

TUGAS AKHIR

**PENGARUH BAHAN TAMBAH SUPERPLASTICIZER
(SIKAMENT-NN) TERHADAP KUAT DESAK BETON
f_c 20 MPa DENGAN VARIASI PENGURANGAN AIR**

PERPUSTAKAAN FTSP UH
HADIAH/BELI

TGL. TERIMA : 30 - 11 - 2007

NO. JUDDUL : 2633

5120002633001

2633

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



Di susun oleh :

Nama : AGUNG FAJAR M
No. Mhs : 02 511 180

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2007**

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UH YOGYAKARTA

TUGAS AKHIR
PENGARUH BAHAN TAMBAH *SUPERPLASTICIZER*
(SIKAMENT-NN) TERHADAP KUAT DESAK BETON
 f_c 20 MPa DENGAN VARIASI PENGURANGAN AIR

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



Disusun Oleh :
Agung Fajar M
02.511.180

Disetujui :
Pembimbing :

Ir. Helmy Akbar Bale, MT.

Tanggal :

Ir. Suharvatmo, MT.

Tanggal :

5/7/07

MOTTO

Perduli

Pinter aja mung minteri sesama

Ning pinter ngawicaksanani ing kabehe insani

Sugih aja mung sugihing bandha

Ning sugiha kaselehing ati

Bagus aja mung bagusing sadermo

Ning kasampurnan dikancani kaperduli

Ayu aja mung ayuning rupa

Ning ayu kalengkap padhanging nurani

Kasyukur sedaya ditampi gusti

Ngayogyakarta, Juni 2007

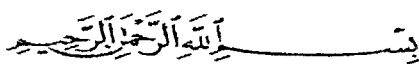


PERSEMBAHAN

Karya ini kupersembahkan tidak untuk siapa-siapa.....



KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum warohmatullahi wabarokatuh

Segala puji hanya bagi Allah, kami memujinya, memohon pertolongan dan ampunan kepadanya. Dengan pertolonganNya kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“PENGARUH PENAMBAHAN SUPERPLASTICIZER TERHADAP KUAT DESAK BETON DENGAN MUTU f_c 20 MPa DENGAN VARIASI PENGURANGAN AIR”**.

Sholawat serta salam tidak lupa kita haturkan pada Nabi Muhammad Sholallohu'alaihi wasallam, keluarga, sahabat dan orang-orang yang istiqomah mengikutinya sampai akhir zaman.

Tugas Akhir merupakan *independent study project* yang harus dikerjakan oleh mahasiswa sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana dari almamaternya. Salah satu mata kuliah ini bertujuan untuk memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk dapat mempelajari dengan lebih mendalam topik yang mereka dapatkan di bangku kuliah, di bawah bimbingan *supervisor* yang memiliki pengetahuan di bidang tersebut.

Kelancaran dalam pembuatan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah 'Azza wa Jalla dan Rosululloh Sholallohu'alaihi wa sallam yang menunjukkan jalan terbaik bagi manusia, yaitu *thariqoh ilal jannah*.
2. Kedua orang tua kami, Mulyono dan Titiek M, adik-adik kami, Ajar M dan Danik P yang senantiasa memberikan dukungan moril dan materiil.
3. Bapak DR. Ade Ilham rohimahulloh selaku dosen pembimbing pertama dan Bapak Ir. Helmy Akbar Bale, MT dan Ir. Suharyatno yang merupakan dosen pembimbing yang menggantikan Bapak DR Ade Ilham rohimahulloh yang telah memberikan bimbingan dalam pembuatan dan

penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih untuk segala motivasi dan bantuannya.

4. Bapak DR. Ir. Ruzardi, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Terima kasih atas kerjasamanya. Mohon maaf bila ada kesalahan.
5. Semua pihak yang telah membantu kami dalam penyusunan tugas akhir ini.

Kami menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun dari rekan-rekan mahasiswa, dosen dan berbagai pihak sangat diharapkan. Semoga Tugas Akhir ini dapat berguna bagi kita semua, amin.

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Jogjakarta, Maret 2007

Penyusun

Agung Fajar M



ABSTRAKS

Berdasarkan komposisi campurannya, beton normal masih mungkin untuk ditingkatkan lagi kinerjanya dengan mengurangi kandungan air dan menambah superplasticizer. Kinerja yang dapat ditingkatkan adalah kelecakan dan kuat tekannya. Pengurangan kandungan air dan penambahan superplasticizer dengan interval 0-30% dari kondisi normal dengan mempertahankan slump lebih besar 150 mm, tanpa terjadi bleeding dan segregation. Mutu beton yang direncanakan 20 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 49,8138 MPa untuk kuat tekan rencana 20 MPa diperoleh pada pengurangan kandungan air 30% dan penambahan superplasticizer 2,3947 % 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 49,8138 MPa dengan modulus elastis sebesar 32619,3543 MPa.

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

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. Batasan Masalah	4
1.5. Manfaat Penelitian	5
BAB II	
TINJAUAN PUSTAKA	6
BAB III	
LANDASAN TEORI	6
3.1 Umum	6
3.2. Materi Penyusun Beton	10
3.2.1 Semen Portland	10
3.2.2 Air	12
3.2.3 Agregat	12
3.2.4 <i>Superplasticizer</i>	15

	3.3 Faktor air semen (f.a.s)	16
	3.4 Slump	17
	3.5 Workability	17
	3.6 Ketentuan Pembuatan Benda Uji	17
	3.7 Perencanaan Campuran Beton	18
	3.8 Kuat Desak	30
	3.9 Tegangan Regangan	30
	3.10 Hipotesis	31
BAB IV	METODE PENELITIAN	32
	4.1 Metode Penelitian	32
	4.2. Persiapan Bahan dan Alat	32
	4.2.1 Pengadaan Bahan	32
	4.2.2. Peralatan Penelitian	32
	4.3 Pemeriksaan Material Yang Akan Digunakan	33
	4.3.1 Pemeriksaan Agregat Halus	33
	4.3.2 Pemeriksaan Agregat Kasar	35
	4.4 Perencanaan <i>Mix Design</i>	37
	4.5 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji	37
	4.6 Pengujian Kuat Desak Benda Uji	38
	4.7 Model dan Jumlah Benda Uji	39
	4.8 Pengolahan Data	40
	4.8.1 Kuat Tekan	40
	4.8.2 Modulus Elastis	40
	4.10 Langkah-langkah Penelitian	42
BAB V	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHSAN	22
	5.1 Umum	22
	5.2 Hasil Uji Laboratorium	43
	5.2.1 Data Awal Perencanaan	43
	5.2.2 Perencanaan Campuran	44

5.3 Pengaruh Pengurangan air dan Penambahan <i>Superplasticizer</i> terhadap workabilitas.....	45
5.4 Pengaruh pengurangan air terhadap Kuat Tekan.....	49
5.5 Hubungan Kuat Tekan dengan Umur Beton.....	64
5.6 Analisis Hubungan Tegangan-Regangan.....	71
5.7 Modulus Elastisitas.....	80
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	83
6.1 Umum	83
6.2 Kesimpulan.....	83
6.3 Saran-Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR SIMBOL



A	=	Luas
D	=	Diameter
f_c	=	Kuat Desak Beton
f_{cr}	=	Kuat Desak Beton rata-rata
k	=	Konstanta (1,64)
L	=	Panjang Silinder
m	=	Nilai Tambah (Margin)
n	=	Jumlah Data
P	=	Beban
S_d	=	Standar Deviasi
FAS	=	Faktor Air Semen
W_a	=	Berat Air
W_s	=	Berat Semen
ε	=	Regangan
σ	=	Tegangan
E_c	=	Modulus Elastisitas
A_h	=	Jumlah air yang dibutuhkan menurut agregat halusnya
A_k	=	Jumlah air yang dibutuhkan menurut agregat kasarnya
B_j	=	Berat Jenis
V	=	Volume
W	=	Berat

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	5
Tabel 3.1	11
Tabel 3.2	18
Tabel 3.3	19
Tabel 3.4	19
Tabel 3.5	22
Tabel 3.6	24
Tabel 3.7	25
Tabel 3.8	26
Tabel 3.9	27
Tabel 4.1	39
Tabel 5.1	46
Tabel 5.2	50
Tabel 5.3	53
Tabel 5.4	54
Tabel 5.5	55
Tabel 5.6	57
Tabel 5.7	59
Tabel 5.8	61
Tabel 5.9	62
Tabel 5.10	71
Tabel 5.11	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1.....	22
Gambar 3.2.....	23
Gambar 3.3.....	28
Gambar 3.4.....	29
Gambar 4.1.....	39
Gambar 5.1.....	48
Gambar 5.2.....	50
Gambar 5.3.....	52
Gambar 5.4.....	53
Gambar 5.5.....	56
Gambar 5.6.....	57
Gambar 5.7.....	59
Gambar 5.8.....	60
Gambar 5.9.....	62
Gambar 5.10.....	64
Gambar 5.11.....	65
Gambar 5.12.....	66
Gambar 5.13.....	67
Gambar 5.14.....	68
Gambar 5.15.....	69
Gambar 5.16.....	70
Gambar 5.17.....	72
Gambar 5.18.....	73
Gambar 5.19.....	74
Gambar 5.20.....	75
Gambar 5.21.....	76
Gambar 5.22.....	77
Gambar 5.23.....	78
Gambar 5.24.....	80

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Konsultasi Tugas Akhir
Lampiran 2	Perencanaan Kebutuhan Beton
Lampiran 3	Data Kuat Tekan
Lampiran 4	Foto Dokumentasi



BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan manfaat penelitian. Penjelasan mengenai hal-hal tersebut diatas akan diuraikan sebagai berikut ini.

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi di bidang konstruksi terutama bangunan yang menggunakan beton tidak lepas dari upaya penciptaan alternatif teknologi yang cukup inovatif untuk memperbaiki mutu beton. Beton merupakan salah satu material struktur bangunan yang banyak digunakan, karena beton mempunyai kelebihan antara lain; kuat desak yang tinggi, tahan terhadap panas, dan lain-lain. Namun masalah yang perlu mendapat perhatian adalah terbatasnya kinerja beton tersebut dalam hal kelecakan (*workability*), kekuatan (*strength*) dan keawetan (*durability*). Kinerja kelecakan beton normal yang ada sekarang dirasa masih belum maksimal. Peningkatan kelecakan sangat tergantung kepada jumlah air, semakin tinggi jumlah air, nilai *slump* juga semakin tinggi, tetapi di sisi lain kandungan semen juga meningkat tinggi, hal ini menyebabkan harga beton menjadi tinggi.

Bahan penyusun beton yang paling umum digunakan di Indonesia adalah semen, pasir, air dan batu pecah (agregat kasar). Dalam campuran beton sedikitnya dibutuhkan air sebanyak 25% dari berat semen dalam proses hidrasi dan selebihnya air dalam campuran beton digunakan sebagai pembentuk fisik beton, yakni dalam hal kelecakan. Semakin banyak air pada campuran beton akan mengakibatkan beton lebih lecek dan mudah dikerjakan. Disisi lain kelebihan jumlah air pada campuran beton akan menghasilkan tingkat porositas tinggi sehingga mengakibatkan kekuatan beton rendah. Dengan asumsi ini maka kekuatan beton dapat ditingkatkan dengan cara pengurangan kandungan air pada

beton. Dengan pengurangan kandungan air ini maka perbandingan berat air dan semen (fas) akan menurun. Dengan turunnya nilai fas memungkinkan beton akan lebih padat, porositas pada beton akan berkurang sehingga kekuatan beton akan naik. Namun disisi lain dengan turunnya nilai fas pada beton mengakibatkan beton akan sulit dikerjakan, dengan kata lain tingkat workabilitas dan kelecakan beton akan turun.

Melihat kajian ini menunjukkan bahwa beton normal masih dapat ditingkatkan kinerjanya dengan memperbaiki kelemahannya, yaitu meningkatkan kelecakan dan kekuatannya. Dengan demikian untuk memperbaiki kinerja beton tersebut, konsep disain/perancangan campuran beton yang ada saat ini dapat dimodifikasi pada salah satu parameter bahannya, yaitu mengurangi jumlah air sekaligus menambahkan bahan tambah kimia yang berfungsi untuk tetap menjaga kelecakan beton.

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton yakni air, semen, dan agregat yang digunakan pada adukan beton, sebelum, segera, atau selama pengadukan beton, tujuannya adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau mengeras. (Kardiyono 1992)

Dalam penelitian ini bahan tambah kimia (*chemical admixture*) yang digunakan adalah *superplasticizer (SP)*. Dengan menggunakan bahan tambah *superplasticizer (SP)* sebagai bahan campur diharapkan mampu mengatasi rendahnya kelecakan. *Superplasticizer* merupakan bahan tambah yang diberikan pada beton baik sebelum pengadukan maupun selama proses pengadukan untuk mendapat beton segar yang lebih *workable* dan bersifat mengalir. *Superplasticizer* sering juga disebut bahan tambah pengurang air dosis tinggi (*high rang water reducer*).

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang menjadi penyebab setiap perubahan kandungan air selalu diikuti perubahan kandungan semen adalah penggunaan fas. Fas memiliki kelemahan dengan sistem perbandingan berat air dan berat semen yang

menyebabkan peningkatan air sebanding dengan peningkatan berat semen. Hal ini yang menyebabkan semen tinggi, terutama jika nilai *fas* rendah dan kandungan air tinggi. Sementara itu untuk meningkatkan kuat tekan bertentangan dengan peningkatan kelecakannya. Jika *fas* dikurangi (mengurangi jumlah air) untuk mendapatkan kuat tekan yang lebih tinggi, maka kelecakannya akan berkurang drastis. Hal ini yang akan menjadi kajian dalam penelitian ini. Untuk itu perlu mendapat jawaban dari beberapa permasalahan di bawah ini,

1. bagaimana menghasilkan beton normal berkinerja tinggi berdasarkan pada metode perancangan yang telah ada,
2. seberapa besar pengurangan jumlah air dan penambahan *superplasticizer* pada campuran beton normal agar dapat menghasilkan kuat tekan yang paling tinggi dengan mempertahankan kelecakan beton segar yang tinggi,
3. seberapa besar penambahan *superplasticizer* untuk menghasilkan kelecakan beton segar lebih besar dari 150 mm tanpa terjadi *bleeding* dan segregasi,
4. seberapa besar penambahan *superplasticizer* untuk menghasilkan kepadatan beton maksimum sehingga menghasilkan kuat tekan maksimum,
5. bagaimana hubungan antara jumlah air, *superplasticizer*, dan kuat tekan beton setelah campuran dimodifikasi.

1.3. Tujuan Penelitian

Perkembangan teknologi beton pada masa depan menuntut kinerja yang tinggi, mudah dalam penanganan, memiliki kekuatan yang diperlukan, dan memiliki tingkat keawetan terhadap berbagai serangan bahan-bahan perusak. Berkaitan dengan hal tersebut, penelitian ini akan melakukan modifikasi terhadap salah satu bahan susun, yaitu air yang diperoleh dari perancangan campuran cara DOE (*Development of Enviromental*) dengan tujuan sebagai berikut:

1. meningkatkan kekuatan beton yang berkaitan dengan pengurangan air dengan tetap menjaga tingkat workabilitasnya,
2. mengetahui kuat tekan beton normal dengan mengurangi jumlah air sampai 30% pengurangan dan menambahkan *superplasticizer* pada kuat tekan 20 MPa dengan beberapa variasi terhadap umur beton 3, 7, 14, dan 28 hari.
3. mengetahui grafik hubungan tegangan regangan beton setelah dilakukan pengurangan air dan penambahan *superplasticizer*,
4. mengetahui nilai modulus elastis beton setelah dilakukan pengurangan air dan penambahan *superplasticizer*.

1.4. Batasan Masalah

Untuk membatasi permasalahan agar tidak terlalu melebar baik pada saat pelaksanaan penelitian maupun pembahasan, maka perlu batasan sebagai berikut:

1. metode disain yang akan dimodifikasi adalah metode DOE (*Department of Environment*),
2. benda uji mempunyai kuat tekan rencana ($f'c$) 20 Mpa,
3. nilai slump asal 0 – 60 mm (sebelum dimodifikasi) akan ditingkatkan menjadi ≥ 150 mm tanpa terjadi *bleeding* dan segregasi,
4. pengurangan air dilakukan secara gradual mulai 5, 10, 15, 20, 25, 30%
5. menggunakan semen jenis I (Standar ASTM)
6. ukuran maksimum agregat kasar 20 mm dari Celereng, Kulonprogo,
7. menggunakan *superplasticizer* (SP) SIKAMENT NN,
8. penambahan SP dilakukan sedikit demi sedikit sampai dicapai slump ≥ 150 mm tanpa terjadi *bleeding* dan segregasi,
9. air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia,
10. penelitian dibatasi pada kuat desak dan grafik tegangan regangan,
11. benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm,

12. pengujian sampel silinder dilakukan pada umur beton 3, 7, 14, dan 28 hari, perawatan benda uji silinder dilakukan dengan cara merendam dalam bak air, dengan cara itu diharapkan hidrasi semen dapat berlangsung dengan baik,
13. pembuatan benda uji dan pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia.
14. Jumlah sampel benda uji

Tabel 1.1. Jumlah sampel beton dengan variasi pengurangan air dan penambahan *superplasticizer*

Variasi Pengurangan air	Uji desak pada umur				Uji tegangan-regangan 28 hari
	3 hari	7 hari	14 hari	28 hari	
0%	3	3	3	5	1
5%	3	3	3	5	1
10%	3	3	3	5	1
15%	3	3	3	5	1
20%	3	3	3	5	1
25%	3	3	3	5	1
30%	3	3	3	5	1
Jumlah	21	21	21	35	7

Catatan : Penambahan *superplasticizer* dilakukan dengan metode coba-coba hingga mencapai nilai *slump* lebih besar dari 150 mm

1.5 Manfaat Penelitian

Sesuai dengan tujuan penelitian ini, maka akan diperoleh beberapa manfaat yang akan dihasilkan dari penelitian ini, yaitu:

1. memperoleh campuran beton yang lebih lecah, lebih tinggi kuat tekannya,
2. memberikan informasi tentang karakteristik beton akibat pengurangan air setiap 5% dan penambahan *superplasticizer* pada beton dengan umur 3, 7, 14 dan 28 hari,
3. mendapatkan nilai-nilai modulus elasis beton.
4. menjadi bahan kajian selanjutnya untuk mengembangkan beton normal kinerja tinggi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menerangkan tentang penelitian-penelitian terdahulu yang pernah dilakukan, yang akan dijabarkan sebagai berikut ini.

2.1. Umum

Beton terbuat dari bahan semen Portland semen, air, agregat (agregat kasar dan halus) dalam proporsi perbandingan tertentu dengan atau tanpa bahan tambah pembentuk massa padat. (SK-SNI T-15-03, 1991).

2.2. Tinjauan Pemakaian *Superplasticizer* Pada Beton Mutu Tinggi Terhadap Kuat Desak Beton (Fitria Hariny dan Asna Luthfiah, 2003).

Dalam penelitian ini terdapat hubungan yang cukup signifikan antara penambahan *superplasticizer* dan kuat desak beton. Pada penambahan *superplasticizer* sampai pada dosis 1,2 % kuat desaknya semakin meningkat dengan presentase peningkatan sebesar 35,16 % kemudian mengalami penurunan kuat desak pada penambahan *superplasticizer* pada dosis 1,4 % sebesar 34,414 %. Dan pada penelitian ini juga didapat kadar optimum pemakaian *superplasticizer* pada perencanaan campuran adukan beton mutu K-500 yaitu sebesar 1,219 %.(Fitria Hariny dan Asna Luthfiah, 2003).

2.3. Pengaruh Bahan-bahan Pernercepat Pengerasan Terhadap Workabilitas dan Kuat Tekan Beton (Eko Yuwono, 1997).

Dalam penelitian ini dipilih empat macam *admixture* dari empat pabrik yang berbeda, yaitu Sikament-NN, Bestmitted, BV special dan Superplastet F dengan fas 0,5 pada dosis minimum masing-masing *admixture* sesuai brosur pabrik berturut-turut yaitu 0,8%; 0,2%; 0,3%. Slump ditentukan pada slump beton normal minimum 50 mm. Material yang dipakai adalah semen Type I dari pabrik semen Gresik, pasir dan kerikil dari sungai Krasak Sleman. Bedanya uji berupa

silinder beton yang berjumlah 80 buah yang dibuat dari 20 adukan dan tiap adukan dibuat 4 benda uji pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan yang ditambahkan seperti yang tertera di atas. Menunjukkan bahwa Sikament NN paling tinggi nilai slumpnya dibanding ketiga merk lain. Pengujian kuat tekan memperlihatkan Bestmittel, BV Special dan Superplastet F memberi percepatan pengerasan sejak hari ketiga dan mencapai kuat tekan beton normal (± 25 Mpa) pada umur beton 14 hari. Peningkatan kuat tekan ketiga *admixture* pada umur beton 28 hari sebesar $\pm 20\%$ dari beton normal, sedang pada Sikament Nnterjadi keenceran yang terlalu tinggi sehingga kuat tidak meningkat dibanding beton normal 25 Mpa. Pada penelitian ini terlihat bahwa Sikament NN lebih berfungsi sebagai *superplasticizer* (meningkatkan slump 310,7% terhadap slump beton normal), sedangkan Bestmittel, BV Special dan Superplastet F sebagai *plasticizer* (meningkatkan slump menjadi 191,1% dan 221,4% terhadap beton normal) dan mempercepat pengerasan beton. Dalam penelitian kali ini penulis tidak meneliti berapa nilai slump yang terjadi tetapi kami sudah menentukan nilai slump sebelumnya. (Eko Yuwono 1997).

2.4. Pengaruh Pemakaian Bahan Tambah "Superplasticizer" Terhadap Kuat Desak Beton (Muzamil dan Budiono, 1997).

Bahan pembentuk beton yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi syarat yang telah ditetapkan, terbukti dari kuat tekan yang dihasilkan bahkan lebih besar. Pemakai bahan tambah merk Merguss FB dapat mengurangi kadar air, namun mempermudah pengerjaan beton karena kelecekan tinggi dan mutu beton semakin tinggi, tetapi bahan tambah ini dapat memperlambat pengerasan terutama pada pemakaian bahan tambah yang persentasenya besar, sehingga pemakaian bahan tambah ini cocok untuk pekerjaan pengecoran yang campurannya tidak dibuat ditempat atau menggunakan "Mixer".

Menurut perbandingan antara PBI 1971 dan hasil pengujian laboratorium dengan menggunakan bahan tambah merk Merguss FB ini didapat kesimpulan antara 0,7% sampai 2,5% pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari memenuhi syarat yang

ditetapkan PBI 1971 dan dapat digunakan dilapangan, sedangkan bahan tambah melebihi 2,5% tidak memenuhi syarat yang telah ditetapkan PBI 1971 atau tidak dapat digunakan dilapangan. (Muzamil dan Budiono, 1997)

2.5 Pengaruh Pengurangan Kandungan Air dan Penambahan *Superplasticizer* Pada Komposisi Campuran Beton Kuat Tekan 30 dan 40 Mpa. (M. Syarifruddin P.N dan Hastoro P.S, 2005)

Dari penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa kuat tekan rata-rata tertinggi sebesar 54 Mpa dicapai oleh kombinasi pengurangan air 30 % dan penambahan SP 1,83 % untuk kuat tekan rencana 30 Mpa. Pada kuat tekan 30 Mpa dan 40 Mpa pengurangan kandungan air 30 % mencapai kuat tekan rata-rata maksimal sebesar 54,7 Mpa dan 51,25 Mpa. Penambahan *superplasticizer* untuk kuat tekan maksimal pada kuat tekan rencana 30 Mpa dan 40 Mpa sebesar 1,83 % dan 1,26 % dari berat semen. Peningkatan kuat tekan rata-rata dari umur 7 hari sampai 28 hari pada kuat tekan rencana 30 Mpa sebesar 20,53 % dan pada kuat tekan rencana 40 Mpa sebesar 12,5 %.

Karakteristik beton segar dapat diketahui workabilitasnya dengan melihat parameter nilai slump dan aliran slump. Nilai slump rencana lebih besar dari 180 mm tercapai dan nilai aliran slump diatas 30 mm. Penambahan *superlasticizer* dengan merk dagang "Sikament-NN" sebesar 3,62 % pada pengurangan air 40 % menyebabkan kuat tekan beton menurun walaupun workabilitasnya tinggi dapat tercapai. Pengurangan air lebih besar dari 30 %, kuat tekan beton cenderung menurun. (M. Syarifruddin P.N dan Hastoro P.S, 2005)

BAB III

LANDASAN TEORI

Pada bab ini berisikan tentang penjelasan-penjelasan mengenai teori-teori yang digunakan, materi penyusun beton, penghitungan kuat desak dan hipotesis.

2.1. Umum

Salah satu material yang banyak digunakan untuk struktur teknik sipil adalah beton. Beton didapat dari campuran semen portland, air dan agregat pada perbandingan tertentu. Sifat-sifat beton tergantung pada sifat-sifat bahan penyusunnya, cara pengadukan, penuangan, pemadatan dan perawatan beton selama proses pengerasannya. Sejalan dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan masyarakat, diupayakan oleh para ahli untuk meningkatkan sifat-sifat beton antara lain : *workability, placebility, strenght, durability, permeability* dan *corrosivity*.

Menurut SK SNI T-15-1991-03, berdasarkan berat volumenya beton dapat digolongkan menjadi tiga golongan sebagai berikut ini.

1. Beton Ringan.

Beton ringan adalah beton yang mempunyai berat volume kurang dari 1900 Kg/m^3 .

2. Beton Normal.

Beton normal adalah beton yang mempunyai berat volume antara 2200 kg/m^3 sampai dengan 2500 kg/m^3 .

3. Beton Berat

Beton berat adalah beton yang mempunyai berat volume lebih besar dari 2500 kg/m^3 .

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture* atau *additive*). Untuk mengetahui dan mempelajari perilaku

elemen gabungan (bahan-bahan penyusun beton), kita perlu mengetahui karakteristik masing-masing komponen. (Nawy. 1985:8).

Untuk memahami karakteristik bahan penyusun campuran beton sebagai dasar perencanaan beton, Departemen Pekerjaan Umum melalui LPMB banyak mempublikasikan standar-standar yang berlaku. DPU-LPMB memberikan definisi tentang beton sebagai campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan membentuk massa padat (SK.SNI T-15-1990-03:1)

2.2. Materi Penyusun Beton

Beton adalah suatu bahan elemen struktur yang memiliki karakteristik spesifik yaitu kuat desaknya yang tinggi yang terdiri dari beberapa bahan penyusun sebagai berikut ini.

2.2.1. Semen Portland

Semen Portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. 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. 1985:9).

Bagian utama bahan pembentuk semen dan merupakan unsur terpenting dalam menentukan kekuatan beton adalah :

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1. dikalsium silikat (C_2S) | $2 CaO \cdot SiO_2$ |
| 2. trikalsium silikat (C_3S) | $3 CaO \cdot SiO_2$ |
| 3. trikalsium aluminat (C_3A) | $3 CaO \cdot Al_2O_3$, dan |
| 4. tetrakalsium aluminatferit (C_4AF) | $4 CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ |

Peraturan Beton 1989 dalam ulasanya dihalaman 1, membagi semen portland menjadi 5 jenis. (SK.SNI T-1990-03:2) yaitu:

1. Jenis I : Semen Portland untuk penggunaannya umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya.
2. Jenis II : Semen Portland dalam penggunaannya memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang.

3. Jenis III : Semen Portland yang penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV : Semen Portland dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
5. Jenis V : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Komposisi kimia dari kelima jenis semen tersebut dapat dilihat pada tabel 3.1. (Nawy.1985:11).

Tabel 3.1 persentase Komposisi Semen Portland

	Komposisi dalam persen (%)							
	C3S	C2S	C3A	C4AF	CaSO ₄	CaO	MgO	
Tipe I, Normal	49	25	12	8	2.9	0.8	2.4	Semen untuk semua tujuan
Tipe II, Modifikasi	46	29	6	12	2.8	0.6	3	Relatif sedikit pelepasan panas, digunakan untuk struktur besar.
Tipe III, Kekuatan awal tinggi	56	15	12	12	3.9	1.4	2.6	Mencapai kekuatan awal yang tinggi pada umur 3 hari
Tipe IV, Panas hidrasi rendah	30	46	5	13	2.9	0.3	2.7	Dipakai pada bendungan beton
Tipe V, Tahan sulfat	43	36	4	12	2.7	0.4	1.6	Dipakai pada saluran yang diekspos terhadap sulfat.

Sumber: Nawy.1985:11

Dalam penelitian ini dipakai semen Portland tipe I merk Gresik. Semen tipe ini dapat dikatakan yang paling banyak dimanfaatkan untuk bangunan dan tidak membutuhkan persyaratan khusus.

2.2.2. Air

Air merupakan bahan yang penting dalam pembuatan beton, karena air diperlukan untuk bereaksi dengan semen. Selain itu air berguna untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan. Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap berat total campuran yang penting, tetapi justru perbandingan air dengan semen atau yang biasa disebut Faktor Air Semen (*water cement ratio*). Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton. (Tri Mulyono.2003:51).

Air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garaman, bahan-bahan organis, atau bahan-bahan lain yang merusakkan beton atau baja tulangan. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. (Tri Mulyono.2003:51).

Dalam pemakaian air untuk beton ini sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut: (Kardiyono Tjokrodimulyo.1992).

1. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan lainnya) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0.5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

2.2.3. Agregat

Agregat ialah butiran partikel mineral yang digunakan bersama-sama semen untuk membentuk beton. Karena menempati kurang lebih 70% volume beton, maka pemilihan agregat sangat penting dalam pembuatan beton.

Menurut ukurannya, agregat dapat dibedakan menjadi 2, yaitu agregat halus dan agregat kasar, sebagaimana penjelasan berikut ini.

1. Agregat halus

Agregat yang berukuran lebih kecil dari 4,8 mm, sering disebut sebagai pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh dari sungai atau tanah galian, atau dari hasil pemecahan batu.

2. Agregat kasar

Agregat yang berukuran lebih dari 4,8 mm, sering disebut kerikil, batu pecah atau split. Menurut sumber asal batuan, agregat dapat dibedakan menjadi 2, yaitu agregat alami dan agregat buatan, sebagaimana penjelasan berikut ini.

1. Agregat alami

Agregat alami diperoleh dari sumber daya alam yang telah mengalami pengecilan baik secara alami atau dengan mesin pemecah batu. Batu bentonit termasuk agregat alami yang didapat dari penambang di alam dan dipecah dalam ukuran tertentu.

Agregat halus alami dibedakan menjadi 3 macam meliputi sebagai berikut ini :

- a. Pasir galian, diperoleh dari permukaan tanah atau dengan cara menggali sampai kedalaman tertentu. Pasir ini bertekstur tajam, bersudut, berpori, bebas kandungan garam, tetapi biasanya kotor oleh tanah.
- b. Pasir sungai, diperoleh dari dasar sungai, berbentuk bulat dan berbutir halus.
- c. Pasir laut, diperoleh dari pantai, biasanya butirannya halus dan bulat. Pasir ini banyak mengandung garam yang akan menyerap air.

2. Agregat buatan

Agregat buatan biasanya dibuat dari pecahan bata/genteng atau kerak tanur tinggi (*blast furnace slag*).

Sifat-sifat agregat sangat berpengaruh terhadap mutu campuran beton. Untuk menghasilkan kekuatan beton seperti yang diinginkan, sifat-sifat ini harus diketahui dan dipelajari agar kita dapat mengambil tindakan positif dalam mengatasi masalah-masalah yang akan timbul. (Tri Mulyono, 2003:88).

Agregat yang digunakan di Indonesia harus memenuhi standar SII.0052-80, "Mutu dan Cara Uji Agregat Beton" dan dalam hal-hal yang tidak termuat dalam SII.0052-80 maka agregat tersebut harus memenuhi syarat dan ketentuan yang ditentukan oleh ASTM C-33-82, "*Standard Specification for Concrete Aggregates*". (Ulasar PB, 1989: 14).

Beberapa sifat agregat yang berpengaruh terhadap kekuatan beton antara lain :

1. Serapan Air

Serapan air dihitung dari banyaknya air yang mampu diserap oleh agregat pada kondisi jenuh permukaan (JPK) atau *saturated surface dry* (SSD).

2. Kadar Air

Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam suatu agregat.

Kadar air dapat dibedakan menjadi empat :

- (1) Kadar air kering tungku
- (2) Kadar air kering udara
- (3) Jenuh Kering Permukaan (JPK)
- (4) Kondisi basah

3. Berat Jenis dan Daya Serap Agregat

Berat jenis agregat digunakan untuk menentukan volume beton yang diisi oleh agregat. Hubungan antara berat jenis dengan daya serap adalah jika semakin tinggi nilai berat jenis agregat maka semakin kecil daya serap air agregat tersebut. (Tri Mulyono, 2003: 90).

4. Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi dari ukuran agregat. Distribusi ini bervariasi dapat dibedakan menjadi tiga yaitu gradasi sela (*gap grade*), gradasi menerus (*continous grade*) dan gradasi seragam (*uniform grade*).

5. Modulus Halus Butir

Modulus halus butir (*finnes modulus*) atau biasa disingkat MHB ialah indek yang dipakai untuk mengukur kehalusan atau kaksaran butir-

butir agregat. Makin besar nilai MHB suatu agregat berarti semakin besar butiran agregatnya. Umumnya agregat halus mempunyai MHB sekitar 1,50-3,8 dan kerikil mempunyai nilai MHB 5-8. (Tri Mulyono, 2003:90).

2.2.4. Superplasticizer

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 workabilitas yang sama. (L.J Murdock dan K.M Brook, 1999).

Dalam penelitian ini digunakan bahan tambah jenis *Superplasticizer* merk SIKAMENT-NN yang diproduksi oleh PT. Sika Nusantara Pratama. Dalam Eko Yuwono, 1997 Sika Nusa Pratama menerangkan bahwa biasanya bahan dasar dari produk ini adalah modifikasi garam-garam *lignosulfanate* dan berisi pula kalsium klorida. Garam-garam *lignosulfanate* bekerja pada permukaan dan memaksa proses *deflocurasi* dari semen.

Secara umum, partikel semen dalam air cenderung untuk berkoehesi antara satu sama lain dan partikel semen akan menggumpal. Dengan menambah *superlasticizer*, partikel semen ini akan saling melepaskan diri dan terdispresi, selain itu *superlasticizer* juga mempunyai beberapa keistimewaan antara lain :

1. Menghasilkan beton yang mengalir tanpa terjadinya pemisahan yang tidak diinginkan antara agregat dengan pasta semen.
2. Dapat meningkatkan kekuatan beton dengan pengurangan kadar air.
3. Meningkatkan workability
4. Sedikit masalah terhadap sifat retardasi.

Adanya retardasi terhadap dispersing agent adalah hal yang tidak diinginkan karena hal itu berarti panjangnya waktu untuk menunggu campuran beton untuk mencapai pengerasan.

5. Tidak adanya udara yang masuk.

Penambahan 1% udara kesalam campuran beton dapat menyebabkan pengurangan sirenght rata-rata 6 %. Untuk memperoleh kekuatan yang tinggi, diharapkan daat menjaga air content didalam beton serendah mungkin. Dengan menggunakan *superplasticizer* memungkinkan sedikit bahkan tidak ada udara yang masuk kedalam.

Karena mempunyai sifat yang “mengalir” kepada beton ini berguna untuk percetakan beton ditempat-tempat yang sulit, seperti tempat yang terdapat penulangan padat. (*L.J Murdock dan K.M Brook, 1999*).

Karena pengaruh dari workabilitas yang tinggi berakhir hanya sekitar 30 sampai 60 menit, tergantung pada suhu, setelah penambahan *superplasticizer* pada beton, maka perlu agar beton dicetak tanpa suatu penundaan wakt.u. kontrol dari dosis juga penting karena kelebihan dosis akan menjadikan beton terlalu encer sehingga terjadi pemisahan butir terllu banyak. Penggunaan *superplasticizer* membutuhkan tingkatan kontrol yang sangat tinggi terhadap penakaran bahan beton, terutama airnya, karena bila *superplasticizer* ditambahkan pada saat workabilitas yang tidak tepat, maka aliran yang berlebihan dan segradasi (pemisahan butir) akan terjadi. (*L.J Murdock dan K.M Brook, 1999*).

2.3. Faktor Air Semen (fas)

Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai fas, semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai fas yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Ada batas-batas dalam hal ini. Nilai fas yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun.. (*Tri Mulyono, 2003*).

Kenaikan faktor air-semen mempunyai pengaruh sebaliknya terhadap sifat-sifat beton, sperti permeabilitas (sifat kedap air), ketahanan terhadap gaya frost (pembekuan pada musim dingin) dan pengaruh cuaca, ketahanan terhadap abrasi, kekuatan tarik, rayapan, modulus rupture robek, dan penyusutan. (*L.J Murdock dan K.M Brook, 1999*).

Dapat disimpulkan bahwa hampir untuk semua tujuan, beton yang mempunyai fas minimal dan cukup untuk memberikan workabilitas tertentu yang dibutuhkan untuk pemadatan yang sempurna tanpa pekerjaan pemadatan yang berlebihan, merupakan beton yang terbaik.

2.4. Slump

Slump merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton, hal ini berkaitan dengan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*). Makin tinggi nilai slump berarti semakin cair adukan beton tersebut, sehingga adukan beton semakin mudah dikerjakan. Nilai slump lebih ditentukan oleh jumlah air dalam adukan, sehingga variasi hanya terjadi pada jumlah semen dan agregat saja, bila nilai slump sama akan tetapi nilai fas-nya berubah maka beton akan mempunyai kekuatan yang lebih tinggi. (*Kardiyono Tjokrodimulyo.1992*).

2.5. Workabilitas

Istilah workabilitas sulit untuk didefinisikan dengan tepat, dan Newman mengusulkan agar didefinisikan pada sekurang-kurangnya tiga buah butir yang terpisah (*L.J Murdock dan K.M Brook,1999*).

1. Kompakabilitas, atau keudahan dimana beton dapat dipadatkan dan rongga-rongga udara diambil.
2. Mobilitas, atau kemudahan dimana beton dapat mengalir kedalam cetakan disekitar baja dan dituang kembali.
3. Stabilitas, atau kemampuan beton untuk tetap sebagai massa yang homogen; kohern dan stabil selama dikerjakan dan digetarkan tanpa terjadi gregasi/pemisahan butiran dari bahan-bahan utamanya.

2.6. Ketentuan Pembuatan Benda Uji menurut SK.SNI M-14-1989-F

Ketentuan menurut SK.SNI M-14-1989-F merupakan penyempurnaan dari ketentuan PBI 1971. Ketentuan menurut SK.SNI M-14-1989-F yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini antara lain :

1. Benda uji standar berupa silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Benda uji selain silinder sebagai alternative yang memberikan kuat tekan yang berbeda dibutuhkan faktor konversi seperti pada tabel 3.2 berikut ini :

Tabel 3.2 Angka Konversi Benda Uji Beton

Benda Uji	Faktor Konversi
Silinder 150 x 300 mm	1.00
Kubus 150 x 150 mm	0.80
Kubus 150 x 150 mm	0.83

2. Hasil pemeriksaan diambil nilai rata-rata dari minimal 2 buah benda uji.

2.1. Perencanaan Campuran Beton

Dalam penelitian kali ini kami menggunakan metode "*the British Mix Design Methode*" atau lebih dikenal di Indonesia dengan cara DOE (*Departement of Environment*). Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :

- a. Menetapkan kuat tekan betn yang disyaratkan pada 28 hari ($f'c$).

Kuat tekan beton ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan strukturnya dan kondisi setempat dilapangan. Kuat beton yang disyaratkan adalah kuat tekan beton dengan kemungkinan lebih rendah hanya 5 % saja dari nilai tersebut.

- b. Menetapkan nilai standar deviasi (sd)

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

1) Jika pelaksana tidak mempunyai data pengalaman atau mempunyai pengalaman kurang dari 15 buah benda uji, maka nilai deviasi standar diambil dari tingkat pengendalian mutu pekerjaan seperti tabel 3.3 dibawah ini.

Tabel 3.3 Tingkat pengendalian pekerjaan

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	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)

2) Jika pelaksana mempunyai data pengalaman pembuatan beton serupa minimal 30 buah silinder yang diuji kuat tekan rata – ratanya pada umur 28 hari, maka jumlah data dikoreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali (tabel 3.4)

Tabel 3.4 Faktor Pengendali Deviasi Standar

Jumlah Data	30,00	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)

$$M = K \cdot S_d \quad (3.1)$$

Keterangan :

M = nilai tambah

K = 1,64

S_d = standar deviasi

Rumus diatas berlaku jika pelaksana mempunyai pengalaman pembuatan beton yang diuji kuat tekannya pada umur 28 hari. Jika tidak mempunyai data pengalaman pembuatan beton atau mempunyai pengalaman kurang dari 15 benda uji, nilai M langsung diambil 12 Mpa.

d. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan.

Rumusnya: $f'_{cr} = f'_c + M \quad (3.2)$

Keterangan : f'_{cr} = kuat tekan rata - rata

f'_c = kuat tekan yang disyaratkan

M = nilai tambah

e. Menetapkan jenis semen.

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland di Indonesia dibagi menjadi 5 jenis.

1). Jenis I, yaitu jenis semen biasa yang cepat mengeras.

2). Jenis II, yaitu jenis semen yang taham terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.

- 3). Jenis III, yaitu jenis semen untuk struktur yang menuntut kekuatan yang tinggi atau cepat mengeras,
- 4). Jenis IV, yaitu jenis semen untuk struktur yang menuntut panas hidrasi rendah,
- 5). Jenis V, yaitu jenis semen yang sangat tahan terhadap sulfat.

f. Menetapkan jenis agregat (pasir dan kerikil)

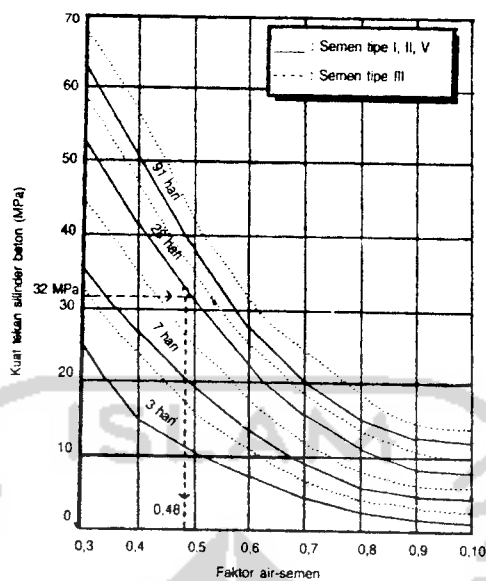
Menurut SK-SNI-T-15-1990-03 kekasaran, pasir dapat dibagi menjadi empat kelompok menurut generasinya yaitu pasir halus, agak halus, agakkasar, dan kasar. Adapun jenis agregat kasar (kerikil) dibedakan menjadi dua yaitu kerikil alami dan kerikil batu pecah.

Agregat yang baik butirannya tajam, kuat, bersudut dan tidak mengandung tanah atau kotoran lain lewat ayakan 0,075 mm yaitu $\leq 5\%$ bagi pembuatan beton sampai 10 Mpa, dan untuk diatas 10 Mpa atau mutu yang lebih tinggi yang tidak mengandung zat organik, kotoran lewat ayakan $\leq 2.5\%$, terjadi variasi butir atau gradasi tidak kekal, tidak hancur, dan tingkat reaktif yang negatif terhadap alkali. Agregat kasar butir yang pipih dan panjang harus kurang dari 20% berat.

g. Menetapkan faktor air semen.

Cara menetapkan faktor air semen diperoleh dari nilai terendah ketiga cara.

Cara pertama :



Gambar 3.1 Grafik Faktor air semen

Misal kuat tekan silinder ($f'_{cr} = 32 \text{ MPa}$) 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 (gambar 3.1)

Cara kedua :

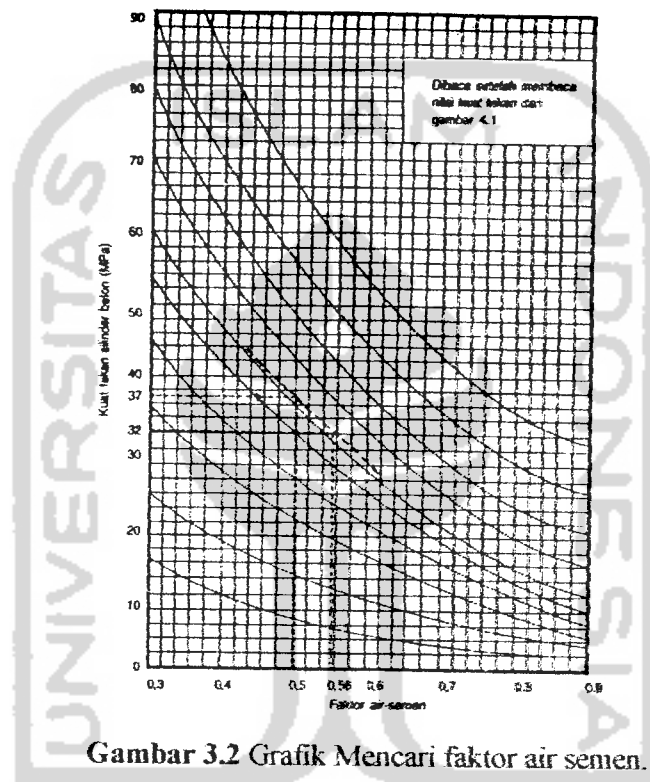
Diketahui jenis semen I, jenis agregat kasar batu pecah, kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari, maka gunakan tabel 3.5 Nilai kuat tekan beton.

Tabel 3.5 Nilai Kuat Tekan Beton

Jenis Semen	Jenis Agregat kasar (kerikil)	Umur Beton			
		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 dan umur beton 28 hari. Kemudian, dengan faktor air semen 0.5 dan $f'_{cr} = 37$ MPa, digunakan grafik penentuan faktor air semen dibawah ini. Caranya, tarik garis ke kanan mendatar 37, tarik garis ke atas 0,5 dan berpotongan dengan titik A. Buat garis putus-putus dimulai dai titik A ke atas dan kebawah melengkung seperti garis yang diatas dan dibawahnya.



Cara ketiga :

Dengan melihat persyaratan untuk berbagai pembetonan dan melengkung khusus, beton yang berhubungan dengan air tanah mengandung sulfat dan untuk beton bertulang terendam air. Dengan cara ini diperoleh :

- 1) Untuk pembetonan didalam ruang bangunan dan keadaan keliling non korosif = 0,06

- 2) Untuk beton yang berhubungan dengan air tanah , dengan jenis semen tipe I tanpa pozzolan untuk tanah mengandung SO_3 antara 0,3 – 1,2 maka FAS yang diperoleh = 0,50
- 3) Untuk beton bertulang dalam air tawar dan tipe semen I yaitu faktor air semennya = 0,50

Dari ketiga cara diatas ambil nilai faktor air semen (FAS) yang terendah.

- h. Menetapkan faktor air semen maksimum.

Cara ini didapat dari ketiga cara diatas ambil faktor air semen yang terendah.

- i. Menetapkan nilai slump.

Nilai slump daidapat dari pemakaian beton, hal ini dapat diketahui dari tabel berikut

Tabel 3.6 Penetapan Nilai Slump

Pemakaian Beton	Maksimal	Minimal
Dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12.5	5.0
Pondasi telapak bertulang koison, struktur dibawah tanah	9.0	2.5
Pelat, balok, kolom dan dinding	15.0	7.5
Pengerasan jalan	7.5	5.0
Pembetonan Massal	7.5	2.5

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

- j. Menetapkan ukuran besar butir agregat maksimum (kerikil).

Untuk penetapan butir maksimum dapat menggunakan diameter maksimum 40 mm, 30 mm, 20 mm, dan 10 mm.

k. Menetapkan jumlah kebutuhan air.

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

Tabel 3.7 Kebutuhan Air Per meter Kubik Beton

Besarnya 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)

Dalam tabel diatas, bila agregat halus dan agregat kasar yang dipakai memiliki jenis yang berbeda (Alami dan pecahan), maka jumlah air yang diperbaiki dengan rumus :

$$A = 0,67A_h + 0,33 A_k \quad (3.3)$$

Dengan :

A = jumlah air yang dibutuhkan, liter/m³

A_h = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halus nya

A_k = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasar nya

l. Menetapkan kebutuhan semen.

Berat semen per meter kubik dihitung dengan :

$$= \frac{\text{Jumlah air yang dibutuhkan}}{\text{Faktor air semen maksimal}}$$

m. Menetapkan kebutuhan semen minimum.

Kebutuhan semen minimum ditetapkan berdasarkan tabel dibawah ini :

Tabel 3.8 Kebutuhan Semen Minimum

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

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

n. Menetapkan kebutuhan semen yang sesuai.

Untuk menetapkan kebutuhan semen , lihat langkah l dan langkah m, (kebutuhan semen dan kebutuhan semen minimumnya), maka yang dipakai harga terbesar diantara keduanya.

o. Penyesuaian jumlah air semen atau faktor air semen.

Jika jumlah semen pada langkah m dan langkah n berubah, maka faktor air semen berubah yang ditetapkan dengan :

- 1) Jika akan menurunkan faktor air semen , maka faktor air semen dihitung lagi dengan cara jumlah air dibagi dengan jumlah semen minimum.
- 2) Jika akan menaikkan jumlah air lakukan dengan cara jumlah semen minimum dikalikan faktor air semen.

p. 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

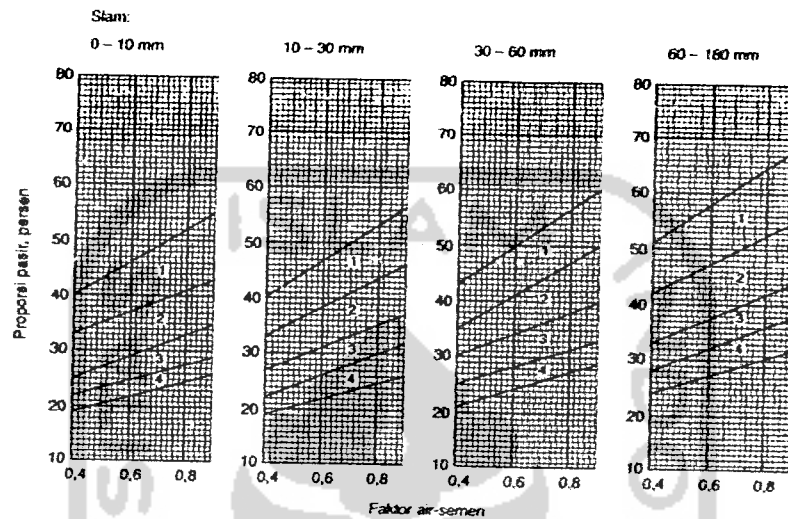
Tabel 3.9 Gradasi Pasir

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)

q. Menentukan perbandingan pasir dan kerikil.

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



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

r. Menentukan berat jenis campuran pasir dan kerikil.

- 1) Jika tidak ada data, maka agregat alami (pasir) diambil 2,7 dan untuk kerikil (pecahan) diambil 2,7.
- 2) Jika mempunyai data dihitung dengan rumus :

$$B_j \text{ campuran} = \frac{P}{100} \times B_j \text{ pasir} + \frac{K}{100} \times B_j \text{ kerikil} \quad (3.4)$$

Diketahui :

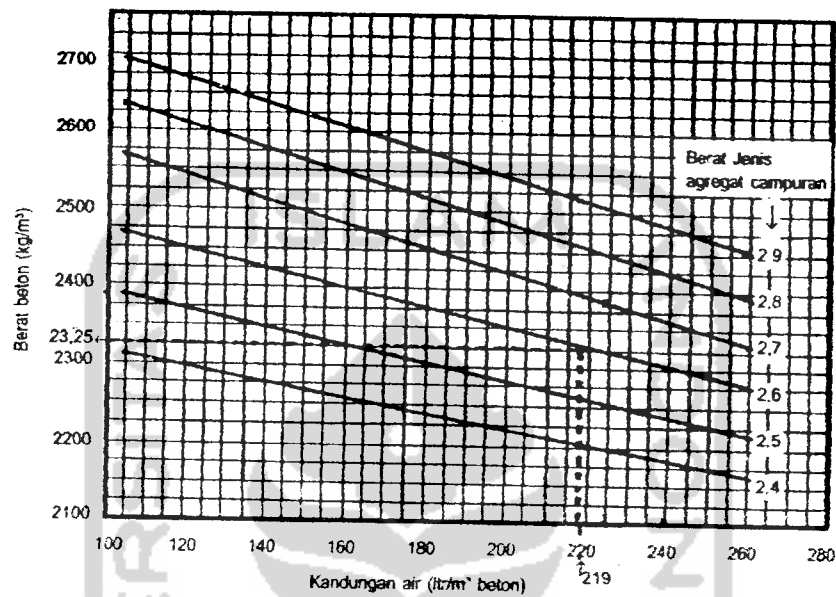
B_j campuran = berat jenis campuran

P = persentase pasir terhadap agregat campuran

K = persentase kerikil terhadap agregat campuran.

s. Menentukan berat beton.

Untuk menentukan berat beton digunakan data berat jenis campuran . dan kebutuhan air tiap meter kubik, setelah ada data, kemudian dimasukan kedalam grafik beton dibawah ini.



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

Caranya, tentukan angka 219 dan tarik garis keatas memotong garis berat jenis 2,6 dan tarik garis kekiri, dan temukan berat jenis betonnya 2325 kg/m³.

t. Menentukan kebutuhan pasir dan kerikil.

$$\text{Berat pasir} + \text{berat kerikil} = \text{berat beton} - \text{kebutuhan air} - \text{kebutuhan semen}$$

u. Menentukan kebutuhan pasir.

$$\text{Kebutuhan pasir} = \text{kebutuhan pasir dan kerikil} \times \text{persentase berat pasir}$$

v. Menentukan kebutuhan kerikil.

$$\text{Kebutuhan kerikil} = \text{kebutuhan pasir dan kerikil} - \text{kebutuhan pasir.}$$

2.2. Menghitung Kuat Desak

Kuat desak adalah besarnya beban tiap satuan luas. Pengujian kuat desak beton (f_c) pada umur 28 hari sesuai SK SNI T-1991-03 dengan kekuatan rencana $f_c = 20$ MPa.

$$fb = \frac{P}{A} \text{ (MPa)} \quad (3.5)$$

fb = Kuat desak dari masing-masing benda uji (MPa)

P = Beban tekan maksimum (N)

A = Luas bidang desak benda uji (mm^2)

2.3. Tegangan Regangan

Setiap bahan akan mengalami 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). Apabila hubungan tegangan regangan dibuat suatu grafik, maka akan memperlihatkan kurva lengkung. Pada bagian pertama kurva ini untuk tujuan paraktis akan dianggap linier. menurut Edward G Nawy kuva dianggap linier sampai sekitar 40% dari f_c beton. Kemiringan suatu garis yang menghubungkan titik pusat dengan suatu harga tegangan sekitar 40% dari f_c disebut modulus elastis sekan dari beton. Harga ini pada perhitungan desain disebut *modulus elastis*: modulus ini memenuhi asumsi praktis bahwa regangan yang terjadi selama pembebanan pada dasarnya dapat dianggap elastis, dan pada regangan lainnya akibat beban dipandang sebagai rangkak. (Edward G Nawy, 1990).

$$\text{Modulus Elastis (Ec)} = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3.6)$$

Keterangan :

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

ε = regangan yang dihasilkan dari tegangan

SK SNI 03-XXX-2002 menetapkan nilai dari modulus Ec, ini sebagai nilai variabel yang tergantung dari mutu beton dan dirumuskan sebagai berikut :

$$Ec = 4700 \sqrt{f'c} \text{ (MPa)} \quad (3.7)$$

2.4. Hipotesis

Pengurangan kandungan air dan menambahkan dosis *superplasticizer* yang optimum ke dalam campuran beton normal akan meningkatkan kinerja beton normal ke tahap yang paling optimumnya, kinerja yang dimaksud adalah mencakup kinerja kelecakan beton segar, dan kekuatan beton keras.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

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

4.1 Metode penelitian

Metode penelitian ini adalah suatu cara pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban atas permasalahan penelitian yang diajukan dalam penulisan tugas akhir.

4.2 Persiapan Bahan dan Alat

4.2.1 Pengadaan Bahan

Memersiapkan pengadaan bahan-bahan yang berkaitan dengan semua bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Semen, digunakan semen jenis *Portland Cement* tipe I dengan merk dagang Semen Gresik kemasan 50 kg. Pemilihan jenis ini dilakukan karena paling umum dipakai sebagai bahan campuran beton dan tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. Agregat halus, digunakan pasir yang berasal dari Kaliurang Yogyakarta.
3. Agregat kasar, digunakan batu pecah (split) dengan ukuran maksimum 20 mm berasal dari Celereng Kulonprogo
4. *Superplasticizer* yang digunakan adalah produksi PT. Sika Nusa Pratama dengan merk dagang *Sikament NN*.

4.2.2 Peralatan Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan beberapa peralatan dan alat sebagai prasarana dalam mencapai maksud dan tujuan penelitian ini sebagai berikut.

1. Ayakan
2. Timbangan dan ember

3. Mistar
4. Mesin Pengaduk/mixer
5. Cetok dan tatakan baja
6. Kerucu Abrams dan penumbuk
7. Mesin uji desak

4.3 Pemeriksaan Material yang akan digunakan

4.3.1 Pemeriksaan Agregat Halus

Pemeriksaan agregat halus dalam penelitian ini antara lain :

1. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

Urutan proses dalam pengujian ini adalah :

1. keringkan benda uji dalam oven suhu ($\pm 110^{\circ}\text{C}$), sampai berta tetap. Yang dimaksud berat tetap adlah keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar daripada 0,1 % . kemudian setelah itu dinginkan pada suhu ruang lalu rendam dalam air selama ± 24 jam,
2. buang air perendam dengan hati-hati, jangan sampai ada butiran yang hilang, tebarkan agregat diatas talam, keringkan diudara panas dengan membalik-balikkan benda uji, lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh,
3. periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji kedalam kerucut terpancung, padatkan dengan cara menumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpancung, keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh tetapi masih dalam keadaan tercetak,
4. segera setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh masukkan 500 gram benda uji kedalam piknometer, masukkan air suling sampai mencapai 90% isi piknometer, putar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara diadalamnya,
5. rendam piknometer dalam air dan ukur suhu air penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25°C ,

6. tambahkan air sampai mencapai tanda batas,
7. timabang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (Bt),
8. tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25° C (B),
9. rumus berat jenis kering permukaan jenuh :

$$\text{Berat Jenis (Bj)} = \frac{500}{(B + 500 - Bt)} \quad (4.1)$$

Keterangan : B = berat piknometer berisi air, dalam gram
 Bt = berat piknometer berisi benda uji dan air, dalam gram
 500 = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, dalam gram

2. Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Halus

Urutan proses dalam pengujian ini adalah sebagai :

1. benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu ($\pm 110^\circ \text{C}$), sampai berat tetap,
2. saring benda uji lewat susunan asringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas, kemudian saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

3. Pemeriksaan Berat Volume Agregat Halus

Urutan pemeriksaan benda adalah sebagai berikut :

1. masukkan agregat halus kedalam silinder sebanyak 1/3 bagian dan ratakan,
2. tumbuk dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali yang terdistribusi merata keseluruh permukaan,
3. masukkan agregat halus kedalam silinder sebanyak 2/3 bagian dan ratakan serta tumbuk sperti diatas,
4. masukkan agregat halus kedalam sampai penuh dan tumbuk kembali,
5. ratakn permukaan agregat halus dengan jari tangan sehingga sebanding antara bagian yang menonjol dan bagian yang kosong dari atas silinder,
6. timbang silinder ukur berat isinya (W2),
7. keluarkan agregat halus dari silinder,

8. timbang silinder (W_1),

9. rumus berat volume

$$\text{Berat Volume (Bv)} = \frac{W_2 - W_1}{V} \quad (4.2)$$

Keterangan : W_1 = berat silinder, dalam gram

W_2 = berat silinder + agregat halus, dalam gram

V = volume silinder, dalam cm^3

4. Pemeriksaan Kadar Lumpur Butiran yang Lewat Ayakan no. 200

Urutan proses dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. keringkan agregat halus sampai berat tetap dalam oven pada suhu ($\pm 110^\circ \text{C}$), dan timbang dengan ketelitian 0,1 gram (W_1),
2. letakkan agregat halus dalam ayakan dan alirkan air di atasnya,
3. gerakkan agregat halus dengan air deras secukupnya sehingga bagian yang halus menembus ayakan 75 mm (no. 200) dan bagian yang kasar tertinggal di atas ayakan,
4. ulangi pekerjaan di atas hingga air pencuci menjadi jernih,
5. keringkan agregat halus yang telah dicuci tersebut dalam oven samapi berat tetap dalam oven pada suhu ($\pm 110^\circ \text{C}$), dan timbang dengan ketelitian sampai 0,1 gram (W_2),
6. rumus kadar lumpur :

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (4.3)$$

Keterangan : W_1 = berat agregat awal, dalam gram

W_2 = berat agregat setelah dicuci, dalam gram

4.3.2 Pemeriksaan Agregat Kasar

Pemeriksaan agregat kasar dalam penelitian ini antara lain :

1. Pemeriksaan Berat jenis Agregat Kasar

Urutan pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

5. mengukur nilai *slump* dari adukan beton sampai didapatkan nilai *slump* yang diinginkan,
6. kemudian beton dikeluarkan dari molen dan dimasukkan ke dalam cetakan silinder. Pengisian dilakukan dalam tiga tahap, masing-masing 1/3 dari tinggi cetakan. Setiap tahap ditusuk-tusuk dengan tongkat baja sebanyak 25 kali sampai beton memadat,
7. setelah beton padat, kemudian permukaannya diratakan
8. cetakan yang sudah diisi beton dibiarkan selama 24 jam,
9. setelah 24 jam cetakan dilepas dan benda uji direndam di dalam bak air dengan lama perendaman sesuai dengan lamanya umur beton rencana yang akan diuji.

4.6 Pengujian Kuat Desak Benda Uji

Pengujian kuat desak 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 pecah dan dicatat pembebanan maksimumnya.

30 cm

15 cm

Gambar 3.1 Pengujian kuat tekan beton

4.7 Model dan Jumlah Benda Uji

Benda uji beton dalam penelitian ini berbentuk silinder dengan dimensi (\emptyset 15 cm x 30 cm) dengan variasi pengurangan air 0% hingga 30% dan penambahan *superplasticizer*.

Tabel 4.1. Jumlah sampel beton dengan variasi pengurangan air dan penambahan *superplasticizer*

Variasi Pengurangan air	Uji desak pada umur				Uji tegangan-regangan 28 hari
	3 hari	7 hari	14 hari	28 hari	
0%	3	3	3	5	1
5%	3	3	3	5	1
10%	3	3	3	5	1
15%	3	3	3	5	1
20%	3	3	3	5	1
25%	3	3	3	5	1
30%	3	3	3	5	1
Σ	21	21	21	35	7

Catatan : Penambahan *superplasticizer* dilakukan dengan metode coba-coba hingga mencapai nilai *slump* lebih besar dari 150 mm

4.8 Pengolahan Data

Hasil dari pengujian berupa data-data kasar yang masih perlu diolah lebih lanjut untuk mengetahui hubungan antara satu pengujian dengan pengujian yang lain. Hasil pengujian yang dilakukan nantinya akan menghasilkan pengaruh perawatan dan penambahan *superplasticizer* pada mutu beton.

4.8.1 Kuat Tekan

Kuat desak adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu.

Perhitungan kekuatan desak dengan memakai rumus :

$$\text{Kuat desak } f_c = \frac{P}{A} \quad (4.6)$$

$$f_{cr} = \frac{\sum_i^N f_c}{N} \quad (4.7)$$

Keterangan:

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm^2)

f_c = kuat desak beton masing-masing benda uji (MPa)

f_{cr} = kuat desak beton rata-rata (MPa)

N = jumlah benda uji

4.8.2 Modulus Elastis

Kemiringan suatu garis yang menghubungkan titik pusat dengan suatu harga tegangan sekitar 40% dari f_c disebut modulus elastis sekan dari beton. Harga ini pada perhitungan desain disebut *modulus elastis*: modulus ini memenuhi asumsi praktis bahwa regangan yang terjadi selama pembebanan pada dasarnya dapat dianggap elastis, dan pada regangan lainnya akibat beban dipandang sebagai rangkai.

$$\text{Modulus Elastis (Ec)} = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (4.8)$$

Keterangan :

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

ε = regangan yang dihasilkan dari tegangan

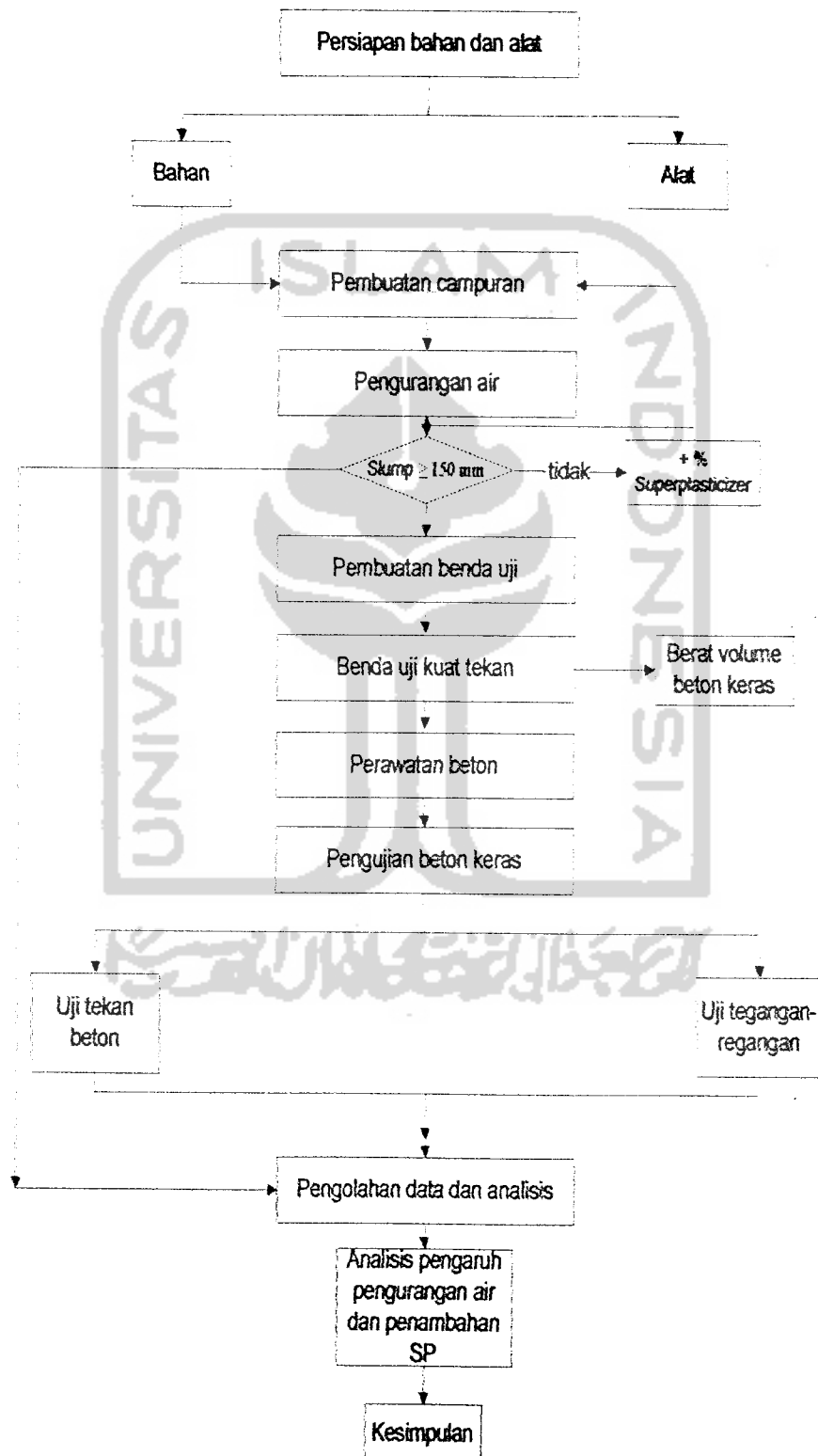
SK SNI 03-XXX-2002 menetapkan nilai dari modulus Ec, ini sebagai nilai variabel yang tergantung dari mutu beton dan dirumuskan sebagai berikut :

$$Ec = 4700 \sqrt{f'_c} \text{ (MPa)} \quad (4.9)$$



4.10. Langkah-langkah penelitian

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



BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Bab ini membicarakan hasil penelitian yang dilakukan dilaboratorium Bahan Konstruksi Teknik dan pembahasan mengenai hasil penelitian yang diperoleh. Hasil penelitian yang didapat meliputi : berat jenis agregat kasar dan halus, gradasi pasir, nilai slump serta hasil pengujian beton yaitu kuat tekan.

5.2 Hasil Uji Labororium

5.2.1 Data Awal Perencanaan

Dari pengujian awal laboratorium diperoleh data awal perencanaan.

Data awal perencanaan :

1. Kuat tekan rencana ($f'c$) = 20 MPa
2. Semen

Semen yang digunakan adalah *Portland Cement* (PC) dari Semen Gresik. Semen Portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Dalam penelitian ini dipakai semen portland tipe I karena semen tipe ini dapat dikatakan yang paling banyak dimanfaatkan untuk bangunan dan tidak membutuhkan persyaratan khusus. Menurut Edward G Nawy mengatakan bahwa semen tipe I normal dapat digunakan untuk semua tujuan.

3. Agregat

a. Kerikil

Kerikil menggunakan Batu Pecah dari Celereng Kulon Progo

Ukuran maksimal kerikil = 20 mm

Berat jenis kerikil = 2,544 gr/cm³

Berat Volume rata-rata = 1,53 gram/cm³

b. Pasir

Digunakan pasir yang berasal dari Cangkringan Kaliurang

Berat jenis pasir = 2,621 gr/cm³

Modulus halis butir = 2,7345 %

Gradasi pasir = daerah II (pasir agak kasar)

Berat jenis digunakan untuk menentukan volume yang akan diisi oleh agregat. Berat jenis dari agregat pada akhirnya akan menentukan berat 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 didefinisikan sebagai 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%.

4. *Superplasticizer*

Superplasticizer digunakan merk Sikament NN produksi PT. Sika Nusa Pratama. *Superplasticizer* merk ini mempunyai berat volume 1,16-1,18 kg/ltr. Bahan ini berfungsi untuk mempertahankan workabilitas beton akibat dilakukannya pengurangan kandungan air dalam campuran beton. Pada penelitian ini penambahan *superplasticizer* dilakukan dengan coba-coba hingga mencapai nilai *slump* yang diinginkan.

5.2.2 **Perencanaan Campuran (*Mix Design*)**

Berdasar data awal perencanaan diatas maka perencanaan campuran dengan menggunakan metode DOE (*Department of Environment*) dapat diperoleh.

Hasil perencanaan campuran adalah sebagai berikut :

Untuk setiap 1 m³ beton dibutuhkan :

- a) Air = 210 liter
- b) Semen = 375 kg
- c) Pasir = 635,4 kg
- d) Kerikil = 1129,6 kg

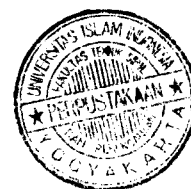
Langkah-langkah perhitungan perencanaan campuran secara lengkap dijelaskan pada Lampiran 2.

5.3 Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan *Superplasticizer* terhadap Workabilitas

Workabilitas merupakan salah satu kinerja beton segar dan dengan adanya workabilitas yang tinggi pada beton 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 menunjukkan tingkat kelecakan beton tinggi dan bisa dikatakan bahwa tingkat workabilitas beton itu juga tinggi.

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kuat tekan beton normal dengan cara mengurangi kandungan airnya secara gradual mulai 5, 10, 15, 20, 25, 30%. Hal ini 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 dengan pengurangan kandungan air dan penambahan *superplasticizer* ditetapkan memiliki nilai *slump* lebih dari 150 mm.

Pada dasarnya cara kerja *superplasticizer* adalah dengan cara mengikat partikel semen sehingga tidak dapat melakukan proses hidrasi dengan air dalam jangka waktu tertentu. Hal ini mengakibatkan tidak adanya ikatan antar agregat pada campuran beton segar. Dan dapat dilihat dari perubahan fisik beton segar yang cenderung lebih lecek.



Tabel 5.1 Pengurangan air dengan penambahan *superplasticizer* dan nilai slump

Variasi Beton	Pengurangan Air (%)	Penambahan SP (%semen)	Slump Awal (cm)	Slump Akhir (cm)
B20-0%	0	0,3421	11,6	16,4
B20-5%	5	0,5132	10,8	16,35
B20-10%	10	1,3684	9	15,75
B20-15%	15	1,8816	0	16,35
B20-20%	20	1,9500	0	18
B20-25%	25	2,0526	0	18
B20-30%	30	2,3947	0	17,65

Keterangan :

B20-0% = beton dengan $f'c$ 20 MPa dengan pengurangan air 0%

Slump Awal = slump sebelum penambahan *superplasticizer*

Slump Akhir = slump sesudah penambahan *superplasticizer*

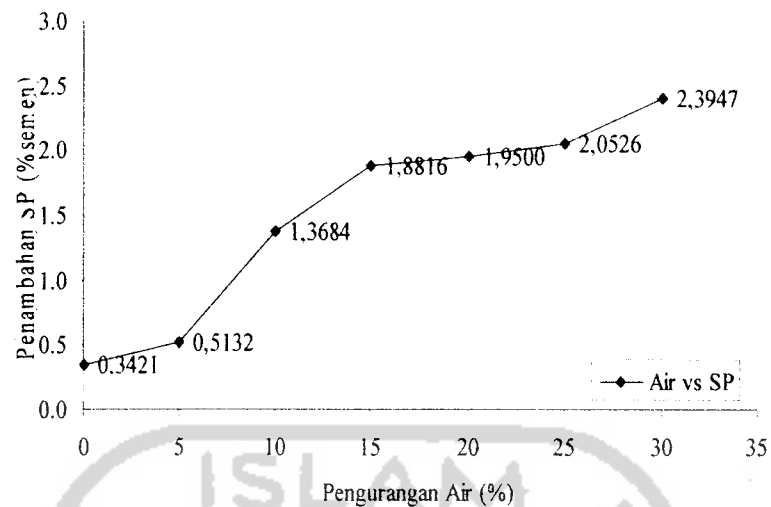
Dari tabel 5.1 memperlihatkan akibat pengurangan air terjadi penurunan nilai *slump*, bahkan pada pengurangan air 15% hingga 30% terjadi kehilangan nilai *slump*. Hal ini terjadi karena kandungan air pada beton normal dikurangi. Air selain dibutuhkan dalam proses hidrasi oleh semen, air juga mempunyai fungsi untuk membentuk fisik beton segar dalam hal kelecakan. Dalam penelitian ini fungsi air sebagai pembentuk fisik beton segar tersebut dikurangi maka akan mengakibatkan kelecakan beton berkurang, yang dapat diketahui dengan turunnya nilai *slump*. Dengan *slump* rencana awal 60 mm, kemudian dilakukan pengurangan 15% air saja kelecakan beton berkurang secara drastis, nilai *slump* turun hingga mencapai angka 0 mm. Jadi jelaslah bahwa dengan dilakukan pengurangan air pada campuran beton maka tingkat workabilitas beton akan menurun yang dilihat lewat penurunan nilai *slump*.

Untuk tetap menjaga workabilitas beton maka beton tersebut perlu ditambahkan bahan tambah *superplasticizer* yang berfungsi meningkatkan tingkat kelecakan beton. Dari tabel dapat dilihat nilai *slump* setelah penambahan *superplasticizer* terjadi peningkatan. Pada pengerjaan pengadukan beton B20-0%, B20-5% dan beton B20-10% untuk mencapai nilai *slump* lebih besar dari 150 mm relatif lebih mudah, sedangkan pada pengerjaan beton B20-15%, B20-20%,

B20-25% dan beton B20-30% untuk mencapai *slump* lebih besar dari 150 mm relatif lebih 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 perlu penambahan *superplasticizer* dengan dosis yang cukup tinggi pula. Semakin banyak dosis pengurangan kandungan air pada campuran maka semakin banyak pula dosis penambahan *superplasticizer* guna mencapai nilai *slump* yang ditetapkan. Jadi jelaslah bahwa dengan penggunaan *superplasticizer* pada beton dapat meningkatkan workabilitas beton melalui meningkatnya kelecakan beton.

Dari tabel 5.1 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, menurut Murdock dan Brook (1991) nilai *slump* yang diperoleh dengan penambahan *superplasticizer* antara 175 – 225 mm dan pada penelitian Ramachandran (1979) *superplasticizer* memberikan keuntungan dengan mendapatkan nilai *slump* lebih besar 200 mm dari nilai asli yang hanya sebesar 50 mm dengan dosis penambahan antara 0,3 - 0,6 % dari berat semen.

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 B20-0% dengan kelecakan awal 11,6 mm meningkat menjadi 16,4 mm atau sekitar 42% tanpa terjadi segregasi dan *bleeding*, hanya dengan menambahkan *superplasticizer* 0,3421% dari berat semen (tabel 5.1). Bahkan terlihat dari variasi B20-15%, B20-20%, B20-25% dan B20-30% dengan pengurangan air sebesar 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.



Gambar 5.1 Hubungan penambahan *superplasticizer* terhadap pengurangan kandungan air

Dari Gambar 5.1 terlihat dari variasi B20-15%, B20-20%, B20-25% dan B20-30% dengan pengurangan air sebesar 15%, 20%, 25%, 30% penambahan *superplasticizer* akan terus meningkat dari 1,88% hingga 2,385% terhadap berat semen. Dan terlihat pula penambahan *superplasticizer* meningkat tajam pada pengurangan air 5% hingga 30%. Hal ini mungkin terjadi karena beton dengan *slump* rencana yang cukup rendah yakni sebesar 60 mm dengan dikurangi kandungan air sebesar 15% saja kelecakan beton menurun drastis, sehingga untuk dapat mencapai *slump* lebih besar dari 150 mm dan untuk meningkatkan kelecakan beton dibutuhkan *superplasticizer* dengan dosis yang tinggi pula. Semakin tinggi pengurangan air, maka semakin tinggi pula penambahan *superplasticizer* untuk menghasilkan *slump* 150 mm atau lebih (Hastoro, 2005). Hal ini terlihat jelas dari tabel 5.1 bahwa semakin tinggi pengurangan air, maka penambahan *superplasticizer* akan semakin tinggi untuk mencapai *slump* lebih besar dari 150 mm.

Untuk pengurangan air 30%, nilai *slump* lebih dari 150 mm dapat dicapai tetapi adukan lebih kohesif dan kental. Sifat-sifat warkabilitasnya pun 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 2,3947 %. Dalam 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.

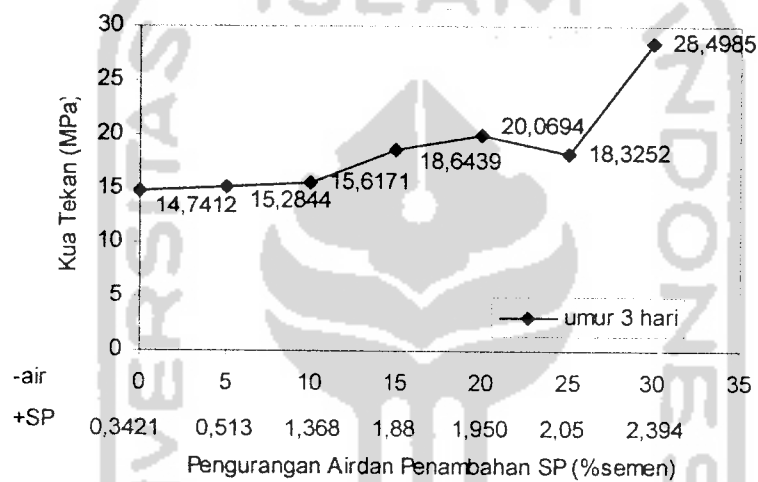
5.4 Pengaruh Pengurangan Air dengan Kuat Tekan

Tujuan utama kajian ini adalah untuk meningkatkan kuat tekan lebih tinggi dari kuat tekan normal, yang dilakukan dengan cara mengurangi kandungan air, dengan asumsi semen yang tersedia mampu mencapai kuat tekan yang lebih tinggi. Dalam campuran beton sedikitnya dibutuhkan air sebanyak 25% dari berat semen dalam proses hidrasi dan selebihnya air dalam campuran beton berfungsi dalam proses pengerjaan beton. Disisi lain kelebihan jumlah air pada pasta semen akan menghasilkan beton dengan porositas tinggi pada beton sehingga mengakibatkan kekuatan rendah dan kurang adanya ikatan antara pasta semen dan agregat. Dengan asumsi ini maka kekuatan beton dapat ditingkatkan dengan cara pengurangan kandungan air pada beton. Pengurangan kandungan air ini maka perbandingan berat air dan semen (fas) akan menurun sehingga dimungkinkan kekuatan beton akan naik. Dengan turunnya nilai fas memungkinkan beton akan lebih rapat, porositas pada beton akan berkurang sehingga kekuatan beton akan naik. Namun disisi lain dengan turunnya nilai fas pada beton mengakibatkan beton akan sulit dikerjakan, dengan kata lain tingkat workabilitas dan kelecakan beton akan turun. Chaiyasena (1992) menambahkan bahwa dengan pengurangan air berlebihan akan menghasilkan beton kering dengan kelecakan rendah. Untuk tetap mempertahankan kelecakan pada beton segar ditambahkan bahan tambah kimia berupa *superplasticizer* yang dapat meningkatkan workabilitas beton

tersebut. Hal ini akan terlihat dengan adanya peningkatan nilai *slump* setelah dilakukan penambahan *superplasticizer*.

1. Beton umur 3 hari

Pengaruh pengurangan air terhadap kuat tekan pada sampel beton umur 3 hari dapat dilihat pada Gambar 5.2. Data kuat tekan pada tabel menunjukkan kuat tekan rata-rata dari beberapa sampel beton, adapun untuk data lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran 3.



Gambar 5.2 Grafik hubungan kuat tekan terhadap pengurangan air dengan penambahan *superplasticizer* pada beton dengan f_c 20 MPa umur 3 hari.

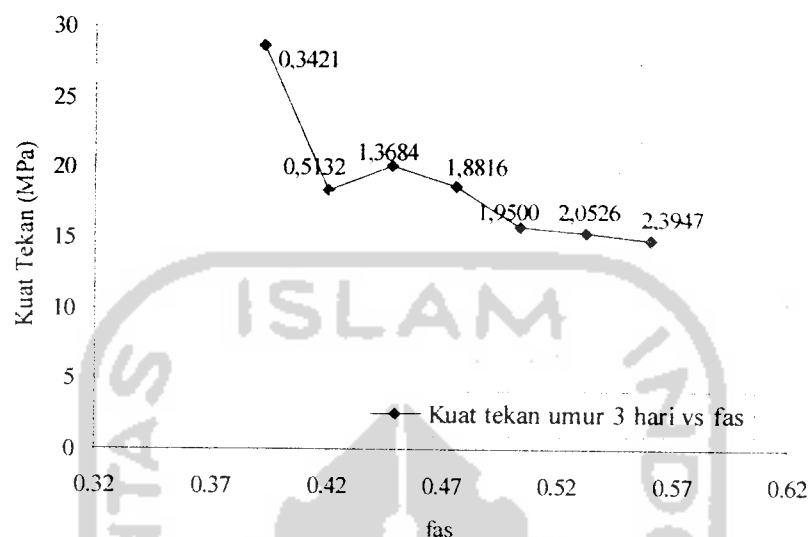
Tabel 5.2 Hubungan kuat tekan dan pengurangan dengan penambahan *superplasticizer* pada beton umur 3 hari

Sampel Beton	% Penguraangan Air	Superplasticizer (% semen)	Kuat Tekan (MPa)	% Peningkatan Kuat Tekan
B20-0%	0	0,3421	14,7412	0,0000
B20-5%	5	0,5132	15,2844	3,6849
B20-10%	10	1,3684	15,6171	5,9421
B20-15%	15	1,8816	18,6439	26,4749
B20-20%	20	1,9500	20,0694	36,1453
B20-25%	25	2,0526	18,3252	24,3134
B20-30%	30	2,3947	28,4985	93,3261

Dari data diatas terlihat bahwa kuat tekan cenderung meningkat seiring dengan semakin banyaknya pengurangan airnya. Pada variasi pengurangan air 0% - 10% yakni pada variasi beton B20-0%, B20-5% dan B20-10% peningkatan kuat tekan yang terjadi masih belum begitu terlihat secara signifikan. Peningkatan yang terjadi hanya sekitar 0 sampai 6% dari kuat tekan beton normal. Persentase peningkatan kuat tekan beton untuk variasi B20-5% adalah 3,6849% dan B20-10% adalah 5,9421%. Pada variasi pengurangan air 10% hingga 30%, peningkatan kuat tekan sudah mulai terlihat secara jelas. Untuk sampel beton peningkatan kuat tekan sebesar B20-15% adalah 26,4749%, B20-20% adalah 36,1453%, B20-25% adalah 24,3124% dan B20-30% adalah 93,3261% dari beton normal. Peningkatan kuat tekan pada sampel beton tersebut sebesar 20% lebih, bahkan pada sampel beton dengan pengurangan air 30% terjadi peningkatan sebesar 93,3261% 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. Namun pada pengurangan air 25% terjadi penurunan kuat tekan. Hal ini dimungkinkan terjadi karena kurang adanya kesesuaian antara penambahan *superplasticizer* dengan kondisi agregat saat itu. Agregat yang terlampaui basah mengakibatkan kekuatan beton rendah. Peningkatan kuat tekan akibat pengurangan air mulai terlihat jelas pada pengurangan air dengan dosis yang tinggi yakni lebih besar dari 15% hingga 30%. Hal ini sesuai dengan Ramachandran (1979) bahwa penambahan *superplasticizer* dapat mengurangi kandungan air sampai 30%. Dengan demikian jelaslah bahwa kinerja beton normal dapat meningkat tinggi dengan mengurangi air dengan kombinasi menambahkan *superplasticizer* pada komposisi campuran beton normal dari metode DOE.

Pengurangan kadar air dalam air campuran beton akan mengakibatkan perbandingan air dan semen atau sering disebut faktor air semen (fas) juga akan berubah. Pada umumnya, faktor air-semen merupakan fungsi utama terhadap kuat tekan beton. Semakin rendah faktor air-semen, kuat tekan semakin tinggi atau

sebaliknya (Neville, 1995). Hasil penelitian tentang hubungan fas dan peningkatan kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 5.3



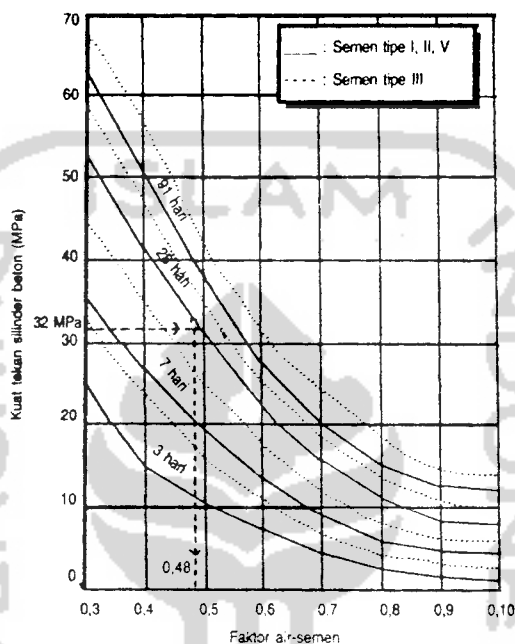
Gambar 5.3 Grafik hubungan peningkatan kuat tekan dan faktor air-semen dengan penambahan *superplasticizer* pada beton umur 3 hari

Tabel 5.3 Hubungan kuat tekan dan faktor air semen dengan penambahan *superplasticizer* pada beton umur 3 hari

Sampel Beton	Pengurangan air	faktor air semen	Superplasticizer (% semen)	Kuat tekan (MPa)
B20-0%	0	0,56	0,34	14,7412
B20-5%	5	0,53	0,51	15,2844
B20-10%	10	0,50	1,37	15,6171
B20-15%	15	0,48	1,88	18,6439
B20-20%	20	0,45	1,95	20,0694
B20-25%	25	0,42	2,05	18,3252
B20-30%	30	0,39	2,39	28,4985

Dari gambar dan tabel diatas dapat dilihat bahwa pengurangan jumlah air dalam campuran beton maka faktor air semen akan menurun. Kemudian akan berpengaruh pada peningkatan kuat tekan beton. Hal ini terjadi karena dengan pengurangan kadar air struktur beton akan diperbaiki karena beton lebih padat. Rongga-rongga antara semen dan air akan berkurang sehingga porositas beton juga berkurang dan kemudian akan berpengaruh pada peningkatan kuat tekan

beton. Hal ini sesuai dengan Neville (1995) bahwa kuat tekan beton akan meningkat apabila kandungan air pada campuran beton rendah. Semakin rendah faktor air-semen, kuat tekan semakin tinggi atau sebaliknya. Secara umum hubungan kuat tekan dan faktor air semen dapat dilihat dari Gambar 5.4

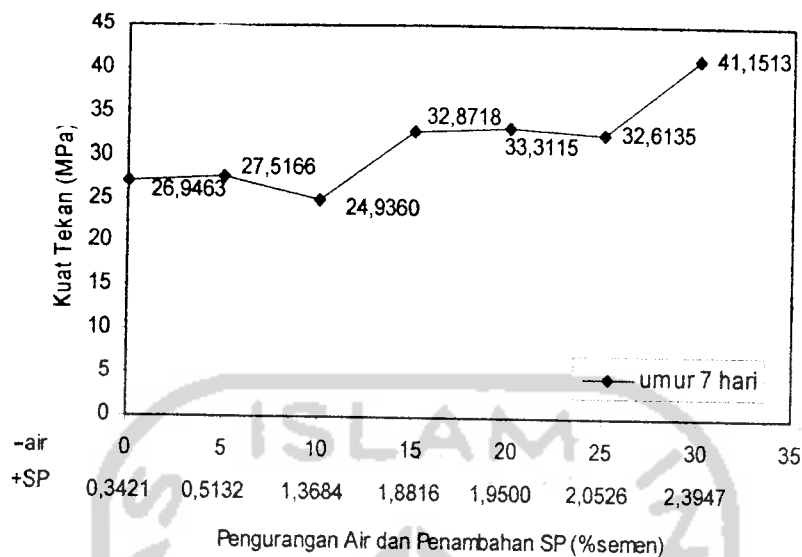


Gambar 5.4 Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air smen untuk benda uji silinder (diameter 150mm, tinggi).

Dari Gambar diatas terlihat bahwa semakin rendah fas maka semakin tinggi kuat tekan beton. Jadi jelaslah bahwa kuat tekan beton normal akan dapat meningkat tinggi dengan mengurangi kandungan air pada campuran beton normal tersebut.

2. Beton umur 7 hari

Pengaruh pengurangan air terhadap kuat tekan pada beton umur 7 hari dapat dilihat pada Gambar 5.4. Data kuat tekan pada tabel menunjukkan kuat tekan rata-rata dari beberapa sampel beton, adapun untuk data lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran 3.



Gambar 5.4 Grafik hubungan kuat tekan terhadap pengurangan air dengan penambahan *superplasticizer* pada beton umur 7 hari.

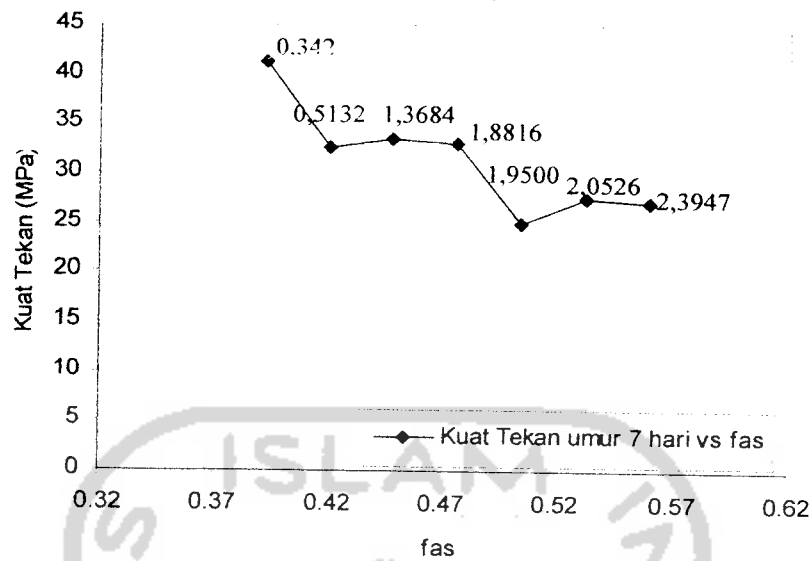
Tabel 5.4 Hubungan kuat tekan dan pengurangan dengan penambahan *superplasticizer* pada beton umur 7 hari

Sampel Beton	% Pengurangan Air	Superplasticizer (%semen)	Kuat Tekan (MPa)	% Peningkatan Kuat Tekan
B20-0%	0	0,3421	26,9463	0,0000
B20-5%	5	0,5132	27,5166	2,1161
B20-10%	10	1,3684	24,9360	-7,4604
B20-15%	15	1,8816	32,8718	21,9898
B20-20%	20	1,9500	33,3115	23,6217
B20-25%	25	2,0526	32,6135	21,0311
B20-30%	30	2,3947	41,1513	52,7159

Dari data diatas terlihat bahwa kuat tekan cenderung meningkat seiring dengan semakin banyak pengurangan airnya. Pada variasi pengurangan air 0% - 10% yakni pada variasi beton B20-0%, B20-5% dan B20-10% peningkatan kuat tekan yang terjadi masih belum begitu terlihat secara signifikan. Peningkatan yang terjadi hanya sekitar 0 sampai 2% dari kuat tekan beton normal. Persentase peningkatan kuat tekan beton untuk variasi B20-5% adalah 2,1161%. Pada pengurangan air 10% mengalami penurunan sebesar -7,4604%. Pada variasi

pengurangan air 15% hingga 30%, peningkatan kuat tekan sudah mulai terlihat secara jelas. Untuk sampel beton peningkatan kuat tekan sebesar B20-15% adalah 21,9898%, B20-20% adalah 23,6217%, B20-25% adalah 21,0311% dan B20-30% adalah 52,7159% dari beton normal. Peningkatan kuat tekan pada sampel beton tersebut sebesar 20% lebih, bahkan pada sampel beton dengan pengurangan air 30% terjadi peningkatan sebesar 52,7159% dari beton normal. Namun pada pengurangan air 10% dan 25% terjadi penurunan kuat tekan. Hal ini dimungkinkan terjadi karena kurang adanya kesesuaian antara penambahan *superplasticizer* dengan kondisi agregat saat itu. Agregat yang terlampau basah mengakibatkan kekuatan beton rendah. Peningkatan kuat tekan akibat pengurangan air mulai terlihat jelas pada pengurangan air dengan dosis yang tinggi yakni lebih besardari 15% hingga 30%. Hal ini sesuai dengan Ramachandran (1979) bahwa penambahan *superplasticizer* dapat mengurangi kandungan air sampai 30%. Dengan demikian jelaslah bahwa kinerja beton normal dapat meningkat tinggi dengan mengurangi air dengan kombinasi menambahkan *superplasticizer* pada komposisi campuran beton normal dari metode DOE..

Pengurangan kadar air dalam air campuran beton akan mengakibatkan perbandingan air dan semen atau sering disebut faktor air semen (fas) juga akan berubah. Pada umumnya, faktor air-semen merupakan fungsi utama terhadap kuat tekan beton. Semakin rendah faktor air-semen, kuat tekan semakin tinggi atau sebaliknya (Neville, 1995). Hasil penelitian tentang hubungan fas dan peningkatan kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.5 Grafik hubungan peningkatan kuat tekan dan faktor air-semen dengan penambahan *superplasticizer* pada beton umur 7 hari

Tabel 5.5 Hubungan kuat tekan dengan faktor air semen dengan penambahan *superplasticizer* pada beton umur 7 hari

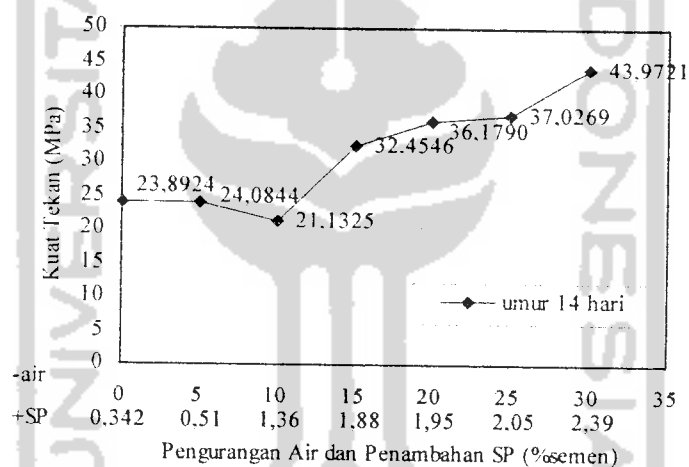
Sampel Beton	faktor air semen	Superplasticizer (% semen)	Kuat tekan (MPa)
B20-0%	0,56	0,34	26,9463
B20-5%	0,53	0,51	27,5166
B20-10%	0,50	1,37	24,9360
B20-15%	0,48	1,88	32,8718
B20-20%	0,45	1,95	33,3115
B20-25%	0,42	2,05	32,6135
B20-30%	0,39	2,39	41,1513

Dari Gambar dan tabel diatas dapat dilihat bahwa pengurangan jumlah air dalam campuran beton maka faktor air semen akan menurun. Kemudian akan berpengaruh pada peningkatan kuat tekan beton. Hal ini terjadi karena dengan pengurangan kadar air struktur beton akan diperbaiki karena beton lebih padat. Rongga-rongga antara semen dan air akan berkurang sehingga porositas beton juga berkurang dan kemudian akan berpengaruh pada peningkatan kuat tekan beton Hal ini sesuai dengan Neville (1995) bahwa kuat tekan beton akan meningkat apabila kandungan air pada campuran beton rendah. Namun tentu saja ada batas optimum bahwa pengurangan air akan tetap meningkatkan kuat tekan

beton, karena air juga dibutuhkan semen untuk proses hidrasi. Secara umum hubungan kuat tekan dan faktor air semen dapat dilihat dari Gambar 5.4. Dari Gambar tersebut terlihat bahwa semakin rendah fas maka semakin tinggi kuat tekan beton. Jadi jelaslah bahwa kuat tekan beton normal akan dapat meningkat tinggi dengan mengurangi kandungan air pada campuran beton normal tersebut.

3. Beton umur 14 hari

Pengaruh pengurangan air terhadap kuat tekan pada beton umur 14 hari dapat dilihat pada Gambar 5.6. Data kuat tekan pada tabel menunjukkan kuat tekan rata-rata dari beberapa sampel beton, adapun untuk data lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran 3.



Gambar 5.6 Grafik hubungan kuat tekan terhadap pengurangan air dengan penambahan *superplasticizer* pada beton dengan f_c 20 MPa umur 14 hari.

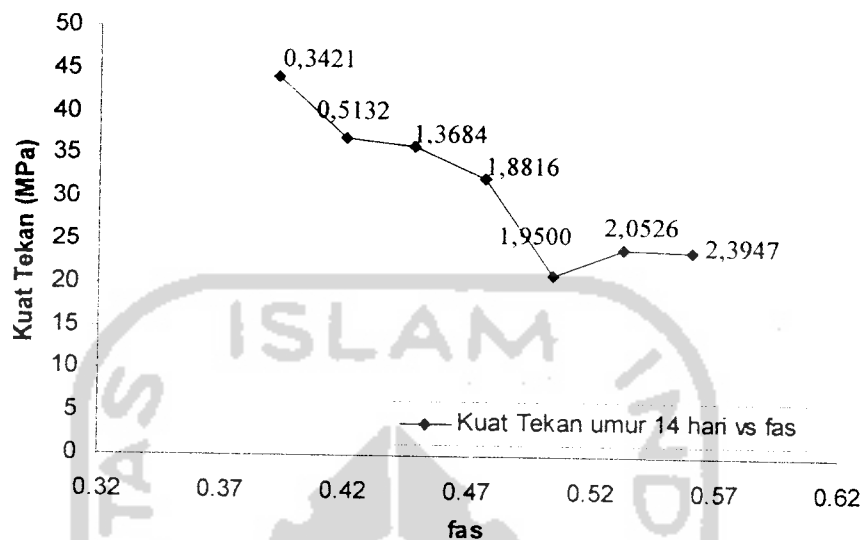
Tabel 5.6 Hubungan kuat tekan dan pengurangan dengan penambahan *superplasticizer* pada beton umur 14 hari

Sampel Beton	% Pengurangan Air	Superplasticizer (%semen)	Kuat Tekan (MPa)	% Peningkatan Kuat Tekan
B20-0%	0	0,34	23,8924	0,0000
B20-5%	5	0,51	24,0844	0,8038
B20-10%	10	1,37	21,1325	-11,5512
B20-15%	15	1,88	32,4546	35,8364
B20-20%	20	1,95	36,1790	51,4246
B20-25%	25	2,05	37,0269	54,9737
B20-30%	30	2,39	43,9721	84,0422

Dari data diatas terlihat bahwa kuat tekan cenderung meningkat seiring dengan semakin banyak pengurangan airnya. Pada variasi pengurangan air 0% - 10% yakni pada variasi beton B20-0%, B20-5% dan B20-10% peningkatan kuat tekan yang terjadi masih belum begitu terlihat secara signifikan. Peningkatan yang terjadi hanya sekitar 0 sampai 1% dari kuat tekan beton normal. Persentase peningkatan kuat tekan beton untuk variasi B20-5% adalah 0,8038% dan B20-10% adalah -2,6982%. Pada variasi pengurangan air 15% hingga 30%, peningkatan kuat tekan sudah mulai terlihat secara jelas. Untuk sampel beton peningkatan kuat tekan sebesar B20-15% adalah 35,8364%, B20-20% adalah 51,4246%, B20-25% adalah 54,9737% dan B20-30% adalah 84,0422% dari beton normal. Peningkatan kuat tekan pada sampel beton tersebut sebesar 30% lebih, bahkan pada sampel beton dengan pengurangan air 30% terjadi peningkatan sebesar 84,0422% 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. Namun pada pengurangan air 10% terjadi penurunan kuat tekan. Hal ini dimungkinkan terjadi karena kurang adanya kesesuaian antara penambahan *superplasticizer* dengan kondisi agregat saat itu. Agregat yang terlampau basah mengakibatkan kekuatan beton rendah. Peningkatan kuat tekan akibat pengurangan air mulai terlihat jelas pada pengurangan air dengan dosis yang tinggi yakni lebih besar dari 15% hingga 30%. Hal ini sesuai dengan Ramachandran (1979) bahwa penambahan *superplasticizer* dapat mengurangi kandungan air sampai 30%. Dengan demikian jelaslah bahwa kinerja beton normal dapat meningkat tinggi dengan mengurangi air dengan kombinasi menambahkan *superplasticizer* pada komposisi campuran beton normal dari metode DOE.

Pengurangan kadar air dalam air campuran beton akan mengakibatkan perbandingan air dan semen atau sering disebut faktor air semen (fas) juga akan berubah. Pada umumnya, faktor air-semen merupakan fungsi utama terhadap kuat tekan beton. Semakin rendah faktor air-semen, kuat tekan semakin tinggi atau

sebaliknya (Neville, 1995). Hasil penelitian tentang hubungan fas dan peningkatan kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 5.3



Gambar 5.7 Grafik hubungan peningkatan kuat tekan dan faktor air-semen dengan penambahan *superplasticizer* pada beton umur 14 hari

Tabel 5.7 Hubungan kuat tekan dengan faktor air semen dengan penambahan *superplasticizer* pada beton umur 14 hari

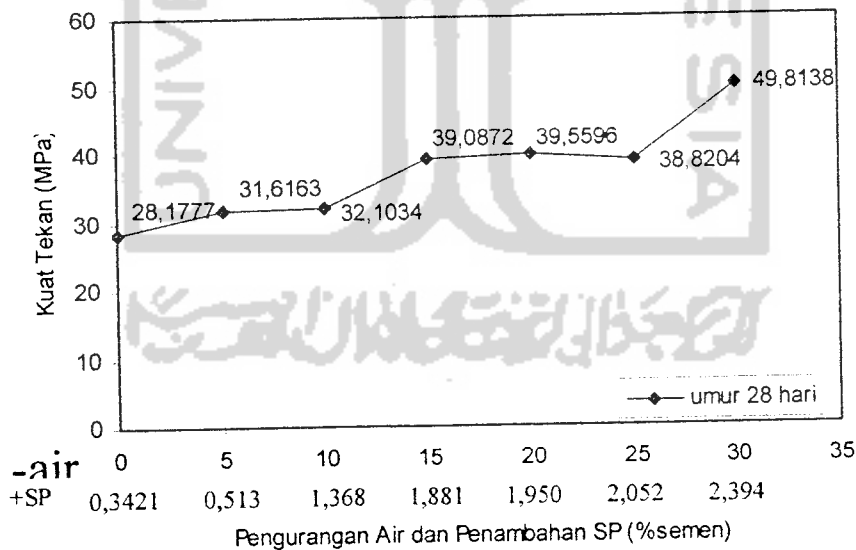
Sampel Beton	Pengurangan air	faktor air semen	Superplasticizer (% semen)	Kuat tekan (MPa)
B20-0%	0	0,56	0,34	23,8924
B20-5%	5	0,53	0,51	24,0844
B20-10%	10	0,50	1,37	21,1325
B20-15%	15	0,48	1,88	32,4546
B20-20%	20	0,45	1,95	36,1790
B20-25%	25	0,42	2,05	37,0269
B20-30%	30	0,39	2,39	43,9721

Dari Gambar dan tabel diatas dapat dilihat bahwa pengurangan jumlah air dalam campuran beton maka faktor air semen akan menurun. Kemudian akan berpengaruh pada peningkatan kuat tekan beton. Hal ini terjadi karena dengan pengurangan kadar air struktur beton akan diperbaiki karena beton lebih padat. Rongga-rongga antara semen dan air akan berkurang sehingga porositas beton juga berkurang dan kemudian akan berpengaruh pada peningkatan kuat tekan beton Hal ini sesuai dengan Neville (1995) bahwa kuat tekan beton akan

meningkat apabila kandungan air pada campuran beton rendah. Namun tentu saja ada batas optimum bahwa pengurangan air akan tetap meningkatkan kuat tekan beton, karena air juga dibutuhkan semen untuk proses hidrasi. Secara umum hubungan kuat tekan dan faktor air semen dapat dilihat dari gambar 5.4. Dari Gambar tersebut terlihat bahwa semakin rendah fas maka semakin tinggi kuat tekan beton. Jadi jelaslah bahwa kuat tekan beton normal akan dapat meningkat tinggi dengan mengurangi kandungan air pada campuran beton normal tersebut. Jadi jelaslah bahwa kuat tekan beton normal akan dapat meningkat tinggi dengan mengurangi kandungan air pada campuran beton normal tersebut.

4. Beton umur 28 hari

Pengaruh pengurangan air terhadap kuat tekan pada beton umur 14 hari dapat dilihat pada Gambar 5.8. Data kuat tekan pada tabel menunjukkan kuat tekan rata-rata dari beberapa sampel beton, adapun untuk data lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran 3.



Gambar 5.8 Grafik hubungan kuat tekan terhadap pengurangan air dengan penambahan *superplasticizer* pada beton dengan f_c 20 MPa umur 28 hari.

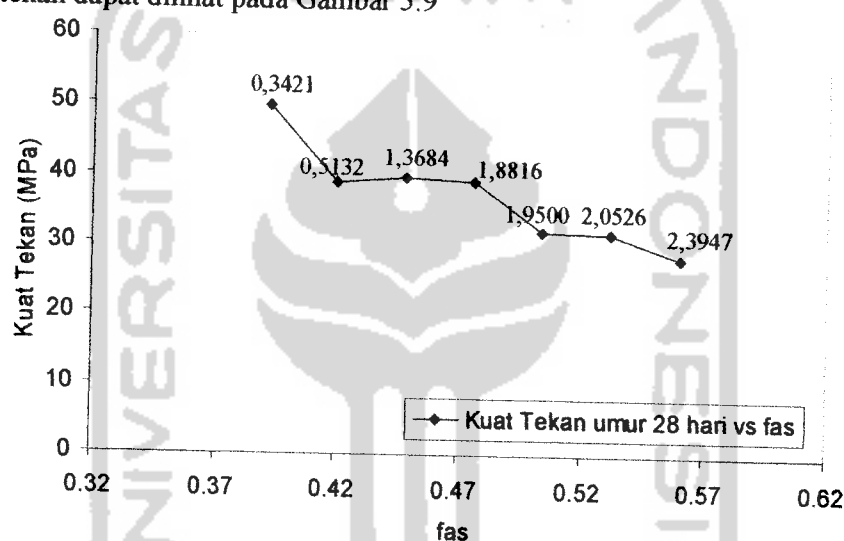
Tabel 5.8 Hubungan kuat tekan dan pengurangan dengan penambahan *superplasticizer* pada beton umur 28 hari

Sampel Beton	%Pengurangan Air	Superplasticizer (%semen)	Kuat Tekan (MPa)	% Peningkatan Kuat Tekan
B20-0%	0	0,34	28,1777	0,0000
B20-5%	5	0,51	31,6163	12,2031
B20-10%	10	1,37	32,1034	13,9319
B20-15%	15	1,88	39,0872	38,7167
B20-20%	20	1,95	39,5596	40,3932
B20-25%	25	2,05	38,8204	37,7699
B20-30%	30	2,39	49,8138	76,7843

Dari data diatas terlihat bahwa kuat tekan cenderung meningkat seiring dengan semakin banyak pengurangan airnya. Pada variasi pengurangan air 0% - 10% yakni pada variasi beton B20-0%, B20-5% dan B20-10% peningkatan kuat tekan yang terjadi masih belum begitu terlihat secara signifikan. Peningkatan yang terjadi hanya sekitar 0 sampai 20% dari kuat tekan beton normal. Persentase peningkatan kuat tekan beton untuk variasi B20-5% adalah 14,2031% dan B20-10% adalah 13,9319%. Pada variasi pengurangan air 15% hingga 30%, peningkatan kuat tekan sudah mulai terlihat secara jelas. Untuk sampel beton peningkatan kuat tekan sebesar B20-15% adalah 38,7167%, B20-20% adalah 40,3932%, B20-25% adalah 37,7399% dan B20-30% adalah 76,7843% dari beton normal. Peningkatan kuat tekan pada sampel beton tersebut sebesar 30% lebih, bahkan pada sampel beton dengan pengurangan air 30% terjadi peningkatan sebesar 76,7843% 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. Namun pada pengurangan air 25% terjadi penurunan kuat tekan. Hal ini dimungkinkan terjadi karena kurang adanya kesesuaian antara penambahan *superplasticizer* dengan kondisi agregat saat itu. Agregat yang terlampau basah mengakibatkan kekuatan beton rendah. Peningkatan kuat tekan akibat pengurangan air mulai terlihat jelas pada pengurangan air dengan dosis yang tinggi yakni lebih besardari 15% hingga 30%. Hal ini sesuai dengan Ramachandran (1979) bahwa penambahan *superplasticizer* dapat mengurangi

kandungan air sampai 30%. Dengan demikian jelaslah bahwa kinerja beton normal dapat meningkat tinggi dengan mengurangi air dengan kombinasi menambahkan *superplasticizer* pada komposisi campuran beton normal dari metode DOE.

Pengurangan kadar air dalam air campuran beton akan mengakibatkan perbandingan air dan semen atau sering disebut faktor air semen (fas) juga akan berubah. Pada umumnya, faktor air-semen merupakan fungsi utama terhadap kuat tekan beton. Semakin rendah faktor air-semen, kuat tekan semakin tinggi atau sebaliknya (Neville, 1995). Hasil penelitian tentang hubungan fas dan peningkatan kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 5.9



Gambar 5.9 Grafik hubungan peningkatan kuat tekan dan faktor air-semen dengan penambahan *superplasticizer* pada beton umur 28 hari

Tabel 5.9 Hubungan kuat tekan dengan faktor air semen dan penambahan *superplasticizer* umur 28 hari

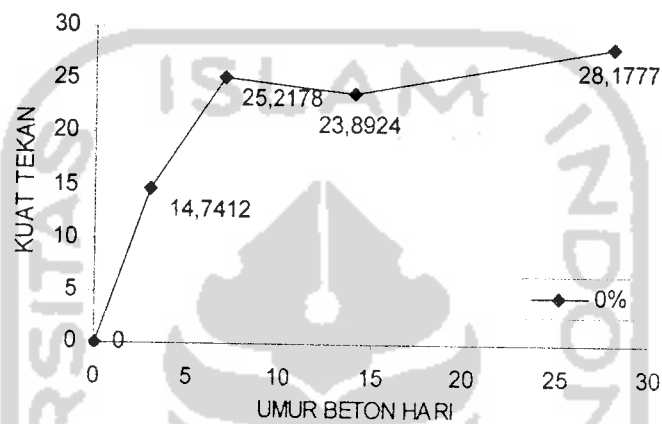
Sampel Beton	Pengurangan air	faktor air semen	Superplasticizer (% semen)	Kuat tekan (Mpa)
B20-0%	0	0.56	0.34	28.1777
B20-5%	5	0.53	0.51	31.6163
B20-10%	10	0.50	1.37	32.1034
B20-15%	15	0.48	1.88	39.0872
B20-20%	20	0.45	1.95	39.5596
B20-25%	25	0.42	2.05	38.8204
B20-30%	30	0.39	2.39	49.8138

Dari Gambar dan tabel diatas dapat dilihat bahwa pengurangan jumlah air dalam campuran beton maka faktor air semen akan menurun. Kemudian akan berpengaruh pada peningkatan kuat tekan beton. Hal ini terjadi karena dengan pengurangan kadar air struktur beton akan diperbaiki karena beton lebih padat. Rongga-rongga antara semen dan air akan berkurang sehingga porositas beton juga berkurang dan kemudian akan berpengaruh pada peningkatan kuat tekan beton Hal ini sesuai dengan Neville (1995) bahwa kuat tekan beton akan meningkat apabila kandungan air pada campuran beton rendah. Namun tentu saja ada batas optimum bahwa pengurangan air akan tetap meningkatkan kuat tekan beton, karena air juga dibutuhkan semen untuk proses hidrasi. Secara umum hubungan kuat tekan dan faktor air semen dapat dilihat dari gambar 5.4. Dari Gambar tersebut terlihat bahwa semakin rendah fas maka semakin tinggi kuat tekan beton Jadi jelaslah bahwa kuat tekan beton normal akan dapat meningkat tinggi dengan mengurangi kandungan air pada campuran beton normal tersebut. Jadi jelaslah bahwa kuat tekan beton normal akan dapat meningkat tinggi dengan mengurangi kandungan air pada campuran beton normal tersebut.

Dari hasil pengujian, penggunaan *superplasticizer* dengan merek dagang Sikament NN mampu mereduksi air maksimal 30% dengan peningkatan kelecakan maupun kuat tekan secara maksimal. Hal ini sesuai dengan yang dihasilkan oleh para peneliti seperti yang dilakukan Ramachandran (1979) bahwa penambahan *superplasticizer* dapat mengurangi kandungan air sampai 30%. Menurut *Transportation research circular no. 365* (1990) bahwa *superplasticizer* mampu mereduksi pemakaian air antara 12–25% tanpa mempengaruhi kelecakan yang dihasilkan beton kinerja tinggi dan beton keras lebih padat, serta kuat tekan mampu mencapai 96,5 MPa setelah umur 28 hari. Hasil penelitian Cook (1994) bahwa *superplasticizer* dapat mengurangi kandungan air antara 15–35% dan menghasilkan beton dengan nilai *slump* antara 200–250 mm. Dengan demikian jelaslah bahwa kinerja beton normal dapat meningkat tinggi dengan mengurangi air dengan kombinasi menambahkan *superplasticizer* pada komposisi campuran beton normal dari metode DOE.

5.5 Hubungan Kuat Tekan dengan Umur Beton

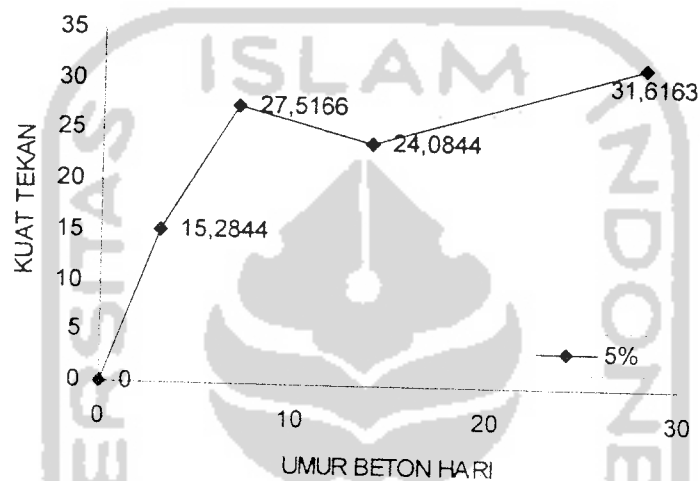
Umur beton merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya kuat tekan suatu beton karena dengan bertambahnya umur (termasuk umur perawatan) maka kuat tekan beton akan meningkat. Perawatan dalam kajian ini adalah perawatan basah berupa perendaman. Pengaruh umur beton terhadap kuat tekan untuk berbagai variasi pengurangan kandungan air dan penambahan *superplasticizer* ditunjukkan pada Gambar 5.6.



Gambar 5.10. Grafik hubungan kuat tekan terhadap umur beton dengan variasi pengurangan air sebesar 0% dan penambahan SP 0,3421%.

Dari Gambar 5.10 terlihat peningkatan kuat tekan terjadi seiring bertambahnya umur beton. Peningkatan kuat tekan beton pada umur 7 hari dari umur 3 hari terlihat cukup tinggi rata-rata sekitar 55,0101% dan meningkat lagi pada umur 28 hari sebesar 73,2041% dari kuat tekan beton umur 3 hari. Peningkatan kuat tekan awal yang tinggi pada umur 7 hari terjadi karena proses hidrasi semen, dan kuat tekan akan meningkat lagi pada umur 28. Hal ini sesuai dengan pendapat Tri Mulyono (2003) bahwa kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton, kekuatan beton akan naik secara cepat sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Hal ini juga dimungkinkan peningkatan kuat tekan awal yang tinggi pada umur 7 hari karena penambahan *superplasticizer* selain akibat dari pengurangan air. Penambahan *superplasticizer* dengan dosis yang optimum akan mempercepat proses hidrasi semen dan menghasilkan kuat tekan awal yang tinggi. Namun pada umur 14 hari

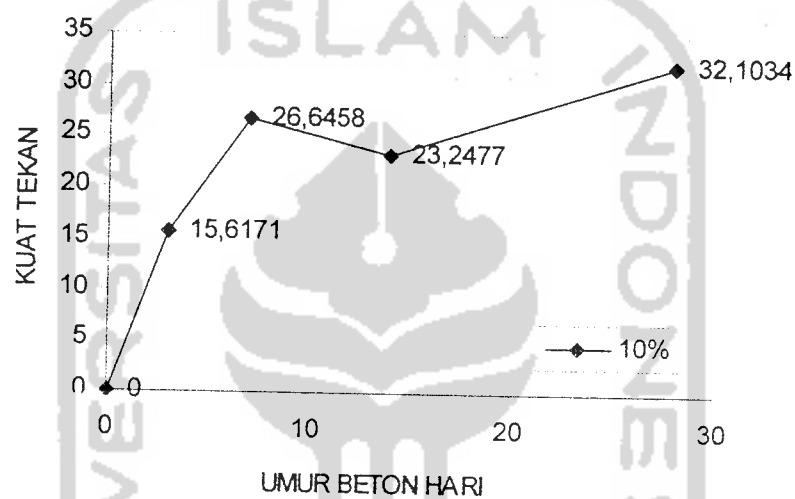
kuat tekan beton rendah, hal ini mungkin disebabkan karena dosis *superplasticizer* yang tidak sesuai dengan kondisi beton basah sehingga mengakibatkan workabilitas beton tinggi sehingga campuran beton menjadi encer serta pengikatan pasta semen terhadap agregat kurang baik. Namun secara keseluruhan kuat tekan akan terus meningkat hingga umur 28 hari. Hal ini sesuai pendapat Ilham (2003) bahwa penambahan optimum *superplasticizer* pada umur 7 hari akan mencapai kekuatan awal yang tinggi dan meningkat lagi pada umur 28 hari.



Gambar 5.11. Grafik hubungan kuat tekan terhadap umur beton dengan variasi pengurangan air sebesar 5% dan penambahan SP 0,5132%.

Dari Gambar 5.11 terlihat peningkatan kuat tekan terjadi seiring bertambahnya umur beton. Peningkatan kuat tekan beton pada umur 7 hari dari umur 3 hari terlihat cukup tinggi rata-rata sekitar 60,2931% dan meningkat lagi pada umur 28 hari hari sebesar 84,1753% dari kuat tekan beton umur 3 hari. Peningkatan kuat tekan awal yang tinggi pada umur 7 hari terjadi karena proses hidrasi semen, dan kuat tekan akan meningkat lagi pada umur 28. Hal ini sesuai dengan pendapat Tri Mulyono (2003) bahwa kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton, kekuatan beton akan naik secara cepat sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Hal ini juga dimungkinkan peningkatan kuat tekan awal yang tinggi pada umur 7 hari karena penambahan *superplasticizer* selain akibat dari pengurangan air. Penambahan *superplasticizer* dengan dosis yang optimum akan mempercepat proses hidrasi

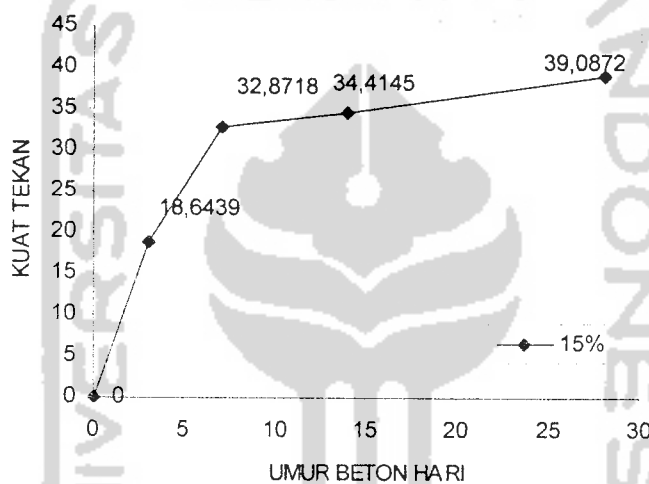
semen dan menghasilkan kuat tekan awal yang tinggi. Namun pada umur 14 hari kuat tekan beton rendah, hal ini mungkin disebabkan karena dosis *superplasticizer* yang tidak sesuai dengan kondisi beton basah sehingga mengakibatkan workabilitas beton tinggi sehingga campuran beton menjadi encer serta pengikatan pasta semen terhadap agregat kurang baik. Namun secara keseluruhan kuat tekan akan terus meningkat hingga umur 28 hari. Hal ini sesuai pendapat Ilham (2003) bahwa penambahan optimum *superplasticizer* pada umur 7 hari akan mencapai kekuatan awal yang tinggi dan meningkat lagi pada umur 28 hari.



Gambar 5.12. Grafik hubungan kuat tekan terhadap umur beton dengan variasi pengurangan air sebesar 10% dan penambahan SP 1,3684%.

Dari Gambar 5.12 terlihat peningkatan kuat tekan terjadi seiring bertambahnya umur beton. Peningkatan kuat tekan beton pada umur 7 hari dari umur 3 hari terlihat cukup tinggi rata-rata sekitar 54,7699% dan meningkat lagi pada umur 28 hari sebesar 86,4698% dari kuat tekan beton umur 3 hari. Peningkatan kuat tekan awal yang tinggi pada umur 7 hari terjadi karena proses hidrasi semen, dan kuat tekan akan meningkat lagi pada umur 28. Hal ini sesuai dengan pendapat Tri Mulyono (2003) bahwa kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton, kekuatan beton akan naik secara cepat sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Hal ini juga dimungkinkan peningkatan kuat tekan awal yang tinggi pada umur 7 hari karena penambahan *superplasticizer* selain akibat dari pengurangan air. Penambahan

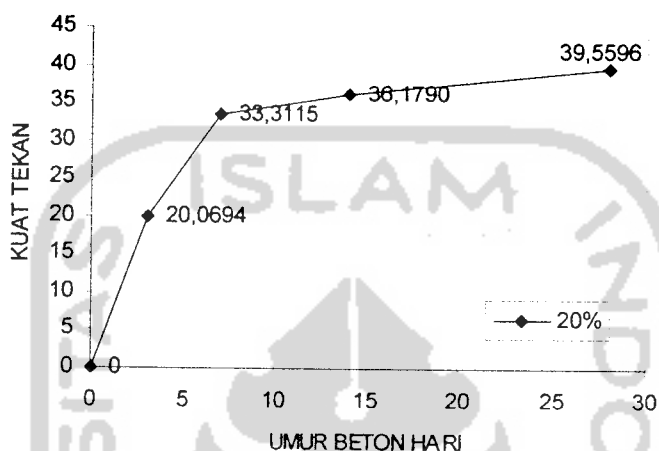
superplasticizer dengan dosis yang optimum akan mempercepat proses hidrasi semen dan menghasilkan kuat tekan awal yang tinggi. Namun pada umur 14 hari kuat tekan beton rendah, hal ini mungkin disebabkan karena dosis *superplasticizer* yang tidak sesuai dengan kondisi beton basah sehingga mengakibatkan workabilitas beton tinggi sehingga campuran beton menjadi encer serta pengikatan pasta semen terhadap agregat kurang baik. Namun secara keseluruhan kuat tekan akan terus meningkat hingga umur 28 hari. Hal ini sesuai pendapat Ilham (2003) bahwa penambahan optimum *superplasticizer* pada umur 7 hari akan mencapai kekuatan awal yang tinggi dan meningkat lagi pada umur 28 hari.



Gambar 5.13. Grafik hubungan kuat tekan terhadap umur beton dengan variasi pengurangan air sebesar 15% dan penambahan SP 1,8816%.

Dari Gambar 5.13 terlihat peningkatan kuat tekan terjadi seiring bertambahnya umur beton. Peningkatan kuat tekan beton pada umur 7 hari dari umur 3 hari terlihat cukup tinggi rata-rata sekitar 76,314% dan meningkat lagi pada umur 28 hari hari sebesar 109,6513% dari kuat tekan beton umur 3 hari. Peningkatan kuat tekan awal yang tinggi pada umur 7 hari terjadi karena proses hidrasi semen, dan kuat tekan akan meningkat lagi pada umur 28. Hal ini sesuai dengan pendapat Tri Mulyono (2003) bahwa kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton, kekuatan beton akan naik secara cepat sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Hal ini juga dimungkinkan peningkatan kuat tekan awal yang tinggi pada umur 7 hari karena

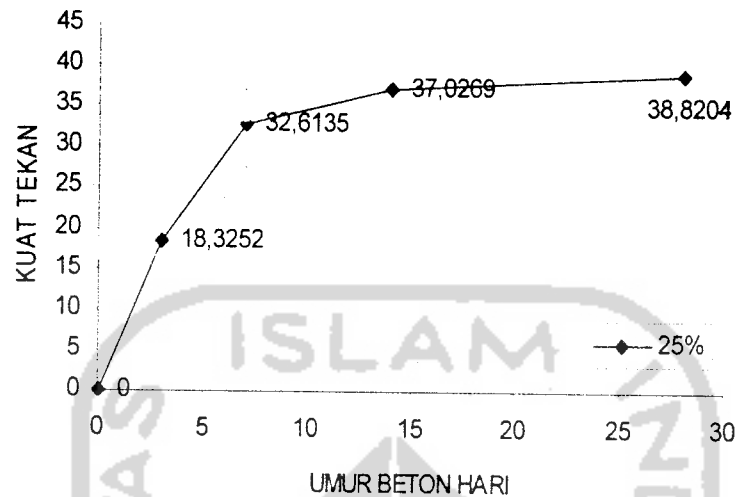
penambahan *superplasticizer* selain akibat dari pengurangan air. Penambahan *superplasticizer* dengan dosis yang optimum akan mempercepat proses hidrasi semen dan menghasilkan kuat tekan awal yang tinggi. Hal ini sesuai pendapat Ilham (2003) bahwa penambahan optimum *superplasticizer* pada umur 7 hari akan mencapai kekuatan awal yang tinggi dan meningkat lagi pada umur 28 hari.



Gambar 5.14. Grafik hubungan kuat tekan terhadap umur beton dengan variasi pengurangan air sebesar 20% dan penambahan SP 1,9500%.

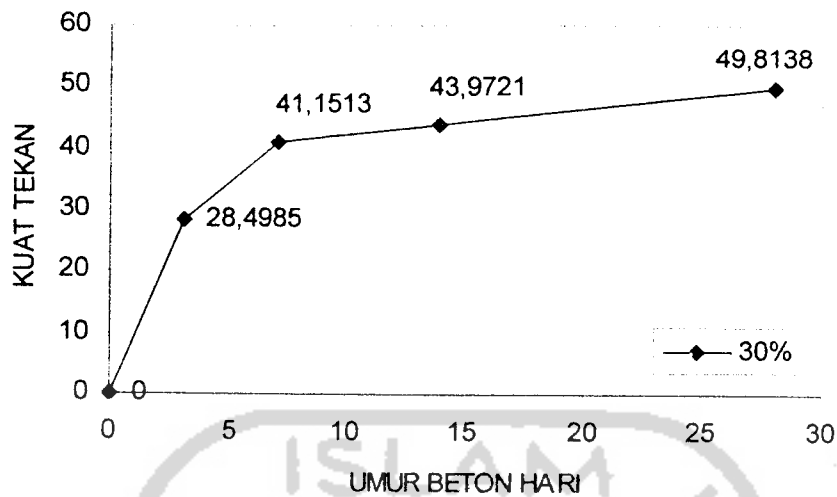
Dari Gambar 5.14 terlihat peningkatan kuat tekan terjadi seiring bertambahnya umur beton. Peningkatan kuat tekan beton pada umur 7 hari dari umur 3 hari terlihat cukup tinggi rata-rata sekitar 65,9817% dan meningkat lagi pada umur 28 hari hari sebesar 97,1139% dari kuat tekan beton umur 3 hari. Peningkatan kuat tekan awal yang tinggi pada umur 7 hari terjadi karena proses hidrasi semen, dan kuat tekan akan meningkat lagi pada umur 28. Hal ini sesuai dengan pendapat Tri Mulyono (2003) bahwa kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton, kekuatan beton akan naik secara cepat sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Hal ini juga dimungkinkan peningkatan kuat tekan awal yang tinggi pada umur 7 hari karena penambahan *superplasticizer* selain akibat dari pengurangan air. Penambahan *superplasticizer* dengan dosis yang optimum akan mempercepat proses hidrasi semen dan menghasilkan kuat tekan awal yang tinggi. Hal ini sesuai pendapat

Ilham (2003) bahwa penambahan optimum *superplasticizer* pada umur 7 hari akan mencapai kekuatan awal yang tinggi dan meningkat lagi pada umur 28 hari.



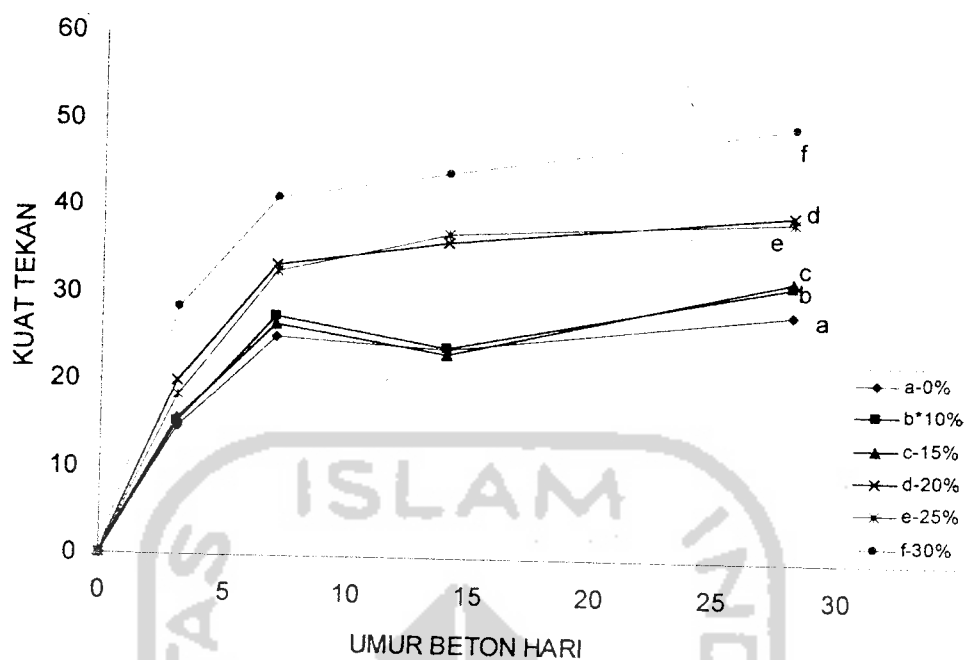
Gambar 5.15. Grafik hubungan kuat tekan terhadap umur beton dengan variasi pengurangan air sebesar 25% dan penambahan SP 2,0526%.

Dari Gambar 5.15 terlihat peningkatan kuat tekan terjadi seiring bertambahnya umur beton. Peningkatan kuat tekan beton pada umur 7 hari dari umur 3 hari terlihat cukup tinggi rata-rata sekitar 73,0221% dan meningkat lagi pada umur 28 hari sebesar 105,9514% dari kuat tekan beton umur 3 hari. Peningkatan kuat tekan awal yang tinggi pada umur 7 hari terjadi karena proses hidrasi semen, dan kuat tekan akan meningkat lagi pada umur 28. Hal ini sesuai dengan pendapat Tri Mulyono (2003) bahwa kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton, kekuatan beton akan naik secara cepat sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Hal ini juga dimungkinkan peningkatan kuat tekan awal yang tinggi pada umur 7 hari karena penambahan *superplasticizer* selain akibat dari pengurangan air. Penambahan *superplasticizer* dengan dosis yang optimum akan mempercepat proses hidrasi semen dan menghasilkan kuat tekan awal yang tinggi. Hal ini sesuai pendapat Ilham (2003) bahwa penambahan optimum *superplasticizer* pada umur 7 hari akan mencapai kekuatan awal yang tinggi dan meningkat lagi pada umur 28 hari.



Gambar 5.16. Grafik hubungan kuat tekan terhadap umur beton dengan variasi pengurangan air sebesar 30% dan penambahan SP 2,3947%.

Dari Gambar 5.16 terlihat peningkatan kuat tekan terjadi seiring bertambahnya umur beton. Peningkatan kuat tekan beton pada umur 7 hari dari umur 3 hari terlihat cukup tinggi rata-rata sekitar 44,3983% dan meningkat lagi pada umur 28 hari sebesar 74,7943% dari kuat tekan beton umur 3 hari. Peningkatan kuat tekan awal yang tinggi pada umur 7 hari terjadi karena proses hidrasi semen, dan kuat tekan akan meningkat lagi pada umur 28. Hal ini sesuai dengan pendapat Tri Mulyono (2003) bahwa kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton, kekuatan beton akan naik secara cepat sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Hal ini juga dimungkinkan peningkatan kuat tekan awal yang tinggi pada umur 7 hari karena penambahan *superplasticizer* selain akibat dari pengurangan air. Penambahan *superplasticizer* dengan dosis yang optimum akan mempercepat proses hidrasi semen dan menghasilkan kuat tekan awal yang tinggi. Hal ini sesuai pendapat Ilham (2003) bahwa penambahan optimum *superplasticizer* pada umur 7 hari akan mencapai kekuatan awal yang tinggi dan meningkat lagi pada umur 28 hari.



Gambar 5.17. Grafik hubungan kuat tekan terhadap umur beton dengan berbagai variasi pengurangan air dan penambahan SP

Tabel 5.10 Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur

Sampel Beton	% Pengurangan Air	Kuat tekan rata-rata beton berbagai umur (MPa)			
		3 hari	7 hari	14 hari	28 hari
B20-0%	0	14,7412	26,9463	23,8924	28,1777
B20-5%	5	15,2844	27,5166	24,0844	31,6163
B20-10%	10	15,6171	24,9360	21,1325	32,1034
B20-15%	15	18,6439	32,8718	32,4546	39,0872
B20-20%	20	20,0694	33,3115	36,1790	39,5596
B20-25%	25	18,3252	32,6135	37,0269	38,8204
B20-30%	30	28,4985	41,1513	43,9721	49,8138

Dari data diatas terlihat bahwa terjadi peningkatan kuat tekan akibat dari pengaruh umur beton. Pada pengurangan air 0% dan 15% pada umur 14 hari terjadi penurunan kuat tekan disebabkan oleh kadar *superplasticizer* yang tidak sesuai dengan kondisi agregat pada campuran beton yang berdampak pada workabilitas beton menjadi besar sehingga jarak partikel-partikel semen menjadi jauh yang menyebabkan pengikatan semen terhadap agregat menjadi lambat.

Pada penelitian ini kuat tekan rencana adalah 20 MPa, namun setelah ditambah dengan nilai margin kuat tekan rata-rata yang direncanakan menjadi 26,888 MPa. Dari hasil penelitian diperoleh kuat tekan yang memenuhi kuat tekan rata-rata yang direncanakan dicapai pada beton dengan umur 28 hari untuk setiap variasi pengurangan air. Untuk sampel beton dengan variasi umur yang lain, kuat tekan rata-rata yang direncanakan dipenuhi oleh beton dengan pengurangan air yang tinggi. Untuk umur 3 hari dicapai pada pengurangan air 30%, pada umur 7 hari dicapai pada pengurangan air 0%, dan pada umur 14 hari dicapai pada pengurangan air 15%.

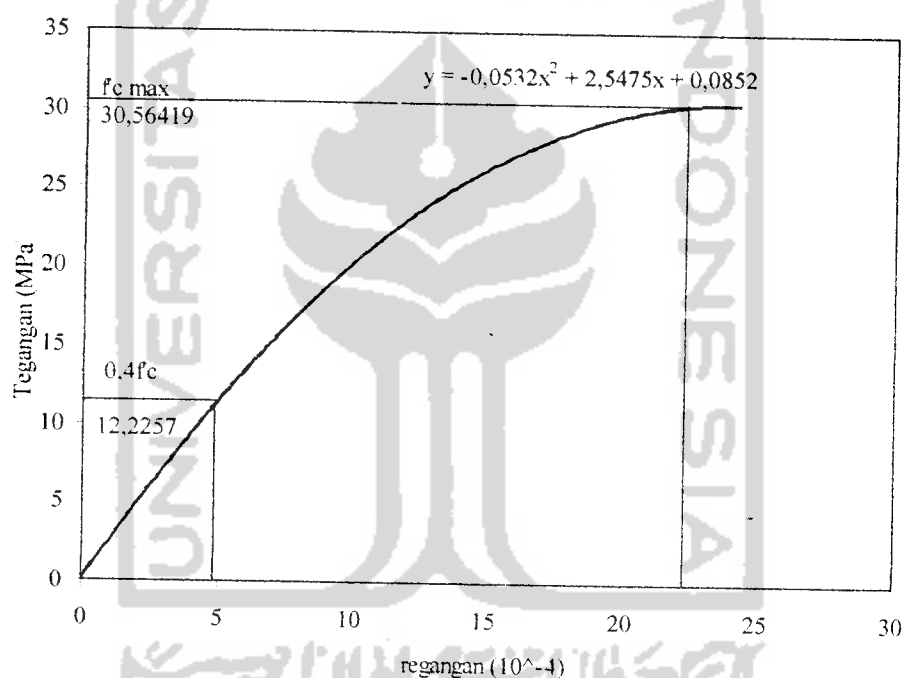
Tabel 5.11 Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur

Umur	Perbandingan kuat tekan pada berbagai variasi pengurangan air							Menurut PBBI 1971
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	
3	0,52	0,48	0,49	0,48	0,51	0,47	0,57	0,40
7	0,89	0,87	0,83	0,84	0,84	0,84	0,83	0,65
14	0,85	0,76	0,72	0,88	0,91	0,95	0,88	0,88
28	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Dari tabel diatas terlihat bahwa kekuatan beton meningkat seiring bertambahnya umur. Peningkatan secara signifikan terlihat jelas pada umur 3 hari menuju 7 hari. Apabila dibandingkan dengan beton normal menurut PBBI Th.1971 peningkatan kekuatan dari berbagai hari tidak menunjukkan peningkatan yang signifikan. Dari hasil penelitian ini terlihat bahwa beton mempunyai peningkatan kuat awal yang tinggi. Hal ini mungkin terjadi akibat pengurangan air yang dilakukan pada beton. Yang pada dasarnya beton hanya membutuhkan sedikitnya 30% air dari berat semen untuk proses hidrasi dengan semen, dan kelebihan air digunakan sebagai fungsi workabilitas beton, dengan dikurangnya kandungan air tersebut mengakibatkan beton lebih cepat mengeras sehingga beton mempunyai peningkatan kekuatan awal yang lebih tinggi daripada beton normal tanpa pengurangan air. Namun secara umum kekuatan beton akan meningkat siring bertambah umurnya hingga mencapai kondisi optimimnya.

5.6 Analisis Hubungan Tegangan dan Regangan

Setiap bahan akan mengalami 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). 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. Hasil pengujian tegangan dapat digambarkan dengan

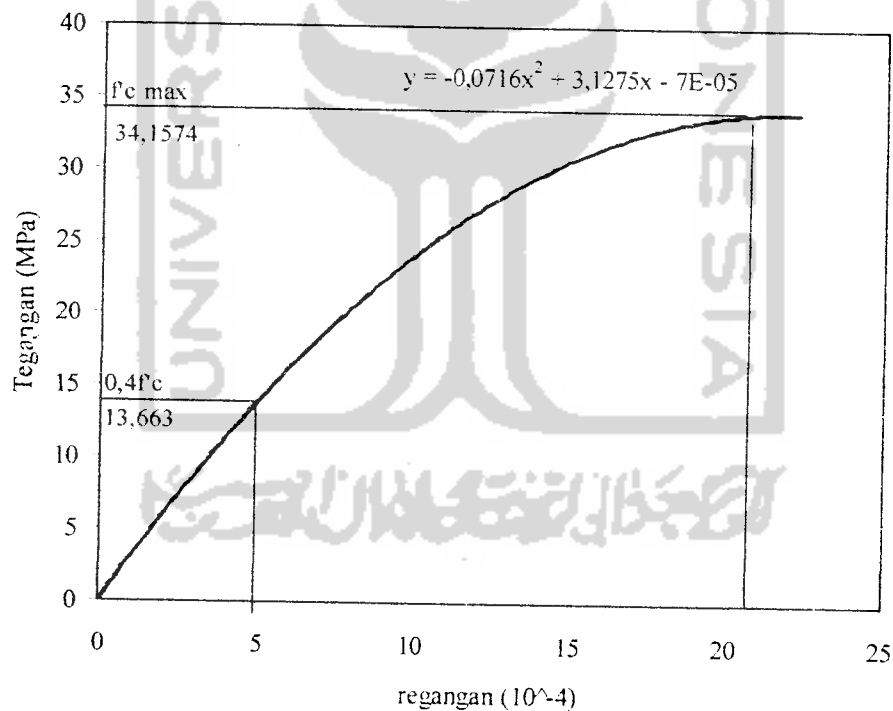


Gambar 5.18 Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan pada beton dengan pengurangan air 0% dengan disertai penambahan *superplasticizer*

Dari gambar 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 sepenuhnya elastis. Bentuk kurva tegangan regangan dipengaruhi oleh karakteristik aregat yang digunakan dan faktor pemadatan. 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 terjadi akibat pembebanan.

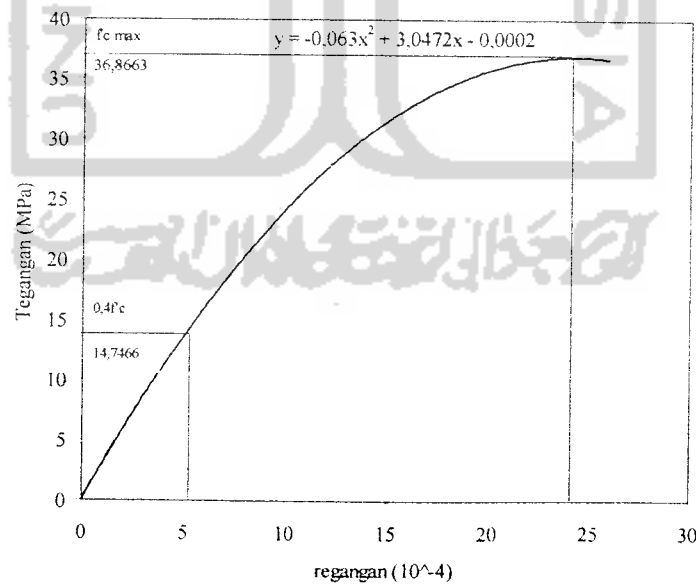
Dari pengujian tegangan regangan pada sampel beton dengan pengurangan 0% didapat tegangan maksimum pada 30,56419 MPa dan regangan hancurnya sebesar 23.9×10^{-4} . Pada kurva tegangan regangan bahwa sekitar 40% dari f_c pada umumnya dianggap linier dengan asumsi bahwa regangan yang terjadi selama pembebanan pada dasarnya dianggap elastis (pada keadaan beban dihilangkan bersifat reversible penuh). Semakin tinggi kekuatan beton maka panjang bagian linier semakin bertambah (Edward G Nawy, 1990). Dan pada kurva diatas batas linier berada pada tegangan sebesar 12,2256 MPa dan besar regangannya adalah $4,9733 \times 10^{-4}$.



Gambar 5.19 Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan pada beton dengan pengurangan air 5% dengan disertai penambahan *superplasticizer*

Dari gambar 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 sepenuhnya elastis. Bentuk kurva tegangan regangan dipengaruhi oleh karakteristik agregat yang digunakan dan faktor pemadatan. 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 terjadi akibat pembebanan.

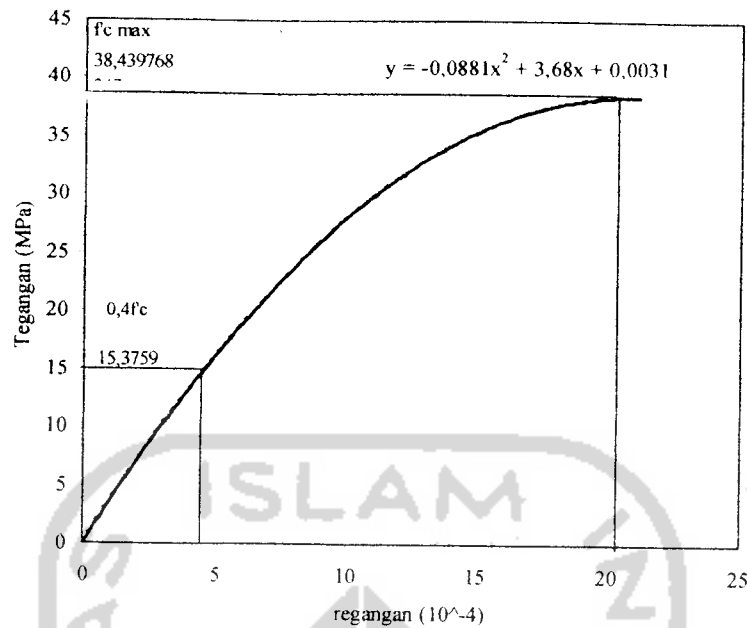
Dari pengujian tegangan regangan pada sampel beton dengan pengurangan 5% didapat tegangan maksimum pada 34,1574 MPa dan regangan hancurnya sebesar $21,800 \times 10^{-4}$. Pada kurva tegangan regangan bahwa sekitar 40% dari f_c pada umumnya dianggap linier dengan asumsi bahwa regangan yang terjadi selama pembebanan pada dasarnya dianggap elastis (pada keadaan beban dihilangkan bersifat reversible penuh). Semakin tinggi kekuatan beton maka panjang bagian linier semakin bertambah (Edward G Nawy, 1990). Dan pada kurva diatas batas linier berada pada tegangan sebesar 13,6629 MPa dan besar regangannya adalah $5,08 \times 10^{-4}$.



Gambar 5.20 Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan pada beton dengan pengurangan air 10% dengan disertai penambahan *superplasticizer*

Dari gambar 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 sepenuhnya elastis. Bentuk kurva tegangan regangan dipengaruhi oleh karakteristik agregat yang digunakan dan faktor pemadatan. 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 terjadi akibat pembebanan.

Dari pengujian tegangan regangan pada sampel beton dengan pegurangan 10% didapat tegangan maksimum pada 36,86638 MPa dan regangan hancurnya sebesar $24,2000 \times 10^{-4}$. Pada kurva tegangan regangan bahwa sekitar 40% dari f_c pada umumnya dianggap linier dengan asumsi bahwa regangan yang terjadi selama pembebanan pada dasarnya dianggap elastis (pada keadaan beban dihilangkan bersifat reversible penuh). Semakin tinggi kekuatan beton maka panjang bagian linier semakin bertambah (Edward G Nawy, 1990). Dan pada kurva diatas batas linier berada pada tegangan sebesar 14,7465 MPa dan besar regangannya adalah $5,6693 \times 10^{-4}$.

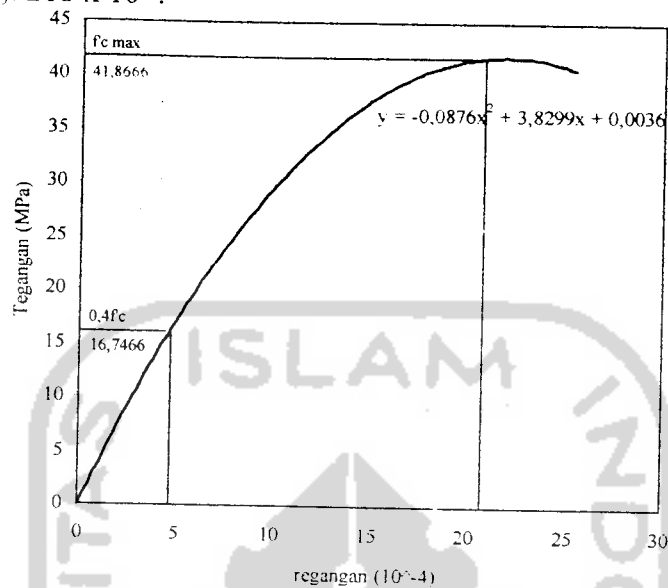


Gambar 5.21 Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan pada beton dengan pengurangan air 15% dengan disertai penambahan *superplasticizer*

Dari gambar 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 sepenuhnya elastis. Bentuk kurva tegangan regangan dipengaruhi oleh karakteristik agregat yang digunakan dan faktor pemadatan. 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 terjadi akibat pembebanan.

Dari pengujian tegangan regangan pada sampel beton dengan pengurangan 15% didapat tegangan maksimum pada 38,4397 MPa dan regangan hancurnya sebesar $20,900 \times 10^{-4}$. Pada kurva tegangan regangan bahwa sekitar 40% dari $f'c$ pada umumnya dianggap linier dengan asumsi bahwa regangan yang terjadi selama pembebanan pada dasarnya dianggap elastis (pada keadaan beban dihilangkan bersifat reversible penuh). Semakin tinggi kekuatan beton maka panjang bagian linier semakin bertambah (Edward G Nawy, 1990). Dan pada kurva diatas batas

linier berada pada tegangan sebesar 15,3756 MPa dan besar regangannya adalah $4,5218 \times 10^{-4}$.

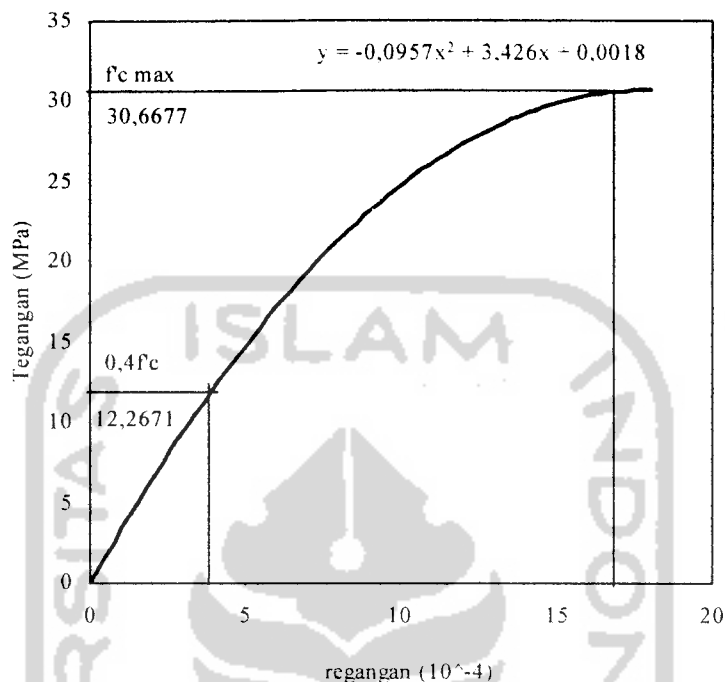


Gambar 5.22 Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan pada beton dengan pengurangan air 20% dengan disertai penambahan *superplasticizer*

Dari gambar 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 sepenuhnya elastis. Bentuk kurva tegangan regangan dipengaruhi oleh karakteristik agregat yang digunakan dan faktor pemadatan. 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 terjadi akibat pembebanan.

Dari pengujian tegangan regangan pada sampel beton dengan pengurangan 20% didapat tegangan maksimum pada 41,8666 MPa dan regangan hancurnya sebesar $21,9000 \times 10^{-4}$. Pada kurva tegangan regangan bahwa sekitar 40% dari f_c pada umumnya dianggap linier dengan asumsi bahwa regangan yang terjadi selama pembebanan pada dasarnya dianggap elastis (pada keadaan beban dihilangkan bersifat reversible penuh). Semakin tinggi kekuatan beton maka panjang bagian linier semakin bertambah (Edward G Nawy, 1990). Dan pada

kurva diatas batas linier berada pada tegangan sebesar 16,7466 MPa dan besar regangannya adalah $4,8629 \times 10^{-4}$.

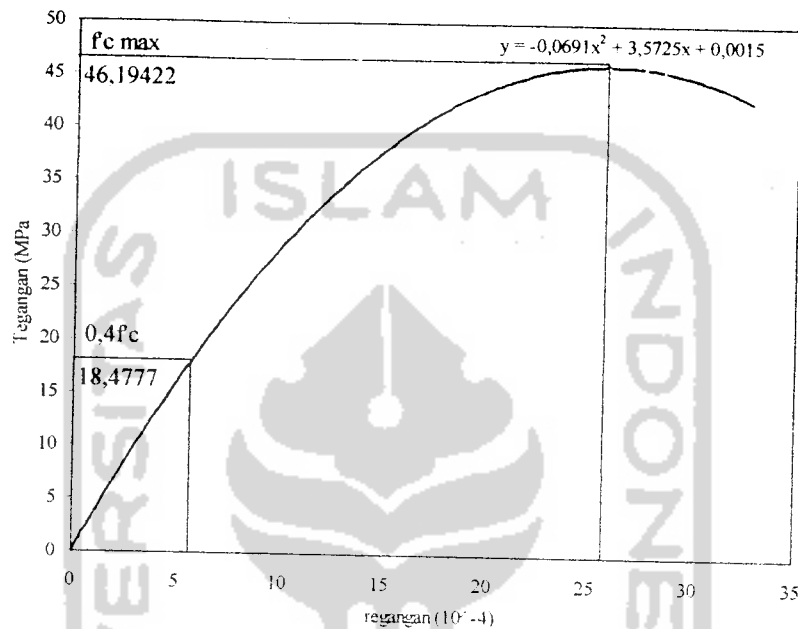


Gambar 5.23 Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan pada beton dengan pengurangan air 25% dengan disertai penambahan *superplasticizer*

Dari gambar 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 sepenuhnya elastis. Bentuk kurva tegangan regangan dipengaruhi oleh karakteristik agregat yang digunakan dan faktor pemadatan. 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 terjadi akibat pembebanan.

Dari pengujian tegangan regangan pada sampel beton dengan pengurangan 25% didapat tegangan maksimum pada 30,6677 MPa dan regangan hancurnya sebesar $17,900 \times 10^{-4}$. Pada kurva tegangan regangan bahwa sekitar 40% dari f'_c pada umumnya dianggap linier dengan asumsi bahwa regangan yang terjadi selama

pembebanan pada dasarnya dianggap elastis (pada keadaan beban dihilangkan bersifat reversible penuh). Semakin tinggi kekuatan beton maka panjang bagian linier semakin bertambah (Edward G Nawy, 1990). Dan pada kurva diatas batas linier berada pada tegangan sebesar 12,2670 MPa dan besar regangannya adalah $3,8153 \times 10^{-4}$.



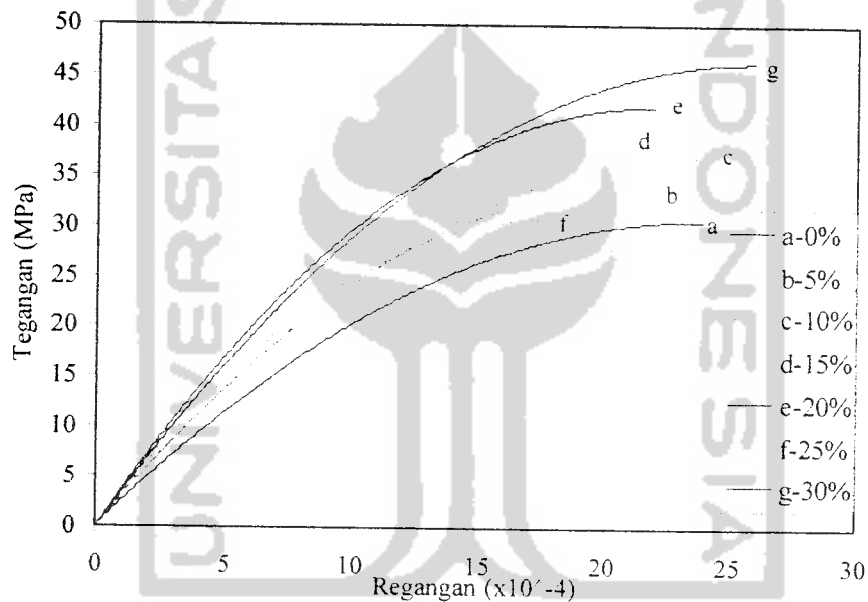
Gambar 5.24 Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan pada beton dengan pengurangan air 30% dengan disertai penambahan *superplasticizer*

Dari gambar 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 sepenuhnya elastis. Bentuk kurva tegangan regangan dipengaruhi oleh karakteristik aregat yang digunakan dan faktor pemadatan. 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 terjadi akibat pembebanan.

Dari pengujian tegangan regangan pada sampel beton dengan pegurangan 30% didapat tegangan maksimum pada 46,1942 MPa dan regangan hancurnya

sebesar $25,9000 \times 10^{-4}$. Pada kurva tegangan regangan bahwa sekitar 40% dari f_c pada umumnya dianggap linier dengan asumsi bahwa regangan yang terjadi selama pembebanan pada dasarnya dianggap elastis (pada keadaan beban dihilangkan bersifat reversible penuh). Semakin tinggi kekuatan beton maka panjang bagian linier semakin bertambah (Edward G Nawy, 1990). Dan pada kurva diatas batas linier berada pada tegangan sebesar 18,4777 MPa dan besar regangannya adalah $5,6646 \times 10^{-4}$.

Apabila grafik tegangan regangan untuk semua variasi pengurangan air digabung dapat terlihat bahwa pada beton dengan pengurangan air 30% mempunyai kekakuan yang lebih. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada grafik 5.24.



Gambar 5.25 Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan pada beton dengan semua variasi pengurangan air dan penambahan *superplasticizer*

Dari gambar grafik diatas terlihat bahwa ada beton dengan pengurangan air tinggi mempunyai tegangan maksimum yang tinggi pula. Dan beton dengan tegangan maksimum yang tinggi maka batas plastis beton yang diambil sekitar 40% tegangan maksimum dimana kurva dianggap linier juga lebih akan lebih panjang. Ditunjukkan pula pada grafik bahwa pada beton dengan pengurangan air tinggi dibutuhkan tegangan yang lebih tinggi untuk mencapai regangan yang sama

pada beton dengan pengurangan air rendah. Hal ini membuktikan bahwa beton dengan pengurangan air lebih tinggi cenderung mempunyai kekakuan yang lebih pula. Edward G Nawy mengatakan bahwa semakin tinggi kekuatan beton panjang bagian linier pada kurva semakin bertambah, dan ada reduksi daktilitas apabila kekuatan beton bertambah.

5.7 Modulus Elastis

Modulus elastis merupakan sifat beton yang berkaitan dengan mudah atau tidaknya beton mengalami deformasi. Menurut Edward G Nawy modulus elastis adalah kemiringan suatu garis lurus yang menghubungkan titik 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. Dari modulus elastis ini maka dapat diketahui seberapa besar kekakuan beton. Hasil perhitungan Modulus Elastis dapat diketahui dari tabel berikut.

Tabel 5.12 Tabel Perhitungan Modulus Elastis Beton

Variasi Beton	Tegangan Max (MPa)	Tegangan (MPa)	Regangan (10^{-4})	Modulus Elastis Uji Lab.(MPa)	Modulus Elastis SNI (MPa)
B20-0%	30,5642	12,2257	4,9733	24582,6260	25983,8995
B20-5%	34,1574	13,6630	5,0800	26895,5906	27468,8363
B20-10%	36,8664	14,7466	5,6693	26011,2383	28537,3141
B20-15%	38,4398	15,3759	4,5218	34003,9483	29139,9103
B20-20%	41,8666	16,7466	4,8630	34437,0444	30411,0703
B20-25%	30,6677	12,2671	3,8153	32152,3667	26027,8598
B20-30%	46,1942	18,4777	5,6646	32619,3543	31944,1767

Keterangan :

Modulus Elastis didapat dari perhitungan dengan rumus :

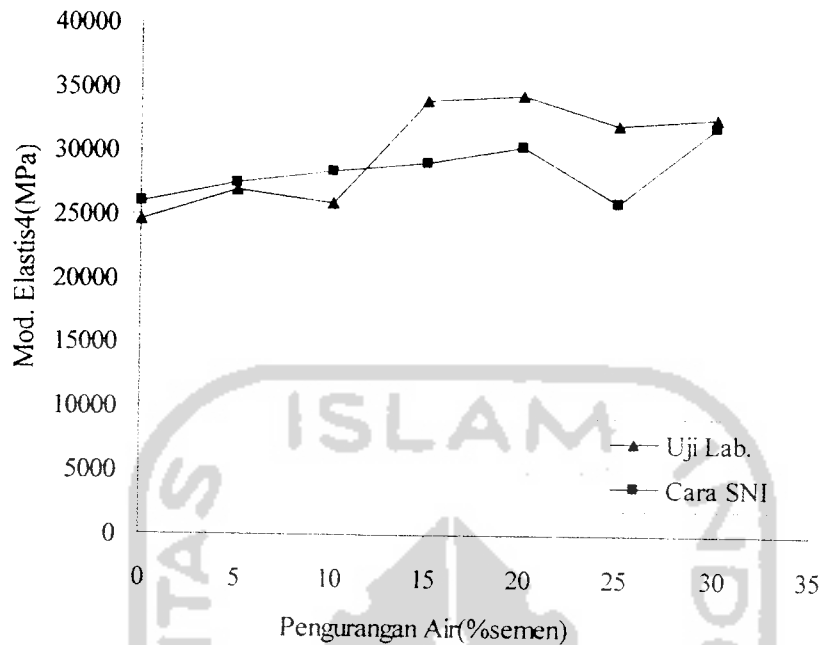
$$\text{Modulus Elastis (Ec)} = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

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 didapat dari perhitungan dengan rumus :

$$\text{Modulus Elastis (Ec)} = 4700 \sqrt{f'_c} \text{ (MPa)}$$



Grafik 5.26 Perbandingan antara nilai modulus elastis dari uji laboratorium dan dari perhitungan cara SNI pada setiap variasi pengurangan air

Dari tabel diatas dapat dilihat Modulus Elastisitas yang paling kecil adalah pada beton B20-0% dengan nilai sebesar 24582,6260 MPa dan relatif terus meningkat sampai beton B20-30% dengan pengurangan air 30%. Modulus Elastisitas paling besar yakni pada sampel beton B20-30% dengan nilai sebesar 32169,3543 MPa. Hal ini mungkin disebabkan karena beton B20-30% mempunyai tegangan plastis yang paling tinggi dibanding dengan beton lainnya yakni sebesar 18,4777 MPa. Dari data juga dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan nilai modulus elastis berdasarkan perhitungan dari grafik tegangan regangan dibandingkan dengan nilai berdasarkan cara SNI. Terlihat bahwa pada sampel beton dengan pengurangan air rendah antara 0% - 10% nilai modulus elastis menunjukkan nilai yang lebih tinggi pada perhitungan berdasarkan cara SNI, dan untuk sampel beton dengan pengurangan air tinggi lebih besar dari 15% nilai modulus elastis terlihat lebih tinggi pada perhitungan berdasarkan grafik tegan regangan. Ketidaksesuaian ini meungkin disebabkan karena pengerjaan sampel yang kurang baik dalam hal pemadatan. Dan mungkin juga karena keterbatasan jumlah sampel beton uji

sehingga kurang terlihat jelas perbedaaan nilai modulus elastis yang dihitung berdasarkan grafik tegangan regangan dan perhitungan berdasar rumus SNI.

Besarnya modulus elastis dipengaruhi sekali oleh karakteristik agregat. 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 terjadi akibat pembebanan. Pada beberapa sampel beton mengalami penurunan modulus elastis mungkin dikarenakan kurangnya kontrol terhadap agregat dan dalam faktor pemadatan beton. Beton dengan pemadatan kurang baik akan menimbulkan keropos antar agregat sehingga daya ikat antar agregat menjadi lemah kemudian mengakibatkan beton menjadi rapuh dan mudah patah. Beton dengan kuat tekan tinggi akan mempunyai modulus elastis yang tinggi pula, karena beton dengan kuat tekan tinggi akan mempunyai daerah linier pada kurva yang lebih panjang dibanding beton dengan kuat tekan yang lebih kecil. Edward G Nawy mengatakan bahwa semakin rendah kekuatan beton semakin tinggi regangan hancurnya, semakin tinggi kekuatan beton panjang bagian linier pada kurva semakin bertambah, dan ada reduksi daktilitas apabila kekuatan beton bertambah.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisikan tentang kesimpulan 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. Karakteristik beton segar dapat diketahui kelecakannya dengan melihat parameter nilai *slump*. Nilai *slump* rencana lebih besar dari 150 mm tercapai setelah dilakukan penambahan *superplasticizer* dimana beton segar tidak terjadi *bleeding* maupun segregasi.
2. Kuat tekan rata-rata tertinggi sebesar 49,8138 MPa untuk kuat tekan rencana 20 MPa dicapai oleh kombinasi pengurangan air 30 % dan penambahan SP 2,3947 % dari berat semen.
3. Mutu beton dengan variasi B20-0% menghasilkan kuat tekan 28,177 MPa, B20-5% menghasilkan kuat tekan 31,616 MPa, B20-10% menghasilkan kuat tekan 31,103 Mpa, B20-15% menghasilkan kuat tekan 39,087 Mpa, untuk variasi B20-20% menghasilkan kuat tekan rata-rata 39,559 MPa, B20-25% menghasilkan kuat tekan 38,820 MPa dan B20-30% menghasilkan kuat tekan 49,8138 MPa.
4. Penambahan *superplasticizer* dengan merk dagang “Sikament NN” sebesar 2,34947% pada pengurangan air 30% merupakan penambahan *superplasticizer* dengan kadar paling tinggi tanpa terjadi *bleeding* dan segregasi.
5. Beton dengan pengurangan air dan penambahan *superplasticizer* mempunyai peningkatan kuat tekan awal yang lebih tinggi apabila dibanding

dengan beton normal menurut PBTI 1971. Peningkatan kuat tekan terlihat jelas pada umur 3 hari menuju umur 7 hari.

6. 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 49,8138 MPa dengan modulus elastis sebesar 32619,3543 MPa.

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. Perlu dilakukan penelitian dengan penambahan *superplasticizer* dengan kadar yang tertatur antara 0 – 3% terhadap berat semen.
3. Perlu dilakukan penelitian tentang penggunaan *superplasticizer* dengan merk dagang "Sikament NN" yang dibandingkan dengan merk dagang lain.
4. Dalam penelitian berikutnya disarankan untuk dilakukan kontrol kualitas material dengan lebih baik untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ade Ilham, Syafruddin, Hastoro, 2005, Pengaruh Kandungan Air Dan Penambahan Superplasticizer Pada Komposisi Campuran Beton Kuat Tekan 30 Dan 40 Mpa, Yogyakarta.
- Buku Panduan Praktikum Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia, 2004.
- 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 Pemakaian 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 UIL, Jogjakarta.

-----, 1971, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*, N. 1-2. Jakarta Direktorat Jendral Cipta Karya.



LAMPIRAN 1

- Lembar Konsultasi





UNTUK DOSEN

KARTU PRESENSI KONSULTASI TUGAS AKHIR MAHASISWA

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

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Agung Fajar M	02 511 180	Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR

Pengaruh Bahan Tambah Superplasticizer (Sikamen MH) Terhadap Kuat Desak Beton Fc 20 Mpa Dan Pengurangan Jumlah Air

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

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



Jogjakarta ,29-Sep-06
a.n. Dekan

Ir.H.Faisal A.M., MS

Catatan :
Seminar :
Sidang :
Pendadaran :



UNTUK MAHASISWA

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Agung Fajar M	02 511 180	Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR

Pengaruh Bahan Tambah Superplasticizer (Sikamen NN) Terhadap Kuat Desak Beton Fc 20 Mpa Dan Pengurangan Jumlah Air

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 , 29-Sep-06
 a.n. Dekan



[Signature]
 Ir.H.Faisol AM, MS

Call : per pembimbing ke 31/5/07

Catatan :
Seminar :
Sidang :
Pendadaran :

LAMPIRAN 2

- **Perencanaan Kebutuhan Adukan Beton**



Perencanaan Kebutuhan Adukan Beton

A. Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan 28 hari.

Beton akan dipakai untuk pembuatan sampel dengan kuat tekan $f'_c = 20 \text{ MPa}$

Jenis semen : jenis I (Portland Cement)

Jenis kerikil : batu pecah

Ukuran maksimum kerikil : 20 mm

Nilai slump : 30 – 60 mm

Jenis pasir : agak kasar (golongan dua)

B. Menetapkan nilai deviasi standar (sd).

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

- a) Jika pelaksana tidak mempunyai data pengalaman atau mempunyai pengalaman kurang dari 15 benda uji, maka nilai deviasi standar diambil dari tingkat pengendalian mutu pekerjaan dibawah ini

Tabel 1.1 Tingkat pengendalian mutu pekerjaan dan standar deviasi

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	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 dengan suatu faktor pengali

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)

$$M = K \times Sd \dots\dots\dots(1.1)$$

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 :

$$M = 1,64 \times 4,2 = 6,888 \text{ Mpa}$$

D. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan

$$f'_{cr} = f'_c + M \dots\dots\dots(1.2)$$

Keterangan :

f'_{cr} = Kuat tekan rata-rata

f'_c = Kuat tekan yang disyaratkan

M = Nilai tambah

$$f'_{cr} = 40 + 6,888 = 26,888 \text{ MPa}$$

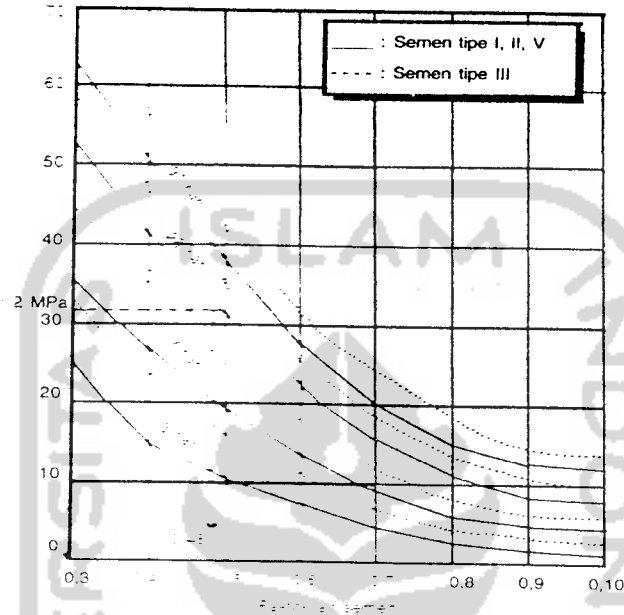
E. Menetapkan Jenis Semen

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 ($f'_{cr} = 26,888 \text{ Mpa}$) 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 0,56. Jadi f.a.s pertama – **0,56**



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

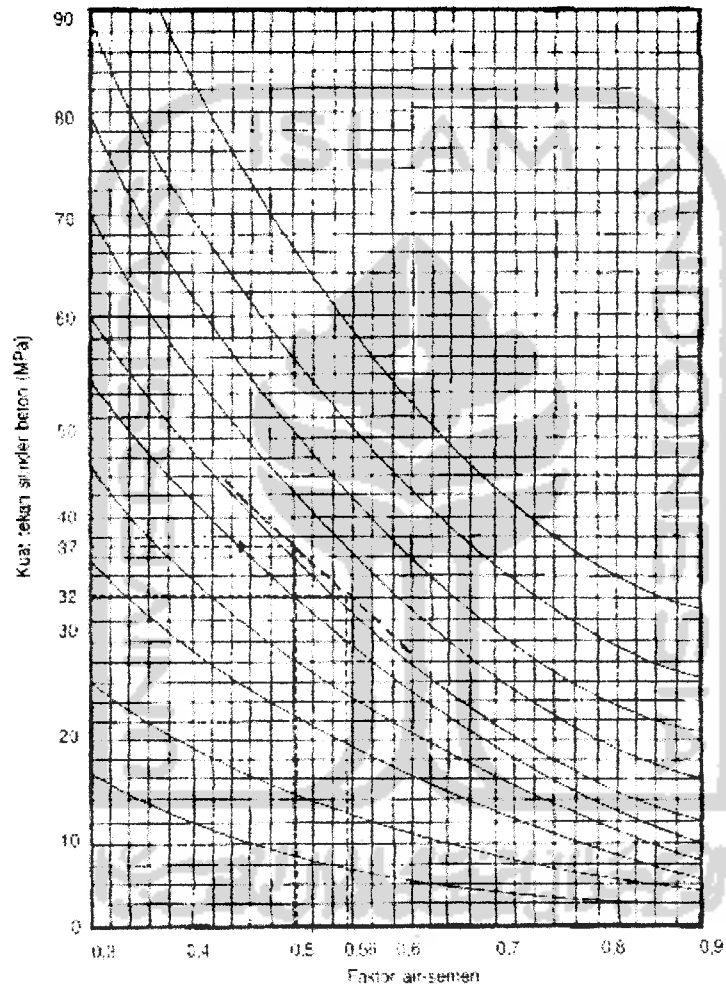
Cara kedua : Diketahui jenis semen I, jenis agregat kasar batu pecah. Kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari maka digunakan tabel dibawah ini.

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 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 $f'_{cr} =$

26,888 tarik ke kanan memotong garis putus yang dibuat tadi di B dan tarik garis ke bawah maka diperoleh faktor air-semen yang baru yaitu = 0,65. Jadi fas kedua = 0,65

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 :	0,55
- Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
- Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	
Beton yang masuk kedalam tanah :	
- Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
- Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	Lihat tabel

Tab

Beton yang berhubungan dengan air tawar/payau/laut	Lihat tabel
--	-------------

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

Dari ketiga cara diatas, diperoleh masing-masing fas 0,36 ; 0,41; 0,6 maka nilai fas diambil nilai yang terendah yaitu **0,36**

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 :

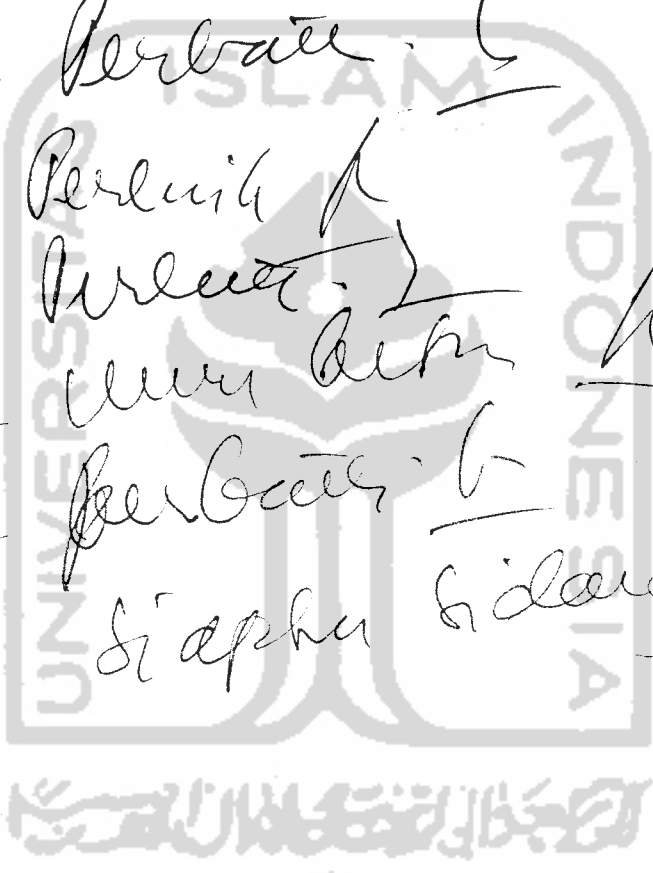
Tabel 1.6 Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton (liter)

Besarnya 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)

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TANDA TANGGA
-			
	27/2/07	Daftar hadir	
	1/3/07	Buat pembahasan	df
	2/3/07	siapa lap df	
	12/3/07	siapa utk sidang df	
	20/3/07	Perbaiki	
	28/3/07	Perbaiki	
	29/3/07	Perbaiki	
	24/4/07	Perbaiki	
	3/4/07	Urus buku	
	4/4/07	Perbaiki	
	5/4/07	Siapa sidang	



Tabel 1.7 Penentuan kebutuhan air berdasarkan agregat

Besarnya 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 :

$$\text{Berat Semen} = \frac{W}{C} \dots\dots\dots(1.3)$$

Keterangan :

W = Jumlah air yang dibutuhkan

C = Faktor air-semen maksimum

$$\text{Berat Semen} = \frac{210}{0,56} = 375 \text{ kg/m}^3$$

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 $583,3 \text{ kg/m}^3$

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

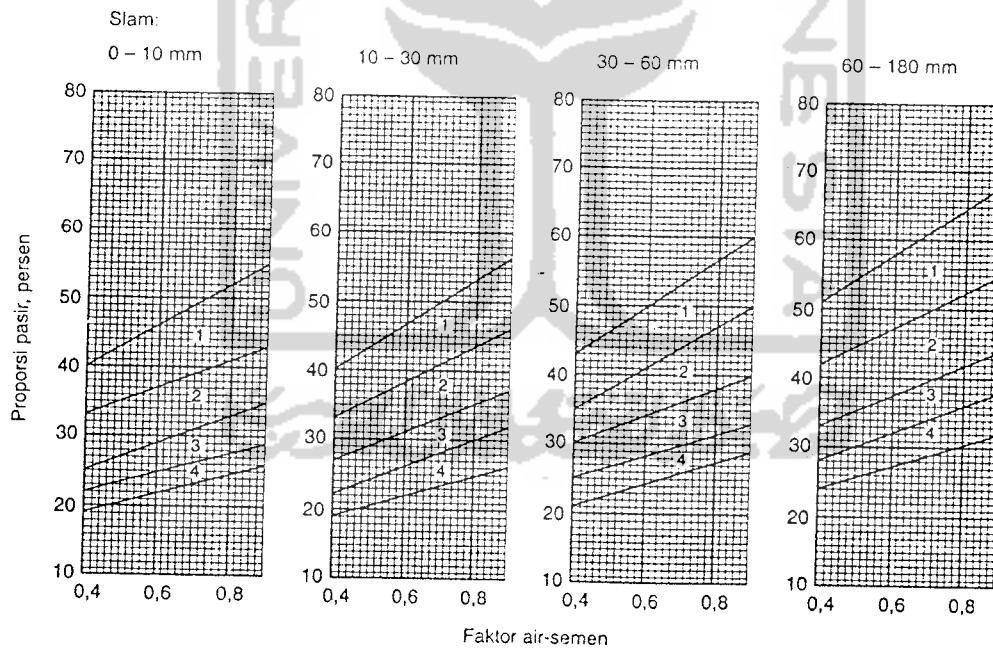
Tabel 1.9 Gradasi Pasir

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.



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

Fas = 0,56
 Daerah pasir = daerah 2
 Slump = 30 – 60 mm
 Agregat maksimum = 20 mm
Maka didapat persentase pasir = 36%
persentase kerikil = 64%

M. Menentukan berat jenis campuran pasir dan kerikil

$$Bj \text{ campuran} = \frac{P}{100} \times Bj \text{ pasir} + \frac{K}{100} \times Bj \text{ kerikil} \dots\dots\dots(1.4)$$

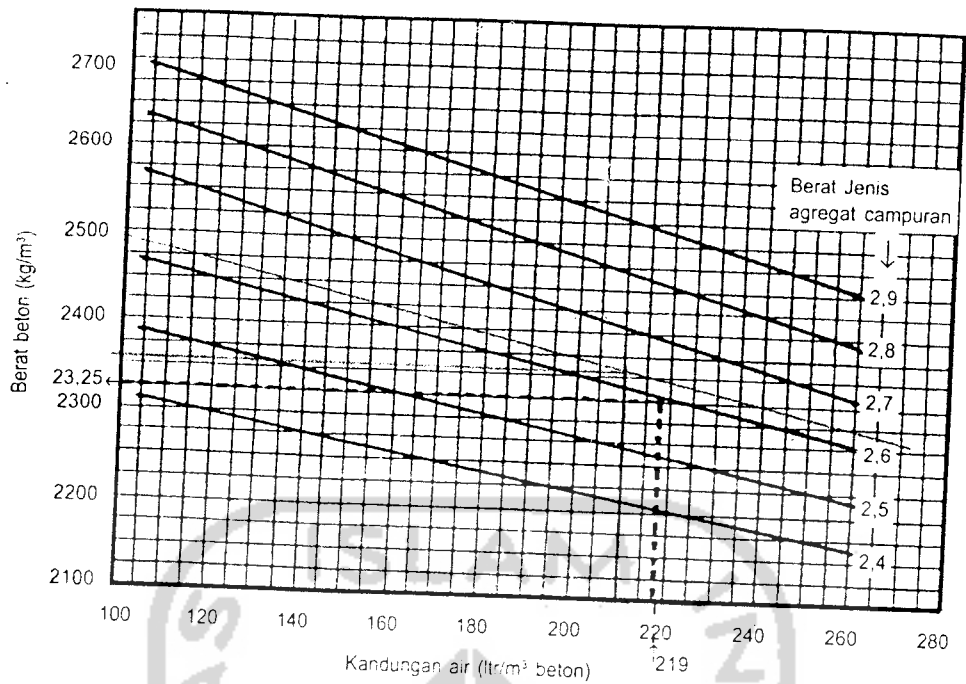
Keterangan :

Bj campuran = Berat jenis campuran
 P = Persentase pasir terhadap agregat campuran
 K = Persentase kerikil terhadap agregat campuran

$$Bj \text{ campuran} = \left(\frac{36}{100} \times 2,621\right) + \left(\frac{64}{100} \times 2,643\right) = 2,635 \text{ t/m}^3$$

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 2350 kg/m^3 dengan cara kebutuhan air

O. Menentukan Kebutuhan Pasir dan Kerikil

$$\begin{aligned} \text{Berat pasir} + \text{berat kerikil} &= \text{berat beton} - \text{kebutuhan air} - \text{kebutuhan semen} \\ &= 2350 - 210 - 375 = 1765 \text{ kg} \end{aligned}$$

P. Menentukan Kebutuhan Pasir

$$\text{Kebutuhan pasir} = 1765 \times 36\% = 635,4 \text{ kg}$$

Q. Menentukan Kebutuhan Kerikil

$$1765 - 635,4 = 1129,6 \text{ kg}$$

**Formulir Perancangan Adukan Beton
(Menurut Standar Pekerjaan Umum)**

No	Uraian	Jumlah
1	Kuat tekan yang disyaratkan pada umur 28 hari	20 Mpa
2	Deviasi standar	4,2 MPa
3	Nilai tambah	6,888 MPa
4	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan	26,888 MPa
5	Jenis semen	biasa
6	Jenis agregat kasar	batu pecah
7	Faktor air semen	0,56
8	Nilai slump	30-60 mm
9	Ukuran maksimum agregat	20 mm
10	Kebutuhan Air	210 ltr
11	Kebutuhan semen portland	375 kg
12	Daerah gradasi agregat halus	2
13	Persen berat agregat halus terhadap campuran	36 %
14	Berat jenis agregat campuran	2,635 t/m ³
15	Berat jenis beton	2350 kg/m ³
16	Kebutuhan agregat	1765 kg/m ³
17	Kebutuhan agregat halus	635,4 kg/m ³
18	Kebutuhan agregat kasar	1129,6 kg/m ³

Kesimpulan

Volume	Berat total	Air	Semen	Ag. halus	Ag. kasar
1 m ³	2350 kg	210 kg	375 kg	635,4 kg	1129,6 kg



**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

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR PASIR

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

Penguji : Agung Fajar M
Ditest tanggal : 22 Juni 2006
Pasir asal : Cangkringan Kaliurang
Keperluan : Tugas Akhir

URAIAN	Contoh 1	Contoh 2	Contoh 3
Berat Pasir Kering Mutlak, gram (Bk)	474	480	478
Berat Pasir Kondisi Jenuh Kering Muka, gram	500	500	500
Berat Piknometer Berisi Pasir dan Air, gram (Bt)	1142	1147,5	1132
Berat Piknometer Berisi Air, gram (B)	831,5	831,5	831,5
Berat Jenis Curah, gram/cm ³ (1) $Bk / (B + 500 - Bt)$	2,5013	2,609	2,396
Berat Jenis Jenuh Kering Muka, gram/cm ³ (2) $500 / (B + 500 - Bt)$	2,64	2,717	2,506
Berat Jenis Semu (3) $Bk / (B + Bk - Bt)$	2,899	2,926	2,693
Penyerapan Air (4) $(500 - Bk) / Bk \times 100\%$	5,485 %	4,167 %	4,603 %

URAIAN	Rata-rata
Berat Pasir Kering Mutlak, gram (Bk)	477,33
Berat Pasir Kondisi Jenuh Kering Muka, gram	500
Berat Piknometer Berisi Pasir dan Air, gram (Bt)	1140,5
Berat Piknometer Berisi Air, gram (B)	831,5
Berat Jenis Curah, gram/cm ³ (1) $Bk / (B + 500 - Bt)$	2,502
Berat Jenis Jenuh Kering Muka, gram/cm ³ (2) $500 / (B + 500 - Bt)$	2,621
Berat Jenis Semu (3) $Bk / (B + Bk - Bt)$	2,834
Penyerapan Air (4) $(500 - Bk) / Bk \times 100\%$	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/cm³

Yogyakarta, 15 Desember 2006

Disahkan

Dikerjakan oleh

Agung Fajar M
**LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII**

Agung Fajar M



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14.4 Tlp. (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR
KRICA/KERIKIL

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

Penguji : Agung Fajar M
Ditest tanggal : 23 Juni 2006
Krikil asal : Clereng Kulonprogo
Keperluan : Tugas Akhir

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

URAIAN	Rata-rata
Berat Kerikil Kering Mutlak, gram (Bk)	4812
Berat Kerikil Kondisi Jenuh Kering Muka, gram (Bj)	5000
Berat Kerikil Dalam Air, gram (Ba)	3108,33
Berat Jenis Curah..... (1) Bk / (Bj - Ba)	2,544
Berat Jenis jenuh Kering Muka..... (2) Bj / (Bj - Ba)	2,643
Berat Jenis Semu..... (3) Bk / (Bk - Ba)	2,825
Penyerapan Air..... (4) (Bj - Bk) / Bk x 100%	3,907 %

Kesimpulan : berat jenis jenuh kering muka agregat tersebut = 2,544 gr/cm³

Yogyakarta, 15 Desember 2006

Disahkan

Dikerjakan oleh

LABORATORIUM

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

Agung Fajar M



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

Penguji : Agung Fajar M
Ditest tanggal : 22 Juni 2006
Krikil asal : Clereng Kulonprogo
Keperluan : Tugas Akhir

Uraian	Contoh 1	Contoh 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	Contoh 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, 15 Desember 2005

Disahkan

Dikerjakan oleh

Agung

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL

Agung Fajar M



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

DATA MODULUS HALUS BUTIR (MHB) AGREGAT HALUS
No. / Ka.Ops. / LBKT / / 2006

Penguji : Agung Fajar M
Ditests 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	-

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

Yogyakarta, 15 Desember 2006

Disahkan

Dikerjakan oleh

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UJI

Agung Fajar M



**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

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, 15 Desember 2006

Disahkan

Dikerjakan oleh


LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Agung Fajar M

DATA PENGUJIAN LABORATORIUM BETON f_c 20 MPa

Hasil perencanaan campuran adalah sebagai berikut :

Untuk setiap 1 m³ beton dibutuhkan :

- a) Air = 210 liter
- b) Semen = 375 kg
- c) Pasir = 635,4 kg
- d) Kerikil = 1129,6 kg

Data Nilai Slump

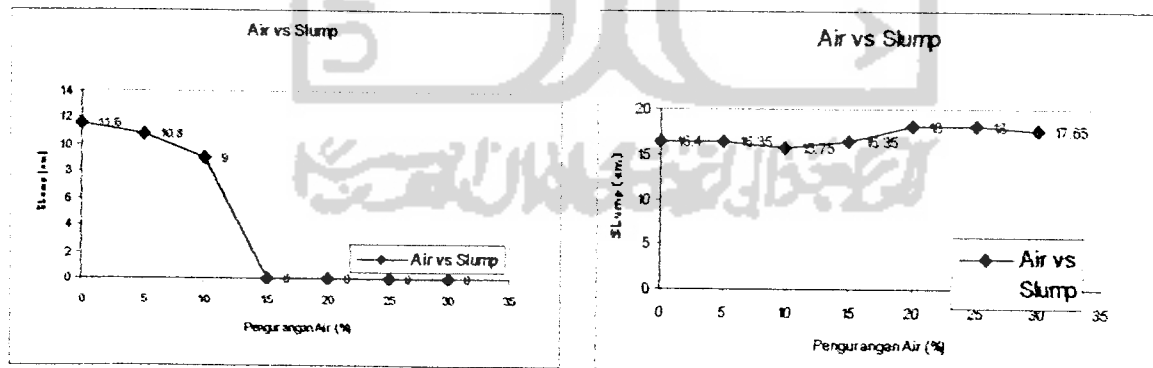
Sampel Beton	(-) air %	Slump Awal (cm)	Slump Akhir (cm)	SP(%semen)
B20-0%	0	11.6	16.4	0.3421
B20-5%	5	10.8	16.35	0.5132
B20-10%	10	9	15.75	1.3684
B20-15%	15	0	16.35	1.8816
B20-20%	20	0	18	1.9500
B20-25%	25	0	18	2.0526
B20-30%	30	0	17.65	2.3947

Keterangan :

B20-0% = beton dengan f_c 20 MPa dengan pengurangan air 0%

Slump Awal = slump sebelum penambahan *superplasticizer*

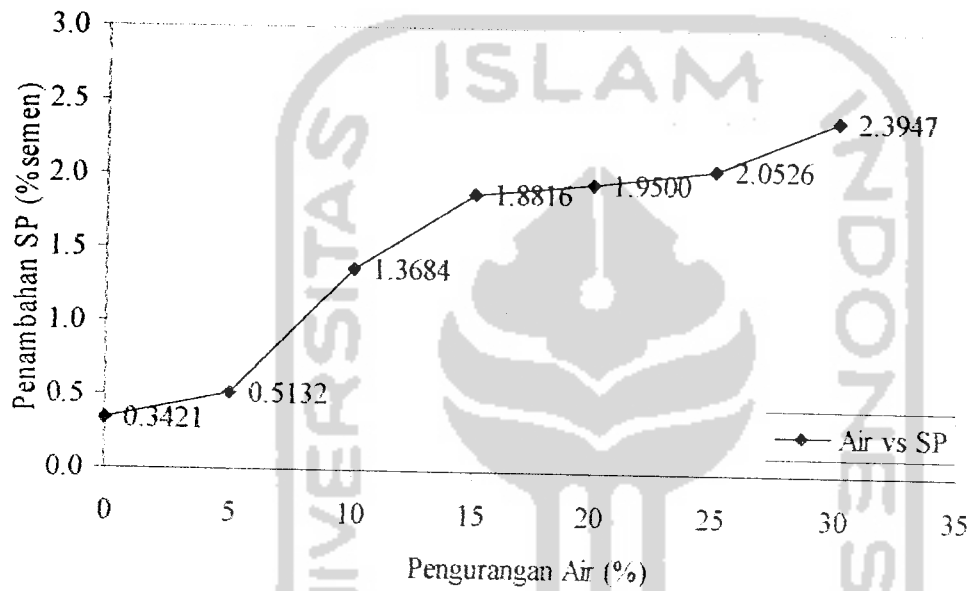
Slump Akhir = slump sesudah penambahan *superplasticizer*



Data Penambahan Superplasticizer

Sampel Beton	% Air	SP(%semen)	Kuat Tekan (MPa)			
			3 hari	7 hari	14 hari	28 hari
B20-0%	0	0.3421	16.2685	26.9463	23.8924	27.9087
B20-5%	5	0.5132	17.1664	26.0598	24.0844	31.1151
B20-10%	10	1.3684	17.2164	26.6458	23.2477	35.4075
B20-15%	15	1.8816	18.6439	31.8066	34.4145	41.8588
B20-20%	20	1.9500	20.0694	33.3115	36.1790	42.8917
B20-25%	25	2.0526	18.8493	33.1066	37.0269	39.1349
B20-30%	30	2.3947	28.4985	41.4567	43.9721	52.3343

Grafik Hubungan Pengurangan Air dan Penambahan Superplasticizer

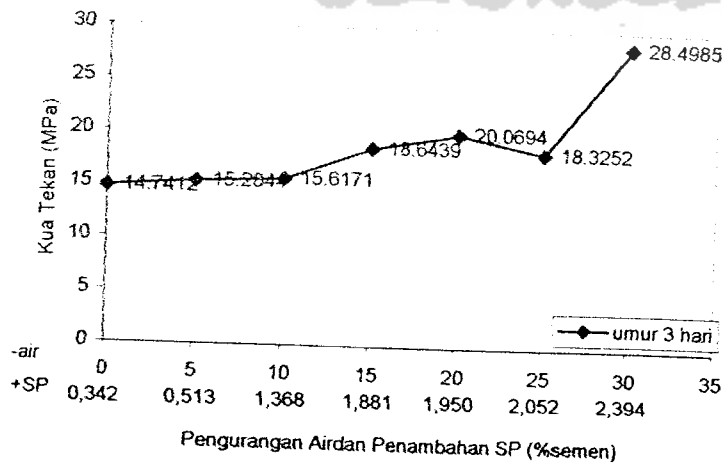


Data Kuat Tekan Beton Umur 3 Hari

Sample	(-) air %	Diameter	P (KN)	A (mm ²)	P (MPa)
B20-0%	0%+SP	15	206.6	17678.57	11.6865
		14.8	277.6	17210.29	16.1299
		14.9	286.2	17443.64	16.4071
rata-rata					14.7412
B20-5%	5%	15.1	249.2	17915.07	13.9101
		14.8	286.7	17210.29	16.6586
rata-rata					15.2844
B20-10%	10%	14.7	238	16978.5	14.0177
		14.8	296.3	17210.29	17.2164
rata-rata					15.6171
B20-15%	15%	15	329.7	17678.57	18.6497
		15.2	325.5	18153.14	17.9308
		15	342.1	17678.57	19.3511
rata-rata					18.6439
B20-20%	20%	14.8	365.1	17210.29	21.2141
		14.9	350.9	17443.64	20.1162
		14.9	329.3	17443.64	18.8779
rata-rata					20.0694
B20-25%	25%	15	314.7	17678.57	17.8012
		14.9	328.8	17443.64	18.8493
rata-rata					18.3252
B20-30%	30%	15.1	510.2	17915.07	28.4788
		15.1	501.9	17915.07	28.0155
		15	512.7	17678.57	29.0012
rata-rata					28.4985

Rata-rata

Sampel Beton	% Pengurangan	Superplasticizer (%semen)	Kuat Tekan (MPa)	% Peningkata
B20-0%	0	0.3421	14.7412	0.0000
B20-5%	5	0.5132	15.2844	3.6849
B20-10%	10	1.3684	15.6171	5.9421
B20-15%	15	1.8816	18.6439	26.4749
B20-20%	20	1.9500	20.0694	36.1453
B20-25%	25	2.0526	18.3252	24.3134
B20-30%	30	2.3947	28.4985	93.3261

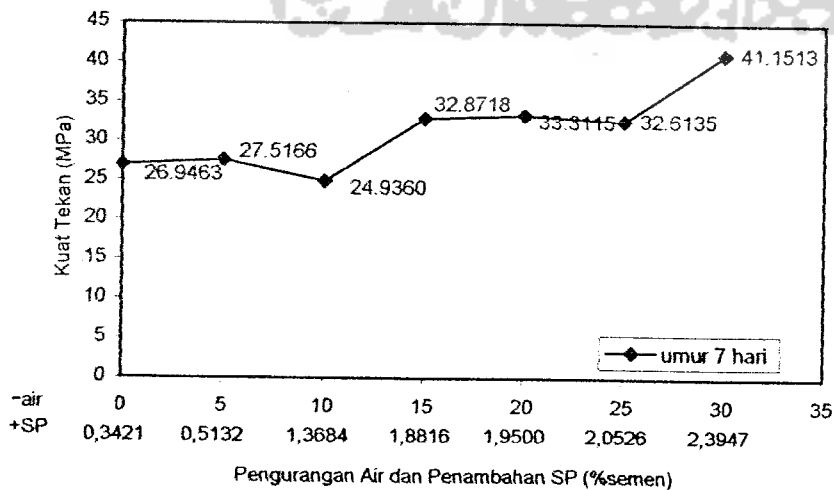


Data Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

Sample	(-) air %	Diameter	P (KN)	A (mm ²)	P (MPa)
B20-0%	0%+SP	15	467.8	17678.57	26.4614
		14.8	472.1	17210.29	27.4313
rata-rata					26.9463
B20-5%	5%	14.9	505.4	17443.64	28.9733
		15	460.7	17678.57	26.0598
rata-rata					27.5166
B20-10%	10%	15.1	416.1	17915.07	23.2263
		14.9	464.8	17443.64	26.6458
rata-rata					24.9360
B20-15%	15%	14.7	576.2	16978.5	33.9370
		14.8	547.4	17210.29	31.8066
rata-rata					32.8718
B20-20%	20%	14.8	589.6	17210.29	34.2586
		14.7	549.5	16978.5	32.3645
rata-rata					33.3115
B20-25%	25%	14.7	562.1	16978.5	33.1066
		14.8	552.8	17210.29	32.1203
rata-rata					32.6135
B20-30%	30%	15	716.7	17678.57	40.5406
		15.1	744.9	17915.07	41.5795
		15.1	740.5	17915.07	41.3339
rata-rata					41.1513

Rata-rata

Sampel Beton	% Pengurangan	Superplastisizer	Kuat Tekan (MPa)	% Peningkatan
B20-0%	0	0.3421	26.9463	0.0000
B20-5%	5	0.5132	27.5166	2.1161
B20-10%	10	1.3684	24.9360	-7.4604
B20-15%	15	1.8816	32.8718	21.9898
B20-20%	20	1.9500	33.3115	23.6217
B20-25%	25	2.0526	32.6135	21.0311
B20-30%	30	2.3947	41.1513	52.7159

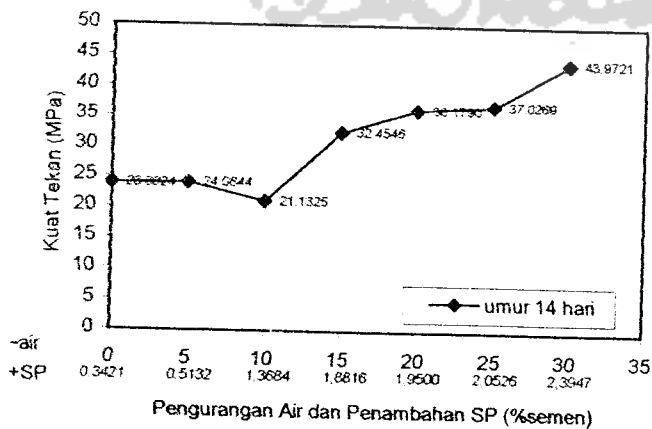


Data Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

Sample	(-) air %	Diameter	P (KN)	A (mm ²)	P (MPa)
B20-0%	0%+SP	15	380.7	17678.57	21.5345
		14.9	457.9	17443.64	26.2503
rata-rata					23.8924
B20-5%	5%	14.8	414.5	17210.29	24.0844
rata-rata					24.0844
B20-10%	10%	14.8	400.1	17210.29	23.2477
		15	336.2	17678.57	19.0174
rata-rata					21.1325
B20-15%	15%	15.1	511.2	17915.07	28.5346
		15	632.9	17678.57	35.8004
		15	583.9	17678.57	33.0287
rata-rata					32.4546
B20-20%	20%	15	778	17678.57	44.0081
		14.9	533.8	17443.64	30.6014
		14.8	583.9	17210.29	33.9274
rata-rata					36.1790
B20-25%	25%	14.9	628.5	17443.64	36.0303
		15.1	644	17915.07	35.9474
		14.9	682.1	17443.64	39.1031
rata-rata					37.0269
B20-30%	30%	15.1	758.2	17915.07	42.3219
		15	750.1	17678.57	42.4299
		15	833.8	17678.57	47.1644
rata-rata					43.9721

Rata-rata

Sampel Beton	% Pengurangan	Superplasti cizer	Kuat Tekan	% Peningkata
B20-0%	0	0.3421	23.8924	0.0000
B20-5%	5	0.5132	24.0844	0.8038
B20-10%	10	1.3684	21.1325	-11.5512
B20-15%	15	1.8816	32.4546	35.8364
B20-20%	20	1.9500	36.1790	51.4246
B20-25%	25	2.0526	37.0269	54.9737
B20-30%	30	2.3947	43.9721	84.0422

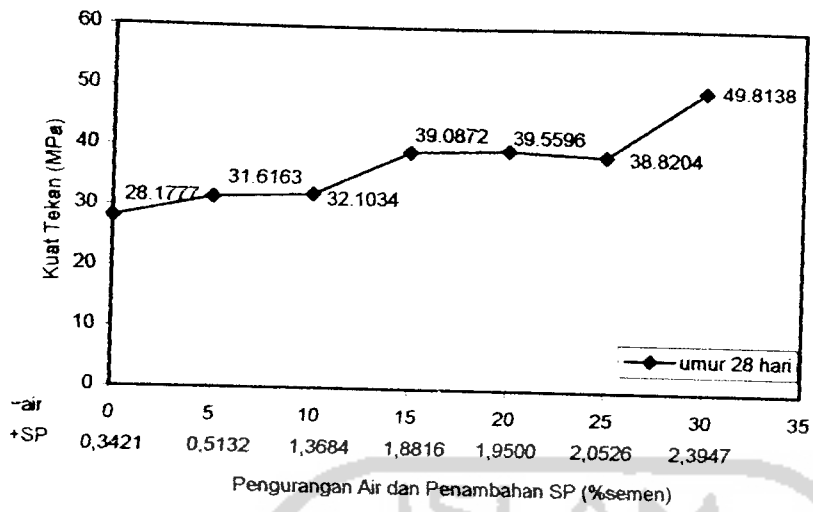


Data Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Sample	(-) air %	Diameter	P (KN)	A (mm ²)	P (MPa)
B20-0%	0%+SP	14.9	500.5	17443.64	28.6924
		15	505.3	17678.57	28.5826
		15.11	474.5	17938.81	26.4510
		14.9	505.6	17443.64	28.9848
rata-rata					28.1777
B20-5%	5%	14.7	513	16978.5	30.2147
		14.6	533	16748.29	31.8242
		14.9	546.1	17443.64	31.3065
		14.8	570	17210.29	33.1197
rata-rata					31.6163
B20-10%	10%	14.7	541.7	16978.5	31.9051
		14.9	519.9	17443.64	29.8046
		14.6	579.5	16748.29	34.6006
rata-rata					32.1034
B20-15%	15%	14.7	698.3	16978.5	41.1285
		14.7	698.8	16978.5	41.1579
		14.9	596.3	17443.64	34.1844
		15	690.4	17678.57	39.0529
		14.8	686.9	17210.29	39.9122
rata-rata					39.0872
B20-20%	20%	14.7	614.6	16978.5	36.1987
		14.7	691.9	16978.5	40.7515
		15	737.7	17678.57	41.7285
rata-rata					39.5596
B20-25%	25%	15	704.3	17678.57	39.8392
		15	679.4	17678.57	38.4307
		15.1	684.2	17915.07	38.1913
rata-rata					38.8204
B20-30%	30%	14.9	874.5	17443.64	50.1329
		14.9	951.3	17443.64	54.5356
		14.9	781	17443.64	44.7728
rata-rata					49.8138

Rata-rata

Sampel Beton	% Pengurang	Superplasti cizer	Kuat Tekan	% Peningkata
B20-0%	0	0.3421	28.1777	0.0000
B20-5%	5	0.5132	31.6163	12.2031
B20-10%	10	1.3684	32.1034	13.9319
B20-15%	15	1.8816	39.0872	38.7167
B20-20%	20	1.9500	39.5596	40.3932
B20-25%	25	2.0526	38.8204	37.7699
B20-30%	30	2.3947	49.8138	76.7843

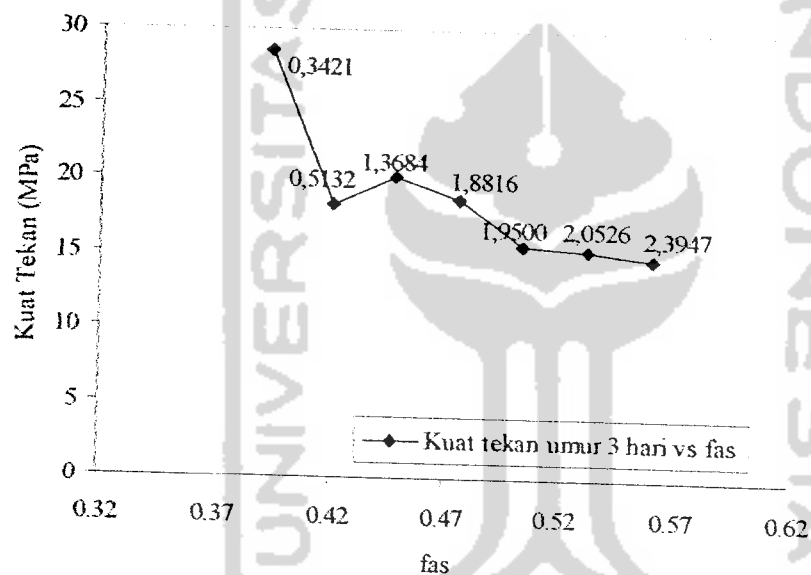


DATA KUAT TEKAN DAN FAKTOR AIR SEMEN (FAS) BETON UMUR 3 HARI

Tabel hubungan kuat tekan dan fas

Sampel Beton	faktor air semen	Superplasticizer (% semen)	Kuat tekan (Mpa)
B20-0%	0.56	0.34	14.7412
B20-5%	0.53	0.51	15.2844
B20-10%	0.50	1.37	15.6171
B20-15%	0.48	1.88	18.6439
B20-20%	0.45	1.95	20.0694
B20-25%	0.42	2.05	18.3252
B20-30%	0.39	2.39	28.4985

Grafik hub. Kuat tekan dan fas

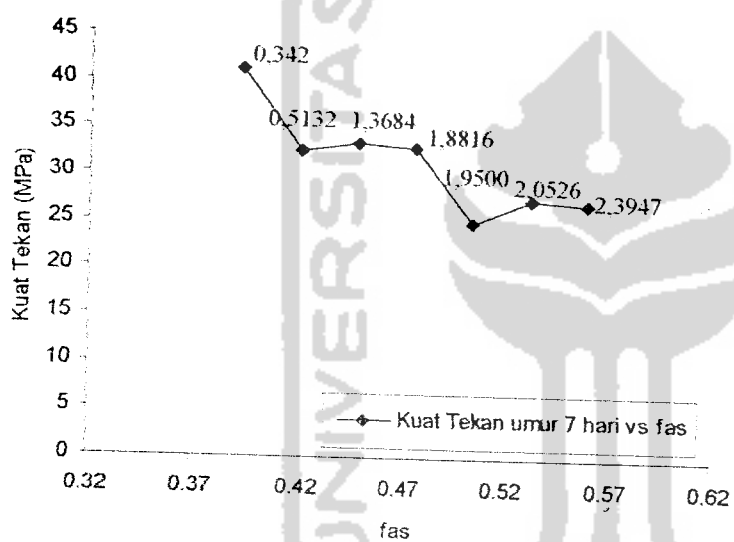


DATA KUAT TEKAN DAN FAKTOR AIR SEMEN (FAS) BETON UMUR 7 HARI

Tabel hubungan kuat tekan dan fas

Sampel Beton	faktor air semen	Superplasticizer (% semen)	Kuat tekan (Mpa)
B20-0%	0.56	0.34	26.9463
B20-5%	0.53	0.51	27.5166
B20-10%	0.50	1.37	24.9360
B20-15%	0.48	1.88	32.8718
B20-20%	0.45	1.95	33.3115
B20-25%	0.42	2.05	32.6135
B20-30%	0.39	2.39	41.1513

Grafik hub. Kuat tekan dan fas

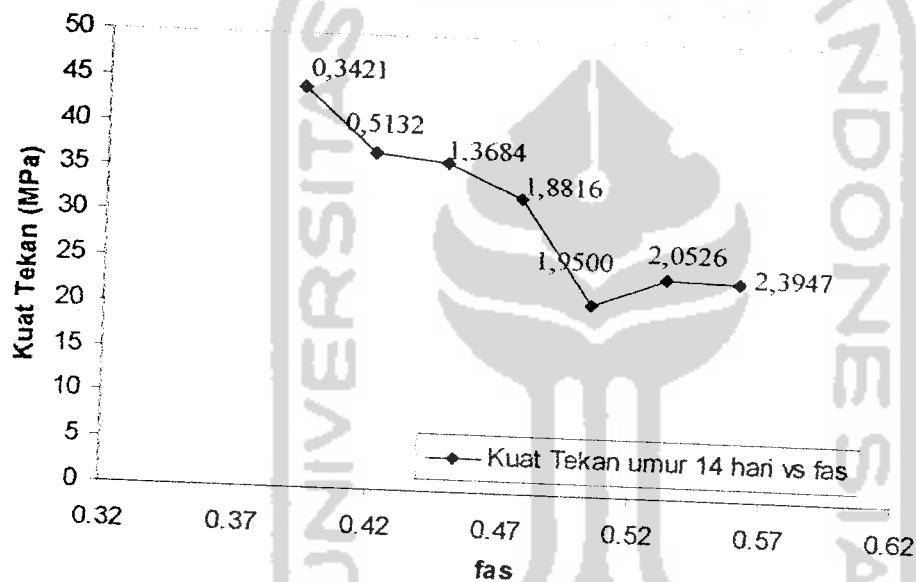


DATA KUAT TEKAN DAN FAKTOR AIR SEMEN (FAS) BETON UMUR 14 HARI

Tabel hubungan kuat tekan dan fas

Sampel Beton	Pengurangan air	faktor air semen	Superplasticizer (% semen)	Kuat tekan (Mpa)
B20-0%	0	0.56	0.34	23.8924
B20-5%	5	0.53	0.51	24.0844
B20-10%	10	0.50	1.37	21.1325
B20-15%	15	0.48	1.88	32.4546
B20-20%	20	0.45	1.95	36.1790
B20-25%	25	0.42	2.05	37.0269
B20-30%	30	0.39	2.39	43.9721

Grafik hub. Kuat tekan dan fas

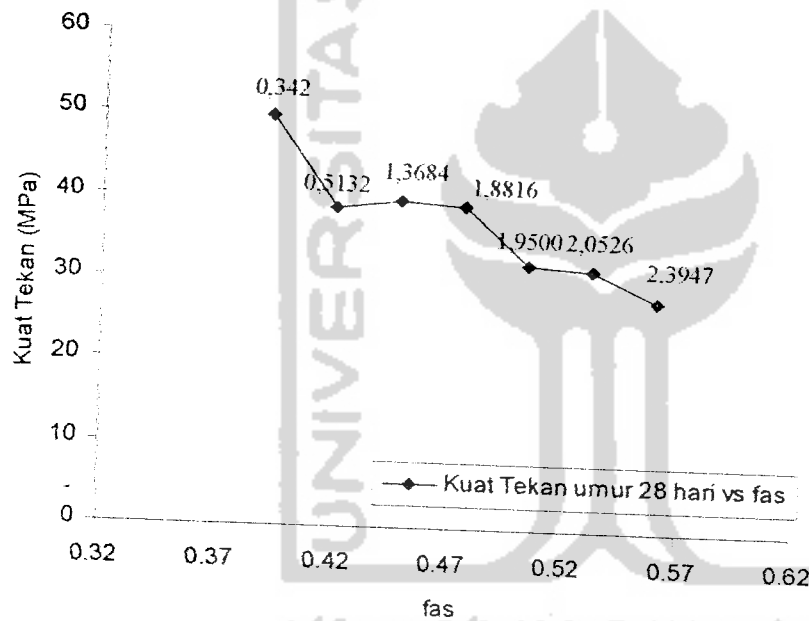


DATA KUAT TEKAN DAN FAKTOR AIR SEMEN (FAS) BETON UMUR 28HARI

Tabel hubungan kuat tekan dan fas

Sampel Beton	faktor air semen	Superplasticizer (% semen)	Kuat tekan (Mpa)
B20-0%	0.56	0.34	28.1777
B20-5%	0.53	0.51	31.6163
B20-10%	0.50	1.37	32.1034
B20-15%	0.48	1.88	39.0872
B20-20%	0.45	1.95	39.5596
B20-25%	0.42	2.05	38.8204
B20-30%	0.39	2.39	49.8138

Grafik hub. Kuat tekan dan fas



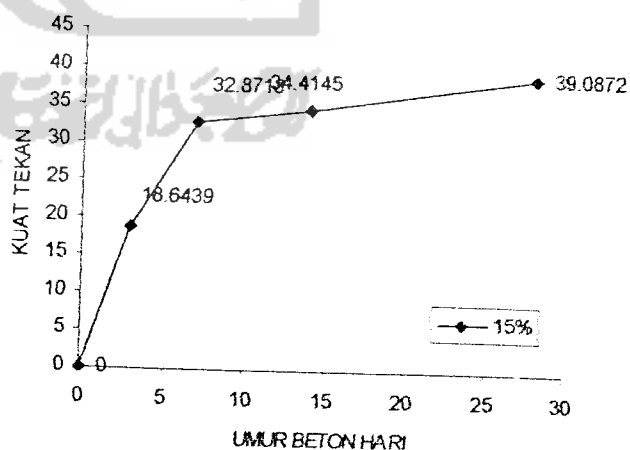
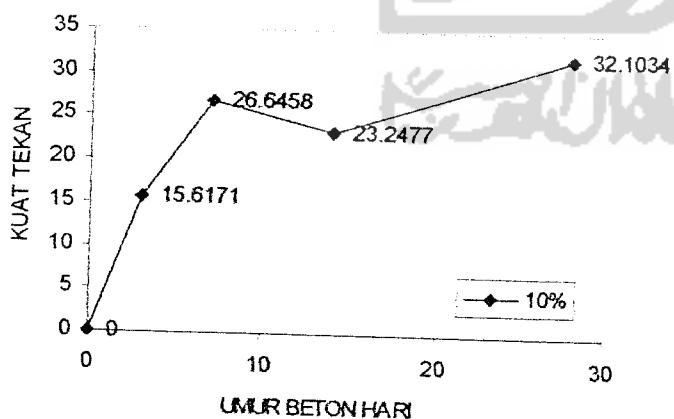
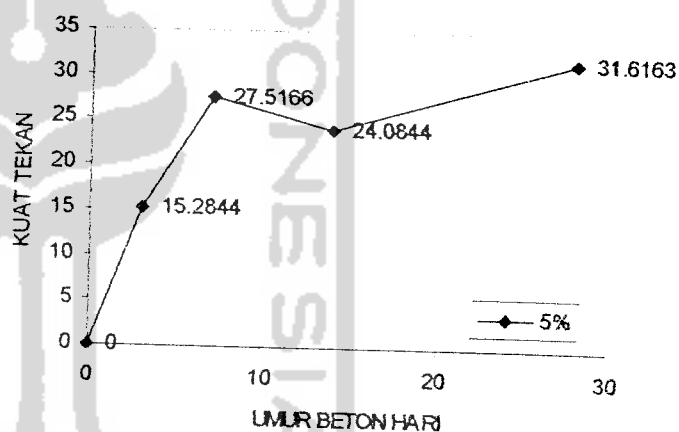
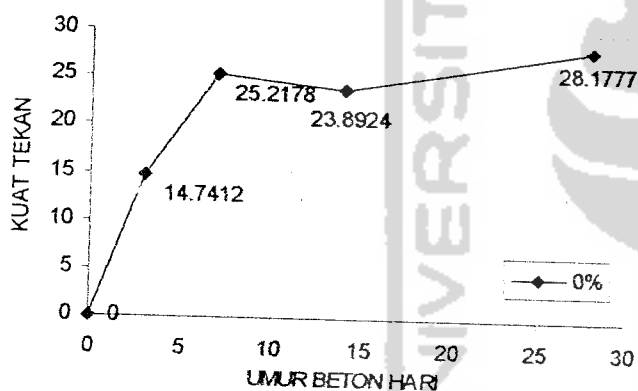
DATA KUAT TEKAN BETON BERDASAR PENAMBAHAN UMUR

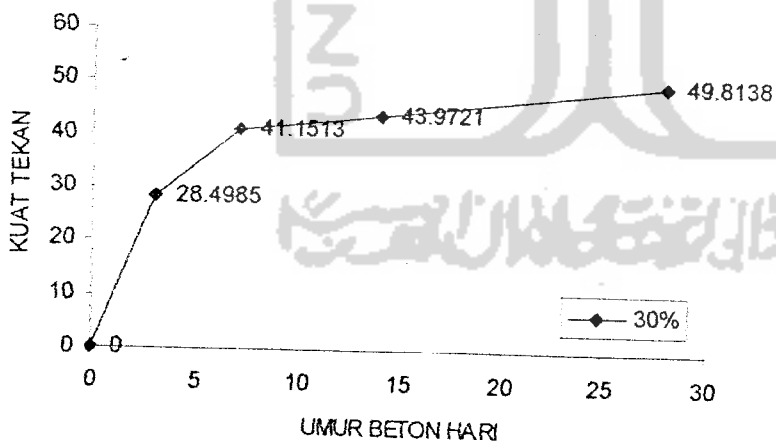
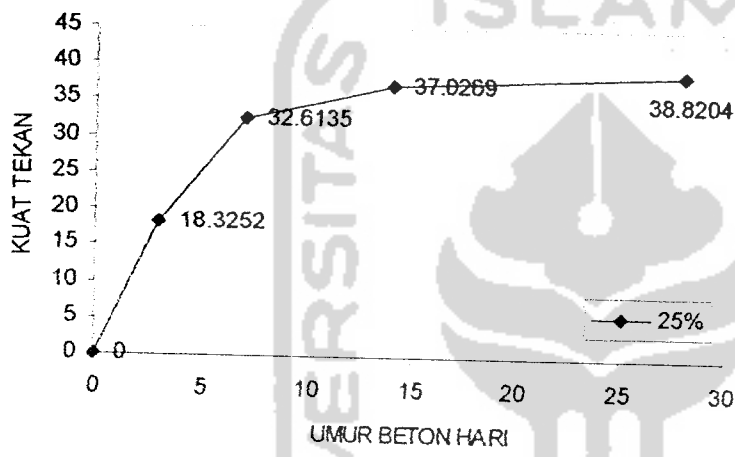
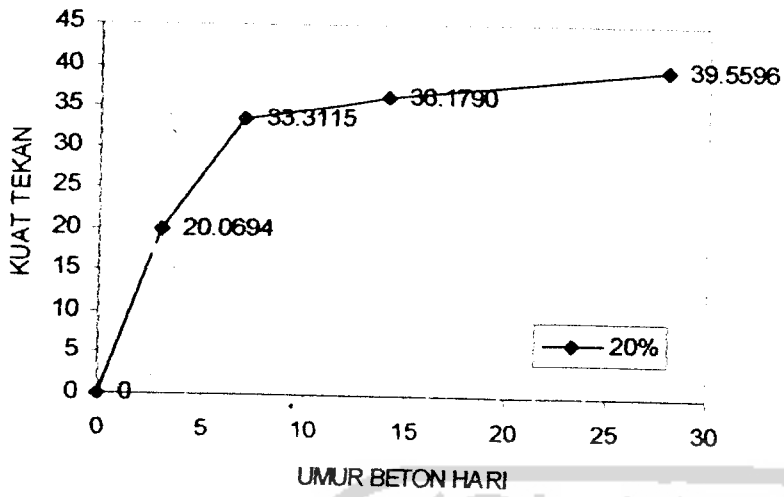
Peningkatan Kuat Tekan

UMUR	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
0	0	0	0	0	0	0	0
3	14.7412	15.2844	15.6171	18.6439	20.0694	18.3252	28.4985
7	25.2178	27.5166	26.6458	32.8718	33.3115	32.6135	41.1513
14	23.8924	24.0844	23.2477	34.4145	36.1790	37.0269	43.9721
28	28.1777	31.6163	32.1034	39.0872	39.5596	38.8204	49.8138

Peningkatan Kuat Tekan dengan Perbandingan PBB1 1971

UMUR	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	71.0703	80.0303	70.6195	76.3140	65.9817	77.9704	44.3983
14	62.0791	57.5753	48.8607	84.5888	80.2693	102.0545	54.2961
28	91.1494	106.8532	105.5656	109.6513	97.1139	111.8414	74.7943





DATA TEGANGAN REGANGAN BETON DENGAN PENGURANGAN AIR 0%

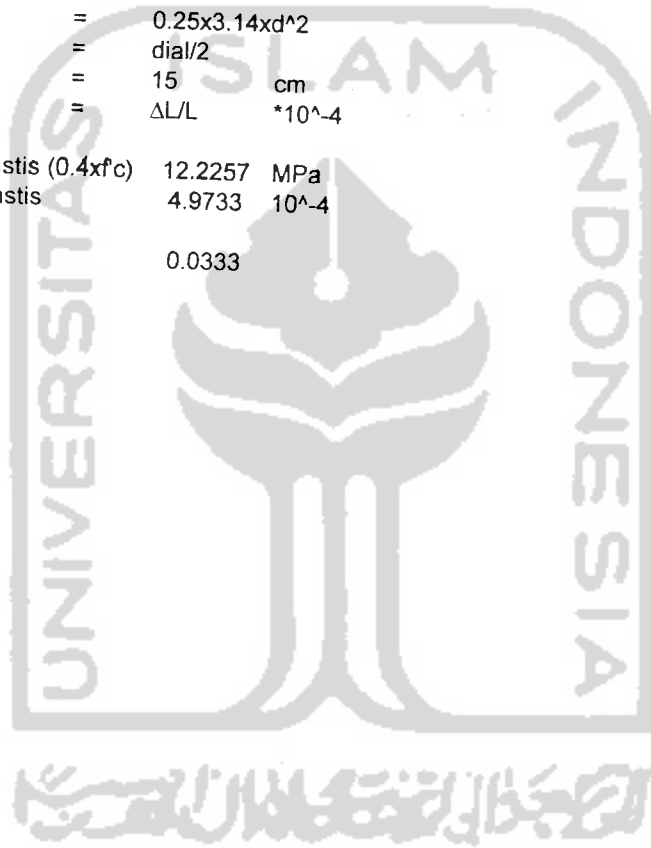
Diameter	14.9	cm
Tinggi	30	cm
Berat	13.1	kg
Teg.max	30.56419	MPa
Reg.Hancur	23.9	$\times 10^{-4}$
Tegangan Plastis ($0.4 \times f_c$)	12.22568	MPa
Regangan Plastis	4.9733	10^{-4}

o %

Beban (KN)	Dial	Teg. (N/rnm2)	Teg. (MPa)	Reg	Reg. Koreksi
10	3	0.5733	0.5733	0.1000	0.7205
20	7	1.1465	1.1465	0.2333	0.8538
30	12	1.7198	1.7198	0.4000	1.0205
40	17	2.2931	2.2931	0.5667	1.1872
50	22	2.8664	2.8664	0.7333	1.3538
60	29	3.4396	3.4396	0.9667	1.5872
70	34	4.0129	4.0129	1.1333	1.7538
80	40	4.5862	4.5862	1.3333	1.9538
90	45	5.1595	5.1595	1.5000	2.1205
100	51	5.7327	5.7327	1.7000	2.3205
110	58	6.3060	6.3060	1.9333	2.5538
120	64	6.8793	6.8793	2.1333	2.7538
130	71	7.4526	7.4526	2.3667	2.9872
140	77	8.0258	8.0258	2.5667	3.1872
150	84	8.5991	8.5991	2.8000	3.4205
160	90	9.1724	9.1724	3.0000	3.6205
170	97	9.7457	9.7457	3.2333	3.8538
180	104	10.3189	10.3189	3.4667	4.0872
190	111	10.8922	10.8922	3.7000	4.3205
200	117	11.4655	11.4655	3.9000	4.5205
210	127	12.0388	12.0388	4.2333	4.8538
220	138	12.6120	12.6120	4.6000	5.2205
230	144	13.1853	13.1853	4.8000	5.4205
240	154	13.7586	13.7586	5.1333	5.7538
250	165	14.3319	14.3319	5.5000	6.1205
260	175	14.9051	14.9051	5.8333	6.4538
270	186	15.4784	15.4784	6.2000	6.8205
280	197	16.0517	16.0517	6.5667	7.1872
290	210	16.6250	16.6250	7.0000	7.6205
300	221	17.1982	17.1982	7.3667	7.9872
310	237	17.7715	17.7715	7.9000	8.5205
320	251	18.3448	18.3448	8.3667	8.9872
330	267	18.9181	18.9181	8.9000	9.5205
340	284	19.4913	19.4913	9.4667	10.0872
350	272	20.0646	20.0646	9.0667	9.6872
360	287	20.6379	20.6379	9.5667	10.1872
370	302	21.2112	21.2112	10.0667	10.6872
380	321	21.7844	21.7844	10.7000	11.3205
390	338	22.3577	22.3577	11.2667	11.8872
400	351	22.9310	22.9310	11.7000	12.3205
410	366	23.5043	23.5043	12.2000	12.8205

420	384	24.0775	24.0775	12.8000	13.4205
430	402	24.6508	24.6508	13.4000	14.0205
440	427	25.2241	25.2241	14.2333	14.8538
450	455	25.7974	25.7974	15.1667	15.7872
460	488	26.3706	26.3706	16.2667	16.8872
470	414	26.9439	26.9439	13.8000	14.4205
480	443	27.5172	27.5172	14.7667	15.3872
490	478	28.0905	28.0905	15.9333	16.5538
500	527	28.6637	28.6637	17.5667	18.1872
510	620	29.2370	29.2370	20.6667	21.2872
520	653	29.8103	29.8103	21.7667	22.3872
530	664	30.3836	30.3836	22.1333	22.7538
540	669	30.9568	30.9568	22.3000	22.9205
550	675	31.5301	31.5301	22.5000	23.1205
560	681	32.1034	32.1034	22.7000	23.3205

A(luas) = $0.25 \times 3.14 \times d^2$
 Δl = $d \Delta l / 2$
 L = 15 cm
 Regangan = $\Delta L / L \times 10^{-4}$
 Tegangan Plastis ($0.4 \times f_c$) 12.2257 MPa
 Regangan Plastis 4.9733 10^{-4}
 koreksi 0.0333



DATA TEGANGAN REGANGAN DENGAN PENGURANGAN AIR 5%

Diameter	14.9	cm
tinggi	30	cm
Berat	13.1	kg
Teg.max	34.1574	MPa
Reg.Hancur	21.8	$\times 10^{-4}$
Tegangan Plastis	13.66296	MPa
Regangan Plastis	5.08	10^{-4}

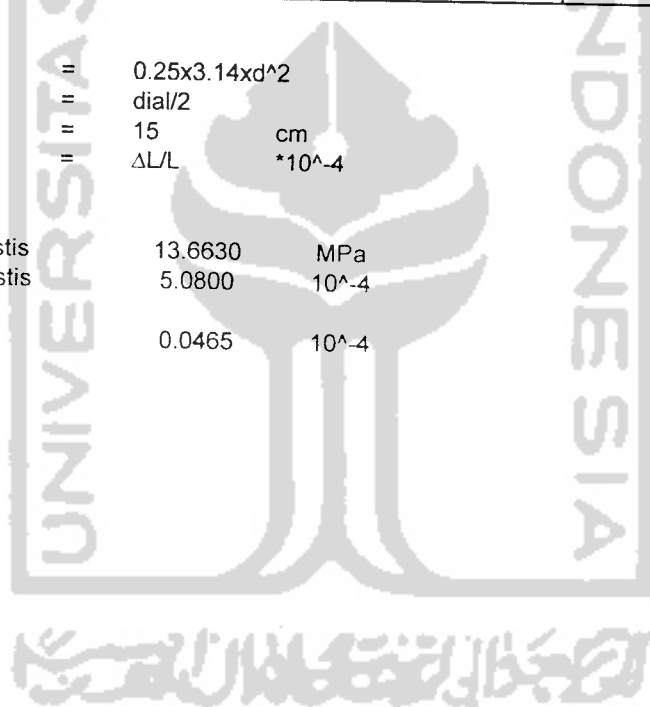
5%

Beban (KN)	Dial	Teg. (N/mm ²)	Teg. (MPa)	Reg	Reg. Koreksi
10	5	0.5810	0.5810	0.1667	0.1201
20	11	1.1621	1.1621	0.3667	0.3201
30	17	1.7431	1.7431	0.5667	0.5201
40	22	2.3242	2.3242	0.7333	0.6867
50	28	2.9052	2.9052	0.9333	0.8867
60	34	3.4863	3.4863	1.1333	1.0867
70	39	4.0673	4.0673	1.3000	1.2534
80	45	4.6484	4.6484	1.5000	1.4534
90	51	5.2294	5.2294	1.7000	1.6534
100	58	5.8105	5.8105	1.9333	1.8867
110	65	6.3915	6.3915	2.1667	2.1201
120	71	6.9726	6.9726	2.3667	2.3201
130	78	7.5536	7.5536	2.6000	2.5534
140	85	8.1347	8.1347	2.8333	2.7867
150	91	8.7157	8.7157	3.0333	2.9867
160	99	9.2968	9.2968	3.3000	3.2534
170	106	9.8778	9.8778	3.5333	3.4867
180	114	10.4589	10.4589	3.8000	3.7534
190	120	11.0399	11.0399	4.0000	3.9534
200	127	11.6210	11.6210	4.2333	4.1867
210	135	12.2020	12.2020	4.5000	4.4534
220	144	12.7831	12.7831	4.8000	4.7534
230	151	13.3641	13.3641	5.0333	4.9867
240	157	13.9451	13.9451	5.2333	5.1867
250	165	14.5262	14.5262	5.5000	5.4534
260	172	15.1072	15.1072	5.7333	5.6867
270	180	15.6883	15.6883	6.0000	5.9534
280	187	16.2693	16.2693	6.2333	6.1867
290	195	16.8504	16.8504	6.5000	6.4534
300	202	17.4314	17.4314	6.7333	6.6867
310	208	18.0125	18.0125	6.9333	6.8867
320	217	18.5935	18.5935	7.2333	7.1867
330	224	19.1746	19.1746	7.4667	7.4201
340	232	19.7556	19.7556	7.7333	7.6867
350	241	20.3367	20.3367	8.0333	7.9867
360	249	20.9177	20.9177	8.3000	8.2534
370	256	21.4988	21.4988	8.5333	8.4867
380	265	22.0798	22.0798	8.8333	8.7867
390	274	22.6609	22.6609	9.1333	9.0867
400	284	23.2419	23.2419	9.4667	9.4201
410	292	23.8230	23.8230	9.7333	9.6867

420	301	24.4040	24.4040	10.0333	9.9867
430	310	24.9851	24.9851	10.3333	10.2867
440	320	25.5661	25.5661	10.6667	10.6201
450	331	26.1472	26.1472	11.0333	10.9867
460	343	26.7282	26.7282	11.4333	11.3867
470	355	27.3093	27.3093	11.8333	11.7867
480	370	27.8903	27.8903	12.3333	12.2867
490	383	28.4713	28.4713	12.7667	12.7201
500	398	29.0524	29.0524	13.2667	13.2201
510	414	29.6334	29.6334	13.8000	13.7534
520	432	30.2145	30.2145	14.4000	14.3534
530	451	30.7955	30.7955	15.0333	14.9867
540	473	31.3766	31.3766	15.7667	15.7201
550	498	31.9576	31.9576	16.6000	16.5534
560	530	32.5387	32.5387	17.6667	17.6201
570	573	33.1197	33.1197	19.1000	19.0534
560	91	32.5387	32.5387	3.0333	2.9867
550	102	31.9576	31.9576	3.4000	3.3534
560	109	32.5387	32.5387	3.6333	3.5867
570	113	33.1197	33.1197	3.7667	3.7201

$A(\text{luas}) = 0.25 \times 3.14 \times d^2$
 $\Delta l = \text{dial} / 2$
 $L = 15 \text{ cm}$
 $\text{Regangan} = \Delta L / L \quad * 10^{-4}$

Tegangan Plastik 13.6630 MPa
 Regangan Plastik 5.0800 10^{-4}
 koreksi 0.0465 10^{-4}



DATA TEGANGAN REGANGAN DENGAN PENGURANGAN AIR 10%

Diameter	14.8	cm
Tinggi	30	cm
Berat	13	kg
Teg. max	36.86638	MPa
Reg. Hancur	24.2000	$\times 10^{-4}$
Tegangan Plastis	14.74655	MPa
Regangan Plastis	5.6693	10^{-4}

10%

Beban (KN)	Dial	Teg. (N/mm ²)	Teg. (MPa)	Reg	Reg. Koreksi
10	4	0.5810	0.5810	0.1333	0.1222
20	11	1.1621	1.1621	0.3667	0.3556
30	16	1.7431	1.7431	0.5333	0.5222
40	21	2.3242	2.3242	0.7000	0.6889
50	27	2.9052	2.9052	0.9000	0.8889
60	33	3.4863	3.4863	1.1000	1.0889
70	37	4.0673	4.0673	1.2333	1.2222
80	44	4.6484	4.6484	1.4667	1.4556
90	51	5.2294	5.2294	1.7000	1.6889
100	57	5.8105	5.8105	1.9000	1.8889
110	65	6.3915	6.3915	2.1667	2.1556
120	71	6.9726	6.9726	2.3667	2.3556
130	79	7.5536	7.5536	2.6333	2.6222
140	86	8.1347	8.1347	2.8667	2.8556
150	93	8.7157	8.7157	3.1000	3.0889
160	103	9.2968	9.2968	3.4333	3.4222
170	107	9.8778	9.8778	3.5667	3.5556
180	111	10.4589	10.4589	3.7000	3.6889
190	121	11.0399	11.0399	4.0333	4.0222
200	130	11.6210	11.6210	4.3333	4.3222
210	136	12.2020	12.2020	4.5333	4.5222
220	144	12.7831	12.7831	4.8000	4.7889
230	150	13.3641	13.3641	5.0000	4.9889
240	159	13.9451	13.9451	5.3000	5.2889
250	167	14.5262	14.5262	5.5667	5.5556
260	176	15.1072	15.1072	5.8667	5.8556
270	183	15.6883	15.6883	6.1000	6.0889
280	190	16.2693	16.2693	6.3333	6.3222
290	197	16.8504	16.8504	6.5667	6.5556
300	207	17.4314	17.4314	6.9000	6.8889
310	212	18.0125	18.0125	7.0667	7.0556
320	220	18.5935	18.5935	7.3333	7.3222
330	226	19.1746	19.1746	7.5333	7.5222
340	234	19.7556	19.7556	7.8000	7.7889
350	241	20.3367	20.3367	8.0333	8.0222
360	249	20.9177	20.9177	8.3000	8.2889
370	256	21.4988	21.4988	8.5333	8.5222

380	265	22.0798	22.0798	8.8333	8.8222
390	272	22.6609	22.6609	9.0667	9.0556
400	281	23.2419	23.2419	9.3667	9.3556
410	291	23.8230	23.8230	9.7000	9.6889
420	299	24.4040	24.4040	9.9667	9.9556
430	308	24.9851	24.9851	10.2667	10.2556
440	318	25.5661	25.5661	10.6000	10.5889
450	328	26.1472	26.1472	10.9333	10.9222
460	339	26.7282	26.7282	11.3000	11.2889
470	350	27.3093	27.3093	11.6667	11.6556
480	351	27.8903	27.8903	11.7000	11.6889
490	374	28.4713	28.4713	12.4667	12.4556
500	387	29.0524	29.0524	12.9000	12.8889
510	402	29.6334	29.6334	13.4000	13.3889
520	414	30.2145	30.2145	13.8000	13.7889
530	428	30.7955	30.7955	14.2667	14.2556
540	443	31.3766	31.3766	14.7667	14.7556
550	459	31.9576	31.9576	15.3000	15.2889
560	477	32.5387	32.5387	15.9000	15.8889
570	495	33.1197	33.1197	16.5000	16.4889
580	515	33.7008	33.7008	17.1667	17.1556
590	544	34.2818	34.2818	18.1333	18.1222
600	573	34.8629	34.8629	19.1000	19.0889
610	596	35.4439	35.4439	19.8667	19.8556
620	626	36.0250	36.0250	20.8667	20.8556
630	677	36.6060	36.6060	22.5667	22.5556
620	10	36.0250	36.0250	0.3333	0.3222
610	41	35.4439	35.4439	1.3667	1.3556
600	72	34.8629	34.8629	2.4000	2.3889
590	102	34.2818	34.2818	3.4000	3.3889
580	134	33.7008	33.7008	4.4667	4.4556

$A(\text{luas}) = 0.25 \times 3.14 \times d^2$
 $\Delta l = \text{dial} / 2$
 $L = 15 \text{ cm}$
 $\text{Regangan} = \Delta L / L \times 10^{-4}$

Tegangan Plastis 14.7466 MPa

Regangan Plastis 5.6693 10^{-4}

koreksi 0.1000 10^{-4}

DATA TEGANGAN REGANGAN DENGAN PENGURANGAN AIR 15%

Diameter	14.8	cm
Tinggi	30	cm
Berat	12.9	kg
Teg.max	38.43976	MPa
Reg.Hancur	20.9	$\times 10^{-4}$
Tegangan Plastis	15.37591	MPa
Regangan Plastis	4.5218	10^{-4}

15%

Beban (KN)	Dial	Teg. (N/mm ²)	Teg. (MPa)	Reg	Reg. Koreksi
10	4	0.5810	0.5810	0.1333	0.4293
20	8	1.1621	1.1621	0.2667	0.5627
30	12	1.7431	1.7431	0.4000	0.6960
40	16	2.3242	2.3242	0.5333	0.8293
50	20	2.9052	2.9052	0.6667	0.9627
60	24	3.4863	3.4863	0.8000	1.0960
70	28	4.0673	4.0673	0.9333	1.2293
80	32	4.6484	4.6484	1.0667	1.3627
90	37	5.2294	5.2294	1.2333	1.5293
100	41	5.8105	5.8105	1.3667	1.6627
110	46	6.3915	6.3915	1.5333	1.8293
120	51	6.9726	6.9726	1.7000	1.9960
130	56	7.5536	7.5536	1.8667	2.1627
140	60	8.1347	8.1347	2.0000	2.2960
150	65	8.7157	8.7157	2.1667	2.4627
160	70	9.2968	9.2968	2.3333	2.6293
170	75	9.8778	9.8778	2.5000	2.7960
180	79	10.4589	10.4589	2.6333	2.9293
190	85	11.0399	11.0399	2.8333	3.1293
200	90	11.6210	11.6210	3.0000	3.2960
210	96	12.2020	12.2020	3.2000	3.4960
220	102	12.7831	12.7831	3.4000	3.6960
230	107	13.3641	13.3641	3.5667	3.8627
240	113	13.9451	13.9451	3.7667	4.0627
250	118	14.5262	14.5262	3.9333	4.2293
260	124	15.1072	15.1072	4.1333	4.4293
270	130	15.6883	15.6883	4.3333	4.6293
280	136	16.2693	16.2693	4.5333	4.8293
290	143	16.8504	16.8504	4.7667	5.0627
300	149	17.4314	17.4314	4.9667	5.2627
310	156	18.0125	18.0125	5.2000	5.4960
320	163	18.5935	18.5935	5.4333	5.7293
330	170	19.1746	19.1746	5.6667	5.9627
340	179	19.7556	19.7556	5.9667	6.2627
350	181	20.3367	20.3367	6.0333	6.3293
360	191	20.9177	20.9177	6.3667	6.6627

370	198	21.4988	21.4988	6.6000	6.8960
380	206	22.0798	22.0798	6.8667	7.1627
390	214	22.6609	22.6609	7.1333	7.4293
400	223	23.2419	23.2419	7.4333	7.7293
410	230	23.8230	23.8230	7.6667	7.9627
420	238	24.4040	24.4040	7.9333	8.2293
430	247	24.9851	24.9851	8.2333	8.5293
440	256	25.5661	25.5661	8.5333	8.8293
450	266	26.1472	26.1472	8.8667	9.1627
460	276	26.7282	26.7282	9.2000	9.4960
470	287	27.3093	27.3093	9.5667	9.8627
480	306	27.8903	27.8903	10.2000	10.4960
490	308	28.4713	28.4713	10.2667	10.5627
500	315	29.0524	29.0524	10.5000	10.7960
510	323	29.6334	29.6334	10.7667	11.0627
520	333	30.2145	30.2145	11.1000	11.3960
530	343	30.7955	30.7955	11.4333	11.7293
540	357	31.3766	31.3766	11.9000	12.1960
550	368	31.9576	31.9576	12.2667	12.5627
560	383	32.5387	32.5387	12.7667	13.0627
570	397	33.1197	33.1197	13.2333	13.5293
580	406	33.7008	33.7008	13.5333	13.8293
590	418	34.2818	34.2818	13.9333	14.2293
600	430	34.8629	34.8629	14.3333	14.6293
610	447	35.4439	35.4439	14.9000	15.1960
620	465	36.0250	36.0250	15.5000	15.7960
630	488	36.6060	36.6060	16.2667	16.5627
640	513	37.1871	37.1871	17.1000	17.3960
650	539	37.7681	37.7681	17.9667	18.2627
660	557	38.3492	38.3492	18.5667	18.8627
670	571	38.9302	38.9302	19.0333	19.3293
680	593	39.5113	39.5113	19.7667	20.0627
690	550	40.0923	40.0923	18.3333	18.6293
680	76	39.5113	39.5113	2.5333	2.8293
670	88	38.9302	38.9302	2.9333	3.2293

$A(\text{luas}) = 0.25 \times 3.14 \times d^2$
 $\Delta l = \text{dial} / 2$
 $L = 15 \text{ cm}$
 $\text{Regangan} = \frac{\Delta L}{L} \times 10^{-4}$

Tegangan Plastis 15.3759 MPa
Regangan Plastis 4.5218 10^{-4}

koreksi 0.0000 10^{-4}

DATA TEGANGAN REGANGAN DENGAN PENGURANGAN AIR 20%

Diameter	15	cm
Tinggi	30.2	cm
Berat	13.3	kg
Teg.max	41.8666	MPa
Reg.Hancur	21.9000	$\times 10^{-4}$
Tegangan Plastis	16.74664	MPa
Regangan Plastis	4.862973	10^{-4}

20%

Beban (KN)	Dial	Teg. (N/mm ²)	Teg. (MPa)	Reg	Reg. Koreksi
10	3	0.5657	0.5657	0.1000	0.2550
20	7	1.1313	1.1313	0.2333	0.3883
30	11	1.6970	1.6970	0.3667	0.5217
40	15	2.2626	2.2626	0.5000	0.6550
50	20	2.8283	2.8283	0.6667	0.8217
60	23	3.3939	3.3939	0.7667	0.9217
70	28	3.9596	3.9596	0.9333	1.0883
80	32	4.5253	4.5253	1.0667	1.2217
90	37	5.0909	5.0909	1.2333	1.3883
100	41	5.6566	5.6566	1.3667	1.5217
110	46	6.2222	6.2222	1.5333	1.6883
120	50	6.7879	6.7879	1.6667	1.8217
130	55	7.3535	7.3535	1.8333	1.9883
140	60	7.9192	7.9192	2.0000	2.1550
150	65	8.4848	8.4848	2.1667	2.3217
160	70	9.0505	9.0505	2.3333	2.4883
170	75	9.6162	9.6162	2.5000	2.6550
180	80	10.1818	10.1818	2.6667	2.8217
190	85	10.7475	10.7475	2.8333	2.9883
200	90	11.3131	11.3131	3.0000	3.1550
210	95	11.8788	11.8788	3.1667	3.3217
220	100	12.4444	12.4444	3.3333	3.4883
230	105	13.0101	13.0101	3.5000	3.6550
240	111	13.5758	13.5758	3.7000	3.8550
250	115	14.1414	14.1414	3.8333	3.9883
260	123	14.7071	14.7071	4.1000	4.2550
270	128	15.2727	15.2727	4.2667	4.4217
280	132	15.8384	15.8384	4.4000	4.5550
290	137	16.4040	16.4040	4.5667	4.7217
300	144	16.9697	16.9697	4.8000	4.9550
310	150	17.5354	17.5354	5.0000	5.1550
320	156	18.1010	18.1010	5.2000	5.3550
330	162	18.6667	18.6667	5.4000	5.5550
340	164	19.2323	19.2323	5.4667	5.6217
350	174	19.7980	19.7980	5.8000	5.9550
360	181	20.3636	20.3636	6.0333	6.1883
370	185	20.9293	20.9293	6.1667	6.3217
380	194	21.4949	21.4949	6.4667	6.6217

390	200	22.0606	22.0606	6.6667	6.8217
400	206	22.6263	22.6263	6.8667	7.0217
410	213	23.1919	23.1919	7.1000	7.2550
420	220	23.7576	23.7576	7.3333	7.4883
430	227	24.3232	24.3232	7.5667	7.7217
440	234	24.8889	24.8889	7.8000	7.9550
450	242	25.4545	25.4545	8.0667	8.2217
460	247	26.0202	26.0202	8.2333	8.3883
470	255	26.5859	26.5859	8.5000	8.6550
480	262	27.1515	27.1515	8.7333	8.8883
490	269	27.7172	27.7172	8.9667	9.1217
500	277	28.2828	28.2828	9.2333	9.3883
510	285	28.8485	28.8485	9.5000	9.6550
520	295	29.4141	29.4141	9.8333	9.9883
530	303	29.9798	29.9798	10.1000	10.2550
540	311	30.5455	30.5455	10.3667	10.5217
550	322	31.1111	31.1111	10.7333	10.8883
560	330	31.6768	31.6768	11.0000	11.1550
570	340	32.2424	32.2424	11.3333	11.4883
580	349	32.8081	32.8081	11.6333	11.7883
590	359	33.3737	33.3737	11.9667	12.1217
600	369	33.9394	33.9394	12.3000	12.4550
610	379	34.5051	34.5051	12.6333	12.7883
620	392	35.0707	35.0707	13.0667	13.2217
630	403	35.6364	35.6364	13.4333	13.5883
640	413	36.2020	36.2020	13.7667	13.9217
650	425	36.7677	36.7677	14.1667	14.3217
660	442	37.3333	37.3333	14.7333	14.8883
670	460	37.8990	37.8990	15.3333	15.4883
680	478	38.4646	38.4646	15.9333	16.0883
690	501	39.0303	39.0303	16.7000	16.8550
700	499	39.5960	39.5960	16.6333	16.7883
710	505	40.1616	40.1616	16.8333	16.9883
720	510	40.7273	40.7273	17.0000	17.1550
730	511	41.2929	41.2929	17.0333	17.1883
740	504	41.8586	41.8586	16.8000	16.9550
750	495	42.4242	42.4242	16.5000	16.6550
760	500	42.9899	42.9899	16.6667	16.8217
770	505	43.5556	43.5556	16.8333	16.9883
780	510	44.1212	44.1212	17.0000	17.1550
790	495	44.6869	44.6869	16.5000	16.6550
800	450	45.2525	45.2525	15.0000	15.1550

A(luas) = $0.25 \times 3.14 \times d^2$
 Δl = $d \Delta l / 2$
L = 15 cm
Regangan = $\Delta L / L \times 10^{-4}$
Tegangan Plastis = 16.7466 MPa
Regangan Plastis koreksi = 4.862973×10^{-4}
koreksi = 0.0405×10^{-4}

DATA TEGANGAN REGANGAN DENGAN PENGURANGAN AIR 25%

Diameter	15	cm
Tinggi	29.9	cm
Berat	13	kg
Teg.max	30.6677	MPa
Reg.Hancur	17.9000	$\times 10^{-4}$
Tegangan Plastis	12.26708	MPa
Regangan Plastis	3.815296	10^{-4}

25%

Beban (KN)	Dial	Teg. (N/mm ²)	Teg. (MPa)	Reg	Reg. Koreksi
10	3	0.5657	0.5657	0.1000	0.3780
20	7	1.1313	1.1313	0.2333	0.5113
30	11	1.6970	1.6970	0.3667	0.6447
40	15	2.2626	2.2626	0.5000	0.7780
50	20	2.8283	2.8283	0.6667	0.9447
60	25	3.3939	3.3939	0.8333	1.1113
70	30	3.9596	3.9596	1.0000	1.2780
80	35	4.5253	4.5253	1.1667	1.4447
90	39	5.0909	5.0909	1.3000	1.5780
100	44	5.6566	5.6566	1.4667	1.7447
110	49	6.2222	6.2222	1.6333	1.9113
120	54	6.7879	6.7879	1.8000	2.0780
130	59	7.3535	7.3535	1.9667	2.2447
140	63	7.9192	7.9192	2.1000	2.3780
150	70	8.4848	8.4848	2.3333	2.6113
160	75	9.0505	9.0505	2.5000	2.7780
170	80	9.6162	9.6162	2.6667	2.9447
180	85	10.1818	10.1818	2.8333	3.1113
190	90	10.7475	10.7475	3.0000	3.2780
200	96	11.3131	11.3131	3.2000	3.4780
210	102	11.8788	11.8788	3.4000	3.6780
220	108	12.4444	12.4444	3.6000	3.8780
230	115	13.0101	13.0101	3.8333	4.1113
240	121	13.5758	13.5758	4.0333	4.3113
250	129	14.1414	14.1414	4.3000	4.5780
260	138	14.7071	14.7071	4.6000	4.8780
270	144	15.2727	15.2727	4.8000	5.0780
280	150	15.8384	15.8384	5.0000	5.2780
290	158	16.4040	16.4040	5.2667	5.5447
300	165	16.9697	16.9697	5.5000	5.7780
310	176	17.5354	17.5354	5.8667	6.1447
320	185	18.1010	18.1010	6.1667	6.4447
330	195	18.6667	18.6667	6.5000	6.7780
340	205	19.2323	19.2323	6.8333	7.1113
350	215	19.7980	19.7980	7.1667	7.4447
360	224	20.3636	20.3636	7.4667	7.7447
370	235	20.9293	20.9293	7.8333	8.1113
380	246	21.4949	21.4949	8.2000	8.4780
390	257	22.0606	22.0606	8.5667	8.8447
400	267	22.6263	22.6263	8.9000	9.1780
410	278	23.1919	23.1919	9.2667	9.5447

420	289	23.7576	23.7576	9.6333	9.9113
430	298	24.3232	24.3232	9.9333	10.2113
440	308	24.8889	24.8889	10.2667	10.5447
450	317	25.4545	25.4545	10.5667	10.8447
460	322	26.0202	26.0202	10.7333	11.0113
470	329	26.5859	26.5859	10.9667	11.2447
480	335	27.1515	27.1515	11.1667	11.4447
490	345	27.7172	27.7172	11.5000	11.7780
500	359	28.2828	28.2828	11.9667	12.2447
510	378	28.8485	28.8485	12.6000	12.8780
520	390	29.4141	29.4141	13.0000	13.2780
530	350	29.9798	29.9798	11.6667	11.9447

A(luas) = $0.25 \times 3.14 \times d^2$

Δl = $dial/2$

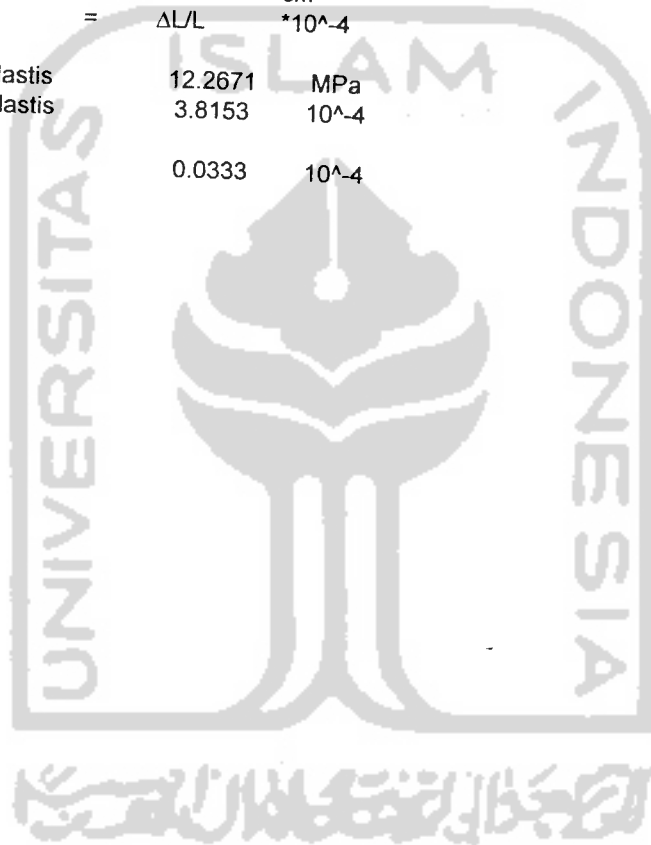
L = 15 cm

Regangan = $\frac{\Delta L}{L} \times 10^{-4}$

Tegangan Plastis 12.2671 MPa

Regangan Plastis 3.8153 10^{-4}

koreksi 0.0333 10^{-4}



DATA TEGANGAN REGANGAN DENGAN PENGURANGAN AIR 30%

Diameter	14.9	cm
Tinggi	29.6	cm
Berat	13.2	kg
Teg.max	46.19422	MPa
Reg.Hancur	25.9000	$\times 10^{-4}$
Tegangan Plastis	18.47769	MPa
Regangan Plastis	5.66464	10^{-4}

30%

Beban (KN)	Dial	Teg. (N/mm ²)	Teg. (MPa)	Reg	Reg. Koreksi
10	5	0.5733	0.5733	0.1667	0.7927
20	7	1.1465	1.1465	0.2333	0.8593
30	8	1.7198	1.7198	0.2667	0.8927
40	9	2.2931	2.2931	0.3000	0.9260
50	10	2.8664	2.8664	0.3333	0.9593
60	11	3.4396	3.4396	0.3667	0.9927
70	20	4.0129	4.0129	0.6667	1.2927
80	25	4.5862	4.5862	0.8333	1.4593
90	30	5.1595	5.1595	1.0000	1.6260
100	37	5.7327	5.7327	1.2333	1.8593
110	48	6.3060	6.3060	1.6000	2.2260
120	52	6.8793	6.8793	1.7333	2.3593
130	57	7.4526	7.4526	1.9000	2.5260
140	61	8.0258	8.0258	2.0333	2.6593
150	66	8.5991	8.5991	2.2000	2.8260
160	70	9.1724	9.1724	2.3333	2.9593
170	73	9.7457	9.7457	2.4333	3.0593
180	80	10.3189	10.3189	2.6667	3.2927
190	83	10.8922	10.8922	2.7667	3.3927
200	89	11.4655	11.4655	2.9667	3.5927
210	94	12.0388	12.0388	3.1333	3.7593
220	100	12.6120	12.6120	3.3333	3.9593
230	105	13.1853	13.1853	3.5000	4.1260
240	110	13.7586	13.7586	3.6667	4.2927
250	114	14.3319	14.3319	3.8000	4.4260
260	115	14.9051	14.9051	3.8333	4.4593
270	124	15.4784	15.4784	4.1333	4.7593
280	129	16.0517	16.0517	4.3000	4.9260
290	135	16.6250	16.6250	4.5000	5.1260
300	139	17.1982	17.1982	4.6333	5.2593
310	144	17.7715	17.7715	4.8000	5.4260
320	150	18.3448	18.3448	5.0000	5.6260
330	155	18.9181	18.9181	5.1667	5.7927
340	161	19.4913	19.4913	5.3667	5.9927
350	167	20.0646	20.0646	5.5667	6.1927
360	168	20.6379	20.6379	5.6000	6.2260
370	172	21.2112	21.2112	5.7333	6.3593
380	178	21.7844	21.7844	5.9333	6.5593
390	184	22.3577	22.3577	6.1333	6.7593
400	190	22.9310	22.9310	6.3333	6.9593
410	196	23.5043	23.5043	6.5333	7.1593

420	204	24.0775	24.0775	6.8000	7.4260
430	211	24.6508	24.6508	7.0333	7.6593
440	213	25.2241	25.2241	7.1000	7.7260
450	222	25.7974	25.7974	7.4000	8.0260
460	229	26.3706	26.3706	7.6333	8.2593
470	236	26.9439	26.9439	7.8667	8.4927
480	244	27.5172	27.5172	8.1333	8.7593
490	252	28.0905	28.0905	8.4000	9.0260
500	260	28.6637	28.6637	8.6667	9.2927
510	267	29.2370	29.2370	8.9000	9.5260
520	276	29.8103	29.8103	9.2000	9.8260
530	285	30.3836	30.3836	9.5000	10.1260
540	294	30.9568	30.9568	9.8000	10.4260
550	303	31.5301	31.5301	10.1000	10.7260
560	311	32.1034	32.1034	10.3667	10.9927
570	321	32.6767	32.6767	10.7000	11.3260
580	332	33.2499	33.2499	11.0667	11.6927
590	340	33.8232	33.8232	11.3333	11.9593
600	341	34.3965	34.3965	11.3667	11.9927
610	360	34.9698	34.9698	12.0000	12.6260
620	371	35.5430	35.5430	12.3667	12.9927
630	382	36.1163	36.1163	12.7333	13.3593
640	411	36.6896	36.6896	13.7000	14.3260
650	432	37.2629	37.2629	14.4000	15.0260
660	453	37.8361	37.8361	15.1000	15.7260
670	470	38.4094	38.4094	15.6667	16.2927
680	488	38.9827	38.9827	16.2667	16.8927
690	508	39.5560	39.5560	16.9333	17.5593
700	535	40.1292	40.1292	17.8333	18.4593
710	585	40.7025	40.7025	19.5000	20.1260
720	610	41.2758	41.2758	20.3333	20.9593
730	625	41.8491	41.8491	20.8333	21.4593
740	650	42.4223	42.4223	21.6667	22.2927
750	671	42.9956	42.9956	22.3667	22.9927
760	699	43.5689	43.5689	23.3000	23.9260
770	740	44.1422	44.1422	24.6667	25.2927
780	770	44.7154	44.7154	25.6667	26.2927
790	820	45.2887	45.2887	27.3333	27.9593
800	850	45.8620	45.8620	28.3333	28.9593
810	855	46.4353	46.4353	28.5000	29.1260
820	850	47.0085	47.0085	28.3333	28.9593
830	890	47.5818	47.5818	29.6667	30.2927
840	970	48.1551	48.1551	32.3333	32.9593
850	960	48.7284	48.7284	32.0000	32.6260
860	925	49.3016	49.3016	30.8333	31.4593

$A(\text{luas}) = 0.25 \times 3.14 \times d^2$
 $\Delta l = \text{dial} / 2$
 $L = 15 \text{ cm}$
 $\text{Regangan} = \frac{\Delta L}{L} \times 10^{-4}$

Tegangan Plastis 18.4777 MPa
Regangan Plastis 5.6646 10^{-4}

koreksi 0.1004 10^{-4}

LAMPIRAN 3

- Data Agregat
- Nilai *Slump* dan Penambahan *Superplasticizer*
- Data Kuat Tekan
- Data Tegangan Regangan



LAMPIRAN 4

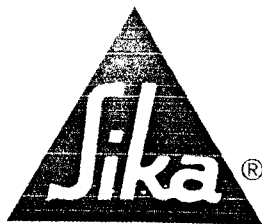
- Foto-foto Dokumentasi Pengujian di Laboratorium



Sikament® -NN

High Range Water - Reducing

Description	A highly effective dual action liquid superplasticizer for the production of free flowing concrete or as a substantial water-reducing agent for promoting high early and ultimate strengths. Chloride free. Complies with A.S.T.M. C 494-92 Type F
Use	Sikament-NN is used as a super plasticizer in the production of free flowing concrete for use in : <ul style="list-style-type: none">■ Slabs and foundations■ Walls, columns and piers.■ Slender components with densely packed reinforcement.■ Textured surface finishes. <p>It is also used as a water-reducing agent leading to high early strength concrete for use in :</p> <ul style="list-style-type: none">■ Pre-cast concrete elements■ Pre-stressed concrete■ Bridges and cantilever structures■ Areas of concrete where formwork must be removed quickly or early load will be applied.
Advantages	Sikament NN provides the following properties : <i>As a Superplasticizer</i> <ul style="list-style-type: none">■ Workability is greatly improved. Increased placeability in slender components with packed reinforcement.■ Decreases the amount of vibration required. Normal set without retardation.■ Significantly reduces risk of segregation. <i>As a Water reducer :</i> <ul style="list-style-type: none">■ Up to 20% reduction of water will produce 40% increase in 28 days compressive strength.■ High strength after 12 hours.
Dosage	0.6 % - 1.5 % by weight of cement. It is advisable to carry out trial mixes to establish the exact dosage rate required. Sikament-NN is compatible with all type of Portland cement including S.R.C.
Dispensing	Sikament-NN can be added to the mixing water prior to its addition to the aggregates or as in most cases, it can be added directly to the freshly mixed concrete. When added directly to the freshly mixed concrete, the plasticizing effect is more pronounced. For ready-mix concrete, Sikament-NN is added to the concrete immediately prior to discharge and after further mixing has taken place for about three to five minutes.



Combinations	Sikament NN may be combined with the following products:
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Plastocrete series ■ Plastiment series ■ Sika Pump ■ SikaFume ■ SikaAER
Pre-trials are recommended if combinations with the above products are required. Please consult our Technical Service Department.	

Technical Data

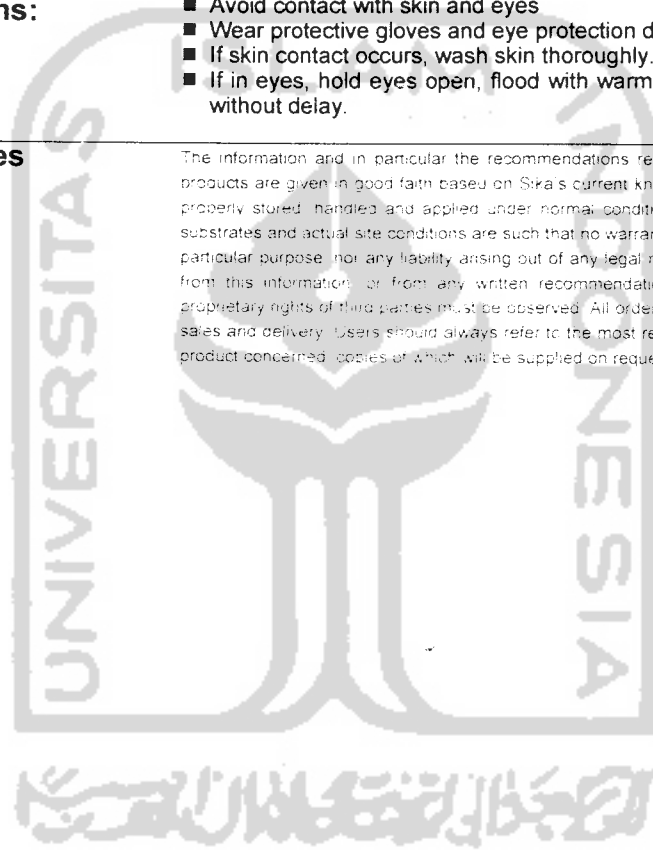
Type	Naphthalene Formaldehyde Sulphonate
Colour	Dark brown
Specific Gravity	1.16 – 1.18 kg/ ltr
Shelf Life	Minimum 1 year if stored in original unopened container
Storage	Dry, cool, shaded place
Packaging	250 kg drum

Handling Precautions:

- Avoid contact with skin and eyes
- Wear protective gloves and eye protection during work
- If skin contact occurs, wash skin thoroughly.
- If in eyes, hold eyes open, flood with warm water and seek medical attention without delay.

Legal Notes

The information and in particular the recommendations relating to the application and end-use of Sika products are given in good faith based on Sika's current knowledge and experience of the product when properly stored, handled and applied under normal conditions. In practice, the differences in materials, substrates and actual site conditions are such that no warranty in respect of merchantability or fitness for a particular purpose, nor any liability arising out of any legal relationship whatsoever, can be inferred either from this information, or from any written recommendations or from any advice offered. The proprietary rights of third parties must be observed. All orders are accepted subject to our current terms of sales and delivery. Users should always refer to the most recent issue of the technical Data Sheet for the product concerned, copies of which will be supplied on request.



PT. Sika Indonesia
 Jl. Raya Cibinong- Bekasi km. 20
 Limusnunggal- Cileungsi
 BOGOR 16820- Indonesia
 Tel. +62 21 8230025
 Fax +62 21 8230025
 www.sika.co.id
 e-mail: marketing@sika.co.id

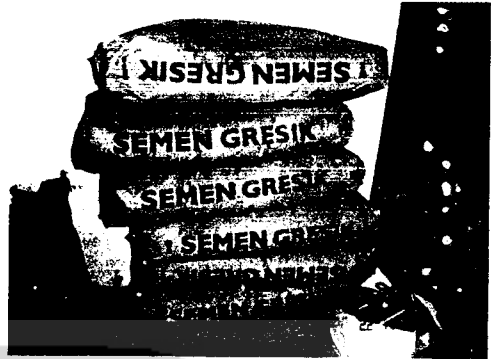
Branches
 Surabaya,
 Tel. 031-8690202
 Fax. 031-8682123
 Medan,
 Tel. 061-7941200
 Fax: 061-7940822
 Batam,
 Tel: 0778-424928,
 Fax : 0778-426913

Sub Distributor
 Bandung, Tel : 022-5423855,5423857, Fax : 022-5423517
 Denpasar, Tel : 0361-235998 – 235973, Fax : 0361-237053
 Makassar, Tel : 0411- 859147 – 858527, Fax : 0411-858527
 Balikpapan, Tel : 0542-411258 Fax : 0542-412230
 Pekanbaru, Tel : 0761-46993 – 47677, Fax : 0761-45112
 Dun/Dumai, Tel : 0765-595259 Fax : 0765-91135
 Palembang, Tel: 0711-351523 Fax : 0711-369858
 Palu, Tel : 0451-454855 – 422122, Fax : 0451-454855
 Manado, Tel /Fax : (0431) 324069

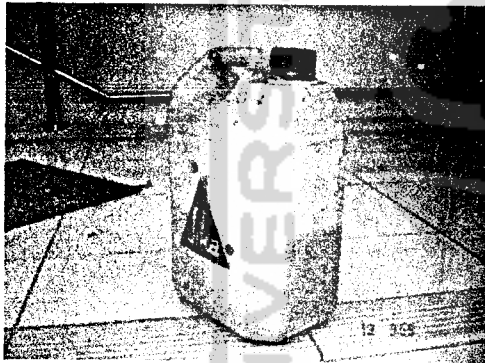




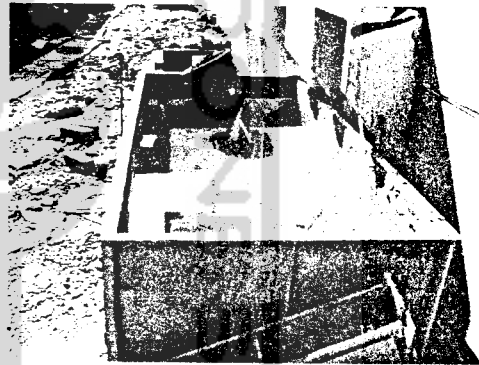
Penyimpanan Agregat



Portland Cement



Superplasticizer



Bak Perendaman



Pengadukan



Pengujian Slump