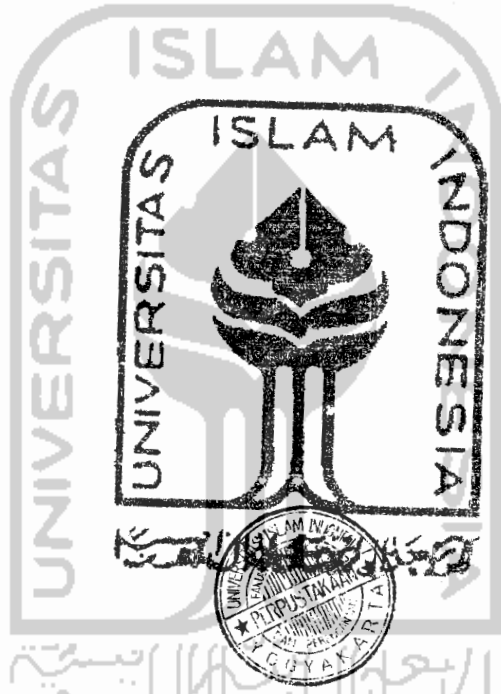


PERPUSTAKAAN FTSP UH	
HADIAH/BELI	
TGL TERIMA :	3-12-2007
NO. JUDUL :	2648
NO. INV. :	5120002648001
NO. BOK. :	002648

**TUGAS AKHIR**

**KARAKTERISTIK BETON NORMAL DENGAN  
 VARIASI PENGURANGAN AIR DAN PENAMBAHAN  
 SUPERPLASTICIZER TERHADAP KUAT DESAK  
 BETON DENGAN MUTU 40 MPa**

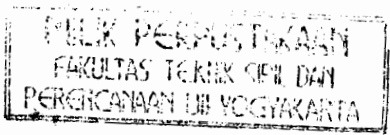
Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Jogjakarta Untuk Memenuhi  
 Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil



Hardiman

02511149

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



**TUGAS AKHIR**  
**KARAKTERISTIK BETON NORMAL DENGAN**  
**VARIASI PENGURANGAN AIR DAN PENAMBAHAN**  
***SUPERPLASTICIZER* TERHADAP KUAT DESAK**  
**BETON DENGAN MUTU 40 MPa**

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



Disusun Oleh :

**Hardiman**

**02.511.149**

Disetujui :

Pembimbing :

**Ir Helmy Akbar Bale, MT.**

Tanggal : 4/5/07

**Ir Suharvatmo**

Tanggal : 7/5/07

## MOTTO

**Rasululloh sholallohu'alaihi wasallam bersabda :** *“Ada tiga hal, barangsiapa ketiga-tiganya dimiliki seseorang, maka dia akan merasakan manisnya iman : barangsiapa Allah dan rasulNya lebih dia cintai daripada yang lain, barangsiapa yang mencintai seseorang karena Allah, dan barangsiapa tidak suka kalau kembali kepada kekufuran setelah Allah menyelamatkannya darinya sebagaimana ketika dia tidak suka kalau dihempaskan ke dalam neraka”*

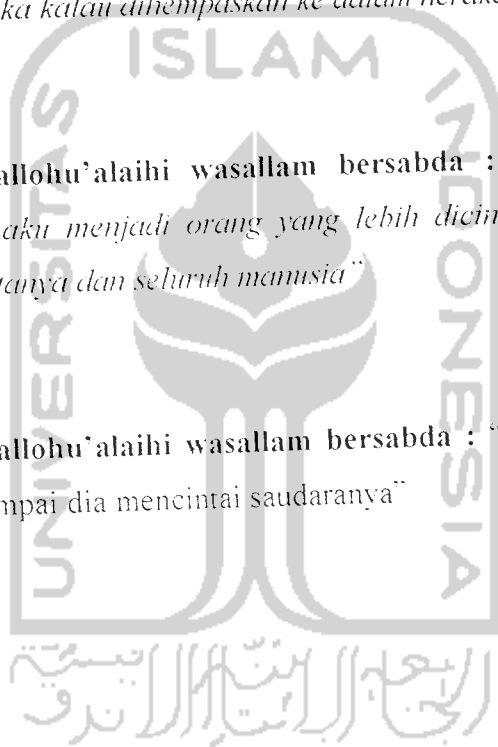
**(HR Muslim)**

**Rasululloh sholallohu'alaihi wasallam bersabda :** *“Seorang hamba tidak beriman sampai aku menjadi orang yang lebih dicintai dibandingkan dengan keluarganya, hartanya dan seluruh manusia”*

**(HR. Muslim)**

**Rasululloh sholallohu'alaihi wasallam bersabda :** *“Salah seorang dari kalian tidak beriman sampai dia mencintai saudaranya”*

**(HR Muslim)**

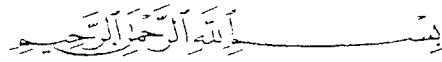


## HALAMAN PERSEMBAHAN



Alhamdulillah, atas izin Allah SWT tugas akhir ini dapat terselesaikan.  
Kupersembahkan hasil karyaku ini kepada orang yang paling berarti dalam hidupku:  
Orang tuaku yang kucintai, yang selalu berdo'a, membimbing, memotivasi dan berkorban  
untukku setiap saat.  
Adik- adikku yang selalu mencintai dan mendukung dalam setiap perjuangan hidupku.  
Para Alumni Takmir Masjid Ulil Albab 2001 – 2006 yang telah memberikan warna religi  
yang indah dalam membentuk kepribadianku menjadi lebih baik.  
Teknik Sipil FTSP UII, semoga dapat mencetak engineer yang beriman dan bertaqwa  
(IMTAQ) dan memiliki pengetahuan dan kompetensi dalam teknologi (IPTEK).  
DR Ade Ilham rohimalloh yang telah memberikan bimbingan dalam menyelesaikan Tugas  
Akhir selama beliau hidup

## 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 “KARAKTERISTIK BETON NORMAL DENGAN VARIASI PENGURANGAN AIR DAN PENAMBAHAN *SUPERPLASTICIZER* TERHADAP KUAT DESAK BETON DENGAN MUTU 40 MPa”

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 almaternya. 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, Sadiman dan Rohani, adik-adik kami, Sarmayani dan Sunario 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 Suharyatmo 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 Ruzardi selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Terima kasih atas kerjasamanya. Mohon maaf bila ada kesalahan.
5. Bapak Harum Murah Marpaung, SE. Dan Bapak Fathurahmi Ssi yang telah memberikan bimbingan di awal-awal perkuliahan. Terima kasih untuk segala nasehatnya.
6. Seluruh alumni Takmir Masjid Ulil Albab UII yang telah menjadi keluarga kedua dan memberikan kehidupan beragama yang indah.
7. Ust. Sir Bram Novaldi, Ust. Ja'far Umar Thalib, Ust. Afifi Abdul Wadud, Ust. Ridwan Hamidi, Lc.,
8. 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

Hardiman

## ABSTRAKSI

Beton normal dengan komposisi campurannya masih dapat ditingkatkan lagi kinerjanya dengan mengurangi kandungan air dengan mempertahankan workabilitas menggunakan bahan tambah superplasticizer. Kinerja yang dapat ditingkatkan adalah workabilitas dan kuat tekan beton. Pengurangan kandungan air dilakukan dengan interval 5% yakni 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% dengan nilai slump antara 150 mm – 180 mm tanpa terjadi bleeding dan segregasi. Mutu beton yang direncanakan adalah 40 MPa yang diuji pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan dilakukan pengurangan air dan penambahan superplasticizer, nilai slump lebih besar dari 180 mm sedangkan kuat tekan maksimum terjadi pada pengurangan air sebesar 30%. Pada umur 3 hari didapatkan kuat tekan maksimum sebesar 39,2697 MPa, umur 7 hari didapatkan kuat tekan sebesar 53,6076 MPa, umur 14 hari didapatkan kuat tekan sebesar 59,1584 MPa, umur 28 hari didapatkan kuat tekan sebesar 62,1899 MPa masing-masing dengan penambahan superplasticizer sebesar 2,42%.

Kata kunci : Kadar air, workabilitas, superplasticizer, Kuat tekan beton

*Normal concrete with their mixed composition may still increased their workability by reduce content of water with maintain workability use additional super plasticizer. Work will be increase is workability and concrete pressure endurance. Reduce the content of water done in interval 150 mm – 180 mm without bleeding and segregation happen. Quality of concrete that planned is 40 MPa is examined on 3, 7, 14, and day 28. Experiment output shows that resizing water content in to smaller amount and adding super plasticizer, slump value bigger than 180 mm while optimum compressive strength occur at water reduction as much as 30 %. In day 3, we get optimum compressive strength 39,2697 Mpa, in day 7 we get optimum compressive strength 53,6076 Mpa, day 12 we get optimum compressive strength 59,1584 Mpa, day 28 we get optimum compressive strength 62,1899 Mpa each with superplasticizer addition 2,42 %.*

Key words : water content, workability, super plasticizer, concrete compressive strength.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
MOTTO .....	i
PERSEMBAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAKSI .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR NOTASI.....	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 .....	2
1.4. Manfaat Penelitian .....	2
1.5. Batasan Masalah .....	3
BAB II     TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Umum .....	4
2.2. Hasil Penelitian yang pernah dilakukan .....	5
BAB III    LANDASAN TEORI .....	6
3.1 Bahan Beton .....	6
3.1.1 Air .....	6
3.1.2 Agregat .....	7
3.1.3. Semen.....	9



	3.2. <i>Superplasticizer</i> .....	10
	3.3 Faktor air semen (f.a.s).....	10
	3.4 Workabilitas.....	11
	3.5 Kuat tekan.....	12
	3.6 Tegangan-regangan.....	13
	3.7 Modulus elastis .....	13
	3.8 Perencanaan campuran beton .....	14
BAB IV	METODE PENELITIAN .....	16
	4.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	16
	4.2. Persiapan Bahan dan Alat .....	16
	4.2.1 Pengadaan Bahan .....	16
	4.2.2. Pengolahan Bahan-Bahan .....	17
	4.2.3 Persiapan Alat.....	17
	4.3 Benda Uji .....	18
	4.3.1 Jenis Benda Uji.....	18
	4.3.2 Jenis-Jenis Pengujian .....	18
	4.4 Perawatan .....	20
	4.5 Pengujian Beton Keras .....	20
	4.6 Analisis Data.....	20
	4.7 Prosedur Penelitian .....	21
BAB V	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	23
	5.1 Umum.....	23
	5.2 Pengaruh Pengurangan air dan Penambahan <i>Superplasticizer</i> terhadap workabilitas .....	27
	5.3 Pengaruh pengurangan air, fas dengan Penambahan <i>Superplasticizer</i> terhadap Kuat Tekan .....	30
	5.4 Pengaruh Umur Beton terhadap Kuat Tekan.....	40
	5.5 Analisis Hubungan Tegangan-Regangan pada beton uji .....	49
	5.6 Modulus Elastisitas .....	51
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN .....	53

6.1 Umum .....	54
6.2 Kesimpulan.....	54
6.3 Saran-Saran.....	55

DAFTAR PUSTAKA

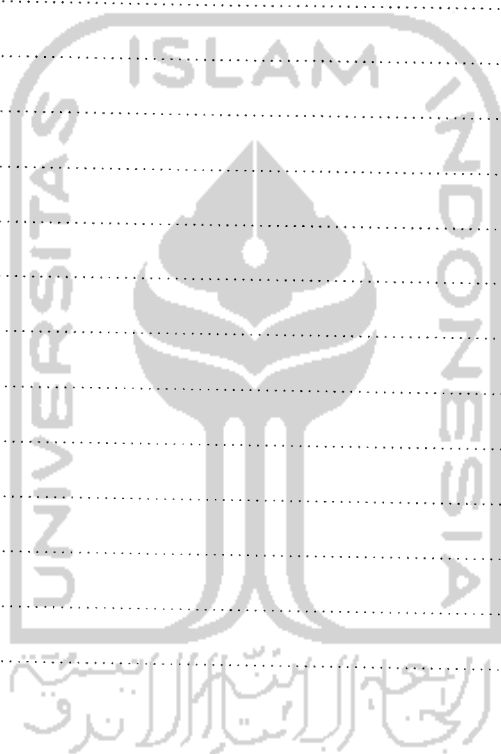


## DAFTAR NOTASI

$A$	=	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
$Sd$	=	Standar Deviasi
$FAS$	=	Faktor Air Semen
$Wa$	=	Berat Air
$Ws$	=	Berat Semen
$\epsilon$	=	Regangan
$\sigma$	=	Tegangan
$Ec$	=	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

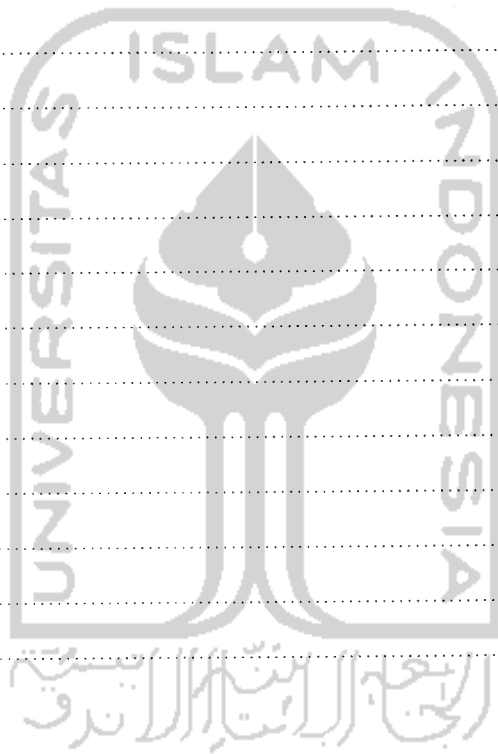
## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 .....	9
Tabel 3.2 .....	9
Tabel 3.3 .....	10
Tabel 4.1 .....	18
Tabel 5.1 .....	23
Tabel 5.2 .....	24
Tabel 5.3 .....	25
Tabel 5.4 .....	25
Tabel 5.5 .....	26
Tabel 5.6 .....	27
Tabel 5.7 .....	31
Tabel 5.8 .....	32
Tabel 5.9 .....	34
Tabel 5.10 .....	35
Tabel 5.11 .....	38
Tabel 5.12 .....	46
Tabel 5.13 .....	48



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 4 .....	22
Gambar 5.1 .....	29
Gambar 5.2 .....	30
Gambar 5.3 .....	32
Gambar 5.4 .....	33
Gambar 5.5 .....	35
Gambar 5.6 .....	36
Gambar 5.7 .....	37
Gambar 5.8 .....	37
Gambar 5.9 .....	39
Gambar 5.10 .....	40
Gambar 5.11 .....	41
Gambar 5.12 .....	41
Gambar 5.13 .....	42
Gambar 5.14 .....	43
Gambar 5.15 .....	44
Gambar 5.16 .....	46



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 .....	Konsultasi Tugas Akhir
Lampiran 2 .....	Perencanaan Kebutuhan Beton
Lampiran 3 .....	Data Kuat Tekan
Lampiran 4 .....	Data Tegangan Regangan
Lampiran 5 .....	Berat Volume



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Secara umum bahwa pertumbuhan atau perkembangan industri konstruksi di Indonesia cukup pesat khususnya konstruksi beton. Konstruksi beton dapat dijumpai pada pembuatan gedung-gedung, jalan (*rigid pavement*), bendung, saluran dan lainnya. Hampir 60% material yang digunakan pada umumnya dalam pekerjaan konstruksi adalah beton (*concrete*). Beton merupakan material yang tersusun dari agregat yaitu agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir) dan air yang terbungkus oleh semen yang mengisi ruang diantara partikel-partikel sehingga membentuk satu kesatuan (Yohanes, Adianto, Tri Basuki ; 2004).

Salah satu karakteristik beton adalah kuat menahan gaya tekan. Kuat tekan beton dapat ditingkatkan lagi dengan mengurangi air pada campuran beton dan untuk menjaga workabilitas campuran maka ditambahkan bahan tambah. Bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini adalah *superplasticizer* yang merupakan bahan tambah yang digunakan pada campuran beton baik sebelum pengadukan maupun selama proses pengadukan dengan tujuan untuk mendapatkan beton segar yang *workable* dan bersifat mengalir. *Superplasticizer* sering disebut juga bahan tambah pengurang air dosis tinggi (*high reducer rang water reducer*) (Ade Ilham, 2006). Dengan dilakukannya pengurangan air terhadap campuran beton dan penambahan *superplasticizer* untuk menjaga workabilitas atau kelecakan campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan beton.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas dapat kita ambil rumusan masalah yaitu :

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

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. meningkatkan kelecakan beton segar,
2. meningkatkan kuat tekan beton dengan variasi pengurangan air,
3. mengetahui tegangan-regangan beton pada variasi pengurangan air dengan penambahan *superplasticizer*,
4. menentukan modulus elastis beton pada variasi pengurangan air dengan penambahan *superplasticizer*.

## 1.4 Manfaat Penelitian

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

1. campuran yang lebih *workable* setelah ditambahkan *superplasticizer*,
2. meningkatnya kuat tekan beton setelah dilakukan pengurangan air,



3. dapat diketahui nilai-nilai modulus elastis beton dengan variasi pengurangan air dan penambahan *superplasticizer*,

### 1.5 Batasan Masalah

Dengan keterbatasan yang dimiliki dan mempertimbangkan luasnya faktor-faktor yang berpengaruh, maka dalam penelitian ini digunakan batasan-batasan masalah sebagai berikut :

1. metode disain yang akan digunakan adalah metode DOE,
2. kuat tekan yang diteliti adalah 40 MPa,
3. nilai slump asal 30 – 60 mm (sebelum dimodifikasi) akan ditingkatkan menjadi  $\geq 150$  mm tanpa terjadi *bleeding* dan segregasi,
4. pengurangan air dilakukan secara gradual mulai 0%, 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, jenis *sulfonat nafthalin formaldehid* dengan persentase terhadap berat semen,
8. penambahan *superplasticizer* dilakukan sedikit demi sedikit sampai dicapai slump  $\geq 150$  mm tanpa terjadi *bleeding* dan segregasi,
9. pengujian dilakukan dengan uji desak.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

Menurut pedoman beton 1989, *Draft Konsensus* (SKBI.1.4.53,1989: 4-5) beton didefinisikan sebagai campuran semen portland atau sembarang semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah.

Bahan-bahan dalam campuran beton dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu bahan aktif dan bahan pasif. Bahan aktif adalah semen dan air, apabila semen dan air bersentuhan maka akan terjadi proses hidrasi. Bahan pasif atau bahan pengisi dalam campuran beton adalah pasir dan kerikil (agregat) (Kardiyono, 1992).

Kekuatan, keawetan, dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat-sifat bahan penyusun beton (air, semen, agregat) yaitu kualitas semen, proporsi semen terhadap campuran, kekuatan dan kebersihan agregat, interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat, pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton, penempatan yang benar, penyelesaian dan pemadatan beton, perawatan beton (Nawy, 1985 : 24). Disamping kualitas bahan penyusunnya, kualitas pelaksanaan pun menjadi penting dalam pembuatan beton seperti yang disebutkan oleh Jackson (1977) bahwa kualitas beton didalam struktur tergantung pada pengerjaan ditempat.

Untuk memudahkan pengerjaan beton maka campuran beton diberikan bahan tambah yang dapat meningkatkan workabilitas dengan menggunakan *superplasticizer*. *Superplasticizer* adalah bahan yang mudah larut dalam air atau agen penyebar polimer buatan dan bahan utamanya *formaldehyde condensate salts of melamine* atau *naphthaline sulphonie acid*. *Superplasticizer* disebut juga sebagai pengurang air jumlah tinggi, karena dapat mengurangi jumlah air campuran beton sebanyak 15 sampai 30 persen tanpa mempengaruhi

kelecekannya (Singh dkk., 1992). *Superplasticizer* bertindak memisahkan butir-butir semen yang menggumpal dalam campuran air rendah. Ini berarti melepaskan air untuk memperbaiki kelecakan, karena dapat memberikan keleluasaan Bergeraknya air lebih baik di antara butir-butir semen (Cong dkk. 1992).

## 2.2 Hasil Penelitian yang pernah dilakukan

Penelitian Syafruddin dan Hastoro yaitu " Pengaruh Pengurangan Kandungan Air dan Penambahan *Superplasticizer* Pada Komposisi Campuran Beton Kuat Tekan 30 MPa dan 40 MPa. Salah satu tujuan utama penelitian ini adalah meningkatkan kuat tekan beton dengan melakukan pengurangan kadar air dengan penambahan *superplasticizer* untuk mempertahankan workabilitas. Pengurangan kadar air dilakukan pada interval 10% dan penambahan *superplasticizer* dilakukan sedikit demi sedikit dengan persentase penambahan *superplasticizer* untuk  $f'c$  30 MPa yaitu 0%, 0,1%, 0,9%, 1,83%, 3,62% dan  $f'c$  40 MPa yaitu 0%, 0,08%, 0,29%, 0,88%, 1,26%, 6,64%. Peningkatan kekuatan dan kekuatan optimal dicapai pada pengurangan kandungan air 30%. Pengurangan kandungan air 30% menghasilkan reaksi yang tepat antara semen, air, *superplasticizer* sehingga kuat tekan maksimal dapat dicapai. Dalam penelitian Muzammil dan Budiono telah ditentukan variasi penambahan *superplasticizer* sebesar 0%; 0,7%; 1%; 2,5% dan 4% berat semen dari beton mutu 28 MPa.

Pada penelitian ini akan dicari sifat-sifat beton segar dan beton keras yaitu workabilitas dan kuat tekan. Kuat tekan yang direncanakan adalah 40 MPa menggunakan variasi pengurangan air dan penambahan *superplasticizer* dengan nilai *slump* asal 30 – 60 mm (sebelum dimodifikasi) akan ditingkatkan menjadi  $\geq$  150 mm dan pengurangan kadar air dengan interval sebesar 5% dari kandungan air normal.

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Bahan Beton

##### 3.1.1 Air

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 25% berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air-semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air ini yang dipakai sebagai pelumas. Perlu dicatat bahwa tambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan rendah serta betonnya porous. Selain itu kelebihan air akan bersama-sama dengan semen bergerak ke permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan merupakan suatu lapisan tipis yang dikenal dengan *laitance* (selaput tipis). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah (Kardiyono, 1996).

Air yang memenuhi persyaratan sebagai air minum memenuhi syarat pula untuk bahan campuran beton. Secara umum, air yang dapat dipakai untuk bahan pencampur beton adalah air yang bila dipakai akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang memakai air suling. Air yang mengandung kotoran akan memperlambat waktu ikatan awal adukan beton dan mengakibatkan lemahnya kekuatan beton setelah mengeras dan daya tahannya menurun (Triono Budi Astanto, 2001). Dalam pemakaian air untuk beton itu sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut :

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 sebagainya) lebih dari 15 gram/liter,
3. tidak mengandung khlorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter,
4. tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

(Kardiyono, 1996)

### 3.1.2 Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton (Kardiyono, 1996). Agregat merupakan salah satu bahan pengisi beton dan komposisi agregat tersebut berkisar 60%-70% dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, agregat ini pun menjadi penting. Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan (*artificial aggregates*). Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya yaitu agregat kasar dan agregat halus. Meskipun demikian, dapat diberikan batasan ukuran antara agregat halus dan agregat kasar yaitu 4,80 mm (*British Standard*) atau 4,75 mm (Standar ASTM). Agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 4,80 mm (4,75 mm) dan agregat halus adalah batuan yang lebih kecil dari 4,80 mm (4,75 mm). Agregat dengan ukuran lebih besar dari 4,80 mm dibagi lagi menjadi dua yaitu : yang berdiameter antara 4,80 mm - 40 mm disebut kerikil beton dan yang lebih dari 40 mm disebut kerikil kasar.

Agregat yang digunakan dalam campuran beton biasanya berukuran lebih kecil dari 40 mm. Agregat yang ukurannya lebih besar dari 40 mm digunakan untuk pekerjaan sipil lainnya, misalnya untuk pekerjaan jalan, tanggul-tanggul penahan tanah, bronjong, atau bendungan dan lainnya. Agregat halus biasanya dinamakan pasir dan agregat kasar dinamakan kerikil, split, batu pecah, kricak, dan lainnya (Tri Mulyono, 2004).

Menurut peraturan di Inggris (*British Standard*) yang juga dipakai di Indonesia saat ini (dalam SK-SNI-T-15-1990-03) kekasaran pasir dapat dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar, sebagaimana tampak pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Gradasi pasir

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir Yang Lewat Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	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
0,6	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 : Kardiyono (1996)

Keterangan :

Daerah I = Pasir Kasar

Daerah II = Pasir Agak Kasar

Daerah III = Pasir Agak Halus

Daerah IV = Pasir Halus

Adapun agregat kerikil ditetapkan seperti yang tercantum dalam Tabel 3.2

Tabel 3.2 Gradasi Kerikil

Lubang (mm)	Persen Berat Butir Yang Lewat Ayakan Besar Butir Maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	25-55
4,8	0-5	0-10

Sumber : Kardiyono (1996)

### 3.1.3 Semen

Menurut PUBI-1982, semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dicampur dengan gips sebagai bahan tambah.

Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat (Kardiyono, 1992).

Karena bahan dasarnya terdiri dari bahan-bahan yang terutama mengandung kapur, silika, alumina, dan oksida besi, maka bahan-bahan ini menjadi unsur-unsur pokok semen. Adapun susunan unsur semen terlihat pada tabel 3.3

Tabel 3.3 Susunan Unsur-Unsur Semen

Oksida	Persen
Kapur (CaO)	60-65
Silika (SiO <sub>2</sub> )	17-25
Alumina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3-8
Besi (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,5-6
Magnesia (MgO)	0,5-4
Sulfur (SO <sub>3</sub> )	1-2
Soda / potash Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	0,5-1

Sumber : Triono Budi Astanto (2001)

Pada dasarnya semen memiliki empat unsur penting yaitu :

1. trikalsium silikat (C<sub>3</sub>S) atau 3CaO.SiO<sub>2</sub>,
2. dikalsium silikat (C<sub>2</sub>S) atau 2CaO.SiO<sub>2</sub>,
3. trikalsium aluminat (C<sub>3</sub>A) atau 3CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,
4. tetrakalsium aluminoforit (C<sub>4</sub>AF) atau 4CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan pengikatan semen adalah (Kardiono, 1995) :

1. kehalusan semen, semakin halus butiran semen akan semakin cepat waktu pengikatannya,

2. jumlah air, pengikatan semen akan cepat bila jumlah air berkurang,
3. temperatur, waktu pengikatan semen akan cepat bila suhu udara dikelilinginya semakin tinggi,
4. penambahan zat kimia tertentu.

### 3.2 *Superplasticizer*

*Superplasticizer* merupakan bahan tambah kimia (*chemical admixture*) yang mempunyai pengaruh dalam meningkatkan workabilitas beton sampai pada tingkat yang cukup besar (Ade Ilham, Syafruddin dan Hastoro; 2005).

*Plasticizer* dibagi menjadi tiga jenis (Nawy, 1985) :

1. kondensasi *sulfonat melamin formaldehid* dengan kandungan klorida sebesar 0,005%,
2. *sulfonat naphthalin formaldehid* dengan kandungan klorida yang dapat diabaikan,
3. modifikasi *lignosulfonat* tanpa kandungan klorida.

Dari ketiga jenis *superplasticizer*, yang digunakan dalam penelitian ini adalah *superplasticizer* dengan jenis *sulfonat naphthalin formaldehid* yang berfungsi untuk meningkatkan workabilitas dan banyak mengurangi air pada campuran beton sementara *slump* beton bertambah 8 in (208 mm) atau lebih. Dosis yang disarankan adalah 1 sampai 2% dari berat semen. Dosis yang berlebihan dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan tekan pada beton (Nawy, 1985).

### 3.3 Faktor air-semen (fas)

Faktor air-semen merupakan perbandingan antara berat air dengan semen dalam adukan beton. Definisi istilah perbandingan air-semen perlu dijelaskan. Kesulitannya timbul dari adanya air dalam takaran beton yang berasal dari tiga sumber (Murdock dan Brook, 1979) :



1. air yang diserap dalam agregat ( $w_a$ ),
2. air permukaan pada agregat ( $w_s$ ),
3. air yang ditambahkan selama mencampur ( $w_m$ ).

Faktor air-semen sangat mempengaruhi kekuatan beton. Semakin tinggi nilai fas-nya maka semakin rendah mutu kekuatan beton, namun demikian nilai fas yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai fas yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Umumnya nilai fas minimum yang diberikan sekitar 0,4 dan maksimum 0,65. Rata-rata ketebalan lapisan yang memisahkan antar partikel dalam beton sangat bergantung pada fas yang digunakan dan kehalusan butir semennya (Tri Mulyono, 2004).

### 3.4 Workabilitas (Keleccakan Beton)

Istilah workabilitas sulit untuk didefinisikan dengan tepat, dan Newinan (1965) mengusulkan agar didefinisikan pada sekurang-kurangnya tiga buah sifat yang terpisah :

1. kompaktilitas, atau kemudahan 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, koheren dan stabil selama dikerjakan dan digetarkan tanpa terjadi segregasi atau pemisahan butiran dari bahan-bahan utamanya.

Keleccakan beton dapat dilihat dari nilai *slump* yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. Unsur-unsur yang mempengaruhinya antara lain (Tri Mulyono, 2004) :

1. jumlah air pencampur. Semakin banyak air semakin mudah untuk dikerjakan,

2. kandungan semen. Jika fas tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannya pun akan lebih tinggi,
3. gradasi campuran pasir-kerikil. Jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mudah dikerjakan,
4. bentuk butiran agregat kasar. Agregat berbentuk bulat lebih mudah dikerjakan,
5. butir maksimum,
6. cara pemadatan dan alat pemadat,

### 3.5 Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Penentuan kekuatan tekan dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder dengan prosedur uji ASTM C-39 atau kubus dengan prosedur BS-1881 Part 115; Part 116 pada umur 28 hari. (Tri Mulyono, 2004).

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor, selain oleh perbandingan air semen dan tingkat pemadatannya, Faktor-faktor penting lainnya yaitu (Murdoch dan Brook, 1979) :

1. jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton,
2. jenis dan lekuk-lekuk bidang permukaan agregat.

Kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan akan menghasilkan beton dengan kuat desak maupun kuat tarik yang lebih besar daripada penggunaan kerikil halus dari sungai,

3. efisiensi dari perawatan (*curing*).

Kehilangan kekuatan sampai sekitar 40% dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pada pembuatan benda uji,

4. suhu.

Pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat tekan akan tetap rendah untuk waktu yang lama.

#### 5. Umur.

Pada keadaan yang normal kekuatan beton bertambah dengan umurnya. Kecepatan bertambahnya kekuatan tergantung pada jenis semen.

### 3.6 Tegangan-Regangan

Kemampuan bahan untuk menahan beban yang didukungnya dan perubahan bentuk atau deformasi yang terjadi pada bahan itu amat tergantung dari sifat tegangan-regangan tersebut (Kardiyono, 1988). Berikut rumus tegangan adalah :

$$\sigma = P/A \quad (3.1)$$

Keterangan :

$\sigma$  = Tegangan (MPa)

P = Kuat tekan (N)

A = Luas permukaan (mm<sup>2</sup>)

### 3.7 Modulus Elastis

Kemiringan suatu garis lurus yang menghubungkan titik pusat dengan suatu harga tegangan ( $0,4 f'c$ ) disebut modulus elastisitas atau modulus sekan dari beton (Nawy, 1990).

Rumus yang digunakan dalam modulus elastisitas untuk pengujian adalah :

$$E = \sigma / \epsilon \quad (3.2)$$

Keterangan :

$E$  = Modulus elastisitas (MPa)

$\sigma = 0,4 \sigma$  maks (MPa)

$\varepsilon$  = Regangan ( $10^{-4}$ )

Adapun rumus modulus elastis teoritis yang ditetapkan oleh SNI adalah :

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} \quad (3.3)$$

Keterangan :

$E_c$  = Modulus elastis (MPa)

$f_c'$  = tegangan maksimum (MPa)

### 3.8 Perencanaan Campuran Beton

Dalam penelitian kali ini digunakan metode *The British Mix Design Method* atau lebih dikenal di Indonesia dengan cara DOE (*Department Of Environment*). Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut (Sumber : Triono Budi Astanto; 2001) :

1. menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan 28 hari,
2. menetapkan nilai deviasi standar ( $S_d$ ). Standar deviasi ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya, makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standar,
3. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan

Rumusnya :

$$f_{cr}' = f_c' + M \quad (3.2)$$

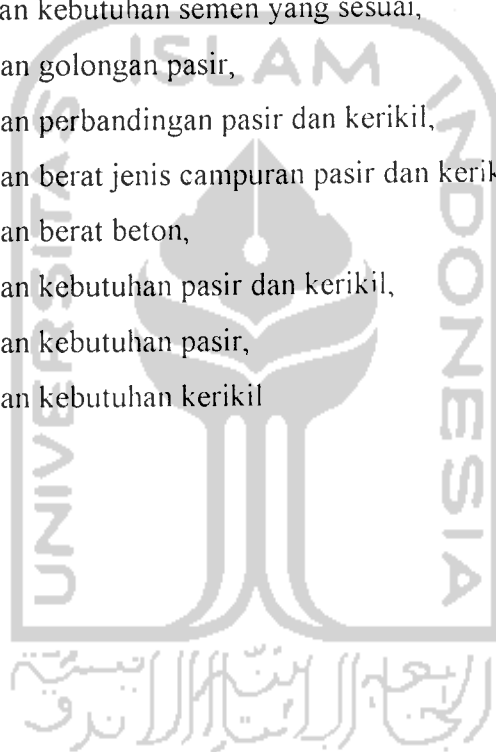
Keterangan :

$f_{cr}'$  = Kuat tekan rata-rata

$f_c'$  = Kuat tekan yang disyaratkan

$M$  = Nilai tambah

4. menetapkan jenis semen,
5. menetapkan jenis agregat (pasir dan kerikil),
6. menetapkan faktor air-semen,
7. menetapkan nilai *slump*,
8. menetapkan kebutuhan air,
9. menetapkan kebutuhan semen,
10. menetapkan kebutuhan semen minimum,
11. menetapkan kebutuhan semen yang sesuai,
12. menentukan golongan pasir,
13. menentukan perbandingan pasir dan kerikil,
14. menentukan berat jenis campuran pasir dan kerikil,
15. menentukan berat beton,
16. menentukan kebutuhan pasir dan kerikil,
17. menentukan kebutuhan pasir,
18. menentukan kebutuhan kerikil



## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

Urutan pelaksanaan penelitian pembuatan benda uji akan dibahas dalam bab ini yang meliputi waktu dan tempat penelitian, persiapan dan pengadaan bahan, pemeriksaan agregat, merencanakan komposisi bahan campuran beton (menggunakan metode DOE), pengadukan, pengujian beton segar, pengawetan, pengujian benda uji yang terdiri dari uji tekan dan tegangan-regangan.

#### **4.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Waktu penelitian dimulai bulan Juni 2006 sampai Desember 2006, selama 7 bulan. Rentang waktu tersebut dibagi dalam 4 kelompok waktu kerja, pertama persiapan, pengadaan bahan, dan uji-uji pendahuluan selama 1 bulan. Kedua, pembuatan benda uji dan perawatan benda uji dibutuhkan waktu selama 2 bulan. Ketiga, persiapan pengujian dan pengujian benda-benda uji selama 2 bulan. Keempat, analisis data, pembuatan laporan, dan publikasi/seminar hasil, selama 2 bulan.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

#### **4.2 Persiapan Bahan dan Alat**

##### **4.2.1 Pengadaan Bahan**

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

1. Semen, digunakan semen jenis I yang tersedia di pasaran. Pemilihan jenis ini dilakukan karena paling umum dipakai sebagai bahan campuran beton dan tidak memerlukan persyaratan khusus. Semen ditempatkan pada suatu tempat yang kering dan tidak terkena kelembaban air.

### 4.3 Benda Uji

#### 4.3.1 Jenis Benda Uji

Jenis benda uji yang akan dibuat berkaitan dengan variabel yang ingin dimasukkan pada penelitian ini, yaitu terdiri dari mutu beton, umur beton, persentase pengurangan air, jenis pengujian yang terdiri dari kuat tekan dan diagram tegangan-regangan. Jika dirangkum dan disajikan dalam bentuk tabel, terlihat seperti pada Tabel 4.1. Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui jumlah benda uji dan disusun jenis-jenis pengujian.

Tabel 4.1 Jumlah sampel pengujian

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
$\Sigma$	21	21	21	35	7

\* : Penggunaan *superplasticizer* disesuaikan jumlahnya untuk mencapai nilai slump yang diinginkan

#### 4.3.2 Jenis-jenis pengujian

Untuk mendapatkan data yang lengkap dan menyeluruh akan dilakukan berbagai jenis uji terutama pada beton segar dan beton keras. Pengujian beton segar dilakukan untuk mengetahui kelecakannya, uji yang dilakukan berupa uji slump. Untuk pengujian beton keras meliputi pengujian kuat tekan dan tegangan-regangan.

## 1. Pengujian Slump

Keleccakan beton segar pada beton normal baik metode DOE (*development of environmental*) maupun SK SNI T-15-1990-03 (1990) antara 0 sampai 180 mm yang disediakan dalam empat interval, yaitu 0 -10 mm, 10 – 30 mm, 30 – 60 mm, dan 60 – 180 mm. Keleccakan dengan nilai slump antara 0 – 60 mm sangat rendah, dengan nilai slump sebesar itu memerlukan jumlah air dalam jumlah minimal. Apabila dikehendaki slump lebih besar atau sama dengan 150 mm, maka akan dibutuhkan jumlah air dan semen yang lebih besar.

Dalam penelitian ini, diambil interval nilai slump yang akan dimodifikasi adalah antara 30 – 60 mm dengan alasan bahwa nilai slump tersebut berada di tengah-tengah antara slump terendah dan tertinggi yang tersedia pada metode DOE. Pengurangan terhadap air campuran dilakukan secara gradual dengan interval 5% antara 0 - 30% dan penambahan SP dilakukan sedikit demi sedikit sampai diperoleh nilai slump lebih besar atau sama dengan 150 mm untuk setiap variasi pengurangan air.

## 2. Kekuatan Beton Keras

Kekuatan beton yang dinyatakan dalam kuat tekan, untuk beton normal ini sangat terbatas, yaitu 40 MPa. Sementara penggunaan semen untuk mencapai kekuatan tersebut cukup tinggi. Padahal para peneliti, dengan menggunakan jumlah semen yang sama dan ditambah sedikit bahan tambah (*additive*) dapat menghasilkan mutu beton yang lebih tinggi. Beton normal dengan kadar air tinggi menghasilkan beton yang tidak begitu kedap, kandungan porinya tinggi, sehingga keawetannya terbatas. Kekuatan beton bergantung kepada jumlah air yang diberikan pada campuran beton, lebih rendah jumlah air kekuatan beton lebih tinggi. Ini berarti beton mutu tinggi dapat dihasilkan dengan menggunakan faktor air-semen (f.a.s) yang rendah. Jumlah air rendah pada beton menyebabkan jarak butir-butir halus lebih rapat, maka akan menghasilkan beton yang rapat. Dengan



kata lain akan menghasilkan beton kuat tekan tinggi sekaligus permeabilitasnya rendah, sehingga beton keras akan memiliki tingkat keawetan (*durability*) yang lebih tinggi.

Pengujian beton keras yaitu uji kekuatan beton (*strength*). Kekuatan beton meliputi kuat tekan dan tegangan-regangan.. Uji beton keras juga dilakukan untuk mendapatkan parameter bahan yang meliputi modulus elastis dan diagram tegangan-regangan.

#### **4.4 Perawatan Beton**

Perawatan merupakan salah satu bagian dari proses pembuatan benda uji yang standar untuk menghasilkan beton keras yang diharapkan. Perawatan yang dilakukan terhadap beton adalah dalam rangka memberikan kelembaban agar semen dapat meneruskan proses hidrasi. Perawatan yang baik akan menghasilkan beton yang memiliki kualitas tinggi begitu sebalikannya.

Dalam penelitian ini, perawatan beton keras dilakukan mengikuti perawatan standar, yaitu dengan perendaman, dimana benda uji direndam sampai batas umur pengujian. Benda uji dikeluarkan dari perendaman 2 jam sebelum pengujian, hal ini dilakukan agar benda uji tidak dalam keadaan basah ketika diuji.

#### **4.5 Pengujian Beton Keras**

Pengujian beton keras mencakup pengujian kuat tekan. Kuat tekan beton diuji untuk umur 3, 7, 14, dan 28 hari. Selain itu dilakukan juga pengujian tegangan-regangan untuk mendapatkan modulus elastis beton untuk umur 28 hari..

#### **4.6 Analisis data**

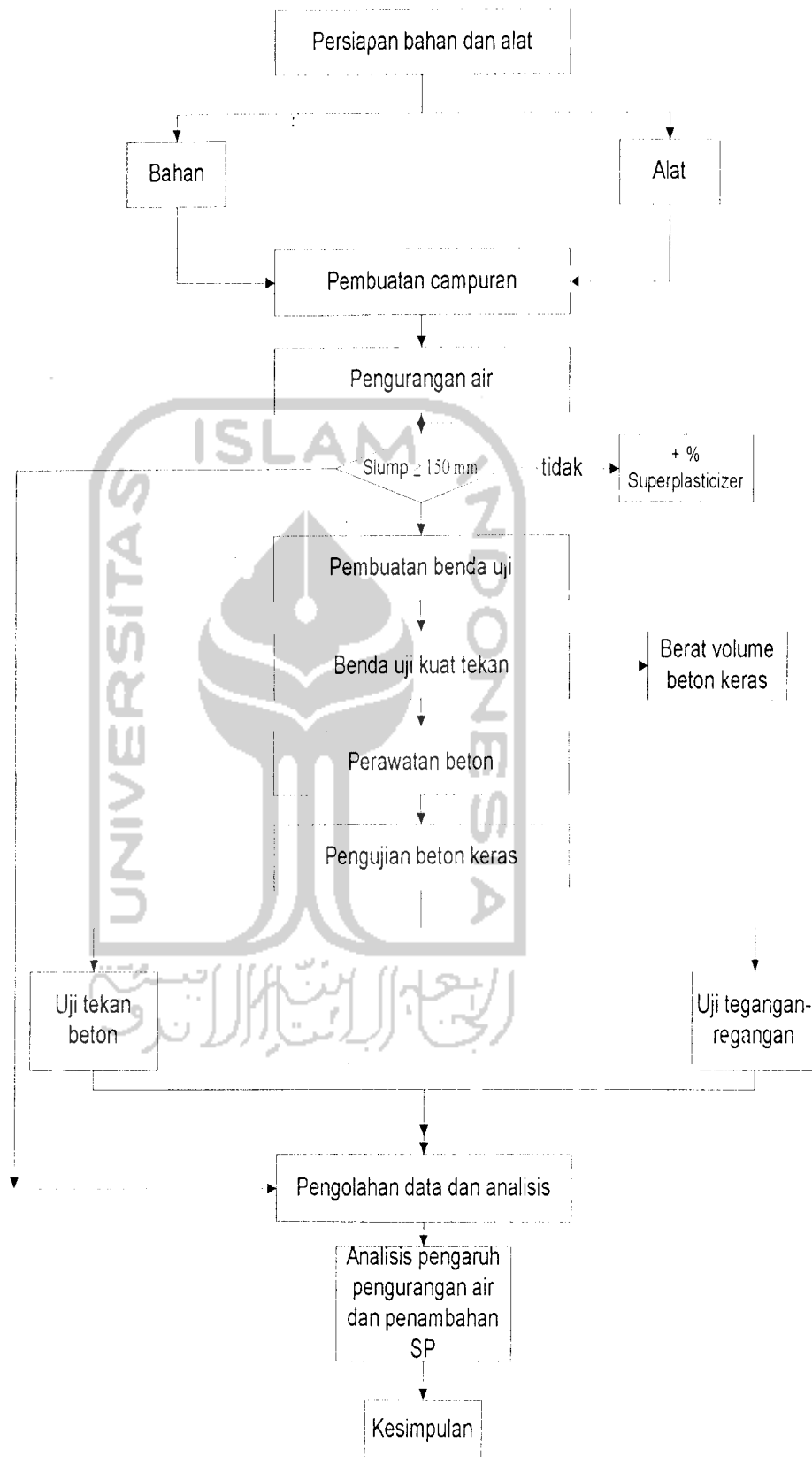
Analisis data dilakukan dengan cara regresi (yang tersedia di dalam Microsoft Excel) terhadap data kuat desak beton yang memiliki kesamaan variasi

pengurangan jumlah air. Hasil regresi ini akan menunjukkan bentuk formula modifikasi disain campuran beton normal yang diinginkan. Alternatif lain bentuk formula modifikasi disajikan dalam bentuk tabel yang menghubungkan kuat desak beton, variasi pengurangan jumlah air dan penambahan *superplasticizer*.

#### 4.7 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian diperlukan untuk menjaga agar jalannya penelitian sesuai dengan yang diharapkan. Langkah-langkah penelitian yang tepat dan sistematis dapat menghasilkan data yang baik dan akurat. Kesalahan yang tidak perlu dapat diminimisir dengan perencanaan prosedur penelitian yang baik. Adapun langkah-langkah atau prosedur penelitian seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 4**





## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Umum

Pada bab ini akan membahas hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UIH yang meliputi hasil pemeriksaan berat jenis dan kadar air pasir, berat jenis dan kadar air kerikil, berat volume agregat kasar, modulus halus butir agregat halus, gradasi pasir, pengujian beton yaitu nilai slump, kuat desak, dan tegangan-regangan beton.

Adapun hasil dari pemeriksaan berat jenis dan kadar air pasir, berat jenis dan kadar air kerikil, berat volume agregat kasar, modulus halus butir agregat halus dan gradasi pasir seperti yang terlihat pada tabel di bawah ini

Tabel 5.1 Hasil pemeriksaan berat jenis dan kadar air pasir

URAIAN	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 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 <sup>3</sup> ..... ( 1 ) $Bk / ( B + 500 - Bt )$	2,5013	2,609	2,396
Berat Jenis Jenuh Kering Muka, gram/cm <sup>3</sup> ..... ( 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 <sup>3</sup> ..... ( 1 ) $Bk / ( B + 500 - Bt )$	2,502
Berat Jenis Jenuh Kering Muka gram/cm <sup>3</sup> ..... ( 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/cm<sup>3</sup>

Tabel 5.2 Pemeriksaan berat jenis dan kadar air kerikil

URAIAN	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 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 ) $( Bj - Bk ) / Bk \times 100\%$	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) $( Bj - Bk ) / Bk \times 100\%$	3,907 %

Kesimpulan : berat jenis jenuh kering muka agregat tersebut =  $2,544 \text{ gr/cm}^3$

Tabel 5.3 Pemeriksaan berat volume agregat kasar

Uraian	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung ( W <sub>1</sub> ), gram	15967	15967
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku ( W <sub>2</sub> ), gram	31899,67	32868,55
Berat Agregat Bersih ( W <sub>3</sub> ), gram	15932,67	16901,55
Volume Tabung ( V ), cm <sup>3</sup>	10765,32	10765,32
Berat Isi Padat ( W <sub>3</sub> / V ), gram/cm <sup>3</sup>	1,48	1,57

Uraian	Sampel 3	Rata-rata
Berat Tabung ( W <sub>1</sub> ), gram	15967	15967
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku ( W <sub>2</sub> ), gram	33000	32589,41
Berat Agregat Bersih ( W <sub>3</sub> ), gram	17033	16622,41
Volume Tabung ( V ), cm <sup>3</sup>	10760	10763,52
Berat Isi Padat ( W <sub>3</sub> / V ), gram/cm <sup>3</sup>	1,58	1,54

Tabel 5.4 Modulus halus butir agregat halus

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
<b>Jumlah</b>	<b>2000</b>	<b>100</b>	<b>273,45</b>	<b>-</b>

Modulus halus butir adalah suatu indek yang dipakai untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Makin besar nilai modulus halus butir menunjukkan bahwa makin besar butir-butir agregatnya. Pada umumnya pasir mempunyai modulus halus butir antara 1,5 sampai 3,8 (Kardiyono, 1992). Dalam penelitian ini modulus halus butir yang didapatkan sebesar :

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

Tabel 5.5 Gradasi pasir

Lubang ayakan (mm)	Persen butir agregat yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4.80	90-100	90-100	90-100	95-100
2.40	60-95	75-100	85-100	95-100
1.20	30-70	55-90	75-100	90-100
0.60	15-34	35-59	60-79	80-100
0.30	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

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

Hasil analisa ayakan masuk daerah : 2 (dua)

Jenis pasir : agak kasar

## 5.2 Pengaruh pengurangan air dan penambahan *superplasticizer* terhadap workabilitas

Didalam campuran beton, air mempunyai dua fungsi, yang pertama, untuk memungkinkan reaksi kimia *portland cement* yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, dan kedua sebagai pelumas campuran kerikil, pasir dan semen agar memudahkan percetakan (Murdock dan Brook). Penggunaan air secara berlebihan mengakibatkan kekuatan beton menurun dan sebaliknya penggunaan pada campuran beton dalam jumlah sedikit akan meningkatkan kuat beton tetapi mempunyai efek yaitu campuran beton sulit untuk dipadatkan sehingga beton mudah keropos. Untuk menghindari terjadinya keropos dan *bleeding* maka campuran beton ditambahkan bahan tambah yaitu *superplasticizer*. *Superplasticizer* berfungsi untuk menjaga workabilitas beton pada saat dilakukan pengurangan air.

Pada penelitian ini beton dengan pengurangan air dan penambahan *superplasticizer* direncanakan memiliki nilai slump 150 mm - 180 mm dimana penambahan *superplasticizer* dilakukan sedikit demi sedikit. Penambahan *superplasticizer* ke dalam adukan beton dilakukan sedikit demi sedikit sampai didapatkan nilai slump yang diinginkan dengan tujuan untuk mengontrol kadar *superplasticizer* agar tidak berlebihan sehingga mengakibatkan terjadinya *bleeding* dan segregasi. Penambahan *superplasticizer* kedalam campuran beton



yang dilakukan sedikit demi sedikit juga mengakibatkan tidak konsistennya kadar *superplasticizer* yang diberikan ke dalam adukan beton.

Untuk mengetahui tingkat kelecakan beton atau workabilitas beton maka dilakukan pengujian berupa uji *slump*. Pengujian nilai *slump* sebagai indikator workabilitas, semakin tinggi nilai *slump* maka workabilitas beton akan tinggi dan semakin rendah nilai *slump* maka tingkat workabilitasnya akan rendah. (Syafrudin dan Hastoro, 2005).

Adapun data pengujian *slump* dapat dilihat pada tabel 5.6

**Tabel 5.6** Nilai *Slump* sebelum dan sesudah penambahan *superplasticizer*

Variasi adukan	Nilai <i>slump</i>		Keterangan		
	Awal (cm)	Akhir (cm)	Pengurangan air (%)	fas	Persentase SP (%)
B40-0%	6,5	18,25	0	0,36	0,22
B40-5%	0	19	5	0,34	0,33
B40-10%	0	19,75	10	0,32	0,99
B40-15%	0	19,7	15	0,31	1,10
B40-20%	0	18,5	20	0,29	1,12
B40-25%	0	18,35	25	0,27	1,43
B40-30%	0	19,25	30	0,25	2,42

Keterangan :

- B40-0% : Beton kuat tekan 40 MPa dengan pengurangan air 0%
- Awal : Nilai *slump* sebelum penambahan *superplasticizer*
- Akhir : Nilai *slump* setelah penambahan *superplasticizer*
- Pengurangan air : Pengurangan air dalam persen (%) terhadap kebutuhan hasil perhitungan kebutuhan campuran
- Penambahan SP : Penambahan *superplasticizer* (SP) terhadap berat PC

Dari tabel 5.6 terlihat bahwa semakin tinggi pengurangan air akan mengakibatkan rendahnya nilai *slump* sehingga berpengaruh pada workabilitas

beton yaitu workabilitas beton menjadi rendah hal ini terlihat pada nilai slump awal rendah sebelum ditambahkan *superplasticizer*, setelah dilakukan penambahan *superplasticizer* pada campuran beton maka nilai slump bertambah besar seperti yang terlihat pada table 5.6. Dengan menambahkan *superplasticizer* pada masing-masing variasi beton dapat memberikan workabilitas yang baik pada adukan beton sehingga nilai slump bertambah. Hal ini sesuai dengan penelitian Brook dan Murdock (1991) bahwa *superplasticizer* dapat meningkatkan nilai slump sebesar 175 mm – 225 mm. Pada penelitian Ramachandran (1979) *superplasticizer* memberikan keuntungan dengan mendapatkan nilai slump lebih besar dari 200 mm, sedangkan nilai slump asli hanya sebesar 50 mm dengan dosis penambahan antara 0,3 – 0,6 % dari berat semen.

Pada pengerjaan pengadukan untuk variasi B40-0%, B40-5%, B40-10%, B40-15%, B40-20% untuk mencapai nilai slump antara 150 mm – 180 mm tidak terlalu sulit karena pengurangan air belum terlampaui besar sehingga adukan beton ditambahkan dengan *superplasticizer* lebih cepat lecah atau *workable*. Untuk pengerjaan adukan pada variasi B40-25%, B40-30% relatif lebih sulit untuk mencapai nilai slump antara 150 mm – 180 mm karena pengurangan pada masing-masing variasi sudah terlampaui besar sehingga membuat adukan beton lebih kental karena pengurangan air yang besar dan penambahan *superplasticizer* yang meningkat sehingga adukan beton membutuhkan waktu yang cukup lama yaitu ± 45 menit untuk mendapatkan nilai slump yang diinginkan.

Apabila campuran beton diaduk dengan penambahan *superplasticizer* dalam waktu yang cepat dapat mempengaruhi cepat mengerasnya adukan beton karena *superplasticizer* belum merata dalam adukan beton. Hal ini sesuai dengan penelitian 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. Akan tetapi untuk mencapai nilai slump 150 mm – 180 mm masih dapat dilakukan.

Semakin tinggi pengurangan air maka kebutuhan *superplasticizer* juga akan semakin meningkat untuk menjaga workabilitas beton. Penambahan *superplasticizer* seiring dengan pengurangan air dilakukan untuk tetap mempertahankan workabilitas adukan beton dalam mencapai nilai slump yang diinginkan.

### **5.3 Pengaruh pengurangan air, fas dengan penambahan *superplasticizer* terhadap kuat tekan**

Tujuan yang utama dalam penelitian ini adalah untuk meningkatkan kuat tekan beton. Menurut Chaiyasena (1992) Kuat tekan beton akan meningkat apabila kandungan air pada campuran bahan beton rendah. Peningkatan kuat tekan beton juga dipengaruhi oleh faktor air semen (fas). Menurut Mulyono (2004) semakin tinggi nilai fas semakin rendah mutu kekuatan beton namun demikian nilai fas yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai fas yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Untuk mengatasi kesulitan pengerjaan karena rendahnya nilai fas maka ditambahkan bahan tambah yaitu *superplasticizer* untuk meningkatkan workabilitas beton.

Hasil pengujian yang memperlihatkan kuat tekan beton setelah dilakukan pengurangan air seperti yang ditunjukkan pada Gambar dibawah ini

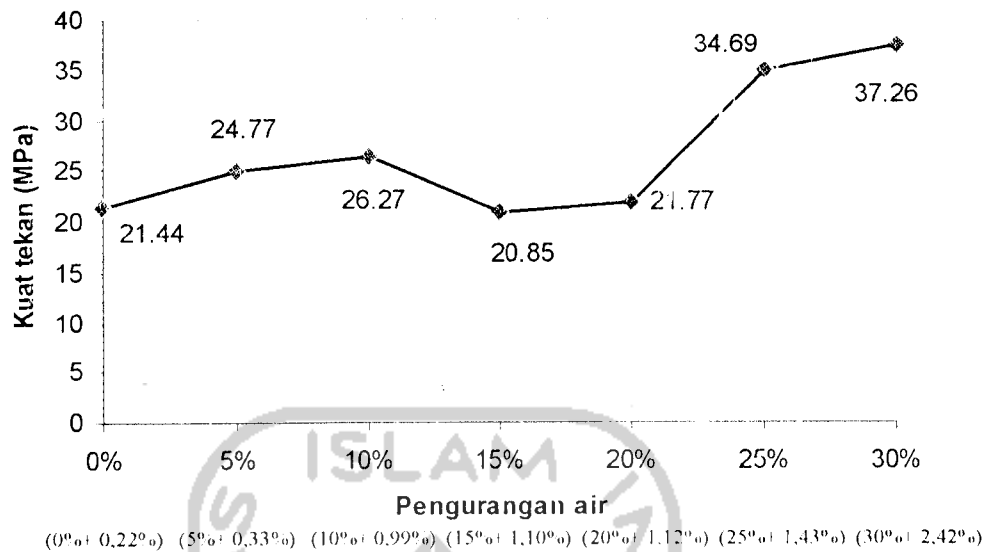
2. Pasir, karena lokasi penelitian berada di Yogyakarta, maka pasir yang akan digunakan diambil dari sekitar Yogyakarta.
3. Agregat kasar, sebagaimana pasir, agregat juga digunakan yang berasal dari sekitar Yogyakarta. Agregat kasar dipakai berupa batu pecah (split) dengan ukuran maksimum 20 mm.
4. *Superplasticizer* dengan merek menggunakan yang memiliki sifat meningkatkan kelecakan beton segar yang tersedia di pasaran.

#### 4.2.2 Pengolahan Bahan-Bahan

1. Mencuci pasir dan kerikil untuk menghilangkan debu dan lumpur. Kerikil yang telah diolah dimasukkan ke dalam karung goni, untuk menjaga kelembabannya.
2. Sebelum dimasukkan ke dalam goni, pasir dan kerikil diayak untuk mendapatkan ukuran sesuai peraturan ASTM C 33-92a (1993) dan ASTM C 136-92 (1993), untuk pasir 0-4,75 mm dan untuk kerikil memiliki ukuran 4,75-20 mm.
3. Menguji parameter agregat seperti berat jenis, berat volume, kadar air, penyerapan air dll, bahan pasir dan kerikil tersebut diambil dari dalam goni (yang telah diolah). Hal ini dilakukan untuk mendapatkan data agregat sesuai dengan kondisi yang ada dalam goni.

#### 4.2.3 Persiapan Alat

Persiapan alat perlu dilakukan pada awal penelitian untuk menjaga kelancaran proses pelaksanaan penelitian. Persiapan alat ini meliputi pengecekan ketersediaan, kelengkapan dan kelayakan alat terutama alat-alat kerja pembuatan benda uji. Untuk alat-alat berupa timbangan dan mesin, perlu dilakukan pengecekan terhadap kehandalan dan ketelitiannya yang berkaitan dengan kalibrasi alat.



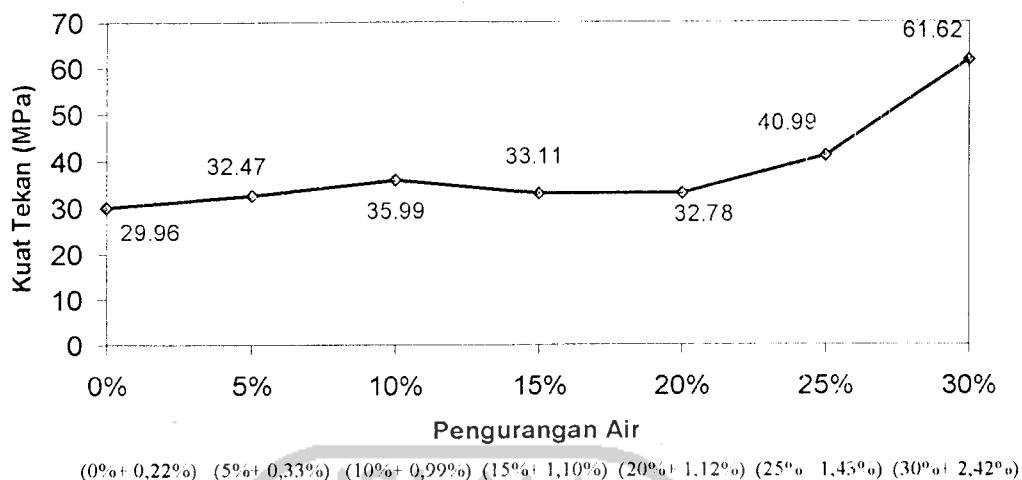
**Gambar 5.2** Hubungan kuat tekan dan pengurangan air dengan penambahan *superplasticizer* pada umur 3 hari

**Tabel 5.7** Persentase kuat tekan umur 3 hari

Umur 3 hari				
Variasi beton	fas	Kuat tekan rata-rata (MPa)	Persentase SP (%)	Persentase Peningkatan (%)
B40-0%	0,36	21,44	0,22	0
B40-5%	0,34	24,77	0,33	15,56
B40-10%	0,32	26,27	0,99	22,55
B40-15%	0,31	20,85	1,10	-2,51
B40-20%	0,29	21,77	1,12	1,54
B40-25%	0,27	34,69	1,43	61,85
B40-30%	0,25	37,26	2,42	73,81

Dari Gambar 5.2 terlihat bahwa kuat tekan beton meningkat dengan pengurangan kadar air, hal ini sesuai dengan Neville (1995) bahwa kuat tekan beton akan meningkat apabila kandungan air pada campuran beton rendah. Pada variasi beton B40-15% dan B40-20% terjadi penurunan kuat tekan hal ini

disebabkan karena adanya ketidaksesuaian antara kandungan air dengan dosis *superplasticizer*. Penambahan *superplasticizer* dengan kadar yang tinggi sehingga menimbulkan workabilitas yang tinggi yang menyebabkan jarak antar partikel-partikel semen jauh sehingga proses pengikatan berlangsung lambat yang menyebabkan kuat tekan beton pada variasi B40-15% dan B40-20% menurun. Menurut R.C Smith dan C.K Andres dalam material of construction bahwa *superplasticizer* melapisi partikel semen kemudian memisahkan dan melepaskan semen dari ikatan akibat air, pelapisan ini juga menyebabkan muatan negatif pada partikel semen, mengakibatkan adanya gaya tolak menolak antar partikel semen sehingga menimbulkan tingkat workabilitas yang tinggi tanpa peningkatan nilai fas atau menimbulkan *bleeding*. Pada variasi B40-25% dan B40-30% mengalami peningkatan kuat tekan yang tinggi dibanding dengan variasi-variasi beton lainnya ini terlihat dari persentase kuat tekan beton pada tabel 5.7. Persentase peningkatan kuat tekan beton untuk variasi B40-25% adalah 61,85% dan B40-30% adalah 73,81%. Persentase kenaikan kuat tekan tersebut menunjukkan bahwa pengurangan air pada variasi beton B40-25% dan B40-30% sangat besar, semakin besar pengurangan air maka kuat tekan akan meningkat. Kuat tekan maksimum terjadi pada variasi beton B40-30% dengan pengurangan kandungan air 30% dan nilai kuat tekan 37,26 MPa. Pengurangan kandungan air sebesar 30% menghasilkan reaksi yang baik antara semen dan air sehingga kuat tekan maksimum dapat tercapai.



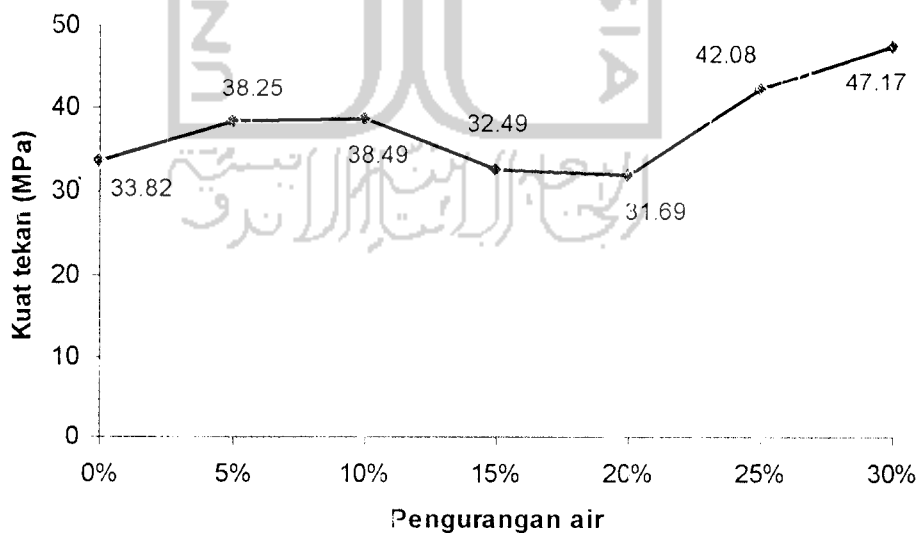
**Gambar 5.3** Hubungan kuat tekan dan pengurangan air dengan penambahan *superplasticizer* pada umur 7 hari

**Tabel 5.8** Persentase kuat tekan umur 7 hari

Umur 7 hari				
Variasi beton	fas	Kuat tekan rata-rata (MPa)	Persentase SP (%)	Persentase peningkatan (%)
B40-0%	0,36	29,96	0,22	0
B40-5%	0,34	32,47	0,33	8,38
B40-10%	0,32	35,99	0,99	20,13
B40-15%	0,31	33,11	1,10	10,51
B40-20%	0,29	32,78	1,12	9,41
B40-25%	0,27	40,99	1,43	36,82
B40-30%	0,25	61,62	2,42	105,67

Dari Gambar 5.3 menunjukkan terjadinya peningkatan kuat tekan pada masing-masing variasi beton dengan pengurangan air yang berbeda-beda. Pada variasi B40-0%, B40-5%, B40-10% menunjukkan peningkatan kuat tekan setelah dilakukan pengurangan kadar air. Pada variasi B40-15% dan B40-20% terjadi penurunan kuat tekan beton hal ini disebabkan karena adanya ketidaksesuaian antara kandungan air dengan dosis *superplasticizer*. Penambahan *superplasticizer* dalam kadar yang tinggi pada variasi beton B40-15% dan B40-20% sehingga

menimbulkan workabilitas yang tinggi yang menyebabkan jarak antar partikel semen semakin jauh sehingga memperlambat proses pengikatan pada agregat yang menyebabkan kuat tekan beton variasi B40-15% dan B40-20% menurun. Menurut R.C Smith dan C.K Andres dalam material of construction bahwa *superplasticizer* melapisi partikel semen kemudian memisahkan dan melepaskan semen dari ikatan akibat air, pelapisan ini juga menyebabkan muatan negatif pada partikel semen, mengakibatkan adanya gaya tolak menolak antar partikel semen sehingga menimbulkan tingkat workabilitas yang tinggi tanpa peningkatan nilai fas atau menimbulkan *bleeding*. Pada variasi beton B40-25% dan B40-30% menunjukkan peningkatan kuat tekan yang signifikan yaitu pada variasi beton B40-30% dengan persentase peningkatan kuat tekan sebesar 105,67% terhadap variasi beton B40-0% dan nilai kuat tekan sebesar 61,62 MPa. Peningkatan kuat tekan maksimum terjadi pada variasi B40-30% dengan pengurangan air 30%. Pada pengurangan air 30% reaksi antara pasta semen dan air mencapai kondisi maksimum sehingga meningkatkan kuat tekan beton.



(0% ± 0.22%) (5% ± 0.33%) (10% ± 0.99%) (15% ± 1.10%) (20% ± 1.12%) (25% ± 1.43%) (30% ± 2.42%)

**Gambar 5.4** Hubungan kuat tekan dan pengurangan air dengan penambahan *superplasticizer* pada umur 14 hari

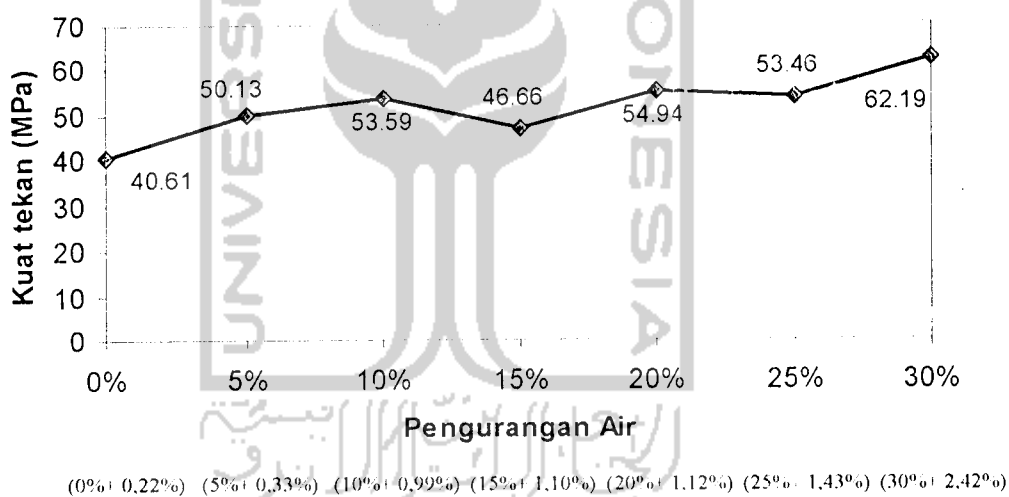


Tabel 5.9 Persentase kuat tekan un.ur 14 hari

Umur 14 hari				
Variasi beton	fas	Kuat tekan rata-rata (MPa)	Persentase SP (%)	Persentase peningkatan (%)
B40-0%	0,36	33,82	0,22	0
B40-5%	0,34	38,25	0,33	13,09
B40-10%	0,32	38,49	0,99	13,81
B40-15%	0,31	32,49	1,10	-3,93
B40-20%	0,29	31,69	1,12	-6,29
B40-25%	0,27	42,08	1,43	24,42
B40-30%	0,25	47,17	2,42	39,47

Dari Gambar 5.4 menunjukkan bahwa kuat tekan beton meningkat dengan pengurangan kadar air. Pada variasi beton B40-0%, B40-5%, B40-10% menunjukkan peningkatan kuat tekan seiring dilakukan pengurangan air. Pada variasi, B40-15%, B40-20% terjadi penurunan kuat tekan hal ini disebabkan karena adanya ketidaksesuaian antara kandungan air dengan dosis *superplasticizer*. Penambahan *superplasticizer* dalam kadar yang tinggi pada variasi beton B40-15% sehingga menimbulkan workabilitas yang tinggi yang menyebabkan campuran beton menjadi encer dan pengikatan agregat oleh pasta semen kurang baik yang menyebabkan kuat tekan beton variasi B40-15%, B40-20% menurun. Menurut R.C Smith dan C.K Andres dalam material of construction bahwa *superplasticizer* melapisi partikel semen kemudian memisahkan dan melepaskan semen dari ikatan akibat air, pelapisan ini juga menyebabkan muatan negatif pada partikel semen, mengakibatkan adanya gaya tolak menolak antar partikel semen sehingga menimbulkan tingkat workabilitas yang tinggi tanpa peningkatan nilai fas atau menimbulkan *bleeding*. yang signifikan karena pengurangan kandungan air belum terlampaui besar, kuat tekan beton mulai menunjukkan peningkatan pada variasi beton B40-25% dan B40-30% mengalami peningkatan kuat tekan dibanding dengan variasi-variasi beton lainnya

ini terlihat dari persentase kuat tekan beton pada tabel 5.9. Persentase peningkatan kuat tekan beton untuk variasi B40-25% adalah 24,42% dan B40-30% adalah 39,47%. Persentase kenaikan kuat tekan tersebut menunjukkan bahwa pengurangan air pada variasi beton B40-25% dan B40-30% sangat besar, semakin besar pengurangan air maka kuat tekan akan meningkat. Kuat tekan maksimum terjadi pada variasi beton B40-30% dengan pengurangan kandungan air 30% dan nilai kuat tekan 39,47 MPa. Pengurangan kandungan air sebesar 30% menghasilkan reaksi yang maksimum antara pasta semen dan air sehingga peningkatan kuat tekan maksimum dapat tercapai. Pada variasi B40-30% umur 14 hari pengikatannya lambat dibanding dengan variasi B40-30% umur 7 hari yang mencapai kuat tekan 61,62 MPa.

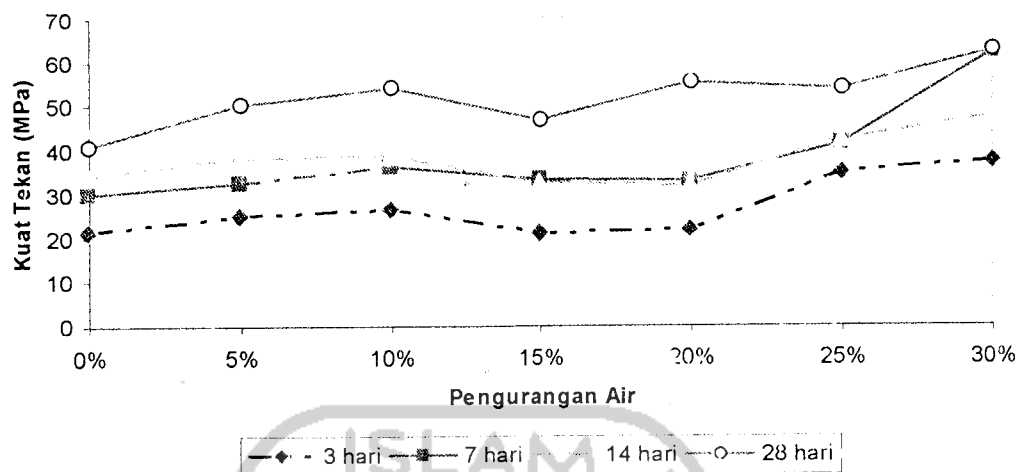


**Gambar 5.5** Hubungan kuat tekan dan pengurangan air dengan penambahan *superplasticizer* pada umur 28 hari

Tabel 5.10 Persentase kuat tekan umur 28 hari

Umur 28 hari				
Variasi beton	fas	Kuat tekan rata-rata (MPa)	Persentase SP (%)	Persentase peningkatan (%)
B40-0%	0,36	40,61	0,22	0
B40-5%	0,34	50,13	0,33	23,44
B40-10%	0,32	53,59	0,99	31,96
B40-15%	0,31	46,66	1,10	14,89
B40-20%	0,29	54,94	1,12	35,29
B40-25%	0,27	53,46	1,43	31,64
B40-30%	0,25	62,19	2,42	53,14

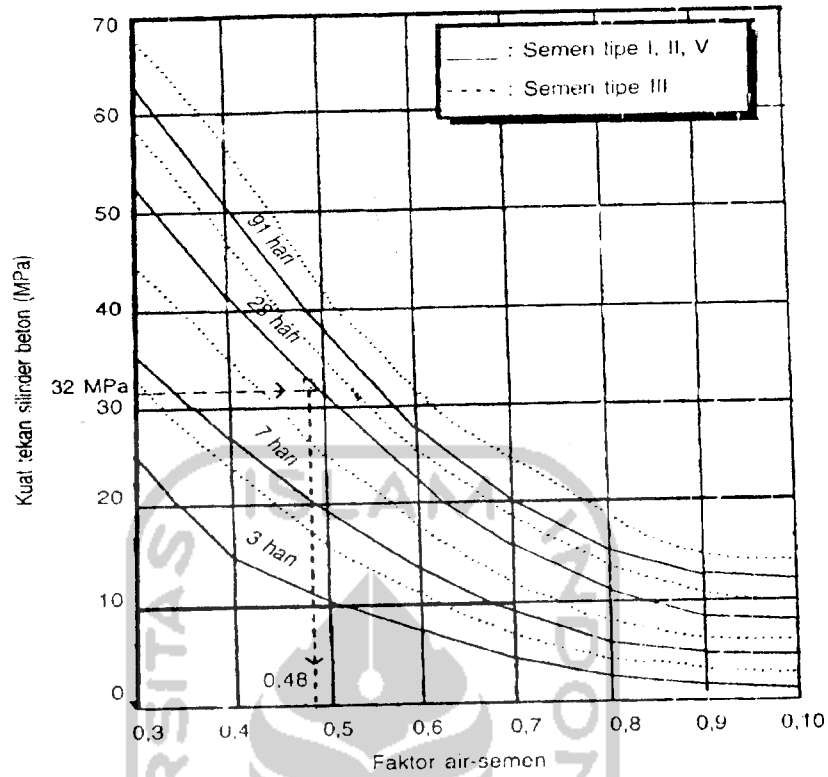
Dari Gambar 5.5 menunjukkan terjadinya peningkatan kuat tekan pada masing-masing variasi beton dengan pengurangan air yang berbeda-beda. Pada variasi B40-0%, B40-5%, B40-10%, terjadi peningkatan kuat tekan akibat dari pengurangan air dan penambahan *superplasticizer*. Pada variasi beton B40-15% dan B40-25% terjadi penurunan kuat tekan yang disebabkan oleh dosis *superplasticizer* yang tidak sesuai dengan campuran beton yang membuat workabilitas tinggi dan beton menjadi encer sehingga proses pengikatan pasta semen terhadap agregat kurang baik yang menyebabkan kuat tekan beton turun. Pada variasi B40-30% mengalami peningkatan kuat tekan yaitu dengan persentase peningkatan kuat tekan sebesar 53,14% dengan nilai kuat tekan sebesar 62,19 MPa. Dengan pengurangan air yang tinggi dan penambahan dosis *superplasticizer* yang sesuai akan meningkatkan kuat tekan beton. Hal ini sesuai dengan Neville (1995) bahwa kuat tekan beton akan meningkat apabila kandungan air pada campuran beton rendah.



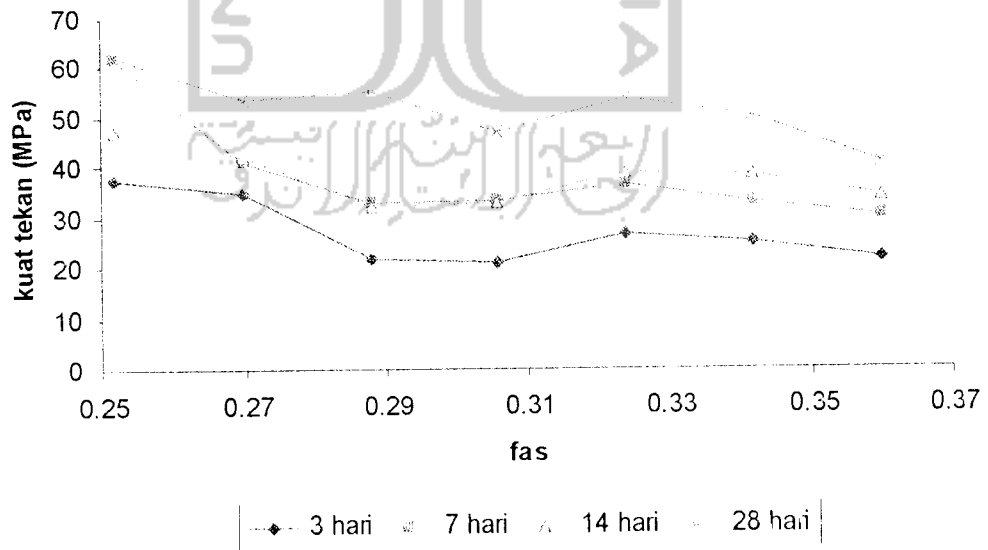
**Gambar 5.6** Hubungan kuat tekan beton dan pengurangan air dengan penambahan *superplasticizer* pada setiap umur beton

Dari Gambar 5.6 hubungan kuat tekan umur 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan. Pada variasi beton B40-0% sampai B40-20% belum memperlihatkan peningkatan kuat tekan yang signifikan. Peningkatan kuat tekan yang signifikan terjadi pada pengurangan air 25% dan 30% disebabkan karena reaksi yang maksimum antara air dan semen dan pengurangan air dalam kadar yang besar. Hal ini sesuai dengan penelitian Hastoro dan Syafruddin (2005) bahwa pengurangan kandungan air 30% menghasilkan reaksi yang optimum antara air dan semen sehingga kuat tekan maksimal dapat tercapai. Untuk variasi B40-30% umur 14 hari kuat tekannya lebih rendah dibanding dengan variasi B40-30% umur 7 hari hal ini disebabkan oleh adanya pengikatan pasta semen terhadap agregat yang kurang baik diakibatkan oleh dosis *superplasticizer* yang tidak sesuai dengan campuran beton.

Adapun hubungan antara fas dan kuat tekan dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 5.7 Grafik standar hubungan antara fas dan kuat tekan



Gambar 5.8 Grafik hasil penelitian hubungan antara fas dan kuat tekan

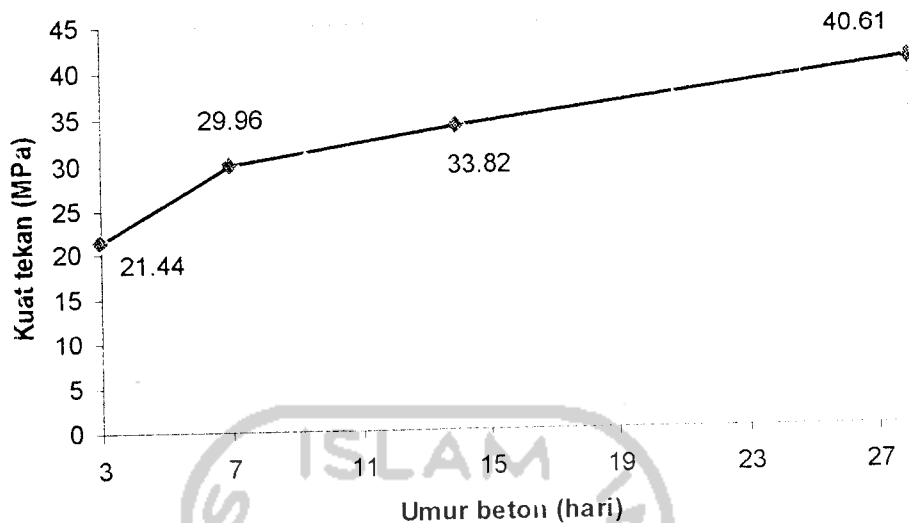
Tabel 5.11 Nilai fas terhadap kuat tekan

Variasi Beton	fas	Persentase SP	Kuat tekan rata-rata (MPa)			
			3 hari	7 hari	14 hari	28 hari
B40-0%	0.36	0.2199	21.44	29.96	33.82	40.61
B40-5%	0.34	0.3299	24.77	32.47	38.25	50.13
B40-10%	0.32	0.9897	26.27	35.99	38.49	53.59
B40-15%	0.31	1.0996	20.85	33.11	32.49	46.66
B40-20%	0.29	1.1216	21.77	32.78	31.69	54.94
B40-25%	0.27	1.4295	34.69	40.99	42.08	53.46
B40-30%	0.25	2.4192	37.26	61.62	47.17	62.19

Dari gambar 5.8 terlihat bahwa semakin rendah nilai fas maka semakin tinggi kuat tekan, hal ini sesuai dengan grafik standar hubungan fas dan kuat tekan yang terdapat pada gambar 5.8. Pada grafik standar 5.8 terlihat bahwa semakin rendah nilai fas maka kuat tekan beton akan meningkat. Peningkatan kuat tekan yang tinggi pada beton dipengaruhi oleh pengurangan air dalam kadar yang tinggi dan nilai fas menjadi rendah. Hal ini sesuai dengan Murdock dan Brook (1979) bahwa beton yang paling padat dan kuat diperoleh dengan menggunakan jumlah air yang minimal konsisten dengan derajat workabilitas yang dibutuhkan untuk memberikan kepadatan maksimal.

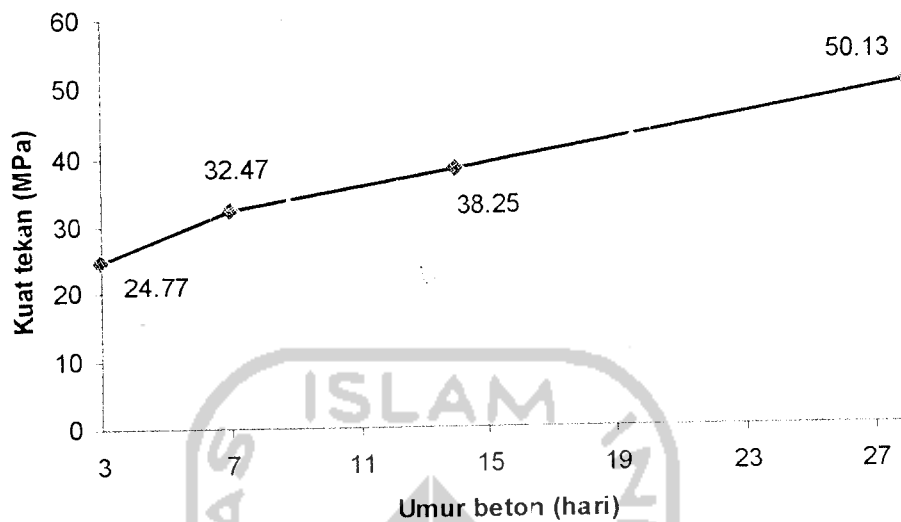
#### 5.4 Pengaruh umur beton terhadap kuat tekan

Umur beton merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya kuat tekan suatu beton karena dengan bertambahnya umur beton maka kuat tekan beton akan meningkat (Syafudin dan Hastoro, 2005). Adapun hubungan pengaruh umur beton dan kuat tekan dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



**Gambar 5.9** Hubungan kuat tekan dan umur beton pada pengurangan air 0% ± 0,22% SP

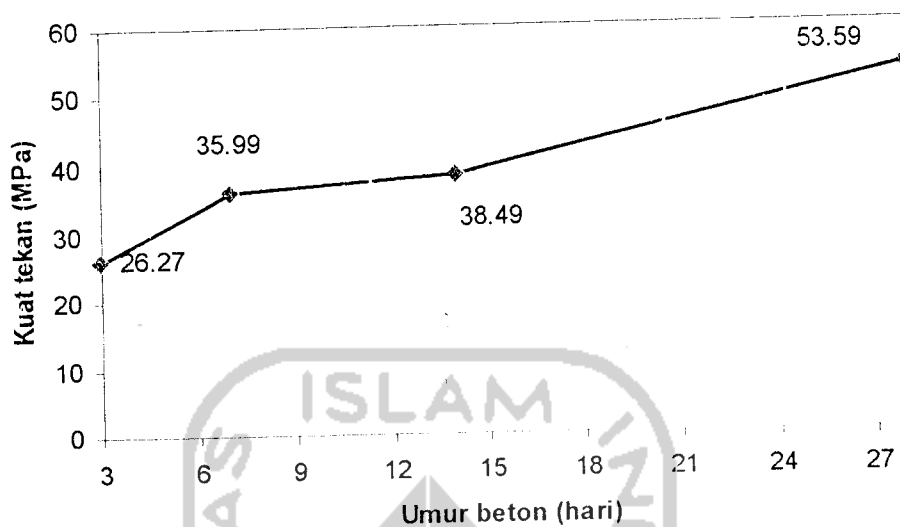
Dari Gambar 5.9 terlihat bahwa terjadi peningkatan kuat tekan seiring dengan bertambahnya umur beton. Hal ini sesuai dengan pendapat Kardiyono, (1988) bahwa kekuatan beton bertambah tinggi dengan bertambahnya umur. Pada umur beton 7 hari persentase kenaikan kuat tekan sebesar 39,74%, pada umur 14 hari kenaikan kuat tekan sebesar 57,74%, pada umur 28 hari kenaikan kuat tekan sebesar 89,41% terhadap umur beton 3 hari. Dari masing-masing umur beton yang mengalami peningkatan kuat tekan yang signifikan terjadi pada umur 28 hari karena lamanya perawatan beton yang direndam dalam air, semakin lama perawatan beton yang direndam dalam air maka kuat tekan beton akan meningkat karena proses hidrasi kimia antara pasta semen dan air terus berlangsung selama perawatan 28 hari. Hal ini sesuai dengan Van Vlack, 1986 bahwa beton tidak akan mengeras karena pengeringan akan tetapi oleh proses hidrasi kimia antara pasta semen dan air maka beton harus tetap basah untuk menjamin pengerasan yang baik.



**Gambar 5.10** Hubungan kuat tekan dan umur pada pengurangan air 5% + 0,33% SP

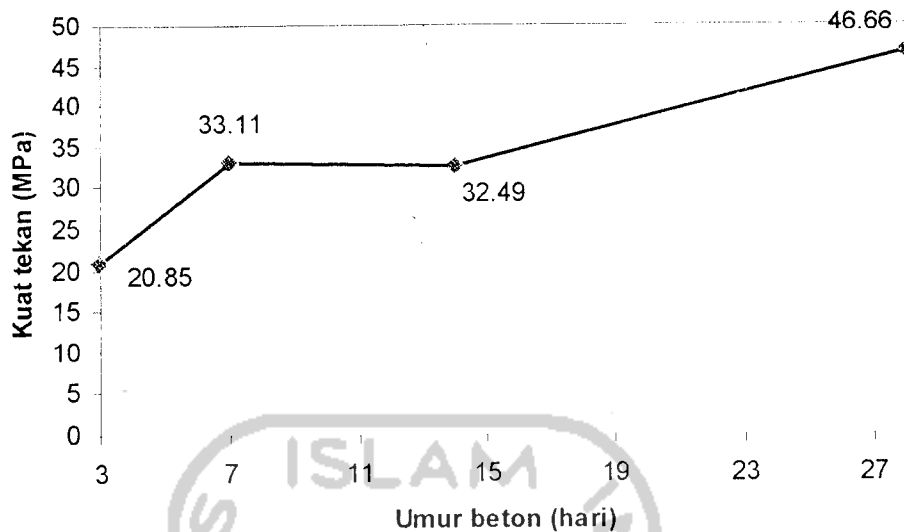
Dari Gambar 5.10 terlihat bahwa peningkatan kuat tekan beton seiring dengan bertambahnya umur beton. Pada umur beton 7 hari persentase kenaikan kuat tekan sebesar 31,08%, pada umur 14 hari kenaikan kuat tekan sebesar 54,42%, pada umur 28 hari kenaikan kuat tekan sebesar 102,38% terhadap umur beton 3 hari. Kuat tekan maksimum terjadi pada umur 28 hari hal ini terjadi karena lamanya perawatan yang dilakukan yaitu dengan cara beton direndam dalam air, semakin lama perawatan beton yang direndam dalam air maka kuat tekan beton akan meningkat karena proses hidrasi kimia antara pasta semen dan air terus berlangsung selama perawatan 28 hari. Hal ini sesuai dengan Van Vlack, 1986 bahwa beton tidak akan mengeras karena pengeringan akan tetapi oleh proses hidrasi kimia antara pasta semen dan air maka beton harus tetap basah untuk menjamin pengerasan yang baik.





**Gambar 5.11** Hubungan kuat tekan dan umur beton pada pengurangan air 10% + 0,99% SP

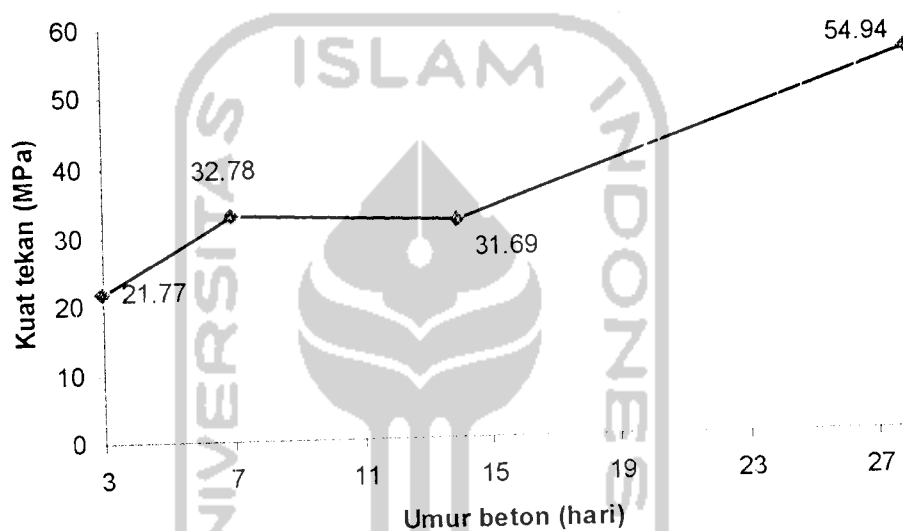
Dari Gambar 5.11 terlihat bahwa terjadi peningkatan kuat tekan beton pada variasi B40-10% seiring dengan bertambahnya umur beton. Pada umur beton 7 hari persentase kenaikan kuat tekan sebesar 37%, pada umur 14 hari persentase kenaikan kuat tekan sebesar 46,51%, pada umur 28 hari persentase peningkatan kuat tekan beton sebesar 103,97%. Pada umur 28 hari kenaikan kuat tekan sebesar 100,87%. Peningkatan kuat tekan maksimum terjadi pada umur 28 hari karena perawatan beton yang direndam dalam air cukup lama, semakin lama perawatan beton yang direndam dalam air maka kuat tekan beton akan meningkat karena proses hidrasi kimia antara pasta semen dan air terus berlangsung selama perawatan 28 hari. Hal ini sesuai dengan Van Vlack, 1986 bahwa beton tidak akan mengeras karena pengeringan akan tetapi oleh proses hidrasi kimia antara pasta semen dan air maka beton harus tetap basah untuk menjamin pengerasan yang baik.



**Gambar 5.12** Hubungan kuat tekan dan umur beton pada pengurangan air 15% + 1,10% SP

Pada variasi beton B40-15% terlihat bahwa terjadi peningkatan kuat tekan beton seiring dengan bertambahnya umur beton. Pada umur beton 7 hari persentase kenaikan kuat tekan sebesar 58,80%, pada umur 14 hari kenaikan kuat tekan sebesar 55,83%, pada umur 28 hari kenaikan kuat tekan sebesar 123,79% pada umur beton 3 hari. Pada umur 14 hari kuat tekan beton mengalami penurunan terhadap umur beton 7 hari. Penurunan kuat tekan disebabkan karena dosis *superplasticizer* yang tidak sesuai dengan campuran beton sehingga mengakibatkan workabilitas beton tinggi sehingga campuran beton menjadi encer serta pengikatan pasta semen terhadap agregat kurang baik. Hal ini sesuai dengan penelitian Syafruddin dan Hastoro (2005) bahwa workabilitas beton yang terlalu tinggi sementara kandungan air tetap sehingga beton menjadi encer dan pengikatan pasta terhadap agregat kurang baik. Peningkatan kuat tekan beton yang signifikan mulai terlihat pada umur 28 hari seperti terlihat pada Gambar 5.12. Meningkatnya kuat tekan beton dipengaruhi oleh lamanya perawatan beton yang direndam dalam air, semakin lama perawatan beton yang direndam dalam air maka kuat tekan beton akan meningkat karena proses hidrasi kimia antara pasta semen dan air terus berlangsung selama perawatan 28 hari. Hal ini sesuai dengan

Van Vlack, 1986 bahwa beton tidak akan mengeras karena pengeringan akan tetapi oleh proses hidrasi kimia antara pasta semen dan air maka beton harus tetap basah untuk menjamin pengerasan yang baik. Peningkatan kuat tekan beton pada variasi B40-15% lebih rendah dibanding dengan variasi B40-10%. Hal ini disebabkan oleh lambatnya pengikatan partikel semen terhadap agregat dan penambahan *superplasticizer* yang tidak sesuai dengan campuran beton.

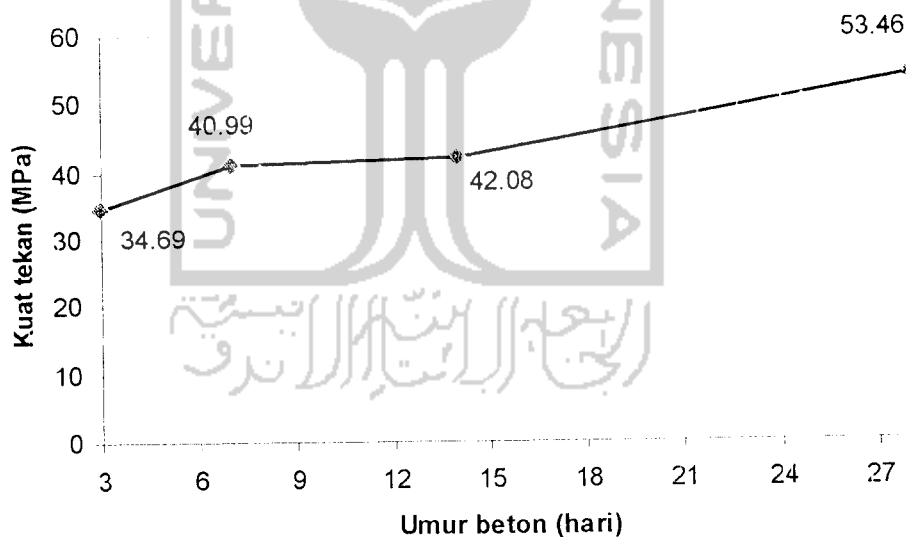


Gambar 5.13 Hubungan kuat tekan dan umur beton pada pengurangan air 20% + 1,12% SP

Peningkatan kuat tekan terjadi seiring dengan pertambahan umur beton seperti yang terlihat pada Gambar 5.13. Pada umur beton 7 hari persentase kenaikan kuat tekan sebesar 50,57%, pada umur 14 hari kenaikan kuat tekan sebesar 45,56%, pada umur 28 hari kenaikan kuat tekan sebesar 152,36% terhadap umur beton 3 hari. Pada umur 14 hari kuat tekan beton mengalami penurunan terhadap umur beton 7 hari. Penurunan kuat tekan disebabkan karena dosis *superplasticizer* yang tidak sesuai dengan campuran beton sehingga mengakibatkan workabilitas beton tinggi sehingga campuran beton menjadi encer serta pengikatan pasta semen terhadap agregat kurang baik. Hal ini sesuai dengan



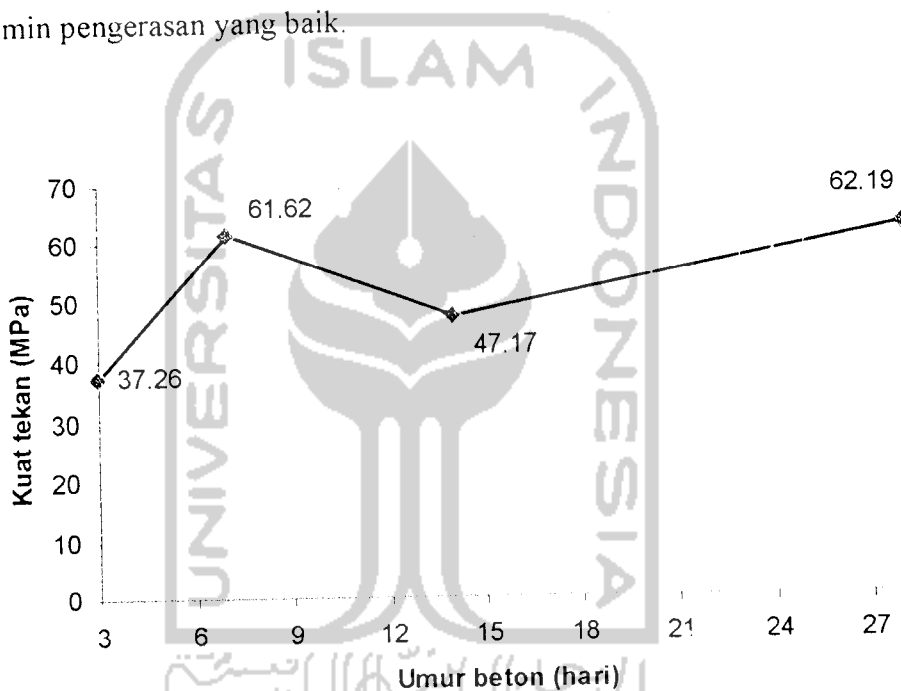
penelitian Syafruddin dan Hastoro (2005) bahwa workabilitas beton yang terlalu tinggi sementara kandungan air tetap sehingga beton menjadi encer dan pengikatan pasta terhadap agregat kurang baik. Kuat tekan yang signifikan terjadi pada umur 28 hari karena lamanya perawatan beton yang direndam dalam air, semakin lama perawatan beton yang direndam dalam air maka kuat tekan beton akan meningkat karena proses hidrasi kimia antara pasta semen dan air terus berlangsung selama perawatan 28 hari. Hal ini sesuai dengan Van Vlack, 1986 bahwa beton tidak akan mengeras karena pengeringan akan tetapi oleh proses hidrasi kimia antara pasta semen dan air maka beton harus tetap basah untuk menjamin pengerasan yang baik. Peningkatan kuat tekan beton pada variasi B40-20% lebih rendah dibanding dengan variasi B40-10%. Hal ini disebabkan oleh lambatnya pengikatan partikel semen terhadap agregat dan penambahan *superplasticizer* yang tidak sesuai dengan campuran beton.



**Gambar 5.14** Hubungan kuat tekan dan umur beton dengan pada pengurangan air 25% + 1,43% SP

Dari Gambar 5.14 terlihat bahwa terjadi peningkatan kuat tekan beton seiring dengan bertambahnya umur beton. Pada umur beton 7 hari persentase kenaikan kuat tekan sebesar 18,16%, pada umur 14 hari kenaikan kuat tekan

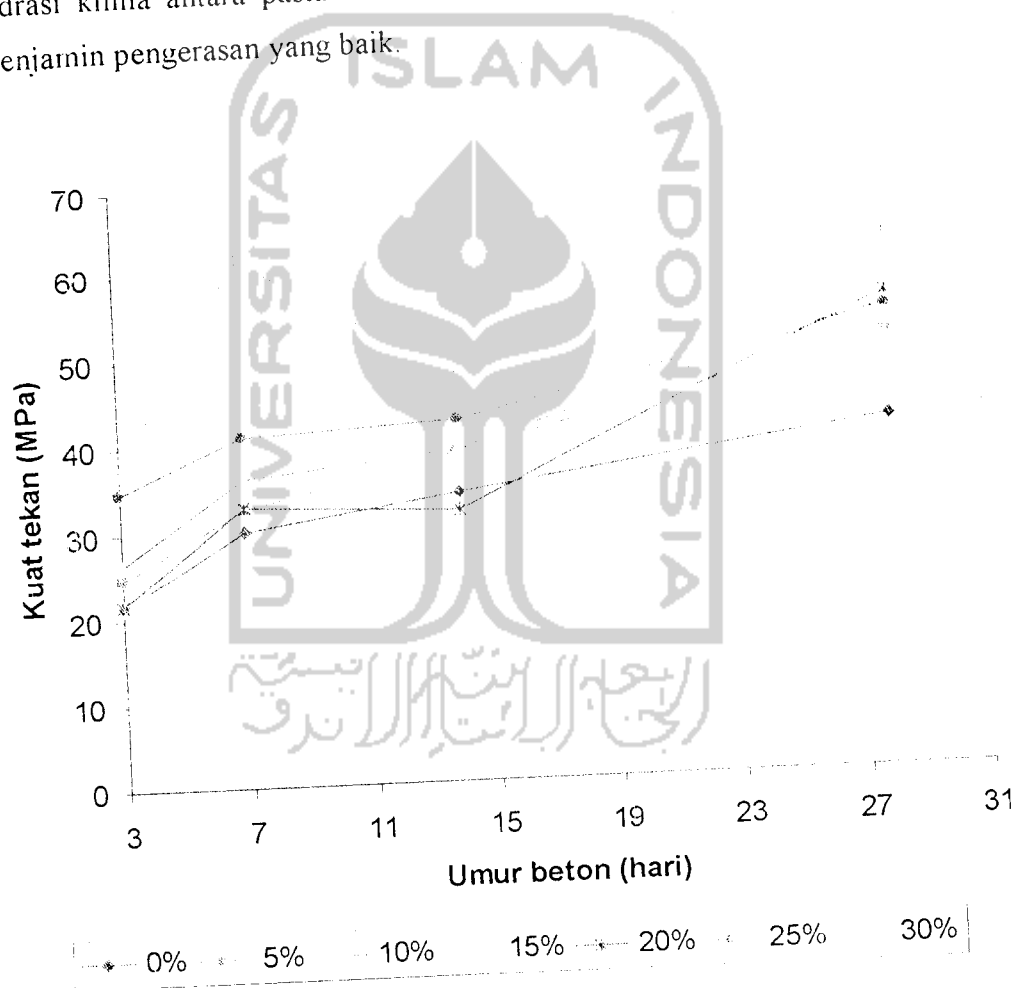
sebesar 21,31%, pada umur 28 hari kenaikan kuat tekan sebesar 54,11%. Kuat tekan maksimum terjadi pada umur 28. Peningkatan kuat tekan maksimum pada umur 28 hari terjadi karena lamanya perawatan beton yang direndam dalam air, semakin lama perawatan beton yang direndam dalam air maka kuat tekan beton akan meningkat karena proses hidrasi kimia antara pasta semen dan air terus berlangsung selama perawatan 28 hari. Hal ini sesuai dengan Van Vlack, 1986 bahwa beton tidak akan mengeras karena pengeringan akan tetapi oleh proses hidrasi kimia antara pasta semen dan air maka beton harus tetap basah untuk menjamin pengerasan yang baik.



**Gambar 5.15** Hubungan kuat tekan dan umur beton pada pengurangan air 30% + 2,42% SP

Dari Gambar 5.15 terlihat bahwa terjadi peningkatan kuat tekan beton seiring dengan bertambahnya umur beton. Pada umur beton 7 hari persentase kenaikan kuat tekan sebesar 65,38%, pada umur 14 terjadi penurunan kuat tekan terhadap umur beton 7 hari disebabkan oleh pengikatan pasta semen terhadap agregat kurang baik karena dosis *superplasticizer* tidak sesuai dengan campuran beton. Pada umur 28 hari kenaikan kuat tekan sebesar 66,91%. Kuat tekan maksimum terjadi pada umur 28 hari tetapi peningkatan kuat tekan tidak

signifikan karena pada pengurangan air 30% untuk masing-masing umur beton memiliki nilai kuat tekan dengan selisih yang tidak jauh berbeda. lamanya perawatan beton yang direndam dalam air akan meningkatkan kuat tekan beton, semakin lama perawatan beton yang direndam dalam air maka kuat tekan beton akan meningkat karena proses hidrasi kimia antara pasta semen dan air terus berlangsung selama perawatan 28 hari. Hal ini sesuai dengan Van Vlack, 1986 bahwa beton tidak akan mengeras karena pengeringan akan tetapi oleh proses hidrasi kimia antara pasta semen dan air maka beton harus tetap basah untuk menjamin pengerasan yang baik.



Gambar 5.16 Hubungan Kuat tekan dan Umur beton

Dari gambar 5.16 terlihat bahwa terjadi peningkatan kuat tekan akibat dari pengaruh umur beton. Pada pengurangan air 15% dan 20% pada umur 14 hari terjadi penurunan kuat tekan disebabkan oleh kadar *superplasticizer* yang tidak

sesuai dengan campuran beton yang berdampak pada workabilitas beton menjadi besar sehingga jarak partikel-partikel semen menjadi jauh yang menyebabkan pengikatan semen terhadap agregat menjadi lambat. Pengikatan semen terhadap agregat yang lambat menyebabkan kuat tekan beton mengalami penurunan.

Peningkatan kuat tekan tertinggi terjadi pada umur 28 hari karena lamanya perawatan beton yang direndam dalam air semakin lama perawatan beton yang direndam dalam air maka kuat tekan beton akan meningkat. Winter dan Arthur (1993) menyatakan bahwa sebanyak 30% dari kekuatan beton atau lebih dapat hilang melalui proses pengeringan yang prematur. Untuk menjaga kerusakan seperti itu, beton harus dilindungi dari kehilangan kelembaban selama paling sedikit 7 hari dan dalam pekerjaan-pekerjaan yang lebih sensitif selama 14 hari. Proses perawatan beton selama 28 hari selain menambah kekuatan dapat pula memberikan pengendalian yang lebih baik terhadap terjadinya penyusutan.

### 5.5 Analisis Hubungan tegangan-regangan pada beton uji

Hubungan tegangan-regangan beton dalam bahan merupakan suatu hal yang penting. Kemampuan bahan untuk menahan beban yang didukungnya dan perubahan bentuk atau deformasi yang terjadi pada bahan itu amat tergantung dari sifat tegangan-regangan tersebut (Kardiyono, 1988). Berikut rumus tegangan adalah :

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (5.1)$$

Keterangan :

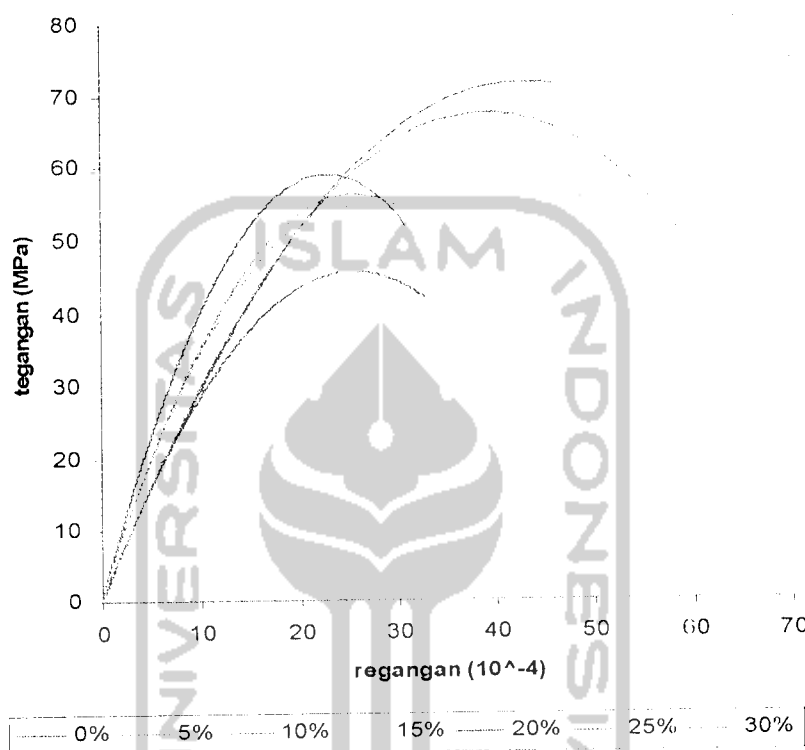
$\sigma$  = Tegangan (MPa)

P = Kuat tekan (N)

A = Luas permukaan (mm<sup>2</sup>)

Pengujian tegangan-regangan tidak semua dilakukan pada seluruh sampel beton akan tetapi dari tiap sampel diambil satu sampel untuk dilakukan pengujian tegangan-regangan untuk umur 28 hari. Pengujian tegangan-regangan dilakukan

di Laboraturium FTSP UII dengan jumlah sampel yang diuji berjumlah tujuh sampel. Adapun hubungan tegangan regangan dapat dilihat pada gambar 5.16



Gambar 5.17 Hubungan tegangan regangan

Tabel 5.12 Hasil tegangan regangan

Variasi beton	Superplasticizer (%)	Tegangan max (MPa)	Regangan ( $\times 10^{-4}$ )
B40-0%	0,2199	47,5584	27,1674
B40-5%	0,3299	53,7863	19,461
B40-10%	0,9897	58,3156	23,251
B40-15%	1,0996	44,7275	16,566
B40-20%	1,1216	57,7136	16,994
B40-25%	1,4295	54,9186	20,213
B40-30%	2,4192	54,6682	25,1538

Dari gambar 5.17 terlihat bahwa pada masing-masing kurva dengan variasi beton yang berbeda menghasilkan kurva tegangan-regangan yang berbeda



walaupun dengan mutu beton yang sama hal ini disebabkan oleh kondisi pembebanan yang berbeda sehingga kurva tegangan-regangan setiap variasi beton. Hal ini sesuai dengan Istimawan (1994) bahwa hubungan tegangan regangan untuk mutu beton sama akan membentuk kurva yang berbeda apabila kondisi pembebanan berbeda atau dengan kata lain dengan kondisi pembebanan yang berbeda yang berarti nilai regangannya berbeda dan diperoleh kurva yang berbeda. Pada gambar 5.17 terlihat bahwa semua kurva pada masing-masing variasi beton terlihat mempunyai karakter yang hampir serupa yaitu semua kurva dimulai dengan garis yang relatif lurus kemudian mulai melengkung mencapai tegangan maksimum dengan nilai tegangan maksimum dan regangan berbeda-beda pada setiap variasi beton. Pada variasi beton B40-0% menghasilkan tegangan 47,5584 MPa dan regangan  $27,1674 \times 10^{-4}$ , pada variasi beton B40-5% menghasilkan tegangan 53,7863 MPa dan regangan  $19,461 \times 10^{-4}$ , pada variasi beton B40-10% menghasilkan tegangan 58,3156 MPa dan regangan  $23,251 \times 10^{-4}$ , pada variasi beton B40-15% menghasilkan tegangan 44,7275 MPa dan regangan  $16,566 \times 10^{-4}$ , pada variasi beton B40-20% menghasilkan tegangan 57,7136 MPa dan regangan  $16,994 \times 10^{-4}$ . Pada variasi beton B40-25% menghasilkan tegangan 54,9186 MPa dan regangan  $20,213 \times 10^{-4}$ . Pada variasi beton B40-30% menghasilkan tegangan 54,6682 MPa dan regangan  $25,1638 \times 10^{-4}$ .

## 5.6 Modulus Elastisitas

Dari kurva tegangan regangan 5.17 terlihat bahwa pada taraf pembebanan awal berbentuk kurvilinear, maka modulus elastisitas dari bahan ini adalah garis singgung dari kurva tegangan regangan pada titik pusatnya. Kemiringan suatu garis lurus yang menghubungkan titik pusat dengan suatu harga tegangan ( $0,4 f'c$ ) disebut modulus elastisitas atau modulus sekan dari beton (Nawy, 1990).

Rumus yang digunakan dalam modulus elastisitas untuk pengujian adalah :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (5.2)$$

Keterangan :

E = Modulus elastisitas (MPa)

$\sigma = 0,4 \sigma$  maks (MPa)

$\varepsilon$  = Regangan ( $10^{-4}$ ) pada  $0,4 \sigma$  maks

Adapun rumus modulus elastis teoritis yang ditetapkan oleh SNI adalah :

$$E_c = 4700 \sqrt{f'c} \quad (5.3)$$

Keterangan :

$E_c$  = Modulus elastis (MPa)

$f'c$  = tegangan maksimum (MPa)

Tabel 5.13 Nilai modulus elastis beton

Variasi air	$\sigma$ maks (MPa)	0.4 $\sigma$ maks (MPa)	$\varepsilon$ ( $10^{-4}$ )	Modulus elastis (MPa)	
				Uji	Teoritis
B40-0%	47,5584	19,0234	6,2407	30482,89	32412,42
B40-5%	53,7863	21,5145	5,5646	38663,47	34469,39
B40-10%	58,3156	23,3263	7,3239	31849,37	35891,39
B40-15%	44,7275	17,8910	6,1060	29300,86	31432,96
B40-20%	57,7136	23,0854	5,1905	44476,17	35705,65
B40-25%	54,9186	21,9674	6,8526	32056,88	34830,33
B40-30%	54,6682	21,8673	5,4867	39855,37	34750,84

**Modulus elastisitas pengujian :**

$$E = \frac{0,4\sigma_{maks}}{\varepsilon}$$

$$= \frac{19,0234}{6,2407 \times 10^{-4}}$$

$$= 30482,89 \text{ MPa}$$

### Modulus elastisitas teoritis SNI

$$E_c = 4700 \sqrt{47,5584}$$

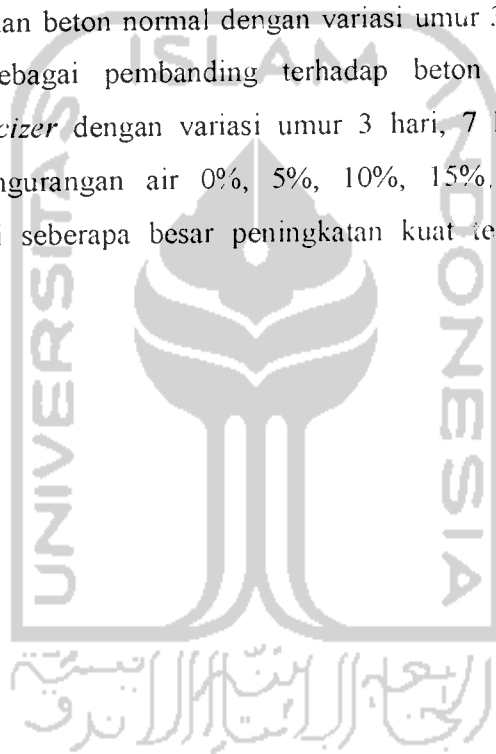
$$= 32412,42 \text{ MPa}$$

Modulus elastisitas merupakan sifat dari beton yang berkaitan dengan mudah atau tidaknya beton mengalami deformasi. Dari Tabel 5.13 dapat dilihat bahwa modulus elastis beton terbesar terdapat pada variasi beton B40-20% sebesar 44476,1718 MPa hal ini disebabkan variasi B40-20% memiliki regangan yang lebih kecil dibanding dengan tipe-tipe benda uji lainnya sebesar  $5,1905 \times 10^{-4}$  dengan persentase *superplasticizer* sebesar 1,1216%. Modulus elastis terendah terdapat pada variasi beton B40-15% dengan nilai regangan  $6,1060 \times 10^{-4}$ . Dengan nilai modulus elastisitas yang rendah maka beton akan semakin mudah untuk mengalami perpanjangan atau perpendekan. Hal ini sesuai dengan Vis dan Sagel (1987) bahwa Semakin kecil nilai modulus elastis akan semakin mudah bagi bahan untuk mengalami perpanjangan atau perpendekan.

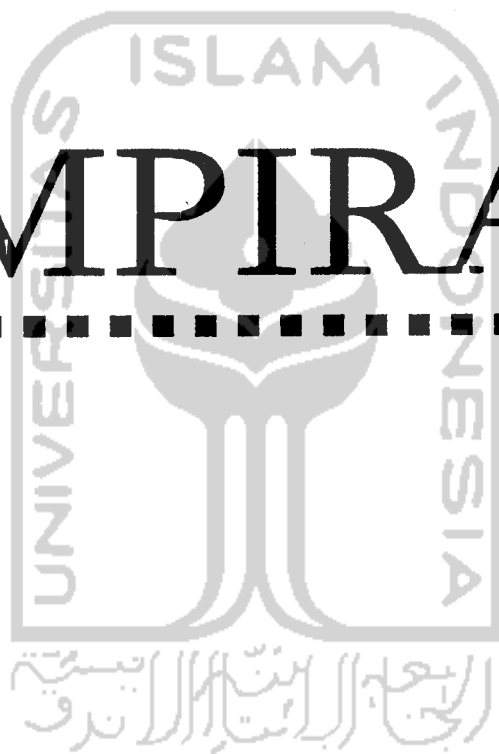
### 6.3 Saran-saran

Saran-saran yang dapat diambil dari penelitian ini untuk dapat diteliti lebih lanjut sebagai berikut :

1. penambahan *superplasticizer* pada campuran beton hendaknya diperhatikan dengan cermat sehingga kadar *superplasticizer* yang ditambahkan tidak berlebihan,
2. menggunakan beton normal dengan variasi umur 3 hari, 7 hari, 14, hari, dan 28 hari sebagai pembanding terhadap beton yang telah ditambahkan *superplasticizer* dengan variasi umur 3 hari, 7 hari, 14, dan 28 hari dan variasi pengurangan air 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% untuk mengetahui seberapa besar peningkatan kuat tekan beton terhadap beton normal.



# LAMPIRAN 1





# UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

KAMPUS : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Tel. 895042, 895707, 896440, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

FM-UII-AA-FPU-09

Nomor : : 103 /Kajur.TS.20/ Bg.Pn./ VIII/2006  
Lamp. : -  
Hal : : BIMBINGAN TUGAS AKHIR  
Periode Ke : : I ( Sept.06- Pebr.07 )

Jogjakarta, 1-Sep-06

Kepada .  
Yth. Bapak / Ibu : Ade Ilham,Dr,Ir,MT  
di -

Jogjakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak / Ibu Agar Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan tersebut di bawah ini :

1 Nama : Hardiman  
No. Mhs. : 02 511 149  
Bidang Studi : Teknik Sipil  
Tahun Akademi : 2006 - 2007

dapat diberikan petunjuk- petunjuk, pengarah, serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas Akhir. Kedua Mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok dengan dosen pembimbing sebagai berikut :

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

Dengan Mengambil Topik /Judul :

Karakteristik Beton Normal Dengan variasi Pengurangan Air Dan Penambahan Superplasticizer Terhadap Kuat Desak Beton Dengan Mutu 40 Mpa

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

An.Dekan  
Ketua Jurusan Teknik Sipil

  
Ir.H. Faisol AM,MS

Tembusan

- 1) Dosen Pembimbing ybs
- 2) Mahasiswa ybs
- 3) Arsip 6-Sep-06
- 4) Sampai Akhir Pebruari 2007

*all: per puzang 5/15/07*



# UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

KAMPUS : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Tel. 895042, 895707, 896440, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

FM-UII-AA-FPU-09

Nomor : : 103 /Kajur.TS.20/ Bg.Pn./ VIII /2006  
Lamp. : -  
Hal : : BIMBINGAN TUGAS AKHIR  
Periode Ke : : I ( Sept.06- Pebr.07 )

Jogjakarta, 1-Sep-06

Kepada .  
Yth. Bapak / Ibu : Ade Ilham,Dr,Ir,MT  
di -

Jogjakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak / Ibu Agar Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan tersebut di bawah ini :

1 Nama : Hardiman  
No. Mhs. : 02 511 149  
Bidang Studi : Teknik Sipil  
Tahun Akademi : 2006 - 2007

dapat diberikan petunjuk- petunjuk, pengarahan serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas Akhir. Kedua Mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok dengan dosen pembimbing sebagai berikut :

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

Dengan Mengambil Topik /Judul :

Karakteristik Beton Normal Dengan variasi Pengurangan Air Dan Perambahan Superplasticizer Terhadap Kuat Desak Beton Dengan Mutu 40 Mpa

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

An.Dekan  
Ketua Jurusan Teknik Sipil

Ir H. Fajsol AM,MS

Tembusan

- 1) Dosen Pembimbing ybs
- 2) Mahasiswa ybs
- 3) Arsip. 6-Sep-06
- 4) Sampai Akhir Pebruari 2007

# LAMPIRAN 2





## Perencanaan Kebutuhan Beton

### A. Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan 28 hari.

Beton akan dipakai untuk pembuatan sampel dengan kuat tekan  $f'c = 40$  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: Triana 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 :

$$M = 1,64 \times 4,2 = 6,88 \text{ Mpa}$$

**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

$$f'_{cr} = 40 + 6,88 = 46,88 \text{ MPa}$$

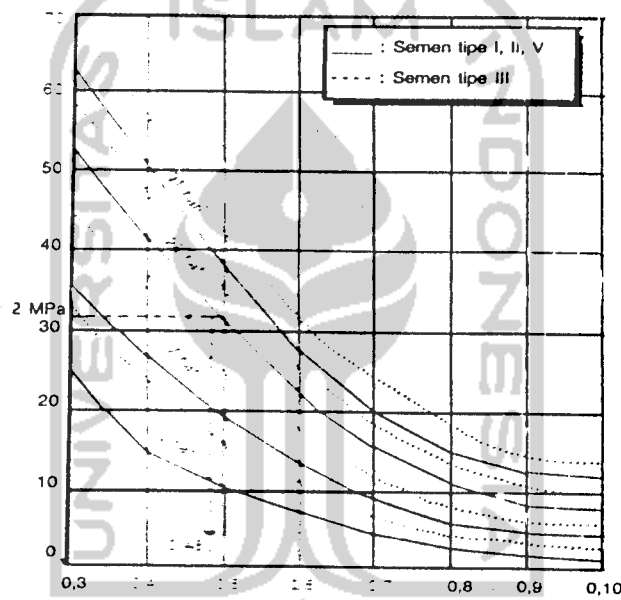
**E. Menetapkan Jenis Semen**

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 ( $f'_{cr} = 46,804$  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 0,36. Jadi f.a.s pertama **0,36**



**Gambar 1.1** Hubungan faktor air-semen dan kuat tekan rata-rata silinder beton

(sebagai perkiraan nilai f.a.s)

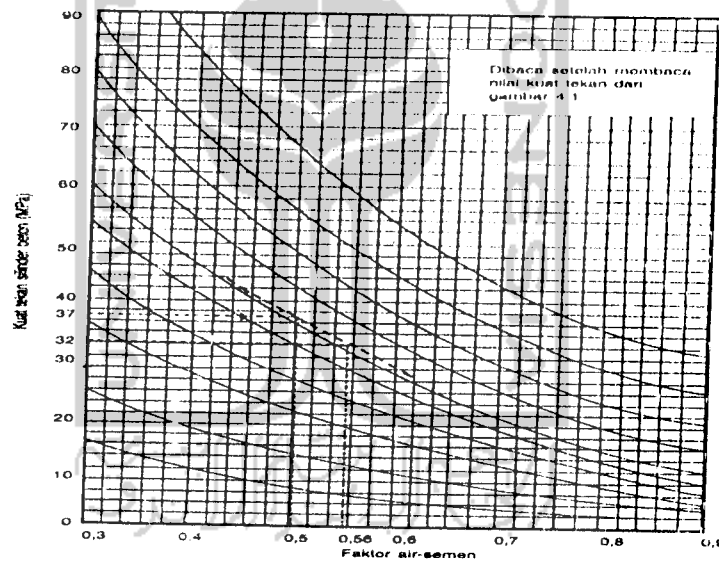
Cara kedua : Diketahui jenis semen I, jenis agregat kasar batu pecah. Kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari maka digunakan tabel dibawah ini.

**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, III	Alami	17	23	33	40
	Batu pecah	19	27	37	45
	Alami	21	28	38	44
III	Batu pecah	25	33	44	48

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

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



Gambar 4.2. Grafik mencari faktor air semen.

### Gambar 1.2 Mencari faktor air semen

Caranya, tarik garis kekanan mendatar 37, tarik garis keatas 0,5 dan berpotongan pada titik A. Buat garis putus-putus dimulai dari titik A ke atas dan ke bawah melengkung seperti garis yang di atas dan di bawahnya. Sekarang dengan  $f'_{cr} = 46,88$  tarik ke kanan memotong garis putus yang dibuat tadi di B dan tarik garis ke bawah maka diperoleh faktor air-semen yang baru yaitu = 0,41. Jadi fas kedua = 0,41

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

Dengan cara ini diperoleh :

- a) Untuk pembeconan 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 pembeconan dan lingkungan khusus

Jenis pembeconan	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
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	<b>9,0</b>	<b>2,5</b>
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	<b>210</b>	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

**Tabel 1.7** Penentuan kebutuhan air berdasarkan agregat

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

(Sumber: *Triono Budi Astanto, 2001*)

**I. Menetapkan kebutuhan semen**

Berat semen per meter kubik beton dihitung dengan :

$$F.a.s = \frac{W}{C} \dots\dots\dots(1.3)$$

Keterangan :

W = Jumlah air yang dibutuhkan

C = Faktor air-semen maksimum

$$F.a.s = \frac{210}{0,36} = 583,3 \text{ kg/m}^3$$

**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 pembeconan dan lingkungan khusus

Jenis Pembeconan	
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 kg/m<sup>3</sup>**

#### 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



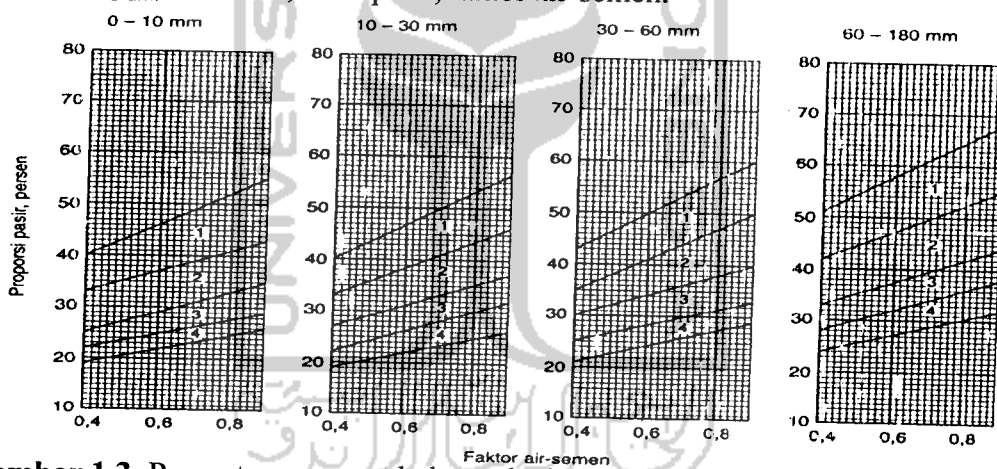
Tabel 1.9 Gradasi Pasir

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 = 0,36
- Daerah pasir = daerah 2
- Slump = 30 – 60 mm
- Agregat maksimum = 20 mm
- Maka didapat persentase pasir = 33%
- persentase kerikil = 67%

**M. Menentukan berat jenis campuran pasir dan kerikil**

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

Keterangan :

B<sub>j</sub> campuran = Berat jenis campuran

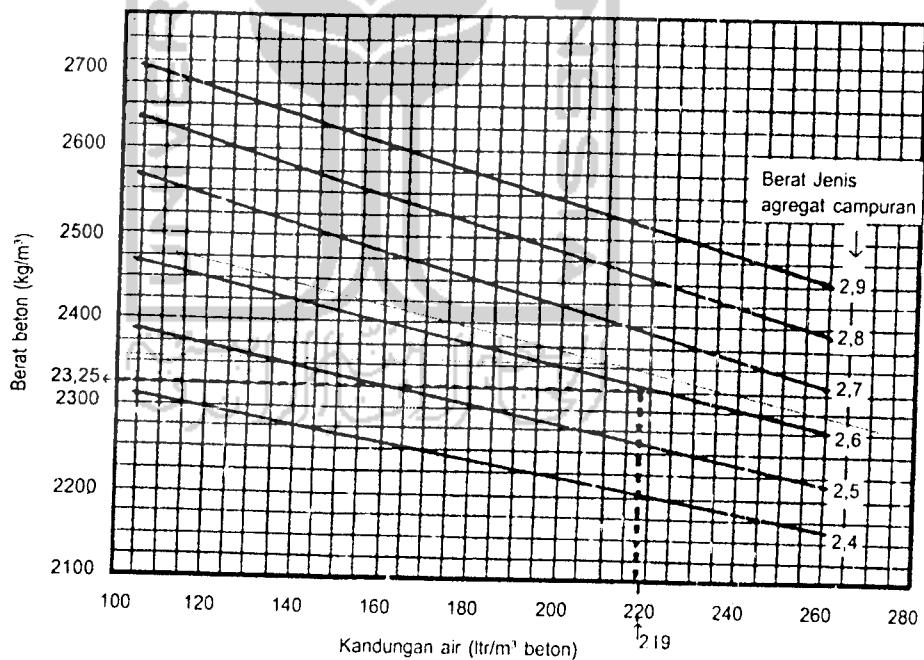
P = Persentase pasir terhadap agregat campuran

K = Persentase kerikil terhadap agregat campuran

$$B_j \text{ campuran} = \left(\frac{33}{100} \times 2,621\right) + \left(\frac{67}{100} \times 2,643\right) = 2,64 \text{ t/m}^3$$

**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 **2374 kg/m<sup>3</sup>** dengan cara kebutuhan air

**O. Menentukan Kebutuhan Pasir dan Kerikil**

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

$$= 2374 - 210 - 583,3 = 1580,7 \text{ kg}$$

**P. Menentukan Kebutuhan Pasir**

$$\text{Kebutuhan pasir} = 1580,7 \times 33\% = 521,63 \text{ kg}$$

**Q. Menentukan Kebutuhan Kerikil**

$$1580,7 - 521,63 = 1059,069 \text{ kg}$$

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

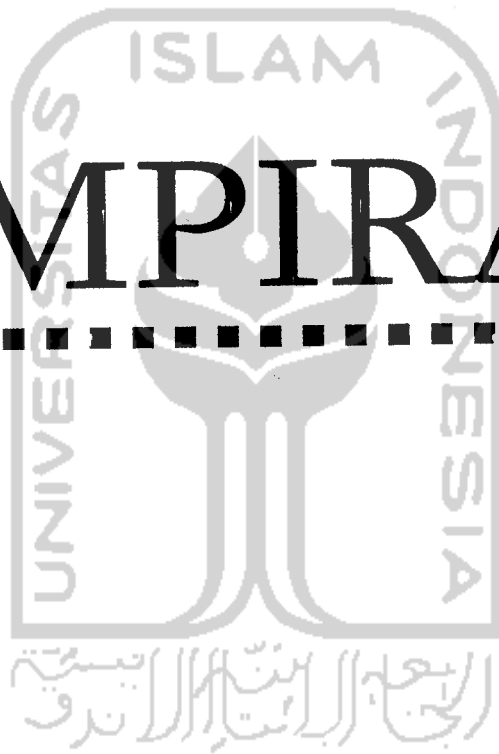
No	Uraian	Jumlah
1	Kuat tekan yang disyaratkan pada umur 28 hari	40 N.pa
2	Deviasi standar	4,2 MPa
3	Nilai tambah	6,9 Mpa
4	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan	46,9 MPa
5	Jenis semen	biasa
6	Jenis agregat kasar	batu pecah
7	Faktor air semen	0,36
8	Nilai slump	9 mm
9	Ukuran maksimum agregat	20 mm
10	Kebutuhan Air	210 ltr
11	Kebutuhan semen portland	583 kg
12	Daerah gradasi agregat halus	2
13	Persen berat agregat halus terhadap campuran	33%
14	Berat jenis agregat campuran	2,64 t/m <sup>3</sup>
15	Berat jenis beton	2374 kg/m <sup>3</sup>
16	Kebutuhan agregat	1581 kg/m <sup>3</sup>
17	Kebutuhan agregat halus	521,73 kg/m <sup>3</sup>
18	Kebutuhan agregat kasar	1059,3 kg/m <sup>3</sup>

### Kesimpulan

Volume	Berat total	Air	Semen	Ag. halus	Ag. kasar
1 m <sup>3</sup>	2374 kg	210 kg	583 kg	521,73 kg	1059,3 kg
1 adukan	94,345 kg	8,34 kg	23,17 kg	20,73 kg	42,097 kg



# LAMPIRAN 3



**Kuat Tekan Umur 3 hari**

0%

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	14,9	29,9	174,28	5210,91	12,80	352,80	20,2435
2	15,1	30,1	178,99	5387,53	12,80	381,50	21,3143
3	15,1	29,8	178,99	5333,84	12,70	407,20	22,7501

Jumlah  
rata-rata

64,3080  
21,4360

5%

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	15	30,1	176,63	5316,41	13,00	410,00	23,2130
2	15,1	30	178,99	5369,64	12,90	447,10	24,9793
3	15	30	176,63	5298,75	12,90	461,40	26,1231

Jumlah  
rata-rata

74,3155  
24,7718

10%

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	14,7	29,9	169,63	5071,96	12,90	459,60	27,0352
2	14,8	30	171,95	5158,39	13,00	349,30	20,3145
3	14,7	30,1	169,63	5105,88	13,00	432,60	25,5025

Jumlah  
rata-rata

52,5377  
26,2688

15%

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	14,7	29,9	169,63	5071,96	12,90	333,10	19,6368
2	14,7	30	169,63	5098,92	12,90	334,70	22,6787
3	14,6	30	167,33	5019,92	12,80	338,40	20,2234

Jumlah  
rata-rata

62,5389  
20,8463

## BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Umum

Pada bab ini akan dibicarakan mengenai kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian dan saran-saran dengan tujuan agar penelitian dapat tercapai sesuai yang diharapkan.

### 6.2 Kesimpulan

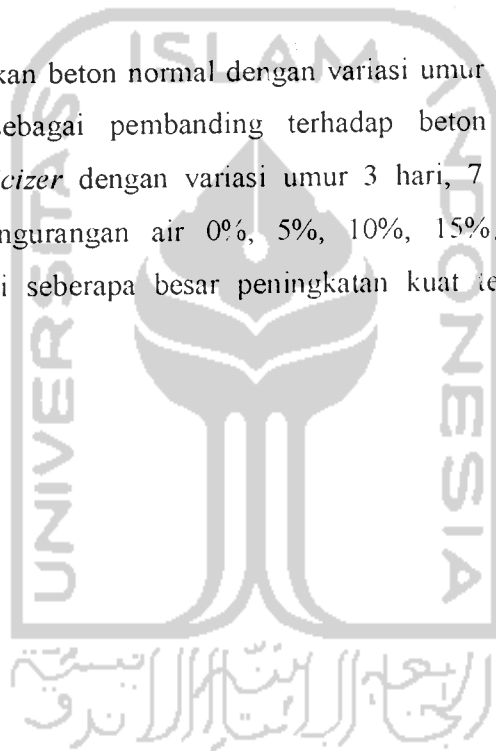
Dari hasil penelitian maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Workabilitas beton atau kelecakan beton dapat dilihat dengan parameter nilai *slump*. Nilai *slump* dapat dicapai lebih besar dari 180 mm tanpa bleeding dan segregasi dengan penambahan *superplasticizer* 0,22% - 2,42%,
2. *superplasticizer* dapat meningkatkan workabilitas pada beton yang dikurangi airnya. Semakin besar pengurangan air maka kadar *superplasticizer* akan meningkat,
3. kadar *superplasticizer* melebihi 1,12% pada campuran beton dengan pengurangan air 15% dan 20% menyebabkan kuat tekan beton menurun,
4. kuat tekan beton tertinggi dicapai pada pengurangan air 30% dengan penambahan *superplasticizer* 2,42%. Untuk umur 3 hari kuat tekan yang didapatkan sebesar 37,26 MPa, umur 7 hari kuat tekan sebesar 61,62 MPa, umur 14 hari kuat tekan sebesar 47,17 MPa, umur 28 hari sebesar 62,19 MPa
5. Peningkatan kuat tekan beton yang signifikan belum terlihat pada umur-umur awal beton,

### 6.3 Saran-saran

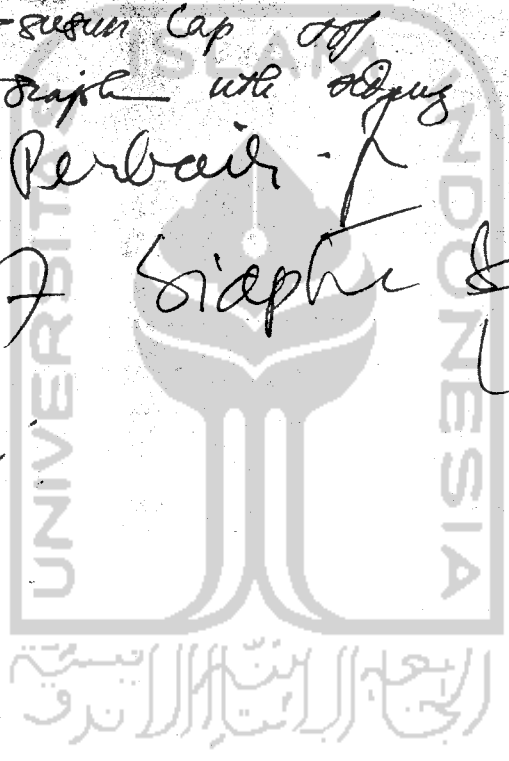
Saran-saran yang dapat diambil dari penelitian ini untuk dapat diteliti lebih lanjut sebagai berikut :

1. penambahan *superplasticizer* pada campuran beton hendaknya diperhatikan dengan cermat sehingga kadar *superplasticizer* yang ditambahkan tidak berlebihan,
2. menggunakan beton normal dengan variasi umur 3 hari, 7 hari, 14, hari, dan 28 hari sebagai pembanding terhadap beton yang telah ditambahkan *superplasticizer* dengan variasi umur 3 hari, 7 hari, 14, dan 28 hari dan variasi pengurangan air 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% untuk mengetahui seberapa besar peningkatan kuat tekan beton terhadap beton normal.





NO	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TANDA TANGGA
	21/01/07	peragaan analisis data us 02	✓
	03/02/07	buat 1 master (char) pembetulan secara utuh dan bonus lebih dulu	✓
	08/02/07	ruak antara program berbeza - uu. btm cpd	✓
	15/02/07	lanjutan	✓
	1/3/07	buat pembetulan skrap hasil	✓
	7/3/07	subun cap	✓
		skrap utk adpus	✓ 14/3/07
	14/3/07	Perbaiki	
	29/3/07	Siaphu Siday (Pembaca)	u



20%

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	14,8	30	171,95	5158,39	12,80	357,60	20,7972
2	14,7	30	169,63	5088,92	12,80	392,30	23,1267
3	14,7	29,9	169,63	5071,96	12,80	362,60	21,3759

Jumlah  
rata-rata  
65,2997  
21,7666

25%

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	14,7	30	169,63	5088,92	13,00	579,10	34,1389
2	14,8	29,9	171,95	5141,20	12,90	606,10	35,2494
3	15,12	29,88	179,46	5362,33	12,90	510,20	28,4294

Jumlah  
rata-rata  
69,3882  
34,6941

30%

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	14,92	29,5	174,75	5155,01	12,99	636,70	36,4357
2	15	29,8	176,63	5263,43	13,12	672,60	38,0807
3	14,8	29,9	171,95	5141,20	13,10	744,40	43,2926

Jumlah  
rata-rata  
74,5164  
37,2582

\* Data tidak dipakai

Kuat Tekan Umur 7 hari

0%

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	14,90	30,00	174,28	174,28	5228,34	523,70	30,0497
2	14,90	30,10	174,28	174,28	5245,76	518,30	29,7399
3	15,00	29,40	176,63	176,63	5192,78	531,30	30,0807
Jumlah rata-rata							
							89,8703
							29,9568

5%

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	15,10	30,21	178,99	178,99	5407,22	552,40	30,8624
2	14,90	29,90	174,28	174,28	5210,91	752,10	43,1552
3	14,90	29,90	174,28	174,28	5210,91	594,00	34,0835
Jumlah rata-rata							
							64,9459
							32,4730

10%

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	15,10	29,50	178,99	178,99	5280,14	660,90	36,9243
2	15,00	30,20	176,63	176,63	5334,08	670,90	37,9844
3	15,30	29,70	183,76	183,76	5457,69	607,70	33,0702
Jumlah rata-rata							
							107,9789
							35,9930

15%

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	14,89	29,80	174,04	174,04	5186,51	545,70	31,3541
2	14,70	29,89	169,63	169,63	5070,26	636,20	37,5050
3	15,00	29,90	176,63	176,63	5281,09	538,10	30,4657
Jumlah rata-rata							
							99,3248
							33,1083

**20%**

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	14,80	30,49	171,95	171,95	5242,65	514,90	29,9454
2	14,70	29,89	169,63	169,63	5070,26	587,80	34,6518
3	14,80	30,10	171,95	171,95	5175,59	580,30	33,7489
Jumlah							98,3460
rata-rata							32,7620

**25%**

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	14,50	30,10	165,05	165,05	4967,89	669,10	40,5402
2	14,70	30,00	169,63	169,63	5088,92	718,10	42,3332
3	14,60	30,00	167,33	167,33	5019,92	671,00	40,1003
Jumlah							122,9736
rata-rata							40,9912

**30%**

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	14,60	30,00	167,33	167,33	5019,92	935,30	55,8953
2	14,70	30,00	169,63	169,63	5088,92	637,40	37,5758
3	14,60	30,00	167,33	167,33	5019,92	1127,00	67,3517
Jumlah							123,2470
rata-rata							61,6235

\* Data tidak dipakai

Kuat Tekan Umur 14 Hari

0%

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	15,00	30,10	176,63	5316,41	12,91	575,30	32,5718
2	14,70	29,90	169,63	5071,96	12,90	599,40	35,3356
3	14,90	30,10	174,28	5245,76	13,00	584,70	33,5499
Jumlah rata-rata							101,4573
							33,8191

5%

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	15,00	30,00	176,63	5298,75	13,00	645,00	36,5180
2	14,80	30,00	171,95	5158,39	13,00	671,40	39,0471
3	14,80	30,00	171,95	5158,39	13,10	674,00	39,1983
Jumlah rata-rata							114,7634
							38,2545

10%

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	14,80	29,80	171,95	5124,00	12,80	688,20	40,0241
2	15,00	30,10	176,63	5316,41	12,99	651,40	36,8804
3	14,80	30,20	171,95	5192,78	12,85	662,90	38,5527
Jumlah rata-rata							115,4572
							38,4857

15%

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	15,00	30,00	176,63	5298,75	12,80	576,90	32,6624
2	15,00	30,00	176,63	5298,75	12,90	553,90	31,3602
3	15,00	29,90	176,63	5281,09	12,80	590,90	33,4551
Jumlah rata-rata							97,4777
							32,4926

20%

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	14,80	29,90	171,95	5141,20	13,00	564,80	32,8474
2	14,80	30,00	171,95	5158,39	12,90	691,40	40,2102
3	14,80	30,00	171,95	5158,39	12,90	524,90	30,5270
Jumlah							63,3744
rata-rata							31,6872

25%

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	14,80	29,90	171,95	5141,20	12,90	682,40	39,6868
2	14,80	29,90	171,95	5141,20	12,90	768,70	44,7058
3	15,00	30,00	176,63	5298,75	13,00	738,90	41,8344
Jumlah							126,2270
rata-rata							42,0757

30%

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	15,00	30,00	176,63	5298,75	13,10	783,80	44,3765
2	14,90	30,00	174,28	5228,34	13,10	1031,00	59,1584
3	15,00	30,00	176,63	5298,75	13,00	882,60	49,9703
Jumlah							94,3468
rata-rata							47,1734

\* Data tidak dipakai

**Kuat Tekan Umur 28 hari**

**0%**

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	14,60	30,00	13,00	167,33	5019,92	757,90	45,2936
2	14,80	30,20	13,10	171,95	5192,78	603,00	35,0691
3	14,90	30,20	13,00	174,28	5263,19	656,20	37,6525
4	14,80	30,00	13,00	171,95	5158,39	713,40	41,4897
5	14,80	30,00	13,00	171,95	5158,39	673,40	39,1634
6	15,00	29,80	13,00	176,63	5263,43	794,8	44,9993
						Jumlah	243,6675
						rata-rata	40,6112

**5%**

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	14,70	30,20	13,00	169,63	5122,85	818,90	48,2755
2	14,90	30,10	13,20	174,28	5245,76	677,70	38,8862
3	14,80	30,10	13,10	171,95	5175,59	870,30	50,6146
4	14,80	30,00	13,10	171,95	5158,39	856,30	49,8004
5	14,60	30,10	13,00	167,33	5036,65	860,70	51,4371
6	15,00	30,00	13,00	176,63	5298,75	892,6	50,5364
						Jumlah	250,6640
						rata-rata	50,1328

**10%**

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	14,70	29,80	13,00	169,63	5054,99	871,70	51,3881
2	14,70	30,00	13,10	169,63	5088,92	888,80	52,3962
3	14,70	30,10	13,00	169,63	5105,88	924,70	54,5126
4	14,80	29,90	13,00	171,95	5141,20	785,30	45,6712
5	14,80	30,30	13,00	171,95	5209,98	720,00	41,8735
6	15,00	29,90	13,20	176,63	5281,09	950,1	56,0566
						Jumlah	214,3535
						rata-rata	53,5884

**15%**

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	15,00	30,13	13,20	176,63	5321,71	868,10	49,1493
2	15,05	29,95	13,15	177,80	5325,24	749,20	42,1362
3	15,03	30,20	13,20	177,33	5355,43	896,80	50,5717
4	14,95	30,20	13,30	175,45	5298,57	800,70	45,6371
5	14,95	30,00	13,20	175,45	5263,48	830,30	47,3242
6	15,00	30,00	13,10	176,63	5298,75	797,2	45,1352
						Jumlah	279,9537
						rata-rata	46,6589

**20%**

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	14,60	30,00	13,20	167,33	5019,92	932,00	55,6981
2	14,70	30,00	13,20	169,63	5088,92	919,80	54,2237
3	14,90	30,00	13,20	174,28	5228,34	899,70	51,6245
4	14,80	30,00	13,20	171,95	5158,39	1091,00	63,4500
5	14,80	29,00	13,30	171,95	5141,20	953,70	55,4650
6	14,70	30,10	13,30	169,63	5105,88	979	57,7136
						Jumlah	274,7249
						rata-rata	54,9450



**25%**

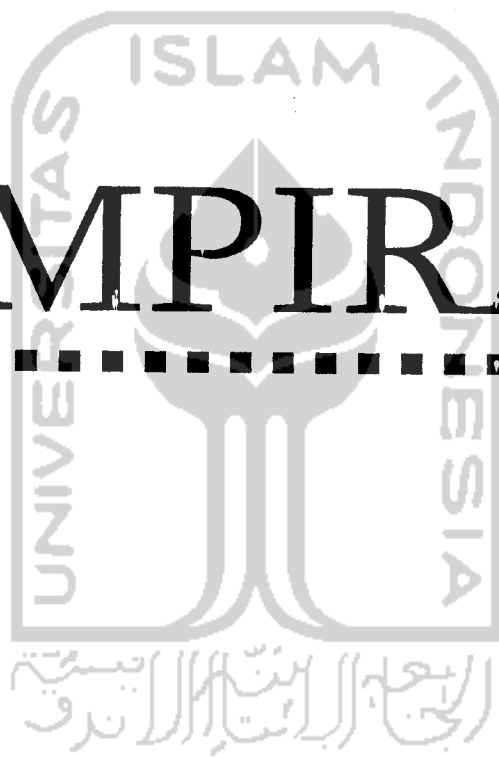
Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	15,18	30,35	13,30	180,89	5489,99	490,80	27,1326
2	15,08	30,12	13,20	178,51	5376,84	792,60	44,3999
3	15,05	30,00	13,20	177,80	5334,13	961,80	54,0931
4	14,98	30,00	13,10	176,15	5284,63	548,60	31,1431
5	15,00	30,20	13,30	176,63	5334,08	490,80	27,7877
6	15,00	30,00	13,20	176,63	5298,75	933,1	52,8294
						Jumlah	106,9226
						rata-rata	53,4613

**30%**

Silinder	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban max (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	15,00	30,00	13,30	176,63	5298,75	1303,00	73,7721
2	14,80	30,00	13,20	171,95	5158,39	1050,00	61,0655
3	14,80	29,80	13,20	171,95	5124,00	1115,00	64,8458
4	14,80	30,10	13,30	171,95	5175,59	1043,00	60,6584
5	14,90	30,00	13,40	174,28	5228,34	959,30	55,0443
6	14,80	30,00	13,30	171,95	5158,39	931,3	54,1622
						Jumlah	186,5698
						rata-rata	62,1899

\* Data tidak dipakai

# LAMPIRAN 4



D 15  
h 29,8  
w 13  
A 176,625

0%

BEBAN KN	BEBAN N	DIAL 0%	$\Delta L$	REG $10^{-4}$	TEGANGAN MPa	REG KOREKSI $10^{-4}$
0	0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	4	2	0,133	0,566	0,2007
20	20000	9	4,5	0,300	1,132	0,3674
30	30000	13	6,5	0,433	1,699	0,5007
40	40000	18	9	0,600	2,265	0,6674
50	50000	23	11,5	0,767	2,831	0,8340
60	60000	29	14,5	0,967	3,397	1,0340
70	70000	34	17	1,133	3,963	1,2007
80	80000	38	19	1,267	4,529	1,3340
90	90000	43	21,5	1,433	5,096	1,5007
100	100000	48	24	1,600	5,662	1,6674
110	110000	53	26,5	1,767	6,228	1,8340
120	120000	59	29,5	1,967	6,794	2,0340
130	130000	64	32	2,133	7,360	2,2007
140	140000	70	35	2,333	7,926	2,4007
150	150000	75	37,5	2,500	8,493	2,5674
160	160000	81	40,5	2,700	9,059	2,7674
170	170000	87	43,5	2,900	9,625	2,9674
180	180000	92	46	3,067	10,191	3,1340
190	190000	98	49	3,267	10,757	3,3340
200	200000	104	52	3,467	11,323	3,5340
210	210000	110	55	3,667	11,890	3,7340
220	220000	115	57,5	3,833	12,456	3,9007
230	230000	121	60,5	4,033	13,022	4,1007
240	240000	127	63,5	4,233	13,588	4,3007
250	250000	133	66,5	4,433	14,154	4,5007
260	260000	139	69,5	4,633	14,720	4,7007
270	270000	145	72,5	4,833	15,287	4,9007
280	280000	151	75,5	5,033	15,853	5,1007
290	290000	157	78,5	5,233	16,419	5,3007
300	300000	163	81,5	5,433	16,985	5,5007
310	310000	170	85	5,667	17,551	5,7340
320	320000	176	88	5,867	18,117	5,9340
330	330000	182	91	6,067	18,684	6,1340
340	340000	189	94,5	6,300	19,250	6,3674
350	350000	194	97	6,467	19,816	6,5340
360	360000	201	100,5	6,700	20,382	6,7674
370	370000	208	104	6,933	20,948	7,0007
380	380000	214	107	7,133	21,515	7,2007
390	390000	221	110,5	7,367	22,081	7,4340
400	400000	228	114	7,600	22,647	7,6674
410	410000	235	117,5	7,833	23,213	7,9007
420	420000	243	121,5	8,100	23,779	8,1674
430	430000	250	125	8,333	24,345	8,4007
440	440000	256	128	8,533	24,912	8,6007
450	450000	263	131,5	8,767	25,478	8,8340
460	460000	270	135	9,000	26,044	9,0674

470	470000	278	139	9,267	26,610	9,3340
480	480000	285	142,5	9,500	27,176	9,5674
490	490000	294	147	9,800	27,742	9,8674
500	500000	301	150,5	10,033	28,309	10,1007
510	510000	308	154	10,267	28,875	10,3340
520	520000	315	157,5	10,500	29,441	10,5674
530	530000	322	161	10,733	30,007	10,8007
540	540000	331	165,5	11,033	30,573	11,1007
550	550000	339	169,5	11,300	31,139	11,3674
560	560000	347	173,5	11,567	31,706	11,6340
570	570000	356	178	11,867	32,272	11,9340
580	580000	364	182	12,133	32,838	12,2007
590	590000	373	186,5	12,433	33,404	12,5007
600	600000	382	191	12,733	33,970	12,8007
610	610000	391	195,5	13,033	34,536	13,1007
620	620000	400	200	13,333	35,103	13,4007
630	630000	409	204,5	13,633	35,669	13,7007
640	640000	419	209,5	13,967	36,235	14,0340
650	650000	428	214	14,267	36,801	14,3340
660	660000	437	218,5	14,567	37,367	14,6340
670	670000	445	222,5	14,833	37,933	14,9007
680	680000	456	228	15,200	38,500	15,2674
690	690000	469	234,5	15,633	39,066	15,7007
700	700000	481	240,5	16,033	39,632	16,1007
710	710000	493	246,5	16,433	40,198	16,5007
720	720000	508	254	16,933	40,764	17,0007
730	730000	522	261	17,400	41,331	17,4674
740	740000	538	269	17,933	41,897	18,0007
750	750000	557	278,5	18,567	42,463	18,6340
760	760000	578	289	19,267	43,029	19,3340
770	770000	600	300	20,000	43,595	20,0674
780	780000	625	312,5	20,833	44,161	20,9007
790	790000	650	325	21,667	44,728	21,7340
800	800000	684	342	22,800	45,294	22,8674
810	810000	715	357,5	23,833	45,860	23,9007
820	820000	744	372	24,800	46,426	24,8674
830	830000	761	380,5	25,367	46,992	25,4340
840	840000	813	406,5	27,100	47,558	27,1674
730	730000	926	463	30,867	41,331	30,9340
720	720000	977	488,5	32,567	40,764	32,6340

D 15  
h 30  
w 13  
A 176,625

5%

BEBAN KN	BEBAN N	DIAL 5%	$\Delta L$	REG $10^{-4}$	TEGANGAN MPa	REG KOREKSI $10^{-4}$
0	0	0	0	0	0	0
10	10000	3	1,5	0,100	0,566	0,294
20	20000	6	3	0,200	1,132	0,394
30	30000	9	4,5	0,300	1,699	0,494
40	40000	13	6,5	0,433	2,265	0,627
50	50000	17	8,5	0,567	2,831	0,761
60	60000	20	10	0,667	3,397	0,861
70	70000	24	12	0,800	3,963	0,994
80	80000	28	14	0,933	4,529	1,127
90	90000	32	16	1,067	5,096	1,261
100	100000	35	17,5	1,167	5,662	1,361
110	110000	40	20	1,333	6,228	1,527
120	120000	43	21,5	1,433	6,794	1,627
130	130000	46	23	1,533	7,360	1,727
140	140000	51	25,5	1,700	7,926	1,894
150	150000	54	27	1,800	8,493	1,994
160	160000	58	29	1,933	9,059	2,127
170	170000	62	31	2,067	9,625	2,261
180	180000	66	33	2,200	10,191	2,394
190	190000	71	35,5	2,367	10,757	2,561
200	200000	75	37,5	2,500	11,323	2,694
210	210000	78	39	2,600	11,890	2,794
220	220000	83	41,5	2,767	12,456	2,961
230	230000	87	43,5	2,900	13,022	3,094
240	240000	91	45,5	3,033	13,588	3,227
250	250000	95	47,5	3,167	14,154	3,361
260	260000	99	49,5	3,300	14,720	3,494
270	270000	104	52	3,467	15,287	3,661
280	280000	109	54,5	3,633	15,853	3,827
290	290000	113	56,5	3,767	16,419	3,961
300	300000	117	58,5	3,900	16,985	4,094
310	310000	123	61,5	4,100	17,551	4,294
320	320000	128	64	4,267	18,117	4,461
330	330000	132	66	4,400	18,684	4,594
340	340000	137	68,5	4,567	19,250	4,761
350	350000	142	71	4,733	19,816	4,927
360	360000	146	73	4,867	20,382	5,061
370	370000	151	75,5	5,033	20,948	5,227
380	380000	156	78	5,200	21,515	5,394
390	390000	161	80,5	5,367	22,081	5,561
400	400000	167	83,5	5,567	22,647	5,761
410	410000	172	86	5,733	23,213	5,927
420	420000	177	88,5	5,900	23,779	6,094
430	430000	182	91	6,067	24,345	6,261
440	440000	187	93,5	6,233	24,912	6,427
450	450000	192	96	6,400	25,478	6,594
460	460000	198	99	6,600	26,044	6,794
470	470000	204	102	6,800	26,610	6,994
480	480000	210	105	7,000	27,176	7,194
490	490000	215	107,5	7,167	27,742	7,361
500	500000	221	110,5	7,367	28,309	7,561

510	510000	227	113,5	7,567	28,875	7,761
520	520000	233	116,5	7,767	29,441	7,961
530	530000	239	119,5	7,967	30,007	8,161
540	540000	244	122	8,133	30,573	8,327
550	550000	251	125,5	8,367	31,139	8,561
560	560000	257	128,5	8,567	31,706	8,761
570	570000	264	132	8,800	32,272	8,994
580	580000	270	135	9,000	32,838	9,194
590	590000	277	138,5	9,233	33,404	9,427
600	600000	283	141,5	9,433	33,970	9,627
610	610000	289	144,5	9,633	34,536	9,827
620	620000	296	148	9,867	35,103	10,061
630	630000	303	151,5	10,100	35,669	10,294
640	640000	309	154,5	10,300	36,235	10,494
650	650000	317	158,5	10,567	36,801	10,761
660	660000	324	162	10,800	37,367	10,994
670	670000	330	165	11,000	37,933	11,194
680	680000	338	169	11,267	38,500	11,461
690	690000	345	172,5	11,500	39,066	11,694
700	700000	352	176	11,733	39,632	11,927
710	710000	361	180,5	12,033	40,198	12,227
720	720000	369	184,5	12,300	40,764	12,494
730	730000	377	188,5	12,567	41,331	12,761
740	740000	385	192,5	12,833	41,897	13,027
750	750000	394	197	13,133	42,463	13,327
760	760000	403	201,5	13,433	43,029	13,627
770	770000	411	205,5	13,700	43,595	13,894
780	780000	421	210,5	14,033	44,161	14,227
790	790000	431	215,5	14,367	44,728	14,561
800	800000	441	220,5	14,700	45,294	14,894
810	810000	421	210,5	14,033	45,860	14,227
820	820000	431	215,5	14,367	46,426	14,561
830	830000	441	220,5	14,700	46,992	14,894
840	840000	451	225,5	15,033	47,558	15,227
850	850000	462	231	15,400	48,125	15,594
860	860000	474	237	15,800	48,691	15,994
870	870000	485	242,5	16,167	49,257	16,361
880	880000	498	249	16,600	49,823	16,794
890	890000	512	256	17,067	50,389	17,261
900	900000	526	263	17,533	50,955	17,727
910	910000	543	271,5	18,100	51,522	18,294
920	920000	569	284,5	18,967	52,088	19,161
930	930000	580	290	19,333	52,654	19,527
940	940000	587	293,5	19,567	53,220	19,761
950	950000	578	289	19,267	53,786	19,461
960	960000	555	277,5	18,500	54,352	18,694
970	970000	527	263,5	17,567	54,919	17,761
980	980000	400	200	13,333	55,485	13,527
990	990000	500	250	16,667	56,051	16,861
1000	1000000	56	28	1,867	56,617	2,061

d 15  
h 29,9  
w 13,2  
A 176,625

10%

BEBAN KN	BEBAN N	DIAL 10%	$\Delta L$	REG $10^{-4}$	TEGANGAN MPa	REG KOREKSI $10^{-4}$
0	0	0	0	0	0	0
10	10000	3	1,5	0,100	0,566	0,351
20	20000	7	3,5	0,233	1,132	0,484
30	30000	12	6	0,400	1,699	0,651
40	40000	16	8	0,533	2,265	0,784
50	50000	21	10,5	0,700	2,831	0,951
60	60000	26	13	0,867	3,397	1,117
70	70000	30	15	1,000	3,963	1,251
80	80000	39	19,5	1,300	4,529	1,551
90	90000	40	20	1,333	5,096	1,584
100	100000	45	22,5	1,500	5,662	1,751
110	110000	49	24,5	1,633	6,228	1,884
120	120000	54	27	1,800	6,794	2,051
130	130000	59	29,5	1,967	7,360	2,217
140	140000	64	32	2,133	7,926	2,384
150	150000	69	34,5	2,300	8,493	2,551
160	160000	74	37	2,467	9,059	2,717
170	170000	80	40	2,667	9,625	2,917
180	180000	85	42,5	2,833	10,191	3,084
190	190000	89	44,5	2,967	10,757	3,217
200	200000	94	47	3,133	11,323	3,384
210	210000	100	50	3,333	11,890	3,584
220	220000	105	52,5	3,500	12,456	3,751
230	230000	110	55	3,667	13,022	3,917
240	240000	115	57,5	3,833	13,588	4,084
250	250000	120	60	4,000	14,154	4,251
260	260000	125	62,5	4,167	14,720	4,417
270	270000	131	65,5	4,367	15,287	4,617
280	280000	136	68	4,533	15,853	4,784
290	290000	142	71	4,733	16,419	4,984
300	300000	147	73,5	4,900	16,985	5,151
310	310000	153	76,5	5,100	17,551	5,351
320	320000	159	79,5	5,300	18,117	5,551
330	330000	165	82,5	5,500	18,684	5,751
340	340000	171	85,5	5,700	19,250	5,951
350	350000	177	88,5	5,900	19,816	6,151
360	360000	183	91,5	6,100	20,382	6,351
370	370000	188	94	6,267	20,948	6,517
380	380000	194	97	6,467	21,515	6,717
390	390000	200	100	6,667	22,081	6,917
400	400000	205	102,5	6,833	22,647	7,084
410	410000	211	105,5	7,033	23,213	7,284
420	420000	217	108,5	7,233	23,779	7,484
430	430000	223	111,5	7,433	24,345	7,684
440	440000	229	114,5	7,633	24,912	7,884
450	450000	236	118	7,867	25,478	8,117
460	460000	243	121,5	8,100	26,044	8,351
470	470000	250	125	8,333	26,610	8,584
480	480000	257	128,5	8,567	27,176	8,817
490	490000	264	132	8,800	27,742	9,051

500	500000	272	136	9,067	28,309	9,317
510	510000	280	140	9,333	28,875	9,584
520	520000	287	143,5	9,567	29,441	9,817
530	530000	294	147	9,800	30,007	10,051
540	540000	301	150,5	10,033	30,573	10,284
550	550000	308	154	10,267	31,139	10,517
560	560000	315	157,5	10,500	31,706	10,751
570	570000	324	162	10,800	32,272	11,051
580	580000	331	165,5	11,033	32,838	11,284
590	590000	337	168,5	11,233	33,404	11,484
600	600000	344	172	11,467	33,970	11,717
610	610000	350	175	11,667	34,536	11,917
620	620000	358	179	11,933	35,103	12,184
630	630000	365	182,5	12,167	35,669	12,417
640	640000	372	186	12,400	36,235	12,651
650	650000	380	190	12,667	36,801	12,917
660	660000	387	193,5	12,900	37,367	13,151
670	670000	397	198,5	13,233	37,933	13,484
680	680000	403	201,5	13,433	38,500	13,684
690	690000	411	205,5	13,700	39,066	13,951
700	700000	420	210	14,000	39,632	14,251
710	710000	429	214,5	14,300	40,198	14,551
720	720000	436	218	14,533	40,764	14,784
730	730000	443	221,5	14,767	41,331	15,017
740	740000	450	225	15,000	41,897	15,251
750	750000	458	229	15,267	42,463	15,517
760	760000	466	233	15,533	43,029	15,784
770	770000	474	237	15,800	43,595	16,051
780	780000	482	241	16,067	44,161	16,317
790	790000	491	245,5	16,367	44,728	16,617
800	800000	499	249,5	16,633	45,294	16,884
810	810000	509	254,5	16,967	45,860	17,217
820	820000	517	258,5	17,233	46,426	17,484
830	830000	527	263,5	17,567	46,992	17,817
840	840000	535	267,5	17,833	47,558	18,084
850	850000	545	272,5	18,167	48,125	18,417
860	860000	559	279,5	18,633	48,691	18,884
870	870000	565	282,5	18,833	49,257	19,084
880	880000	574	287	19,133	49,823	19,384
890	890000	585	292,5	19,500	50,389	19,751
900	900000	599	299,5	19,967	50,955	20,217
910	910000	603	301,5	20,100	51,522	20,351
920	920000	612	306	20,400	52,088	20,651
930	930000	625	312,5	20,833	52,654	21,084
940	940000	634	317	21,133	53,220	21,384
950	950000	646	323	21,533	53,786	21,784
960	960000	653	326,5	21,767	54,352	22,017
970	970000	661	330,5	22,033	54,919	22,284
980	980000	673	336,5	22,433	55,485	22,684
990	990000	696	348	23,200	56,051	23,451
1000	1000000	690	345	23,000	56,617	23,251
1010	1010000	686	343	22,867	57,183	23,117
1020	1020000	686	343	22,867	57,749	23,117
1030	1030000	690	345	23,000	58,316	23,251
1040	1040000	584	292	19,467	58,882	19,717
1050	1050000	576	288	19,200	59,448	19,451
1060	1060000	73	36,5	2,433	60,014	2,684
1070	1070000	73	36,5	2,433	60,580	2,684



D 15  
h 30  
w 13,1  
A 176,625

15%

BEBAN KN	BEBAN N	DIAL 15%	$\Delta L$	REG $10^{-4}$	TEGANGAN MPa	REG KOREKSI $10^{-4}$
0	0	0	0	0	0	0
10	10000	4	2	0,133	0,566	-0,068
20	20000	9	4,5	0,300	1,132	0,099
30	30000	14	7	0,467	1,699	0,266
40	40000	45	22,5	1,500	2,265	1,299
50	50000	25	12,5	0,833	2,831	0,632
60	60000	31	15,5	1,033	3,397	0,832
70	70000	35	17,5	1,167	3,963	0,966
80	80000	42	21	1,400	4,529	1,199
90	90000	47	23,5	1,567	5,096	1,366
100	100000	52	26	1,733	5,662	1,532
110	110000	58	29	1,933	6,228	1,732
120	120000	65	32,5	2,167	6,794	1,966
130	130000	71	35,5	2,367	7,360	2,166
140	140000	78	39	2,600	7,926	2,399
150	150000	85	42,5	2,833	8,493	2,632
160	160000	91	45,5	3,033	9,059	2,832
170	170000	96	48	3,200	9,625	2,999
180	180000	101	50,5	3,367	10,191	3,166
190	190000	103	51,5	3,433	10,757	3,232
200	200000	113	56,5	3,767	11,323	3,566
210	210000	120	60	4,000	11,890	3,799
220	220000	126	63	4,200	12,456	3,999
230	230000	133	66,5	4,433	13,022	4,232
240	240000	139	69,5	4,633	13,588	4,432
250	250000	145	72,5	4,833	14,154	4,632
260	260000	153	76,5	5,100	14,720	4,899
270	270000	159	79,5	5,300	15,287	5,099
280	280000	165	82,5	5,500	15,853	5,299
290	290000	172	86	5,733	16,419	5,532
300	300000	178	89	5,933	16,985	5,732
310	310000	185	92,5	6,167	17,551	5,956
320	320000	192	96	6,400	18,117	6,199
330	330000	200	100	6,667	18,684	6,466
340	340000	207	103,5	6,900	19,250	6,699
350	350000	214	107	7,133	19,816	6,932
360	360000	221	110,5	7,367	20,382	7,166
370	370000	225	112,5	7,500	20,948	7,299
380	380000	233	116,5	7,767	21,515	7,566
390	390000	238	119	7,933	22,081	7,732
400	400000	245	122,5	8,167	22,647	7,966
410	410000	210	105	7,000	23,213	6,799
420	420000	215	107,5	7,167	23,779	6,966
430	430000	220	110	7,333	24,345	7,132
440	440000	227	113,5	7,567	24,912	7,366
450	450000	232	116	7,733	25,478	7,532
460	460000	240	120	8,000	26,044	7,799

470	470000	246	123	8,200	26,610	7,999
480	480000	254	127	8,467	27,176	8,266
490	490000	263	131,5	8,767	27,742	8,566
500	500000	272	136	9,067	28,309	8,866
510	510000	280	140	9,333	28,875	9,132
520	520000	291	145,5	9,700	29,441	9,499
530	530000	298	149	9,933	30,007	9,732
540	540000	307	153,5	10,233	30,573	10,032
550	550000	317	158,5	10,567	31,139	10,366
560	560000	325	162,5	10,833	31,706	10,632
570	570000	337	168,5	11,233	32,272	11,032
580	580000	346	173	11,533	32,838	11,332
590	590000	357	178,5	11,900	33,404	11,639
600	600000	368	184	12,267	33,970	12,066
610	610000	379	189,5	12,633	34,536	12,432
620	620000	400	200	13,333	35,103	13,132
630	630000	411	205,5	13,700	35,669	13,499
640	640000	422	211	14,067	36,235	13,866
650	650000	431	215,5	14,367	36,801	14,166
660	660000	443	221,5	14,767	37,367	14,566
670	670000	454	227	15,133	37,933	14,932
680	680000	464	232	15,467	38,500	15,266
690	690000	475	237,5	15,833	39,066	15,632
700	700000	485	242,5	16,167	39,632	15,966
710	710000	496	248	16,533	40,198	16,332
720	720000	467	233,5	15,567	40,764	15,366
730	730000	477	238,5	15,900	41,331	15,699
740	740000	486	243	16,200	41,897	15,999
750	750000	499	249,5	16,633	42,463	16,432
760	760000	509	254,5	16,967	43,029	16,766
770	770000	511	255,5	17,033	43,595	16,832
780	780000	514	257	17,133	44,161	16,932
790	790000	503	251,5	16,767	44,728	16,566
770	770000	491	245,5	16,367	43,595	16,166
760	760000	488	244	16,267	43,029	16,066
750	750000	482	241	16,067	42,463	15,866

الجامعة اللبنانية

D 14,7  
h 30,1  
w 13,3  
A 169,6307

20%

BEBAN KN	BEBAN N	DIAL 20%	$\Delta L$	REG $10^{-4}$	TEGANGAN MPa	REG KOREKSI $10^{-4}$
0	0	0	0	0	0	0
10	10000	4	2	0,133	0,590	0,127
20	20000	8	4	0,267	1,179	0,260
30	30000	11	5,5	0,367	1,769	0,360
40	40000	13	6,5	0,433	2,358	0,427
50	50000	16	8	0,533	2,948	0,527
60	60000	21	10,5	0,700	3,537	0,694
70	70000	25	12,5	0,833	4,127	0,827
80	80000	27	13,5	0,900	4,716	0,894
90	90000	30	15	1,000	5,306	0,994
100	100000	33	16,5	1,100	5,895	1,094
110	110000	38	19	1,267	6,485	1,260
120	120000	42	21	1,400	7,074	1,394
130	130000	46	23	1,533	7,664	1,527
140	140000	48	24	1,600	8,253	1,594
150	150000	52	26	1,733	8,843	1,727
160	160000	56	28	1,867	9,432	1,860
170	170000	60	30	2,000	10,022	1,994
180	180000	64	32	2,133	10,611	2,127
190	190000	68	34	2,267	11,201	2,260
200	200000	72	36	2,400	11,790	2,394
210	210000	76	38	2,533	12,380	2,527
220	220000	79	39,5	2,633	12,969	2,627
230	230000	84	42	2,800	13,559	2,794
240	240000	87	43,5	2,900	14,148	2,894
250	250000	92	46	3,067	14,738	3,060
260	260000	96	48	3,200	15,327	3,194
270	270000	100	50	3,333	15,917	3,327
280	280000	105	52,5	3,500	16,506	3,494
290	290000	108	54	3,600	17,096	3,594
300	300000	113	56,5	3,767	17,685	3,760
310	310000	118	59	3,933	18,275	3,927
320	320000	121	60,5	4,033	18,865	4,027
330	330000	126	63	4,200	19,454	4,194
340	340000	130	65	4,333	20,044	4,327
350	350000	134	67	4,467	20,633	4,460
360	360000	138	69	4,600	21,223	4,594
370	370000	142	71	4,733	21,812	4,727
380	380000	148	74	4,933	22,402	4,927
390	390000	154	77	5,133	22,991	5,127
400	400000	157	78,5	5,233	23,581	5,227
410	410000	161	80,5	5,367	24,170	5,360
420	420000	165	82,5	5,500	24,760	5,494
430	430000	170	85	5,667	25,349	5,660
440	440000	175	87,5	5,833	25,939	5,827
450	450000	180	90	6,000	26,528	5,994
460	460000	185	92,5	6,167	27,118	6,160
470	470000	190	95	6,333	27,707	6,327
480	480000	196	98	6,533	28,297	6,527
490	490000	201	100,5	6,700	28,886	6,694
500	500000	206	103	6,867	29,476	6,860

510	510000	211	105,5	7,033	30,065	7,027
520	520000	216	108	7,200	30,655	7,194
530	530000	222	111	7,400	31,244	7,394
540	540000	227	113,5	7,567	31,834	7,560
550	550000	232	116	7,733	32,423	7,727
560	560000	237	118,5	7,900	33,013	7,894
570	570000	242	121	8,067	33,602	8,060
580	580000	248	124	8,267	34,192	8,260
590	590000	254	127	8,467	34,781	8,460
600	600000	259	129,5	8,633	35,371	8,627
610	610000	265	132,5	8,833	35,960	8,827
620	620000	272	136	9,067	36,550	9,060
630	630000	276	138	9,200	37,140	9,194
640	640000	282	141	9,400	37,729	9,394
650	650000	288	144	9,600	38,319	9,594
660	660000	294	147	9,800	38,908	9,794
670	670000	301	150,5	10,033	39,498	10,027
680	680000	309	154,5	10,300	40,087	10,294
690	690000	316	158	10,533	40,677	10,527
700	700000	324	162	10,800	41,266	10,794
710	710000	331	165,5	11,033	41,856	11,027
720	720000	337	168,5	11,233	42,445	11,227
730	730000	342	171	11,400	43,035	11,394
740	740000	347	173,5	11,567	43,624	11,560
750	750000	353	176,5	11,767	44,214	11,760
760	760000	359	179,5	11,967	44,803	11,960
770	770000	365	182,5	12,167	45,393	12,160
780	780000	374	187	12,467	45,982	12,460
790	790000	381	190,5	12,700	46,572	12,694
800	800000	389	194,5	12,967	47,161	12,960
810	810000	397	198,5	13,233	47,751	13,227
820	820000	401	200,5	13,367	48,340	13,360
830	830000	407	203,5	13,567	48,930	13,560
840	840000	414	207	13,800	49,519	13,794
850	850000	423	211,5	14,100	50,109	14,094
860	860000	409	204,5	13,633	50,698	13,627
870	870000	416	208	13,867	51,288	13,860
880	880000	424	212	14,133	51,877	14,127
890	890000	433	216,5	14,433	52,467	14,427
900	900000	441	220,5	14,700	53,056	14,694
910	910000	449	224,5	14,967	53,646	14,960
920	920000	460	230	15,333	54,235	15,327
930	930000	466	233	15,533	54,825	15,527
940	940000	476	238	15,867	55,414	15,860
950	950000	486	243	16,200	56,004	16,194
960	960000	494	247	16,467	56,594	16,460
970	970000	503	251,5	16,767	57,183	16,760
979	979000	510	255	17,000	57,714	16,994
760	760000	582	291	19,400	44,803	19,394

D 15  
h 30  
w 13,2  
A 176,625

25%

BEBAN KN	BEBAN N	DIAL 25%	$\Delta L$	REG $10^{-4}$	TEGANGAN MPa	REG KOREKSI $10^{-4}$
0	0	0	0	0	0	0
10	10000	5	2,5	0,167	0,566	0,313
20	20000	9	4,5	0,300	1,132	0,446
30	30000	14	7	0,467	1,699	0,613
40	40000	18	9	0,600	2,265	0,746
50	50000	23	11,5	0,767	2,831	0,913
60	60000	29	14,5	0,967	3,397	1,113
70	70000	34	17	1,133	3,963	1,280
80	80000	38	19	1,267	4,529	1,413
90	90000	44	22	1,467	5,096	1,613
100	100000	49	24,5	1,633	5,662	1,780
110	110000	53	26,5	1,767	6,228	1,913
120	120000	59	29,5	1,967	6,794	2,113
130	130000	64	32	2,133	7,360	2,280
140	140000	68	34	2,267	7,926	2,413
150	150000	73	36,5	2,433	8,493	2,580
160	160000	78	39	2,600	9,059	2,746
170	170000	84	42	2,800	9,625	2,946
180	180000	89	44,5	2,967	10,191	3,113
190	190000	94	47	3,133	10,757	3,280
200	200000	99	49,5	3,300	11,323	3,446
210	210000	105	52,5	3,500	11,890	3,646
220	220000	110	55	3,667	12,456	3,813
230	230000	115	57,5	3,833	13,022	3,980
240	240000	121	60,5	4,033	13,588	4,180
250	250000	127	63,5	4,233	14,154	4,380
260	260000	133	66,5	4,433	14,720	4,580
270	270000	138	69	4,600	15,287	4,746
280	280000	144	72	4,800	15,853	4,946
290	290000	149	74,5	4,967	16,419	5,113
300	300000	155	77,5	5,167	16,985	5,313
310	310000	160	80	5,333	17,551	5,480
320	320000	166	83	5,533	18,117	5,680
330	330000	172	86	5,733	18,684	5,880
340	340000	177	88,5	5,900	19,250	6,046
350	350000	183	91,5	6,100	19,816	6,246
360	360000	189	94,5	6,300	20,382	6,446
370	370000	195	97,5	6,500	20,948	6,646
380	380000	201	100,5	6,700	21,515	6,846
390	390000	208	104	6,933	22,081	7,080
400	400000	214	107	7,133	22,647	7,280
410	410000	220	110	7,333	23,213	7,480
420	420000	226	113	7,533	23,779	7,680
430	430000	233	116,5	7,767	24,345	7,913
440	440000	240	120	8,000	24,912	8,146
450	450000	246	123	8,200	25,478	8,346
460	460000	253	126,5	8,433	26,044	8,580
470	470000	260	130	8,667	26,610	8,813
480	480000	267	133,5	8,900	27,176	9,046
490	490000	273	136,5	9,100	27,742	9,246

500	500000	281	140,5	9,367	28,309	9,513
510	510000	287	143,5	9,567	28,875	9,713
520	520000	294	147	9,800	29,441	9,946
530	530000	301	150,5	10,033	30,007	10,180
540	540000	308	154	10,267	30,573	10,413
550	550000	315	157,5	10,500	31,139	10,646
560	560000	323	161,5	10,767	31,706	10,913
570	570000	330	165	11,000	32,272	11,146
580	580000	337	168,5	11,233	32,838	11,380
590	590000	346	173	11,533	33,404	11,630
600	600000	354	177	11,800	33,970	11,946
610	610000	362	181	12,067	34,536	12,213
620	620000	369	184,5	12,300	35,103	12,446
630	630000	376	188	12,533	35,669	12,680
640	640000	383	191,5	12,767	36,235	12,913
650	650000	390	195	13,000	36,801	13,146
660	660000	399	199,5	13,300	37,367	13,446
670	670000	406	203	13,533	37,933	13,680
680	680000	414	207	13,800	38,500	13,946
690	690000	422	211	14,067	39,066	14,213
700	700000	431	215,5	14,367	39,632	14,513
710	710000	440	220	14,667	40,198	14,813
720	720000	447	223,5	14,900	40,764	15,046
730	730000	455	227,5	15,167	41,331	15,313
740	740000	462	231	15,400	41,897	15,546
750	750000	470	235	15,667	42,463	15,813
760	760000	470	235	15,667	43,029	15,813
770	770000	486	243	16,200	43,595	16,346
780	780000	492	246	16,400	44,161	16,546
790	790000	504	252	16,800	44,728	16,946
800	800000	512	256	17,067	45,294	17,213
810	810000	518	259	17,267	45,860	17,413
820	820000	526	263	17,533	46,426	17,680
830	830000	534	267	17,800	46,992	17,946
840	840000	541	270,5	18,033	47,558	18,180
850	850000	550	275	18,333	48,125	18,480
860	860000	557	278,5	18,567	48,691	18,713
870	870000	565	282,5	18,833	49,257	18,980
880	880000	571	285,5	19,033	49,823	19,180
890	890000	580	290	19,333	50,389	19,480
900	900000	588	294	19,600	50,955	19,746
910	910000	598	299	19,933	51,522	20,080
920	920000	606	303	20,200	52,088	20,346
930	930000	614	307	20,467	52,654	20,613
940	940000	612	306	20,400	53,220	20,546
950	950000	682	341	22,733	53,786	22,380
960	960000	627	313,5	20,900	54,352	21,046
970	970000	602	301	20,067	54,919	20,213

D 14,8  
h 30  
w 13,3  
A 171,9464

30%

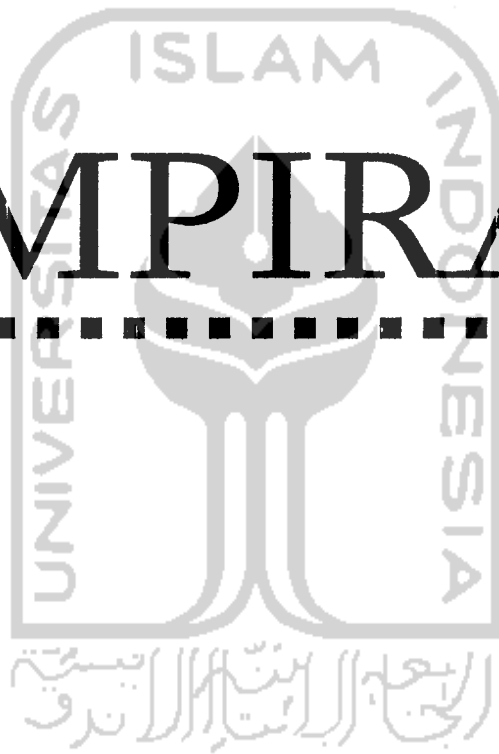
BEBAN KN	BEBAN N	DIAL 30%	$\Delta L$	REG $10^{-4}$	TEGANGAN MPa	REG TERKOREKSI $10^{-4}$
0	0	0	0	0	0	0
10	10000	3	1,5	0,1000	0,5816	0,1971
20	20000	6	3	0,2000	1,1632	0,2971
30	30000	11	5,5	0,3667	1,7447	0,4638
40	40000	15	7,5	0,5000	2,3263	0,5971
50	50000	19	9,5	0,6333	2,9079	0,7304
60	60000	24	12	0,8000	3,4895	0,8971
70	70000	28	14	0,9333	4,0710	1,0304
80	80000	32	16	1,0667	4,6526	1,1638
90	90000	36	18	1,2000	5,2342	1,2971
100	100000	40	20	1,3333	5,8158	1,4304
110	110000	45	22,5	1,5000	6,3973	1,5971
120	120000	49	24,5	1,6333	6,9789	1,7304
130	130000	53	26,5	1,7667	7,5605	1,8638
140	140000	57	28,5	1,9000	8,1421	1,9971
150	150000	64	32	2,1333	8,7236	2,2304
160	160000	66	33	2,2000	9,3052	2,2971
170	170000	70	35	2,3333	9,8868	2,4304
180	180000	73	36,5	2,4333	10,4684	2,5304
190	190000	78	39	2,6000	11,0500	2,6971
200	200000	82	41	2,7333	11,6315	2,8304
210	210000	87	43,5	2,9000	12,2131	2,9971
220	220000	90	45	3,0000	12,7947	3,0971
230	230000	95	47,5	3,1667	13,3763	3,2638
240	240000	99	49,5	3,3000	13,9578	3,3971
250	250000	104	52	3,4667	14,5394	3,5638
260	260000	108	54	3,6000	15,1210	3,6971
270	270000	114	57	3,8000	15,7026	3,8971
280	280000	119	59,5	3,9667	16,2841	4,0638
290	290000	124	62	4,1333	16,8657	4,2304
300	300000	129	64,5	4,3000	17,4473	4,3971
310	310000	135	67,5	4,5000	18,0289	4,5971
320	320000	137	68,5	4,5667	18,6105	4,6638
330	330000	140	70	4,6667	19,1920	4,7638
340	340000	145	72,5	4,8333	19,7736	4,9304
350	350000	151	75,5	5,0333	20,3552	5,1304
360	360000	156	78	5,2000	20,9368	5,2971
370	370000	161	80,5	5,3667	21,5183	5,4638
380	380000	167	83,5	5,5667	22,0999	5,6638
390	390000	173	86,5	5,7667	22,6815	5,8638
400	400000	180	90	6,0000	23,2631	6,0971
410	410000	186	93	6,2000	23,8446	6,2971
420	420000	192	96	6,4000	24,4262	6,4971
430	430000	198	99	6,6000	25,0078	6,6971
440	440000	204	102	6,8000	25,5894	6,8971
450	450000	210	105	7,0000	26,1709	7,0971
460	460000	215	107,5	7,1667	26,7525	7,2638
470	470000	221	110,5	7,3667	27,3341	7,4638
480	480000	228	114	7,6000	27,9157	7,6971
490	490000	235	117,5	7,8333	28,4973	7,9304
500	500000	241	120,5	8,0333	29,0788	8,1304

510	510000	247	123,5	8,2333	29,6604	8,3304
520	520000	254	127	8,4667	30,2420	8,5638
530	530000	260	130	8,6667	30,8236	8,7638
540	540000	264	132	8,8000	31,4051	8,8971
550	550000	270	135	9,0000	31,9867	9,0971
560	560000	277	138,5	9,2333	32,5683	9,3304
570	570000	285	142,5	9,5000	33,1499	9,5971
580	580000	292	146	9,7333	33,7314	9,8304
590	590000	299	149,5	9,9667	34,3130	10,0638
600	600000	305	152,5	10,1667	34,8946	10,2638
610	610000	312	156	10,4000	35,4762	10,4971
620	620000	319	159,5	10,6333	36,0577	10,7304
630	630000	325	162,5	10,8333	36,6393	10,9304
640	640000	334	167	11,1333	37,2209	11,2304
650	650000	344	172	11,4667	37,8025	11,5638
660	660000	352	176	11,7333	38,3841	11,8304
670	670000	360	180	12,0000	38,9656	12,0971
680	680000	368	184	12,2667	39,5472	12,3638
690	690000	376	188	12,5333	40,1288	12,6304
700	700000	383	191,5	12,7667	40,7104	12,8638
710	710000	392	196	13,0667	41,2919	13,1638
720	720000	400	200	13,3333	41,8735	13,4304
730	730000	407	203,5	13,5667	42,4551	13,6638
740	740000	415	207,5	13,8333	43,0367	13,9304
750	750000	412	206	13,7333	43,6182	13,8304
760	760000	420	210	14,0000	44,1998	14,0971
770	770000	430	215	14,3333	44,7814	14,4304
780	780000	438	219	14,6000	45,3630	14,6971
790	790000	448	224	14,9333	45,9446	15,0304
800	800000	457	228,5	15,2333	46,5261	15,3304
810	810000	439	234,5	15,6333	47,1077	15,7304
820	820000	481	240,5	16,0333	47,6893	16,1304
830	830000	495	247,5	16,5000	48,2709	16,5971
840	840000	513	256,5	17,1000	48,8524	17,1971
850	850000	530	265	17,6667	49,4340	17,7638
860	860000	547	273,5	18,2333	50,0156	18,3304
870	870000	563	281,5	18,7667	50,5972	18,8638
880	880000	579	289,5	19,3000	51,1787	19,3971
890	890000	595	297,5	19,8333	51,7603	19,9304
900	900000	619	309,5	20,6333	52,3419	20,7304
910	910000	640	320	21,3333	52,9235	21,4304
920	920000	662	331	22,0667	53,5050	22,1638
930	930000	710	355	23,6667	54,0866	23,7638
940	940000	752	376	25,0667	54,6682	25,1638
930	930000	773	386,5	25,7667	54,0866	25,8638
920	920000	55	27,5	1,8333	53,5050	1,9304
910	910000	55	27,5	1,8333	52,9235	1,9304



# LAMPIRAN 5

---



**Berat Volume Umur 3 hari**

**0%**

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,149	0,299	0,017427785	0,005210908	12,80	2,4564
2	0,151	0,301	0,017898785	0,005387534	12,80	2,3759
3	0,151	0,298	0,017898785	0,005333838	12,70	2,3810

Jumlah  
rata-rata  
7,2133  
2,4044

**5%**

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,15	0,301	0,0176625	0,005316413	13,00	2,4453
2	0,151	0,3	0,017898785	0,005369636	12,90	2,4024
3	0,15	0,3	0,0176625	0,00529875	12,90	2,4345

Jumlah  
rata-rata  
7,2822  
2,4274

**10%**

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,147	0,299	0,016963065	0,005071956	12,90	2,5434
2	0,148	0,3	0,01719464	0,005158392	13,00	2,5202
3	0,147	0,301	0,016963065	0,005105883	13,00	2,5461

Jumlah  
rata-rata  
7,6096  
2,5365

**15%**

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,147	0,299	0,016963065	0,005071956	12,90	2,5434
2	0,147	0,3	0,016963065	0,00508892	12,90	2,5349
3	0,146	0,3	0,01673306	0,005019918	12,80	2,5498

Jumlah  
rata-rata  
7,6282  
2,5427

**20%**

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,148	0,3	0,01719464	0,005158392	12,80	2,4814
2	0,147	0,3	0,016963065	0,00508892	12,80	2,5153
3	0,147	0,299	0,016963065	0,005071956	12,80	2,5237

Jumlah  
rata-rata  
7,5203  
2,5068

**25%**

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,147	0,3	0,016963065	0,00508892	13,00	2,5546
2	0,148	0,299	0,01719464	0,005141197	12,90	2,5091
3	0,1512	0,2988	0,01794623	0,005362334	12,90	2,4057

Jumlah  
rata-rata  
7,4694  
2,4898

**30%**

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,1492	0,295	0,017474602	0,005155008	12,99	2,5199
2	0,15	0,298	0,0176625	0,005263425	13,12	2,4927
3	0,148	0,299	0,01719464	0,005141197	13,10	2,5480

Jumlah  
rata-rata  
7,5606  
2,5202

Berat Volume Umur 7 hari

0%

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,15	0,30	0,02	0,01	12,90	2,4673
2	0,15	0,30	0,02	0,01	12,90	2,4591
3	0,15	0,29	0,02	0,01	12,75	2,4553

Jumlah  
rata-rata  
7,3818  
2,4606

5%

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,15	0,302	0,018	0,005	13,10	2,4227
2	0,15	0,299	0,017	0,005	12,90	2,4756
3	0,15	0,299	0,017	0,005	12,90	2,4756

Jumlah  
rata-rata  
7,3738  
2,4579

10%

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,15	0,295	0,018	0,005	12,80	2,4242
2	0,15	0,302	0,018	0,005	13,00	2,4372
3	0,15	0,297	0,018	0,005	12,90	2,3636

Jumlah  
rata-rata  
7,2250  
2,4083

15%

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,15	0,30	0,017	0,005	12,80	2,4679
2	0,15	0,30	0,017	0,005	12,71	2,5068
3	0,15	0,30	0,018	0,005	12,89	2,4408

Jumlah  
rata-rata  
7,4155  
2,4718

20%

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,15	0,30	0,017	0,005	13,30	2,5369
2	0,15	0,30	0,017	0,005	12,65	2,5344
3	0,15	0,30	0,017	0,005	12,85	2,4828

Jumlah  
rata-rata  
7,5541  
2,5180

25%

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,15	0,30	0,017	0,005	13,00	2,6168
2	0,15	0,30	0,017	0,005	13,20	2,5939
3	0,15	0,30	0,017	0,005	13,20	2,6295

Jumlah  
rata-rata  
7,8402  
2,6134

30%

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,15	0,30	0,017	0,005	13,10	2,6096
2	0,15	0,30	0,017	0,005	13,30	2,6135
3	0,15	0,30	0,017	0,005	13,20	2,6295

Jumlah  
rata-rata  
7,8527  
2,6176

**Berat Volume Umur 14 hari**

**0%**

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,15	0,30	0,02	0,01	12,91	2,4283
2	0,15	0,30	0,02	0,01	12,90	2,5434
3	0,15	0,30	0,02	0,01	13,00	2,4782

Jumlah  
rata-rata  
7,4499  
2,4833

**5%**

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,15	0,30	0,02	0,01	13,00	2,4534
2	0,15	0,30	0,02	0,01	13,00	2,5202
3	0,15	0,30	0,02	0,01	13,10	2,5396

Jumlah  
rata-rata  
7,5131  
2,5044

**10%**

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,15	0,30	0,02	0,01	12,80	2,4980
2	0,15	0,30	0,02	0,01	12,89	2,4246
3	0,15	0,30	0,02	0,01	12,85	2,4746

Jumlah  
rata-rata  
7,3972  
2,4657

## 15%

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,15	0,30	0,02	0,01	12,80	2,4157
2	0,15	0,30	0,02	0,01	12,90	2,4345
3	0,15	0,30	0,02	0,01	12,80	2,4237

Jumlah  
rata-rata  
7,2739  
2,4246

## 20%

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,15	0,30	0,02	0,01	13,00	2,5286
2	0,15	0,30	0,02	0,01	12,90	2,5008
3	0,15	0,30	0,02	0,01	12,90	2,5008

Jumlah  
rata-rata  
7,5302  
2,5101

## 25%

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,15	0,30	0,02	0,01	12,90	2,5091
2	0,15	0,30	0,02	0,01	12,90	2,5091
3	0,15	0,30	0,02	0,01	13,00	2,4534

Jumlah  
rata-rata  
7,4717  
2,4906

## 30%

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,15	0,30	0,02	0,01	13,10	2,4723
2	0,15	0,30	0,02	0,01	13,10	2,5056
3	0,15	0,30	0,02	0,01	13,00	2,4534

Jumlah  
rata-rata  
7,4313  
2,4771

Berat Volume Umur 28 hari

0%

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,15	0,30	0,02	0,01	13,00	2,5897
2	0,15	0,30	0,02	0,01	13,10	2,5227
3	0,15	0,30	0,02	0,01	13,00	2,4700
4	0,15	0,30	0,02	0,01	13,00	2,5202
5	0,15	0,30	0,02	0,01	13,00	2,5202
Jumlah						12,6227
rata-rata						2,5245

5%

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,15	0,30	0,02	0,01	13,00	2,5377
2	0,15	0,30	0,02	0,01	13,20	2,5163
3	0,15	0,30	0,02	0,01	13,10	2,5311
4	0,15	0,30	0,02	0,01	13,10	2,5396
5	0,15	0,30	0,02	0,01	13,00	2,5811
Jumlah						12,7057
rata-rata						2,5411

10%

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,15	0,30	0,02	0,01	13,00	2,5717
2	0,15	0,30	0,02	0,01	13,10	2,5742
3	0,15	0,30	0,02	0,01	13,00	2,5461
4	0,15	0,30	0,02	0,01	13,00	2,5286
5	0,15	0,30	0,02	0,01	13,00	2,4952
Jumlah						12,7158
rata-rata						2,5432

15%

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,15	0,30	0,02	0,01	13,20	2,4804
2	0,15	0,30	0,02	0,01	13,15	2,4694
3	0,15	0,30	0,02	0,01	13,20	2,4648
4	0,15	0,30	0,02	0,01	13,30	2,5101
5	0,15	0,30	0,02	0,01	13,20	2,5078
Jumlah						12,4325
rata-rata						2,4665



**20%**

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,15	0,30	0,02	0,01	13,20	2,6295
2	0,15	0,30	0,02	0,01	13,20	2,5939
3	0,15	0,30	0,02	0,01	13,20	2,5247
4	0,15	0,30	0,02	0,01	13,20	2,5589
5	0,15	0,30	0,02	0,01	13,30	2,5869
Jumlah					12,8940	
rata-rata					2,5788	

**25%**

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,15	0,30	0,02	0,01	13,30	2,4226
2	0,15	0,30	0,02	0,01	13,20	2,4550
3	0,15	0,30	0,02	0,01	13,20	2,4746
4	0,15	0,30	0,02	0,01	13,10	2,4789
5	0,15	0,30	0,02	0,01	13,20	2,4934
Jumlah					12,3245	
rata-rata					2,4649	

**30%**

Silinder	Diameter (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume
1	0,15	0,30	0,02	0,01	13,30	2,5100
2	0,15	0,30	0,02	0,01	13,20	2,5589
3	0,15	0,30	0,02	0,01	13,20	2,5761
4	0,15	0,30	0,02	0,01	13,30	2,5598
5	0,15	0,30	0,02	0,01	13,40	2,5630
Jumlah					12,7778	
rata-rata					2,5556	