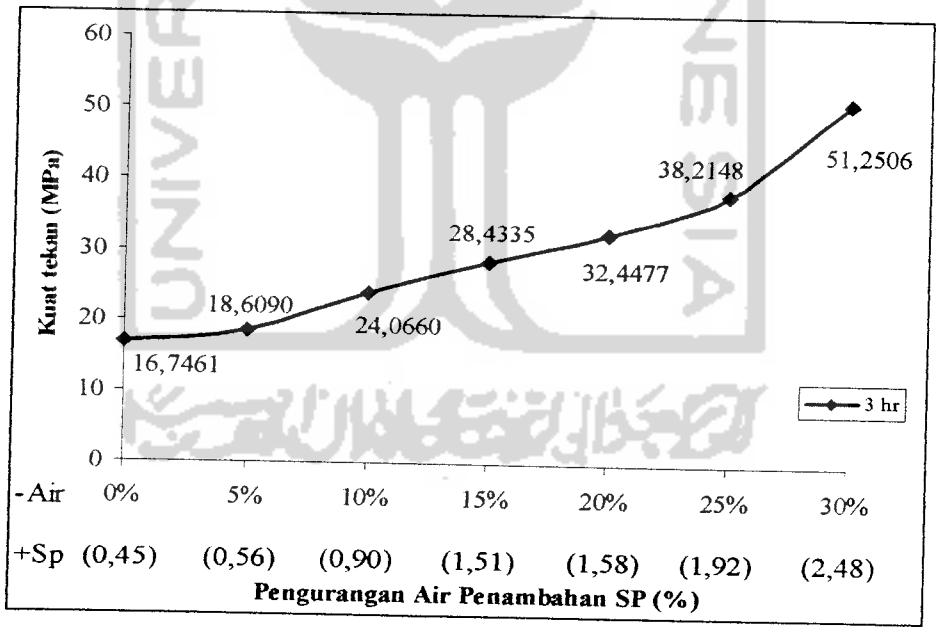
dipengaruhi rendahnya kandungan air walaupun penambahan *superplasticizer* sudah cukup tinggi .Dalam hal ini untuk menghindari cepat mengerasnya beton segar diperlukan pekerjaan yang ekstra cepat pula dalam penuangan. Untuk penambahan *superplasticizer* dilakukan sedikit demi sedikit, karena jika dilakukan langsung dalam jumlah banyak dapat mengakibatkan pengerasan beton dalam waktu yang relatif cepat. Hasil ini sesuai dengan pendapat Ramachandran *(1979)* yang mengatakan bahwa faktor yang mempengaruhi cepat mengerasnya adukan antara lain tipe dan jumlah penambahan *superplasticizer*, tipe dan jumlah kandungan semen, waktu penambahan *superplasticizer*, kelembaban dan temperatur udara, cara pengadukan, dan pemakaian bahan tambah lainnya.

5.4 Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan Superplasticizer terhadap Kuat Tekan

Tujuan utama kajian ini adalah memodifikasi formula beton normal (cara DOE) untuk meningkatkan kuat tekan lebih tinggi dari kuat tekan normal. Modifikasi dilakukan hanya dengan mengurangi kandungan air, dengan asumsi semen yang tersedia mampu mencapai kuat tekan yang lebih tinggi. Kuat tekan beton akan meningkat apabila kandungan air pada campuran bahan beton rendah. Kelebihan jumlah air pada pasta semen akan menghasilkan beton dengan porositas tinggi, kekuatan rendah dan kurang adanya ikatan antara pasta semen dan agregat. Hubungan pengurangan air dan penambahan SP dengan kuat tekan beton mutu 35 MPa umur 3 hari terlihat dari gambar 5.4.1

Tabel 5.4.1 Hubungan pengurangan air dan penambahan SP dengan kuat tekan beton mutu 35 MPa umur 3 hari

Sampel Uji	Variasi		fas	Kuat Tekan (MPa)	Kenaikan Kuat Tekan (%)
	Pengurang-an Air (%)	Penambah-an SP (%)			
BS35-0%	0	0,45	0,40	16,7461	0,000
BS35-5%	5	0,56	0,38	18,609	11,124
BS35-10%	10	0,90	0,36	24,006	43,71
BS35-15%	15	1,51	0,34	28,4335	69,7979
BS35-20%	20	1,58	0,32	32,4477	93,7627
BS35-25%	25	1,92	0,30	38,2148	128,2012
BS35-30%	30	2,48	0,28	51,2056	206,0449



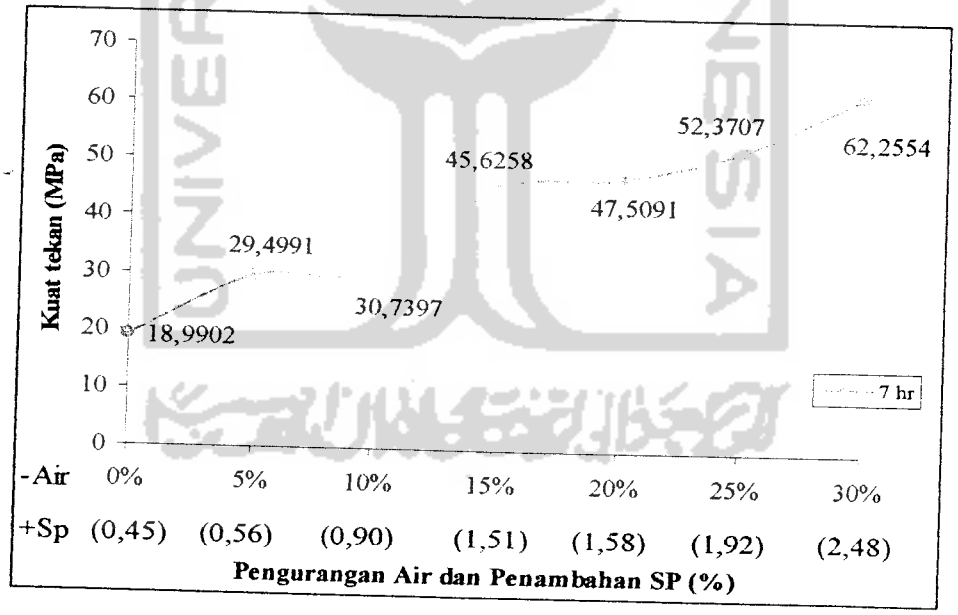
Gambar 5.4.1 Grafik hubungan pengurangan air dan penambahan SP dengan kuat tekan beton mutu 35 MPa umur 3 hari

Terlihat dari data diatas bahwa kuat tekan cenderung meningkat seiring dengan semakin banyak pengurangan airnya. Pada variasi pengurangan air 0% - 5% yakni pada variasi beton B35-0% dan B35-5% peningkatan kuat tekan yang terjadi masih belum begitu terlihat secara signifikan. Peningkatan yang terjadi hanya sekitar 11,124% dari kuat tekan beton normal. Pada variasi pengurangan air 10% hingga 30%, peningkatan kuat tekan sudah mulai terlihat secara jelas. Untuk sampel beton peningkatan kuat tekan sebesar B35-10% adalah 43.71%, B35-15% adalah 69,7979%, B35-20% adalah 93,7627%, B35-25% adalah 128,2017% dan B35-30% adalah 206,0449% dari beton normal. Peningkatan kuat tekan pada sampel beton tersebut sebesar 23% lebih, bahkan pada sampel beton dengan pengurangan air 30% terjadi peningkatan sebesar 206,0449% dari beton normal. Hal ini mungkin terjadi karena pada pengurangan air 5% efek pengurangan air masih belum berpengaruh besar pada peningkatan kuat tekan karena pengurangan kandungan air masih dalam dosis yang cukup kacil. Peningkatan kuat tekan akibat pengurangan air mulai terlihat jelas pada pengurangan air dengan dosis yang tinggi yakni lebih besardari 5%.

Secara keseluruhan pada mutu beton umur 3 hari seiring dengan pengurangan air ini terjadi pula peningkatan kuat tekan beton, presentasi peningkatan yang terjadi adalah rata-rata 34,34% setiap pengurangan air 5% dari beton normal, akan tetapi kuat tekan beton normal belum memenuhi rencana yaitu 35MPa. Ini dikarenakan masih terlalu cepat umur beton untuk diuji kuat tekannya.Grafik peningkatan pada mutu beton umur 3 hari tidak bisa kontinew karna sangat sulitnya menjaga keseragaman agregat sehingga hasil pengujian tidak bisa mendekati maksimal.Dan kurang maksimalnya pada saat pengerjaan pengadukan dan pencetakan beton yang mengakibatkan hasil yang kurang maksimal pula.

Tabel 5.4.2 Hubungan pengurangan air dan penambahan SP dengan kuat tekan beton mutu 35 MPa umur 7 hari

Sampel Uji	Variasi		fas	Kuat Tekan (MPa)	Kenaikan Kuat Tekan (%)
	Pengurang-an Air (%)	Penambah-an SP (%)			
BS35-0%	0	0,45	0,40	18,9902	0,000
BS35-5%	5	0,56	0,38	29,4991	55,3385
BS35-10%	10	0,90	0,36	30,7397	61,8714
BS35-15%	15	1,51	0,34	45,6258	140,2597
BS35-20%	20	1,58	0,32	47,5091	150,1769
BS35-25%	25	1,92	0,30	52,3707	175,7775
BS35-30%	30	2,48	0,28	62,2554	227,8291



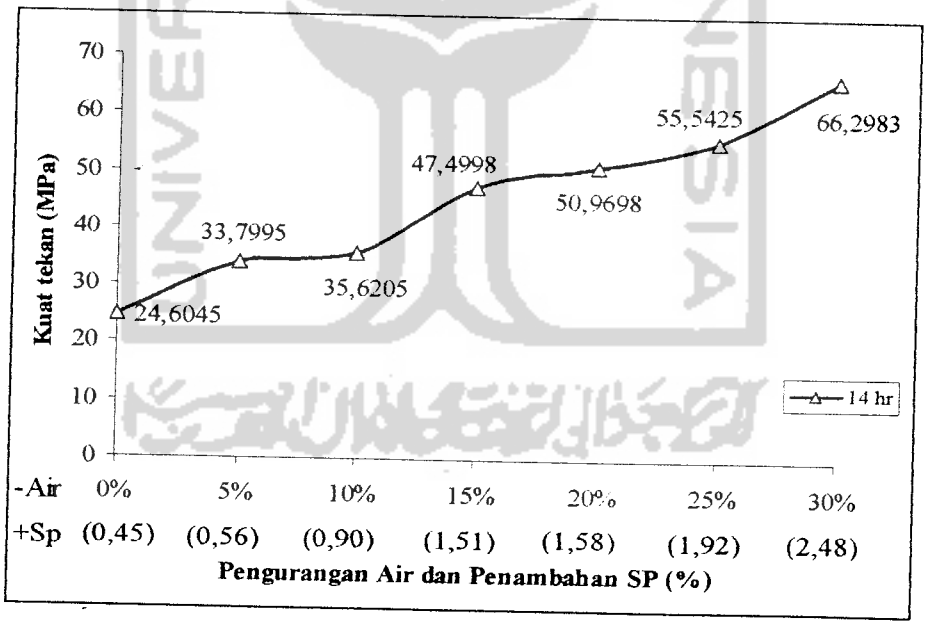
Gambar 5.4.2 Grafik hubungan pengurangan air dan penambahan SP dengan kuat tekan beton mutu 35 MPa umur 7 hari

Terlihat dari data diatas bahwa kuat tekan cenderung meningkat seiring dengan semakin banyak pengurangan airnya. Pada variasi pengurangan air 0% - 10% yakni pada variasi beton B35-0%, B35-5% dan B35-10% peningkatan kuat tekan yang terjadi masih belum begitu terlihat secara signifikan. Peningkatan yang terjadi hanya sekitar 0 sampai 61,8711% dari kuat tekan beton normal. Persentase peningkatan kuat tekan beton untuk variasi B35-5% adalah 55,3385% dan B35-10% adalah 61,8714%. Pada variasi pengurangan air 15% hingga 30%, peningkatan kuat tekan sudah mulai terlihat secara jelas. Untuk sampel beton peningkatan kuat tekan sebesar B35-15% adalah 140,2597%, B35-20% adalah 150,1769%, B35-25% adalah 175,7775% dan B35-30% adalah 227,8291% dari beton normal. Peningkatan kuat tekan pada sampel beton tersebut sebesar 140% lebih, bahkan pada sampel beton dengan pengurangan air 30% terjadi peningkatan sebesar 227,8291% dari beton normal. Hal ini mungkin terjadi karena pada pengurangan air 5%-10%, efek pengurangan air masih belum berpengaruh besar pada peningkatan kuat tekan karena pengurangan kandungan air masih dalam dosis yang cukup kecil. Peningkatan kuat tekan akibat pengurangan air mulai terlihat jelas pada pengurangan air dengan dosis yang tinggi yakni lebih besardari 15%.

Secara keseluruhan pada mutu beton umur 7 hari seiring dengan pengurangan air ini terjadi pula peningkatan kuat tekan beton, presentasi peningkatan yang terjadi adalah rata-rata 37,97% setiap pengurangan air5% dari beton normal, akan tetapi kuat tekan beton normal belum memenuhi rencana yaitu 35MPa. Ini dikarenakan masih terlalu cepat umur beton untuk diuji kuat tekannya. Grafik peningkatan pada mutu beton umur 7 hari tidak bisa kontinew karna sangat sulitnya menjaga keseragaman agregat sehingga hasil pengujian tidak bisa mendekati maksimal.Dan kurang maksimalnya pada saat pengerjaan pengadukan dan pencetakan beton yang mengakibatkan hasil yang kurang maksimal pula.

Tabel 5.4.3 Hubungan pengurangan air dan penambahan SP dengan kuat tekan beton mutu 35 MPa umur 14 hari

Sampel Uji	Variasi		fas	Kuat Tekan (MPa)	Kenaikan Kuat Tekan (%)
	Pengurang-an Air (%)	Penambah-an SP (%)			
BS35-0%	0	0,45	0,40	24,6045	0,000
BS35-5%	5	0,56	0,38	33,7995	37,3712
BS35-10%	10	0,90	0,36	35,6205	44,7712
BS35-15%	15	1,51	0,34	47,4998	93,0533
BS35-20%	20	1,58	0,32	50,9698	107,1564
BS35-25%	25	1,92	0,30	55,5425	125,7412
BS35-30%	30	2,48	0,28	66,2963	169,4478



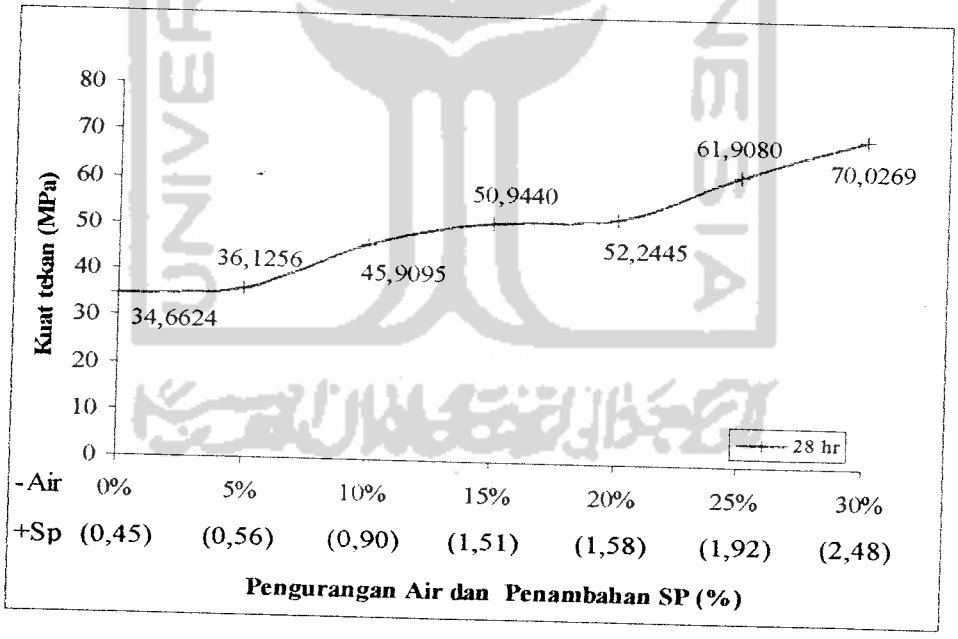
Gambar 5.4.3 Grafik hubungan pengurangan air dan penambahan SP dengan kuat tekan beton mutu 35 MPa umur 14 hari

Terlihat dari data diatas bahwa kuat tekan cenderung meningkat seiring dengan semakin banyak pengurangan airnya. Pada variasi pengurangan air 0% - 10% yakni pada variasi beton B35-0%, B35-5% dan B35-10% peningkatan kuat tekan yang terjadi masih belum begitu terlihat secara signifikan. Peningkatan yang terjadi hanya sekitar 0 sampai 44,7712% dari kuat tekan beton normal. Persentase peningkatan kuat tekan beton untuk variasi B35-5% adalah 37,3712% dan B35-10% adalah 44,7714%. Pada variasi pengurangan air 15% hingga 30%, peningkatan kuat tekan sudah mulai terlihat secara jelas. Untuk sampel beton peningkatan kuat tekan sebesar B35-15% adalah 93,0533%, B35-20% adalah 107,6564%, B35-25% adalah 125,7412% dan B35-30% adalah 169,4478% dari beton normal. Peningkatan kuat tekan pada sampel beton tersebut sebesar 93% lebih, bahkan pada sampel beton dengan pengurangan air 30% terjadi peningkatan sebesar 169,4478% dari beton normal. Hal ini mungkin terjadi karena pada pengurangan air 5%-10%, efek pengurangan air masih belum berpengaruh besar pada peningkatan kuat tekan karena pengurangan kandungan air masih dalam dosis yang cukup kacil. Peningkatan kuat tekan akibat pengurangan air mulai terlihat jelas pada pengurangan air dengan dosis yang tinggi yakni lebih besar dari 15%.

Secara keseluruhan pada mutu beton umur 14 hari seiring dengan pengurangan air ini terjadi pula peningkatan kuat tekan beton, presentasi peningkatan yang terjadi adalah rata-rata 28,2413% setiap pengurangan air 5% dari beton normal, akan tetapi kuat tekan beton normal belum memenuhi rencana yaitu 35MPa. Ini dikarenakan masih terlalu cepat umur beton untuk diuji kuat tekannya. Grafik peningkatan pada mutu beton umur 14 hari tidak bisa kontinew karna sangat sulitnya menjaga keseragaman agregat sehingga hasil pengujian tidak bisa mendekati maksimal.Dan kurang maksimalnya pada saat pengerjaan pengadukan dan pencetakan beton yang mengakibatkan hasil yang kurang maksimal pula.

Tabel 5.4.4 Hubungan pengurangan air dan penambahan SP dengan kuat tekan beton mutu 35 MPa umur28 hari

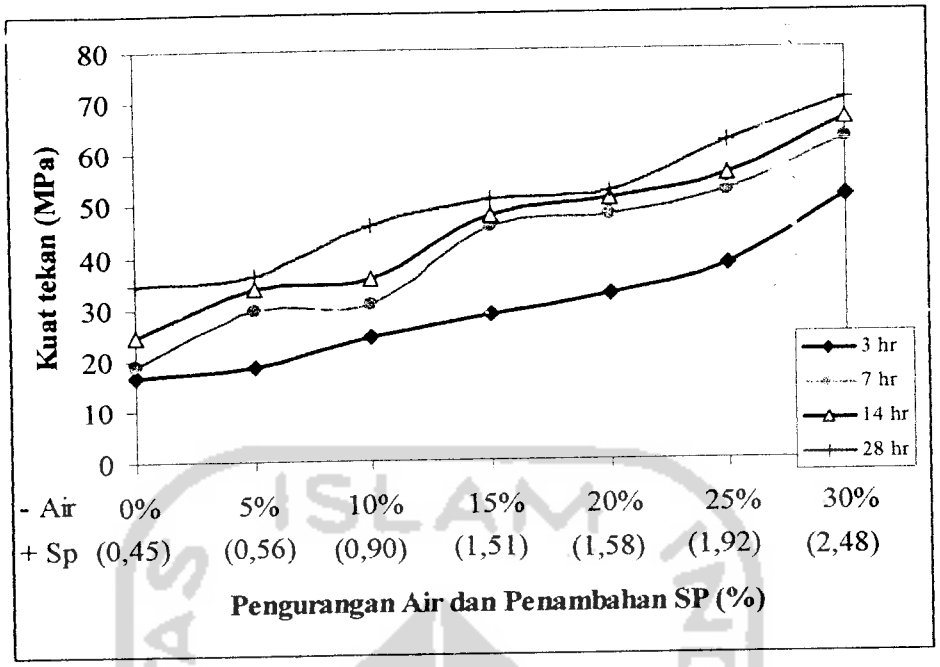
Sampel Uji	Variasi		fas	Kuat Tekan (MPa)	Kenaikan Kuat Tekan (%)
	Pengurang-an Air (%)	Penambah-an SP (%)			
BS35-0%	0	0,45	0,40	34,6624	0,000
BS35-5%	5	0,56	0,38	36,1256	4,2213
BS35-10%	10	0,90	0,36	45,9440	32,4476
BS35-15%	15	1,51	0,34	50,9440	46,9719
BS35-20%	20	1,58	0,32	52,2445	50,7238
BS35-25%	25	1,92	0,30	61,9080	78,6027
BS35-30%	30	2,48	0,28	70,0260	102,0255



Gambar 5.4.4 Grafik hubungan pengurangan air dan penambahan SP dengan kuat tekan beton mutu 35 MPa umur 28 hari

Terlihat dari data diatas bahwa kuat tekan cenderung meningkat seiring dengan semakin banyak pengurangan airnya. Pada variasi pengurangan air 0% - 5% yakni pada variasi beton B35-0% dan B35-5% peningkatan kuat tekan yang terjadi masih belum begitu terlihat secara signifikan. Peningkatan yang terjadi hanya sekitar 0 sampai 4,2212% dari kuat tekan beton normal. Persentase peningkatan kuat tekan beton untuk variasi B35-5% adalah 4,2212% Pada variasi pengurangan air 10% hingga 30%, peningkatan kuat tekan sudah mulai terlihat secara jelas. Untuk sampel beton peningkatan kuat tekan sebesar B35-10% adalah 32,4476%, B35-15% adalah 46,9719%, B35-20% adalah 50,7238%, B35-25% adalah 78,6027% dan B35-30% adalah 102,0255% dari beton normal. Peningkatan kuat tekan pada sampel beton tersebut sebesar 32% lebih, bahkan pada sampel beton dengan pengurangan air 30% terjadi peningkatan sebesar 102,0255% dari beton normal. Hal ini mungkin terjadi karena pada pengurangan air 5%, efek pengurangan air masih belum berpengaruh besar pada peningkatan kuat tekan karena pengurangan kandungan air masih dalam dosis yang cukup kacil. Peningkatan kuat tekan akibat pengurangan air mulai terlihat jelas pada pengurangan air dengan dosis yang tinggi yakni lebih besar dari 10%.

Secara keseluruhan pada mutu beton umur 28 hari seiring dengan pengurangan air ini terjadi pula peningkatan kuat tekan beton, presentasi peningkatan yang terjadi adalah rata-rata 17% setiap pengurangan air 5% dari beton normal, dan kuat tekan beton normal mencapai 34,6624MPa sedangkan f'cr adalah 41,888 MPa . Ini dikarenakan kurang maksimalnya pada saat pengerjaan pengadukan dan pencetakan beton yang mengakibatkan hasil yang kurang maksimal pula. Grafik peningkatan pada mutu beton umur 28 hari tidak bisa kontinew karna sangat sulitnya menjaga keseragaman agregat sehingga hasil pengujian tidak bisa mendekati maksimal.



Gambar 5.4.5 Grafik hubungan pengurangan air dan penambahan SP dengan kuat tekan beton mutu 35 MPa umur 3,7,14, dan 28 hari

Tabel 5.4.5 Tabel peningkatan kuat tekan berdasarkan umur beton.

UMUR	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
3	16,7461	18,609	24,006	28,4335	32,4477	38,2148	51,2056
7	18,9902	29,4991	30,7397	45,6258	47,5091	52,3707	62,2554
14	24,6045	33,7995	35,6205	47,4998	50,9698	55,5425	66,2963
28	34,6624	36,1256	45,9440	50,9440	52,2445	61,9080	70,0260

Tabel 5.4.6 Tabel perbandingan kuat tekan beton pada berbagai umur menurut hasil penelitian dan PBI 1971.

Umur	Menurut PBI 1971	Perbandingan kuat tekan pada berbagai variasi pengurangan air						
		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
3	0,40	0,48	0,52	0,52	0,56	0,62	0,62	0,73
7	0,65	0,55	0,82	0,67	0,90	0,91	0,85	0,89
14	0,88	0,71	0,94	0,78	0,93	0,98	0,90	0,95
28	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Terlihat dari data diatas bahwa kuat tekan cenderung meningkat seiring dengan semakin banyak pengurangan airnya. Secara umum dari umur beton 3 hari ,7 hari ,14 hari dan 28 hari pada variasi pengurangan air 0% -30% yakni pada variasi beton B35-0%-B35-30% peningkatan kuat tekan yang terjadi sudah terlihat secara signifikan.. Persentase peningkatan kuat tekan beton tidak bisa terlihat secara kontinuw ini disebabkan karena mungkin dalam proses pengerjaanya beton segar yang kurang sempurna dan sangat sulitnya menjaga keseragaman bahan yang digunakan dalam pembuatan beton segar. Pada variasi pengurangan air 15% hingga 30%, peningkatan kuat tekan sudah mulai terlihat secara jelas, sedangkan untuk variasi pengurangn air 0% hingga 10% belum keliatan begitu jelas ini disebabkan karena pengurangan air dan penambahan SP masih belum berpengaruh besar pada peningkatan kuat tekan karena pengurangan kandungan air dan penambahan SP masih dalam dosis yang cukup kacil. Peningkatan kuat tekan akibat pengurangan air mulai terlihat jelas pada pengurangan air dengan dosis yang tinggi yakni lebih besardari 15%.

Kuat tekan beton normal hanya mencapai 34,6624 MPa sedangkan f'cr adalah 41,888 MPa . Ini dikarenakan kurang maksimalnya pada saat pengerjaan pengadukan dan pencetakan beton yang mengakibatkan hasil yang kurang maksimal pula.Dan kuat tekan beton maksimal terjadi pada umur 28 hari yaitu 70,0260MPa. Grafik peningkatan pada mutu beton umur 28 hari tidak bisa kontinew karna sangat sulitnya menjaga keseragaman agregat sehingga hasil pengujian tidak bisa mendekati maksimal.Dan kurang maksimalnya pada saat pengerjaan pengadukan dan pencetakan beton yang mengakibatkan hasil yang kurang maksimal pula.

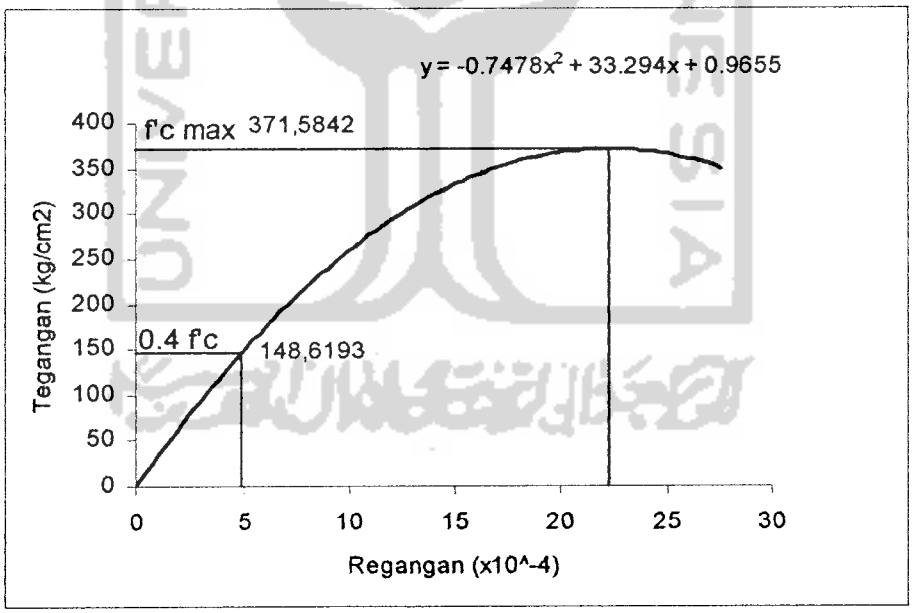
5.5 Analisis Hubungan Tegangan dan Regangan

Dalam penelitian ini pengujian tegangan regangan tidak dilakukan pada seluruh sampel benda uji karena keterbatasan biaya yang tersedia, sehingga hanya diambil satu sampel benda uji setiap variasi pengurangan kandungan air. Setiap bahan akan

agregat kasar batu pecah yang memiliki permukaan kasar akan mengurangi kelemahan tersebut, sehingga dapat meningkatkan kuat tekan dan memperkecil deformasi yang tejadi akibat pembebanan.

Dari grafik hubungan tegangan regangan diatas dapat dilihat bahwa kurva berbentuk lengkung. Hal ini menandakan bahwa nilai regangan tidak berbanding lurus dengan nilai tegangan, dan berarti bahwa beton tidak sepenunya elastis.Dari pengujian tegangan regangan pada sampel beton dengan pegurangan 10 % didapat tegangan maksimum pada 360,3696 kg/cm^2 dan regangan hancurnya sebesar 17,1 x 10^{-4}. Semakin tinggi kekuatan beton maka panjang bagian linier semakin bertambah (Edward G nawy, 1990).Pada kurva tegangan regangan bahwa sampai dengan 40% dari f'c pada umumnya dianggap linier dengan asumsi bahwa regangan yang tejadi selama pembebanan pada dasarnya dianggap elastis.

Dan pada kurva diatas batas linier berada pada tegangan sebesar 144,1478 kg/cm^2 dan besar regangannya adalah 3,8554 x 10^{-4}.

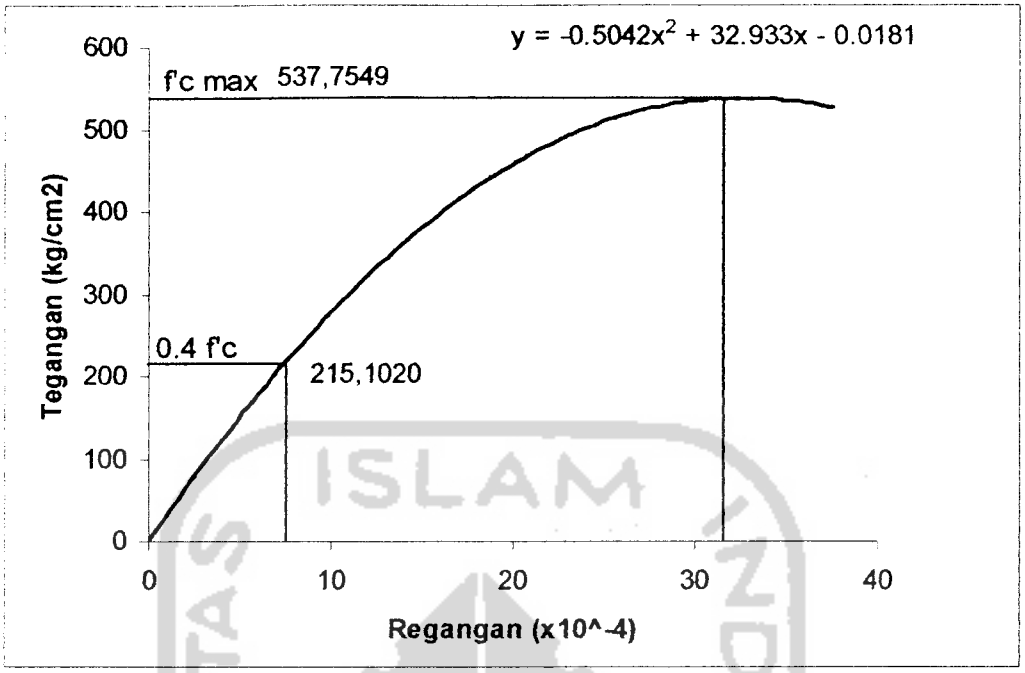


Gambar 5.5.2 Grafik hubungan Tegangan dan Regangan untuk pengurangan air 5%

Grafik tegangan regangan dipengaruhi oleh karakteristik aregat yang digunakan dan faktor pengujian seperti alat uji dan kecepatan pembebanan. Daerah terlemah pada beton adalah daerah antara pasta semen dan agregat kasar. Penggunaan agregat kasar batu pecah yang memiliki permukaan kasar akan mengurangi kelemahan tersebut, sehingga dapat meningkatkan kuat tekan dan memperkecil deformasi yang tejadi akibat pembebanan.

Dari grafik hubungan tegangan regangan diatas dapat dilihat bahwa kurva berbentuk lengkung. Hal ini menandakan bahwa nilai regangan tidak berbanding lurus dengan nilai tegangan, dan berarti bahwa beton tidak sepenunya elastis.Dari pengujian tegangan regangan pada sampel beton dengan pegurangan 5 % didapat tegangan maksimum pada 371,5842 kg/cm^2 dan regangan hancurnya sebesar 22,3 x 10^{-4}. Semakin tinggi kekuatan beton maka panjang bagian linier semakin bertambah (Edward G nawy, 1990).

Pada kurva tegangan regangan bahwa sampai dengan 40% dari f'c pada umumnya dianggap linier dengan asumsi bahwa regangan yang tejadi selama pembebanan pada dasarnya dianggap elastis. Dan pada kurva diatas batas linier berada pada tegangan sebesar 148,6193 kg/cm^2 dan besar regangannya adalah 4,9453 x 10^{-4}.

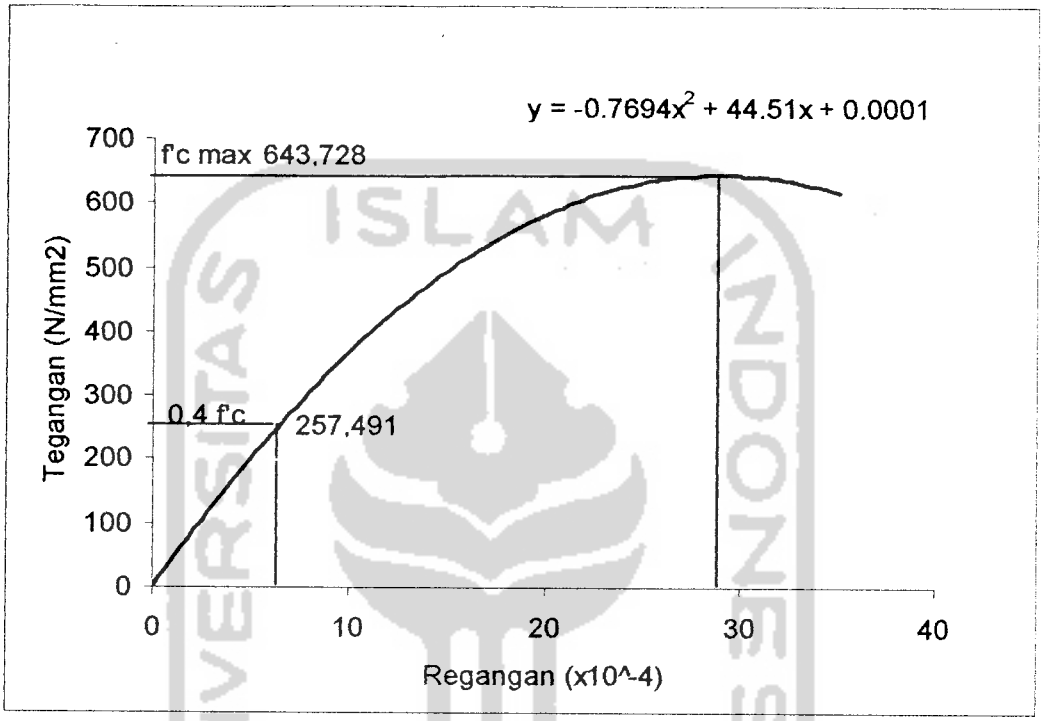


Gambar 5.5.3 Grafik hubungan Tegangan dan Regangan untuk pengurangan air 10%

Grafik tegangan regangan dipengaruhi oleh karakteristik aregat yang digunakan dan faktor pengujian seperti alat uji dan kecepatan pembebanan. Daerah terlemah pada beton adalah daerah antara pasta semen dan agregat kasar. Penggunaan agregat kasar batu pecah yang memiliki permukaan kasar akan mengurangi kelemahan tersebut, sehingga dapat meningkatkan kuat tekan dan memperkecil deformasi yang tejadi akibat pembebanan.

Dari grafik hubungan tegangan regangan diatas dapat dilihat bahwa kurva berbentuk lengkung. Hal ini menandakan bahwa nilai regangan tidak berbanding lurus dengan nilai tegangan, dan berarti bahwa beton tidak sepenunya elastis.Dari pengujian tegangan regangan pada sampel beton dengan pegurangan 0% didapat tegangan maksimum pada 537,7549 kg/cm^2 dan regangan hancurnya sebesar 32,7 x 10^{-4}. Semakin tinggi kekuatan beton maka panjang bagian linier semakin bertambah (Edward G nawy, 1990).

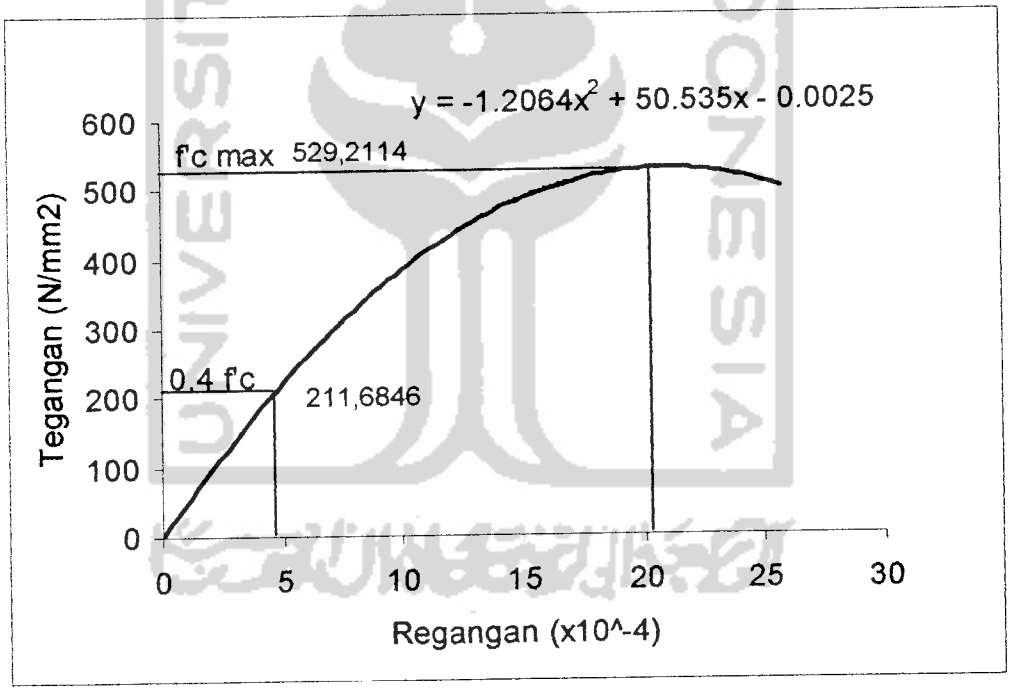
Pada kurva tegangan regangan bahwa sampai dengan 40% dari f'c pada umumnya dianggap linier dengan asumsi bahwa regangan yang tejadi selama pembebanan pada dasarnya dianggap elastis. Dan pada kurva diatas batas linier berada pada tegangan sebesar 215,1020 kg/cm^2 dan besar regangannya adalah 7,3618 x 10^{-4}.



Gambar 5.5.4 Grafik hubungan Tegangan dan Regangan untuk pengurangan air 15%

Grafik tegangan regangan dipengaruhi oleh karakteristik aregat yang digunakan dan faktor pengujian seperti alat uji dan kecepatan pembebanan. Daerah terlemah pada beton adalah daerah antara pasta semen dan agregat kasar. Penggunaan agregat kasar batu pecah yang memiliki permukaan kasar akan mengurangi kelemahan tersebut, sehingga dapat meningkatkan kuat tekan dan memperkecil deformasi yang tejadi akibat pembebanan.

Dari grafik hubungan tegangan regangan diatas dapat dilihat bahwa kurva berbentuk lengkung. Hal ini menandakan bahwa nilai regangan tidak berbanding lurus dengan nilai tegangan, dan berarti bahwa beton tidak sepenunya elastis.Dari pengujian tegangan regangan pada sampel beton dengan pegurangan 15 % didapat tegangan maksimum pada 643,7285 kg/cm^2 dan regangan hancurnya sebesar 28,9 x 10^{-4}. Semakin tinggi kekuatan beton maka panjang bagian linier semakin bertambah (Edward G nawy, 1990).Pada kurva tegangan regangan bahwa sampai dengan 40% dari f'c pada umumnya dianggap linier dengan asumsi bahwa regangan yang tejadi selama pembebanan pada dasarnya dianggap elastis. Dan pada kurva diatas batas linier berada pada tegangan sebesar 257,4914 kg/cm^2 dan besar regangannya adalah 6,52 x 10^{-4}.

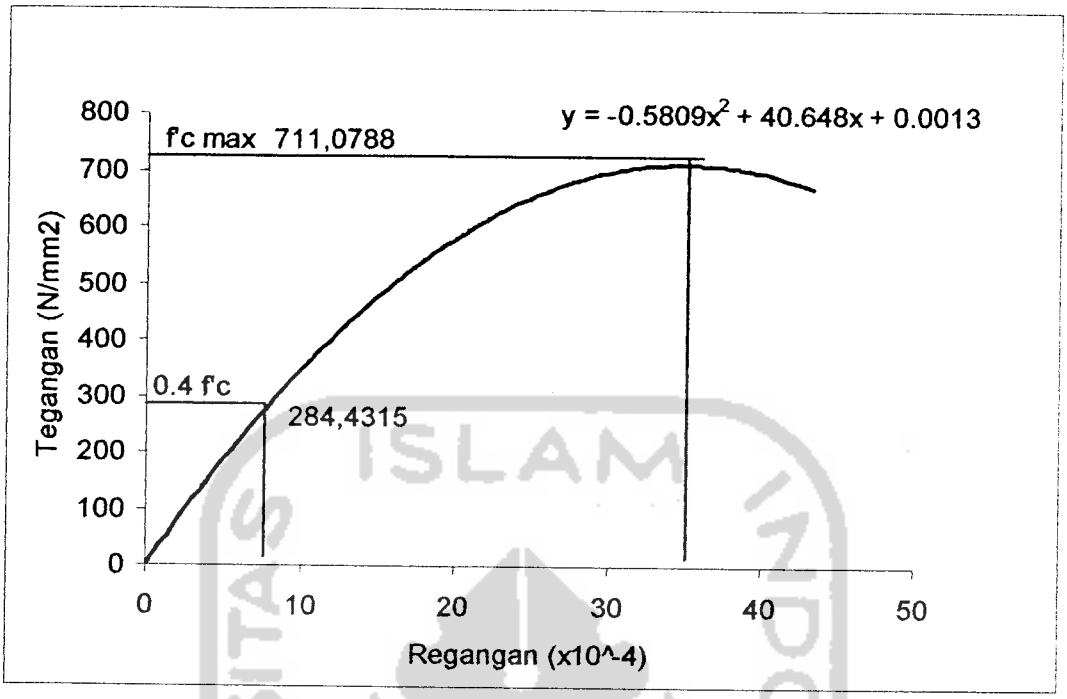


Gambar 5.5.5 Grafik hubungan Tegangan dan Regangan untuk pengurangan air 20%

Grafik tegangan regangan dipengaruhi oleh karakteristik aregat yang digunakan dan faktor pengujian seperti alat uji dan kecepatan pembebanan. Daerah terlemah pada beton adalah daerah antara pasta semen dan agregat kasar. Penggunaan agregat kasar batu pecah yang memiliki permukaan kasar akan mengurangi kelemahan tersebut, sehingga dapat meningkatkan kuat tekan dan memperkecil deformasi yang tejadi akibat pembebanan.

Dari grafik hubungan tegangan regangan diatas dapat dilihat bahwa kurva berbentuk lengkung. Hal ini menandakan bahwa nilai regangan tidak berbanding lurus dengan nilai tegangan, dan berarti bahwa beton tidak sepenunya elastis.Dari pengujian tegangan regangan pada sampel beton dengan pegurangan 20 % didapat tegangan maksimum pada 529,2114 kg/cm^2 dan regangan hancurnya sebesar 20,9 x 10^{-4}. Semakin tinggi kekuatan beton maka panjang bagian linier semakin bertambah (Edward G nawy, 1990).

Pada kurva tegangan regangan bahwa sampai dengan 40% dari f'c pada umumnya dianggap linier dengan asumsi bahwa regangan yang tejadi selama pembebanan pada dasarnya dianggap elastis. Dan pada kurva diatas batas linier berada pada tegangan sebesar 211,6846 kg/cm^2 dan besar regangannya adalah 4,721 x 10^{-4}.



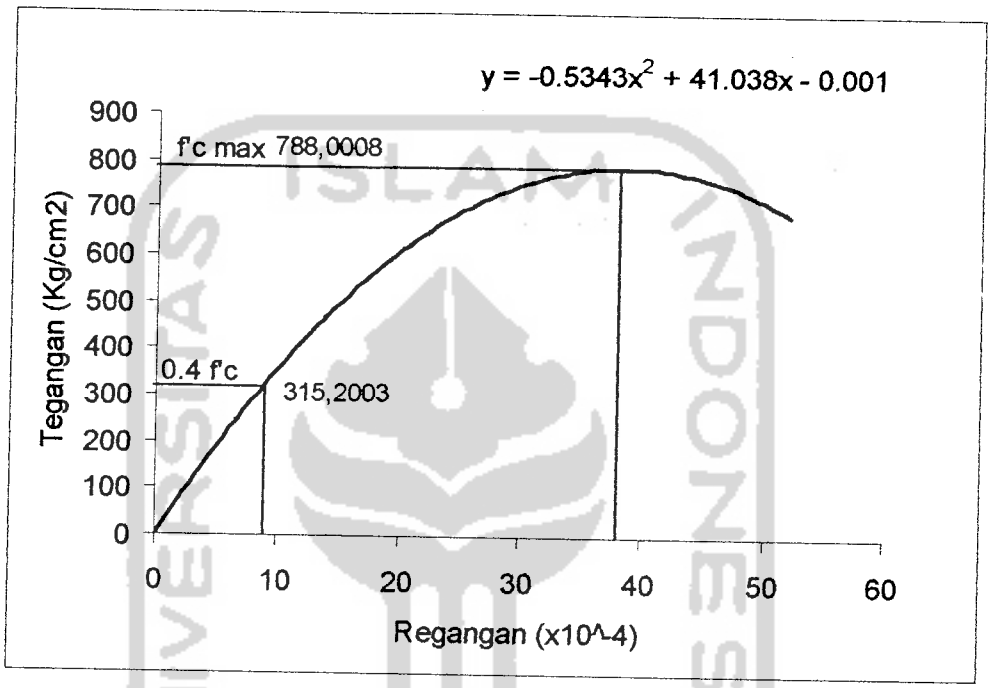
Gambar 5.5.6 Grafik hubungan Tegangan dan Regangan untuk pengurangan air 25%

Grafik tegangan regangan dipengaruhi oleh karakteristik aregat yang digunakan dan faktor pengujian seperti alat uji dan kecepatan pembebanan. Daerah terlemah pada beton adalah daerah antara pasta semen dan agregat kasar. Penggunaan agregat kasar batu pecah yang memiliki permukaan kasar akan mengurangi kelemahan tersebut, sehingga dapat meningkatkan kuat tekan dan memperkecil deformasi yang tejadi akibat pembebanan.

Dari grafik hubungan tegangan regangan diatas dapat dilihat bahwa kurva berbentuk lengkung. Hal ini menandakan bahwa nilai regangan tidak berbanding lurus dengan nilai tegangan, dan berarti bahwa beton tidak sepenunya elastis.Dari pengujian tegangan regangan pada sampel beton dengan pegurangan 25 % didapat tegangan maksimum pada 711,0788 kg/cm^2 dan regangan hancurnya sebesar 35 x

10^{-4}. Semakin tinggi kekuatan beton maka panjang bagian linier semakin bertambah (Edward G nawy, 1990).

Pada kurva tegangan regangan bahwa sampai dengan 40% dari f'c pada umumnya dianggap linier dengan asumsi bahwa regangan yang tejadi selama pembebanan pada dasarnya dianggap elastis. Dan pada kurva diatas batas linier berada pada tegangan sebesar 284,4315 kg/cm^2 dan besar regangannya adalah 7,8862 x 10^{-4}.

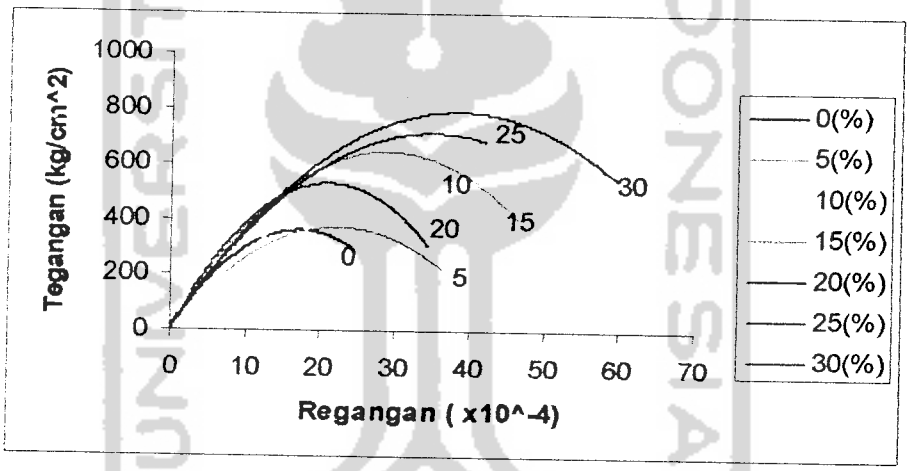


Gambar 5.5.7 Grafik hubungan Tegangan dan Regangan untuk pengurangan air 30%

Grafik tegangan regangan dipengaruhi oleh karakteristik aregat yang digunakan dan faktor pengujian seperti alat uji dan kecepatan pembebanan. Daerah terlemah pada beton adalah daerah antara pasta semen dan agregat kasar. Penggunaan agregat kasar batu pecah yang memiliki permukaan kasar akan mengurangi kelemahan tersebut, sehingga dapat meningkatkan kuat tekan dan memperkecil deformasi yang tejadi akibat pembebanan.

Dari grafik hubungan tegangan regangan diatas dapat dilihat bahwa kurva berbentuk lengkung. Hal ini menandakan bahwa nilai regangan tidak berbanding lurus dengan nilai tegangan, dan berarti bahwa beton tidak sepenunya elastis.Dari pengujian tegangan regangan pada sampel beton dengan pegurangan 25 % didapat tegangan maksimum pada 711,0788 kg/cm^2 dan regangan hancurnya sebesar 35 x 10^{-4}. Semakin tinggi kekuatan beton maka panjang bagian linier semakin bertambah (Edward G nawy, 1990).

Pada kurva tegangan regangan bahwa sampai dengan 40% dari f'c pada umumnya dianggap linier dengan asumsi bahwa regangan yang tejadi selama pembebanan pada dasarnya dianggap elastis. Dan pada kurva diatas batas linier berada pada tegangan sebesar 315,2003 kg/cm^2 dan besar regangannya adalah 8,8656 x 10^{-4}.



Gambar 5.5.8 Grafik hubungan Tegangan dan Regangan untuk pengurangan air 0%,5%,10%,15%,20%,25%, dan 30%

Secara keseluruhan pada mutu beton umur 28 hari seiring dengan pengurangan air setiap 5% dan penambahan SP ini terjadi pula peningkatan tegangan .Air yang berada diantara bagian-bagian semen jumlahnya sedikit dan jarak antara

butiran semen menjadi pendek.(Tri Mulyono 2004).Dengan kondisi ikatan semen akan lebih rapat maka akan mempengaruhi kekuatan beton.

Dari hasil uji tegangan regangan diperoleh tegangan maksimum terjadi pada sampel B35-30% yaitu sebesar 788,0008 kg/cm².Pad variasi ini terjadi penambahan SP sebesar 2,48 % terhadap berat semen. Semakin tinggi kekuatan beton maka panjang bagian linier semakin bertambah (Edward G nawy, 1990).Pada kurva tegangan regangan bahwa sampai dengan 40% dari f'c pada umumnya dianggap linier dengan asumsi bahwa regangan yang tejadi selama pembebanan pada dasarnya dianggap elastis. Dan pada kurva diatas batas linier maksimum berada pada sampel B35-30% tegangan sebesar 315,2003 kg/cm^2 dan besar regangannya adalah 8,8656 x 10^{-4}.Dengan penguranan air sampai 30% maka secara otomatis kelacakan beton segar akan sangat berkurang(ini ditandai dengan nilai *slump* awal hanya 0 cm), dengan di imbangi dengan penambahan SP sebesar 2,48 % terhadap berat semen kelacakan/workabilitiny beton segar menaik (ini ditandai dengan nilai slump akhir sebesar 18,5mm).Kesimpulanya jelas bahwa workabiliti sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton,semakin maksimum pemadatan beton segar yang terjadi semakin maksimum pula hasil kekuatan beto yang dicapai. Dengan penambahan SP, air yang berada diantara bagian-bagian semen jumlahnya sedikit dan jarak antara butiran semen menjadi pendek.(Tri Mulyono 2004).Dengan kondisi ikatan semen akan lebih rapat maka akan mempengaruhi kekuatan beton.

5.6 Modulus Elastis

Modulus elastis modulus elastis adalah kemiringan suatu garis lurus yang menghubungkan itik pusat dengan suatu harga tegangan (sekitar 0,4 f'c), modulus ini memenuhi asumsi praktis bahwa regangan yang terjadi selama pembebanan pada dasarnya dianggap elastis. (Edward G Nawy).Dari modulus elastis ini maka dapat

diketahui seberapa besar kekakuan beton. Data hasil perhitungan Modulus Elastis dapat diketahui dari tabel 5.6.1 berikut ini.

Tabel 5.6.1 Tabel Perhitungan Modulus Elastis Beton

Variasi Beton	Tegangan Max (MPa)	Tegangan. (kg/cm2)	Regangan (10^-4)	Modulus Elastis (kg/cm2)	Modulus Elastis (MPa)	Modulus Elastis SNI(4700√ f'c) (MPa)
B35-0%	52,7538	215,1020	7,3618	292186,6935	28663,51463	34136,9369
B35-5%	36,4524	148,6193	4,9953	297518,2672	29186,54201	28376,6407
B35-10%	35,3517	144,1478	3,8554	373885,4594	36678,16356	27944,9167
B35-15%	63,1497	257,4914	6,5200	394925,4601	38742,18764	37349,3942
B35-20%	51,9156	211,6846	4,7210	448389,3243	43986,99271	33864,6785
B35-25%	69,7568	284,4315	7,8862	360669,9044	35381,71762	39254,6606
B35-30%	77,3029	315,2003	8,6563	364128,2072	35720,97713	41323,3661

Perhitungan Modulus Elastis (Mpa) :

* Modulus Elastis **(Ec)** = $\frac{\sigma}{\varepsilon}$

Keterangan

σ = Tegangan pada 40 % kuat tekan uji (kg/cm^2) (0,4 kuat desak beton)

ε = regangan yang dihasilkan dari tegangan

* Modulus Elastis sesuai SNI :

Modulus Elastis **(Ec)** = $4700\sqrt{f'c}$ (MPa)

Dari tabel 5.5.1 dapat dilihat bahwa dari hasil penelitian modulus elastisitas beton dengan pengurangan air sebesar 0 % (B35-0%) memiliki modulus elastisitas paling rendah dengan nilai 2866,3938 MPa. Hal ini disebabkan oleh besarnya regangan yang terjadi pada saat 40 % tegangan maksimun dan juga bisa terjadi karena

komposisi penambahan SP kurang tepat (SP sangat mempengaruhi workabilitas, jika workabilitasnya rendah maka dalam proses pemadatan kurang maksimal sehinga regangan yang yang terjadi rendah). Modulus elastisitas terbesar terjadi pada sampel dengan variasi pengurangan air 20 % (B35-20% dengan penambahan SP 1,58 %) sebesar 43986,5456 MPa. Hal ini disebabkan oleh dengan pengurangan air sebesar 20 % (B35-20%), penambahan komposisi SP yang hampir mendekati tepat.

Besarnya Modulus Elastis sangat dipengaruhi oleh karakteristi agregat. Daya rekat antara agregat akan mempengaruhi kuat tekan beton tersebut.Modulus Elastis pada beberapa sampel mengalami penurunan ini bisa terjadi karena keseragaman agregat kurang terjaga dan pada proses pengerjaan atau pemadatan beton segar kurang terkontrol.Beton dengan kuat tekan tinggi mempunyai modulus elastis tinggi pula. Pada gambar 5.6.1 dapat dilihat perbandingan antara modulus elastisitas hasil pengujian di laboratorium dengan hasil perhitungan (SNI). Dari perbandingan tersebut menunjukkan bahwa hasil pengujian di laboratorium lebih kecil dari hasil perhitungan (SNI),maka hasil pengijian tidak boleh digunakan sebagai dasar acuan .

BAB V1
KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan tentang ksimpulan dan saran dari hasil penelitian. Penjelasan mengenai hal-hal tersebut akan diuraikan sebagai berikut ini.

6. 1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian laboratorium didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Kelecakan beton segar karakteristiknya dapat dilihat dengan parameter nilai *slump*. Setelah dimodifikasi dengan variasi pengurangan Air dan penambahan SP, nilai *slump* lebih besar dari 150 mm tercapai dimana beton segar tidak terjadi *bleeding* maupun segregasi.
2. Kuat tekan tertinggi sebesar 70,029 MPa terjadi pada umur beton 28 hari untuk pengurangan air 30% dan penambahan SP 2,4812 % dari berat semen.
3. Kuat tekan beton normal dari hasil penelitian hanya mencapai 34,6624 MPa. Sedangkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan (f'cr) adalah 41,888 MPa,Kuat beton normal dari hasil penelitian tidak bisa mencapai f'cr ini disebabkan karena kurang maksimalnya pada saat pengerjaan beton.

6.2 Saran

Dari kesimpulan hasil penelitian, didapatkan beberapa saran yang diharapkan untuk melengkapi penelitian ini maupun yang berguna untuk struktur beton dan dunia teknik sipil yaitu sebagai berikut.

1. Perlu penelitian lebih lanjut guna mencari kadar *superplasticizer* optimum yang mampu memberikan kuat desak beton maksimum.
2. Untuk penambahan *superplasticizer* disarankan agar kadar yang digunakan secara tertatur dan kontinu supaya tercapai hasil yang maksimal.

3. Dalam penelitian berikutnya untuk mendapatkan hasil yang mendekati akurat maka dalam persiapan bahan material dan proses pengerjaanya ini harus diperhatikan kesamaan dan keseragamanya.
4. Dalam proses pengerjaan mencetak beton segar ini harus dikerjakan secara kompak dan cepat, karena jika adukan beton segar dibiarkan terlalu lama maka beton segar akan mengalami pengerasan atau segregasi sebelum pencetakan.

DAFTAR PUSTAKA

Buku Panduan Praktikum Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia, 2004.

Ade Ilham, Syafruddin, Hastoro, 2005, Pengaruh Kandungan Air Dan Penambahan Superplasticizer Pada Komposisi Campuran Beton Kuat Tekan 30 Dan 40 Mpa, Yogyakarta.

Chaiyasena,T, 1992, A Study Of High Strength Concrete Made From Portland Cement Containing Rice Husk Ash, Fly Ash And Superplasticizer. www.library.kku.ac.th/abstract/thesis/meng /se/2535/se 350001e.html

Fitria, H. dan Asna, L.,2003, Tugas Akhir Uji Lab Tinjauan Pemakaian Superplasticizer Pada Beton Mutu Tinggi Terhadap Kuat Desak dan Kadar Optimum, Jurusan teknik Sipil dan Perencanaan UII, Jogjakarta.

Hastoro, P.A, dan Safruddin, P.N., 2005, Tugas Akhir Pengaruh Pengurangan Kandungan Air Dan Penambahan Superplasticizer Pada Komposisi Campuran Beton Kuat Tekan 30 dan 40 MPa, Jurusan teknik Sipil dan Perencanaan UII, Jogjakarta.

Ir. Tri mulyono, MT, 2004, Teknologi Beton, Yogyakarta, ANDI,

Murdock, L.J., K.M.Brook, dan Stephanus Hendarko., 1991, BAHAN PRAKTEK BETON.Jakarta : Erlangga.

Muzamil dan Budiyono, 1997, Tugas Akhir Pengaruh Pemakain Bahan Tambah *"Superplasticizer"* Terhadap Kuat Desak Beton, Jurusan teknik Sipil dan Perencanaan UII, Jogjakarta.

Nawy, E. G., 1990, Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar, Bandung, PT. Eresco.

Ramachandran, V. S, 1979, *Superplasticizer In Concrete*. www.irc.nrc-cnrc.gc.ca/cbd/cbd203.e.html

Tjokrodimulyo,K., 1992, Teknologi Beton. Yogyakarta:Nafiri.

Yuwono, Eko, 1997, Tugas Akhir Pengaruh Bahan-bahan Pemercepat Pengerasan Terhadap Workabilitas dan Kuat Tekan Beton, Jurusan teknik Sipil dan Perencanaan UII, Jogjakarta.

LAMPIRAN I

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERE. AAN
JL.KALIURANG KM.14,4 TELP.895042
EMAIL : FTSP.UII.AC.ID JOGJAKARTA KODE POS 55584

FM-UII-AA-FPU-09

UNTUK MAHASISWA

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	NAMA	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Sutrisno	02 511 130	Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR

Pengaruh Bahan Tambah Superplasticizer (Sikamen NN) Dan Pengurangan Jumlah Air Terhadap Kuat Desak Beton Fc 35 Mpa

PERIODE KE	: I (Sept.06- Pebr.07)
TAHUN TA	: 2006 - 2007
Sampai Akhir Pebruari 2007	

No.	Kegiatan	Bulan Ke : SEP	OKT.	NOP.	DES.	JAN.	PEB.
1	Pendaftaran						
2	Penentuan Dosen Pembimbing						
3	Pembuatan Proposal						
4	Seminar Proposal						
5	Konsultasi Penyusunan TA.						
6	Sidang - Sidang						
7	Pendadaran						

Dosen Pembimbing I : Ade Ilham,Dr,Ir,MT

Dosen Pembimbing II : Ade Ilham,Dr,Ir,MT



Jogjakarta , 28-Sep-06
a.n. Dekan

Ir.H.Faisol AM, MS

Catatan :

Seminar

Sidang

Pendadaran

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JL.KALIURANG KM.14,4 TELP 895042
EMAIL : FTSP.UII.AC.ID JOGJAKARTA KODE POS 55584

UNTUK DOSEN

KARTU PRESENSI KONSULTASI TUGAS AKHIR MAHASISWA

PERIODE KE	: I (Sept.06- Pebr.07)
TAHUN TA	: 2006 - 2007
Sampai Akhir Pebruari 2007	

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Sutrisno	02 511 130	Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR

Pengaruh Bahan Tambah Superplasticizer (Sikamen NN) Dan Pengurangan Jumlah Air Terhadap Kuat Desak Beton Fc 35 Mpa

Dosen Pembimbing I : Ade Ilham,Dr,Ir,MT

Dosen Pembimbing II : Ade Ilham,Dr,Ir,MT



Jog.jakarta ,28-Sep-06
a.n. Dekan

Ir.H.Faisol AM, MS

Catatan :
Seminar :
Sidang :
Pendadaran :

rencana

Menet

Beto

Jenis

Jenis

Ukui

Nilai

Jenis

Menet

Stanc

ksanaan

asi stand

Jika pel

kurang

pengenc

Tabel 1

Ting

(Sumber:

Jika pelak

30 silinde

data dikor

LAMPIRAN 2

Tabel 1.2 Faktor Pengali Deviasi Standar

Jumlah Data	30,0	25,00	20,00	15,00	< 15
Faktor Pengali	1,0	1,03	1,08	1,16	Tidak boleh

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

C. Menghitung nilai tambah Margin (M)

M = K x Sd .....(1.1)

Keterangan :

M = Nilai tambah

K = 1,64

Sd = Standar deviasi

Rumus di atas berlaku jika pelaksana mempunyai data pengalaman pembuatan beton yang diuji kuat tekannya pada umur 28 hari. Jika tidak mempunyai data pengalaman kurang dari 15 benda uji, nilai N langsung diambil 12 Mpa. Standar deviasi nilainya diambil dari tabel 1.1 dengan nilai 4,2 karena pelaksana tidak mempunyai data pengalaman atau mempunyai pengalaman kurang dari 15 benda uji

Maka nilai tambah margin adalah :

M = 1,64 x 4,2 = 6,888 MPa

D. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan

f'cr = f'c + M .....(1.2)

Keterangan :

f'cr = Kuat tekan rata-rata

f'c = Kuat tekan yang disyaratkan

M = Nilai tambah

f'cr = 35 + 6,888 = 41,888 MPa

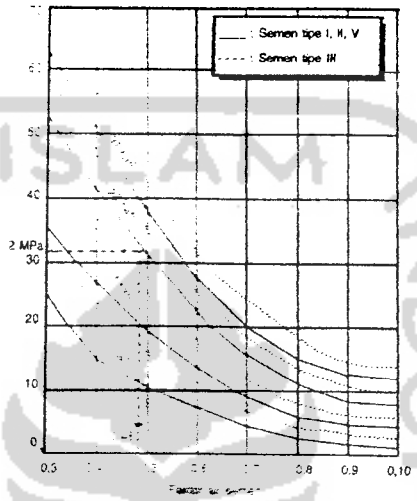
E. Menetapkan Jenis Semen

Jenis semen yang dipakai adalah semen Jenis I, yaitu jenis semen biasa yang cepat mengeras.

F. Menetapkan faktor air-semen

Cara menetapkan faktor air-semen diperoleh dari nilai terendah tiga cara.

Cara pertama : kuat silinder (f'cr = 41,888 MPa) dan pada saat umur beton 28 hari. Jenis semen tipe I atau garis utuh. Caranya tarik garis lurus dan memotong 28 hari didapatkan faktor air-semen, yaitu 0,40. Jadi f.a.s pertama **– 0,40**



Gambar 1.1 Hubungan faktor air-semen dan kuat tekan rata-rata silinder beton (sebagai perkiraan nilai f.a.s)

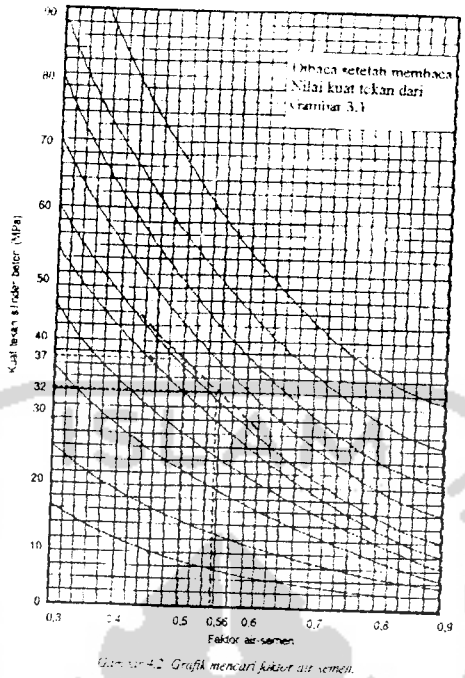
Cara kedua : Diketahui jenis semen I, jenis agregat kasar batu pecah. Kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari maka digunakan tabel dibawah ini.

Tabel 1.3 Perkiraan kuat tekan beton (MPa) dengan faktor air semen 0,50

Jenis Semen	Jenis Agregat kasar (kerikil)	Umur beton (hari)			
		3	7	28	91
I, II, V	Alami	17	23	33	40
	Batu pecah	19	27	**37**	45
III	Alami	21	28	38	44
	Batu pecah	25	33	44	48

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

Dari Tabel diatas diperoleh nilai kuat tekan = 37 MPa, yaitu jenis semen I, kerikil batu pecah pada umur beton 28 hari. Kemudian, dengan faktor air semen 0,5 dan f'cr = 37 MPa, gunakan grafik dibawah ini.



Gambar 4.2 Grafik mencari faktor air semen.

Gambar 1.2 Mencari faktor air semen

Caranya, tarik garis kekanan mendatar 37, tarik garis keatas 0,5 dan berpotongan pada titik A. Buat garis putus-putus dimulai dari titik A ke atas dan ke bawah melengkung seperti garis yang di atas dan di bawahnya. Sekarang dengan f'cr = 41,888 tarik ke kanan memotong garis putus yang dibuat tadi di B dan tarik garis ke bawah maka diperoleh faktor air-semen yang baru yaitu = 0,48. Jadi fas kedua = 0,48

Cara Ketiga : Dengan melihat persyaratan untuk berbagai pembetonan dan lengkungan khusus, beton yang berhubungan dengan air tanah mengandung sulfat untuk beton bertulang terendam air.

Dengan cara ini diperoleh :

a) Untuk pembetonan di dalam ruang bangunan dan keadaan keliling non korosif = 0,6

b) Untuk beton yang berhubungan dengan air tanah, dengan jenis semen tipe I tanpa pozolan untuk tanah mengandung SO_3 antara 0,3 – 1,2, maka fas yang diperoleh = 0,50.

c) Untuk beton bertulang dalam air tawar dan tipe semen I yaitu faktor air-semennya = 0,50

Dari ketiga cara di atas diperoleh masing-masing 0,6; 0,5; dan 0,5 diambil harga yang terendah yaitu 0,5 maka diperoleh faktor air-semennya = 0,5

Tabel 1.4 Persyaratan faktor air semen maksimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus

Jenis pembetonan	f.a.s maksimum
Beton di dalam ruang bangunan :	
- Keadaan keliling non korosif	**0,60**
- Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	0,52
Beton di luar bangunan :	
- Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,55
- Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk kedalam tanah :	
- Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
- Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	Lihat tabel
Beton yang berhubungan dengan air tawar/payau/laut	Lihat tabel

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

Dari ketiga cara diatas, diperoleh masing-masing fas 0,40 ; 0,48; 0,6 maka nilai fas diambil nilai yang terendah yaitu **0,40**

G. Menetapkan nilai Slump

Tabel 1.5 Penetapan nilai slump

Pemakaian Beton	Maksimal	Minimal
Dinding, pelat fondasi dan fondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Fondasi telapak tidak bertulang kaison, dan struktur di bawah tanah	**9,0**	**2,5**
Pelat, balok, kolom, dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

H. Menetapkan kebutuhan air

Untuk menetapkan kebutuhan air per meter kubik digunakan tabel dibawah ini dan dilanjutkan dengan perhitungan :

Tabel 1.6 Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton (liter)

Besar Ukuran maks (mm)	Jenis batuan	Slump			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	**210**	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

Tabel 1.7 Penentuan kebutuhan air berdasarkan agregat

Besar Ukuran maks kerikil (mm)	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	**210**	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

I. Menetapkan kebutuhan semen

Berat semen per meter kubik beton dihitung dengan :

$$\text{Kebutuhan semen} = \frac{W}{C} \quad \text{.....(1.3)}$$

Keterangan :

W = Jumlah air yang dibutuhkan

C = Faktor air-semen maksimum

Kebutuhan semen = $^{210}/_{0,40}$ = **525 kg/m^3**

J. Menetapkan kebutuhan semen minimum

Kebutuhan semen minimum ditetapkan lewat tabel antara lain untuk menghindari beton dari kerusakan akibat lingkungan khusus misalnya lingkungan korotif, air payau dan air laut.

Tabel 1.8 Kebutuhan semen minimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus

Jenis Pembetonan	
Beton di dalam ruang bangunan :	
- Keadaan keliling non korosif	**275**
- Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	
Beton di luar ruang bangunan	
- Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari	325
- Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275
Beton yang masuk ke dalam tanah:	
- Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

Diambil kebutuhan semen dengan nilai terbesar adalah **525 kg/m^3**

K. Menentukan golongan pasir

Golongan pasir ditentukan dengan cara menghitung hasil ayakan hingga dapat ditemukan golongannya.

Dalam SK-SNI-T-15-1990-03 kekasaran pasir dibagi menjadi 4 daerah yaitu

Daerah I = Pasir kasar

Daerah II = Pasir agak kasar

Daerah III = Pasir agak halus

Daerah IV = Pasir halus

Tabel 1.9 Gradasi Pasir

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
48	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,5	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

L. Menentukan perbandingan pasir dan kerikil

Untuk menentukan perbandingan pasir dan kerikil dicari dengan bantuan grafik di bawah ini. Dengan melihat nilai slump yang diinginkan, ukuran butir maksimum, zona pasir, faktor air-semen.

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

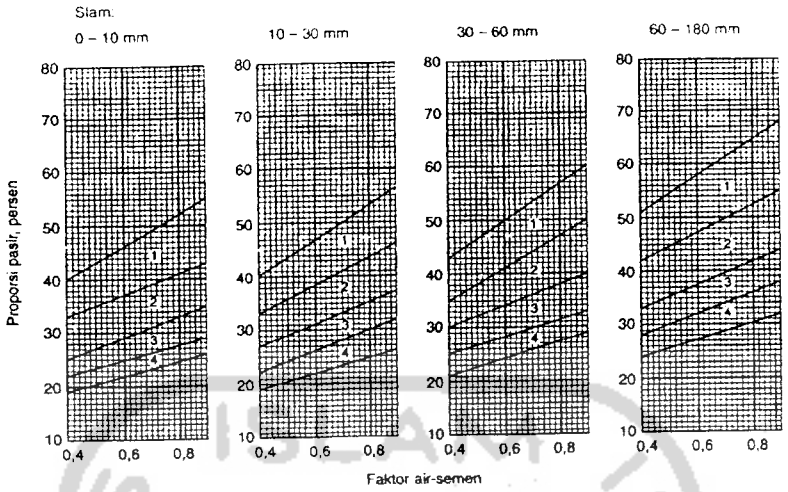
CATATAN KONSULTASI

TAN
TANG

20/2/06 Perbaiki Bab I
28/3/07 Perbaiki Bab II
30/3/07 Perbaiki Bab III
2/4/07 Perbaiki Bab III & Lanjutkan
10/4/07 Perbaikan Bab III & Lanjutkan



12/4/07 ACC
03/05/07 Perbaikan dipublikasikan & pantau
29/5/07 Perbaikan & pantau
Format simpan
01/6/07 Perbaiki, simpan
02/6/07 ACC publikasikan Cetak sidang



Gambar 1.3. Persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 20 mm

Fas = 0,40

Daerah pasir = daerah 2

Slump = 30 – 60 mm

Agregat maksimum = 20 mm

Maka didapat persentase pasir = 35%

persentase kerikil = 65%

M. Menentukan berat jenis campuran pasir dan kerikil

$$\text{Bj campuran} = \frac{P}{100} \text{ x Bj pasir} + \frac{K}{100} \text{ x Bj kerikil} \quad \text{.....(1.4)}$$

Keterangan :

Bj campuran = Berat jenis campuran

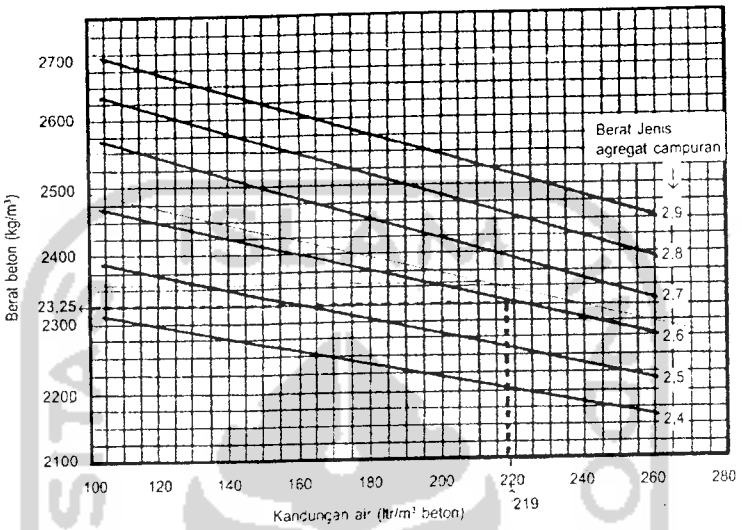
P = Persentase pasir terhadap agregat campuran

K = Persentase kerikil terhadap agregat campuran

$$\text{Bj campuran} = (35/100 \text{ x } 2{,}621) + (65/100 \text{ x } 2{,}643) = \mathbf{2{,}6353\ t/m^3}$$

N. Menentukan Berat Beton

Untuk menentukan berat beton digunakan data berat jenis campuran kebutuhan dan kebutuhan air tiap meter kubik, setelah ada data, kemudian dimasukkan dalam grafik beton di bawah ini



Gambar 1.4 Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran, dan berat beton

Maka didapat berat beton adalah **2355 kg/m^3** dengan cara kebutuhan air

O. Menentukan Kebutuhan Pasir dan Kerikil

Berat pasir + berat kerikil = berat beton – kebutuhan air – kebutuhan semen

= 2355 – 210 – 525 = **1620 kg**

P. Menentukan Kebutuhan Pasir

Kebutuhan pasir = 1620 x 35% = **567 kg**

Q. Menentukan Kebutuhan Kerikil

1620 – 567 = **1053 kg**

Formulir Perancangan Adukan Beton

(Menurut Standar Pekerjaan Umum)

No	Uraian	Jumlah
1	Kuat tekan yang disyaratkan pada umur 28 hari	35 Mpa
2	Deviasi standar	4,2 MPa
3	Nilai tambah	6,88 MPa
4	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan	41.888 MPa
5	Jenis semen	biasa
6	Jenis agregat kasar	batu pecah
7	Faktor air semen	0,40
8	Nilai slump	9 mm
9	Ukuran maksimum agregat	20 mm
10	Kebutuhan Air	210 ltr
11	Kebutuhan semen portland	525 kg
12	Daerah gradasi agregat halus	2
13	Persen berat agregat halus terhadap campuran	35%
14	Berat jenis agregat campuran	2,64 t/m^3
15	Berat jenis beton	2355 kg/m^3
16	Kebutuhan agregat	1620 kg/m^3
17	Kebutuhan agregat halus	567 kg/m^3
18	Kebutuhan agregat kasar	1053 kg/m^3

Kesimpulan

Volume	Berat total	Air	Semen	Ag. halus	Ag. kasar
1 m^3	2355 kg	210 kg	525 kg	567 kg	1053 kg
1 adukan	861.93 kg	76.86 kg	192.15 kg	207.522 kg	385.398 kg

LAMPIRAN HASIL UJI LABORATORIUM

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jln. Kaliurang Km. 14.4 Tlp. (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

LAMPIRAN B-1

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR PASIR

No. / Ka.Ops. / LBKT / / 2006

Penguji : Sutrisno
Ditest tanggal : 22 Juni 2006
Pasir asal : Cangkringan Kaliurang
Keperluan : Tugas Akhir

URAIAN	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rata-rata
Berat Pasir Kering Mutlak, gram (Bk)	474	480	478	477,33
Berat Pasir Kondisi Jenuh Kering Muka, gram	500	500	500	500
Berat Piknometer Berisi Pasir dan Air, gram (Bt)	1142	1147,5	1132	1140,5
Berat Piknometer Berisi Air, gram (B)	831,5	831,5	831,5	831,5
Berat Jenis Curah, gram/cm^3 ..... (1) Bk / (B + 500 - Bt)	2,5013	2,609	2,396	2,502
Berat Jenis Jenuh Kering Muka, gram/cm^3 ... (2) 500 / (B + 500 - Bt)	2,64	2,717	2,506	2,621
Berat Jenis Semu ..... (3) Bk / (B + Bk - Bt)	2,899	2,926	2,693	2,834
Penyerapan Air ..... (4) (500 - Bk) / Bk x 100%	5,485 %	4,167 %	4,603 %	4,752 %

Keterangan :

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, dalam gram

Kesimpulan : berat jenis jenuh kering muka pasir tersebut = 2,621 gr/cm^3

Yogyakarta, Februari 2007

Disahkan

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

Dikerjakan oleh

Sutrisno

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jln. Kaliurang Km. 14,4 Tlp. (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

LAMPIRAN B-2

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR KRICAK/KERIKIL

No. / Ka.Ops. / LBKT / / 2006

Penguji : Sutrisno
Ditest tanggal : 23 Juni 2006
Krikil asal : Clereng Kulonprogo
Keperluan : Tugas Akhir

URAIAN	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rata-rata
Berat Kerikil Kering Mutlak, gram (Bk)	4801	4830	4805	4812
Berat Kerikil Kondisi Jenuh Kering Muka, gram (Bj)	5000	5000	5000	5000
Berat Kerikil Dalam Air, gram (Ba)	3098	3108	3119	3108,33
Berat Jenis curah,.....(1) Bk / (Bj - Ba)	2,524	2,553	2,554	2,544
Berat Jenis jenuh Kering Muka.....(2) Bj / (Bj - Ba)	2,629	2,643	2,658	2,643
Berat Jenis Semu,.....(3) Bk / (Bk - Ba)	2,819	2,805	2,85	2,825
Penyerapan Air,..... (4) (Bj - Bk) / Bk x 100%	4,145 %	3,519 %	4,058 %	3,907 %

Kesimpulan : berat jenis jenuh kering muka agregat tersebut = 2,643 gr/cm^3

Yogyakarta, Februari 2007

Disahkan

LABORATORIUM
UNTUK KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

Dikerjakan oleh

Sutrisno

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jln. Kaliurang Km. 14,4 Tlp. (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

LAMPIRAN B-3

HASIL PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT KASAR
No. / Ka.Ops. / LBKT / / 2006

Penguji : Sutrisno
Ditest tanggal : 22 Juni 2006
Krikil asal : Clereng Kulonprogo
Keperluan : Tugas Akhir

Uraian	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung (W_1), gram	15967	15967
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W_2), gram	31899,67	32868,55
Berat Agregat Bersih (W_3), gram	15932,67	16901,55
Volume Tabung (V), cm^3	10765,32	10765,32
Berat Isi Padat (W_3 / V), gram/cm^3	1,48	1,57

Uraian	Sampel 3	Rata-rata
Berat Tabung (W_1), gram	15967	15967
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W_2), gram	33000	32589,41
Berat Agregat Bersih (W_3), gram	17033	16622,41
Volume Tabung (V), cm^3	10760	10763.52
Berat Isi Padat (W_3 / V), gram/cm^3	1.58	1.54

Yogyakarta, Februari 2007

Disahkan

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

Dikerjakan oleh

Sutrisno

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jln. Kaliurang Km. 14,4 Tlp. (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

LAMPIRAN B-4

DATA MODULUS HALUS BUTIR (MHB) AGREGAT HALUS

No. / Ka.Ops. / LBKT / / 2006

Penguji : Sutrisno
Ditest tanggal : 23 Juni 2006
Pasir asal : Cangkringan Kaliurang
Keperluan : Tugas Akhir

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40.00	0	0	0	100
20.00	0	0	0	100
10.00	0	0	0	100
4.80	23,50	1,175	1,175	98,825
2.40	141	7,05	8,225	91,775
1.20	416,5	20,825	29,05	70,95
0.60	644,50	32,225	61,275	38,725
0.30	407	20,35	81,625	18,375
0.15	209,5	10,475	92,1	7,90
Sisa	158	7,9	0	0
Jumlah	**2000**	**100**	**273,45**	-

Modulus Halus Butir = $\frac{273,45}{100} = 2,7345$

Yogyakarta, Februari 2007

Disahkan

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK FAKULTAS TEKNIK UII

Dikerjakan oleh

Sutrisno

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jln. Kaliurang Km. 14,4 Tlp. (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

LAMPIRAN B-5

GRADASI PASIR

Lubang ayakan (mm)	Persen butir agregat yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,80	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan : Daerah I : Pasir kasar
Daerah II : Pasir agak kasar
Daerah III : Pasir agak halus
Daerah IV : Pasir halus

Hasil analisa ayakan masuk daerah : 2 (dua)

Jenis pasir : agak kasar

Yogyakarta, Februari 2007

Disahkan

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK FAKULTAS TEKNIK UII

Dikerjakan oleh

Sutrisno

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jln. Kaliurang Km. 14,4 Tlp. (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

LAMPIRAN B-6

HASIL PEMERIKSAAN BUTIRAN YANG LEWAT AYAKAN NO.200
(UJI KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR)
No. / Ka.Ops. / LBKT / / 2006

Penguji : Sutrisno
Ditest tanggal : 22 Juni 2006
Krikil asal : Cangkringan Kaliurang
Keperluan : Tugas Akhir

Ukuran butir maksimum	Barat Minimum	Keterangan
Sampai 4,80 mm	500 gram	Pasir
9,60 mm	1000 gram	Kerikil
19,20 mm	1500 gram	Kerikil
38,00 mm	2500 gram	Kerikil

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat agregat kering oven (W_1), gram	500	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W_2), gram	488,5	492	490,25
Berat yang lewat ayakan no. 200, (%) $\{(W_1 - W_2)/ W_1\} \times 100\%$	2,3 %	1,6 %	1,95 %

Menurut Persyaratan Umum Bahan bangunan di Indonesia 1982 (PUBI-1982) berat bagian yang lewat ayakan no. 200 (0,075 mm):

a. Untuk pasir maksimum 5 % (lima persen)
b. Untuk kerikil maksimum 1 % (satu persen)

Yogyakarta, Februari 2007

Disahkan

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

Dikerjakan oleh

Sutrisno

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jln. Kaliurang Km. 14,4 Tlp. (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

LAMPIRAN B-7

HASIL PEMERIKSAAN BUTIRAN YANG LEWAT AYAKAN NO.200
(UJI KANDUNGAN LUMPUR DALAM KERIKIL)
No. / Ka.Ops. / LBKT / / 2006

Penguji : Sutrisno
Ditest tanggal : 22 Juni 2006
Krikil asal : Clereng Kulonprogo
Keperluan : Tugas Akhir

Ukuran butir maksimum	Barat Minimum	Keterangan
Sampai 4,80 mm	500 gram	Pasir
9,60 mm	1000 gram	Kerikil
19,20 mm	1500 gram	Kerikil
38,00 mm	2500 gram	Kerikil

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat agregat kering oven (W_1), gram	500	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W_2), gram	488,5	492	490,25
Berat yang lewat ayakan no. 200, (%) $\{(W_1 - W_2)/ W_1\} \times 100\%$	2,3 %	1,6 %	1,95 %

Menurut Persyaratan Umum Bahan bangunan di Indonesia 1982 (PUBI-1982) berat bagian yang lewat ayakan no. 200 (0,075 mm):

c. Untuk pasir maksimum 5 % (lima persen)
d. Untuk kerikil maksimum 1 % (satu persen)

Yogyakarta, Februari 2007

Disahkan

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

Dikerjakan oleh

Sutrisno

LAMPIRAN 3

Data Kuat Desak Beton Umur 3 hari $f'c$ 35 MPa

0%

Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f'c=P/A$
B35-0%	147	299	12.6	321600	18.9588
	148	296	12.5	282500	16.4295
	147	300	12.7	251900	14.8499
				P max rata-rat **285333.333**	16.7461

5%

Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f'c=P/A$
B35-5%	146	299	12.6	368200	22.0043
	147	300	12.7	261500	15.4158
	146	300	12.6	308000	18.4067
				P max rata-rat **312566.667**	18.609

10%

Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f'c=P/A$
B35-10%	147	302	13	429400	25.3138
	147	301	12.9	406700	23.9756
	147	300	12.8	388600	22.9086
				P max rata-rat **408233.333**	24.066

15%

Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f'c=P/A$
B35-15%	149	300	12.85	415700	23.8527
	149	300	12.94	546600	31.3637
	149	301	13	524300	30.0841
				P max rata-rat **495533.333**	28.4335

20%

Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f'c=P/A$
B35-20%	150	303	13.1	434700	24.6115
	150	302	12.93	620900	35.1536
	151	299	13	672600	37.578
				P max rata-rat **576066.667**	32.4477

25%

Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f'c=P/A$
B35-25%	149	300	13.1	652100	37.4173
	149	299	13	689500	39.5633
	149	301	12.99	656400	37.664
				P max rata-rat **666000**	38.2148

30%

Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f'c=P/A$
B35-30%	149	300	13.1	901600	51.7335
	150	299	13.2	885400	50.1288
	150	300	13.2	916500	51.8896
				P max rata-rat **901166.667**	51.2506

Data Kuat Desak Beton Umur 7 hari $f'c$ 35 MPa

0%

Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f'c$=P/A
B35-0%	148	300	12.8	309500	17.9998
	148	300	13	285900	16.6273
	149	300	12.8	389400	22.3436
			P max rata-rata	**328266.6667**	18.9902

5%

Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f'c$=P/A
B35-5%	145	301	12.8	525100	31.8153
	147	300	12.8	548900	32.3585
	147	300	12.8	412600	24.3234
			P max rata-rata	**495533.3333**	29.4991

10%

Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f'c$=P/A
B35-10%	147	301	13.1	462500	27.2651
	148	300	13	510900	29.7127
	147	301	13	597800	35.2413
			P max rata-rata	**523733.3333**	30.7397

15%

Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f'c$=P/A
B35-15%	147	300	13.1	768000	45.2748
	148	300	13.1	745400	43.3507
	146	300	13.2	807400	48.2518
			P max rata-rata	773600	45.6258

20%

Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f'c$=P/A
B35-20%	147	300	13.3	716700	42.2506
	147	300	13.2	495400	
	147	300	13.1	895100	52.7676
			P max rata-rata	**702400**	47.5091

25%

Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f'c$=P/A
B35-25%	147	300	13.1	939200	55.3674
	146	300	13.1	806100	48.1741
	146	305	13.5	896400	53.5706
			P max rata-rata	**880566.6667**	52.3707

30%

Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f'c$=P/A
B35-30%	147	302	13.2	946800	55.8154
	149	300	13.2	1181000	67.7654
	148	299	13.25	1295000	75.3142
			P max rata-rata	**1140933.333**	66.2983