

PERPUSTAKAAN FISIP UIN	
HABIBAH/DELI	
TGL. TERIMA :	3 - 12 - 2007
NO. JUDUL :	2646
NO. INV. :	512.000.2646001
NO. INDUK :	002.646

TUGAS AKHIR

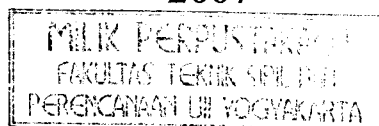
**PENGARUH PENAMBAHAN SUPERPLASTICIZER
DAN PENGURANGAN JUMLAH AIR
TERHADAP KUAT TARIK, KUAT GESER, KUAT
LENTUR DAN PERMEABILITAS BETON DENGAN
VARIASI $f'c$ 35 DAN 40 MPa**

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



Disusun Oleh :
WISNU
02 511 167

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



LEMBAR PENGESAHAN

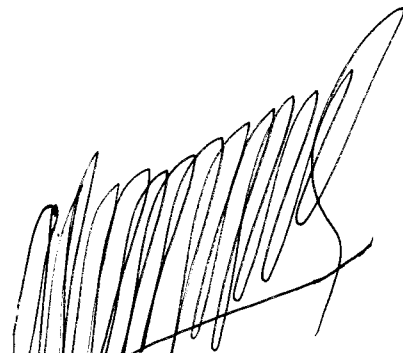
TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN *SUPERPLASTICIZER*
DAN PENGURANGAN JUMLAH AIR
TERHADAP KUAT TARIK, KUAT GESER, KUAT
LENTUR DAN PERMEABILITAS BETON DENGAN
VARIASI f_c 35 DAN 40 MPa**


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

**Disusun Oleh :
WISNU
02 511 167**

Disetujui:
Pembimbing:



Ir. H. A. Kadir Aboe, MS
Tanggal: 7/05 - 2007



Ir. H. Suharyatma, MT
Tanggal: 7/5/2007

HALAMAN MOTTO

قُلْ هُوَ اللَّهُ أَحَدٌ ﴿١﴾ اللَّهُ الصَّمَدُ ﴿٢﴾ لَمْ يَلِدْ وَلَمْ يُولَدْ ﴿٣﴾ وَلَمْ يَكُن لَّهُ
كُفُوًا أَحَدٌ ﴿٤﴾

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

يٰٓأَيُّهَا النَّاسُ اتَّقُوا رَبَّكُمُ الَّذِي خَلَقَكُمْ مِنْ نَفْسٍ وَاحِدَةٍ وَخَلَقَ مِنْهَا زَوْجَهَا وَبَثَّ
مِنْهُمَا رِجَالًا كَثِيرًا وَنِسَاءً ۚ وَاتَّقُوا اللَّهَ الَّذِي تَسَاءَلُونَ بِهِ وَالْأَرْحَامَ ۚ إِنَّ اللَّهَ كَانَ
عَلَيْكُمْ رَقِيبًا ﴿١﴾

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

لَقَدْ كَانَ لَكُمْ فِي رَسُولِ اللَّهِ أُسْوَةٌ حَسَنَةٌ لِّمَن كَانَ يَرْجُوا اللَّهَ وَالْيَوْمَ الْآخِرَ
وَذَكَرَ اللَّهَ كَثِيرًا ﴿٢١﴾

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

HALAMAN PERSEMBAHAN

TUGAS AKHIR INI KUPERSEMBAHKAN KEPADA:

↓ Allah SWT Rabb Semesta Alam

قُلْ إِنَّ صَلَاتِي وَنُسُكِي وَمَحْيَايَ وَمَمَاتِي لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

"Sesungguhnya sholatku, ibadatku, hidupku dan matiku hanyalah untuk Allah, Tuhan Semesta Alam". (Q.S. *Al An'aam*: 162)

↓ Mamak dan Bapak Tercinta

Mamak dan Bapak tercinta.....Terima kasih atas doa serta restunya, kasih sayang dan cintanya, pengorbanan dan perhatiannya, kepercayaan dan segala dukungannya, kesabaran dalam membimbing Ananda.

↓ Adikku Tercinta

↓ Almamater yang telah ikut mendidikku untuk menjadi seseorang, membesarkan dan mendewasakanku

Sebuah karya yang dapat kupersembahkan bagi orang-orang yang kucintai, semoga menjadi kenangan yang abadi.....

Maz Wisnu THANK'S TO:

- ✚ Allah SWT, terima kasih atas segala nikmat yang telah Engkau limpahkan kepada Hamba-Mu ini.
- ✚ Rasullullah SAW beserta sahabatnya yang telah mengantarkan seluruh umat manusia pada dunia nyata yang penuh rahmat dan kedamaian kasih sayang sehingga kita mampu menikmati kemerdekaan yang selama ini kita rasakan.
- ✚ DR. Ir. Ade ilham, MT (Almarhum): Terimakasih....., telah memberikan Ilmunya kepada kami ber-9, meluangkan waktunya, dan memberikan bimbingan dengan penuh keikhlasan dan kesabaran hingga akhir hayatnya. Tiada kata seindah do'a, dalam setiap do'aku akan selalu ada namamu. Hanya Allah SWT yang dapat membalas apa yang telah Bapak berikan kepada kami semua.....amin
- ✚ Ir. H. A. Kadir Aboe, MS; Ir. H. Suharyatma, MT, dan Ir Helmy Akbar Bale, MT terima kasih banyak ya pak.....jangan pernah bosan memberikan bimbingannya...smoga Allah, SWT membalas semua kebaikan yang telah bapak-bapak berikan kepada kami.....amin
- ✚ Wali SongO, (P-man) Firmansyah, (Hard-man) Hardiman, (Sundari-Sukecenk) Sutrisno, (Mazsajul) Akhmad Zullianto, (RikiBo) Ricky Handoko, (Pak Arief) Arief, Aan Dhani, (ki gendenK Agung mBoyolali) Agung Fajar M : *Thanks berat atas Usaha, Semangat dan kerjasamanya untuk mengejar target wisuda bareng-bareng. Ingatlah selalu kenangan maniez saat kita masih diLAB...Ayo NGECOR lagi.. hehe*

- ↓ Adikku tercinta: *Maz Ninu yakin Bhima akan lebih baik dari hari ini dan smoga Allah SWT mengabulkan do'aku agar toto bisa Shalat 5 Waktu,, sayank sama Bapak dan Mamak,.....*
- ↓ My Babes, **Yeni Puji Setiowati, ST** Terima kasih telah memberikan semangat, waktu, kasih-sayang dan cinta suci untukku, terimakasih juga untuk semua yang telah kita lalui bersama, jangan berhenti untuk mencintai dan menyayangiku. Disaat sedih, aku membagi kesedihanku denganmu maka kesedihanku akan berkurang setengahnya, dan disaat bahagia, aku membagi kebahagiaanku denganmu maka kebahagiaanku akan berlipat ganda. Semoga Allah SWT mendengarkan dan mengabulkan do'a kita berdua, Amien.....
- ↓ Temen2 CIVIL 2002 (C4): *Pak Pres songat (Dwi Denny A), Andarwin, Denny Gembul, Andi Ndut, Agus Benjol, Indra, Rokan, Helzon Mandela, Andre Ndut, Hendry Lombok, Yoga Kriting, Ucox yoel, Bem-benk, Aziziah, Evy, Herek, Babe, Apong, Oncoe riko, Indunk, Halim mukadar, Farid, Anton klaten, Putra putih, dan semua cewek-cewek sipil 02. sorry ye...klo diabsenin semua gak cukup kertasnya, kalian adalah sahabat sejatiku...disaat aku sedih, kalian selalu ada untukku...*
- ↓ Anak Kos "perguruan kelamin sakti": *Adithiya, ST, Pak Cik Kus (kusnaidi), Putra Mahar, Aggoro maleo, Fajar. thanks ya atas dukungan dan semangatnya. Semoga kita tetap menjalin silaturahmi....*
- ↓ BH 6747 KH: *Makasih banyak ya kamu slalu setia mengantarkan_ku kemana dan kapan saja walau hujan dan badai menghadang. Do'akan aku biar bisa u/ menjaga dan merawatmu ya.....*

KATA PENGANTAR



Assalammu'alaikum Wr. Wb

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang. Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah mencurahkan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya kepada penyusun, sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir tentang “PENGARUH PENAMBAHAN *SUPERPLASTICIZER* DAN PENGURANGAN JUMLAH AIR TERHADAP KUAT TARIK, KUAT GESER, KUAT LENTUR DAN PERMEABILITAS BETON DENGAN VARIASI f^c 35 DAN 40 MPa”, ini dengan baik.

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

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

1. DR. Ir. H. Ruzardi, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. DR.Ir. Ade Ilham, MT (Alm), selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ide-ide dasar hingga selesainya Tugas Akhir ini.
3. Ir. H. A. Kadir Aboe, MS, selaku dosen pembimbing Utama dengan penuh kesabaran dan ketekunan serta penuh pengertian, meluangkan waktu ditengah-tengah kesibukan untuk membimbing penulis.
4. Ir. H. Suharyatma, MT, selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan masukan, kritikan dan saran serta bimbingannya hingga selesainya penelitian penulis.

5. Ir. Helmy Akbar Bale, MT, selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan untuk kesempurnaan Tugas Akhir penulis.
6. Ir. H. Faisol AM, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
7. Segenap staff dan Karyawan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
8. All my fren (K-9 or **wali songgo**), thank's atas kerja samanya. Tanpa kebersamaan, kita tidak akan bisa melewati cobaan ini...Amien

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

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

Wabillahittaufik walhidayah, Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Jogjakarta, Maret 2007

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan.....	ii
Kata Pengantar.....	iii
Daftar isi.....	v
Daftar Simbol.....	viii
Daftar Gambar.....	ix
Daftar Tabel.....	xi
Daftar Lampiran.....	xiii
Abstraksi.....	xiv
Abstraction	xv
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pengertian Umum	5
2.2 Pengaruh <i>superplasticizier</i>	7
2.2.1 Pengaruh <i>superplasticizier</i> terhadap kuat tekan	7
2.2.2 Pengaruh <i>superplasticizier</i> terhadap workabilitas.....	7
2.2.3 Hubungan kuat geser dengan kuat tekan.....	8
2.3 Keaslian Penelitian	9
BAB III. LANDASAN TEORI	
3.1 Umum.....	10
3.2 Bahan Beton.....	10
3.2.1 Air.....	10

3.2.2	Agregat.....	11
3.2.3	Semen.....	12
3.2.4	<i>Superplasticizier</i>	13
3.2.5	Faktor Air-Semen (fas).....	14
3.2.6	Kemudahan Pengerjaan (<i>workability</i>).....	14
3.3	Kuat Desak Beton	16
3.4	Kuat Tarik Beton	16
3.5	Kuat Geser Beton	18
3.6	Kuat Lentur Beton	19
3.7	Permeabilitas Beton	21
3.8	Metode Pencampuran Beton	22
3.9	Hipotesis	30
BAB IV. METODE PENELITIAN		
4.1	Metode Penelitian.....	31
4.2	Material Penyusun Beton.....	31
4.2.1	Semen.....	31
4.2.2	Agregat.....	31
4.2.3	Air.....	32
4.2.4	<i>Superplasticizier</i>	32
4.2.5	Pengolahan Bahan-Bahan	32
4.3	Peralatan Penelitian.....	32
4.3.1	Ayakan.....	32
4.3.2	Timbangan dan Ember.....	33
4.3.3	Mistar dan Kaliper.....	33
4.3.4	Mesin Pengaduk.....	33
4.3.5	Cetok dan Talam Baja.....	33
4.3.6	Kerucut Abrams dan Baja Penumbuk.....	33
4.3.7	Mesin Uji Kuat Desak.....	33
4.4	Pemeriksaan Bahan Campuran.....	34
4.4.1	Pemeriksaan agregat halus.....	34
4.4.2	Pemeriksaan agregat kasar	35

4.5	Perhitungan Campuran Beton.....	35
4.6	Pembuatan dan Perawatan Benda Uji.....	37
4.7	Pelaksanaan Pengujian	38
4.8	Flow Chart Penelitian	39
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN		
5.1	Umum.....	40
5.2	Data-data hasil pengujian laboratorium	40
5.3	Pengaruh Pengurangan air dan penambahan <i>superplasticizier</i> terhadap workabilitas.....	41
5.4	Pengaruh Pengurangan air terhadap Kuat Tarik-Belah beton	45
5.5	Pengaruh Pengurangan air terhadap Kuat Geser Beton	49
5.6	Pengaruh Pengurangan air terhadap Kuat Lentur Beton	54
5.7	Pengaruh Pengurangan air terhadap Permeabilitas Beton	58
5.8	Pengaruh Pengurangan air dan pemabahan <i>superplasticizier</i> terhadap kuat tekan, kuat tarik, kuat geser, kuat lentur dan permeabilitas beton f^c 35 MPa	61
5.9	Pengaruh Pengurangan air dan pemabahan <i>superplasticizier</i> terhadap kuat tekan, kuat tarik, kuat geser, kuat lentur dan permeabilitas beton f^c 35 MPa	62
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN		
6.1	Kesimpulan.....	68
6.2	Saran.....	69

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR SIMBOL

A	=	Luas
b	=	Lebar balok
h	=	Tinggi balok
D	=	Diameter
c	=	Jarak serat terluar terhadap garis netral
$f'c$	=	Kuat Desak Beton
$f'cr$	=	Kuat Desak Beton rata-rata
$f'ct$	=	Kuat Tarik
$f'sh'$	=	Kuat Geser
$f'lt$	=	Kuat Lentur
k	=	Konstanta (1,64)
L	=	Panjang Silinder
M	=	Momen yang bekerja pada balok
m	=	Nilai Tambah (Margin)
n	=	Jumlah Data
P	=	Beban
sd	=	Standar Deviasi
fas	=	Faktor Air-Semen
SSD	=	<i>Saturated Surface Dry</i> (kadar kering jenuh permukaan)
Wa	=	Berat Air
Ws	=	Berat Semen
ε	=	Regangan
σ	=	Tegangan
Ec	=	Modulus Elastisitas
A_h	=	Jumlah air yang dibutuhkan menurut agregat halusya
A_k	=	Jumlah air yang dibutuhkan menurut agregat kasarnya
B_j	=	Berat Jenis
V	=	Volume
W	=	Berat

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Pengujian kuat tekan	(16)
Gambar 3.2	Pengujian kuat tarik-belah beton selinder.....	(17)
Gambar 3.3	Pengujian kuat geser beton	(18)
Gambar 3.4a	Benda uji kuat lentur balok beton.....	(20)
Gambar 3.4b	Pengujian kuat lentur balok beton.....	(21)
Gambar 3.5a	Perendaman beton dalam air.....	(22)
Gambar 3.5b	Pengujian permeabilitas beton	(22)
Gambar 3.6	Hubungan fas dan kuat tekan rata-rata selinder pada beton.....	(24)
Gambar 3.7	Grafik mencari faktor air-semen (fas).....	(24)
Gambar 3.8	Grafik Persentase Agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 20mm	(28)
Gambar 3.9	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran, dan berat beton	(29)
Gambar 4.1	Grafik <i>flow chart</i> pelaksanaan penelitian	(39)
Gambar 5.1	Hub. Pengurangan air dengan Penambahan <i>superplasticizier</i> $f'c$ 35 MPa dengan slump \geq 150 mm	(42)
Gambar 5.2	Hub. Pengurangan air dengan Penambahan <i>superplasticizier</i> $f'c$ 40 MPa dengan slump \geq 150 mm	(42)
Gambar 5.3	Hub. kuat tarik dengan pengurangan air pada mutu beton $f'c$ 35 MPa dengan slump \geq 150 mm	(46)
Gambar 5.4	Hub. kuat tarik dengan pengurangan air pada mutu beton $f'c$ 40 MPa dengan slump \geq 150 mm.....	(46)
Gambar 5.5	Hub. kuat geser dengan pengurangan air pada mutu beton $f'c$ 35 MPa dengan slump \geq 150 mm.....	(51)
Gambar 5.6	Hub. kuat geser dengan pengurangan air pada mutu beton $f'c$ 40 MPa dengan slump \geq 150 mm.....	(52)
Gambar 5.7	Hub. kuat lentur dengan pengurangan air pada mutu beton $f'c$ 35 MPa dengan slump \geq 150 mm	(55)

- Gambar 5.8 Hub.kuat lentur dengan pengurangan air pada mutu beton $f'c$ 40 MPa dengan slump ≥ 150 (56)
- Gambar 5.9 Hubungan kuat pengurangan air, penambahan *superplasticizier*, kuat tekan, tarik, geser dan lentur beton $f'c$ 35 MPa(63)
- Gambar 5.10 Hubungan kuat pengurangan air, penambahan *superplasticizier*, kuat tekan, tarik, geser dan lentur beton $f'c$ 40 MPa(64)

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Jumlah benda uji dengan pengurangan air dan penambahan <i>superplasticizier</i>(4)
Tabel 3.1	Hub.tingkat pengendalian mutu pekerjaan dengan sd(23)
Tabel 3.2	Persyaratan faktor air-semen maksimum untuk berbagai pembeconan dan lingkungan khusus.....(25)
Tabel 3.3	Faktor air-semen maksimum untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat(25)
Tabel 3.4	Faktor air-semen maksimum untuk beton bertulang dalam air...(26)
Tabel 3.5	Penetapan nilai slump(26)
Tabel 3.6	Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton(26)
Tabel 3.7	Kebutuhan semen minimum untuk berbagai pembeconan dan lingkungan khusus(27)
Tabel 3.8	Kebutuhan semen minimum untuk beton bertulang dalam air....(27)
Tabel 3.9	Kandungan semen minimum untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat.....(28)
Tabel 4.1	Jumlah benda uji dengan pengurangan air dan penambahan <i>superplasticizier</i>(37)
Tabel 5.1	Hasil uji slump (f^c 35 MPa).....(41)
Tabel 5.2	Hasil uji slump (f^c 40 MPa)(41)
Tabel 5.3	Hubungan kuat tarik dengan pengurangan air (f^c 35 MPa).....(45)
Tabel 5.4	Hubungan kuat tarik dengan pengurangan air (f^c 40 MPa).....(45)
Tabel 5.5	Hubungan kuat geser dengan pengurangan air (f^c 35 MPa).....(49)
Tabel 5.6	Hubungan kuat geser dengan pengurangan air (f^c 40 MPa).....(50)
Tabel 5.7	Hubungan kuat lentur dengan pengurangan air (f^c 35 MPa).....(54)
Tabel 5.8	Hubungan kuat lentur dengan pengurangan air (f^c 40 MPa).....(55)
Tabel 5.9	Hubungan pengurangan air, penambahan <i>superplasticizier</i> dan permeabilitas beton (f^c 35 MPa)(58)
Tabel 5.10	Hubungan pengurangan air, penambahan <i>superplasticizier</i> dan permeabilitas beton (f^c 40 MPa)(59)

- Tabel 5.11 Hubungan pengurangan air dan penambahan *superplasticizer* terhadap kuat tekan, kuat tarik, kuat geser, kuat lentur dan permeabilitas beton ($f'c$ 35 MPa)(61)
- Tabel 5.12 Hubungan pengurangan air dan penambahan *superplasticizer* terhadap kuat tekan, kuat tarik, kuat geser, kuat lentur dan permeabilitas beton ($f'c$ 40MPa)(62)

ABSTRAKSI

Dalam era pembangunan dan teknologi seperti saat ini, banyak penelitian yang dilakukan untuk memperoleh kekuatan beton yang maksimal. Salah satunya adalah dengan cara meningkatkan kepadatannya. Dengan kepadatan yang tinggi akan diperoleh beton dengan kuat desak, kuat geser, kuat tarik, dan kuat lentur yang tinggi. Banyak metode yang di gunakan untuk mendapatkan kekuatan beton yang maksimal, tanpa mengurangi sifat *workability*, *strength*, dan *durability*. Workabilitas pada campuran beton yang rendah akan mempersulit dalam proses pengadukan, penuangan, pemadatan hingga perawatannya, karena beton akan keropos. Untuk mengatasi hal tersebut penggunaan bahan tambah kimia *superplasticizer* dan pengurangan jumlah air diharapkan dapat meningkatkan kelecakan (*workability*), kekuatan (*strength*) dan keawetan (*durability*). Dengan penggunaan *superplasticizer* (sikament-NN) diharapkan pada saat pembuatan campuran beton, pasta dapat bergerak bebas mengisi pori-pori beton, sehingga akan menambah kekuatan beton. Penambahan *superplasticizer* mempunyai pengaruh dalam meningkatkan workabilitas beton sampai pada tingkat yang lebih besar. Bahan ini digolongkan sebagai sarana untuk menghasilkan beton 'mengalir' tanpa terjadinya segregasi (pemisahan agregat) yang tidak diinginkan, dan umumnya terjadi pada beton dengan jumlah air yang besar. Agregat halus yang digunakan berupa pasir dengan diameter < 5 mm dengan berat jenis $2,621 \text{ t/m}^3$ dan agregat kasar dengan ukuran maksimal 20 mm dengan berat jenis $2,643 \text{ t/m}^3$. Pengurangan kandungan air secara gradual 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%. Banda uji yang digunakan Balok ukuran 25x10x10 cm, 50x10x10 cm, dan selinder 15x30 cm. Mutu beton yang direncanakan $f'c$ 35 dan 40 MPa. Hasil akhir dari penelitian ini adalah dengan penambahan *superplasticizer* (sikament-NN) dan pengurangan kandungan air terhadap sifat *workability*, kuat desak, kuat tarik, kuat geser, kuat lentur dan permeabilitas beton diperoleh bahwa *workability* beton meningkat seiring dengan jumlah *superplasticizer* yang ditambahkan, dengan pengurangan kandungan air secara gradual 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30% dan penambahan *superplasticizer* secara tidak langsung juga dapat meningkatkan kuat desak 40% dari kuat desak normalnya pada umur 28 hari.

Key words : *Superplasticizer*, pengurangan air, kuat tarik, kuat geser dan kuat lentur

ABSTRACT

In this advanced era of science and technology, many research are directed to achieve maximum concrete strength, including by increasing its' density to get a higher strength compressive strength concrete, shear, tensile, and flexural strength yet without sacrificing workability and durability. A low workability concrete makes the process of mixing, until its treatment process difficult since it will have much too many pores and porous. Hopefully by both adding superplasticizer and reducing water amount will increase workability, strength, and durability. The superplasticizer (in this bachelor thesis sikament-NN) is categorized as a mean to produce a ' flowing' concrete paste able to fill the concrete own pores thus increasing its strength, yet without causing unwanted aggregate segregation which generally happen to concretes with higher content of water. The small aggregate used are < 5 mm diameter special grafit 2,621 t/m³ sand and maximum 20 mm diameter coarse gravel. The water usage of 25x10x10 and 50x10x10 cm cubes plus 15x30 cm cylinders samples was gradually reduced from 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, until 30% with f'c 35 dan 40 MPa planned strength. Last research results shows concrete workability increase in tandem with superplasticizer (sikament-NN) adding and water content reducing plus an increase of 40 % of normal 28 days compressive strength in concrete mix using superplasticizer whereas this bachelor thesis research hoped to see the superplasticizer (sikament-NN) adding and water content reducing influence towards workability, compressive strength concrete, tensile strength, shear strength, and flexural strength.

Key words : Superplasticizer, reduced water amount, compressive strength concrete, tensile strength, shear strength and strength flexural.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini perkembangan dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang teknik sipil semakin meningkat, berbagai metodologi dan cara digunakan untuk mengupayakan peningkatan sifat-sifat mekanis beton, antara lain *workability*, *strength*, *durability* dan lain-lain (Nilson, 1985). Beton mutu tinggi (*high strength concrete*) adalah salah satu upaya untuk mendapatkan beton mutu tinggi yang diperoleh dengan meningkatkan mutu material pembentuknya, misalnya kekasaran agregat kasar, kehalusan agregat halus atau kehalusan butir semen.

Selain itu perkembangan teknologi juga telah menghasilkan bahan tambah kimia (*admixtures*) yang berguna untuk meningkatkan mutu dan kinerja beton. Salah satu bahan tambah kimia yang dapat meningkatkan workabilitas dan mereduksi kandungan air dalam campuran beton adalah *superplasticizer*. Campuran beton dengan nilai slump tinggi tanpa bahan tambah tertentu akan menghasilkan kekuatan beton yang rendah sedangkan pengurangan kandungan air akan mengurangi nilai slump dan meningkatkan kekuatan beton tetapi workabilitasnya rendah.

Ada beberapa metode untuk merencanakan campuran beton, antara lain metode DOE dari Inggris, metode ACI dari Amerika. Komposisi campuran beton dengan metode tersebut masih dapat ditingkatkan lagi kuat tekan betonnya dengan mengurangi kandungan air. Workabilitas dari beton akan berkurang jika terjadi pengurangan kandungan air, oleh karena itu agar workabilitas juga dapat ditingkatkan tanpa terjadi *bleeding* dan *segregation* pada campuran maka perlu ditambahkan *superplasticizer*. Penambahan *superplasticizer* akan menaikkan *workability* beton, secara tidak langsung juga akan mempengaruhi kuat tekan, tarik, geser dan lentur beton.

1.2 Rumusan masalah

Hal ini yang akan menjadi kajian dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut :

1. Berapa besar kuat tekan, kuat tarik, kuat geser, dan kuat lentur dari beton pada umur 28 hari dengan variasi pengurangan air dan penambahan *superplasticizer*,
2. Apakah workabilitas dengan nilai *slump* lebih besar dari 150 mm dapat dicapai oleh beton segar ketika kandungan air dikurangi secara gradual setiap 5% dari kondisi normal dan dosis *superplasticizer* ditambahkan dengan menjaga agar tidak terjadi *bleeding* dan *segregation*,
3. Berapa besar penambahan *superplasticizer* yang dibutuhkan untuk menghasilkan kepadatan beton maksimum sehingga menghasilkan kuat tekan, kuat tarik, kuat geser, dan kuat lentur yang maksimum.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini akan melakukan modifikasi terhadap salah satu bahan susun, yaitu air yang diperoleh dari perancangan campuran cara DOE (*Development of Environment*) dengan tujuan sebagai berikut:

1. Menambah tingkat workabilitas beton segar dari beton normal dengan pengurangan kandungan air dan penambahan *superplasticizer*,
2. Mengetahui kuat tekan, kuat geser, kuat tarik dan kuat lentur sebelum dan setelah penambahan dan pengurangan air.
3. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui hubungan antara pengurangan kandungan air dan penambahan *superplasticizer* terhadap workabilitas, kuat tarik, kuat geser, kuat lentur dan permeabilitas dengan $f'c$ rencana 35 dan 40 MPa.

1.4 Manfaat penelitian

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

1. Menghasilkan beton dengan *workability* yang tinggi, kemudian diperoleh kuat tekan, kuat tarik, kuat geser, kuat lentur dan permeabilitas beton yang tinggi pula.
2. Memberikan informasi mengenai karakteristik beton akibat pengurangan kandungan air secara gradual setiap 5% dan penambahan *superplasticizer* pada beton umur 28 hari.

1.5 Batasan Masalah

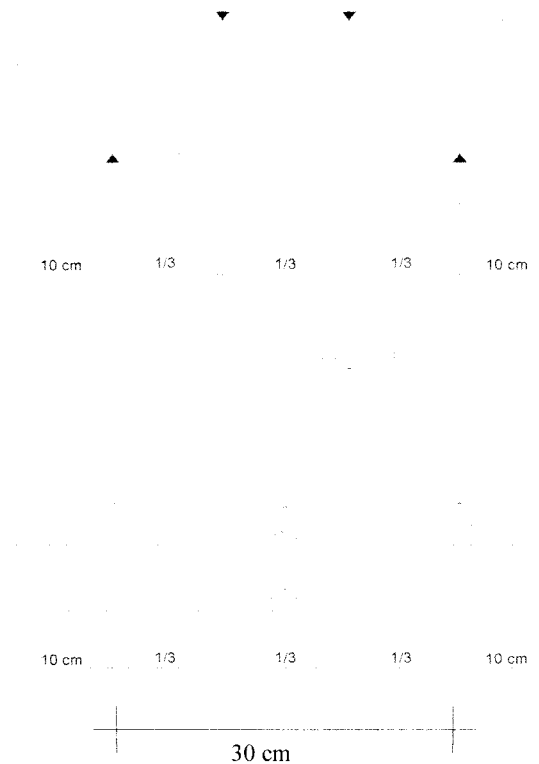
Untuk membatasi permasalahan agar tidak terlalu melebar baik pada saat pelaksanaan penelitian maupun pembahasan, maka perlu batasan sebagai berikut:

1. Metode desain yang akan dimodifikasi adalah metode DOE (*Development of Enviroment*),
2. Nilai slump awal 0 – 60 mm (sebelum dimodifikasi) akan ditingkatkan menjadi ≥ 150 mm tanpa terjadi *bleeding* dan *segregation*, dengan *superplasticizer*,
3. Pengurangan air dilakukan secara gradual mulai 5, 10, 15, 20, 25, 30%
4. Menggunakan semen jenis I (Standar ASTM) merk Gresik ,
5. Ukuran maksimum agregat kasar 20 mm dari Celereng, Kulonprogo,
6. Menggunakan *superplasticizer* (SP) sikament-NN
7. Penambahan *superplasticizer* dilakukan sedikit demi sedikit sampai dicapai *slump* ≥ 150 mm tanpa terjadi *bleeding* dan *segregation*.

Tabel 1.1 Jumlah benda uji dengan pengurangan air dan penambahan *superplasticizier*

Pengurangan air (%)	Kuat tarik sesuai $f'c$ rencana		Kuat geser sesuai $f'c$ rencana		Kuat lentur sesuai $f'c$ rencana		permeabilitas sesuai $f'c$ rencana	
	35 MPa	40 MPa	35 MPa	40 MPa	35 MPa	40 MPa	35 MPa	40 MPa
0	3	3	3	3	3	3	1	1
5	3	3	3	3	3	3	1	1
10	3	3	3	3	3	3	1	1
15	3	3	3	3	3	3	1	1
20	3	3	3	3	3	3	1	1
25	3	3	3	3	3	3	1	1
30	3	3	3	3	3	3	1	1
Jumlah	21	21	21	21	21	21	7	7

Ket : Penambahan *superplasticizier* dilakukan dengan cara *treatment*/coba-coba hingga mencapai nilai slump \geq 150 mm.



Gambar 3.4b Pengujian kuat lentur balok beton

3.7 Permeabilitas beton

Permeabilitas beton merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi *durability* beton, yaitu keadaan dimana beton lebih *impermeable* atau kedap air, sehingga beton tidak dapat meneruskan air. Uji permeabilitas beton ada dua macam : uji aliran (*flow test*) dan uji penetrasi (*penetration test*). Dalam penelitan ini uji permeabilitas yang digunakan adalah dengan uji penetrasi.

Murdock, dkk (1991) mengatakan bahwa untuk mendapatkan beton padat dan kedap air, perbandingan air-semen harus direduksi seminimal mungkin sejauh kemudahan pengerjaan masih konsisten untuk dipadatkan tanpa terjadi pemisahan. Faktor lain yang mempengaruhi kedekatan beton adalah :

1. mutu dan porositas agregat
2. umur beton, kedekatan air berkurang seiring dengan bertambahnya umur
3. gradasi agregat harus dipilih dengan baik
4. perawatan merupakan faktor yang berpengaruh

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Umum

Menurut Nawy (1990), air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk *melumas* campuran agar mudah pengerjaannya, pada umumnya air minum dapat dipakai untuk campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan-bahan kimia lain, bila dipakai untuk campuran beton akan sangat menurunkan kekuatannya dan juga dapat mengubah sifat semen. Selain itu sebagai akibat terjadinya penguapan air secara perlahan-lahan dari campuran beton, akan timbul rongga-rongga pada beton keras yang dihasilkan.

Menurut Nawy (1990), agregat merupakan komponen beton yang paling besar peranannya. Pada beton biasanya terdapat 60% sampai 80% volume agregat. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen dan rapat. Dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada di antara agregat berukuran besar.

Ketika semen dan air dicampur, partikel-partikel semen cenderung berkumpul menjadi gumpalan yang dikenal sebagai gumpalan semen. Penggumpalan ini mencegah pencampuran antara semen dan air yang menghasilkan kehilangan kemampuan kerja (*lost of workability*) dari campuran beton sebagaimana hal tersebut mencegah campuran hidrasi yang sempurna. Ini berarti bahwa pengurangan kekuatan potensial penuh dari pasta semen akan ditingkatkan. Pada beberapa kejadian dalam 28 hari perawatan, hanya 50% kandungan semen telah terhidrasi (Smith dkk, 1989).

Dalam struktur beton biasa agregat menempati kurang lebih 70 sampai 75% dari volume massa yang telah mengeras. Sisanya terdiri dari adukan semen

yang telah mengeras, air yang belum bereaksi (yaitu air yang tidak ikut dalam proses hidrasi dari semen), dan rongga-rongga udara (Winter dkk, 1993).

Material semen adalah material yang mempunyai sifat-sifat adhesif dan kohesif yang diperlukan untuk mengikat agregat-agregat menjadi suatu massa yang padat yang mempunyai kekuatan yang cukup. Semen Portland merupakan bubuk yang sangat halus, material berwarna abu-abu yang terutama terdiri dari kalsium dan aluminium silikat. Bahan mentah utama untuk membuat semen Portland adalah batu kapur yang mengandung CaO_3 , dan tanah liat atau endapan batuan yang terdiri dari SiO_2 dan Al_2O_3 (Winter dkk, 1993).

Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat. Semen hanya kira-kira 10% dari volume beton, karena semen merupakan bahan yang aktif maka perlu dipelajari maupun dikontrol secara ilmiah (Tjokrodimulyo, 1992).

Admixture atau bahan tambah didefinisikan oleh Tjokrodimulyo (1996) sebagai mineral selain air, agregat dan semen hidrolik yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Lebih lanjut Ilham (2004) menjelaskan, bahan tambah merupakan suatu bahan selain bahan pokok beton yang ditambahkan kedalam adukan beton sebelum, segera atau selama pengadukan berlangsung. Bahan tambah yang diberikan pada beton terdiri dari bahan tambah mineral (*minerals admixture*) dan bahan tambah kimia (*chemical admixture*).

Penambahan *superplasticizer* pada beton mempunyai pengaruh dalam meningkatkan workabilitas beton sampai pada tingkat yang lebih besar. Bahan ini digolongkan sebagai sarana untuk menghasilkan beton mengalir tanpa terjadinya pemisahan yang tidak diinginkan, dan umumnya terjadi pada beton dengan jumlah air yang besar. Alternatif lain, bahan ini dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan beton, karena memungkinkan pengurangan jumlah air guna mempertahankan workabilitas sama (Murdock dkk, 1999).

2.2 Pengaruh Superplasticizier

2.2.1 Pengaruh Superplasticizier Terhadap Kuat Tekan

Dalam penelitian Fitria dan Asna, (2003) memberikan keterangan mengenai adanya hubungan yang signifikan antara penambahan *superplasticizier* dan kuat desak ($r = 0,722$). Pada penambahan *superplasticizier* sampai pada dosis 1,2% kuat desaknya semakin meningkat dengan prosentase peningkatan sebesar 35,16%, kemudian mengalami penurunan kuat desak pada penambahan *superplasticizier* 1,4% sebesar 34,414%. Dari penelitian ini juga didapat kadar optimum pemakaian *superplasticizier* pada perencanaan campuran adukan beton mutu K-500 yaitu sebesar 1,219%.

Fahmi dan Wahyu, (2004) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa penambahan *superplasticizier* 0,5% dari berat semen dengan perawatan selama 7 hari, penambahan *superplasticizier* 0,5% dari berat semen dengan perawatan selama 14 hari selang-seling, dan penambahan *superplasticizier* 0,5 dan 1% dari berat semen tanpa perawatan. Hasil penelitian dengan penambahan SP 0,5% dengan perawatan selama 7 hari kekuatan desak betonnya lebih maksimal dibandingkan dengan perawatan selang-seling. Untuk variasi perawatan 7 hari, pada umur 28 hari penambahan kekuatannya rata-rata mencapai 25% dari beton normal. Untuk penambahan SP 1% lebih tinggi kuat tekannya dibandingkan dengan penambahan SP 0,5% karena pada umur 28 hari SP tersebut mengering sempurna sehingga kuat tekan yang dihasilkan bisa maksimal yaitu sebesar 45% dari kuat tekan beton normal.

2.2.2 Pengaruh *Superplasticizier* terhadap workabilitas

Dengan penambahan *superplasticizier* antara 0,9% sampai 1,14% dari berat semen berpengaruh pada peningkatan *slump* antara 80-240 mm dan dapat meningkatkan workabilitas (Richard dkk, 1996). Menurut Murdock dan Brook, 1991 bahwa penambahan *superplasticizier* pada beton mempunyai pengaruh dalam meningkatkan workabilitas beton sampai pada tingkat yang lebih tinggi. Bahan ini digolongkan sebagai sarana untuk menghasilkan beton “mengalir” tanpa terjadinya pemisahan agregat (segregasi) dan umumnya terjadi pada beton dengan

jumlah air yang besar. Alternatif lain bahan ini dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan beton, karena memungkinkan pengurangan jumlah air guna mempertahankan workabilitas yang sama.

Penambahan *superplasticizer* tanpa disertai pengurangan air, hanya akan menambah workabilitas, hal ini terjadi pada variasi N20-20SP dan N25-20SP. Namun untuk variasi dengan pengurangan air disamping workabilitas meningkat juga disertai peningkatan kekuatan. Variasi optimum terjadi pada N20-20SP dan N25-20SP dengan dosis *superplasticizer* 2,1% sampai 2,35% dari berat semen. (Drio dan Nurhadi, 2005).

Menurut Ilham dkk, (2003) secara umum, pengaruh pemberian *superplasticizer* terhadap beton segar sangat baik, *bleeding* dan *segregation* dapat dikatakan tidak terjadi, walaupun ada relatif kecil dan boleh diabaikan. *Workability* beton segar menunjukkan tingkat konsistensi adukan beton. Indikator *workability* dalam penelitian ini digunakan nilai slump yang dilakukan dengan uji slump.

2.2.3 Hubungan kuat geser dan kuat desak

Tujuan dari uji geser pada penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat geser langsung beton, sampai saat ini belum ada pedoman pengujian yang baku untuk pengujian kuat geser. Metode pengujian geser langsung yang dikembangkan oleh Ilham (2004) pada beton kinerja tinggi, dalam penelitian ini dicoba pada beton normal. Dari hasil penelitian memperlihatkan bahwa besarnya kuat geser berbanding lurus dengan kuat tekan. Pada variasi campuran N20 dan N25 didapat kuat geser rata-rata sebesar 13,51% dari kuat tekan. Kuat geser turun dari sebesar 13,75% dan 6,28% pada variasi N20-SP dan N25-SP, seperti halnya pada kuat tekan penambahan *superplasticizer* pada variasi ini hanya berfungsi meningkatkan workabilitas. Setelah *superplasticizer* ditambahkan kembali yaitu pada variasi N20-10SP, N25-10SP, N20-20SP dan N25-25SP, kekuatan geser meningkat sebesar 8,08%, 18,49%, 22,61%, terhadap variasi normalnya (N20 dan N25), dengan nilai kuat geser optimum terdapat variasi N20-20SP yaitu sebesar 5,71 MPa dan 6,04 MPa untuk N25-20SP. Seperti pada kuat tekan, penambahan

superplasticizer yang berlebih akan membuat kekuatan geser menurun. Hal ini terjadi pada variasi N20-30SP, N25-30SP, N20-40SP, dan N25-40SP dimana kuat geser turun kurang lebih sebesar 30% sampai 74,35% terhadap variasi normalnya.

2.3 Keaslian Penelitian

Pada penelitian Fitria dan Asna, (2003) persentase *superplasticizer* yang ditambahkan antara 0,4%-1,6% dengan jarak tiap interval 0,2% dari mutu beton 50 MPa. Penelitian ini menggunakan sampel berbentuk kubus ukuran 15 x 15 x 15 cm. Pada penelitian sebelumnya penambahan *superplasticizer* berdasarkan pada berat semen, pengurangan kadar air tidak dalam jumlah besar, tidak dilakukan pengujian tarik, geser, lentur dan permeabilitas.

Pada penelitian ini dicari sifat-sifat beton segar seperti workabilitas, terjadinya *bleeding* atau tidak, adanya *segregation* atau tidak dengan nilai slump rencana 30 – 60 mm, kuat tekan, kuat geser, kuat tarik, dan kuat lentur. Kuat tekan rencana f_c 35 dan 40 MPa dengan variasi pengurangan jumlah air secara periodik dengan interval 5% sampai 30% pada campuran beton normal yang mengacu pada nilai slump yang dihasilkan 30-60 mm untuk mendapatkan slump aktual yang \geq 150 mm.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Salah satu material yang banyak digunakan untuk struktur teknik sipil adalah beton. Beton didapat dari campuran semen *Portland*, agregat dan air pada perbandingan tertentu. Sifat-sifat beton tergantung pada sifat-sifat bahan penyusunnya, seperti cara pengadukan, penguangan, pemadatan dan perawatan beton selama proses pengerasannya. Seiring dengan perkembangan teknologi kebutuhan masyarakat yang terus meningkat, para ahli mengupayakan cara untuk meningkatkan sifat-sifat beton antara lain : *workability*, *strength*, *durability*, dan *permeability*.

3.3.1 Bahan beton

3.2.1 Air

Di dalam campuran beton air mempunyai dua fungsi, yang pertama untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, dan yang kedua sebagai pelicin campuran kerikil, pasir, dan semen agar memudahkan percetakan (Murdock dkk, 1981). Adapun air yang memenuhi syarat antara lain (Tjokrodimuljo, 1992) :

1. kejernihan warna,
2. tidak mengandung klorida (cl) lebih dari 0,5 gr/lt,
3. tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/lt,
4. tidak mengandung lumpur dan benda-benda terapung lainnya yang dapat terlihat secara visual,
5. tidak mengandung bahan perusak seperti fosfat, minyak, asam, alkali dan bahan-bahan organis atau garam, dan
6. khusus untuk pembuatan beton, air untuk perawatan tingkat keasamannya tidak boleh $pH > 6$, dan tidak boleh terlalu sedikit mengandung kapur.

3.2.2 Agregat

Umumnya pasir yang digali di dasar sungai cocok digunakan untuk pembuatan beton, pasir ini terbentuk ketika batu-batu dibawa arus sungai dari sumber air ke muara sungai dan karena terjadi pelapukan akhirnya membentuk butir-butir halus. Produksi penggalian pasir dan kerikil akan dipisah-pisahkan dengan ayakan dalam 3 kelompok, yaitu:

1. kerikil kasar (lebih besar dari 30 mm),
2. kerikil beton (antara 5 mm sampai 30 mm), dan
3. pasir beton (lebih kecil dari 5 mm).

Disamping bahan agregat diperoleh galian alami (hampir langsung dapat digunakan untuk beton) dapat juga diperoleh dengan pemecahan formasi batuan tertentu dengan mesin pemecah batu (*stone crusher*). Ada dua jenis agregat :

1. agregat kasar (kerikil, batu pecah, atau pecahan-pecahan dari *blast-furnace*) dan,
2. agregat halus (pasir alami dan buatan).

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

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

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

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

3.2.3 Semen

Semen Portland merupakan bahan bubuk halus yang mengandung kapur (CaO), silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan oksida besi (Fe_2O_3). Komponen terbesar penyusun semen adalah kapur (60%-65%). Semen Portland dibuat dengan membakar bahan dasar semen dengan suhu 1550°C dan menjadi klinker. Kemudian klinker tersebut digiling halus menjadi semen dan ditambahkan *gypsum*. Semen berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat. Semen bila dicampur dengan air membentuk adukan pasta, dicampur dengan pasir dan air menjadi mortar semen. (PUBI, 1982).

Material semen adalah material yang mempunyai sifat-sifat adhesive dan kohesif yang diperlukan untuk mengikat agregat-agregat menjadi suatu massa yang padat yang mempunyai kekuatan yang cukup. Semen Portland merupakan bubuk yang sangat halus, material berwarna abu-abu yang terutama terdiri dari kalsium dan aluminium silikat. Bahan mentah utama untuk membuat semen Portland adalah batu kapur yang mengandung CaO_3 , dan tanah liat atau endapan batuan yang terdiri dari SiO_2 dan Al_2O_3 (Winter dkk, 1993).

Menurut Salmon (1994), semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Dalam *The Oxford Word Encyclopedia* (2003), dijelaskan bahwa semen bubuk yang terdiri dari campuran *calcium silicates* dan *aluminates* yang dibuat dalam keadaan halus pada permukaan bentuknya, agar melekat satu sama lain.

3.2.4 *Superplasticizer*

Bahan campuran tambahan (*admixture*) adalah bahan tambah bahan yang bukan air, agregat, maupun semen, yang ditambahkan kedalam campuran sesaat atau selama pencampuran. Fungsi bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat beton agar “menjadi cocok untuk pekerjaan tertentu, atau ekonomis, atau untuk tujuan yang lain seperti menghemat energi”.

Superplasticizer atau SP merupakan salah satu jenis *admixture* yang disebut juga water-reducer, digunakan untuk meminimalkan kandungan air campuran pada beton (Ramachandran, 1979). *Superplasticizer* merupakan bahan tambah penting untuk menghasilkan beton mutu tinggi (Gagne, 1996). Penggunaan *superplasticizer* memberikan perbaikan di dalam penanganan, penempatan, pemadatan dan *finishing* beton secara teknis memiliki berbagai kelebihan pada nilai ekonomi (Singh dkk, 1992).

Superplasticizer adalah bahan tambah kimia (*chemical admixture*) yang mempunyai pengaruh dalam meningkatkan workabilitas beton sampai pada tingkat yang cukup besar. Alternatif lain, bahan ini dapat meningkatkan kekuatan beton karena memungkinkan pengurangan kadar air guna mempertahankan workabilitas yang sama (Murdock dkk, 1991).

Pengaruh *superplasticizer* akan meningkatkan kinerja beton segar berupa peningkatan workabilitas dan kekuatan beton terhadap gaya desak dan gaya geser. Biasanya dengan penambahan *superplasticizer* dapat meningkatkan nilai slump antara 17,5-22,5 cm, maka dari itu bahan ini cocok untuk pemakaian adukan beton pada struktur berkekuatan tinggi. Beton berkekuatan tinggi dapat dihasilkan dengan pengurangan kadar air, akibat pengurangan kadar air akan membuat campuran lebih padat sehingga pemakaian *superplasticizer* sangat diperlukan untuk mempertahankan nilai slump yang tinggi (Murdock ddk, 1991).

Superplasticizer yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sikament-NN. Sikament-NN banyak digunakan sebagai bahan tambah/*admixure* dalam bangunan teknik sipil, seperti bangunan pondasi, pier jembatan, tembok, bangunan kedap air, dan sebagainya. Sikament-NN merupakan bahan tambah yang berfungsi untuk meningkatkan *workability* pada pasta beton tanpa terjadi

bleeding dan *segregation*. Sikament-NN mampu mereduksi air dari 20 hingga 40% (Buku petunjuk penggunaan Sikament-NN)

3.2.5 Faktor Air-Semen (fas)

Faktor air-semen merupakan rasio perbandingan antara berat air dengan berat semen. Semakin rendah perbandingan air terhadap semen, semakin tinggi kuat tekan beton. Kenaikan fas mempunyai pengaruh terhadap sifat-sifat beton seperti permaabilitas, ketahanan terhadap gaya dan cuaca, kuat tarik, kuat geser, kuat lentur dan kuat desak.

Hubungan antara faktor air-semen (fas) dan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan Duff Abrams pada tahun 1919 sebagai berikut :

$$f_c' = \frac{A}{B^{1,5x}} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dengan :

f_c' = kuat tekan beton

X = fas (yang semula dalam proporsi volume)

A,B = konstanta.

Dengan demikian, hubungan antara air-semen (fas) adalah semakin besar faktor air-semennya maka akan semakin rendah kuat tekan betonnya. Jika dilihat dari persamaan diatas semakin kecil faktor air-semen maka semakin tinggi kuat desak beton, tetapi nilai fas yang rendah akan menyulitkan pepadatan, sehingga kekuatan beton akan rendah karena beton kurang padat (Tjokrodimulyo, 1995).

3.2.6 Kemudahan Pengerjaan (*workability*)

Sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan adukan untuk diaduk, diangkut, dituang dan dipadatkan. Perbandingan bahan-bahan maupun sifat bahan-bahan itu secara bersama-sama mempengaruhi sifat pengerjaan beton segar. Menurut Tjokrodimuljo (1992), Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan antara lain :

1. jumlah air yang dipakai dalam campuran adukan beton. Makin banyak air yang dipakai makin mudah beton segar itu dikerjakan,
2. penambahan semen ke dalam campuran juga memudahkan cara pengerjaan adukan betonnya, karena pasti dengan bertambahnya air campuran untuk memperoleh nilai fas tetap.
3. gradasi campuran pasir dan kerikil. Bila campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan maka adukan beton akan mudah dikerjakan.

Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan (keenceran) adukan beton. Makin cair adukan beton makin mudah cara pengerjaannya. Workabilitas terdiri dari tiga hal yang terpisah, (Murdock ddk, 1991) :

1. kompaktibilitas atau kemudahan dimana beton dapat dipadatkan,
2. mobilitas atau kemudahan beton dapat mengalir kedalam cetakan,
3. stabilitas atau kemampuan beton untuk tetap sebagai massa yang homogen dan stabil selama dikerjakan dan digetarkan tanpa terjadi segregasi atau pemisahan butiran dari bahan lainnya.

Peningkatan kekuatan beton terjadi seiring dengan waktu. Pada proses pembuatan beton terjadi reaksi hidrasi antara semen dan air. Reaksi ini membutuhkan waktu sampai tercapai kekuatan tertinggi yang bisa dicapai. Reaksi hidrasi akan terhenti bila tidak ada lagi tersedia semen dan air yang memungkinkan terjadinya reaksi.

Perhitungan struktur mensyaratkan kekuatan beton berdasarkan pada kekuatan yang dicapai beton pada umur 28 hari. Karena kekuatan beton yang meningkat seiring dengan waktu maka dapat diperhitungkan berdasarkan kekuatan beton pada umur yang lebih awal.

3.3 Kuat Desak Beton

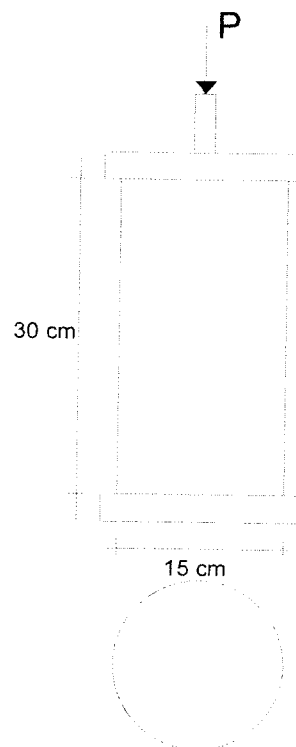
Pengujian kuat desak beton (f_c) pada umur 28 hari sesuai SK SNI T-1991-03 dengan kekuatan rencana $f_c = 35$ MPa.

$$f_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3.2)$$

f_c = Kuat tekan beton (N/mm², MPa);

P = Beban tekan (N);

A = Luas permukaan bidang tekan (mm²).



Gambar 3.1 Pengujian kuat tekan beton

3.4 Kuat Tarik-Belah

Winter dkk, (1993) mengemukakan pada umumnya kegunaan yang terbaik dari beton adalah penamfaatan kekuatannya, namun demikian kekuatan tarik juga memegang peranan penting dalam berbagai hal. Kekuatan tarik bagaimanapun ditentukannya, ternyata tidak berkorelasi baik dengan kuat tekan f_c . Kekuatan tarik lebih sulit diukur dibandingkan dengan kekuatan tekan karena masalah penjepitan (*gripping*) pada mesin. (Nawy, 1998).

Perhitungan kuat tarik belah dari benda uji dihitung sampai dengan ketelitian 0,05 Mpa menurut SK SNI M-60-1990-03 dengan menggunakan rumus

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots(3.3)$$

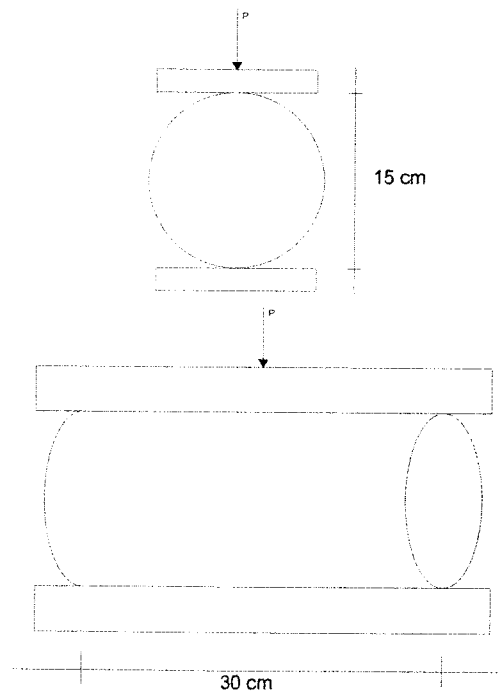
dimana :

f_{ct} = kuat tarik-belah (N/mm², MPa)

P = beban uji maksimum (beban belah/hancur) yang ditunjukkan mesin tekan dalam N

L = panjang benda uji dalam mm

D = diameter benda uji dalam mm



Gambar 3.3 Pengujian kuat tarik-belah beton selinder

Dipohusodo, (1994) mengemukakan bahwa nilai kuat tekan dan tarik bahan beton tidak berbanding lurus, setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil dari nilai kuat tariknya. Suatu perkiraan kasar dapat dipakai, bahwa nilai kuat tarik bahan beton normal hanya berkisar antara 9–15% dari kuat tekannya. Kuat tarik beton yang tepat sulit untuk diukur. Untuk beton normal nilai pendekatan yang diperoleh dari hasil pengujian berulang kali adalah $0,56\sqrt{f'_c}$.

3.4 Kuat Geser

Metode pengujian kuat geser ini dilakukan berdasarkan metode yang sedang dikembangkan oleh Ilham (2004), persamaan menentukan kuat geser langsung:

$$f_{sh}' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$f_{sh}' = \frac{P}{2.A} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$f_{sh}' = \frac{P}{2x(b.h)} \dots\dots\dots (3.6)$$

f_{sh}' = kuat geser balok beton (N/mm², MPa);

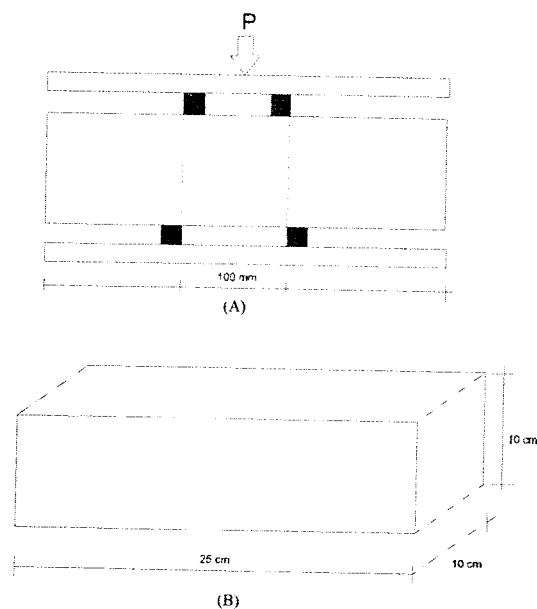
P = beban tekan maksimum (N);

A = luas permukaan bidang geser (mm²);

luas bidang geser adalah luas penampang patah

b = lebar balok (mm);

h = tinggi balok (mm).



Gambar 3.2 (A) pengujian kuat geser balok beton
(B) benda uji geser

Menon dkk, (1993) mengatakan bahwa kuat geser berkisar antara 10-20% dari kuat tekannya. Dalam ASTM menyebutkan bahwa kuat geser berkisar

$\frac{1}{6} \sqrt{f'c}$ dari nilai kuat tekannya. Dalam berbagai literatur kekuatan geser ditulis mulai dari 20% sampai 80% dari kekuatan tekan, dalam hal ini terjadinya kombinasi geser langsung dan tekan. Tegangan geser biasanya dibatasi sampai harga yang cukup rendah untuk mencegah beton mengalami kegagalan tarik diagonal (Nawy, 1990).

3.6 Kuat Lentur

Kuat lentur beton menurut SK SNI M-06-1996-03 (1996) adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan padanya, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam MPa gaya tiap satuan luas.

Jackson, (1983) mengatakan bahwa kekuatan lentur bervariasi mulai dari 9,13% sampai 19,09% dari kuat tekan selinder beton atau 11%-23% dari kuat tekan kubus beton.

Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada didaerah pusat pada 1/3 jarak titik perletakan pada bagian tarik dari beton, maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan :

$$f_{lt} = \frac{M.c}{I} \dots\dots\dots(3.7)$$

$$\text{dimana, } M = \frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{3} L = \frac{1}{6} P \cdot L \dots\dots\dots(3.8)$$

$$c = \frac{1}{2} h \dots\dots\dots(3.9)$$

$$I = \frac{1}{12} b \cdot h^3 \dots\dots\dots(3.10)$$

Sehingga,

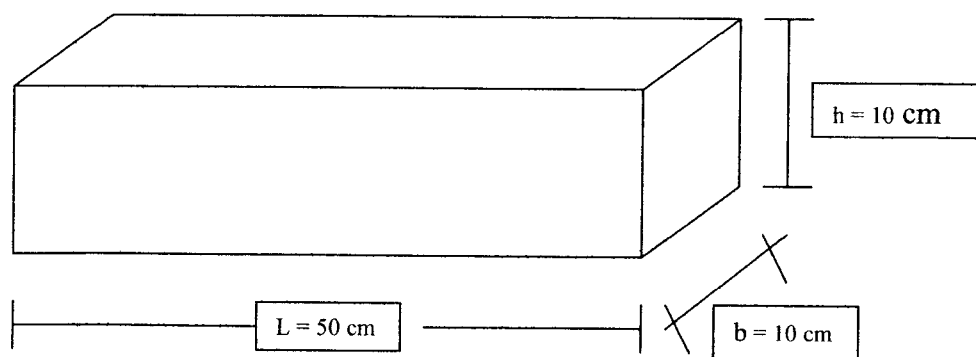
$$f_{lt} = \frac{\left\{ \left(\frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{3} L \right) \left(\frac{1}{2} \cdot h \right) \right\}}{\left(\frac{1}{12} b \cdot h^3 \right)} \dots\dots\dots(3.10)$$

$$f_{lt} = \frac{\frac{1}{12} P \cdot L \cdot h}{\frac{1}{12} b \cdot h^3} \dots\dots\dots(3.11)$$

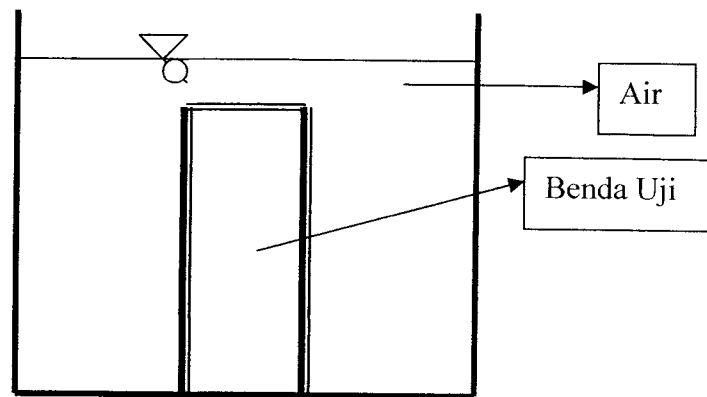
$$f_{lt} = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2} \dots\dots\dots(3.12)$$

Keterangan :

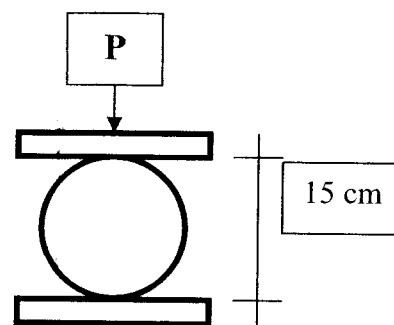
- f_{lt} = tegangan lentur (N/mm^2 , MPa);
- M = momen yang bekerja pada balok (N.mm)
- c = jarak serat terluar terhadap garis netral, baik didaerah tekan maupun tarik (mm)
- P = beban tertinggi yang ditunjukkan oleh mesin uji;
- L = jarak antara 2 garis perletakan (mm);
- b = lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm);
- h = lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm);



Gambar 3.4 a Benda uji kuat lentur balok beton



Gambar 3.5a Perendaman beton dalam air



Gambar 3.5b Pengujian permeabilitas beton

3.7 Metode Perancangan Campuran Beton

Dalam penelitian ini Metode perancangan campuran beton menggunakan metode DOE (*Development Of Environment*) atau lebih dikenal cara inggris. Perencanaan dengan cara DOE ini dipakai sebagai standar perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum di Indonesia, dan dimuat dalam buku SK SNI T-15-1990-03. Dalam perencanaan cara ini digunakan tabel-tabel dan grafik. Langkah-langkah perancangan campuran adukan beton cara DOE adalah sebagai berikut :

1. menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan (f_c') pada umur 28 hari
2. menetapkan nilai deviasi standar (sd)

Tabel 3. 1 Hubungan tingkat pengendalian mutu pekerjaan dengan sd

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

Sumber : Tjokrodimulyo, 1992

3. menghitung nilai tambah margin (M)

$$M = K \cdot sd \dots\dots\dots(3.14)$$

dimana, M = Nilai tambah margin

$$K = 1,64$$

sd = Standar deviasi

4. menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan (f_{cr}')

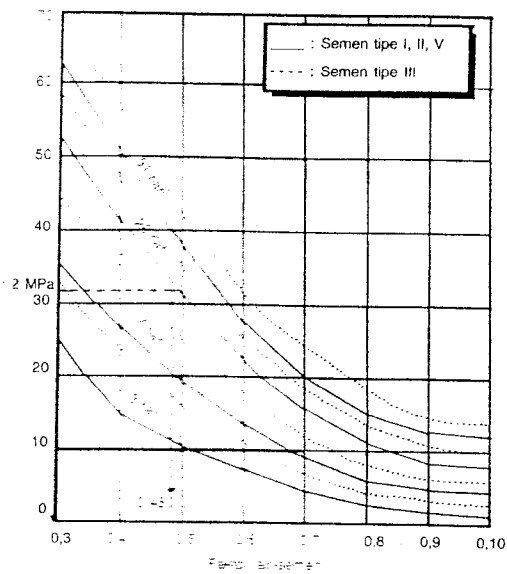
$$f_{cr}' = f_c' + M \dots\dots\dots(3.15)$$

dimana, f_{cr}' = Nilai tambah margin

$$f_c' = 1,64$$

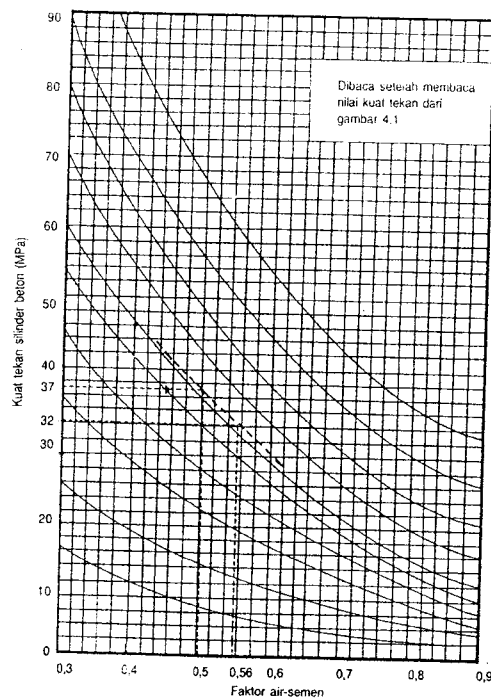
sd = standar deviasi

5. menetapkan jenis semen
 6. menetapkan jenis agregat
 7. menetapkan faktor air semen (f_{as})



Sumber : Triono Budi Astanto, (2001)

Gambar 3.6 Hubungan fas dan kuat tekan rata-rata selinder pada beton.



Gambar 4.2. Grafik mencari faktor air semen.

Sumber : Triono Budi Astanto, (2001)

Gambar 3.7 Grafik mencari faktor air-semen (fas)

Tabel 3. 2 Persyaratan Faktor Air-Semen Maksimum untuk Berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus

Jenis Pembetonan	Fas Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan :	
a. keadaan keliling non-korosif	0,60
b. keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	0,52
Beton di luar ruang bangunan :	
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,55
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dalam tanah	Lihat tabel 3.3
Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar/payau/laut	Lihat tabel 3.4

Sumber : Tjokrodimulyo, 1992

Tabel 3.3 Faktor Air-Semen Maksimum untuk Beton yang Berhubungan dengan Air Tanah yang Mengandung Sulfat

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

Sumber : Tjokrodimulyo, 1992

Tabel 3. 4 Faktor Air-Semen Maksimum untuk Beton Bertulang dalam Air

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

Sumber : Tjokrodimulyo, 1992

8. menetapkan faktor air-semen (*fas*) maksimum
9. menetapkan nilai *slump*

Tabel 3. 5 Penetapan Nilai *Slump* (cm)

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

Sumber : Tjokrodimulyo, 1992

10. menetapkan ukuran besar butir agregat maksimum
11. menetapkan kebutuhan air

Tabel 3. 6 Perkiraan Kebutuhan Air per meter kubik Beton (liter)

Besar ukuran maks kerikil (mm)	Jenis batuan	<i>Slump</i> (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 : Tjokrodimulyo, 1992

$$A = 0,67A_h + 0,33A_k \dots\dots\dots(3.16)$$

dimana, A = jumlah air yang dibutuhkan (liter/m³)

A_h = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halus

A_k = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasarnya

12. menetapkan kebutuhan semen

$$\text{kebutuhan semen} = \frac{\text{jumlah air yang dibutuhkan (langkah 11)}}{\text{Faktor air - semen maksimum (langkah 8)}} \dots\dots(3.17)$$

13. menetapkan kebutuhan semen minimum

Tabel 3. 7 Kebutuhan Semen Minimum untuk Berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus

Jenis Pembetonan	Kebutuhan semen minimum(kg/m ³ beton)
Beton di dalam ruang bangunan : a. keadaan keliling non-korosif b. keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	275
Beton di luar ruang bangunan : a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325 275
Beton yang masuk ke dalam tanah : a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dalam tanah	325 Lihat tabel 3.9
Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar/payau/laut	Lihat tabel 3.8

Sumber : Tjokrodimulyo, 1992

Tabel 3. 8 Kebutuhan Semen Minimum untuk Beton Bertulang dalam Air

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

Sumber : Tjokrodimulyo, 1992

Tabel 3. 9 Kandungan Semen Minimum untuk Beton yang Berhubungan dengan Air Tanah yang Mengandung Sulfat

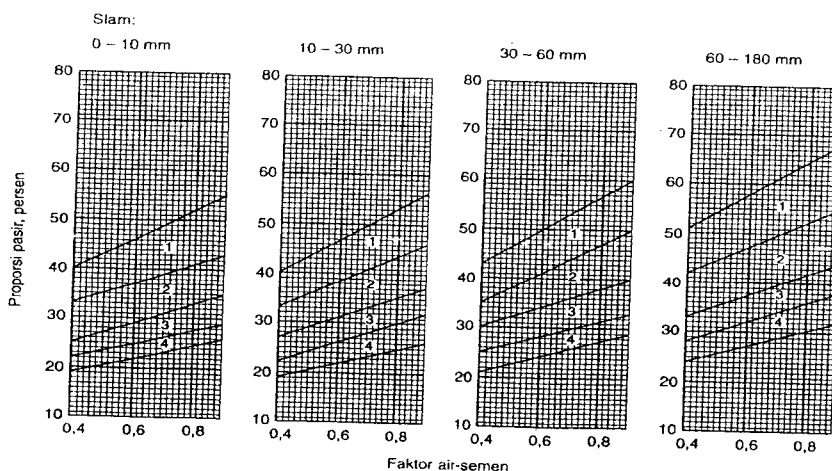
Konsentrasi sulfat (SO ₃)			Jenis Semen	Kand. Semen min. (kg/m ³)		
Dalam tanah		SO ₃ dlm air tnh (g/l)		Ukuran maks. Agregat (mm)		
Total SO ₃ %	SO ₃ dlm camp air : tanah = 2 : 1 (g/l)			40	20	10
< 0,2	< 0,1	< 0,3	Tipe I, dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	280	300	350
0,2 – 0,5	1,0 – 1,9	0,3 – 1,2	Tipe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

Sumber :Tjokrodimulyo, 1992

- 14. menetapkan kebutuhan semen yang sesuai
- 15. penyesuaian jumlah air atau faktor air semen (*fas*)

$$\text{Faktor air semen} = \frac{\text{jumlah air yang dibutuhkan}}{\text{kebutuhan semen}} \dots\dots\dots(3.18)$$

- 16. menentukan daerah gradasi agregat halus (pasir)



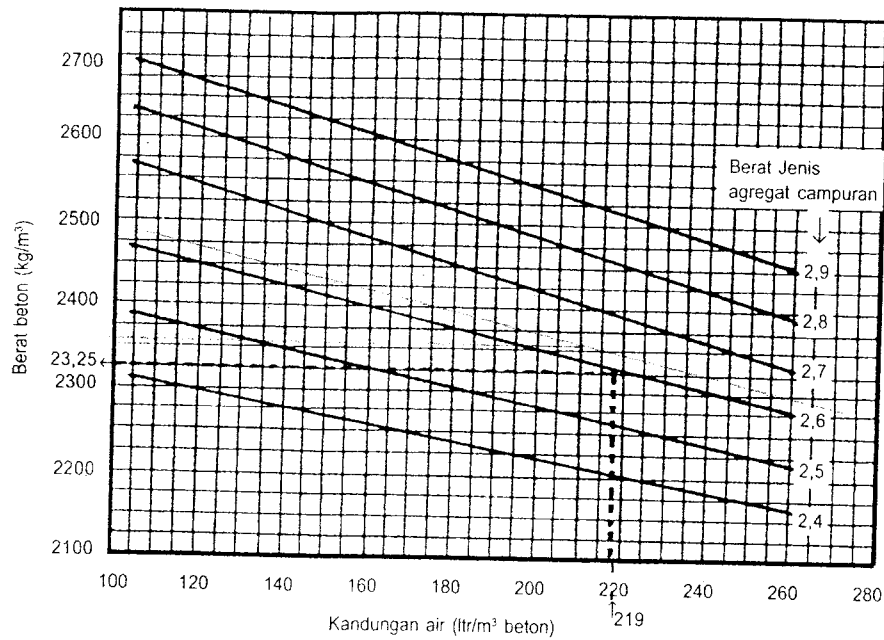
Sumber : Triono Budi Astanto, (2001)

Gambar 3.8 Grafik Persentase Agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 20mm

- 17. menentukan perbandingan pasir dan kerikil
- 18. menentukan berat jenis campuran pasir dan kerikil

$$B_j \text{ campuran} = \frac{P}{100} \times B_j \text{ pasir} + \frac{K}{100} \times B_j \text{ kerikil} \dots\dots\dots(3.19)$$

- 19. menentukan berat jenis beton



Sumber : Triono Budi Astanto, (2001)

Gambar 3.9 Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran, dan berat beton.

- 20. menentukan kebutuhan pasir dan kerikil

$$\text{brt pasir} + \text{brt kerikil} = \text{brt beton} - \text{kebutuhan air} - \text{kebutuhan semen} \dots(3.20)$$

- 21. menentukan kebutuhan pasir

$$\text{kebutuhan pasir} = \text{kebutuhan pasir dan kerikil} \times \text{persentase brt pasir} \dots(3.21)$$

- 22. menentukan kebutuhan kerikil

$$\text{kebutuhan kerikil} = \text{kebutuhan pasir dan kerikil} - \text{kebutuhan pasir} \dots\dots(3.22)$$

3.8 Hipotesis

Hubungan antara kuat tekan beton dengan fas adalah semakin sedikit fas maka kekuatan beton akan meningkat, tetapi akan sulit pada saat proses pengerjaannya seperti pengecoran, pemadatan dan penuangan, hingga perawatan karena beton akan keropos. Dengan pengurangan jumlah air dan penambahan dosis *superplasticizer* yang optimum kedalam campuran beton akan meningkatkan kinerja beton antara lain *workability*, *strength* dan *permeability*.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan suatu rangkaian atau tata cara pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban dari suatu permasalahan yang diuraikan menurut suatu tahapan yang sistematis. Waktu penelitian dimulai bulan Oktober 2006 selama 2 bulan.

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

4.2 Material Penyusun Beton

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

4.2.1 Semen

Dipakai semen *Portland* jenis I merk Gresik kemasan 50 kg. Dalam penelitian ini semen dipakai sebagai bahan perekat dalam adukan beton. Pemilihan jenis ini dilakukan karena paling umum dipakai sebagai bahan campuran beton dan tidak memerlukan persyaratan khusus. Penempatan semen ditempatkan pada tempat yang kering dan tidak lembab.

4.2.2 Agregat

1. Agregat halus, di karenakan penelitian dilakukan di Laboraturium Bahan dan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta. Oleh karena itu digunakan pasir yang berasal dari Sungai Kaliurang. Fraksi yang digunakan lolos saringan 0,5 cm.

2. Agregat kasar, dipakai berupa batu pecah (*split*) dengan ukuran maksimum 20 mm.

4.2.3 Air

Air yang digunakan adalah air yang diambil dari Laboratorium Bahan dan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

4.2.4 *Superplasticizer*

Digunakan *superplasticizer* yang memiliki sifat dapat meningkatkan kelecakan beton segar yang tersedia di pasaran. Jenis yang dipakai Sikament-NN.

4.2.5 Pengolahan Bahan-bahan

1. pasir dan kerikil di cuci untuk menghilangkan debu dan lumpur. Kerikil yang sudah tidak mengandung lumpur kemudian dimasukkan ke dalam karung goni, begitu juga dengan pasir yang sudah diayak dimasukkan ke dalam karung goni dengan maksud untuk menjaga kelembabannya atau dalam keadaan SSD.
2. untuk mendapatkan ukuran sesuai peraturan ASTM C 33-92a (1993) dan ASTM C 136-92 (1993), untuk ukuran pasir 0-4,75 mm dan untuk kerikil memiliki ukuran 4,75-20 mm.
3. melakukan pengujian parameter agregat seperti berat jenis, berat volume, kadar air, penyerapan air dan lain-lain, 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. Hasil pengujian berat jenis dapat dilihat pada lampiran II dan pengujian berat volume lebih lengkapnya dapat dilihat pada lampiran IV.

4.3 Persiapan Alat

4.3.1 Ayakan

Ayakan digunakan untuk mengetahui gradasi pasir dan kerikil, ukuran ayakan yang digunakan untuk memisahkan butiran pasir adalah 0.5 cm dan ukuran ayakan untuk memisahkan agregat kasar dengan butiran maksimum adalah 20 mm.

4.3.2 Timbangan dan ember

Timbangan digunakan untuk menimbang bahan-bahan yang akan digunakan, sedangkan ember digunakan sebagai tempat bahan-bahan yang akan ditimbang. Kapasitas timbangan yang dipakai ada 2, yaitu kapasitas 30 kg dan 200 kg.

4.3.3 Mistar dan Kaliper

Mistar dan kaliper digunakan untuk mengukur dimensi benda uji yang akan digunakan dalam penelitian.

4.3.4 Mesin Pengaduk

Mesin pengaduk (*mixer*) digunakan untuk mengaduk bahan-bahan pembentuk campuran beton (semen, pasir, kerikil, air, *superplasticizer*) sehingga diperoleh campuran yang homogen.

4.3.5 Cetok dan Talam Baja

Cetok digunakan untuk memasukkan adukan beton kedalam cetakan selinder dan balok beton, sedangkan talam baja digunakan sebagai tempat menampung sementara adukan beton yang dikeluarkan dari mesin pengaduk.

4.3.6 Kerucut *Abrams* dan Baja Penumbuk

Kerucut *Abrams* digunakan untuk mengukur tingkat kelecakan atau nilai slump dari adukan beton, dengan diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm, dan tinggi 30 cm. Dilengkapi dengan penumbuk baja yang digunakan untuk memadatkan beton yang telah dimasukkan kedalam cetakan, panjang penumbuk baja 60 cm dan diameter 16 cm.

4.3.7 Mesin Uji Kuat Desak, Kuat Tarik, Kuat Geser, dan Kuat Lentur Beton

Mesin uji desak beton merk "ADR 3000" digunakan untuk menguji kuat desak beton, kuat tarik, dan kuat geser beton. Beban dapat dibaca pada alat ini

secara digital, kapasitas mesin ini 3000 kN. Sedangkan alat untuk pengujian kuat lentur beton digunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) merk *Shimatsu* tipe UMH 30 dengan kapasitas 30 ton.

4.4 Pemeriksaan Bahan Campuran

4.4.1 Pemeriksaan Agregat Halus

a. Modulus Halus Butir (MHB)

Urutan proses Pengujian MHB ini adalah:

1. mengambil pasir seberat 2000 gr, kemudian dicuci, dan keringkan didalam oven selama 24 jam dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$,
2. memasukkan pasir kedalam saringan yang memiliki susunan lubang ayakan sebesar 40, 20, 10, 4.8, 2.4, 1.2, 0.6, 0.3, dan 0.15 mm,
3. kemudian saringan digetarkan selama 15 menit, selanjutnya prosentase pasir yang tertinggal pada tiap lapisan saringan dihitung dan MHB didapat prosentase kumulatif berat pasir yang tertinggal pada tiap lapisan saringan dibagi 100.

b. Berat Jenis (Bj)

Pada pemeriksaan berat jenis pasir, dimulai dengan menimbang pasir seberat 500gr, dicuci dan direndam selama 24 jam kemudian diangin-anginkan sampai terlihat *SSD* dan ditimbang kembali (W). Langkah berikutnya pasir tersebut dimasukkan kedalam gelas ukur yang telah disiapkan dan diberi air sebanyak 500gr (V_1).

Setelah pasir dimasukkan, gelas ukur diguling-gulingkan sampai tidak ada gelembung udara yang terperangkap. Mencatat kenaikan air yang terjadi setelah penambahan air (V_2), untuk menghitung Bj dalam kondidi *SSD* dengan rumus :

$$Bj = \frac{W}{V_2 - V_1} \dots\dots\dots(4.1)$$

Hasil pengujian Modulus Halus Butir (MHB) berat jenis (Bj) dapat dilihat pada lampiran II.

4.4.2 Pemeriksaan Agregat Kasar

a. Pemeriksaan Berat Jenis (Bj)

Pemeriksaan Bj agregat kasar diawali dengan menimbang kerikil seberat 1000gr, kemudian agregat kasar di oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap. Rendam agregat kasar dalam air. Kemudian keringkan permukaan kasar dar air yang ada, timbang agregat kasar kering permukaan jenuh (Bj).

Letakkan Agregat kasar dalam keranjang dan diguncang-guncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang terperangkap dan timbang beratnya didalam air (Ba). Rumusnya : $\frac{Bj}{(Bj - Ba)}$ (4.2)

b. Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat kasar

Urutan pengujian saringan agregat kasar adalah :

1. benda uji ditimbang sebanyak 1000gr, dikeringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5) sampai berat tetap.
2. saring benda uji lewat saringan dengan ukuran yang paling besar hingga paling kecil. Saringan diguncang dengan mesin selama 15 menit.
3. setelah diguncang-guncang saringan diangkat, dan agregat kasar yang tertinggal pada tiap saringan ditimbang. Kemudian didapat prosentase kumulatif berat agregat yang tertinggal pada saringan di bagi 100. Hasil pemeriksaan berat jenis dan analisis saringan agregat kasar dapat dilihat pada lampiran II.

4.5 Perhitungan Campuran Beton (*Mix Design*)

Metode yang digunakan dalam campuran ini menggunakan metode DOE (*Depeloment of Environment*), yaitu :

f_c	= 35 MPa
Jenis semen	= PC Merk Gresik kemasan 50 kg
Ukuran maks krikil	= 20 mm
Jenis kerikil	= Batu pecah (<i>split</i>)
Nilai slump rencana	= 30-60 mm
Jenis pasir	= Agak kasar (golongan 2)

1. kuat tekan beton yang disyaratkan umur 28 hari yaitu $f'c = 35$ MPa
2. penetapan deviasi standar (S) = 4,2 MPa, diperoleh dari tabel 3.1
3. menghitung nilai tambah margin (M), diperoleh nilai M sebesar 6,88 MPa dari rumus 3.12
4. menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan, dari rumus 3.15 diperoleh $f'cr = 41,88$ MPa
5. menetapkan faktor air semen (fas) maksimum, dari gambar 3.5 dengan $f'cr = 41,88$ MPa pada umur 28 hari didapat nilai fas 0,4. jika menggunakan gambar 3.7 diperoleh nilai fas 0,6. dipakai nilai fas yang terendah, yaitu 0,4
6. menetapkan nilai slump, pada penelitian ini digunakan nilai slump rencana 30-60 mm
7. menetapkan kebutuhan air (A), diperoleh dari tabel 3.6. besar ukuran maks kerikil 20 mm, jenis batuan : batu pecah, nilai slump 30-60 mm, kemudian masukkan dalam persamaan 3.16 didapat kebutuhan air 210 lt.
8. menentukan kebutuhan semen, menggunakan persamaan 3.17 diperoleh kebutuhan semen PC 525 kg. Jika dari tabel 3.7 didapat kebutuhan semen 275 kg, tapi yang dipakai yang terbesar.
9. persen berat agregat halus terhadap campuran, diperoleh dari gambar 3.8 didapat nilai 35%.
10. berat jenis campuran, dengan menggunakan persamaan 3.19 didapat B_j campuran $2,6353 \text{ t/m}^3$.
11. menentukan berat jenis beton, diperoleh dari gambar 3.9 dan didapat B_j beton 2355 kg/m^3 .
12. menentukan kebutuhan Agregat, diperoleh langkah 11-8-7. didapat kebutuhan agregat 1620 kg/m^3 .
13. menentukan kebutuhan agregat halus, diperoleh dari langkah 9 x 12. didapat kebutuhan agregat halus $567,0 \text{ kg/m}^3$.
14. menentukan kebutuhan agregat kasar, diperoleh dari langkah 12- 13, dan didapat agregat kasar seberat $1053,0 \text{ kg/m}^3$. Data *mix design* dapat dilihat pada lampiran III.

4.6 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan dan perawatan benda uji, sebagai berikut :

- mempersiapkan bahan-bahan dan alat yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji, kemudian bahan-bahan tersebut ditimbang.
- mencampur bahan yang telah ditimbang ke dalam molen, kemudian diaduk sampai permukaan rata dan terlihat mengkilap.
- diukur nilai slump dari adukan tersebut, dan setelah didapat sesuai dengan nilai slump rencana kemudian adukan beton dimasukkan kedalam cetakan selinder dan balok.
- pengisian cetakan dilakukan 3 tahap, masing-masing 1/3 dari tinggi cetakan, setiap tahap ditusuk-tusuk dengan tongkat baja sebanyak 25 x sebagai pemadatan adukan.
- setelah pemadatan selesai, kemudian dilakukan perataan permukaan dengan menggunakan cetok.
- cetakan diletakkan ditempat yang rata dan tidak terkena getaran selama 24 jam, setelah 24 jam cetakan dibuka kemudian direndam dalam bak air sesuai lama perawatan.

Tabel 4.1 Jumlah benda uji dengan pengurangan air dan penambahan *superplasticizer*

Pengurangan air (%)	Kuat tarik sesuai $f'c$ rencana		Kuat geser sesuai $f'c$ rencana		Kuat lentur sesuai $f'c$ rencana		permeabilitas sesuai $f'c$ rencana	
	35 MPa	40 MPa	35 MPa	40 MPa	35 MPa	40 MPa	35 MPa	40 MPa
0	3	3	3	3	3	3	1	1
5	3	3	3	3	3	3	1	1
10	3	3	3	3	3	3	1	1
15	3	3	3	3	3	3	1	1
20	3	3	3	3	3	3	1	1
25	3	3	3	3	3	3	1	1
30	3	3	3	3	3	3	1	1
Jumlah	21	21	21	21	21	21	7	7

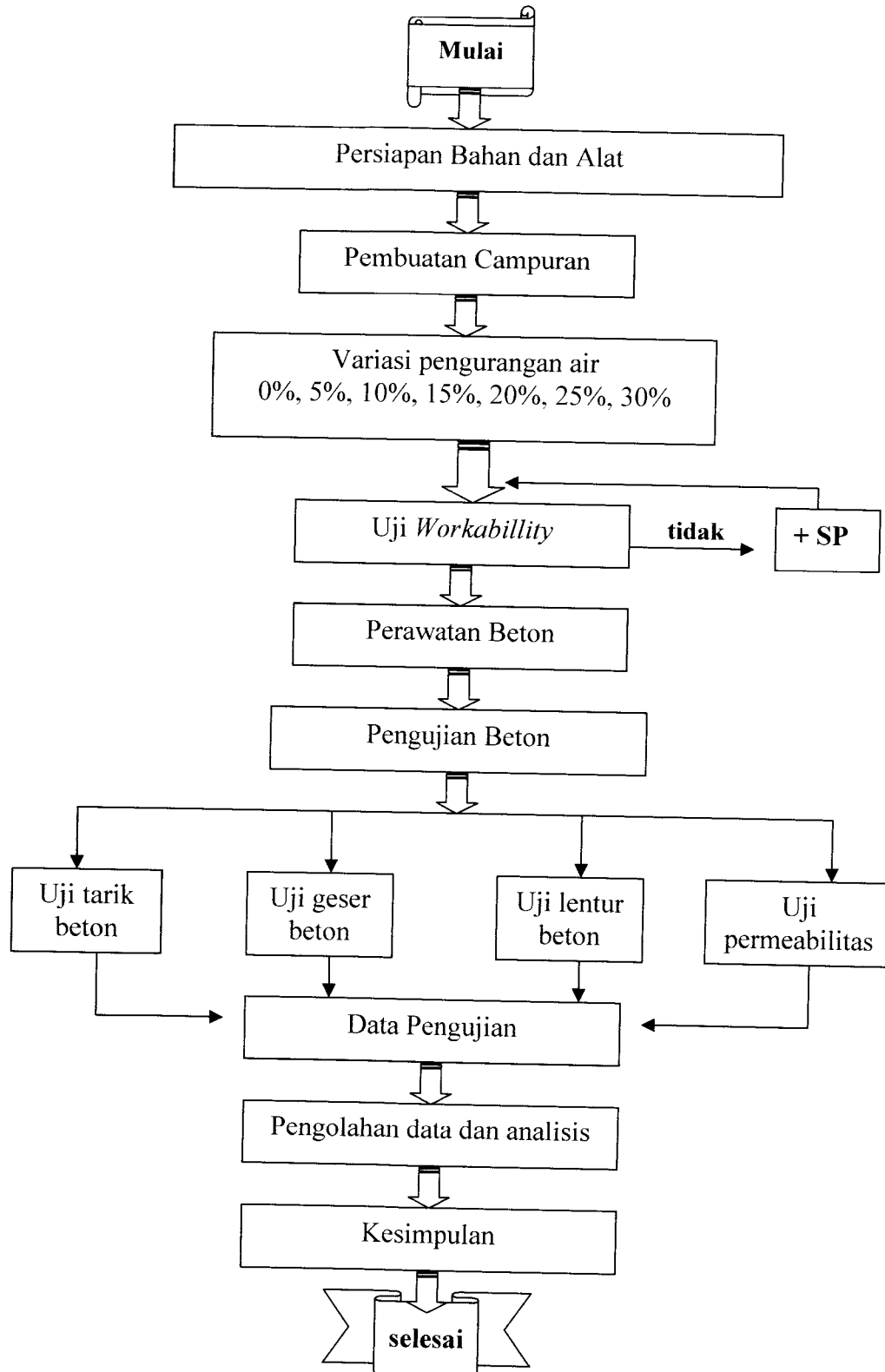
Ket : Penambahan *superplasticizer* dilakukan dengan cara *treatment*/coba-coba hingga mencapai nilai slump ≥ 150 mm.

4.7 Pelaksanaan Pengujian

Pelaksanaan yang dilakukan adalah uji desak, uji tarik, uji geser, dan uji lentur.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah :

- a. setelah benda uji direndam selama 28 hari, sehari sebelum pengujian benda uji dikeluarkan dari dalam bak air, kemudian membersihkannya dengan kain, menimbang dan mengukur dimensinya untuk kemudian diletakkan pada mesin penguji.
- b. mesin uji desak dihidupkan, pembebanan dilakukan mulai dari 0 kN sampai benda uji hancur. Besarnya beban maksimal yang dapat ditahan benda uji dicatat sesuai dengan pembacaan.
- c. untuk uji tarik, selinder yang ukurannya sama dengan benda uji kuat desak diletakkan secara tidur/mendatar pada mesin penguji, dan beban tekan P dikerjakan secara merata dalam arah diameter di sepanjang benda uji. Benda uji akan terbelah dua pada saat dicapai kekuatan tarik.
- d. untuk uji geser, digunakan benda uji berbentuk balok ukuran $25 \times 10 \times 10$ cm. Pengujian menggunakan alat yang sama dengan alat uji desak, hanya saja benda uji diletakkan pada besi yang sudah dibuat sedemikian rupa, sehingga balok akan mengalami geser.
- e. untuk uji lentur, digunakan benda uji berbentuk balok ukuran $50 \times 10 \times 10$ cm, pengujian menggunakan mesin tarik baja. Benda uji menggunakan 2 tumpuan, yang jaraknya diambil 10 cm dari kiri dan kanan benda uji. Untuk pencatatan pengujian dilakukan sesuai dengan pembacaan dial pada saat pembebanan.
- f. untuk uji permeabilitas, menggunakan benda uji berupa selinder beton berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Setelah dilakukan perawatan selama 28 hari, selinder uji dikeluarkan dari rendaman untuk diletakkan kedalam oven selama 24 jam, kemudian selinder uji di keluarkan dari oven untuk di angin-anginkan selama kurang lebih 1 jam. Setelah 1 jam selinder uji kemudian direndam selama 1 jam untuk selanjutnya dilakukan uji tarik-belah dan di ukur kedalaman penetrasi air.

Flow Chart Penelitian**Gambar 4.1** *flow chart* pelaksanaan penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Pada Bab ini membicarakan tentang hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik dan pembahasan mengenai hasil penelitian yang diperoleh. Hasil penelitian yang diperoleh meliputi : berat jenis agregat kasar, berat jenis agregat halus, gradasi pasir, nilai slump, persentase penambahan *superplasticizer*, hasil pengujian kuat tarik, kuat geser, kuat lentur dan permeabilitas.

5.2 Data-data hasil pengujian laboratorium

Data-data pengujian bahan dilaboratorium yang meliputi pengujian pemeriksaan berat jenis dan kadar air pasir, pemeriksaan berat jenis dan kadar air kerikil, pemeriksaan berat volume agregat kasar, modulus halus butir (MHB) agregat halus, dan gradasi pasir. Untuk lebih lengkapnya terlampir pada lampiran II.

Dari hasil pengujian di laboratorium diperoleh berat jenis jenuh kering muka pasir = $2,621 \text{ gr/cm}^3$, berat jenis jenuh kering muka agregat kasar = $2,643 \text{ gr/cm}^3$, Modulus Halus Butir = $2,7345$, dan hasil analisa ayakan masuk daerah : 2 (dua) dan Jenis pasir : agak kasar.

Agregat merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan beton, pada beton biasanya terdapat sekitar 60% sampai 80% volume agregat. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada di antara agregat yang berukuran besar (Nawy, 1990). Agregat untuk beton harus memenuhi ketentuan dari mutu dan cara uji agregat beton dalam Standar Industri Indonesia ataupun persyaratan dari ASTM tentang *Specification for Concrete Agregate* (Wahyudi dkk, 1997).

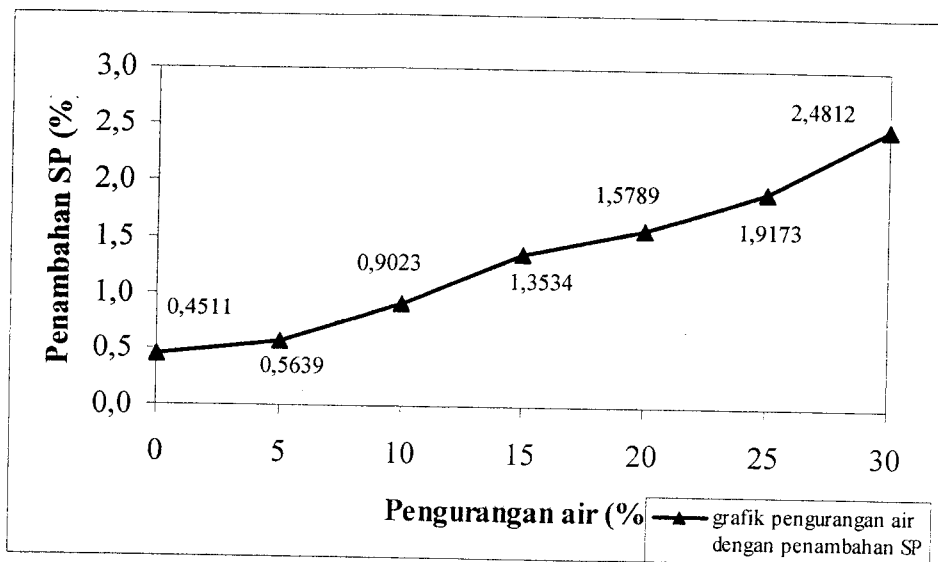
5.3 Pengaruh pengurangan air dan penambahan *Superplasticizier* terhadap workabilitas

Tabel 5.1 Hasil uji slump $f'c$ 35 MPa

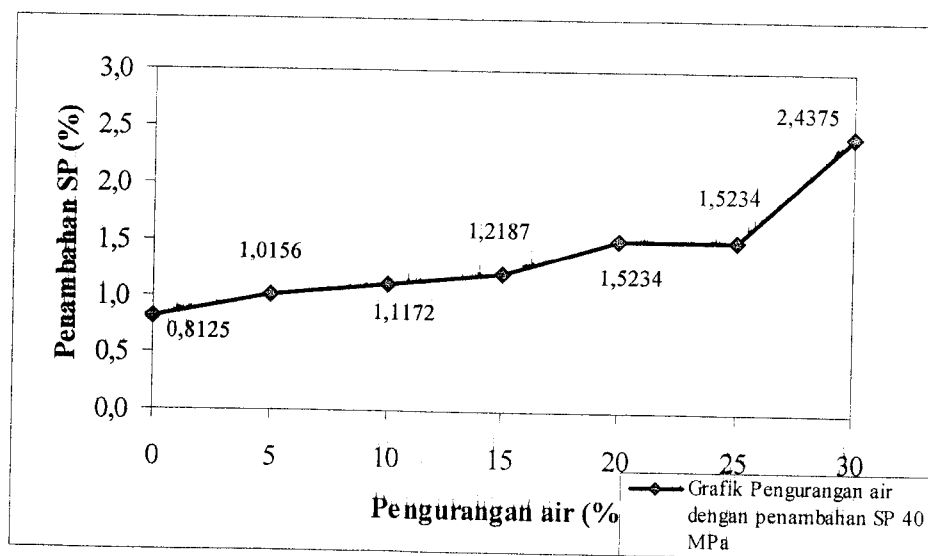
Variasi	Pengurangan air (%)	fas	slump awal (mm)	penambahan <i>superplasticizier</i> terhadap berat semen (%)	slump akhir (mm)
B 35 - 0SP	0	0,40	90	0,4511	170,0
B 35 - 5SP	5	0,38	10	0,5639	180,0
B 35 - 10SP	10	0,36	0	0,9023	162,5
B 35 - 15SP	15	0,34	0	1,3534	182,5
B 35 - 20SP	20	0,32	0	1,5789	189,0
B 35 - 25SP	25	0,30	0	1,9173	180,0
B 35 - 30SP	30	0,28	0	2,4812	185,0

Tabel 5.2 Hasil uji slump $f'c$ 40 MPa

Variasi	Pengurangan air (%)	fas	slump awal (mm)	penambahan <i>superplasticizier</i> terhadap berat semen (%)	slump akhir (mm)
B 40 - 0SP	0	0,36	65	0,8125	182,5
B 40 - 5SP	5	0,34	0	1,0156	190,0
B 40 - 10SP	10	0,32	0	1,1172	197,5
B 40 - 15SP	15	0,31	0	1,2187	197,0
B 40 - 20SP	20	0,29	0	1,5234	185,0
B 40 - 25SP	25	0,27	0	1,5234	183,5
B 40 - 30SP	30	0,25	0	2,4375	192,5



Gambar 5.1 Hub. Pengurangan air dengan Penambahan *superplasticizier* $f'c$ 35 MPa dengan slump \geq 150 mm.



Gambar 5.2 Hub. Pengurangan air dengan Penambahan *superplasticizier* $f'c$ 40 MPa dengan slump \geq 150 mm.

Ket : SP : *Superplasticizier*

Dalam penelitian ini memakai bahan tambah *superplasticizier* (Sikament NN) yang dilakukan sedikit demi sedikit untuk mengontrol slump yang diinginkan. Dari

segi workabilitas, berapapun slump yang diinginkan dapat dibuat, tetapi masalah yang akan timbul adalah pada proses pengerasan awal dan kuat tekan beton.

Workabilitas (kemudahan pengerjaan) beton dapat dilihat dari nilai slump yang terjadi. Semakin besar nilai slump berarti tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton semakin tinggi, demikian pula sebaliknya. Nilai slump yang ingin dicapai setelah penambahan *superplasticizier* adalah ≥ 150 mm. Slump rencana pada penelitian ini adalah 30-60 mm, tetapi tabel 5.1 dan 5.2 diatas memperlihatkan data slump awal yang melebihi nilai slump rencana tersebut. Hal ini dikarenakan perbedaan kondisi agregat, karena kurangnya pengawasan terhadap agregat menyebabkan kondisi agregat ada yang berbeda dalam tiap pengadukan.

Pada tabel 5.1 untuk f_c 35 MPa dapat dilihat bahwa pada variasi B35-0A-SP nilai slump awal yang didapat dari hasil pengujian slump sebelum penambahan *superplasticizier* adalah sebesar 90 mm, setelah dilakukan penambahan *superplasticizier* sebesar 0,4511% dari berat semen nilai slump naik menjadi 170 mm atau mengalami kenaikan sebesar 80%, ini menunjukkan bahwa workabilitas adukan beton yang terjadi semakin tinggi dengan ditamhkannya Sikament-NN kedalam adukan beton, *superplasticizier* (Sikament NN) itu sendiri digolongkan sebagai *High Range Water- Reducer* mampu meningkatkan kinerja kelecakan atau workabilitas adukan beton dan mengurangi terjadinya *bleeding* dan *segregation*.

Pada variasi B35-5A-SP slump awal hanya 10 mm, hal ini menunjukkan bahwa *workability* beton sangat kecil sehingga sangat sulit pada proses pengerjaannya, dan setelah dilakukan penambahan *superplasticizier* sebesar 0,5639% dari berat semen nilai slump naik menjadi 180 mm atau mengalami kenaikan sebesar 170%, dengan kenaikan nilai slump tersebut maka *workability* dari beton juga naik sehingga memudahkan dalam proses pengerjaannya.

Pada hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa dengan pengurangan air (sebagai pelumas) maka slump yang diperoleh akan lebih rendah dari slump rencana yaitu 30-60 mm dan semakin banyak pengurangan air (sebagai pelumas) maka

superplasticizier yang di butuhkan juga semakin banyak. Kriteria kekefektifan penambahan *superplasticizier* akan berkurang seiring meningkatnya workabilitas adukan (Naelan dkk, 1994). Hal ini terbukti pada variasi B35-30A-SP, dimana kebutuhan *superplasticizier* meningkat yaitu 2,4812 % dari berat semen, sehingga menyebabkan hasil yang diperoleh tidak lagi efektif. Selain itu didalam butiran semen mengandung ion negatif, sehingga jika bereaksi dengan *superplasticizier* akan membuat beton menjadi lebih plastis/encer sehingga workabilitas beton menjadi lebih tinggi (Smith, dkk).

Swamy (1989) juga mengatakan bahwa dengan pemakaian *superplasticizier* akan meningkatkan workabilitas sebesar 12%. Hal ini sesuai dengan pegadukan beton variasi B35-0A-SP dengan peningkatan workabilitas dari 90 mm menjadi 170 mm atau sekitar 80%. Kombinasi fas rendah dengan *superplasticizier* tinggi dengan sendirinya menghasilkan adukan beton lebih kohesif dan memiliki sifat mengalir yang baik, *bleeding* dan *segregation* dapat dikatakan tidak terjadi, walaupun ada relatif kecil sehingga boleh diabaikan (Ilham, 2003).

Pengadukan beton untuk semua variasi yang ada di tabel 5.1 dapat mencapai nilai slump lebih dari 150 mm dengan sifat-sifat workabilitasnya hampir sama. Campuran pasta semen terlihat berwarna agak kecoklatan yang menunjukkan bahwa antara pasta dengan *superplasticizier* sudah tercampur dengan merata. Pada saat proses pengadukan, campuran beton yang sudah diberi *superplasticizier* diaduk selama kurang lebih 40 - 65 menit, hal ini dimaksudkan agar beton segar yang baru dituang tidak langsung mengeras sebelum dilakukan proses pemadatan pada selinder (Hastoro dan Syafrudin, 2005). Dari hasil penelitian diperoleh juga bahwa semakin lama adukan beton berada di mesin molen maka adukan akan semakin merata dan pengerasan diawal dapat dihindari. Dari tabel 5.1 terlihat bahwa nilai slump setelah penambahan *superplasticizier* akan meningkat lebih dari 150 mm. Hal ini sesuai dengan yang dikatakan Swamy (1989), bahwa dengan penggunaan *superplasticizier* nilai slump yang didapat antara 15 – 25 cm.

5.4 Pengaruh pengurangan air terhadap Kuat Tarik-Belah beton

Menurut SK SNI M-60-1990-03 Kuat tarik-belah benda uji selinder beton merupakan nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk selinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan.

Tabel 5.3 Hubungan kuat tarik dengan pengurangan air (f_c 35 MPa)

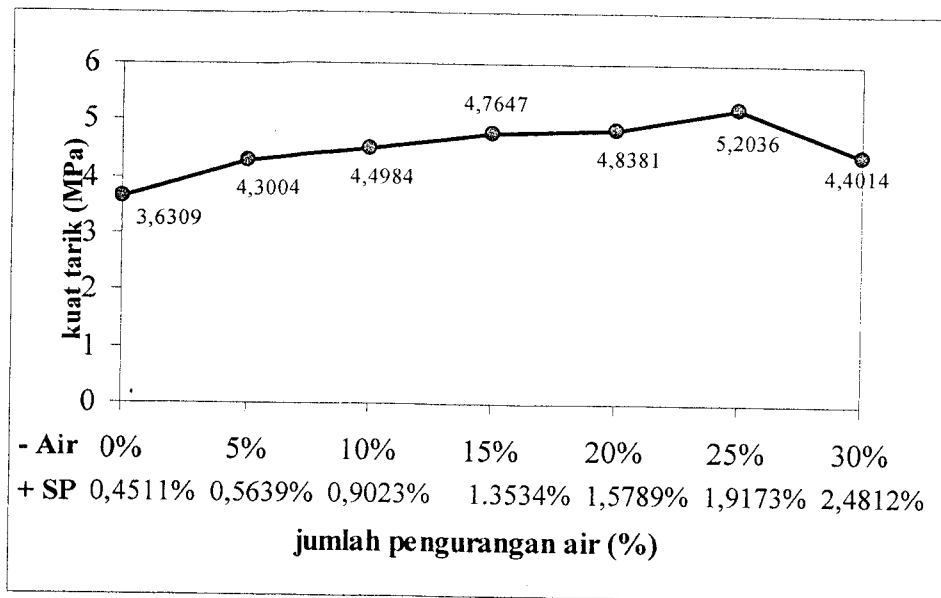
Variasi	Pengurangan air (%)	Penambahan SP terhadap berat semen (%)	kuat tekan f_c (MPa)	kuat tarik			% kuat tarik terhadap f_c
				f_{ct} (MPa)	penambahan %	$0,56\sqrt{f_c}$	
B35-0A-SP	0	0,4511	34,6624	3,6309	0,0000	3,2970	10,4749
B35-5A-SP	5	0,5639	36,1256	4,3004	18,4409	3,3659	11,9041
B35-10A-SP	10	0,9023	45,9095	4,4984	23,8931	3,7944	9,7984
B35-15A-SP	15	1,3534	50,9440	4,7647	31,2287	3,9970	9,3529
B35-20A-SP	20	1,5789	52,2445	4,8381	33,2485	4,0477	9,2604
B35-25A-SP	25	1,9173	61,9080	5,2036	43,3158	4,4062	8,4054
B35-30A-SP	30	2,4812	70,0269	4,4014	21,2225	4,6862	6,2853

Tabel 5.4 Hubungan kuat tarik dengan pengurangan air (f_c 40 MPa)

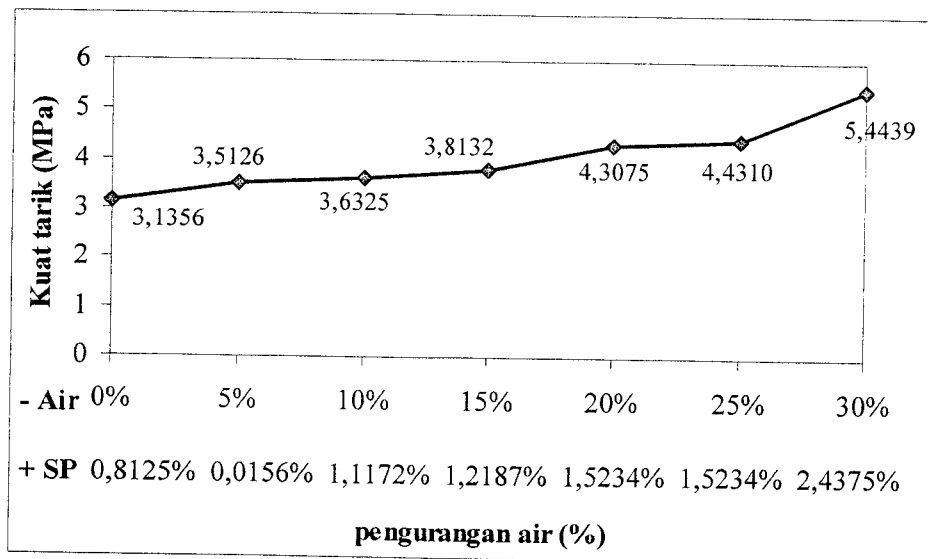
Variasi	Pengurangan air (%)	Penambahan SP terhadap berat semen (%)	kuat tekan f_c (MPa)	kuat tarik			% kuat tarik terhadap f_c
				f_{ct} (MPa)	penambahan %	$0,56\sqrt{f_c}$	
B40-0A-SP	0	0,8125	41,9822	3,1356	0,0000	3,6284	7,4688
B40-5A-SP	5	1,0156	45,6540	3,5126	12,0251	3,7838	7,6940
B40-10A-SP	10	1,1172	46,3109	3,6325	15,8490	3,8109	7,8438
B40-15A-SP	15	1,2187	49,0151	3,8132	21,6116	3,9206	7,7797
B40-20A-SP	20	1,5234	51,6245	4,3075	37,3752	4,0236	8,3439
B40-25A-SP	25	1,5234	54,0931	4,4310	41,3131	4,1187	8,1914
B40-30A-SP	30	2,4375	62,1899	5,4439	73,6181	4,4162	8,7537

Ket : Data Kuat tekan diambil dari data bersama Sutirino dan Hardiman, 2006





Gambar 5.3 Hub.kuat tarik dengan pengurangan air pada mutu beton f'_c 35 MPa dengan slump \geq 150 mm.



Gambar 5.4 Hub.kuat tarik dengan pengurangan air pada mutu beton f'_c 40 MPa dengan slump \geq 150 mm.

Pada tabel 5.3 untuk f'_c 35 MPa dan 5.4 untuk f'_c 40 MPa memperlihatkan bahwa kenaikan kuat tekan tidak selalu berbanding lurus dengan kuat tarik. Kenaikan

kuat tekan yang tinggi hanya diiringi dengan kenaikan kuat tarik yang rendah. Seperti yang terlihat pada tabel 5.3, pada variasi f_c 35 MPa mulai dari 0% pengurangan air sampai pada 25% mengalami kenaikan kuat tarik dan mencapai nilai optimum pada pengurangan air 25% yaitu sebesar 5,2036 MPa atau 43,3158% dari nilai kuat tarik B35-0A-SP. Pada variasi B35-30A-SP nilai kuat tarik lebih rendah 4,4014 MPa atau sebesar 21,2225% dari nilai kuat tarik B35-0A-SP.

Dari hasil pengujian pada tabel 5.3 dan 5.4 data yang ditampilkan merupakan data hasil analisis, untuk setiap variasi pengurangan air ada 3 sampel benda uji (lampiran V). Pada tabel diatas memperlihatkan hubungan kuat tarik secara teoritis $0,56\sqrt{f_c}$. Penggunaan rumus secara teoritis ini hampir mendekati data yang diperoleh secara aktual dilaboraturium. Winter, dkk (1993) menambahkan bahwa penggunaan rumus secara teoritis akan terus mengalami kenaikan kuat tarik seiring dengan kenaikan kuat tekan, sedangkan secara aktual kenaikan kuat tekan tidak selalu berkorelasi baik dengan kenaikan kuat tarik sehingga data yang diperoleh secara aktual tidak selalu mengalami kenaikan kuat tarik yang tinggi.

Pada tabel 5.3 untuk f_c 35 MPa terlihat bahwa prosentase kuat tarik terhadap kuat tekan antara 6,2853 – 11,9041%. Hasil penelitian ini mendekati yang dikatakan oleh Dipohusodo (1994), bahwa kuat tarik berkisar antara 9 -15% dari kuat tekan. Berbeda dengan yang ditampilkan pada tabel 5.4 untuk f_c 40 MPa, bahwa kuat tarik yang diperoleh berkisar antara 7,4688 – 8,7537% dari nilai kuat tekannya. Hasil penelitian ini kurang sesuai dengan yang diperoleh Dipohusodo (1994).

Pada variasi beton dengan f_c 35 MPa dengan pengurangan air 0% sampai 25% mengalami kenaikan kuat tarik seiring dengan penambahan *superplasticizier*, sedangkan pada 30% pengurangan air mengalami penurunan kuat tarik. Kenaikan kuat tarik dapat disebabkan oleh pengurangan air, pengurangan jumlah air (sebagai pelumas) dapat meningkatkan kuat tekan, walaupun kenaikan kuat tekan tidak berkorelasi baik dengan kekuatan tarik. Kekuatan tarik beton juga dipengaruhi oleh kekuatan ikatan antara adukan semen yang telah mengeras dengan agregat, sedang

yang menentukan kekuatan antar-ikatan tersebut adalah pemilihan dalam penggunaan bahan agregat halus dan agregat kasar. Winter dkk, (1993) mengatakan bahwa kekuatan tarik bagaimanapun ditentukannya, ternyata tidak berkorelasi baik dengan kuat tekan f_c . Dengan penggunaan bahan agregat kasar dan agregat halus kekuatan tarik terutama sekali tergantung pada kekuatan ikatan antara adukan semen yang telah mengeras dengan agregat.

Penurunan kuat tarik yang terjadi dapat diakibatkan oleh penggunaan *superplasticizier* yang melebihi dosis yang dianjurkan, sedangkan pada petunjuk penggunaan *superplasticizier* (Sikament-NN) dosis yang syaratkan antara 0,6 – 1,5% dari berat semen, sehingga workabilitas beton menjadi tinggi/encer dan pengikatan agregat oleh pasta semen menjadi kurang baik. Hal ini sesuai dengan yang dikatakan Smith dkk, (1989) bahwa penurunan yang terjadi pada B35-30A-SP juga dapat disebabkan oleh butiran dalam semen yang mengandung ion-ion negatif, sehingga jika bereaksi dengan *superplasticizier* akan membuat beton menjadi lebih plastis/encer sehingga workabilitas beton menjadi lebih tinggi dan menyebabkan pengikatan pasta oleh semen menjadi kurang baik.

Pada variasi f_c 40 MPa kuat tarik maksimal diperoleh pada B40-30A-SP yaitu 5,4439 MPa atau 73,6181% dari nilai kuat tarik B40-0A-SP. Kenaikan kuat tarik dapat diakibatkan oleh banyaknya semen yang ada dalam pasta sedangkan jumlah air rencana hanya sedikit sehingga menyebabkan kekuatan beton meningkat, dengan banyaknya jumlah semen yang ada dalam adukan maka ikatan antara agregat dengan semen menjadi lebih kuat. Hal ini sesuai dengan yang dikatakan Mulyono (2004), bahwa jika air yang berada diantara bagian-bagian semen jumlahnya sedikit menyebabkan jarak antara butiran-butiran semen menjadi pendek, akibatnya masa semen lebih menunjukkan keterikatannya (ikatannya menjadi lebih kuat). Ramachandran (1979), mengatakan bahwa dengan menambahkan *superplasticizier*, pengurangan air sebesar 25% dan 30% dapat dilakukan tanpa harus mengurangi workabilitas dan kekuatan karakteristik beton. Dengan variasi pengurangan air yang bertambah, menyebabkan nilai ratio air-semen menjadi berkurang, maka untuk

mencapai kekuatan tinggi dan menjaga workabilitas dilakukan penambahan *superplasticizer* yang harus disesuaikan untuk menghindari agar *segregation*, *bleeding*, dan efek samping lainnya tidak terjadi. Keleccakan beton segar akan berkurang apabila terjadi pengurangan kandungan air, oleh karena itu agar keleccakan tetap terjaga maka perlu ditambahkan *superplasticizer*.

5.5 Pengaruh pengurangan air terhadap Kuat Geser beton

Tujuan dari uji geser pada penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat geser langsung beton, yang sampai saat ini belum ada pedoman pengujian yang baku. Metode pengujian geser langsung ini dikembangkan oleh Ilham (2004) pada beton kinerja tinggi.

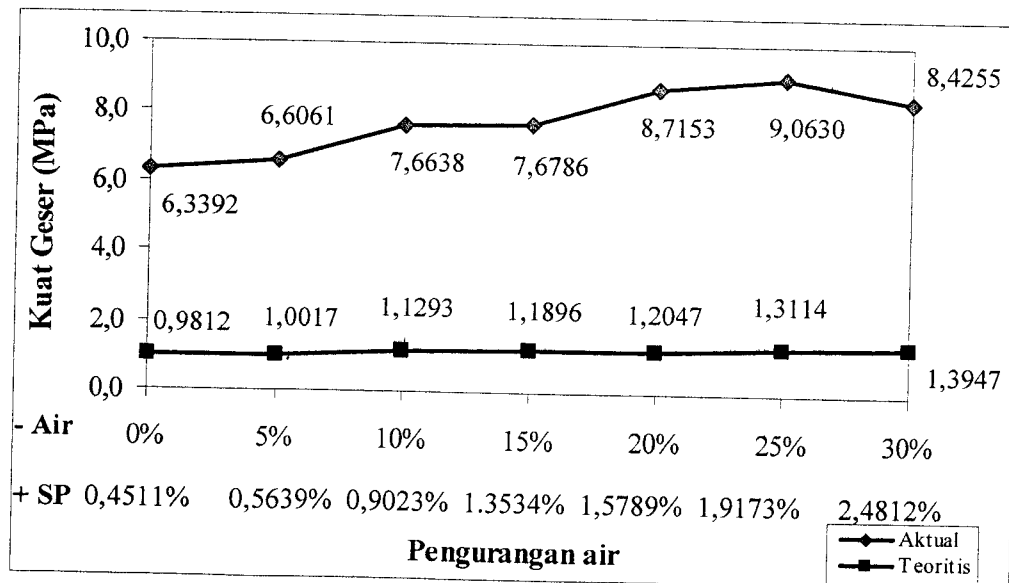
Tabel 5.5 Hubungan kuat geser dengan pengurangan air ($f'c$ 35 MPa)

Variasi	Pengurangan air (%)	Penambahan SP terhadap berat semen (%)	kuat tekan $f'c$ (MPa)	kuat geser			% kuat geser terhadap $f'c$
				fsh (MPa)	penambahan %	$1/6\sqrt{f'c}$ (MPa)	
B35-0A-SP	0	0,4511	34,6624	6,3392	0,0000	0,9812	18,2884
B35-5A-SP	5	0,5639	36,1256	6,6061	4,2098	1,0017	18,2864
B35-10A-SP	10	0,9023	45,9095	7,6638	20,8952	1,1293	16,6933
B35-15A-SP	15	1,3534	50,9440	7,6786	21,1283	1,1896	15,0726
B35-20A-SP	20	1,5789	52,2445	8,7153	37,4819	1,2047	16,6817
B35-25A-SP	25	1,9173	61,9080	9,0630	42,9677	1,3114	14,6395
B35-30A-SP	30	2,4812	70,0269	8,4255	32,9108	1,3947	12,0318

Tabel 5.6 Hubungan kuat geser dengan pengurangan air (f'_c 40 MPa)

Variasi	Pengurangan air (%)	Penambahan SP terhadap berat semen (%)	kuat tekan f'_c (MPa)	kuat geser			% kuat geser terhadap f'_c
				f_{sh} (MPa)	penambahan %	$1/6\sqrt{f'_c}$	
B40-0A-SP	0	0,8125	41,9822	4,5720	0,0000	1,0799	10,8903
B40-5A-SP	5	1,0156	45,6540	5,9007	29,0634	1,1261	12,9249
B40-10A-SP	10	1,1172	46,3109	6,7334	47,2760	1,1342	14,5396
B40-15A-SP	15	1,2187	49,0151	6,8011	48,7573	1,1668	13,8756
B40-20A-SP	20	1,5234	51,6245	8,8757	94,1327	1,1975	17,1928
B40-25A-SP	25	1,5234	54,0931	9,0448	97,8308	1,2258	16,7207
B40-30A-SP	30	2,4375	62,1899	9,1018	99,0791	1,3143	14,6356

Ket : Data Kuat tekan diambil dari data bersama Sutirno dan Hardiman, 2006

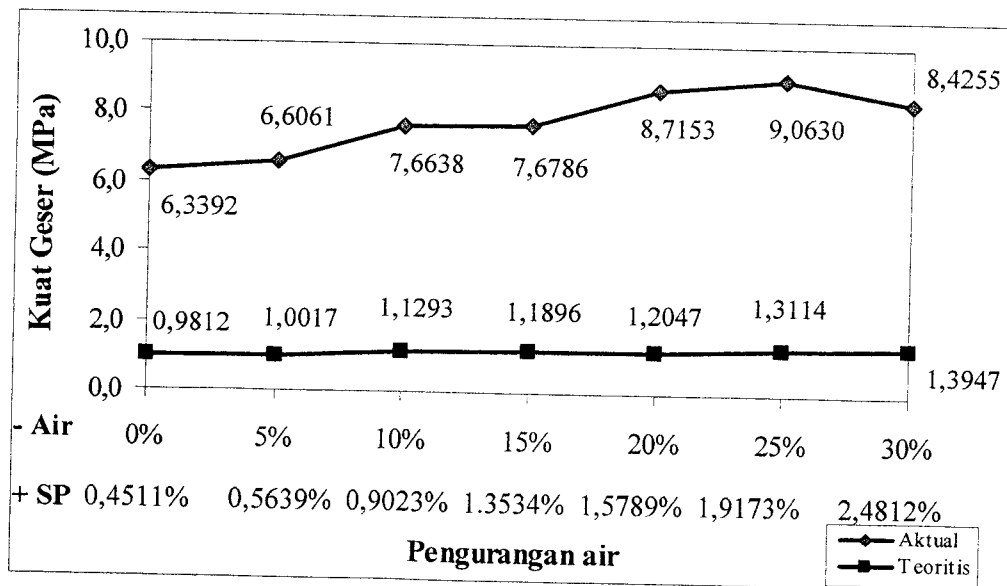


Gambar 5.5 Hub. kuat geser dengan pengurangan air pada mutu beton f'_c 35 MPa dengan slump \geq 150 mm

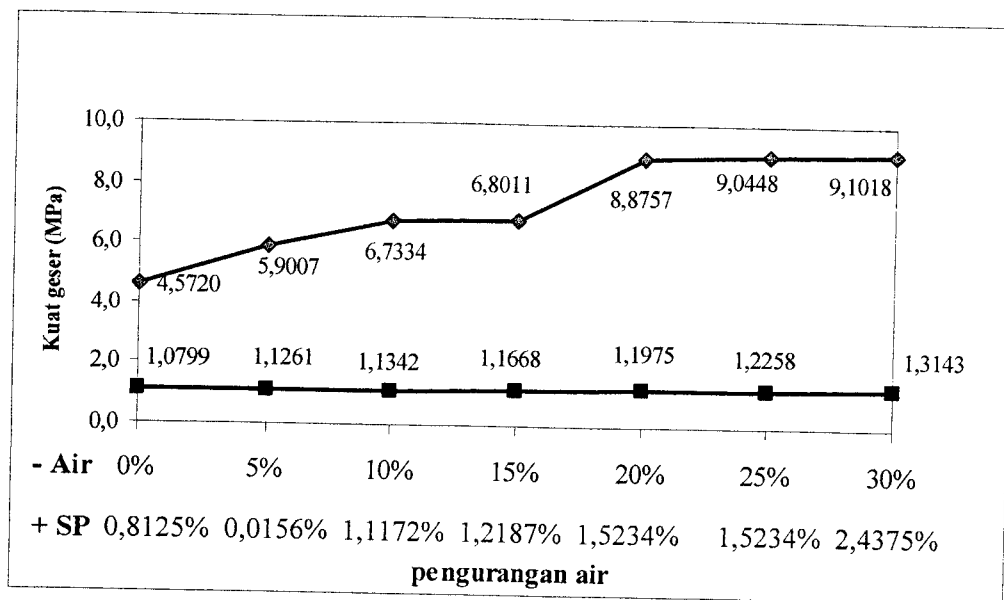
Tabel 5.6 Hubungan kuat geser dengan pengurangan air ($f'c$ 40 MPa)

Variasi	Pengurangan air (%)	Penambahan SP terhadap berat semen (%)	kuat tekan $f'c$ (MPa)	kuat geser			% kuat geser terhadap $f'c$
				fsh (MPa)	penambahan %	$1/6\sqrt{f'c}$ (MPa)	
B40-0A-SP	0	0,8125	41,9822	4,5720	0,0000	1,0799	10,8903
B40-5A-SP	5	1,0156	45,6540	5,9007	29,0634	1,1261	12,9249
B40-10A-SP	10	1,1172	46,3109	6,7334	47,2760	1,1342	14,5396
B40-15A-SP	15	1,2187	49,0151	6,8011	48,7573	1,1668	13,8756
B40-20A-SP	20	1,5234	51,6245	8,8757	94,1327	1,1975	17,1928
B40-25A-SP	25	1,5234	54,0931	9,0448	97,8308	1,2258	16,7207
B40-30A-SP	30	2,4375	62,1899	9,1018	99,0791	1,3143	14,6356

Ket : Data Kuat tekan diambil dari data bersama Sutrisno dan Hardiman, 2006



Gambar 5.5 Hub.kuat geser dengan pengurangan air pada mutu beton $f'c$ 35 MPa dengan slump \geq 150 mm



Gambar 5.6 Hub.kuat geser dengan pengurangan air pada mutu beton $f'c$ 40 MPa dengan slump \geq 150 mm

Pada tabel 5.5 dengan $f'c$ 35 MPa dan pengurangan air 0% sampai 25% mengalami kenaikan kuat geser. Pada tabel 5.6 dengan variasi beton $f'c$ 40 MPa dan pengurangan air 0% sampai 30% mengalami kenaikan kuat geser, sehingga diperoleh nilai kuat geser maksimum pada pengurangan air 30%.

Data secara teoritis yang menunjukkan hubungan antara kuat geser dengan kuat tekan $f'c$ menghasilkan perbandingan nilai kuat geser yang sangat kecil, berbeda dengan hasil yang diperoleh secara aktual. Pengujian kuat geser secara langsung menghasilkan nilai kuat geser yang lebih besar bila dibandingkan dengan yang cara teoritis, sehingga jika cara teoritis yang digunakan maka faktor aman yang dipakai akan terlalu besar. Dari hasil pengujian pada tabel 5.5 dan 5.6 terlihat bahwa prosentase kuat geser terhadap kuat tekan antara 10,8903 – 18,2884%. Hasil penelitian tersebut mendekati penelitian yang dilakukan Menon dkk (1993), yaitu antara 10% – 20% dari kuat tekan beton, dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar pengurangan air (sebagai pelumas) maka kuat tekan akan semakin besar walaupun tidak diikuti dengan kenaikan kuat geser yang besar pula.

Dikutib dari ASTM (*American Society for Testing and Materials*) C.1018, bahwa ada 3 parameter dalam menentukan kuat geser dari benda uji yaitu : bentuk, rasio tebal dengan panjang, dan konfigurasi pembebanan. semakin besar aspek rasio tebal dengan panjang maka semakin besar kuat gesernya, kuat geser terbesar terjadi pada B40-30A-SP, selain itu kuat lekatan antara semen dan agregat (*bond strength*) juga berpengaruh menahan gaya geser yang terjadi akibat pembebanan. Dari hasil pengamatan, yang ditunjukkan dengan banyaknya agregat yang terbelah dibandingkan agregat yang tercabut/terlepas. Pada pengamatan secara visual pada saat pengujian, agregat yang terbelah menunjukkan beton memiliki kekuatan lekatan yang baik antara agregat dengan pasta semen.

Penurunan kuat geser yang terjadi dapat diakibatkan oleh penggunaan *superplasticizer* yang melebihi dosis yang dianjurkan, sedangkan pada petunjuk penggunaan *superplasticizer* (Sikament-NN) dosis yang syaratkan antara 0,6 – 1,5% dari berat semen, sehingga workabilitas beton menjadi tinggi/encer dan pengikatan agregat oleh pasta semen menjadi kurang baik. Hal ini sesuai dengan yang dikatakan Smith dkk, (1989) bahwa penurunan yang terjadi pada B35-30A-SP juga dapat disebabkan oleh butiran dalam semen yang mengandung ion-ion negatif, sehingga jika bereaksi dengan *superplasticizer* akan membuat beton menjadi lebih plastis/encer sehingga workabilitas beton menjadi lebih tinggi dan menyebabkan pengikatan pasta oleh semen menjadi kurang baik. Ilham, (2004) menambahkan bahwa beton dengan campuran *superplasticizer* dosis tinggi tidak mengeras dalam 24 jam atau dapat mengeras dalam 24 jam tapi masih terlihat lembab, maka kemungkinan kuat tekan beton rendah, hal ini disebabkan *superplasticizer* dalam campuran beton melampaui titik jenuh. Akibatnya hidrasi semen menjadi terhambat, dan ikatan antar matriks semen dan agregat juga terhambat, maka kekuatan menjadi lemah.

5.6 Pengaruh pengurangan air terhadap Kuat Lentur beton

Menurut SK SNI M-60-1990-03 Pengujian kuat lentur beton dilakukan terhadap benda uji balok dengan dua tumpuan dan dua titik pembebanan. Sehingga didapat momen maksimum pada daerah L/3 tepat di tengah-tengah bentang. Kuat lentur beton merupakan kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas.

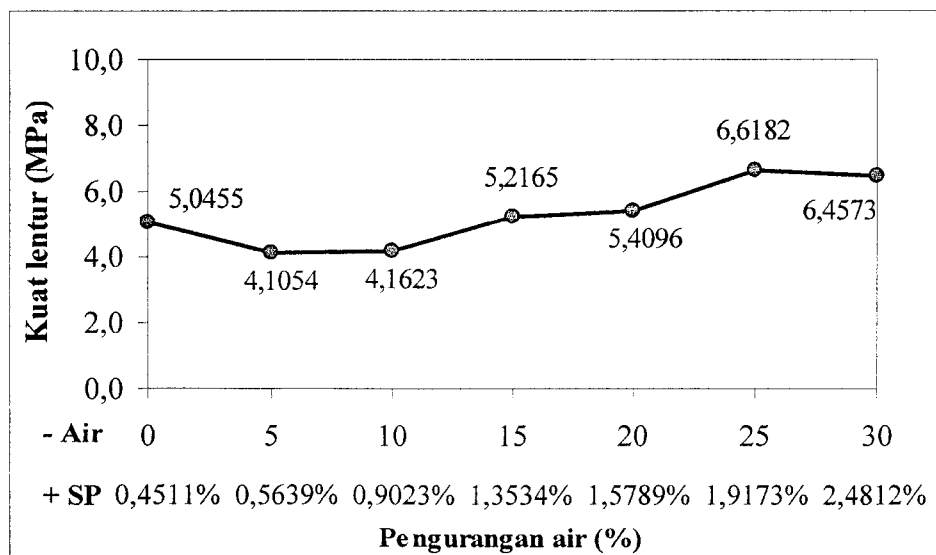
Tabel 5.7 Hubungan kuat lentur dengan pengurangan air (f_c 35 MPa)

Variasi	Pengurangan air (%)	Penambahan SP terhadap berat semen (%)	kuat tekan f_c (MPa)	kuat lentur		% kuat lentur terhadap f_c
				(MPa)	penambahan %	
B35-0A-SP	0	0,4511	34,6624	5,0455	0,0000	14,5562
B35-5A-SP	5	0,5639	36,1256	4,1054	-18,6317	11,3644
B35-10A-SP	10	0,9023	45,9095	4,1623	-17,5047	9,0663
B35-15A-SP	15	1,3534	50,9440	5,2165	3,3882	10,2396
B35-20A-SP	20	1,5789	52,2445	5,4096	7,2170	10,3545
B35-25A-SP	25	1,9173	61,9080	6,6182	31,1707	10,6904
B35-30A-SP	30	2,4812	70,0269	6,4573	27,9808	9,2212

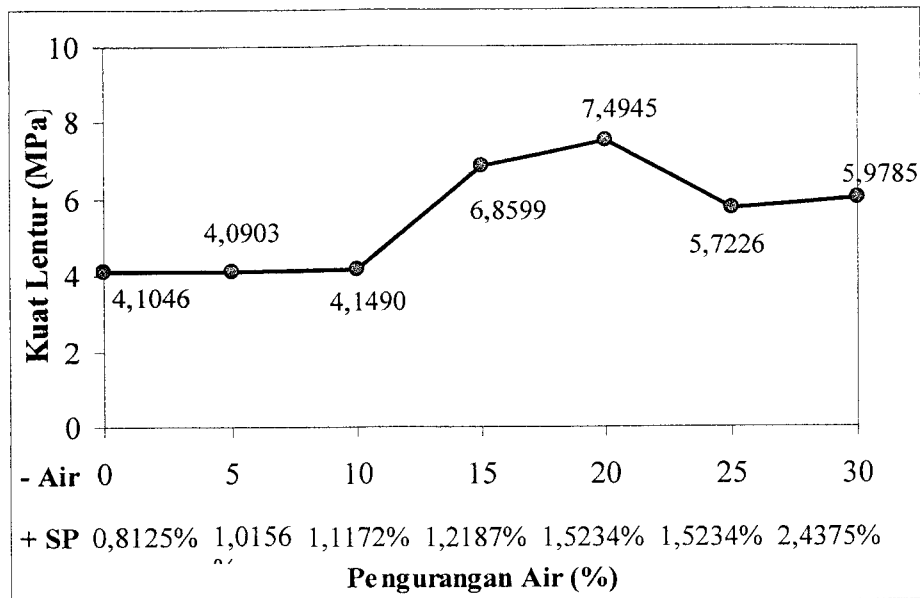
Tabel 5.8 Hubungan kuat lentur dengan pengurangan air (f_c 40 MPa)

Variasi	Pengurangan air (%)	Penambahan SP terhadap berat semen (%)	kuat tekan f_c (MPa)	kuat lentur		% kuat lentur terhadap f_c
				(MPa)	penambahan %	
B40-0A-SP	0	0,8125	41,9822	4,1046	0,0000	9,7770
B40-5A-SP	5	1,0156	45,6540	4,0903	-0,3494	8,9593
B40-10A-SP	10	1,1172	46,3109	4,1490	1,0806	8,9590
B40-15A-SP	15	1,2187	49,0151	6,8599	67,1267	13,9955
B40-20A-SP	20	1,5234	51,6245	7,4945	82,5863	14,5173
B40-25A-SP	25	1,5234	54,0931	5,7226	39,4190	10,5792
B40-30A-SP	30	2,4375	62,1899	5,9785	45,6541	9,6134

Ket : Data Kuat tekan diambil dari data bersama Sutrisno dan Hardiman, 2006



Gambar 5.7 Hub.kuat lentur dengan pengurangan air pada mutu beton f_c 35 MPa dengan slump \geq 150 mm



Gambar 5.8 Hub.kuat lentur dengan pengurangan air pada mutu beton $f'c$ 40 MPa dengan slump \geq 150 mm

Hasil pengujian kuat lentur sebagaimana ditunjukkan pada tabel dan gambar diatas bahwa peningkatan kuat lentur tidak berbanding lurus dengan pengurangan air dan penambahan *superplasticizer*. Pada variasi $f'c$ 35 MPa kuat lentur optimum diperoleh pada variasi B35-25A-SP yaitu 6,6182 MPa atau meningkat sebesar 31,1707% dari B35-0A-SP, kemudian pada variasi $f'c$ 40 MPa kuat lentur optimum terletak pada B40-20A-SP yaitu sebesar 7,4945 MPa atau 82,5863% dari kuat lentur B40-0A-SP.

Pada tabel diatas memperlihatkan data hasil pengujian bahwa prosentase peningkatan kuat lentur terhadap kuat tekan untuk $f'c$ 35 MPa yaitu antara 9,0663%-14,5562%, sedangkan pada $f'c$ 40 MPa prosentase kuat lentur terhadap kuat tekan adalah 8,9590%-14,5173%. Hasil ini hampir mendekati dengan yang dikemukakan oleh Jackson, (1983) bahwa kekuatan lentur bervariasi mulai dari 9,13%-19,09% dari kuat tekan selinder beton. Untuk $f'c$ 40 MPa pada variasi B40-5A-SP dan B40-10A-SP prosentase kuat lentur hanya 8,9593% dan 8,9590% dari nilai kuat tekan. Hal ini

dikarenakan setiap peningkatan dari kuat tekan tidak selalu diiringi dengan kenaikan kuat lentur yang linear dan pada variasi B40-5A-SP terjadi penurunan kuat lentur.

Peningkatan kuat lentur yang terjadi dapat diakibatkan oleh ratio air-semen yang rendah, ratio air-semen yang rendah dapat meningkatkan kuat tekan, walaupun kenaikan kuat tekan tidak selalu diiringi dengan kenaikan kuat lentur yang tinggi. Dari hasil penelitian diatas menyajikan data bahwa kuat lentur optimum berada pada 25% dan 20% pengurangan air berturut-turut untuk kuat tekan rencana 35 dan 40 MPa. Selain itu yang mempengaruhi peningkatan kuat lentur adalah kandungan semen yang tinggi pada mortar beton. Banyaknya jumlah semen yang ada pada mortar beton akan mempengaruhi lekatan antara agregat dengan semen. Mulyono, (2004) mengatakan bahwa jika air yang berada diantara bagian-bagian semen jumlahnya sedikit menyebabkan jarak antara butiran-butiran semen menjadi pendek, akibatnya masa semen lebih menunjukkan keterikatannya (ikatannya menjadi lebih kuat). Wahyudi, dkk (1997) juga mengatakan bahwa pada umumnya beton mutu tinggi memiliki sifat-sifat kandungan semen tinggi, ratio air-semen rendah, penggunaan agregat mutu tinggi, agregat berkadar air rendah dan penggunaan material pozzolana.

Penurunan kuat lentur yang terjadi dapat diakibatkan oleh tidak sesuaiinya pengurangan kandungan air dengan penambahan dosis *superplasticizer* yang ditambahkan yaitu sebesar 2,4375% dari berat semen, sedangkan pada petunjuk penggunaan *superplasticizer* (Sikament-NN) dosis yang syaratkan antara 0,6 – 1,5% dari berat semen, sehingga workabilitas beton menjadi tinggi/encer dan pengikatan agregat oleh pasta semen menjadi kurang baik. Penelitian yang dilakukan Baronio (1990), menghasilkan kuat tekan optimal dengan menggunakan *superplasticizer* 1,5% dari berat semen. R.C Smith dan C.K Andres (1989), dalam *material of constructions* mengatakan bahwa *superplasticizer* yang melapisi partikel semen kemudian memisahkan dan melepaskan semen dari ikatan, akibat air pelapisan ini juga menyebabkan muatan negatif pada partikel semen yang mengakibatkan adanya gaya

tolak menolak antar partikel sehingga menimbulkan tingkat workabilitas yang tinggi tanpa peningkatan nilai fas atau menimbulkan *bleeding dan segregation*.

5.7 Pengaruh pengurangan air terhadap Permeabilitas beton

Permeabilitas beton terhadap air merupakan faktor penting yang mempengaruhi durabilitas struktur beton yang berhubungan langsung dengan air, Permeabilitas beton berpengaruh terhadap durabilitas struktur beton dimana dapat menahan masuknya senyawa kimia yang dapat merusak beton. Permeabilitas beton dipengaruhi oleh antara lain faktor air-semen, kadar semen, kondisi lingkungan lokal dan material pembuat beton (Sugiharto, dkk 2004).

Tabel 5.9 Hubungan pengurangan air, penambahan *superplasticizer* dan permeabilitas beton ($f'c$ 35 MPa)

Variasi	Pengurangan air (%)	Penambahan SP terhadap berat semen (%)	fas	permeability	
				(cm/dt)	penambahan %
B35-0A-SP	0	0,4511	0,4000	0,000528	0,0000
B35-5A-SP	5	0,5639	0,3800	0,000486	-7,8947
B35-10A-SP	10	0,9023	0,3600	0,000417	-21,0526
B35-15A-SP	15	1,3534	0,3400	0,000403	-23,6842
B35-20A-SP	20	1,5789	0,3200	0,000306	-42,1053
B35-25A-SP	25	1,9173	0,3000	0,000278	-47,3684
B35-30A-SP	30	2,4812	0,2800	0,000264	-50,0000

Tabel 5.10 Hubungan pengurangan air, penambahan *superplasticizier* dan permeabilitas beton ($f'c$ 40 MPa)

Variasi	Pengurangan air (%)	Penambahan SP terhadap berat semen (%)	fas	permeability	
				(cm/dt)	penambahan %
B40-0A-SP	0	0,8125	0,3602	0,000389	0,0000
B40-5A-SP	5	1,0156	0,3422	0,000375	-3,5714
B40-10A-SP	10	1,1172	0,3242	0,000361	-7,1429
B40-15A-SP	15	1,2187	0,3062	0,000333	-14,2857
B40-20A-SP	20	1,5234	0,2882	0,000333	-14,2857
B40-25A-SP	25	1,5234	0,2702	0,000278	-28,5714
B40-30A-SP	30	2,4375	0,2521	0,000264	-32,1429

Pada kajian ini yang diukur hanya waktu penetrasi dan kedalaman penetrasi. Data yang ditampilkan pada tabel merupakan data hasil analisis, tiap variasi pengurangan air ada satu sampel uji permeabilitas (lampiran V). Dari tabel diatas dapat dilihat hubungan antara pengurangan air, penambahan *superplasticizier* dan permeabilitas beton. Pada variasi beton dengan $f'c$ 35 MPa dan $f'c$ 40 MPa dengan pengurangan air 0% sampai 30% kedalaman penetrasi air semakin kecil seiring dengan penambahan kadar *superplasticizier*, sehingga diperoleh nilai kedap air maksimum pada pengurangan air 30%.

Dari hasil pengujian permeabilitas diatas dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan *superplasticizier*, beton menjadi lebih *impermeable* (kedap air). Selain itu sifat beton yang *impermeable* dapat disebabkan oleh banyaknya kandungan semen yang ada pada campuran beton sedangkan penggunaan air yang berfungsi sebagai pelumas dikurangi hingga 30%. Kandungan semen yang banyak pada mortar beton menyebabkan porositas dan kadar pori pada beton berkurang sehingga ikatan antara agregat dengan semen menjadi lebih kuat dan penetrasi air untuk masuk kedalam beton menjadi kecil. Pengurangan kandungan air (sebagai pelumas) yang disertai dengan penambahan *superplasticizier* dengan dosis yang tepat dapat meningkatkan

kinerja/workabilitas dan menghasilkan beton yang lebih *impermeable*. Mulyono, (2004) mengatakan bahwa tujuan pengurangan faktor air-semen adalah untuk mengurangi porositas pada beton sehingga menghasilkan beton mutu tinggi.

Sugiharto, dkk (2004) melakukan penelitian tentang permeabilitas beton dan mendapatkan kedalaman penetrasi terkecil adalah 0,0370 cm/dt, dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan *superplasticizier* sampai dosis tertentu dapat menghasilkan workabilitas beton yang tinggi dan beton yang lebih *impermeable*.

Pengurangan air mengakibatkan penurunan kinerja/workabilitas beton sehingga beton menjadi lebih *porous* atau memiliki kadar pori tinggi. Dengan penambahan *superplasticizier* workabilitas beton dapat meningkat sehingga porositas dan kadar pori beton dapat berkurang. Sebagaimana yang dikatakan oleh Ilham, dkk (2004) bahwa *superplasticizier* dapat mengurangi porositas dan kadar pori pada beton akibat pengurangan kandungan air. Penambahan *superplasticizier* dengan dosis yang tepat disertai dengan perawatan dan pengerjaan adukan yang baik, mampu meningkatkan workabilitas dan kekuatan beton secara tidak langsung, tetapi bila tidak maka akan menghasilkan penurunan terhadap kuat tekan beton. Kondisi kepadatan beton juga dapat mempengaruhi permeabilitas beton, kepadatan beton dapat dilihat dari berat beton sebelum dilakukan pengujian. Kepadatan beton dipengaruhi oleh banyaknya agregat yang ada pada benda uji, dan sedikitnya pori yang terdapat pada beton. Wahyudi dkk, (2004) mengatakan bahwa proporsi air yang sedikit akan memberikan kekuatan yang tinggi pada beton, tetapi kelecakannya akan berkurang. Selain itu beton dengan ratio air-semen yang kecil juga akan menghasilkan beton yang kedap air, namun mutu beton tetap dipengaruhi cara pemadatan dan daya kerja, pemadatan yang kurang baik akan menimbulkan sarang kerikil (*honeycomb*) yang mengakibatkan beton menjadi keropos.

5.8 Pengaruh pengurangan air dan penambahan *superplasticizier* terhadap kuat tekan, kuat tarik, kuat geser, kuat lentur dan permeabilitas beton

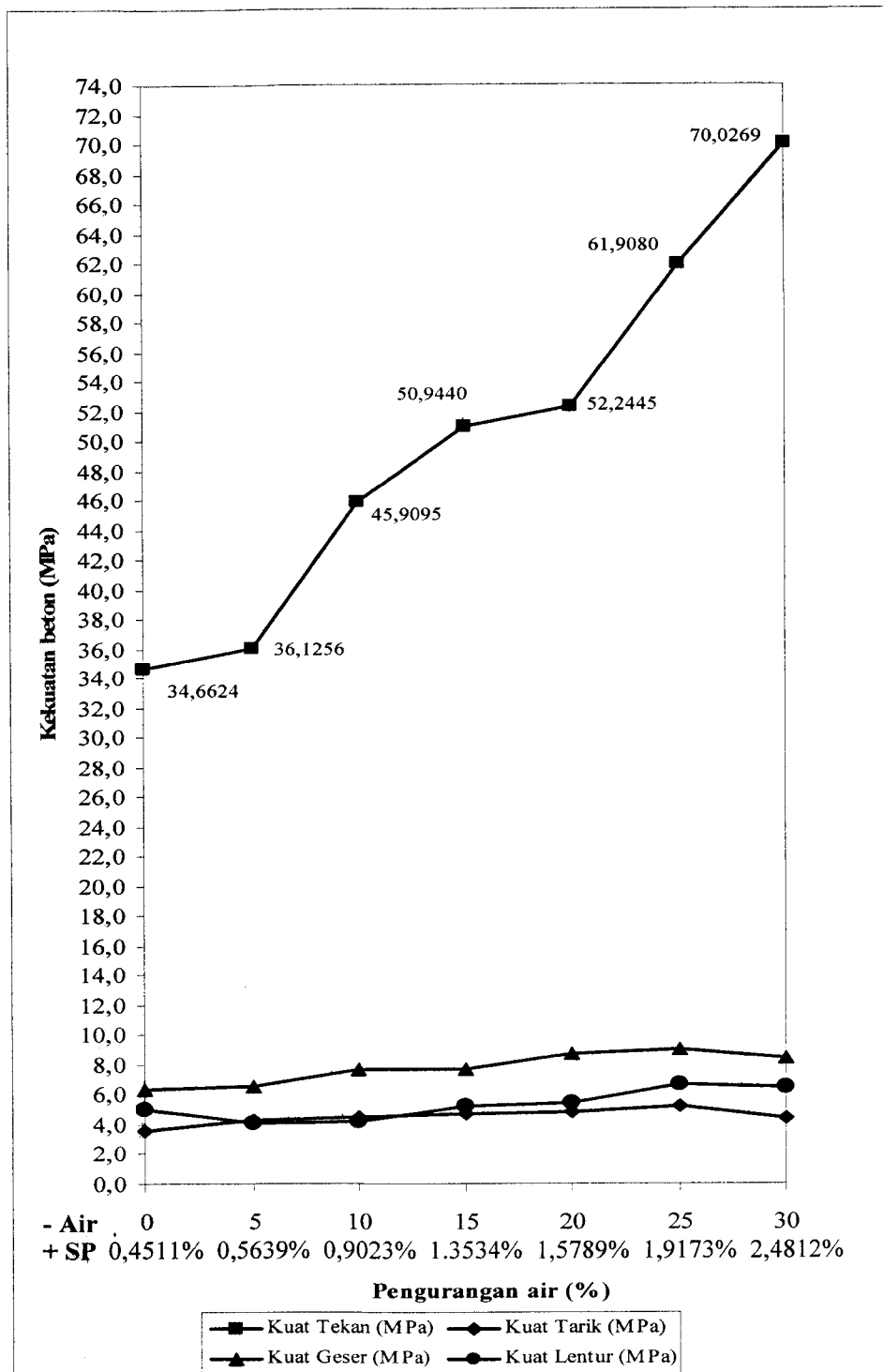
Tabel 5.11 Hubungan pengurangan air dan penambahan *superplasticizier* terhadap kuat tekan, kuat tarik, kuat geser, kuat lentur dan permeabilitas beton ($f'c$ 35 MPa)

Variasi	Pengurangan air (%)	Penambahan SP terhadap berat semen (%)	fas	kuat tekan $f'c$ (MPa)	kuat tarik $f'ct$ (MPa)	kuat geser $f'sh$ (MPa)	kuat lentur $f'lt$ (MPa)	permeability (cm/dt)
B35-0A-SP	0	0,4511	0,40	34,6624	3,6309	6,3392	5,0455	0,000528
B35-5A-SP	5	0,5639	0,38	36,1256	4,3004	6,6061	4,1054	0,000486
B35-10A-SP	10	0,9023	0,36	45,9095	4,4984	7,6638	4,1623	0,000417
B35-15A-SP	15	1,3534	0,34	50,9440	4,7647	7,6786	5,2165	0,000403
B35-20A-SP	20	1,5789	0,32	52,2445	4,8381	8,7153	5,4096	0,000306
B35-25A-SP	25	1,9173	0,30	61,9080	5,2036	9,0630	6,6182	0,000278
B35-30A-SP	30	2,4812	0,28	70,0269	4,4014	8,4255	6,4573	0,000264

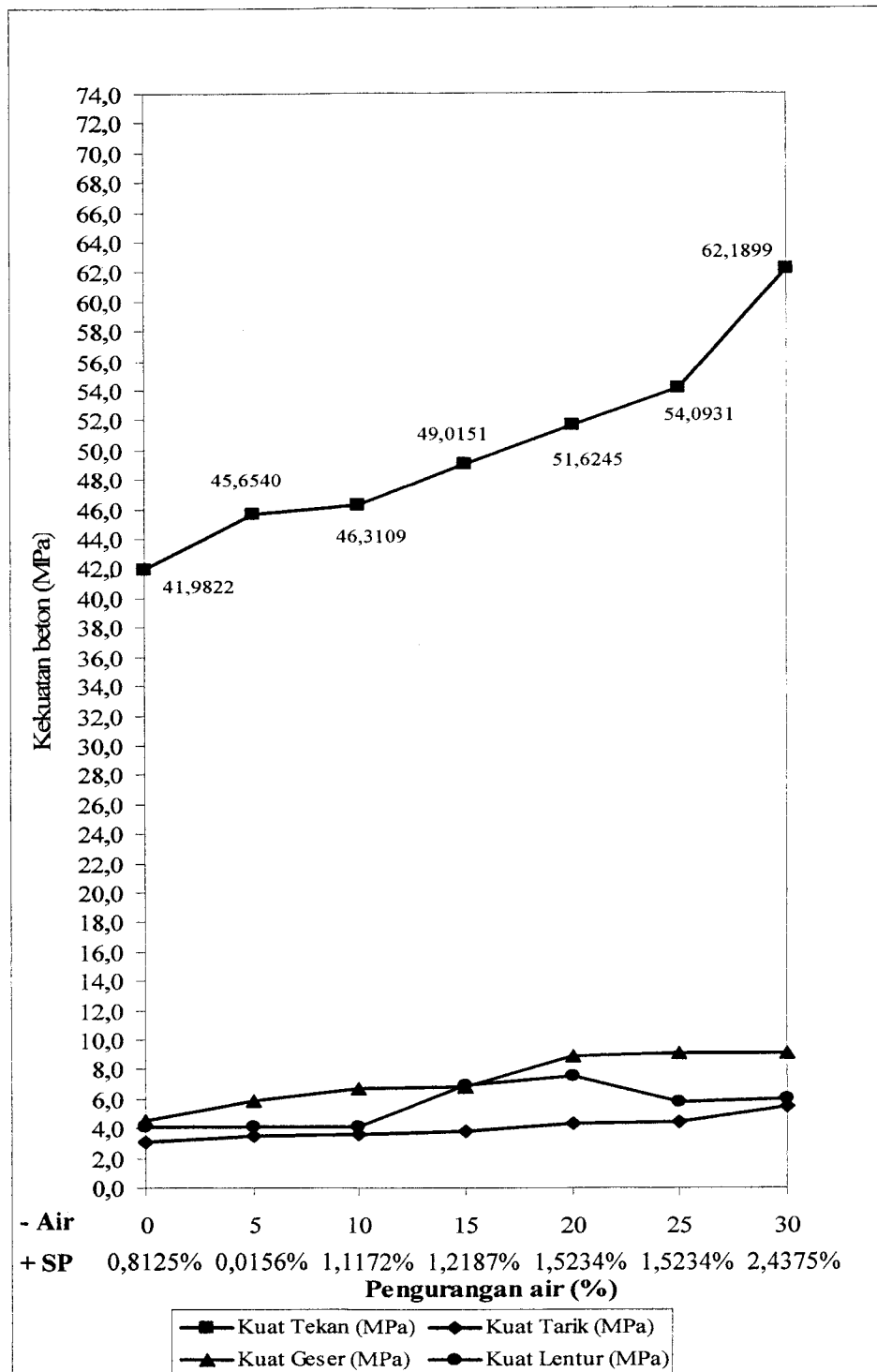
Tabel 5.12 Hubungan pengurangan air dan penambahan *superplasticizer* terhadap kuat tekan, kuat tarik, kuat geser, kuat lentur dan permeabilitas beton ($f'c$ 40 MPa)

Variasi	Pengurangan air (%)	Penambahan SP terhadap berat semen (%)	fas	kuat tekan $f'c$ (MPa)	kuat tarik $f'ct$ (MPa)	kuat geser $f'sh$ (MPa)	kuat lentur $f'lt$ (MPa)	permeability (cm/dt)
B40-0A-SP	0	0,8125	0,3602	41,9822	3,1356	4,5720	4,1046	0,000389
B40-5A-SP	5	1,0156	0,3422	45,6540	3,5126	5,9007	4,0903	0,000375
B40-10A-SP	10	1,1172	0,3242	46,3109	3,6325	6,7334	4,1490	0,000361
B40-15A-SP	15	1,2187	0,3062	49,0151	3,8132	6,8011	6,8599	0,000333
B40-20A-SP	20	1,5234	0,2882	51,6245	4,3075	8,8757	7,4945	0,000333
B40-25A-SP	25	1,5234	0,2702	54,0931	4,4310	9,0448	5,7226	0,000278
B40-30A-SP	30	2,4375	0,2521	62,1899	5,4439	9,1018	5,9785	0,000264

Ket : Data Kuat tekan diambil dari data bersama Sutrisno dan Hardiman, 2006



Gambar 5.9 Hubungan kuat pengurangan air, penambahan *superplasticizier*, kuat tekan, tarik, geser dan lentur beton f_c 35 MPa



Gambar 5.10 Hubungan kuat pengurangan air, penambahan *superplasticizier*, kuat tekan, tarik, geser dan lentur beton $f'c$ 40 MPa

Pada tabel 5.11 dan gambar 5.9 untuk $f'c$ 35 MPa atau tabel 5.12 dan gambar 5.10 untuk $f'c$ 40 MPa diatas dapat dilihat hubungan antara pengurangan air yang berfungsi sebagai pelumas dan penambahan *superplasticizier* terhadap kuat tekan, kuat tarik, kuat geser, kuat lentur dan permeabilitas beton. Pengurangan jumlah air (sebagai pelumas) akan meningkatkan kuat tekan beton, peningkatan kuat tekan beton terjadi seiring dengan pengurangan air dan bertambahnya *superplasticizier*. Kriteria kekefektifan penambahan *superplasticizier* akan berkurang seiring meningkatnya workabilitas adukan (Naelan dkk, 1994). Penambahan *superplasticizier* hanya berfungsi untuk meningkatkan kinerja/workabilitas beton, dengan pengurangan air kuat tekan beton akan meningkat tetapi workabilitas beton segar akan lebih rendah dari slump rencana yaitu 30-60 mm, untuk menjaga agar workabilitas beton sesuai dengan slump rencana maka ditambahkan *superplasticizier* sedikit-demi sedikit hingga mencapai slump yang diinginkan yaitu 150 mm. Hal ini sesuai dengan yang dikatakan Swamy (1989), bahwa dengan penggunaan *superplasticizier* nilai slump yang didapat antara 150 – 250 mm.

Pengurangan jumlah air yang berfungsi sebagai pelumas juga mempengaruhi kuat tarik, kuat geser dan kuat lentur beton. Peningkatan yang terjadi pada kuat tarik, kuat geser dan kuat lentur tidak sebesar dengan peningkatan yang terjadi pada kuat tekan. Hal ini dikarenakan peningkatan kuat tekan tidak selalu berkorelasi baik dengan peningkatan pada kuat tarik, kuat geser dan kuat lentur. Pada kuat tekan nilai maksimum diperoleh pada pengurangan air 30% berbeda dengan kuat tarik dan geser, nilai optimum diperoleh pada 25% pengurangan air untuk $f'c$ 35 MPa. Pada $f'c$ 40 MPa nilai kuat tarik dan geser maksimum pada 30% pengurangan air, sedangkan nilai kuat lenturnya maksimum pada 20% pengurangan air. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kuat tekan tidak selalu diiringi dengan peningkatan kuat tarik, geser dan lentur.

Peningkatan kuat tarik, geser dan lentur dapat diakibatkan oleh pengurangan air, pada $f'c$ 35 MPa nilai kuat tarik, geser dan lentur optimum pada pengurangan air

25%. Pada f_c 40 MPa nilai kuat tarik dan geser maksimum pada 30% pengurangan air, dan nilai kuat lentur optimum pada 20% pengurangan air.

Kekuatan beton juga dipengaruhi oleh kekuatan ikatan antara adukan semen yang telah mengeras dengan agregat, sedang yang menentukan kekuatan antar-ikatan tersebut adalah pemilihan dalam penggunaan bahan agregat halus dan agregat kasar, faktor lain yang mempengaruhi adalah banyaknya semen yang ada dalam pasta sedangkan jumlah air rencana hanya sedikit sehingga menyebabkan kekuatan beton meningkat, dengan banyaknya jumlah semen yang ada dalam adukan maka ikatan antara agregat dengan semen menjadi lebih kuat. Mulyono (2004), menambahkan bahwa jika air yang berada diantara bagian-bagian semen jumlahnya sedikit menyebabkan jarak antara butiran-butiran semen menjadi pendek, akibatnya masa semen lebih menunjukkan keterikatannya (ikatannya menjadi lebih kuat).

Penurunan kekuatan beton setelah mencapai nilai optimum disebabkan oleh penggunaan *superplasticizer* yang melebihi dosis yang dianjurkan, sedangkan pada petunjuk penggunaan *superplasticizer* (Sikament-NN) dosis yang syaratkan antara 0,6 – 1,5% dari berat semen, sehingga workabilitas beton menjadi tinggi/encer dan pengikatan agregat oleh pasta semen menjadi kurang baik. Hal ini sesuai dengan yang dikatakan Smith dkk, (1989) bahwa penurunan yang terjadi disebabkan oleh butiran dalam semen yang mengandung ion-ion negatif, sehingga jika bereaksi dengan *superplasticizer* akan membuat beton menjadi lebih plastis/encer sehingga workabilitas beton menjadi lebih tinggi dan menyebabkan pengikatan pasta oleh semen menjadi kurang baik. Ilham (2004) menambahkan bahwa beton dengan campuran *superplasticizer* dosis tinggi tidak mengeras dalam 24 jam atau dapat mengeras dalam 24 jam tapi masih terlihat lembab, maka kemungkinan kuat tekan beton rendah, hal ini disebabkan *superplasticizer* dalam campuran beton melampaui titik jenuh. Akibatnya hidrasi semen menjadi terhambat, dan ikatan antar matriks semen dan agregat juga terhambat, maka kekuatan menjadi lemah.

Pada tabel diatas dapat dilihat, bahwa dengan penambahan *superplasticizer*, beton menjadi lebih *impermeable* (kedap air). Selain itu sifat beton yang *impermeable*

dapat disebabkan oleh banyaknya kandungan semen yang ada pada campuran beton sedangkan penggunaan air dikurangi hingga 30%. Kandungan semen yang banyak pada mortar beton menyebabkan porositas dan kadar pori pada beton berkurang sehingga ikatan antara agregat dengan semen menjadi lebih kuat dan penetrasi air untuk masuk kedalam beton menjadi kecil. Pengurangan kandungan air (sebagai pelumas) yang disertai dengan penambahan *superplasticizier* dengan dosis yang tepat dapat meningkatkan kinerja/workabilitas dan menghasilkan beton yang lebih *impermeable*. Dari data permeabilitas diatas, beton dengan pengurangan air dan penambahan *superplasticizier* akan lebih *impermeable* serta menghasilkan kinerja/workabilitas beton yang lebih baik bila dibandingkan dengan beton tanpa pengurangan air tetapi dilakukan penambahan *superplasticizier*. Mulyono, (2004) mengatakan bahwa tujuan pengurangan faktor air-semen adalah untuk mengurangi porositas pada beton sehingga menghasilkan beton mutu tinggi.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. karakteristik beton segar dapat diketahui kelecakannya dengan melihat parameter nilai slump. Nilai slump rencana yaitu 30-60 mm, dengan nilai slump yang ingin dicapai adalah ≥ 150 mm, dimana beton segar tidak terjadi *bleeding* maupun *segregation*.
2. kuat tarik tertinggi sebesar 5,2036 MPa untuk kuat tekan rencana 35 MPa dan 5,4439 MPa untuk kuat tekan rencana 40 MPa dicapai oleh kombinasi pengurangan air 25% dan 30% dengan penambahan SP 1,9173% dan 2,4375% dari berat semen.
3. kuat geser tertinggi sebesar 9,0630 MPa untuk kuat tekan rencana 35 MPa dan 9,1018 MPa untuk kuat tekan rencana 40 MPa dicapai oleh kombinasi pengurangan air 25% dan 30% dengan penambahan SP 1,9173% dan 2,4375% dari berat semen.
4. kuat lentur tertinggi sebesar 6,6182 MPa untuk kuat tekan rencana 35 MPa dan 7,6941 MPa untuk kuat tekan rencana 40 MPa dicapai oleh kombinasi pengurangan air 25% dan 30% dengan penambahan SP 1,9173% dan 1,5234% dari berat semen.
5. penambahan *superplasticizier* yang disertai dengan pengurangan air yang berfungsi sebagai pelumas akan menghasilkan beton yang lebih *impermeable*, bila dibandingkan dengan penambahan *superplasticizier* tanpa disertai pengurangan air, seperti beton variasi B40-30A-SP lebih *impermeable* (kedap air) bila dibandingkan dengan variasi B40-0A-SP.
6. penetrasi terkecil diperoleh pada variasi B35-30A-SP dan B40-30A-SP dengan nilai permeabilitas yang sama yaitu 0,000264 cm/dt dan penambahan *superplasticizier* untuk $f'c$ 35 MPa sebesar 2,4812% dan untuk $f'c$ 40 MPa sebesar 2,4375% dari berat semen.

6.2 Saran

Dari kesimpulan hasil penelitian, didapatkan beberapa saran yang diharapkan dapat lebih melengkapi penelitian ini sehingga dapat berguna dalam bidang teknik sipil, yaitu sebagai berikut:

1. perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh kimia dari penambahan *superplasticizier* terhadap kuat desak, kuat tarik, kuat geser, kuat lentur, maupun permeabilitas beton.
2. perlu penelitian lebih lanjut guna mencari kadar *superplasticizier* optimum yang mampu memberikan kuat desak, kuat tarik, kuat geser, kuat lentur, maupun beton yang lebih *impermeable*.
3. perlu dilakukan penelitian guna menentukan dosis yang tepat antara penambahan *superplasticizier* dengan pengurangan jumlah air sehingga diperoleh kekuatan yang optimum.
4. perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan kombinasi bahan tambah kimia (*admixture*) ataupun bahan tambah mineral untuk menghasilkan kekuatan beton yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 211. 1993. *Guide for selecting proportions for high-strength concrete with Portland cement and fly ash*. ACI Materials Journal. May-June. Vol. 90, No. 3, hal. 272-283.
- ASTM (*American Society of Testing and Materials*). 1993
- Baronio, G., Mantegazza, G., dan Carminati, G., 1990, *Mechanical properties and durability of superplasticized silica fume mortars*, Chapman and Hall, hal. 241–250, London, Inggris. www.tfrc.gov/structur/concrete/conc90.htm
- Chaiyasena, T, 1992, *A Study of high strength concrete made from portland cement containing rice husk ash, fly ash and superplasticizer*. www.library.kku.ac.th/abstract/thesis/meng/se/2535/se350001e.html
- Departemen Pekerjaan Umum, 1990, SK SNI T-15-1991-03, Yayasan LPMB, Bandung.
- Dipohusodo, I., 1994, *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Drio Bramantyo dan Nurhadi Susanto, 2005. PENGARUH PENGURANGAN AIR DAN PENAMBAHAN SUPERPLASTICIZIER PADA KARAKTERISTIK BETON DENGAN KUAT TEKAN 20 DAN 25 MPa, Penelitian Tugas Akhir FTSP, UII, 2005.
- Fitria, H. dan Asna, L., 2003, Tugas Akhir Uji lab TINJAUAN PEMAKAIAN SUPERPLASTICIZIER PADA BETON MUTU TINGGI TERHADAP KUAT DESAK DAN KADAR OPTIMUM, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII, Jogjakarta.
- Gambhir, M.L., 1986, *CONCRET OF TECHNOLOGY*, Mc Graw Hill, New Delhi.
- Hastoro, P.A, dan Syafruddin, P.N., 2005, Tugas Akhir “PENGARUH PENGURANGAN KANDUNGAN AIR DAN PENAMBAHAN SUPERPLASTICIZIER PADA KOMPOSISI CAMPURAN BETON

- KUAT TEKAN 30 DAN 40 MPa”, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII, Jogjakarta.
- Ilham, A., 2004, Seminar “PENGARUH BAHAN TAMBAH POZOLAN SILICA FUME, ABU SEKAM PADI DAN ABU TERBANG PADA BETON KINERJA TINGGI”, UII, Jogjakarta.
- Ilham, A., Zain, M.F.M., Yusuf, M.K., dan Mahmud, H.B., 2003, Pengaruh Superplasticizer Terhadap *Workability* dan Kuat Tekan Beton Kinerja Tinggi dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi. *Jurnal Teknisia* Vol. VII No. 1, April 2003.
- Jackson, N., 1983, *Civil engineering material*, Mcmillan Publisher LTD, London
- , 1971, PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA, N. I-2, Direktorat Jendral Cipta Karya, Jakarta. Hal 147-148.
- Maholtra, V. M., dan Ramachandran, V. S., 1984, *Superplasticizer In Concrete Admixtures handbook: Properties, science, and technoogy*, Editor: V. S. Ramachandran, Park Ridge, N.J.: Noyes publications, hal. 211-68.
- Menon, Pillai, U., 1993, *Reinforced concrete design*. New Delhi. Hal : 53-54
- Murdock, L.J., dan K.M, Brook., 1986, BAHAN DAN PRAKTEK BETON, Erlangga, Jakarta.
- Muzzamil dan Budiono, 1994, ”PENGARUH PEMAKAIAN BAHAN TAMBAH SUPERPLASTICIZIER TERHADAP KUAT DESAK BETON, Penelitian Tugas Akhir FTSP, UII, 1994.
- Nawy, E.G., 1990, BETON BERTULANG SUATU PENDEKATAN DASAR, Eresco, Bandung.
- PUBI-1982, 1982, *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Badan Penelitian dan pengembangan P.U., Bandung
- Ramachandran, V. S., 1979, *Superplasticizer in Concrete*. <http://www.irc.nrc-cnrc.gc.ca/cbd/cbd203e.html>.
- Sigh, N. B., Sarvahi, R. dan Sigh, N. V. 1992. *Effect superplasticizier on the hydration of cement. Cement and concrete research*. 22: 725-735

- Smith R. C dan C.K Andres, 1989. *Material of Constructions. Fourth edition.* McGraw-hill book company, Hal: 124-125
- Sugiharto, H., dan W.F, Tjong., 2004, DIMENSI TEKNIK SIPIL. <http://puslit.petra.ac.id./journals/civil/>
- Sulistiyani, R. A., dan Neni, N., 2005. PENGARUH ABU SEKAM PADI TERHADAP BETON KINERJA TINGGI, Penelitian Tugas Akhir FTSP, UII, 2005.
- Swamy, R. N., 1989, *Superplasticizer and concrete durability*, American Concrete Institute pp. 361-382. (ACI SP-119) , Detroit, MI, USA. [www.encosrl.it/encosrlITA/servizi/pdf degrado/62.pdf](http://www.encosrl.it/encosrlITA/servizi/pdf%20degrado/62.pdf)
- Tjokrodinuljo, K., 1992, TEKNOLOGI BETON, Biro Penerbit, Jogjakarta.
- Wahyudi, L dan Syahril, A. R, 1997, STRUKTUR BETON BERTULANG, Gramedia Puataka Utama, Jakarta.
- Wang, C.K., dan C.G, Salmon., 1993, DESAIN BETON BERTULANG, Erlangga, Jakarta.
- Yulianto, S dan Dodik, A., 2005. PENGARUH TEMPERATUR TINGGI TERHADAP KUAT DESAK BETON YANG MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH *SUPERPLASTICIZIER*, Penelitian Tugas Akhir FTSP, UII, 2005.

LAMPIRAN I

(Berkas-berkas Tugas Akhir)



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

Jogyakarta, 1-Sep-06

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

Jogyakarta

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 : Wisnu
No. Mhs. : 02 511 167
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 :

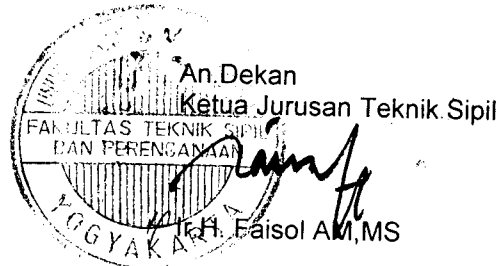
Dosen Pembimbing I	:	Ade Ilham,Dr,Ir,MT
Dosen Pembimbing II	:	Ade Ilham,Dr,Ir,MT

Dengan Mengambil Topik /Judul :

Perilaku Beton Normal Dengan Penambahan Superplacizer Dan Pengurangan Jumlah Air Terhadap Kuat Tarik Dan Geser Dengan Variasi Fc' Dan 40 Mpa

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.



Tembusan

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



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

JURUSAN : TEKNIK SIPIL, ARSITEKTUR, TEKNIK LINGKUNGAN
KAMPUS : Jalan Kaliurang KM 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707, 896440. Fax: 895330
Email : dekanat@ftsp.uii.ac.id. Yogyakarta Kode Pos 55584

No. : 4...../Kajur.TS/20/FTSP/ XII / 2006
Hal : Pengganti Pembimbing Tugas Akhir

Yogyakarta, 9-Dec-06

Kepada Yth.
Bapak/Ibu : A Kadir Aboe,Ir,H,MT
Dosen Pembimbing Tugas Akhir
Jurusan Teknik Sipil FTSP - UII
Di
YOGYAKARTA.

Assalamu'alaikum wr.wb.

Sehubungan Bapak Ade Ilham,Dr,Ir,MT Sedang Sakit , maka pada pembimbingan Tugas Akhir yang belum selesai bimbingannya kami mohon dengan hormat kepada Bapak/Ibu agar melanjutkan bimbingannya. Adapun mahasiswa yang dimaksud adalah:

N a m a	: Wisnu
No. Mahasiswa	: 02 511 167
Tahun Akademi	: 2006 - 2007
Periode	: I (Sept.06- Pebr.07)
Berlaku	: Sampai Akhir Pebruari 2007
Dosen Pengganti I	: A Kadir Aboe,Ir,H,MT
Dosen Pengganti II	: Suharyatmo,Ir,H,MT
<u>Judul Tugas Akhir</u>	
Pengaruh Penambahan Superplacizer Dan Pengurangan Jumlah Air Terhadap Kuat Tarik ,Geser ,Lentur Dan Permeabilitas Pada Beton Mutu 35 Dan 40 Mpa	

Demikian permohonan kami, atas perhatian dan bantuan serta kerjasama yang baik diucapkan banyak terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Ketua Jurusan Teknik Sipil,
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
(Signature)
Ir. H. Faisol AM,MS H



UNTUK DOSEN

**KARTU PRESENSI KONSULTASI
TUGAS AKHIR MAHASISWA**

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

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Wisnu	02 511 167	Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR

Perilaku Beton Normal Dengan Penambahan Superplacizer Dan Pengurangan Jumlah Air Terhadap Kuat Tarik Dan Geser Dengan Variasi Fc' Dan 40 Mpa

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



Jogjakarta ,6-Sep-06
Dekan,
[Signature]
Ir.H.Faisol AM, MS

Catatan :	
Seminar :	
Sidang :	
Pendadaran :	

LAMPIRAN II

(Pengujian Awal)



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

Jln. Kaliurang Km. 14,4 Tlp. (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR PASIR

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

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

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

URAIAN	Rata-rata
Berat Pasir Kering Mutlak, gram (Bk)	477,33
Berat Pasir Kondisi Jenuh Kering Muka, gram	500
Berat Piknometer Berisi Pasir dan Air, gram (Bt)	1140,5
Berat Piknometer Berisi Air, gram (B)	831,5
Berat Jenis Curah, gram/cm ³ (1) Bk / (B + 500 - Bt)	2,502
Berat Jenis Jenuh Kering Muka, gram/cm ³ (2) 500 / (B + 500 - Bt)	2,621
Berat Jenis Semu..... (3) Bk / (B + Bk - Bt)	2,834
Penyerapan Air..... (4) (500 - Bk) / Bk x 100%	4,752 %


Keterangan :

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

Kesimpulan : berat jenis jenuh kering muka pasir tersebut = 2,621 gr/cm³

Yogyakarta, Desember 2006

Disahkan


LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

Dikerjakan oleh

Wisnu



HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR
KRIKAK/KERIKIL

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

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

URAIAN	Contoh 1	Contoh 2	Contoh 3
Berat Kerikil Kering Mutlak, gram (Bk)	4801	4830	4805
Berat Kerikil Kondisi Jenuh Kering Muka, gram (Bj)	5000	5000	5000
Berat Kerikil Dalam Air, gram (Ba)	3098	3108	3119
Berat Jenis Curah,.....(1) $Bk / (Bj - Ba)$	2,524	2,553	2,554
Berat Jenis jenuh Kering Muka,..... (2) $Bj / (Bj - Ba)$	2,629	2,643	2,658
Berat Jenis Semu,..... (3) $Bk / (Bk - Ba)$	2,819	2,805	2,85
Penyerapan Air,..... (4) $(Bj - Bk) / Bk \times 100\%$	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 = $2,643 \text{ gr/cm}^3$

Yogyakarta, Desember 2006

Disahkan

Dikerjakan oleh

Wisnu



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

Jln. Kaliurang Km. 14,4 Tlp. (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

HASIL PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT KASAR

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

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


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

Uraian	Contoh 3	Rata-rata
Berat Tabung (W_1), gram	15967	15967
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W_2), gram	33000	32589,41
Berat Agregat Bersih (W_3), gram	17033	16622,41
Volume Tabung (V), cm^3	10760	10763,52
Berat Isi Padat (W_3 / V), $gram/cm^3$	1,58	1,54

Yogyakarta, Desember 2006

Disahkan

Dikerjakan oleh


**LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII**

Wisnu



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

Jln. Kaliurang Km. 14,4 Tlp. (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

DATA MODULUS HALUS BUTIR (MHB) AGREGAT HALUS

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

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

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

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

Yogyakarta, Desember 2006

Disahkan

**LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UJI**

Dikerjakan oleh

Wisnu



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

Jln. Kaliurang Km. 14,4 Tlp. (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

GRADASI PASIR

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

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

Hasil analisa ayakan masuk daerah : 2 (dua)

Jenis pasir : agak kasar

Yogyakarta, Desember 2006

Disahkan

Dikerjakan oleh

Wan
**LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UJI**

Wisnu

LAMPIRAN III

(*Mix design*)

Perencanaan kebutuhan beton f_c 35 MPa

Perencanaan kebutuhan beton f_c 40 MPa

Perencanaan Kebutuhan Beton

A. Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan 28 hari.

Beton akan dipakai untuk pembuatan sampel dengan kuat tekan $f'_c = 35$ MPa

Jenis semen : jenis I (Portland Cement)

Jenis kerikil : batu pecah

Ukuran maksimum kerikil : 20 mm

Nilai slump : 30 – 60 mm

Jenis pasir : agak kasar (golongan dua)

B. Menetapkan nilai deviasi standar (sd).

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

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

Tabel 1.1 Tingkat pengendalian mutu pekerjaan dan standar deviasi

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	sd (Mpa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

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

Tabel 1.2 Faktor Pengali Deviasi Standar

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

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

C. Menghitung nilai tambah Margin (M)

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

Keterangan :

M = Nilai tambah

K = 1,64

Sd = Standar deviasi

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

Maka nilai tambah margin adalah :

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

D. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan

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

Keterangan :

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

f'_c = Kuat tekan yang disyaratkan

M = Nilai tambah

$$f'_{cr} = 35 + 6,888 = 41,888 \text{ MPa}$$

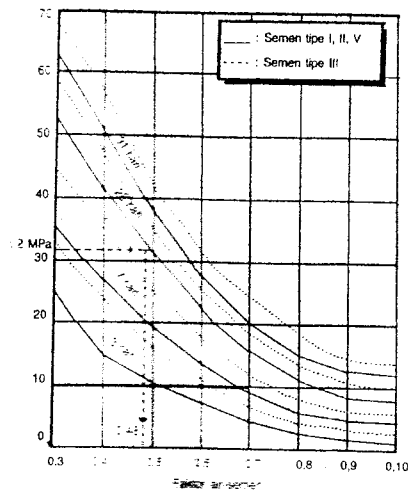
E. Menetapkan Jenis Semen

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

F. Menetapkan faktor air-semen

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

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



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

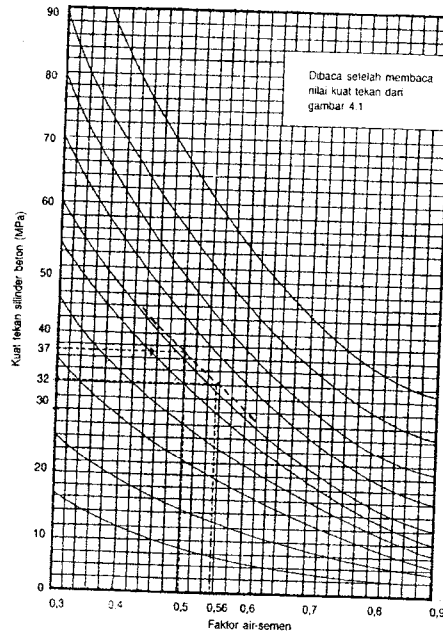
Cara kedua : Diketahui jenis semen I, jenis agregat kasar batu pecah. Kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari maka digunakan tabel dibawah ini.

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

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

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

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



Gambar 4.2. Grafik mencari faktor air semen.

Gambar 1.2 Mencari faktor air semen

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

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

Dengan cara ini diperoleh :

- a) Untuk pembetonan di dalam ruang bangunan dan keadaan keliling non korosif = 0,6
- b) Untuk beton yang berhubungan dengan air tanah, dengan jenis semen tipe I tanpa pozolan untuk tanah mengandung SO_3 antara 0,3 – 1,2, maka fas yang diperoleh = 0,50.
- c) Untuk beton bertulang dalam air tawar dan tipe semen I yaitu faktor air-semennya = 0,50

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

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

Jenis pembetonan	f.a.s maksimum
Beton di dalam ruang bangunan :	
- Keadaan keliling non korosif	0,60
- Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	0,52
Beton di luar bangunan :	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 0,40 ; 0,48; 0,6 maka nilai fas diambil nilai yang terendah yaitu **0,40**

G. Menetapkan nilai Slump

Tabel 1.5 Penetapan nilai slump

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

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

H. Menetapkan kebutuhan air

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

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

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

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

Tabel 1.7 Penentuan kebutuhan air berdasarkan agregat

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

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

I. Menetapkan kebutuhan semen

Berat semen per meter kubik beton dihitung dengan :

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

Keterangan :

W = Jumlah air yang dibutuhkan

C = Faktor air-semen maksimum

$$F.A.S = \frac{210}{0,40} = 525 \text{ kg/m}^3$$

J. Menetapkan kebutuhan semen minimum

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

Tabel 1.8 Kebutuhan semen minimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus

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

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

Diambil kebutuhan semen dengan nilai terbesar adalah **525 kg/m³**

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

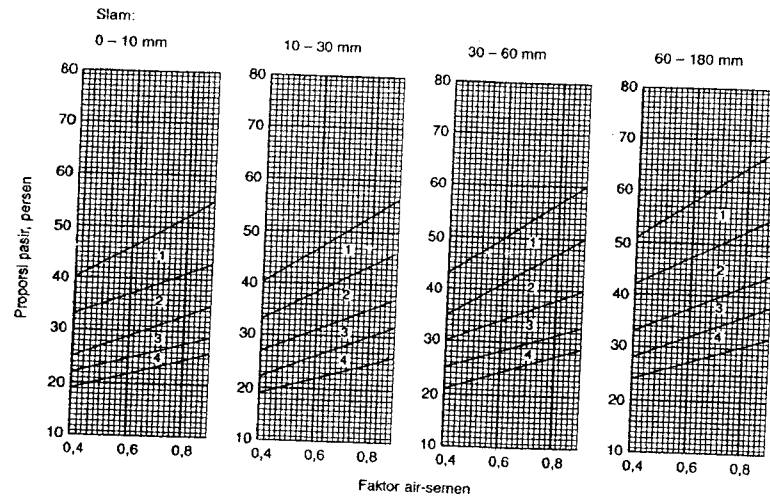
Tabel 1.9 Gradasi Pasir

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 = 0,40
- Daerah pasir = daerah 2
- Slump = 30 – 60 mm
- Agregat maksimum = 20 mm
- Maka didapat persentase pasir = 35%**
- persentase kerikil = 65%**

M. Menentukan berat jenis campuran pasir dan kerikil

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

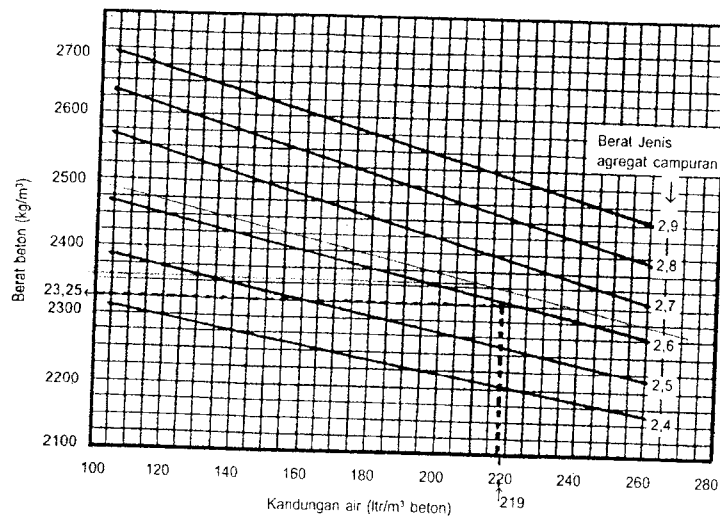
Keterangan :

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

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

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 **2355 kg/m³** dengan cara kebutuhan air

O. Menentukan Kebutuhan Pasir dan Kerikil

$$\begin{aligned} \text{Berat pasir} + \text{berat kerikil} &= \text{berat beton} - \text{kebutuhan air} - \text{kebutuhan semen} \\ &= 2355 - 210 - 525 = \mathbf{1620 \text{ kg}} \end{aligned}$$

P. Menentukan Kebutuhan Pasir

$$\text{Kebutuhan pasir} = 1620 \times 35\% = \mathbf{567 \text{ kg}}$$

Q. Menentukan Kebutuhan Kerikil

$$1620 - 567 = \mathbf{1053 \text{ kg}}$$

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

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

Kesimpulan

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

Perencanaan Kebutuhan Beton

A. Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan 28 hari.

Beton akan dipakai untuk pembuatan sampel dengan kuat tekan $f'_c = 40 \text{ MPa}$

Jenis semen : jenis I (Portland Cement)

Jenis kerikil : batu pecah

Ukuran maksimum kerikil : 20 mm

Nilai slump : 30 – 60 mm

Jenis pasir : agak kasar (golongan dua)

B. Menetapkan nilai deviasi standar (sd).

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

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

Tabel 1.1 Tingkat pengendalian mutu pekerjaan dan standar deviasi

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	sd (Mpa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

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

Tabel 1.2 Faktor Pengali Deviasi Standar

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

(Sumber: *Triono Budi Astanto, 2001*)

C. Menghitung nilai tambah Margin (M)

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

Keterangan :

M = Nilai tambah

K = 1,64

Sd = Standar deviasi

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

Maka nilai tambah margin adalah :

$$M = 1,64 \times 4,2 = 6,804 \text{ Mpa}$$

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

$$f'_{cr} = 40 + 6,804 = 46,804 \text{ MPa}$$

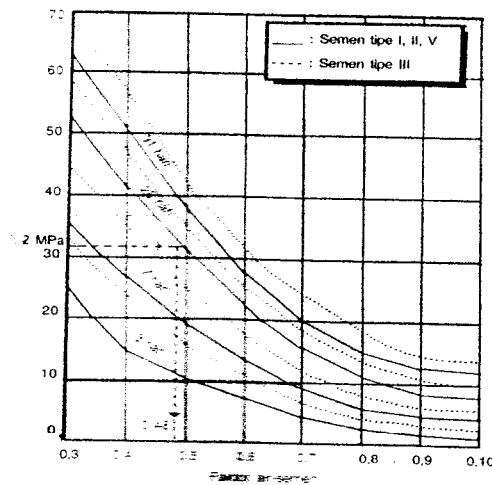
E. Menetapkan Jenis Semen

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)

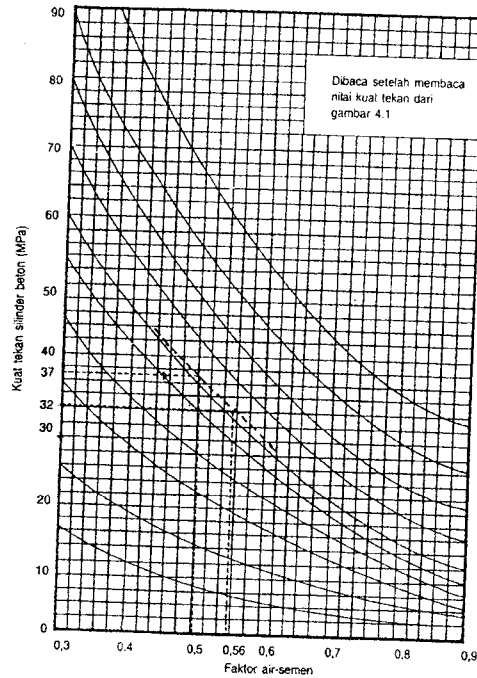
Cara kedua : Diketahui jenis semen I, jenis agregat kasar batu pecah. Kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari maka digunakan tabel dibawah ini.

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
III	Alami	21	28	38	44
	Batu pecah	25	33	44	48

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

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



Gambar 4.2. Grafik mencari faktor air semen.

Gambar 1.2 Mencari faktor air semen

Caranya, tarik garis kekanan mendatar 37, tarik garis keatas 0,5 dan berpotongan pada titik A. Buat garis putus-putus dimulai dari titik A ke atas dan ke bawah melengkung seperti garis yang di atas dan di bawahnya. Sekarang dengan $f'_{cr} = 46,804$ 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 pembetonan dan lengkungan khusus, beton yang berhubungan dengan air tanah mengandung sulfat untuk beton bertulang terendam air.

Dengan cara ini diperoleh :

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

- b) Untuk beton yang berhubungan dengan air tanah, dengan jenis semen tipe I tanpa pozolan untuk tanah mengandung SO_3 antara 0,3 – 1,2, maka fas yang diperoleh = 0,50.
- c) Untuk beton bertulang dalam air tawar dan tipe semen I yaitu faktor air-semennya = 0,50
- Dari ketiga cara di atas diperoleh masing-masing 0,6; 0,5; dan 0,5 diambil harga yang terendah yaitu 0,5 maka diperoleh faktor air-semennya = 0,5

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

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

(Sumber: *Triono Budi Astanto, 2001*)

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

G. Menetapkan nilai Slump

Tabel 1.5 Penetapan nilai slump

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

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

H. Menetapkan kebutuhan air

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

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

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

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

Tabel 1.7 Penentuan kebutuhan air berdasarkan agregat

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

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

I. Menetapkan kebutuhan semen

Berat semen per meter kubik beton dihitung dengan :

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

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/m³**

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

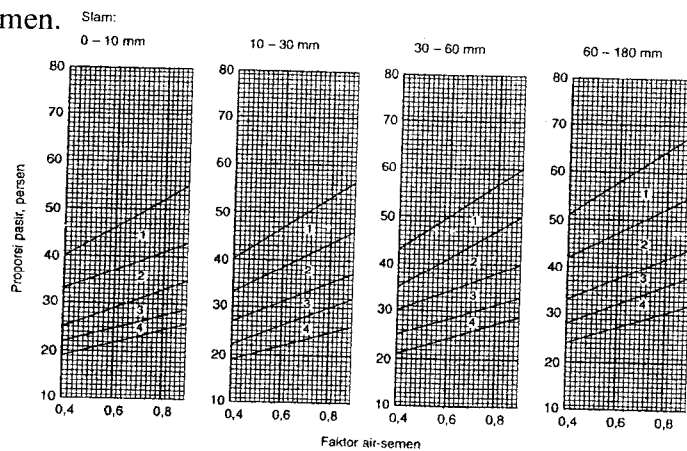
Tabel 1.9 Gradasi Pasir

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

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

Keterangan :

Bj campuran = Berat jenis campuran

P = Persentase pasir terhadap agregat campuran

K = Persentase kerikil terhadap agregat campuran

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

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

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

No	Uraian	Jumlah
1	Kuat tekan yang disyaratkan pada umur 28 hari	40 Mpa
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 ³
15	Berat jenis beton	2374 kg/m ³
16	Kebutuhan agregat	1581 kg/m ³
17	Kebutuhan agregat halus	521,73 kg/m ³
18	Kebutuhan agregat kasar	1059,3 kg/m ³

Kesimpulan

Volume	Berat total	Air	Semen	Ag. halus	Ag. kasar
1 m ³	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 IV

(Berat Volume, Faktor Air-Semen)

Berat Volume Kuat Tarik Beton f'c 35 MPa

0%

NO	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Luas (mm ²)	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	151	300	13	17898.79	0.0179	0.300	0.0054	0.013	2.4210
2	149	300	13	17427.79	0.0174	0.300	0.0052	0.013	2.4865
3	150	301	13	17662.50	0.0177	0.301	0.0053	0.013	2.4453
Total									7.3527
rata-rata									2.4509

5%

NO	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Luas (mm ²)	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	150	302	13.0	17662.50	0.017663	0.302	0.0053	0.0130	2.4372
2	151	300	13.1	17898.79	0.017899	0.300	0.0054	0.0131	2.4396
3	149	300	13.1	17427.79	0.017428	0.300	0.0052	0.0131	2.5056
Total									7.3824
rata-rata									2.4608

10%

NO	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Luas (mm ²)	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	151	300	13.10	17898.79	0.0179	0.300	0.0054	0.0131	2.4396
2	151	301	13.05	17898.79	0.0179	0.301	0.0054	0.0131	2.4223
3	150	301	13.20	17662.50	0.0177	0.301	0.0053	0.0132	2.4829
Total									7.3448
rata-rata									2.4483

15%

NO	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Luas (mm ²)	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	150	301	13.1	17662.50	0.0177	0.301	0.0053	0.0131	2.4641
2	147	299	13.1	16963.07	0.0170	0.299	0.0051	0.0131	2.5828
3	147	299	13.2	16963.07	0.0170	0.299	0.0051	0.0132	2.6025
Total									7.6494
rata-rata									2.5498

20%

NO	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Luas (mm ²)	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	147	300	13.20	16963.065	0.0170	0.300	0.0051	0.0132	2.5939
2	148	302	13.22	17194.64	0.0172	0.302	0.0052	0.0132	2.5458
3	148	302	13.28	17194.64	0.0172	0.302	0.0052	0.0133	2.5574
Total									7.6971
rata-rata									2.5657

25%

NO	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Luas (mm ²)	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	151	300	13.32	17898.785	0.01790	0.300	0.0054	0.0133	2.4806
2	149	299	13.1	17427.785	0.01743	0.299	0.0052	0.0131	2.5140
3	150	301	13.4	17662.500	0.01766	0.301	0.0053	0.0134	2.5205
								Total	7.5151
								rata-rata	2.5050

30%

NO	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Luas (mm ²)	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	149	300	13.4	17427.79	0.0174	0.300	0.0052	0.0134	2.5630
2	151	300	13.4	17898.79	0.0179	0.300	0.0054	0.0134	2.4955
3	150	301	13.4	17662.50	0.0177	0.301	0.0053	0.0134	2.5205
								Total	7.5790
								rata-rata	2.5263

Berat Volume Kuat Geser f'c 35 MPa

0%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	242	101	100	6.0	2444200	0.0024	0.0060	2.4548
2	245	101	101	6.5	2499245	0.0025	0.0065	2.6008
3	240	103	102	6.0	2521440	0.0025	0.0060	2.3796
							Total	7.4352
							rata-rata	2.4784

5%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	245	96	100	5.85	2352000	0.0024	0.0059	2.4872
2	247	105	102	6.15	2645370	0.0026	0.0062	2.3248
3	236	101	100	6.00	2383600	0.0024	0.0060	2.5172
							Total	7.3293
							rata-rata	2.4431

10%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	248	103	105	6.78	2682120	0.0027	0.0068	2.5279
2	235	104	105	6.00	2566200	0.0026	0.0060	2.3381
3	248	99	101	6.15	2479752	0.0025	0.0062	2.4801
							Total	7.3460
							rata-rata	2.4487

15%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	242	100	100	6.28	2420000	0.0024	0.0063	2.5950
2	241	98	100	6.10	2361800	0.0024	0.0061	2.5828
3	243	98	100	6.10	2381400	0.0024	0.0061	2.5615
							Total	7.7393
							rata-rata	2.5798

20%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	240	100	100	6.25	2400000	0.0024	0.0063	2.6042
2	248	96	100	6.30	2380800	0.0024	0.0063	2.6462
3	249	97	100	6.30	2415300	0.0024	0.0063	2.6084
							Total	7.8587
							rata-rata	2.6196

25%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	244	105	104	6.78	2664480	0.0027	0.0068	2.5446
2	241	106	105	6.40	2682330	0.0027	0.0064	2.3860
3	254	98	103	6.30	2563876	0.0026	0.0063	2.4572
							Total	7.3878
							rata-rata	2.4626

30%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	246	97	102	6.4	2433924	0.0024	0.0064	2.6295
2	254	108	103	6.9	2825496	0.0028	0.0069	2.4420
3	237	105	102	6.4	2538270	0.0025	0.0064	2.5214
							Total	7.5930
							rata-rata	2.5310

Berat Volume Kuat Lentur Beton f'c 35 MPa

0%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	510	105	104	12.7	5569200	0.0056	0.0127	2.2804
2	498	104	104	12.4	5386368	0.0054	0.0124	2.3021
3	505	102	104	12.5	5357040	0.0054	0.0125	2.3334
							Total	6.9159
							rata-rata	2.3053

5%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	512	104	96	12.7	5111808	0.0051	0.0127	2.4844
2	511	100	98	12.4	5007800	0.0050	0.0124	2.4761
3	495	105	101	12.6	5249475	0.0052	0.0126	2.4002
							Total	7.3608
							rata-rata	2.4536

10%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	511	101	99	12.9	5109489	0.0051	0.0129	2.5247
2	485	102	103	12.8	5095410	0.0051	0.0128	2.5121
3	500	106	102	13.4	5406000	0.0054	0.0134	2.4787
							Total	7.5155
							rata-rata	2.5052

15%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	500	100	100	12.2	5000000	0.0050	0.0122	2.4400
2	508	100	100	13.0	5080000	0.0051	0.0130	2.5591
3	500	100	100	12.3	5000000	0.0050	0.0123	2.4600
							Total	7.4591
							rata-rata	2.4864

20%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	495	100	100	13.4	4950000	0.0050	0.0134	2.7071
2	509	100	100	13.0	5090000	0.0051	0.0130	2.5540
3	499	104	100	12.8	5189600	0.0052	0.0128	2.4665
							Total	7.7276
							rata-rata	2.5759

25%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	492	103	103	13.2	5219628	0.0052	0.0132	2.5289
2	490	100	100	12.7	4900000	0.0049	0.0127	2.5918
3	512	100	100	13.4	5120000	0.0051	0.0134	2.6172
							Total	7.7379
							rata-rata	2.5793

30%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	498	99	105	13.4	5176710	0.00518	0.0134	2.5885
2	499	99	100	13.0	4940100	0.00494	0.0130	2.6315
3	500	106	102	13.5	5406000	0.00541	0.0135	2.4972
							Total	7.7173
							rata-rata	2.5724

Berat Volume Kuat Tarik Beton f'c 40 MPa

0%

NO	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Luas (mm ²)	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	147	300	13.2	16963.1	0.0170	0.300	0.0051	0.0132	2.5939
2	147	300	13.1	16963.1	0.0170	0.300	0.0051	0.0131	2.5742
3	148	302	13.1	17194.6	0.0172	0.302	0.0052	0.0131	2.5227
Total									7.6908
rata-rata									2.5636

5%

NO	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Luas (mm ²)	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	147	301	13	16963.1	0.0170	0.301	0.0051	0.013	2.5461
2	149	299	13	17427.8	0.0174	0.299	0.0052	0.013	2.4948
3	148	300	13	17194.6	0.0172	0.300	0.0052	0.013	2.5202
Total									7.5610
rata-rata									2.5203

10%

NO	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Luas (mm ²)	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	150	298	13.1	17662.5	0.0177	0.298	0.0053	0.0131	2.4889
2	152	300	13.2	18136.6	0.0181	0.300	0.0054	0.0132	2.4260
3	150	300	13.0	17662.5	0.0177	0.300	0.0053	0.0130	2.4534
Total									7.3683
rata-rata									2.4561

15%

NO	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Luas (mm ²)	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	150	299	13.1	17662.5	0.0177	0.299	0.0053	0.0131	2.4805
2	148	300	13.2	17194.6	0.0172	0.300	0.0052	0.0132	2.5589
3	149	300	13.3	17427.8	0.0174	0.300	0.0052	0.0133	2.5438
Total									7.5833
rata-rata									2.5278

20%

NO	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Luas (mm ²)	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	148	302	13.3	17194.6	0.0172	0.302	0.0052	0.0133	2.5612
2	146	302	13.2	16733.1	0.0167	0.302	0.0051	0.0132	2.6121
3	147	300	13.2	16963.1	0.0170	0.300	0.0051	0.0132	2.5939
Total									7.7672
rata-rata									2.5891

25%

NO	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Luas (mm ²)	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	148	299	13.3	17194.6	0.0172	0.299	0.0051	0.0133	2.5869
2	148	299	13.4	17194.6	0.0172	0.299	0.0051	0.0134	2.6064
3	148	300	13.4	17194.6	0.0172	0.300	0.0052	0.0134	2.5977
								Total	7.7911
								rata-rata	2.5970

30%

NO	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Luas (mm ²)	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	148	302	13.4	17194.6	0.0172	0.302	0.0052	0.0134	2.5805
2	148	298	13.4	17194.6	0.0172	0.298	0.0051	0.0134	2.6151
3	149	300	13.3	17427.8	0.0174	0.300	0.0052	0.0133	2.5438
								Total	7.7395
								rata-rata	2.5798

Berat Volume Kuat Geser f'c 40 MPa**0%**

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	240	103	98	6.2	2422560	0.0024	0.0062	2.5593
2	247	100	100	6.2	2470000	0.0025	0.0062	2.5101
3	240	103	100	6.0	2472000	0.0025	0.0060	2.4272
							Total	7.4966
							rata-rata	2.4989

5%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	250	97	100	6.2	2425000	0.0024	0.0062	2.5567
2	245	102	102	6.3	2548980	0.0025	0.0063	2.4716
3	245	98	102	6.0	2449020	0.0024	0.0060	2.4500
							Total	7.4782
							rata-rata	2.4927

10%

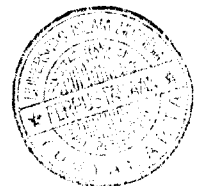
NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	255	100	100	6.4	2550000	0.0026	0.0064	2.5098
2	260	100	102	6.6	2652000	0.0027	0.0066	2.4887
3	247	99	102	6.3	2494206	0.0025	0.0063	2.5259
							Total	7.5243
							rata-rata	2.5081

15%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	250	100	99	6.5	2475000	0.0025	0.0065	2.6263
2	250	100	100	6.4	2500000	0.0025	0.0064	2.5600
3	250	100	100	6.2	2500000	0.0025	0.0062	2.4800
							Total	7.6663
							rata-rata	2.5554

20%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	243	100	100	6.3	2430000	0.0024	0.0063	2.5926
2	240	98	100	7.0	2352000	0.0024	0.0070	2.9762
3	280	103	100	6.1	2884000	0.0029	0.0061	2.1151
							Total	7.6839
							rata-rata	2.5613



25%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	238	105	100	6.2	2499000	0.0025	0.0062	2.4810
2	260	102	100	6.5	2652000	0.0027	0.0065	2.4510
3	240	95	98	6.2	2234400	0.0022	0.0062	2.7748
							Total	7.7068
							rata-rata	2.5689

30%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	250	106	100	6.5	2650000	0.0027	0.0065	2.4528
2	230	108	100	6.4	2484000	0.0025	0.0064	2.5765
3	246	97	102	6.2	2433924	0.0024	0.0062	2.5473
							Total	7.5766
							rata-rata	2.5255

Berat Volume Kuat Lentur f'c 40 Mpa

0%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	490	101	102	12.8	5047980	0.0050	0.0128	2.5357
2	510	100	100	12.9	5100000	0.0051	0.0129	2.5294
3	495	102	100	12.9	5049000	0.0050	0.0129	2.5550
							Total	7.6200
							rata-rata	2.5400

5%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	504	91.3	100	12.3	4601520	0.0046	0.0123	2.6730
2	500	100	103	12.7	5150000	0.0052	0.0127	2.4660
3	495	95	103	12.4	4843575	0.0048	0.0124	2.5601
							Total	7.6991
							rata-rata	2.5664

10%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	506	105	100	12.7	5313000	0.0053	0.0127	2.3904
2	505	103	99	12.5	5149485	0.0051	0.0125	2.4274
3	490	99	102	12.8	4948020	0.0049	0.0128	2.5869
							Total	7.4047
							rata-rata	2.4682

15%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	499	100	100	12.6	4990000	0.00499	0.0126	2.5251
2	500	108	100	13.2	5400000	0.0054	0.0132	2.4444
3	500	100	100	12.8	5000000	0.005	0.0128	2.5600
							Total	7.5295
							rata-rata	2.5098

20%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	508	97	100	12.4	4927600	0.0049	0.0124	2.5164
2	495	103	100	12.9	5098500	0.0051	0.0129	2.5302
3	504	108	100	13.0	5443200	0.0054	0.0130	2.3883
							Total	7.4349
							rata-rata	2.4783

25%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	498	100	100	12.7	4980000	0.0050	0.0127	2.5502
2	500	100	100	12.5	5000000	0.0050	0.0125	2.5000
3	500	102	100	12.8	5100000	0.0051	0.0128	2.5098
							Total	7.5600
							rata-rata	2.5200

30%

NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Volume (mm ³)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
1	505	109	100	13.6	5504500	0.0055	0.0136	2.4707
2	490	108	108	12.8	5715360	0.0057	0.0128	2.2396
3	501	100	100	12.8	5010000	0.0050	0.0128	2.5549
							Total	7.2652
							rata-rata	2.4217

Berat Volume Slinder Permaebilitas f'_c 35 MPa

Selinder Peng. air	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Luas (mm ²)	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Brk Vol. (ton/m ³)
0%	150	300	13.0	17662.5	0.0177	0.300	0.0053	0.0130	2.4534
5%	150	300	13.1	17662.5	0.0177	0.300	0.0053	0.0131	2.4723
10%	150	300	13.0	17662.5	0.0177	0.300	0.0053	0.0130	2.4534
15%	148	300	13.1	17194.6	0.0172	0.300	0.0052	0.0131	2.5396
20%	149	301	13.2	17427.8	0.0174	0.301	0.0052	0.0132	2.5163
25%	151	301	13.3	17898.8	0.0179	0.301	0.0054	0.0133	2.4687
30%	150	300	13.5	17662.5	0.0177	0.300	0.0053	0.0135	2.5383

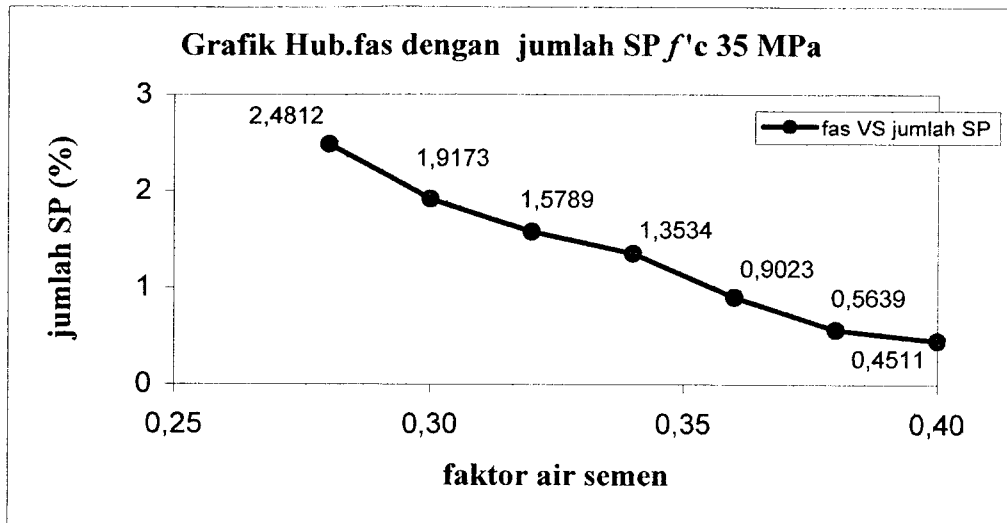
Berat Volume Selinder Permaebilitas f'_c 40 MPa

Selinder Peng. air	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Luas (mm ²)	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Brk Vol. (ton/m ³)
0%	149	302.0	13.0	17427.8	0.0174	0.3020	0.0053	0.0130	2.4700
5%	149	301.0	13.2	17427.8	0.0174	0.3010	0.0052	0.0132	2.5163
10%	148	299.0	13.1	17194.6	0.0172	0.2990	0.0051	0.0131	2.5480
15%	150	300.2	13.2	17662.5	0.0177	0.3002	0.0053	0.0132	2.4895
20%	149	300.0	13.2	17427.8	0.0174	0.3000	0.0052	0.0132	2.5247
25%	151	303.0	13.3	17898.8	0.0179	0.3030	0.0054	0.0133	2.4524
30%	150	300.0	13.4	17662.5	0.0177	0.3000	0.0053	0.0134	2.5289

GRAFIK FAKTOR AIR-SEMEN

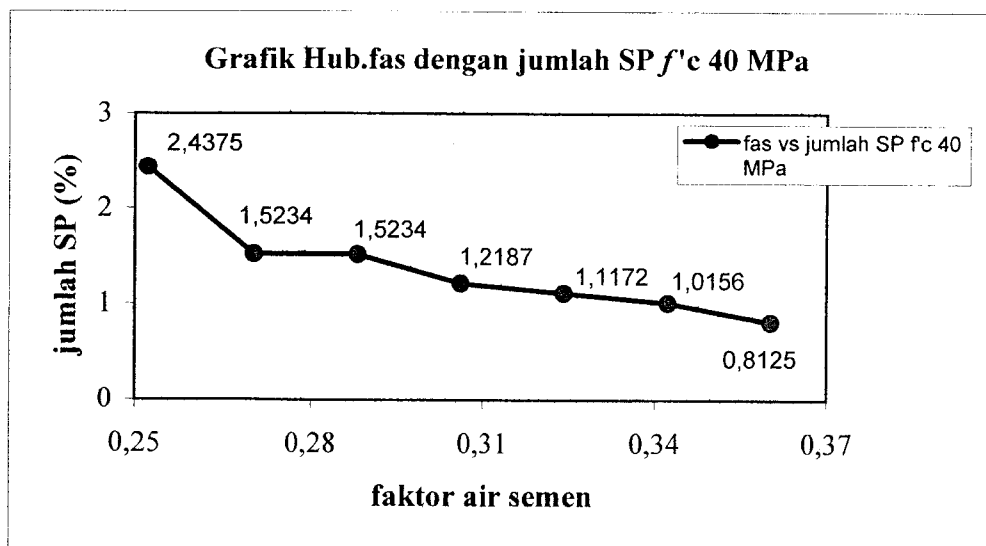
35 MPa

Pengurangan Air (%)	Kebutuhan air (Kg)	Kebutuhan semen (Kg)	fas	Jumlah SP (%)
0	20,7480	51,87	0,40	0,4511
5	19,7106	51,87	0,38	0,5639
10	18,6732	51,87	0,36	0,9023
15	17,6358	51,87	0,34	1,3534
20	16,5984	51,87	0,32	1,5789
25	15,5610	51,87	0,30	1,9173
30	14,5236	51,87	0,28	2,4812



40 MPa

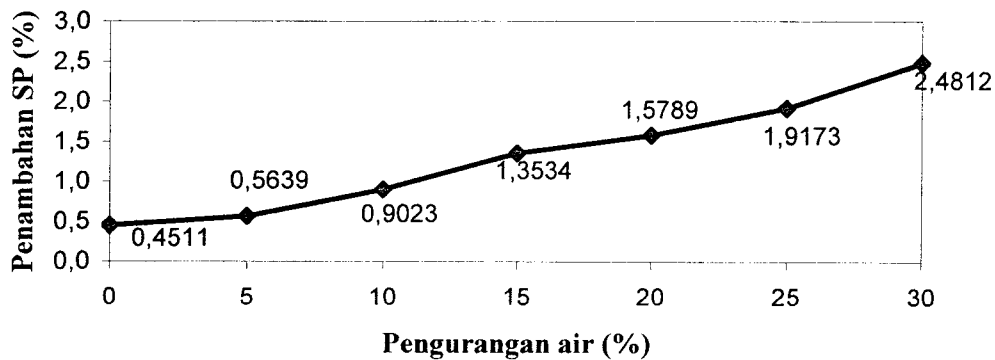
Pengurangan Air (%)	Kebutuhan air (Kg)	Kebutuhan semen (Kg)	fas	Jumlah SP (%)
0	20,7480	57,60	0,3602	0,8125
5	19,7106	57,60	0,3422	1,0156
10	18,6732	57,60	0,3242	1,1172
15	17,6358	57,60	0,3062	1,2187
20	16,5984	57,60	0,2882	1,5234
25	15,5610	57,60	0,2702	1,5234
30	14,5236	57,60	0,2521	2,4375



35 MPa

Pengurangan Air (%)	Kebutuhan air (Kg)	Kebutuhan semen (Kg)	fas	Jumlah SP (%)
0	20,7480	51,87	0,40	0,4511
5	19,7106	51,87	0,38	0,5639
10	18,6732	51,87	0,36	0,9023
15	17,6358	51,87	0,34	1,3534
20	16,5984	51,87	0,32	1,5789
25	15,5610	51,87	0,30	1,9173
30	14,5236	51,87	0,28	2,4812

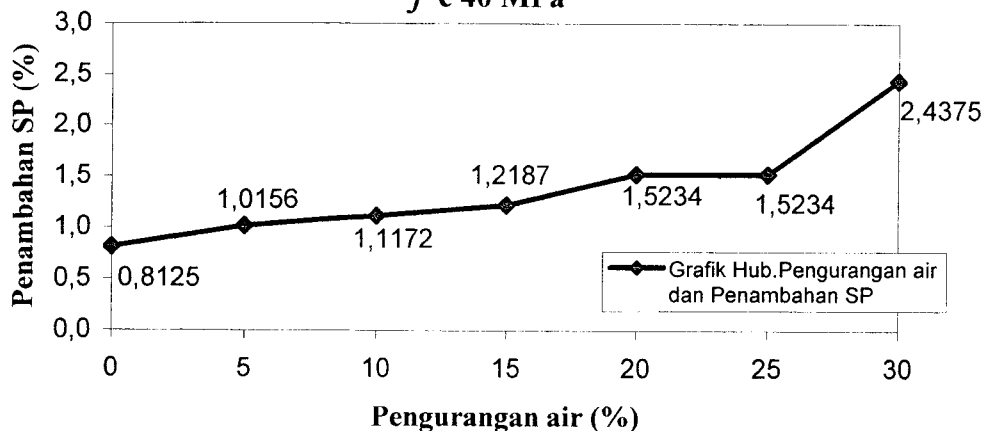
**Grafik Hub.Pengurangan air dan Penambahan SP
 $f'c$ 35 MPa**



40 MPa

Pengurangan Air (%)	Kebutuhan air (Kg)	Kebutuhan semen (Kg)	fas	Jumlah SP (%)
0	20,7480	57,60	0,3602	0,8125
5	19,7106	57,60	0,3422	1,0156
10	18,6732	57,60	0,3242	1,1172
15	17,6358	57,60	0,3062	1,2187
20	16,5984	57,60	0,2882	1,5234
25	15,5610	57,60	0,2702	1,5234
30	14,5236	57,60	0,2521	2,4375

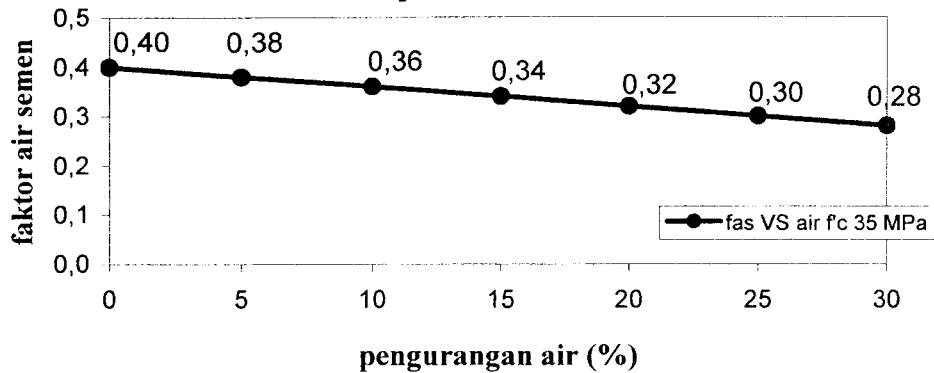
**Grafik Hub.Pengurangan air dan Penambahan SP
 $f'c$ 40 MPa**



35 MPa

Pengurangan Air (%)	Kebutuhan air (Kg)	Kebutuhan semen (Kg)	fas	Jumlah SP (%)
0	20,7480	51,87	0,40	0,4511
5	19,7106	51,87	0,38	0,5639
10	18,6732	51,87	0,36	0,9023
15	17,6358	51,87	0,34	1,3534
20	16,5984	51,87	0,32	1,5789
25	15,5610	51,87	0,30	1,9173
30	14,5236	51,87	0,28	2,4812

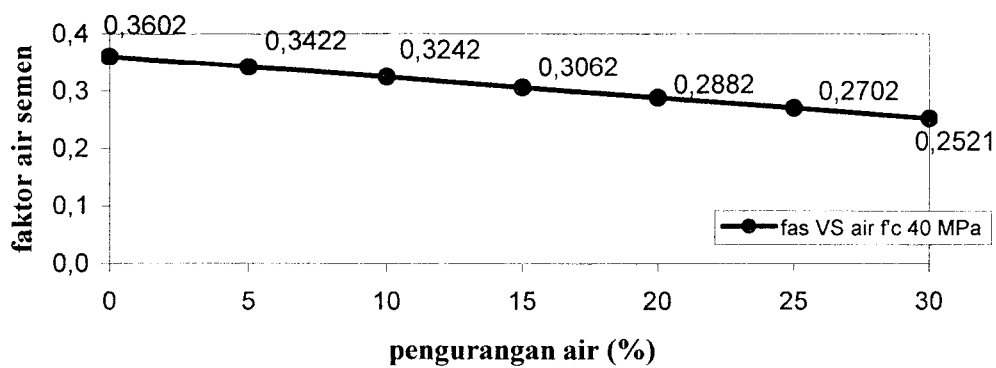
**Grafik Hub.fas dengan pengurangan air
 $f'c$ 35 MPa**



40 MPa

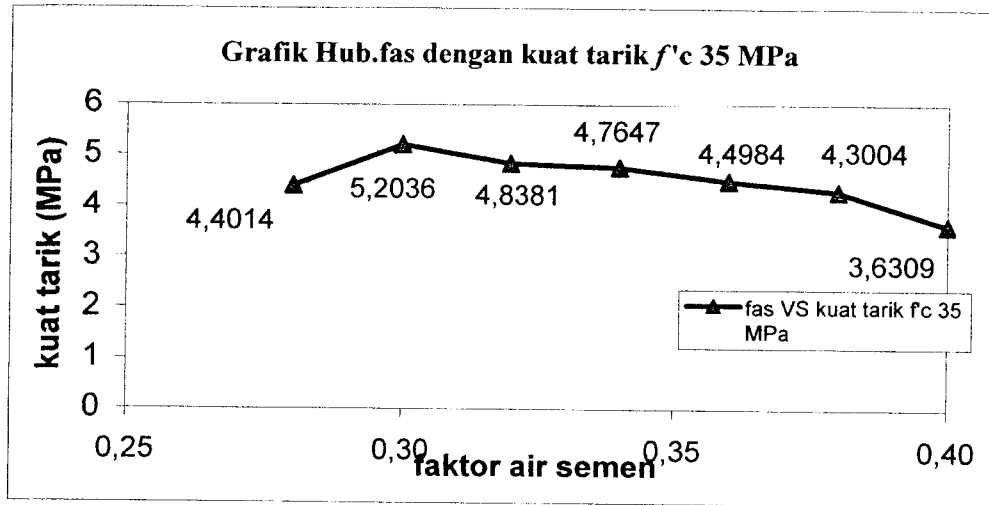
Pengurangan Air (%)	Kebutuhan air (Kg)	Kebutuhan semen (Kg)	fas	Jumlah SP (%)
0	20,7480	57,60	0,3602	0,8125
5	19,7106	57,60	0,3422	1,0156
10	18,6732	57,60	0,3242	1,1172
15	17,6358	57,60	0,3062	1,2187
20	16,5984	57,60	0,2882	1,5234
25	15,5610	57,60	0,2702	1,5234
30	14,5236	57,60	0,2521	2,4375

**Grafik Hub.fas dengan pengurangan air
 $f'c$ 40 MPa**



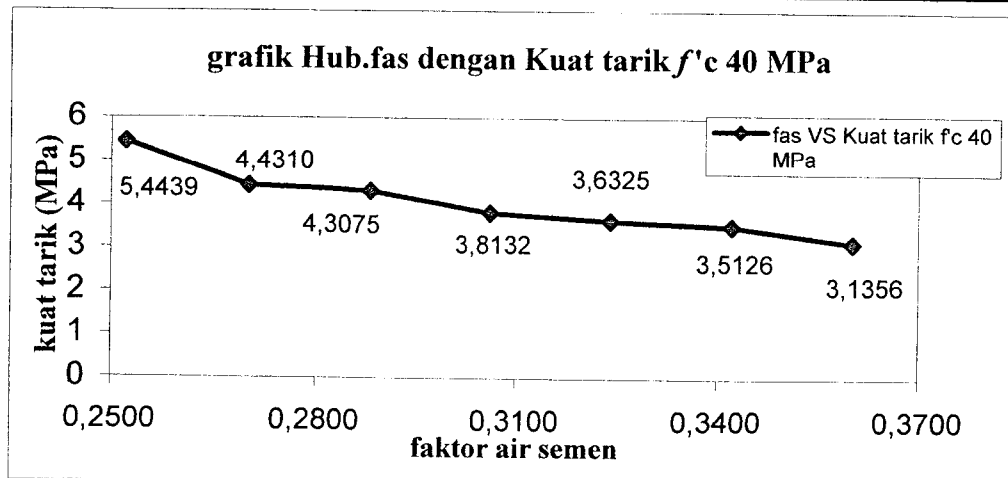
35 MPa

Pengurangan Air (%)	Kebutuhan air (Kg)	Kebutuhan semen (Kg)	fas	Jumlah SP (%)	Kuat Tarik
0	20,7480	51,87	0,40	0,4511	3,6309
5	19,7106	51,87	0,38	0,5639	4,3004
10	18,6732	51,87	0,36	0,9023	4,4984
15	17,6358	51,87	0,34	1,3534	4,7647
20	16,5984	51,87	0,32	1,5789	4,8381
25	15,5610	51,87	0,30	1,9173	5,2036
30	14,5236	51,87	0,28	2,4812	4,4014

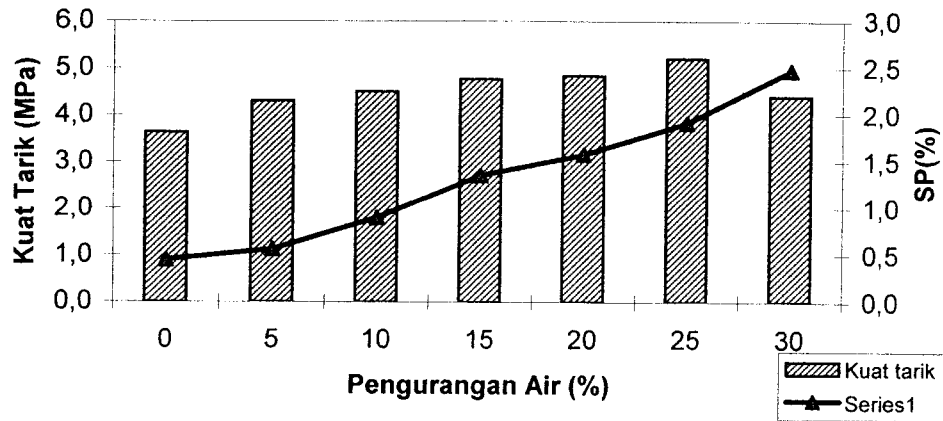


40 MPa

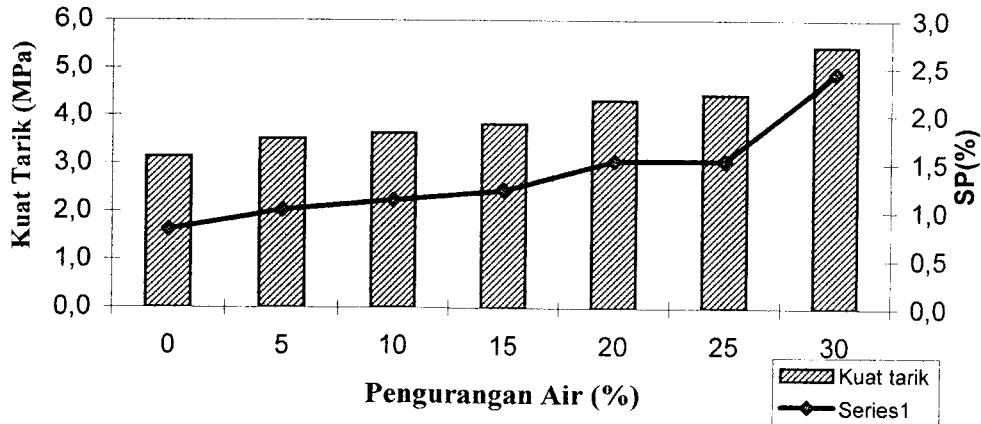
Pengurangan Air (%)	Kebutuhan air (Kg)	Kebutuhan semen (Kg)	fas	Jumlah SP (%)	Kuat Tarik
0	20,7480	57,60	0,3602	0,8125	3,1356
5	19,7106	57,60	0,3422	1,0156	3,5126
10	18,6732	57,60	0,3242	1,1172	3,6325
15	17,6358	57,60	0,3062	1,2187	3,8132
20	16,5984	57,60	0,2882	1,5234	4,3075
25	15,5610	57,60	0,2702	1,5234	4,4310
30	14,5236	57,60	0,2521	2,4375	5,4439



Grafik hub.kuat Tarik f'_c 35 MPa dengan Pengurangan air dan penambahan SP

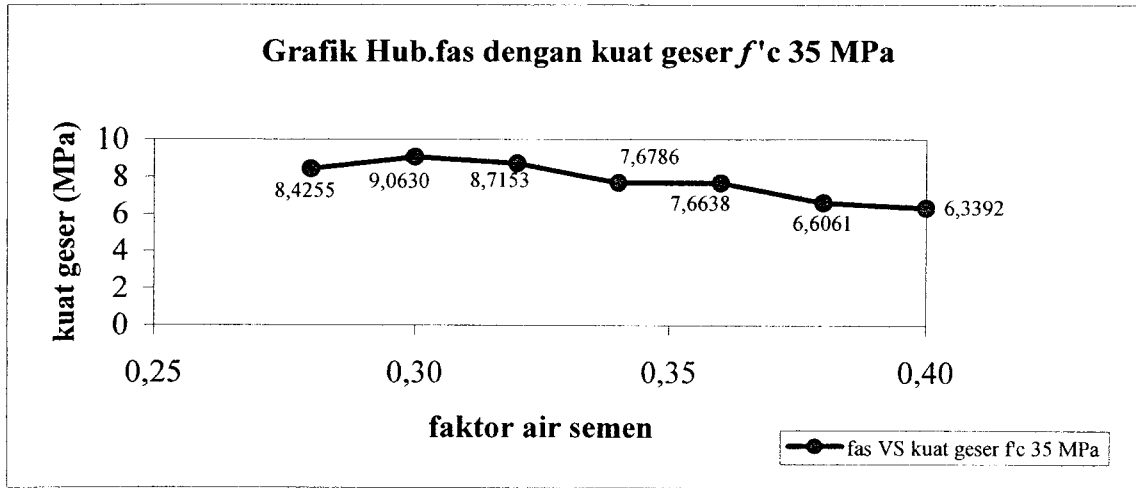


Grafik hub.kuat Tarik f'_c 40 MPa dengan Pengurangan air dan penambahan SP



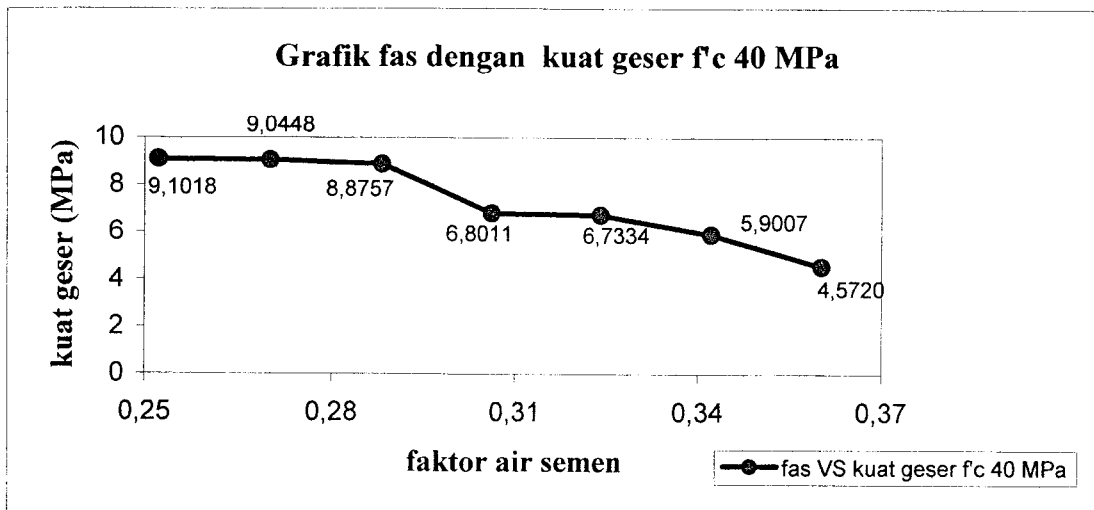
35 MPa

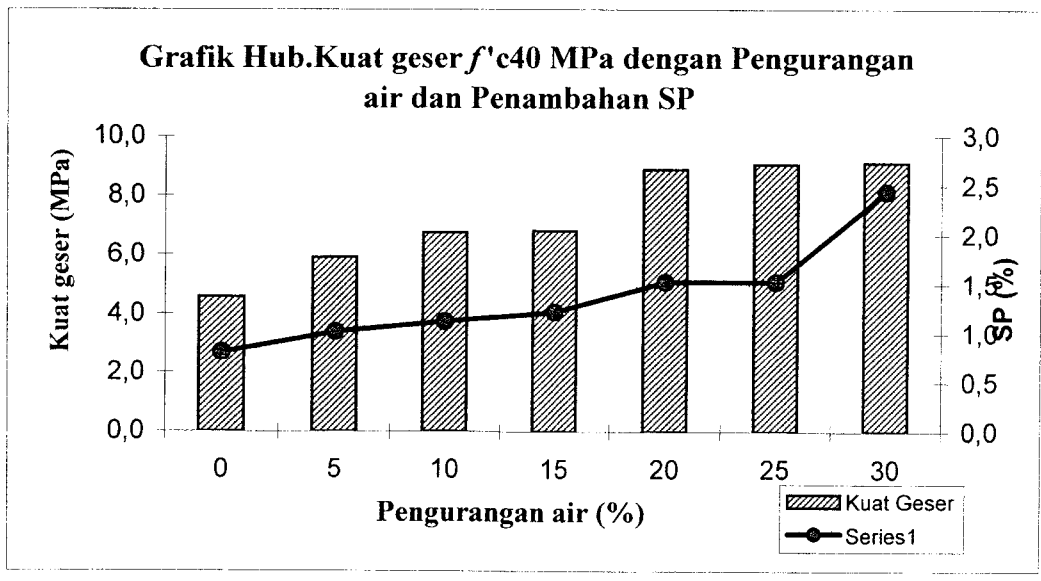
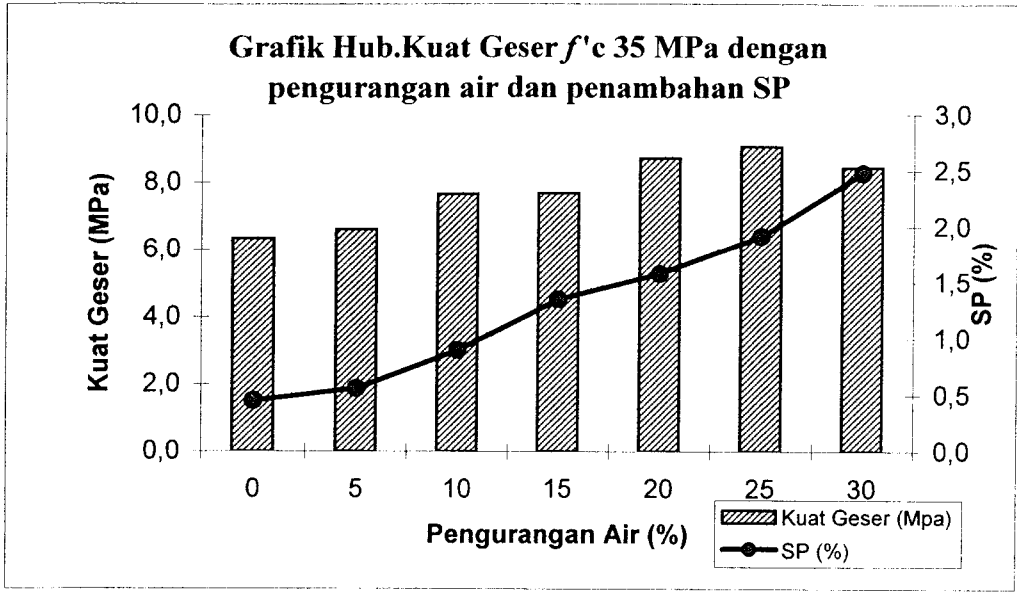
Pengurangan Air (%)	Kebutuhan air (Kg)	Kebutuhan semen (Kg)	fas	Jumlah SP (%)	Kuat geser
0	20,7480	51,87	0,40	0,4511	6,3392
5	19,7106	51,87	0,38	0,5639	6,6061
10	18,6732	51,87	0,36	0,9023	7,6638
15	17,6358	51,87	0,34	1,3534	7,6786
20	16,5984	51,87	0,32	1,5789	8,7153
25	15,5610	51,87	0,30	1,9173	9,0630
30	14,5236	51,87	0,28	2,4812	8,4255



40 MPa

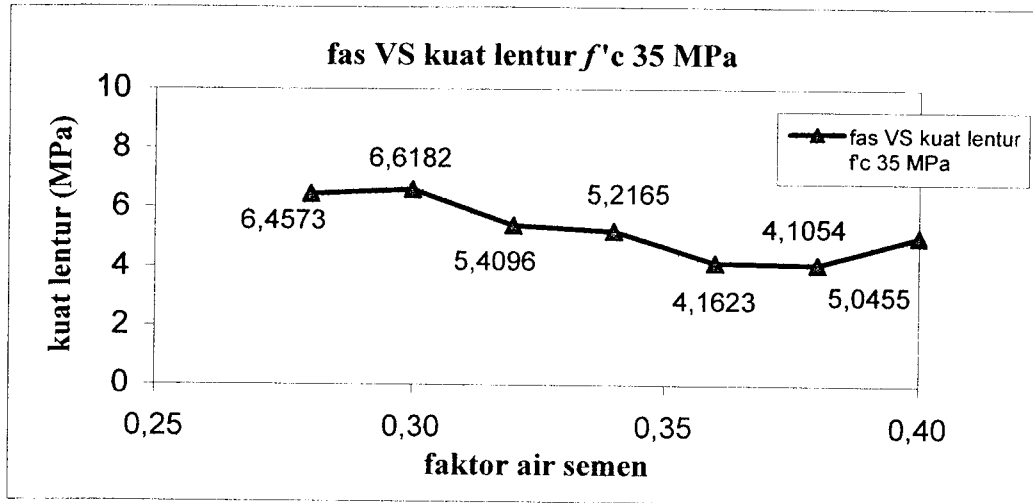
Pengurangan Air (%)	Kebutuhan air (Kg)	Kebutuhan semen (Kg)	fas	Jumlah SP (%)	Kuat geser
0	20,7480	57,60	0,3602	0,8125	4,5720
5	19,7106	57,60	0,3422	1,0156	5,9007
10	18,6732	57,60	0,3242	1,1172	6,7334
15	17,6358	57,60	0,3062	1,2187	6,8011
20	16,5984	57,60	0,2882	1,5234	8,8757
25	15,5610	57,60	0,2702	1,5234	9,0448
30	14,5236	57,60	0,2521	2,4375	9,1018





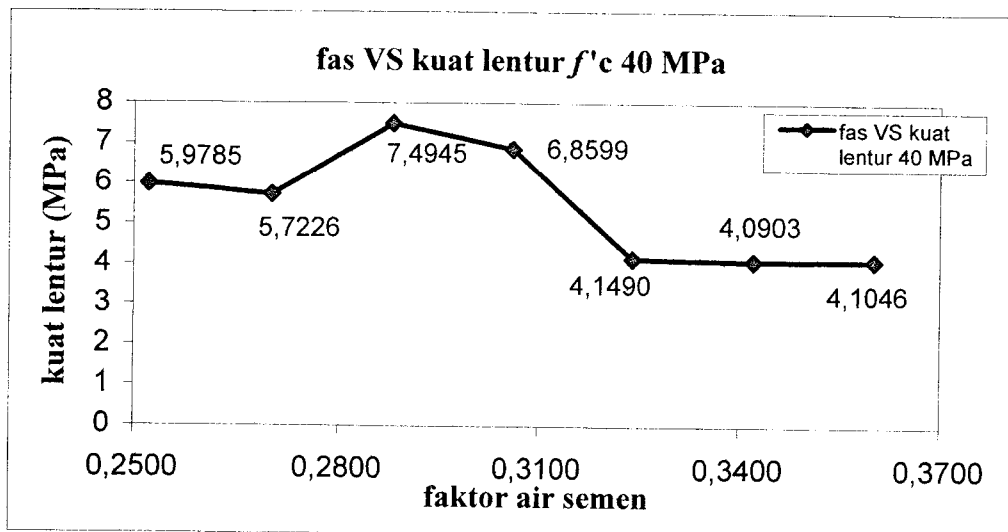
35 MPa

Pengurangan Air (%)	Kebutuhan air (Kg)	Kebutuhan semen (Kg)	fas	Jumlah SP (%)	Kuat lentur
0	20,7480	51,87	0,40	0,4511	5,0455
5	19,7106	51,87	0,38	0,5639	4,1054
10	18,6732	51,87	0,36	0,9023	4,1623
15	17,6358	51,87	0,34	1,3534	5,2165
20	16,5984	51,87	0,32	1,5789	5,4096
25	15,5610	51,87	0,30	1,9173	6,6182
30	14,5236	51,87	0,28	2,4812	6,4573

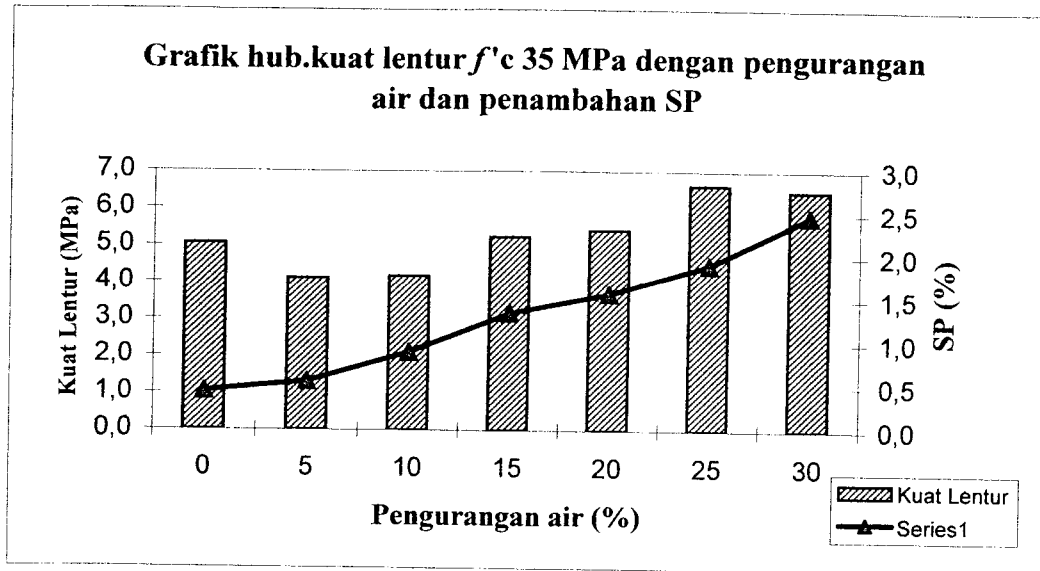


40 MPa

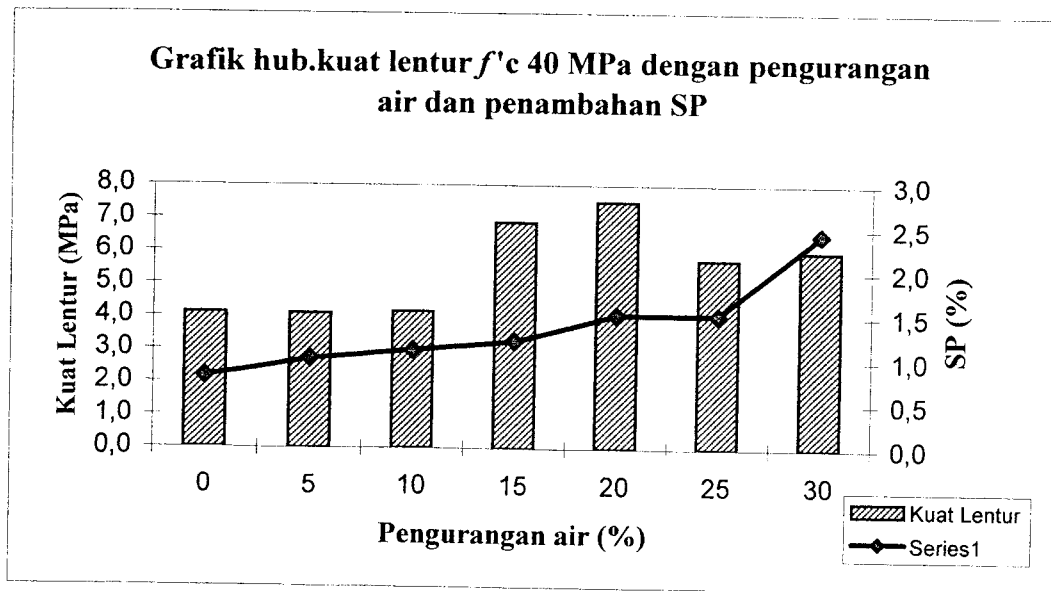
Pengurangan Air (%)	Kebutuhan air (Kg)	Kebutuhan semen (Kg)	fas	Jumlah SP (%)	Kuat lentur
0	20,7480	57,60	0,3602	0,8125	4,1046
5	19,7106	57,60	0,3422	1,0156	4,0903
10	18,6732	57,60	0,3242	1,1172	4,1490
15	17,6358	57,60	0,3062	1,2187	6,8599
20	16,5984	57,60	0,2882	1,5234	7,4945
25	15,5610	57,60	0,2702	1,5234	5,7226
30	14,5236	57,60	0,2521	2,4375	5,9785



Grafik hub.kuat lentur $f'c$ 35 MPa dengan pengurangan air dan penambahan SP



Grafik hub.kuat lentur $f'c$ 40 MPa dengan pengurangan air dan penambahan SP



LAMPIRAN V

(Hasil Pengujian)

DATA ASLI

Hasil Pengujian Kuat Tarik f'_c 35 MPa

0%

Variasi	Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct} = 2P/\pi LD$
BT 35-0%	1	151	300	13.0	248600	3.4955
	2	149	300	13.0	243200	3.4654
	3	150	301	13.0	278700	3.9317
rata-rata					256833.333	3.6309

5%

Variasi	Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct} = 2P/\pi LD$
BT 35-5%	1	150	302	13.0	293200	4.1226
	2	151	300	13.1	318500	4.4783
	3	149	300	13.1	182000	2.5934
P max rata-rat					264566.667	3.7314

10%

Variasi	Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct} = 2P/\pi LD$
BT 35-10%	1	151	300	13.10	320200	4.5022
	2	151	301	13.05	276600	3.8762
	3	150	301	13.20	318600	4.4946
P max rata-rat					305133.333	4.2910

15%

Variasi	Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct} = 2P/\pi LD$
BT 35-15%	1	150	301	13.10	321100	4.5298
	2	147	299	13.10	332000	4.8112
	3	147	299	13.20	341800	4.9532
P max rata-rat					331633.333	4.7647

20%

Variasi	Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct} = 2P/\pi LD$
BT 35-20%	1	147	300	13.20	265700	3.8375
	2	148	302	13.22	353100	5.0319
	3	148	302	13.28	325900	4.6443
P max rata-rat					314900	4.5046

25%

Variasi	Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct} = 2P/\pi LD$
BT 35-25%	1	151	300	13.32	417300	5.8675
	2	149	299	13.10	278900	3.9874
	3	150	301	13.40	321800	4.5397
P max rata-rat					339333.333	4.7982

30%

Variasi	Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct} = 2P/\pi LD$
BT 35-30%	1	149	300	13.4	303000	4.3175
	2	151	300	13.4	290100	4.0790
	3	150	301	13.4	340800	4.8078
P max rata-rat					311300	4.4014

HASIL PENGUJIAN KUAT GESER f^c 35 MPa

0%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f^c_{sh} = P/2A$
1	242	101	100	6.0	137200	129966.6667	6.7921
2	245	101	101	6.5	139900		6.8572
3	240	103	102	6.0	112800		5.3684
					389900		6.3392

5%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f^c_{sh} = P/2A$
1	245	96	100	5.85	128900	119300	6.7135
2	247	105	102	6.15	139200		6.4986
3	236	101	100	6.00	89800		4.4455
					357900		5.8859

10%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f^c_{sh} = P/2A$
1	248	103	105	6.78	89500	136300	4.1378
2	235	104	105	6.00	152700		6.9918
3	248	99	101	6.15	166700		8.3358
					408900		6.4885

15%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f^c_{sh} = P/2A$
1	242	100	100	6.28	131500	144166.6667	6.5750
2	241	98	100	6.10	173900		8.8724
3	243	98	100	6.10	127100		6.4847
					432500		7.3107

20%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f^c_{sh} = P/2A$
1	240	100	100	6.25	121700	152633.3333	6.0850
2	248	96	100	6.30	187400		9.7604
3	249	97	100	6.30	148800		7.6701
					457900		7.8385

25%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f^c_{sh} = P/2A$
1	244	105	104	6.78	164540	182780	7.5339
2	241	106	105	6.40	192000		8.6253
3	254	98	103	6.30	191800		9.5007
					548340		8.5533

30%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f'sh= P/2A$
1	246	97	102	6.4	201100	154866.6667	10.1627
2	254	108	103	6.9	148800		6.6882
3	237	105	102	6.4	114700		5.3548
					464600		7.4019

Sampel 1 0% 35 MPa

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	2	490,5	0,1296
100	5	981,0	0,2591
150	9	1471,5	0,3887
200	12	1962,0	0,5183
250	14	2452,5	0,6478
300	16	2943,0	0,7774
350	18	3433,5	0,9070
400	20	3924,0	1,0366
450	21	4414,5	1,1661
500	22	4905,0	1,2957
550	23	5395,5	1,4253
600	23,5	5886,0	1,5548
650	24	6376,5	1,6844
700	25	6867,0	1,8140
750	25,5	7357,5	1,9435
800	26	7848,0	2,0731
850	27	8338,5	2,2027
900	27,5	8829,0	2,3323
950	28	9319,5	2,4618
1000	29	9810,0	2,5914
1050	29,5	10300,5	2,7210
1100	30	10791,0	2,8505
1150	30,5	11281,5	2,9801
1200	31	11772,0	3,1097
1250	32	12262,5	3,2392
1300	32,5	12753,0	3,3688
1350	33	13243,5	3,4984
1400	33,5	13734,0	3,6280
1450	34	14224,5	3,7575
1500	35	14715,0	3,8871
1550	35,5	15205,5	4,0167
1600	35,5	15696,0	4,1462
1650	36	16186,5	4,2758
1690	40	16578,9	4,3795
100	32	981,0	0,2591
90	42	882,9	0,2332
80	55	784,8	0,2073
70	73	686,7	0,1814
60	82	588,6	0,1555
50	98	490,5	0,1296
40	31	392,4	0,1037
30	57	294,3	0,0777
20	99	196,2	0,0518

Ukuran Sample

P (mm) 510
L (mm) 105
T (mm) 104

Sampel 2

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	3	490,5	0,1308
100	7	981,0	0,2616
150	8	1471,5	0,3924
200	10	1962,0	0,5233
250	12	2452,5	0,6541
300	13	2943,0	0,7849
350	14	3433,5	0,9157
400	15	3924,0	1,0465
450	16	4414,5	1,1773
500	17	4905,0	1,3082
550	17,5	5395,5	1,4390
600	18	5886,0	1,5698
650	19	6376,5	1,7006
700	19,5	6867,0	1,8314
750	20	7357,5	1,9622
800	20,5	7848,0	2,0931
850	21	8338,5	2,2239
900	21,6	8829,0	2,3547
950	22	9319,5	2,4855
1000	22,5	9810,0	2,6163
1050	22,5	10300,5	2,7471
1100	23	10791,0	2,8779
1150	23,5	11281,5	3,0088
1200	24	11772,0	3,1396
1250	24,5	12262,5	3,2704
1300	25	12753,0	3,4012
1350	25,5	13243,5	3,5320
1400	26	13734,0	3,6628
1450	26	14224,5	3,7937
1500	26,5	14715,0	3,9245
1550	27	15205,5	4,0553
1600	27,5	15696,0	4,1861
1650	28	16186,5	4,3169
1700	28,5	16677,0	4,4477
1750	29	17167,5	4,5786
1800	29	17658,0	4,7094
1850	29,5	18148,5	4,8402
1900	30	18639,0	4,9710
1935	40	18982,4	5,0626

P (mm) 498
L (mm) 104
T (mm) 104

Sampel 3

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	2	490,5	0,1334
100	3	981,0	0,2668
150	4	1471,5	0,4001
200	5	1962,0	0,5335
250	6	2452,5	0,6669
300	7	2943,0	0,8003
350	8	3433,5	0,9337
400	8,5	3924,0	1,0670
450	9	4414,5	1,2004
500	10	4905,0	1,3338
550	10	5395,5	1,4672
600	10,5	5886,0	1,6006
650	11	6376,5	1,7340
700	12	6867,0	1,8673
750	12,5	7357,5	2,0007
800	13	7848,0	2,1341
850	13,5	8338,5	2,2675
900	14	8829,0	2,4009
950	14,5	9319,5	2,5342
1000	15	9810,0	2,6676
1050	15	10300,5	2,8010
1100	15,5	10791,0	2,9344
1150	16	11281,5	3,0678
1200	16,5	11772,0	3,2011
1250	17	12262,5	3,3345
1300	17,5	12753,0	3,4679
1350	18	13243,5	3,6013
1400	18,5	13734,0	3,7347
1450	19	14224,5	3,8680
1500	19,5	14715,0	4,0014
1550	20	15205,5	4,1348
1600	20,5	15696,0	4,2682
1650	21	16186,5	4,4016
1700	21	16677,0	4,5349
1750	21,5	17167,5	4,6683
1800	22	17658,0	4,8017
1850	22	18148,5	4,9351
1885	50	18491,9	5,0285

P (mm) 505
L (mm) 102
T (mm) 104

5%
Sampel 1 35 MPa

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	5	490,5	0,1535
100	7	981,0	0,3071
150	8	1471,5	0,4606
200	10	1962,0	0,6141
250	10,5	2452,5	0,7676
300	11	2943,0	0,9212
350	12	3433,5	1,0747
400	13	3924,0	1,2282
450	13,5	4414,5	1,3817
500	14	4905,0	1,5353
550	15	5395,5	1,6888
600	15,5	5886,0	1,8423
650	16	6376,5	1,9958
700	17	6867,0	2,1494
750	17,5	7357,5	2,3029
800	18	7848,0	2,4564
850	18,5	8338,5	2,6100
900	19	8829,0	2,7635
950	19,5	9319,5	2,9170
1000	20	9810,0	3,0705
1050	20,5	10300,5	3,2241
1100	21	10791,0	3,3776
1150	21,5	11281,5	3,5311
1200	22	11772,0	3,6846
1250	22,5	12262,5	3,8382
1300	23,5	12753,0	3,9917
1350	25	13243,5	4,1452
1390	38	13635,9	4,2680

Ukuran Sample

P (mm) 512
L (mm) 104
T (mm) 96
W (Kg) 12,7

Sampel 2

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	3	490,5	0,1532
100	5	981,0	0,3064
150	6	1471,5	0,4597
200	7	1962,0	0,6129
250	8	2452,5	0,7661
300	9	2943,0	0,9193
350	10	3433,5	1,0725
400	11	3924,0	1,2257
450	12	4414,5	1,3790
500	12,5	4905,0	1,5322
550	13,5	5395,5	1,6854
600	14	5886,0	1,8386
650	15	6376,5	1,9918
700	15,5	6867,0	2,1450
750	16	7357,5	2,2983
800	17	7848,0	2,4515
850	17,5	8338,5	2,6047
900	18	8829,0	2,7579
950	19	9319,5	2,9111
1000	20	9810,0	3,0643
1050	25	10300,5	3,2176
1100	30	10791,0	3,3708
1150	31	11281,5	3,5240
1200	31,5	11772,0	3,6772
1250	32	12262,5	3,8304
1300	32,5	12753,0	3,9837
1350	33	13243,5	4,1369
1400	33,5	13734,0	4,2901
1450	34	14224,5	4,4433
1500	35	14715,0	4,5965
1550	36	15205,5	4,7497
1575	37	15450,8	4,8263
200	25	1962,0	0,6129
150	50	1471,5	0,4597
100	72	981,0	0,3064
60	11	588,6	0,1839
40	31	392,4	0,1226
30	65	294,3	0,0919

P (mm) 511
L (mm) 100
T (mm) 98
W (Kg) 12,4

Sampel 3

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	3	490,5	0,1374
100	4	981,0	0,2748
150	6	1471,5	0,4121
200	7	1962,0	0,5495
250	8	2452,5	0,6869
300	10	2943,0	0,8243
350	11	3433,5	0,9617
400	13	3924,0	1,0991
450	14	4414,5	1,2364
500	16	4905,0	1,3738
550	16	5395,5	1,5112
600	17	5886,0	1,6486
650	17,5	6376,5	1,7860
700	18	6867,0	1,9233
750	19	7357,5	2,0607
800	20	7848,0	2,1981
850	20,5	8338,5	2,3355
900	21	8829,0	2,4729
950	22	9319,5	2,6102
1000	22,5	9810,0	2,7476
1050	23	10300,5	2,8850
1100	24	10791,0	3,0224
1150	25	11281,5	3,1598
1200	25,5	11772,0	3,2972
1250	26	12262,5	3,4345
1300	27	12753,0	3,5719
1350	28	13243,5	3,7093
1400	29	13734,0	3,8467
1435	50	14077,4	3,9428
400	78	3924,0	1,0991
350	75	3433,5	0,9617
300	85	2943,0	0,8243
250	100	2452,5	0,6869
100	93	981,0	0,2748

P (mm) 495
L (mm) 105
T (mm) 101
W (Kg) 12,6

10%

Sampel 1

35 MPa

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	3	490,5	0,1487
100	4	981,0	0,2973
150	5	1471,5	0,4460
200	6	1962,0	0,5946
250	7,5	2452,5	0,7433
300	8	2943,0	0,8919
350	9	3433,5	1,0406
400	10	3924,0	1,1892
450	11	4414,5	1,3379
500	12	4905,0	1,4865
550	13	5395,5	1,6352
600	13,5	5886,0	1,7838
650	14	6376,5	1,9325
700	15	6867,0	2,0811
750	15,5	7357,5	2,2298
800	16	7848,0	2,3784
850	16,5	8338,5	2,5271
900	17,5	8829,0	2,6757
950	18	9319,5	2,8244
1000	19	9810,0	2,9730
1050	19,5	10300,5	3,1217
1100	20	10791,0	3,2703
1150	20,5	11281,5	3,4190
1200	21	11772,0	3,5676
1250	21,5	12262,5	3,7163
1300	22	12753,0	3,8649
1350	22,5	13243,5	4,0136
1400	23	13734,0	4,1622
1450	24	14224,5	4,3109
1500	24,5	14715,0	4,4595
1550	25	15205,5	4,6082
1600	26	15696,0	4,7568
1605	92	15745,1	4,7717
60	92	588,6	0,1784
50	9	490,5	0,1487
40	16	392,4	0,1189
30	29	294,3	0,0892
20	52	196,2	0,0595
10	30	98,1	0,0297

I

Ukuran Sample

P (mm)	511
L (mm)	101
T (mm)	99
W (Kg)	12,9

Sampel 2

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	4	490,5	0,1360
100	5	981,0	0,2720
150	6	1471,5	0,4079
200	8	1962,0	0,5439
250	9	2452,5	0,6799
300	10	2943,0	0,8159
350	12	3433,5	0,9519
400	14	3924,0	1,0879
450	16	4414,5	1,2238
500	19	4905,0	1,3598
550	21	5395,5	1,4958
600	21,5	5886,0	1,6318
650	22	6376,5	1,7678
700	22,5	6867,0	1,9038
750	23	7357,5	2,0397
800	25	7848,0	2,1757
850	26	8338,5	2,3117
900	27	8829,0	2,4477
950	28	9319,5	2,5837
1000	29	9810,0	2,7197
1050	30	10300,5	2,8556
1100	30,5	10791,0	2,9916
1150	31	11281,5	3,1276
1200	31,5	11772,0	3,2636
1250	32	12262,5	3,3996
1300	32,5	12753,0	3,5356
1350	33	13243,5	3,6715
1400	33,5	13734,0	3,8075
1450	34	14224,5	3,9435
1500	35	14715,0	4,0795
1540	60	15107,4	4,1883
120	8	1177,2	0,3264
100	12	981,0	0,2720
80	25	784,8	0,2176
60	38	588,6	0,1632
50	48	490,5	0,1360
40	71	392,4	0,1088

P (mm) 485
L (mm) 102
T (mm) 103
W (Kg) 12,8

Sampel 3

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	2	490,5	0,1334
100	2,5	981,0	0,2669
150	3	1471,5	0,4003
200	4	1962,0	0,5337
250	5	2452,5	0,6672
300	5,5	2943,0	0,8006
350	6	3433,5	0,9340
400	7	3924,0	1,0674
450	8	4414,5	1,2009
500	9	4905,0	1,3343
550	10	5395,5	1,4677
600	10,5	5886,0	1,6012
650	11	6376,5	1,7346
700	11	6867,0	1,8680
750	11,5	7357,5	2,0015
800	12	7848,0	2,1349
850	12,5	8338,5	2,2683
900	13	8829,0	2,4017
950	14	9319,5	2,5352
1000	14,5	9810,0	2,6686
1050	15	10300,5	2,8020
1100	15,5	10791,0	2,9355
1150	16	11281,5	3,0689
1200	16,5	11772,0	3,2023
1250	17	12262,5	3,3358
1300	17,5	12753,0	3,4692
1350	18	13243,5	3,6026
1400	18,5	13734,0	3,7360
1450	19	14224,5	3,8695
1500	20	14715,0	4,0029
1550	50	15205,5	4,1363
240	89	2354,4	0,6405
150	89	1471,5	0,4003
100	13	981,0	0,2669
60	33	588,6	0,1601
50	48	490,5	0,1334
40	68	392,4	0,1067
30	107	294,3	0,0801
20	123	196,2	0,0534

P (mm) 500
L (mm) 106
T (mm) 102
W (Kg) 13,4

15%

Sampel 1

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	1	490,5	0,1472
100	4	981,0	0,2943
150	6	1471,5	0,4415
200	7	1962,0	0,5886
250	10	2452,5	0,7358
300	11,5	2943,0	0,8829
350	13	3433,5	1,0301
400	14	3924,0	1,1772
450	15	4414,5	1,3244
500	16	4905,0	1,4715
550	17	5395,5	1,6187
600	18	5886,0	1,7658
650	19	6376,5	1,9130
700	19,5	6867,0	2,0601
750	20	7357,5	2,2073
800	20,5	7848,0	2,3544
850	21	8338,5	2,5016
900	21	8829,0	2,6487
950	21,5	9319,5	2,7959
1000	22	9810,0	2,9430
1050	22	10300,5	3,0902
1100	22,5	10791,0	3,2373
1150	23	11281,5	3,3845
1200	24	11772,0	3,5316
1250	24,5	12262,5	3,6788
1300	25	12753,0	3,8259
1350	25,5	13243,5	3,9731
1400	26	13734,0	4,1202
1450	26,5	14224,5	4,2674
1500	27	14715,0	4,4145
1550	27,5	15205,5	4,5617
1600	28	15696,0	4,7088
1650	28,5	16186,5	4,8560
1700	29	16677,0	5,0031
1750	30	17167,5	5,1503
1795	40	17609,0	5,2827
85	12	833,9	0,2502
65	23	637,7	0,1913
50	31	490,5	0,1472
40	44	392,4	0,1177
30	15	294,3	0,0883
20	62	196,2	0,0589

Ukuran Sample

P (mm)	500
L (mm)	100
T (mm)	100
W (Kg)	12,2

Sampel 2

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	0	490,5	0,1472
100	2	981,0	0,2943
150	3	1471,5	0,4415
200	4	1962,0	0,5886
250	4,5	2452,5	0,7358
300	5	2943,0	0,8829
350	6	3433,5	1,0301
400	7	3924,0	1,1772
450	8	4414,5	1,3244
500	8,5	4905,0	1,4715
550	9	5395,5	1,6187
600	10	5886,0	1,7658
650	10,5	6376,5	1,9130
700	11	6867,0	2,0601
750	12	7357,5	2,2073
800	12,5	7848,0	2,3544
850	12,5	8338,5	2,5016
900	13	8829,0	2,6487
950	13,5	9319,5	2,7959
1000	14	9810,0	2,9430
1050	14,5	10300,5	3,0902
1100	15	10791,0	3,2373
1150	15,5	11281,5	3,3845
1200	16	11772,0	3,5316
1250	16,5	12262,5	3,6788
1300	16,5	12753,0	3,8259
1350	17	13243,5	3,9731
1400	17,5	13734,0	4,1202
1450	18	14224,5	4,2674
1500	18,5	14715,0	4,4145
1550	19	15205,5	4,5617
1600	19,5	15696,0	4,7088
1650	20	16186,5	4,8560
1700	20,5	16677,0	5,0031
1750	21	17167,5	5,1503
1765	35	17314,7	5,1944
50	45	490,5	0,1472
40	67	392,4	0,1177
30	80	294,3	0,0883
20	89	196,2	0,0589

P (mm) 508
L (mm) 100
T (mm) 100
W (Kg) 13

Sampel 3

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	1	490,5	0,1472
100	2	981,0	0,2943
150	4	1471,5	0,4415
200	5	1962,0	0,5886
250	6	2452,5	0,7358
300	6,5	2943,0	0,8829
350	7	3433,5	1,0301
400	8	3924,0	1,1772
450	8,5	4414,5	1,3244
500	9	4905,0	1,4715
550	10	5395,5	1,6187
600	10,5	5886,0	1,7658
650	11	6376,5	1,9130
700	11,5	6867,0	2,0601
750	12	7357,5	2,2073
800	12,5	7848,0	2,3544
850	13	8338,5	2,5016
900	13,5	8829,0	2,6487
950	14	9319,5	2,7959
1000	14	9810,0	2,9430
1050	14,5	10300,5	3,0902
1100	15	10791,0	3,2373
1150	15,5	11281,5	3,3845
1200	16	11772,0	3,5316
1250	16,5	12262,5	3,6788
1300	17	12753,0	3,8259
1350	17,5	13243,5	3,9731
1400	17,5	13734,0	4,1202
1450	18	14224,5	4,2674
1500	18,5	14715,0	4,4145
1550	19	15205,5	4,5617
1600	19	15696,0	4,7088
1650	19,5	16186,5	4,8560
1700	20	16677,0	5,0031
1750	20	17167,5	5,1503
1800	20,5	17658,0	5,2974
1850	21	18148,5	5,4446
1900	21,5	18639,0	5,5917
1950	22	19129,5	5,7389
2000	23	19620,0	5,8860
2050	23,5	20110,5	6,0332
2055	45	20159,6	6,0479

90	81	882,9	0,2649
80	91	784,8	0,2354
70	15	686,7	0,2060
60	21	588,6	0,1766
50	26	490,5	0,1472
40	38	392,4	0,1177

P (mm) 500
L (mm) 100
T (mm) 100
W (Kg) 12,3

20%

Sampel 1

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	1	490,5	0,1472
100	4	981,0	0,2943
150	6	1471,5	0,4415
200	8	1962,0	0,5886
250	10	2452,5	0,7358
300	12	2943,0	0,8829
350	13	3433,5	1,0301
400	14	3924,0	1,1772
450	15	4414,5	1,3244
500	16	4905,0	1,4715
550	17	5395,5	1,6187
600	18	5886,0	1,7658
650	19	6376,5	1,9130
700	20	6867,0	2,0601
750	21	7357,5	2,2073
800	22	7848,0	2,3544
850	22,5	8338,5	2,5016
900	23	8829,0	2,6487
950	23,5	9319,5	2,7959
1000	24	9810,0	2,9430
1050	25	10300,5	3,0902
1100	25,5	10791,0	3,2373
1150	26	11281,5	3,3845
1200	27	11772,0	3,5316
1250	27,5	12262,5	3,6788
1300	28	12753,0	3,8259
1350	29	13243,5	3,9731
1400	29,5	13734,0	4,1202
1450	30	14224,5	4,2674
1500	31	14715,0	4,4145
1550	31,5	15205,5	4,5617
1600	32	15696,0	4,7088
1650	32,5	16186,5	4,8560
1700	33	16677,0	5,0031
180	93	1765,8	0,5297
170	98	1667,7	0,5003
110	111	1079,1	0,3237
100	114	981,0	0,2943
180	125	1765,8	0,5297
70	131	686,7	0,2060

60	135	588,6	0,1766
50	142	490,5	0,1472
40	148	392,4	0,1177
30	152	294,3	0,0883

Ukuran Sample

P (mm) 495
L (mm) 100
T (mm) 100
W (Kg) 13,4

Sampel 2

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	2	490,5	0,1472
100	4	981,0	0,2943
150	5	1471,5	0,4415
200	6	1962,0	0,5886
250	7	2452,5	0,7358
300	8	2943,0	0,8829
350	8,5	3433,5	1,0301
400	9	3924,0	1,1772
450	9,5	4414,5	1,3244
500	10	4905,0	1,4715
550	10,5	5395,5	1,6187
600	11	5886,0	1,7658
650	11,5	6376,5	1,9130
700	12	6867,0	2,0601
750	12,5	7357,5	2,2073
800	13	7848,0	2,3544
850	13	8338,5	2,5016
900	12,5	8829,0	2,6487
950	14	9319,5	2,7959
1000	14,5	9810,0	2,9430
1050	15	10300,5	3,0902
1100	15	10791,0	3,2373
1150	15,5	11281,5	3,3845
1200	16	11772,0	3,5316
1250	16,5	12262,5	3,6788
1300	16,5	12753,0	3,8259
1350	17	13243,5	3,9731
1400	17,5	13734,0	4,1202
1450	18	14224,5	4,2674
1500	18,5	14715,0	4,4145
1550	19	15205,5	4,5617
1600	19,5	15696,0	4,7088
1650	19,5	16186,5	4,8560
1700	20	16677,0	5,0031
1750	20,5	17167,5	5,1503
1800	21	17658,0	5,2974
250	60	2452,5	0,7358
220	71	2158,2	0,6475
200	75	1962,0	0,5886
160	83	1569,6	0,4709

100	85	981,0	0,2943
180	89	1765,8	0,5297
150	98	1471,5	0,4415
100	103	981,0	0,2943
80	192	784,8	0,2354
40	208	392,4	0,1177

P (mm) 509
L (mm) 100
T (mm) 100
W (Kg) 13

Sampel 3

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	2	490,5	0,1415
100	3	981,0	0,2830
150	4	1471,5	0,4245
200	5	1962,0	0,5660
250	5,5	2452,5	0,7075
300	6	2943,0	0,8489
350	7	3433,5	0,9904
400	8	3924,0	1,1319
450	8,5	4414,5	1,2734
500	9	4905,0	1,4149
550	10	5395,5	1,5564
600	10,5	5886,0	1,6979
650	11	6376,5	1,8394
700	12	6867,0	1,9809
750	12,5	7357,5	2,1224
800	13	7848,0	2,2638
850	13,5	8338,5	2,4053
900	14	8829,0	2,5468
950	15	9319,5	2,6883
1000	15,5	9810,0	2,8298
1050	15,5	10300,5	2,9713
1100	16	10791,0	3,1128
1150	16,5	11281,5	3,2543
1200	17	11772,0	3,3958
1250	17,5	12262,5	3,5373
1300	18	12753,0	3,6788
1350	18	13243,5	3,8202
1400	18,5	13734,0	3,9617
1450	19	14224,5	4,1032
1500	20	14715,0	4,2447
1550	20,5	15205,5	4,3862
1600	21	15696,0	4,5277
1650	21	16186,5	4,6692
1700	21,5	16677,0	4,8107
1750	22	17167,5	4,9522
1800	23	17658,0	5,0937
1850	23,5	18148,5	5,2351
1900	24	18639,0	5,3766
1950	24,5	19129,5	5,5181
2000	25	19620,0	5,6596

2050	25,5	20110,5	5,8011
2095	27	20552,0	5,9284
240	14	2354,4	0,6792
300	21	2943,0	0,8489
180	24	1765,8	0,5094
160	28	1569,6	0,4528
140	32	1373,4	0,3962
110	52	1079,1	0,3113
100	70	981,0	0,2830
80	90	784,8	0,2264
70	124	686,7	0,1981

P (mm) 499
L (mm) 104
T (mm) 100
W (Kg) 12,8

25%

Sampel 1

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	2,5	490,5	0,1347
100	5	981,0	0,2693
150	7	1471,5	0,4040
200	8,5	1962,0	0,5387
250	10	2452,5	0,6733
300	11,5	2943,0	0,8080
350	12,8	3433,5	0,9426
400	14	3924,0	1,0773
450	15	4414,5	1,2120
500	16	4905,0	1,3466
550	17	5395,5	1,4813
600	18	5886,0	1,6160
650	19	6376,5	1,7506
700	19,7	6867,0	1,8853
750	20	7357,5	2,0199
800	21	7848,0	2,1546
850	21,5	8338,5	2,2893
900	22,5	8829,0	2,4239
950	23	9319,5	2,5586
1000	24	9810,0	2,6933
1050	24,5	10300,5	2,8279
1100	26	10791,0	2,9626
1150	28	11281,5	3,0973
1200	29	11772,0	3,2319
1250	30	12262,5	3,3666
1300	30,5	12753,0	3,5012
1350	31	13243,5	3,6359
1400	32	13734,0	3,7706
1450	32,9	14224,5	3,9052
1500	34	14715,0	4,0399
1550	34,5	15205,5	4,1746
1600	35,2	15696,0	4,3092
1650	36	16186,5	4,4439
1700	37	16677,0	4,5785
1750	37,5	17167,5	4,7132
1800	38	17658,0	4,8479
1850	39	18148,5	4,9825
1900	39,5	18639,0	5,1172
1950	40	19129,5	5,2519
2000	40,7	19620,0	5,3865
2050	41,5	20110,5	5,5212

2100	42	20601,0	5,6558
2150	42,8	21091,5	5,7905
2200	43,5	21582,0	5,9252
2250	44,2	22072,5	6,0598
2300	45	22563,0	6,1945
2350	46	23053,5	6,3292
2385	70	23396,9	6,4234

Ukuran Sample

P (mm) 492
L (mm) 103
T (mm) 103
W (Kg) 13,2

Sampel 2

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	2,8	490,5	0,1472
100	3	981,0	0,2943
150	5	1471,5	0,4415
200	5,8	1962,0	0,5886
250	6,7	2452,5	0,7358
300	7	2943,0	0,8829
350	7,5	3433,5	1,0301
400	8	3924,0	1,1772
450	8,8	4414,5	1,3244
500	9,5	4905,0	1,4715
550	10	5395,5	1,6187
600	10,2	5886,0	1,7658
650	10,5	6376,5	1,9130
700	11	6867,0	2,0601
750	11,5	7357,5	2,2073
800	11,8	7848,0	2,3544
850	12	8338,5	2,5016
900	12,2	8829,0	2,6487
950	12,5	9319,5	2,7959
1000	13	9810,0	2,9430
1050	13,2	10300,5	3,0902
1100	13,5	10791,0	3,2373
1150	14	11281,5	3,3845
1200	14,1	11772,0	3,5316
1250	14,5	12262,5	3,6788
1300	15	12753,0	3,8259
1350	15,1	13243,5	3,9731
1400	15,5	13734,0	4,1202
1450	15,8	14224,5	4,2674
1500	16	14715,0	4,4145
1550	16,2	15205,5	4,5617
1600	16,5	15696,0	4,7088
1650	16,8	16186,5	4,8560
1700	17	16677,0	5,0031
1750	17,2	17167,5	5,1503
1800	17,5	17658,0	5,2974
1850	18	18148,5	5,4446
1900	18,1	18639,0	5,5917
1950	18,5	19129,5	5,7389
2000	18,9	19620,0	5,8860
2050	19	20110,5	6,0332

2100	19,2	20601,0	6,1803
2150	19,5	21091,5	6,3275
2200	19,8	21582,0	6,4746
2250	20	22072,5	6,6218
2300	20,2	22563,0	6,7689
2350	20,5	23053,5	6,9161
2400	20,8	23544,0	7,0632
2450	21	24034,5	7,2104
2500	21,3	24525,0	7,3575
2550	21,6	25015,5	7,5047
2600	22	25506,0	7,6518
2635	48	25849,4	7,7548

P (mm) 490
L (mm) 100
T (mm) 100
W (Kg) 12,7

Sampel 3

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	1,7	490,5	0,1472
100	3,5	981,0	0,2943
150	5	1471,5	0,4415
200	6,2	1962,0	0,5886
250	7,5	2452,5	0,7358
300	8,5	2943,0	0,8829
350	9,5	3433,5	1,0301
400	10,2	3924,0	1,1772
450	11,5	4414,5	1,3244
500	12,5	4905,0	1,4715
550	13,3	5395,5	1,6187
600	14	5886,0	1,7658
650	15	6376,5	1,9130
700	15,5	6867,0	2,0601
750	16	7357,5	2,2073
800	17	7848,0	2,3544
850	17,5	8338,5	2,5016
900	18	8829,0	2,6487
950	18,5	9319,5	2,7959
1000	19	9810,0	2,9430
1050	19,5	10300,5	3,0902
1100	20	10791,0	3,2373
1150	20,2	11281,5	3,3845
1200	21	11772,0	3,5316
1250	21,5	12262,5	3,6788
1300	22	12753,0	3,8259
1350	22,2	13243,5	3,9731
1400	22,5	13734,0	4,1202
1450	23	14224,5	4,2674
1500	23,5	14715,0	4,4145
1550	24	15205,5	4,5617
1600	24,3	15696,0	4,7088
1650	24,8	16186,5	4,8560
1700	25	16677,0	5,0031
1750	25,5	17167,5	5,1503
1800	25,9	17658,0	5,2974
1850	26,2	18148,5	5,4446
1900	26,5	18639,0	5,5917
1950	26,8	19129,5	5,7389
2000	27,3	19620,0	5,8860
2050	27,8	20110,5	6,0332

2100	28	20601,0	6,1803
2150	28,2	21091,5	6,3275
2200	28,8	21582,0	6,4746
2250	29,2	22072,5	6,6218
2300	30	22563,0	6,7689
2315	94	22710,2	6,8130

P (mm) 512
L (mm) 100
T (mm) 100
W (Kg) 13,4

Sampel 1		30%	
Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	4,2	490,5	0,1348
100	6,5	981,0	0,2696
150	8,5	1471,5	0,4045
200	10	1962,0	0,5393
250	12	2452,5	0,6741
300	13,5	2943,0	0,8089
350	15,5	3433,5	0,9437
400	16,5	3924,0	1,0785
450	18	4414,5	1,2134
500	19	4905,0	1,3482
550	20,2	5395,5	1,4830
600	21,2	5886,0	1,6178
650	22,2	6376,5	1,7526
700	23	6867,0	1,8874
750	24	7357,5	2,0223
800	25	7848,0	2,1571
850	26	8338,5	2,2919
900	27	8829,0	2,4267
950	27,5	9319,5	2,5615
1000	28,3	9810,0	2,6964
1050	29	10300,5	2,8312
1100	30	10791,0	2,9660
1150	30,5	11281,5	3,1008
1200	31	11772,0	3,2356
1250	32	12262,5	3,3704
1300	32,5	12753,0	3,5053
1350	33	13243,5	3,6401
1400	33,7	13734,0	3,7749
1450	34,2	14224,5	3,9097
1500	35	14715,0	4,0445
1550	35,5	15205,5	4,1793
1600	36	15696,0	4,3142
1650	36,5	16186,5	4,4490
1700	37,2	16677,0	4,5838
1750	37,8	17167,5	4,7186
1800	38,2	17658,0	4,8534
1850	38,5	18148,5	4,9882
1900	39	18639,0	5,1231
1950	34,5	19129,5	5,2579
2000	40	19620,0	5,3927
2050	40,5	20110,5	5,5275
2100	41	20601,0	5,6623
2150	41,3	21091,5	5,7972

2200	41,8	21582,0	5,9320
2250	42	22072,5	6,0668
2300	42,5	22563,0	6,2016
2350	43	23053,5	6,3364
2400	43,2	23544,0	6,4712
2450	44	24034,5	6,6061
2500	44,3	24525,0	6,7409
2550	45	25015,5	6,8757
2600	45,2	25506,0	7,0105
2650	46	25996,5	7,1453
2700	46,5	26487,0	7,2801
2750	137	26977,5	7,4150

Ukuran Sample

P (mm) 498
 L (mm) 99
 T (mm) 105
 W (Kg) 13,4

Sampel 2

35 MPa

30%

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	2,2	490,5	0,1486
100	3,5	981,0	0,2973
150	5,2	1471,5	0,4459
200	6,8	1962,0	0,5945
250	8	2452,5	0,7432
300	9,5	2943,0	0,8918
350	10,5	3433,5	1,0405
400	11,5	3924,0	1,1891
450	12,5	4414,5	1,3377
500	13,5	4905,0	1,4864
550	14,5	5395,5	1,6350
600	15,3	5886,0	1,7836
650	16	6376,5	1,9323
700	17	6867,0	2,0809
750	17,7	7357,5	2,2295
800	18,5	7848,0	2,3782
850	19,3	8338,5	2,5268
900	20	8829,0	2,6755
950	20,8	9319,5	2,8241
1000	21,5	9810,0	2,9727
1050	22	10300,5	3,1214
1100	22,9	10791,0	3,2700
1150	23,5	11281,5	3,4186
1200	24	11772,0	3,5673
1250	24,5	12262,5	3,7159
1300	25	12753,0	3,8645
1350	25,5	13243,5	4,0132
1400	26	13734,0	4,1618
1450	26,7	14224,5	4,3105
1500	27	14715,0	4,4591
1550	27,5	15205,5	4,6077
1600	28	15696,0	4,7564
1650	28,6	16186,5	4,9050
1700	29	16677,0	5,0536
1750	29,8	17167,5	5,2023
1800	30	17658,0	5,3509
1850	30,5	18148,5	5,4995
1900	31	18639,0	5,6482
1950	31,5	19129,5	5,7968
2000	32	19620,0	5,9455
2050	32,3	20110,5	6,0941
2100	33	20601,0	6,2427
2145	59	21042,5	6,3765

P (mm) 499
L (mm) 99
T (mm) 100
W (Kg) 13

Sampel 3

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	2	490,5	0,1334
100	2,5	981,0	0,2669
150	4,8	1471,5	0,4003
200	6,2	1962,0	0,5337
250	8	2452,5	0,6672
300	8,8	2943,0	0,8006
350	9,5	3433,5	0,9340
400	10	3924,0	1,0674
450	11	4414,5	1,2009
500	11,7	4905,0	1,3343
550	12,5	5395,5	1,4677
600	13	5886,0	1,6012
650	13,6	6376,5	1,7346
700	14	6867,0	1,8680
750	14,8	7357,5	2,0015
800	15,5	7848,0	2,1349
850	15,7	8338,5	2,2683
900	16,2	8829,0	2,4017
950	16,8	9319,5	2,5352
1000	17,5	9810,0	2,6686
1050	18	10300,5	2,8020
1100	18,2	10791,0	2,9355
1150	18,8	11281,5	3,0689
1200	19	11772,0	3,2023
1250	19,5	12262,5	3,3358
1300	20	12753,0	3,4692
1350	20,5	13243,5	3,6026
1400	20,8	13734,0	3,7360
1450	21	14224,5	3,8695
1500	21,5	14715,0	4,0029
1550	21,8	15205,5	4,1363
1600	22	15696,0	4,2698
1650	22,5	16186,5	4,4032
1700	23	16677,0	4,5366
1750	23,2	17167,5	4,6701
1800	23,6	17658,0	4,8035
1850	23,8	18148,5	4,9369
1900	24,2	18639,0	5,0703
1950	24,5	19129,5	5,2038
2000	24,8	19620,0	5,3372
2050	25	20110,5	5,4706
2100	25,5	20601,0	5,6041
2150	25,8	21091,5	5,7375

2200	26	21582,0	5,8709
2250	26,5	22072,5	6,0044
2300	26,9	22563,0	6,1378
2350	27	23053,5	6,2712
2400	27,5	23544,0	6,4046
2450	28	24034,5	6,5381

P (mm) 500
L (mm) 106
T (mm) 102
W (Kg) 13,5

Hasil Pengujian Kuat Tarik f'_c 40 MPa

0%

Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct}=2P/\pi LD$	fct rata-rata
1	147	300	13,2	281100	4,0600	3,4437
2	147	300	13,1	226700	3,2743	
3	148	302	13,1	210300	2,9969	
jumlah					239366,667	

5%

Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct}=2P/\pi LD$	fct rata-rata
1	147	301	13	265200	3,8176	3,8220
2	149	299	13	310600	4,4406	
3	148	300	13	223600	3,2077	
jumlah				266466,667		

10%

Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct}=2P/\pi LD$	fct rata-rata
1	150	298	13,1	228900	3,2617	3,6325
2	152	300	13,2	229600	3,2071	
3	150	300	13	312900	4,4289	
jumlah					257133,333	

15%

Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct}=2P/\pi LD$	fct rata-rata
1	150	299	13,1	261500	3,7137	3,8132
2	148	300	13,2	251500	3,6079	
3	149	300	13,3	289000	4,1180	
jumlah					267333,333	

20%

Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct}=2P/\pi LD$	fct rata-rata
1	148	302	13,3	332200	4,7340	4,3075
2	146	302	13,2	250000	3,6114	
3	147	300	13,2	316900	4,5770	
jumlah					299700	

25%

Variasi	Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$fct=2P/\pi LD$	fct rata-rata
BT 40-25%	1	148	299	13,3	364400	5,2450	4,4310
	2	148	299	13,4	270800	3,8978	
	3	148	300	13,4	289300	4,1502	
						308166,67	

30%

Variasi	Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$fct=2P/\pi LD$	fct rata-rata
BT 40-30%	1	148	302	13,4	414900	5,9126	5,4439
	2	148	298	13,4	400400	5,7825	
	3	149	300	13,3	325400	4,6367	
						380233,33	

HASIL PENGUJIAN KUAT GESER 40 Mpa

:

0%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f'sh = P/2A$	
1	240	103	98	6.2	86500	85433.3333	4.2847	
2	247	100	100	6.2	69700		3.4850	
3	240	103	100	6	100100		4.8592	
								4.2096

5%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f'sh = P/2A$	
1	250	97	100	6.2	149300	129800	7.6959	
2	245	102	102	6.3	106200		5.1038	
3	245	98	102	6	133900		6.6977	
								6.4991

10%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f'sh = P/2A$	
1	255	100	100	6.4	157900	135833.333	7.8950	
2	260	100	102	6.6	108300		5.3088	
3	247	99	102	6.3	141300		6.9964	
								6.7334

15%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f'sh = P/2A$	
1	250	100	99	6.5	194900	135366.667	9.8434	
2	250	100	100	6.4	104500		5.2250	
3	250	100	100	6.2	106700		5.3350	
								6.8011

20%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f'sh = P/2A$	
1	243	100	100	6.3	184000	178200	9.2000	
2	240	98	100	7	164600		8.3980	
3	280	103	100	6.1	186000		9.0291	
								8.8757

25%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f'sh= P/2A$
1	238	105	100	6,2	175700	180833,333	8,3667
2	260	102	100	6,5	198800		9,7451
3	240	95	98	6,2	168000		9,0226
							9,0448

30%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f'sh= P/2A$
1	250	106	100	6,5	199800	189366,667	9,4245
2	230	108	100	6,4	172500		7,9861
3	246	97	102	6,2	195800		9,8949
							9,1018

0%

Sampel 1

40 MPa

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	5	490,5	0,1400
100	7	981,0	0,2801
150	8	1471,5	0,4201
200	10	1962,0	0,5601
250	11	2452,5	0,7002
300	11,2	2943,0	0,8402
350	12,15	3433,5	0,9802
400	16,6	3924,0	1,1203
450	17	4414,5	1,2603
500	18,2	4905,0	1,4004
550	19	5395,5	1,5404
600	19	5886,0	1,6804
650	19,5	6376,5	1,8205
700	20	6867,0	1,9605
750	20,5	7357,5	2,1005
800	21	7848,0	2,2406
850	22	8338,5	2,3806
900	22,5	8829,0	2,5206
950	23	9319,5	2,6607
1000	23,5	9810,0	2,8007
1050	24	10300,5	2,9407
1100	24,7	10791,0	3,0808
1150	25	11281,5	3,2208
1200	26	11772,0	3,3609
1250	26,3	12262,5	3,5009
1300	26,8	12753,0	3,6409
1350	27	13243,5	3,7810
1400	29	13734,0	3,9210
1450	90	14224,5	4,0610
1460	105	14322,6	4,0890
70	105	686,7	0,1960
90	140	882,9	0,2521
50	168	490,5	0,1400
40	180	392,4	0,1120
30	196	294,3	0,0840
25	436	245,3	0,0700

P (mm) 490
L (mm) 101
T (mm) 102
W (Kg) 12,8

Sampel 2

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	2,5	490,5	0,1472
100	3	981,0	0,2943
150	4	1471,5	0,4415
200	4,8	1962,0	0,5886
250	5,3	2452,5	0,7358
300	6	2943,0	0,8829
350	6,6	3433,5	1,0301
400	7,2	3924,0	1,1772
450	7,9	4414,5	1,3244
500	9	4905,0	1,4715
550	9,1	5395,5	1,6187
600	10	5886,0	1,7658
650	10,5	6376,5	1,9130
700	11	6867,0	2,0601
750	11,5	7357,5	2,2073
800	12	7848,0	2,3544
850	12,5	8338,5	2,5016
900	13	8829,0	2,6487
950	13,5	9319,5	2,7959
1000	14	9810,0	2,9430
1050	14,2	10300,5	3,0902
1100	14,8	10791,0	3,2373
1150	15	11281,5	3,3845
1200	15,5	11772,0	3,5316
1250	15,9	12262,5	3,6788
1300	16	12753,0	3,8259
1390	16,5	13635,9	4,0908
1400	60	13734,0	4,1202
280	65	2746,8	0,8240
250	85	2452,5	0,7358
200	96	1962,0	0,5886
150	123	1471,5	0,4415
100	152	981,0	0,2943
50	233	490,5	0,1472
40	295	392,4	0,1177
30	300	294,3	0,0883
20	308	196,2	0,0589
10	316	98,1	0,0294

P (mm) 510
L (mm) 100
T (mm) 100
W (Kg) 12,9

Sampel 3

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	0	490,5	0,1443
100	0	981,0	0,2885
150	1	1471,5	0,4328
200	3	1962,0	0,5771
250	5,3	2452,5	0,7213
300	8,5	2943,0	0,8656
350	10,8	3433,5	1,0099
400	13	3924,0	1,1541
450	15,5	4414,5	1,2984
500	17,8	4905,0	1,4426
550	19,1	5395,5	1,5869
600	19,9	5886,0	1,7312
650	20,2	6376,5	1,8754
700	21	6867,0	2,0197
750	21,9	7357,5	2,1640
800	22	7848,0	2,3082
850	22,9	8338,5	2,4525
900	23,2	8829,0	2,5968
950	23,9	9319,5	2,7410
1000	24,2	9810,0	2,8853
1050	24,9	10300,5	3,0296
1100	25	10791,0	3,1738
1150	25,9	11281,5	3,3181
1200	26	11772,0	3,4624
1250	26,5	12262,5	3,6066
1300	26,9	12753,0	3,7509
1350	27,3	13243,5	3,8951
1400	27,9	13734,0	4,0394
1450	28,4	14224,5	4,1837
1500	29	14715,0	4,3279
1550	29,5	15205,5	4,4722
1600	30,1	15696,0	4,6165
1610	57	15794,1	4,6453

P (mm) 495
L (mm) 102
T (mm) 100
W (Kg) 12,9

5%

Sampel 1

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	4	490,5	0,1612
100	5,8	981,0	0,3223
150	7	1471,5	0,4835
200	8,5	1962,0	0,6447
250	9,5	2452,5	0,8059
300	10,5	2943,0	0,9670
350	13	3433,5	1,1282
400	14	3924,0	1,2894
450	15,2	4414,5	1,4505
500	16,3	4905,0	1,6117
550	17	5395,5	1,7729
600	17,8	5886,0	1,9341
650	18,5	6376,5	2,0952
700	19,2	6867,0	2,2564
750	20	7357,5	2,4176
800	20,5	7848,0	2,5788
850	21	8338,5	2,7399
900	21,8	8829,0	2,9011
950	22,4	9319,5	3,0623
1000	23	9810,0	3,2234
1050	23,8	10300,5	3,3846
1100	24	10791,0	3,5458
1150	24,5	11281,5	3,7070
1200	25	11772,0	3,8681
1250	25,5	12262,5	4,0293
1300	26	12753,0	4,1905
1350	26,7	13243,5	4,3516
1400	27	13734,0	4,5128
1450	27,8	14224,5	4,6740
1500	28	14715,0	4,8352
1550	29	15205,5	4,9963
1557	60	15274,2	5,0189
150	70	1471,5	0,4835
100	84	981,0	0,3223
50	102	490,5	0,1612
30	221	294,3	0,0967

P (mm) 504
 L (mm) 91,3
 T (mm) 100
 W (Kg) 12,3

Sampel 2

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	1	490,5	0,1387
100	3	981,0	0,2774
150	4	1471,5	0,4161
200	5,5	1962,0	0,5548
250	6,5	2452,5	0,6935
300	7,5	2943,0	0,8322
350	8,8	3433,5	0,9709
400	9,9	3924,0	1,1096
450	10,5	4414,5	1,2483
500	11,5	4905,0	1,3870
550	12	5395,5	1,5257
600	13	5886,0	1,6644
650	14	6376,5	1,8031
700	14,9	6867,0	1,9418
750	15,3	7357,5	2,0805
800	16	7848,0	2,2192
850	16,7	8338,5	2,3580
900	17,5	8829,0	2,4967
950	18	9319,5	2,6354
1000	18,5	9810,0	2,7741
1050	19	10300,5	2,9128
1100	19,8	10791,0	3,0515
1150	20	11281,5	3,1902
1200	20,7	11772,0	3,3289
1250	21,2	12262,5	3,4676
1300	22	12753,0	3,6063
1370	22,9	13439,7	3,8005
30	45	294,3	0,0832
25	54	245,3	0,0694
200	90	1962,0	0,5548
150	82	1471,5	0,4161
100	100	981,0	0,2774
50	125	490,5	0,1387
50	175	490,5	0,1387

P (mm) 500
L (mm) 100
T (mm) 103
W (Kg) 12,7

Sampel 3

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	0	490,5	0,1460
100	5	981,0	0,2920
150	6	1471,5	0,4380
200	7	1962,0	0,5840
250	8	2452,5	0,7300
300	9	2943,0	0,8760
350	9	3433,5	1,0220
400	11,5	3924,0	1,1680
450	12	4414,5	1,3140
500	13	4905,0	1,4600
550	13,9	5395,5	1,6060
600	14,9	5886,0	1,7520
650	15,5	6376,5	1,8980
700	16,5	6867,0	2,0440
750	17,1	7357,5	2,1900
800	18	7848,0	2,3361
850	18,9	8338,5	2,4821
900	19,5	8829,0	2,6281
950	20	9319,5	2,7741
1000	20,9	9810,0	2,9201
1050	21,5	10300,5	3,0661
1100	22	10791,0	3,2121
1150	23	11281,5	3,3581
1200	23,8	11772,0	3,5041
1250	24,1	12262,5	3,6501
1300	25	12753,0	3,7961
1350	25,5	13243,5	3,9421
1400	26	13734,0	4,0881
1450	27	14224,5	4,2341
1500	60	14715,0	4,3801
60	95	588,6	0,1752
50	126	490,5	0,1460
40	168,5	392,4	0,1168

P (mm) 495
L (mm) 95
T (mm) 103
W (Kg) 12,4

10%

Sampel 1

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	3	490,5	0,1401
100	5,2	981,0	0,2803
150	7	1471,5	0,4204
200	11	1962,0	0,5606
250	12	2452,5	0,7007
300	12,9	2943,0	0,8409
350	13,5	3433,5	0,9810
400	14,9	3924,0	1,1211
450	15,5	4414,5	1,2613
500	16,5	4905,0	1,4014
550	17,3	5395,5	1,5416
600	18	5886,0	1,6817
650	18,7	6376,5	1,8219
700	19,5	6867,0	1,9620
750	20,1	7357,5	2,1021
800	21,5	7848,0	2,2423
850	22	8338,5	2,3824
900	22,8	8829,0	2,5226
950	23,5	9319,5	2,6627
1000	24	9810,0	2,8029
1050	24,9	10300,5	2,9430
1100	25,5	10791,0	3,0831
1150	26,1	11281,5	3,2233
1200	26,9	11772,0	3,3634
1250	27,5	12262,5	3,5036
1300	28,7	12753,0	3,6437
1350	31	13243,5	3,7839
1400	60	13734,0	3,9240
400	75	3924,0	1,1211
300	85	2943,0	0,8409
250	89	2452,5	0,7007
200	100	1962,0	0,5606
150	120	1471,5	0,4204
100	149	981,0	0,2803
100	341	981,0	0,2803
50	395	490,5	0,1401
100	460	981,0	0,2803
130	563	1275,3	0,3644

100	573	981,0	0,2803
60	661	588,6	0,1682
50	708,5	490,5	0,1401

P (mm) 506
L (mm) 105
T (mm) 100
W (Kg) 12,7

Sampel 2

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	6	490,5	0,1458
100	10	981,0	0,2915
150	12	1471,5	0,4373
200	13,5	1962,0	0,5831
250	15	2452,5	0,7288
300	17	2943,0	0,8746
350	18	3433,5	1,0204
400	19,5	3924,0	1,1661
450	20,5	4414,5	1,3119
500	21,5	4905,0	1,4576
550	22,5	5395,5	1,6034
600	23,7	5886,0	1,7492
650	25	6376,5	1,8949
700	26	6867,0	2,0407
750	26,7	7357,5	2,1865
800	28	7848,0	2,3322
850	28,5	8338,5	2,4780
900	29,5	8829,0	2,6238
950	30	9319,5	2,7695
1000	31	9810,0	2,9153
1050	31,5	10300,5	3,0611
1100	32,5	10791,0	3,2068
1150	33,5	11281,5	3,3526
1200	34,5	11772,0	3,4984
1250	36,6	12262,5	3,6441
1300	37	12753,0	3,7899
1350	38	13243,5	3,9356
1400	38,8	13734,0	4,0814
1435	60	14077,4	4,1834
150	130	1471,5	0,4373
100	144	981,0	0,2915
50	177	490,5	0,1458
40	250	392,4	0,1166
30	298	294,3	0,0875
30	416	294,3	0,0875
25	564,5	245,3	0,0729

P (mm) 505
L (mm) 103
T (mm) 99
W (Kg) 12,5

Sampel 3

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	1,5	490,5	0,1429
100	1,8	981,0	0,2857
150	2,9	1471,5	0,4286
200	3,8	1962,0	0,5715
250	4,5	2452,5	0,7143
300	5	2943,0	0,8572
350	5,9	3433,5	1,0001
400	6,5	3924,0	1,1429
450	7	4414,5	1,2858
500	7,9	4905,0	1,4286
550	8,5	5395,5	1,5715
600	9	5886,0	1,7144
650	9,8	6376,5	1,8572
700	10,1	6867,0	2,0001
750	10,9	7357,5	2,1430
800	11,5	7848,0	2,2858
850	11,8	8338,5	2,4287
900	12,5	8829,0	2,5716
950	13	9319,5	2,7144
1000	13,2	9810,0	2,8573
1050	13,9	10300,5	3,0002
1100	14,3	10791,0	3,1430
1150	15	11281,5	3,2859
1200	14,5	11772,0	3,4288
1250	16	12262,5	3,5716
1300	16,5	12753,0	3,7145
1350	17	13243,5	3,8573
1400	17,6	13734,0	4,0002
1440	18	14126,4	4,1145
250	92	2452,5	0,7143
200	105	1962,0	0,5715
150	120	1471,5	0,4286
100	167	981,0	0,2857
50	222	490,5	0,1429
40	307	392,4	0,1143
30	318	294,3	0,0857
20	334	196,2	0,0571

P (mm) 490
L (mm) 99
T (mm) 102
W (Kg) 12,8

15%

Sampel 1

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	3	490,5	0,1472
100	4	981,0	0,2943
150	5	1471,5	0,4415
200	6,5	1962,0	0,5886
250	7,5	2452,5	0,7358
300	8,9	2943,0	0,8829
350	10	3433,5	1,0301
400	11	3924,0	1,1772
450	11,9	4414,5	1,3244
500	12,8	4905,0	1,4715
550	13,5	5395,5	1,6187
600	14	5886,0	1,7658
650	14,9	6376,5	1,9130
700	15,3	6867,0	2,0601
750	16	7357,5	2,2073
800	16,5	7848,0	2,3544
850	17	8338,5	2,5016
900	17,5	8829,0	2,6487
950	18	9319,5	2,7959
1000	18,8	9810,0	2,9430
1050	19	10300,5	3,0902
1100	19,9	10791,0	3,2373
1150	20,1	11281,5	3,3845
1200	20,9	11772,0	3,5316
1250	21,2	12262,5	3,6788
1300	21,9	12753,0	3,8259
1350	22,5	13243,5	3,9731
1400	23	13734,0	4,1202
1450	23,2	14224,5	4,2674
1500	24	14715,0	4,4145
1550	24,5	15205,5	4,5617
1600	25	15696,0	4,7088
1650	25,5	16186,5	4,8560
1700	26	16677,0	5,0031
1750	26,5	17167,5	5,1503
1800	26,9	17658,0	5,2974
1850	27	18148,5	5,4446

1900	27,9	18639,0	5,5917
1950	28,5	19129,5	5,7389
2000	29,8	19620,0	5,8860
90	140	882,9	0,2649
80	148	784,8	0,2354
70	170	686,7	0,2060
60	190	588,6	0,1766
50	209	490,5	0,1472
40	270	392,4	0,1177
30	290	294,3	0,0883

P (mm) 499
L (mm) 100
T (mm) 100
W (Kg) 12,6

Sampel 2

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	4	490,5	0,1363
100	6	981,0	0,2725
150	8	1471,5	0,4088
200	9	1962,0	0,5450
250	10	2452,5	0,6813
300	11,5	2943,0	0,8175
350	12	3433,5	0,9538
400	14	3924,0	1,0900
450	15	4414,5	1,2263
500	16	4905,0	1,3625
550	18	5395,5	1,4988
600	18,5	5886,0	1,6350
650	19	6376,5	1,7713
700	20	6867,0	1,9075
750	21	7357,5	2,0438
800		7848,0	2,1800
850	22,5	8338,5	2,3163
900	23	8829,0	2,4525
950	24	9319,5	2,5888
1000	25	9810,0	2,7250
1050	25,5	10300,5	2,8613
1100	26	10791,0	2,9975
1150	26,5	11281,5	3,1338
1200	27,5	11772,0	3,2700
1250	28	12262,5	3,4063
1300	29	12753,0	3,5425
1350	29,5	13243,5	3,6788
1400	30	13734,0	3,8150
1450	30,5	14224,5	3,9513
1500	31	14715,0	4,0875
1550	31,5	15205,5	4,2238
1600	32	15696,0	4,3600
1650	32,5	16186,5	4,4963
1700	33	16677,0	4,6325
1750	33,5	17167,5	4,7688
1800	34	17658,0	4,9050
1850	34,5	18148,5	5,0413

1900	35	18639,0	5,1775
1950	35,5	19129,5	5,3138
2000	36	19620,0	5,4500
2050	37	20110,5	5,5863
2100	37,2	20601,0	5,7225
2150	37,5	21091,5	5,8588
2200	38	21582,0	5,9950
2250	38,5	22072,5	6,1313
2300	40	22563,0	6,2675
2350	40	23053,5	6,4038
2400	40,5	23544,0	6,5400
2450	41	24034,5	6,6763
2540	42	24917,4	6,9215

P (mm) 500
L (mm) 108
T (mm) 100
W (Kg) 13,2

Sampel 3

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	1	490,5	0,1472
100	1,5	981,0	0,2943
150	2	1471,5	0,4415
200	3	1962,0	0,5886
250	4	2452,5	0,7358
300	5	2943,0	0,8829
350	6	3433,5	1,0301
400	6,5	3924,0	1,1772
450	7	4414,5	1,3244
500	7,5	4905,0	1,4715
550	8	5395,5	1,6187
600	8,5	5886,0	1,7658
650	9	6376,5	1,9130
700	9,5	6867,0	2,0601
750	10	7357,5	2,2073
800	10,5	7848,0	2,3544
850	11	8338,5	2,5016
900	11,2	8829,0	2,6487
950	12	9319,5	2,7959
1000	12,2	9810,0	2,9430
1050	13	10300,5	3,0902
1100	13,5	10791,0	3,2373
1150	14	11281,5	3,3845
1200	14,5	11772,0	3,5316
1250	15	12262,5	3,6788
1300	15,1	12753,0	3,8259
1350	15,5	13243,5	3,9731
1400	16	13734,0	4,1202
1450	16,3	14224,5	4,2674
1500	16,5	14715,0	4,4145
1550	17	15205,5	4,5617
1600	17,5	15696,0	4,7088
1650	18	16186,5	4,8560
1700	18,5	16677,0	5,0031
1750	19	17167,5	5,1503
1800	19,2	17658,0	5,2974
1850	19,5	18148,5	5,4446

1900	20	18639,0	5,5917
1950	20,5	19129,5	5,7389
2000	20,8	19620,0	5,8860
2050	21	20110,5	6,0332
2100	21,5	20601,0	6,1803
2150	22	21091,5	6,3275
2200	22,2	21582,0	6,4746
2250	22,7	22072,5	6,6218
2300	23	22563,0	6,7689
2310	30	22661,1	6,7983

P (mm) 500
L (mm) 100
T (mm) 100
W (Kg) 12,8

20%

Sampel 1

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	0	490,5	0,1517
100	1	981,0	0,3034
150	2	1471,5	0,4551
200	3	1962,0	0,6068
250	4	2452,5	0,7585
300	5	2943,0	0,9102
350	5,5	3433,5	1,0619
400	6	3924,0	1,2136
450	7	4414,5	1,3653
500	8	4905,0	1,5170
550	8,5	5395,5	1,6687
600	9	5886,0	1,8204
650	9,5	6376,5	1,9721
700	10,5	6867,0	2,1238
750	11	7357,5	2,2755
800	11,5	7848,0	2,4272
850	12	8338,5	2,5789
900	13	8829,0	2,7306
950	13,5	9319,5	2,8823
1000	14	9810,0	3,0340
1050	14,5	10300,5	3,1857
1100	15	10791,0	3,3374
1150	15,5	11281,5	3,4891
1200	16	11772,0	3,6408
1250	16,5	12262,5	3,7925
1300	17	12753,0	3,9442
1350	17,2	13243,5	4,0959
1400	17,5	13734,0	4,2476
1450	18	14224,5	4,3993
1500	18,1	14715,0	4,5510
1550	18,5	15205,5	4,7027
1600	19	15696,0	4,8544
1650	19,2	16186,5	5,0061
1700	20	16677,0	5,1578
1750	20,1	17167,5	5,3095
1800	20,3	17658,0	5,4612
1850	20,5	18148,5	5,6129
1900	21	18639,0	5,7646
1950	21,5	19129,5	5,9163
2000	22	19620,0	6,0680

2050	23	20110,5	6,2197
2100	23,2	20601,0	6,3714
2150	23,5	21091,5	6,5231
2200	24	21582,0	6,6748
2250	24,1	22072,5	6,8265
2300	24,2	22563,0	6,9782
2350	24,3	23053,5	7,1299
2400	25	23544,0	7,2816
2450	25	24034,5	7,4334
2500	26	24525,0	7,5851
2520	40	24721,2	7,6457

P (mm) 508
 L (mm) 97
 T (mm) 100
 W (Kg) 12,4

Sampel 2

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	1	490,5	0,1429
100	2	981,0	0,2857
150	3	1471,5	0,4286
200	4	1962,0	0,5715
250	5	2452,5	0,7143
300	6	2943,0	0,8572
350	7	3433,5	1,0000
400	8	3924,0	1,1429
450	9	4414,5	1,2858
500	9,5	4905,0	1,4286
550	10	5395,5	1,5715
600	10,5	5886,0	1,7144
650	11	6376,5	1,8572
700	12,5	6867,0	2,0001
750	13	7357,5	2,1430
800	13,5	7848,0	2,2858
850	14	8338,5	2,4287
900	15	8829,0	2,5716
950	15,5	9319,5	2,7144
1000	16,5	9810,0	2,8573
1050	17	10300,5	3,0001
1100	17,5	10791,0	3,1430
1150	18	11281,5	3,2859
1200	18,5	11772,0	3,4287
1250	19	12262,5	3,5716
1300	19,5	12753,0	3,7145
1350	19,8	13243,5	3,8573
1400	20	13734,0	4,0002
1450	20,2	14224,5	4,1431
1500	20,7	14715,0	4,2859
1550	21,2	15205,5	4,4288
1600	21,5	15696,0	4,5717
1650	22	16186,5	4,7145
1700	22,5	16677,0	4,8574
1750	23	17167,5	5,0002
1800	23,5	17658,0	5,1431
1850	23,8	18148,5	5,2860
1900	24	18639,0	5,4288
1950	24,3	19129,5	5,5717
2000	24,7	19620,0	5,7146

2050	25	20110,5	5,8574
2100	25,1	20601,0	6,0003
2150	25,5	21091,5	6,1432
2200	26	21582,0	6,2860
2250	26,2	22072,5	6,4289
2300	26,8	22563,0	6,5717
2350	27	23053,5	6,7146
2400	27,1	23544,0	6,8575
2450	27,5	24034,5	7,0003
2500	28	24525,0	7,1432
2550	29	25015,5	7,2861
2570	35	25211,7	7,3432

P (mm) 495

L (mm) 103

T (mm) 100

W (Kg) 12,9

Sampel 3

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	2	490,5	0,1363
100	3	981,0	0,2725
150	3	1471,5	0,4088
200	4	1962,0	0,5450
250	5	2452,5	0,6813
300	6	2943,0	0,8175
350	7	3433,5	0,9538
400	8	3924,0	1,0900
450	9	4414,5	1,2263
500	10	4905,0	1,3625
550	10,5	5395,5	1,4988
600	11	5886,0	1,6350
650	12	6376,5	1,7713
700	13	6867,0	1,9075
750	14	7357,5	2,0438
800	14,5	7848,0	2,1800
850	15	8338,5	2,3163
900	16	8829,0	2,4525
950	16,5	9319,5	2,5888
1000	17	9810,0	2,7250
1050	17	10300,5	2,8613
1100	17,5	10791,0	2,9975
1150	18	11281,5	3,1338
1200	18,5	11772,0	3,2700
1250	19	12262,5	3,4063
1300	19,5	12753,0	3,5425
1350	19,8	13243,5	3,6788
1400	20	13734,0	3,8150
1450	20,2	14224,5	3,9513
1500	20,5	14715,0	4,0875
1550	20,8	15205,5	4,2238
1600	21	15696,0	4,3600
1650	21,5	16186,5	4,4963
1700	22	16677,0	4,6325
1750	22,2	17167,5	4,7688
1800	22,5	17658,0	4,9050
1850	22,8	18148,5	5,0413
1900	23	18639,0	5,1775
1950	23,5	19129,5	5,3138
2000	23,8	19620,0	5,4500

2050	24	20110,5	5,5863
2100	24,2	20601,0	5,7225
2150	25	21091,5	5,8588
2200	25,2	21582,0	5,9950
2250	25,5	22072,5	6,1313
2300	25,7	22563,0	6,2675
2350	25,8	23053,5	6,4038
2400	26	23544,0	6,5400
2450	26,2	24034,5	6,6763
2500	26,5	24525,0	6,8125
2550	27	25015,5	6,9488
2600	27	25506,0	7,0850
2650	27	25996,5	7,2213
2700	27,2	26487,0	7,3575
2750	27,5	26977,5	7,4938
2800	27,7	27468,0	7,6300
2850	28	27958,5	7,7663
2900	28,3	28449,0	7,9025
2950	28,5	28939,5	8,0388
2970	29	29135,7	8,0933

P (mm) 504
L (mm) 108
T (mm) 100
W (Kg) 13

25%

Sampel 1

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	2,5	490,5	0,1472
100	5	981,0	0,2943
150	7	1471,5	0,4415
200	9,5	1962,0	0,5886
250	11	2452,5	0,7358
300	12,9	2943,0	0,8829
350	14,5	3433,5	1,0301
400	15,9	3924,0	1,1772
450	17	4414,5	1,3244
500	18	4905,0	1,4715
550	19	5395,5	1,6187
600	20,8	5886,0	1,7658
650	22	6376,5	1,9130
700	23	6867,0	2,0601
750	24	7357,5	2,2073
800	25,2	7848,0	2,3544
850	26	8338,5	2,5016
900	27,2	8829,0	2,6487
950	28	9319,5	2,7959
1000	29,5	9810,0	2,9430
1050	30	10300,5	3,0902
1100	31,2	10791,0	3,2373
1150	32	11281,5	3,3845
1200	32,8	11772,0	3,5316
1250	33,5	12262,5	3,6788
1300	34	12753,0	3,8259
1350	35	13243,5	3,9731
1400	35,5	13734,0	4,1202
1450	36	14224,5	4,2674
1500	36,8	14715,0	4,4145
1550	37	15205,5	4,5617
1600	38	15696,0	4,7088
1650	38,5	16186,5	4,8560
1700	39	16677,0	5,0031
1750	40	17167,5	5,1503
1800	40,5	17658,0	5,2974
1850	41	18148,5	5,4446
1870	160	18344,7	5,5034

P (mm) 498
L (mm) 100
T (mm) 100
W (Kg) 12,7

Sampel 2

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	5,5	490,5	0,1338
100	7,5	981,0	0,2675
150	9	1471,5	0,4013
200	10,5	1962,0	0,5351
250	12	2452,5	0,6689
300	13,2	2943,0	0,8026
350	17,9	3433,5	0,9364
400	19	3924,0	1,0702
450	20	4414,5	1,2040
500	21	4905,0	1,3377
550	21,9	5395,5	1,4715
600	23	5886,0	1,6053
650	23,5	6376,5	1,7390
700	24,5	6867,0	1,8728
750	25	7357,5	2,0066
800	26	7848,0	2,1404
850	26,5	8338,5	2,2741
900	27	8829,0	2,4079
950	27,5	9319,5	2,5417
1000	28	9810,0	2,6755
1050	28,5	10300,5	2,8092
1100	29	10791,0	2,9430
1150	30	11281,5	3,0768
1200	30,5	11772,0	3,2105
1250	31	12262,5	3,3443
1300	32	12753,0	3,4781
1350	32,5	13243,5	3,6119
1400	33	13734,0	3,7456
1450	33,5	14224,5	3,8794
1500	34	14715,0	4,0132
1550	34,5	15205,5	4,1470
1600	35	15696,0	4,2807
1650	35,5	16186,5	4,4145
1700	36	16677,0	4,5483
1750	36,5	17167,5	4,6820
1800	37	17658,0	4,8158
1850	37,5	18148,5	4,9496
1900	38	18639,0	5,0834
1950	38,5	19129,5	5,2171
2000	39	19620,0	5,3509

2050	39,9	20110,5	5,4847
2100	40	20601,0	5,6185
2150	40,5	21091,5	5,7522
2200	41	21582,0	5,8860
2255	42	22121,6	6,0332
2300	50	22563,0	6,1535

P (mm) 500
L (mm) 110
T (mm) 100
W (Kg) 12,5

Sampel 3

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	4,8	490,5	0,1443
100	8	981,0	0,2885
150	9,5	1471,5	0,4328
200	11	1962,0	0,5771
250	12,5	2452,5	0,7213
300	13,5	2943,0	0,8656
350	14,5	3433,5	1,0099
400	15	3924,0	1,1541
450	16	4414,5	1,2984
500	16,5	4905,0	1,4426
550	17	5395,5	1,5869
600	17,5	5886,0	1,7312
650	18	6376,5	1,8754
700	18,5	6867,0	2,0197
750	19	7357,5	2,1640
800	19,5	7848,0	2,3082
850	20	8338,5	2,4525
900	20,3	8829,0	2,5968
950	20,9	9319,5	2,7410
1000	21	9810,0	2,8853
1050	21,9	10300,5	3,0296
1100	22	10791,0	3,1738
1150	22,5	11281,5	3,3181
1200	22,9	11772,0	3,4624
1250	23,2	12262,5	3,6066
1300	23,6	12753,0	3,7509
1350	24	13243,5	3,8951
1400	24,5	13734,0	4,0394
1450	24,9	14224,5	4,1837
1500	25	14715,0	4,3279
1550	25,2	15205,5	4,4722
1600	25,8	15696,0	4,6165
1650	26	16186,5	4,7607
1700	26,5	16677,0	4,9050
1750	27	17167,5	5,0493
1800	27,5	17658,0	5,1935
1850	28	18148,5	5,3378
1900	28,5	18639,0	5,4821
1910	90	18737,1	5,5109

P (mm) 500
L (mm) 102
T (mm) 100
W (Kg) 12,8

30%
Sampel 1

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	3,5	490,5	0,1350
100	5	981,0	0,2700
150	5,5	1471,5	0,4050
200	6	1962,0	0,5400
250	7	2452,5	0,6750
300	7,9	2943,0	0,8100
350	8,5	3433,5	0,9450
400	9,2	3924,0	1,0800
450	9,9	4414,5	1,2150
500	10,5	4905,0	1,3500
550	10,9	5395,5	1,4850
600	11,2	5886,0	1,6200
650	12	6376,5	1,7550
700	12,5	6867,0	1,8900
750	13	7357,5	2,0250
800	13,5	7848,0	2,1600
850	14	8338,5	2,2950
900	14,2	8829,0	2,4300
950	14,8	9319,5	2,5650
1000	15	9810,0	2,7000
1050	15,5	10300,5	2,8350
1100	15,9	10791,0	2,9700
1150	16	11281,5	3,1050
1200	16,5	11772,0	3,2400
1250	17	12262,5	3,3750
1300	17,3	12753,0	3,5100
1350	17,5	13243,5	3,6450
1400	18	13734,0	3,7800
1450	18,1	14224,5	3,9150
1500	18,5	14715,0	4,0500
1550	18,9	15205,5	4,1850
1600	19,1	15696,0	4,3200
1650	19,5	16186,5	4,4550
1700	19,9	16677,0	4,5900
1750	20	17167,5	4,7250
1800	20,4	17658,0	4,8600
1850	21	18148,5	4,9950
1900	21,3	18639,0	5,1300
1950	22	19129,5	5,2650
2000	22,5	19620,0	5,4000
2005	30	19669,1	5,4135

P (mm) 505
L (mm) 109
T (mm) 100
W (Kg) 13,6

Sampel 2

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_l = P.L/b.h^2$
50	0,5	490,5	0,1168
100	1	981,0	0,2336
150	1,5	1471,5	0,3504
200	2,2	1962,0	0,4672
250	2,8	2452,5	0,5841
300	3	2943,0	0,7009
350	3,5	3433,5	0,8177
400	4	3924,0	0,9345
450	4,5	4414,5	1,0513
500	5	4905,0	1,1681
550	5,5	5395,5	1,2849
600	5,9	5886,0	1,4017
650	6,1	6376,5	1,5186
700	6,5	6867,0	1,6354
750	7	7357,5	1,7522
800	7,5	7848,0	1,8690
850	7,9	8338,5	1,9858
900	8,5	8829,0	2,1026
950	8,8	9319,5	2,2194
1000	9	9810,0	2,3362
1050	9,7	10300,5	2,4531
1100	10	10791,0	2,5699
1150	10,5	11281,5	2,6867
1200	11	11772,0	2,8035
1250	11,5	12262,5	2,9203
1300	11,7	12753,0	3,0371
1350	12	13243,5	3,1539
1400	12,2	13734,0	3,2707
1450	12,8	14224,5	3,3876
1500	13	14715,0	3,5044
1550	13,3	15205,5	3,6212
1600	13,7	15696,0	3,7380
1650	14	16186,5	3,8548
1700	14,1	16677,0	3,9716
1750	14,4	17167,5	4,0884
1800	14,8	17658,0	4,2052
1850	15	18148,5	4,3221
1900	15,1	18639,0	4,4389
1950	15,7	19129,5	4,5557
2000	15,9	19620,0	4,6725
2050	16	20110,5	4,7893

2100	16,3	20601,0	4,9061
2150	16,5	21091,5	5,0229
2200	17	21582,0	5,1397
2250	17,1	22072,5	5,2566
2300	17,5	22563,0	5,3734
2350	17,9	23053,5	5,4902
2400	18,5	23544,0	5,6070
2450	20	24034,5	5,7238
2450	60	24034,5	5,7238

P (mm) 490
L (mm) 108
T (mm) 108
W (Kg) 12,8

Sampel 3

Beban (Kgf)	Dial	Beban (N)	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$
50	4,8	490,5	0,1472
100	6	981,0	0,2943
150	7	1471,5	0,4415
200	8,8	1962,0	0,5886
250	10	2452,5	0,7358
300	10,9	2943,0	0,8829
350	11,5	3433,5	1,0301
400	12	3924,0	1,1772
450	12,8	4414,5	1,3244
500	13,5	4905,0	1,4715
550	14	5395,5	1,6187
600	14,8	5886,0	1,7658
650	15,2	6376,5	1,9130
700	15,9	6867,0	2,0601
750	16,2	7357,5	2,2073
800	16,9	7848,0	2,3544
850	17,5	8338,5	2,5016
900	17,9	8829,0	2,6487
950	18	9319,5	2,7959
1000	18,8	9810,0	2,9430
1050	19,2	10300,5	3,0902
1100	19,9	10791,0	3,2373
1150	20,2	11281,5	3,3845
1200	20,5	11772,0	3,5316
1250	21	12262,5	3,6788
1300	21,2	12753,0	3,8259
1350	21,6	13243,5	3,9731
1400	22	13734,0	4,1202
1450	22,5	14224,5	4,2674
1500	22,9	14715,0	4,4145
1550	23	15205,5	4,5617
1600	23,6	15696,0	4,7088
1650	24	16186,5	4,8560
1700	24,3	16677,0	5,0031
1750	24,8	17167,5	5,1503
1800	25	17658,0	5,2974
1850	25,2	18148,5	5,4446
1900	25,6	18639,0	5,5917
1950	26	19129,5	5,7389
2000	26,2	19620,0	5,8860
2050	26,5	20110,5	6,0332

2100	27	20601,0	6,1803
2150	27,3	21091,5	6,3275
2200	27,5	21582,0	6,4746
2250	28,2	22072,5	6,6218
2300	29	22563,0	6,7689
2310	120	22661,1	6,7983

P (mm) 501
L (mm) 100
T (mm) 100
W (Kg) 12,8

DATA HASIL ANALISIS

Hasil Pengujian Kuat Tarik f'_c 35 MPa

0%

Variasi	Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct} = 2P/\pi LD$
BT 35-0%	1	151	300	13	248600	3,4955
	2	149	300	13	243200	3,4654
	3	150	301	13	278700	3,9317
rata-rata					256833,333	3,6309

5%

Variasi	Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct} = 2P/\pi LD$
BT 35-5%	1	150	302	13	293200	4,1226
	2	151	300	13,1	318500	4,4783
	3	149	300	13,1	182000	
P max rata-rata					264566,667	4,3004

10%

Variasi	Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct} = 2P/\pi LD$
BT 35-10%	1	151	300	13,1	320200	4,5022
	2	151	301	13,05	276600	
	3	150	301	13,2	318600	4,4946
P max rata-rata					305133,333	4,4984

15%

Variasi	Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct} = 2P/\pi LD$
BT 35-15%	1	150	301	13,1	321100	4,5298
	2	147	299	13,1	332000	4,8112
	3	147	299	13,2	341800	4,9532
P max rata-rata					331633,333	4,7647

20%

Variasi	Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct} = 2P/\pi LD$
BT 35-20%	1	147	300	13,2	265700	
	2	148	302	13,22	353100	5,0319
	3	148	302	13,28	325900	4,6443
P max rata-rata					314900	4,8381

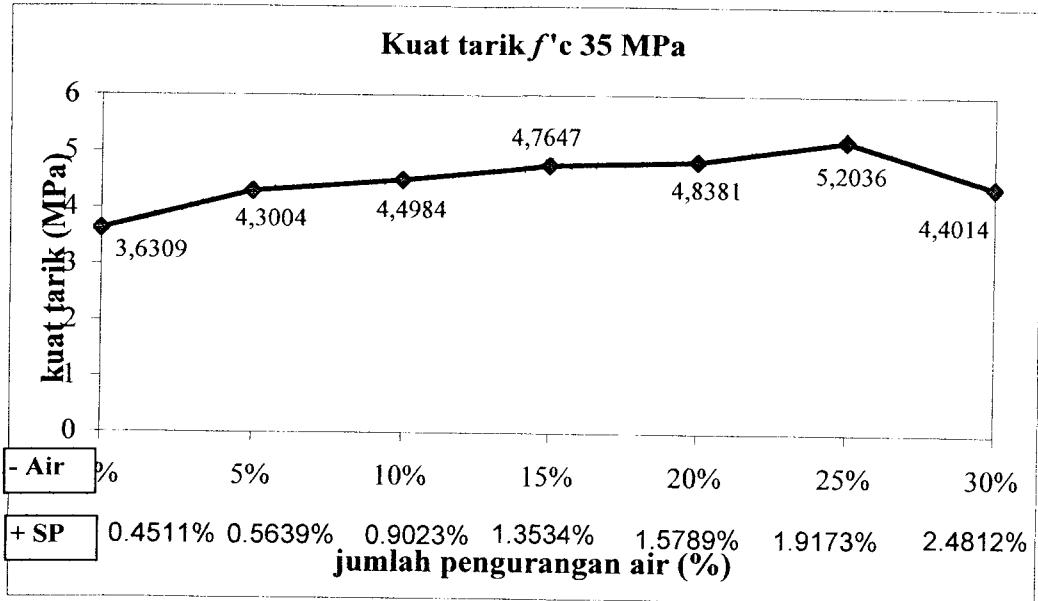
25%

Variasi	Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct} = 2P/\pi LD$
BT 35-25%	1	151	300	13,32	417300	5,8675
	2	149	299	13,1	278900	
	3	150	301	13,4	321800	4,5397
P max rata-rata					339333,333	5,2036

30%

Variasi	Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct} = 2P/\pi LD$
BT 35-30%	1	149	300	13,4	303000	4,3175
	2	151	300	13,4	290100	4,0790
	3	150	301	13,4	340800	4,8078
P max rata-rata					311300	4,4014

Jumlah Pengurangan air	Fct
0%	3,6309
5%	4,3004
10%	4,4984
15%	4,7647
20%	4,8381
25%	5,2036
30%	4,4014



HASIL PENGUJIAN KUAT GESER f'_c 35 MPa

0%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f'_{sh} = P/2A$
1	242	101	100	6	137200	129966,6667	6,792079208
2	245	101	101	6,5	139900		6,857170866
3	240	103	102	6	112800		5,368360937
					389900		6,33920367

5%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f'_{sh} = P/2A$
1	245	96	100	5,85	128900	119300	6,713541667
2	247	105	102	6,15	139200		6,49859944
3	236	101	100	6	89800		
					357900		6,606070553

10%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f'_{sh} = P/2A$
1	248	103	105	6,78	89500	136300	
2	235	104	105	6	152700		6,991758242
3	248	99	101	6,15	166700		8,335833583
					408900		7,663795913

15%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f'_{sh} = P/2A$
1	242	100	100	6,28	131500	144166,6667	
2	241	98	100	6,1	173900		8,87244898
3	243	98	100	6,1	127100		6,484693878
					432500		7,678571429

20%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f'_{sh} = P/2A$
1	240	100	100	6,25	121700	152633,3333	
2	248	96	100	6,3	187400		9,760416667
3	249	97	100	6,3	148800		7,670103093
					457900		8,71525988

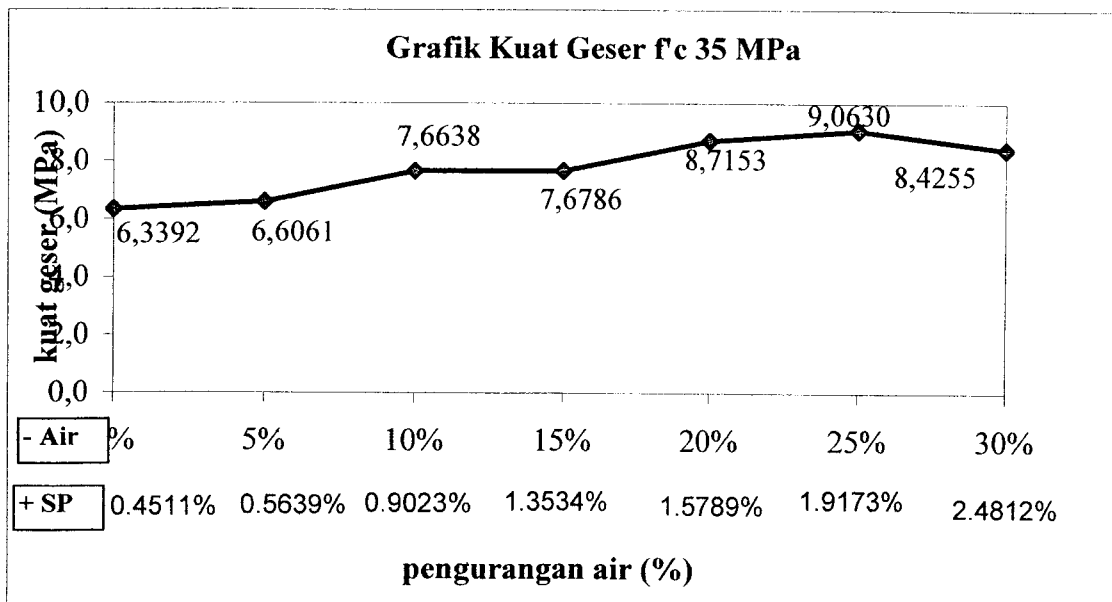
25%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f'_{sh} = P/2A$
1	244	105	104	6,78	164540	182780	
2	241	106	105	6,4	192000		8,625336927
3	254	98	103	6,3	191800		9,500693481
					548340		9,063015204

30%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f'_{sh} = P/2A$
1	246	97	102	6,4	201100	154866,6667	10,16272488
2	254	108	103	6,9	148800		6,68824164
3	237	105	102	6,4	114700		
					464600		8,425483262

Jumlah Pengurangan Air	F'cr
0%	6,3392
5%	6,6061
10%	7,6638
15%	7,6786
20%	8,7153
25%	9,0630
30%	8,4255



Grafik Kuat Lentur f'c 35 MPa

0%

Variasi	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$	Rata-rata
BL 35-0%		5,0455
	5,0626	
	5,0285	

5%

Variasi	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$	Rata-rata
BL 35-5%	4,2680	4,1054
	3,9428	

10%

Variasi	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$	Rata-rata
BL 35-10%		4,1623
	4,1883	
	4,1363	

15%

Variasi	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$	Rata-rata
BL 35-15%	5,2827	5,2165
	5,1503	

20%

Variasi	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$	Rata-rata
BL 35-20%	5,0031	5,4096
	5,2974	
	5,9284	

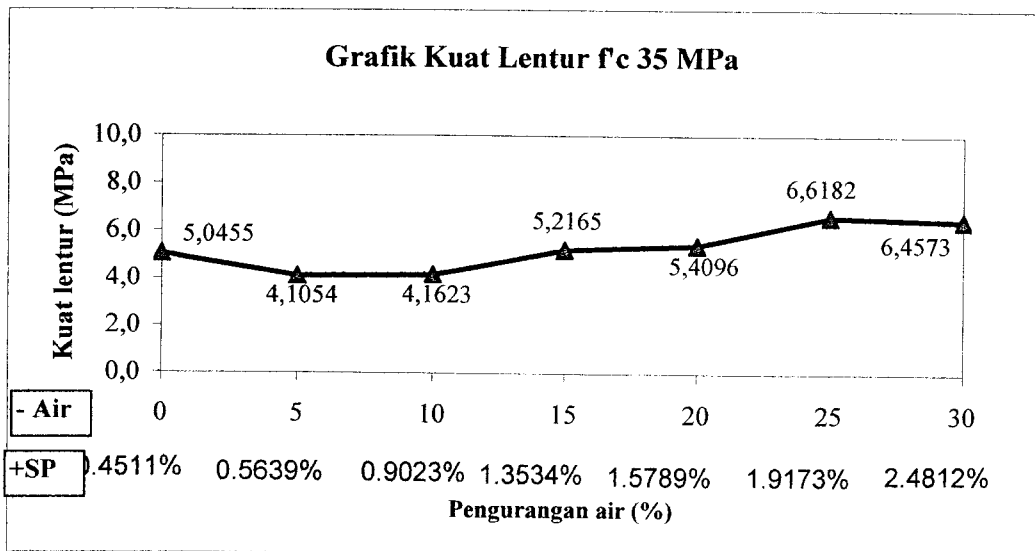
25%

Variasi	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$	Rata-rata
BL 35-25%	6,4234	6,6182
	6,8130	

30%

Variasi	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$	Rata-rata
BL35-30%		6,4573
	6,3765	
	6,5381	

Peng.air (%)	σ_1
0	5,0455
5	4,1054
10	4,1623
15	5,2165
20	5,4096
25	6,6182
30	6,4573



Hasil Pengujian Permeabilitas $f'c$ 35 MPa

Sample Umur :

0% (Tanpa Sika)

Titik	Sisi Kiri (mm)	Sisi Kanan (mm)	Sisi Atas (mm)	Sisi Bwh (mm)	P max (kN)	wkt Pdmn (menit)	Rata-rata (meter)	Permeabilitas (m/mnt)	Pmaebliti (cm/dt)
1	18	15	15	10	215	60	0,019	0,00031667	0,000527778
2	20	10	12	10					
rata-rata	19	12,5	13,5	10					

5%

Titik	Sisi Kiri (mm)	Sisi Kanan (mm)	Sisi Atas (mm)	Sisi Bwh (mm)	P max (kN)	wkt Pdmn (menit)	Rata-rata (meter)	Permeabilitas (m/mnt)	Pmaebliti (cm/dt)
1	20	15	18	7,5	238,4	60	0,0175	0,00029167	0,000486111
2	15	14	15	10					
rata-rata	17,5	14,5	16,5	8,75					

10%

Titik	Sisi Kiri (mm)	Sisi Kanan (mm)	Sisi Atas (mm)	Sisi Bwh (mm)	P max (kN)	wkt Pdmn (menit)	Rata-rata (meter)	Permeabilitas (m/mnt)	Pmaebliti (cm/dt)
1	15	13	15	8	241,8	60	0,015	0,00025	0,000416667
2	12	17	15	7					
rata-rata	13,5	15	15	7,5					

15%

Titik	Sisi Kiri (mm)	Sisi Kanan (mm)	Sisi Atas (mm)	Sisi Bwh (mm)	P max (kN)	wkt Pdmn (menit)	Rata-rata (meter)	Permeabilitas (m/mnt)	Pmaebliti (cm/dt)
1	10	10	15	10	245,5	60	0,0125	0,00020833	0,000402778
2	10	15	14	10					
rata-rata	10	12,5	14,5	10					

20%

Titik	Sisi Kiri (mm)	Sisi Kanan (mm)	Sisi Atas (mm)	Sisi Bwh (mm)	P max (kN)	wkt Pdmn (menit)	Rata-rata (meter)	Permaebilitas (m/mnt)	Pmaebiliti (cm/dt)
1	12	10	11	10	284	60	0,011	0,00018333	0,000305556
2	10	10	11	10					
rata-rata	11	10	11	10					

25%

Titik	Sisi Kiri (mm)	Sisi Kanan (mm)	Sisi Atas (mm)	Sisi Bwh (mm)	P max (kN)	wkt Pdmn (menit)	Rata-rata (meter)	Permaebilitas (m/mnt)	Pmaebiliti (cm/dt)
1	10	10	7	7	349,6	60	0,01	0,00016667	0,000277778
2	10	10	7,5	6,5					
rata-rata	10	10	7,25	6,75					

30%

Titik	Sisi Kiri (mm)	Sisi Kanan (mm)	Sisi Atas (mm)	Sisi Bwh (mm)	P max (kN)	wkt Pdmn (menit)	Rata-rata (meter)	Permaebilitas (m/mnt)	Pmaebiliti (cm/dt)
1	9	9	9	7	344,4	60	0,0085	0,00014167	0,000263889
2	10	9	8	5					
rata-rata	9,5	9	8,5	6					

Berat Volume Slinder Permaebilitas $f'c$ 35 MPa

Selinder Peng. air	Dimtr (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Luas (mm ²)	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Brt Vol. (ton/m ³)
0%	150	300	13,0	17662,50	0,01766	0,300	0,0053	0,01300	2,4534
5%	150	300	13,1	17662,50	0,01766	0,300	0,0053	0,01310	2,4723
10%	150	300	13,0	17662,50	0,01766	0,300	0,0053	0,01300	2,4534
15%	148	300	13,1	17194,64	0,01719	0,300	0,0052	0,01310	2,5396
20%	149	301	13,2	17427,79	0,01743	0,301	0,0052	0,01320	2,5163
25%	151	301	13,3	17898,79	0,01790	0,301	0,0054	0,01330	2,4687
30%	150	300	13,5	17662,50	0,01766	0,300	0,0053	0,01345	2,5383

Hasil Pengujian Kuat Tarik f'_c 40 MPa

0%

Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct}=2P/\pi LD$	fct rata-rata
1	147	300	13,2	281100		3,1356
2	147	300	13,1	226700	3,2743	
3	148	302	13,1	210300	2,9969	
				jumlah	239366,667	

5%

Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct}=2P/\pi LD$	fct rata-rata
1	147	301	13	265200	3,8176	3,5126
2	149	299	13	310600		
3	148	300	13	223600	3,2077	
				jumlah	266466,667	

10%

Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct}=2P/\pi LD$	fct rata-rata
1	150	298	13,1	228900	3,2617	3,6325
2	152	300	13,2	229600	3,2071	
3	150	300	13	312900	4,4289	
				jumlah	257133,333	

15%

Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct}=2P/\pi LD$	fct rata-rata
1	150	299	13,1	261500	3,7137	3,8132
2	148	300	13,2	251500	3,6079	
3	149	300	13,3	289000	4,1180	
				jumlah	267333,333	

20%

Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct}=2P/\pi LD$	fct rata-rata
1	148	302	13,3	332200	4,7340	4,3075
2	146	302	13,2	250000	3,6114	
3	147	300	13,2	316900	4,5770	
				jumlah	299700	

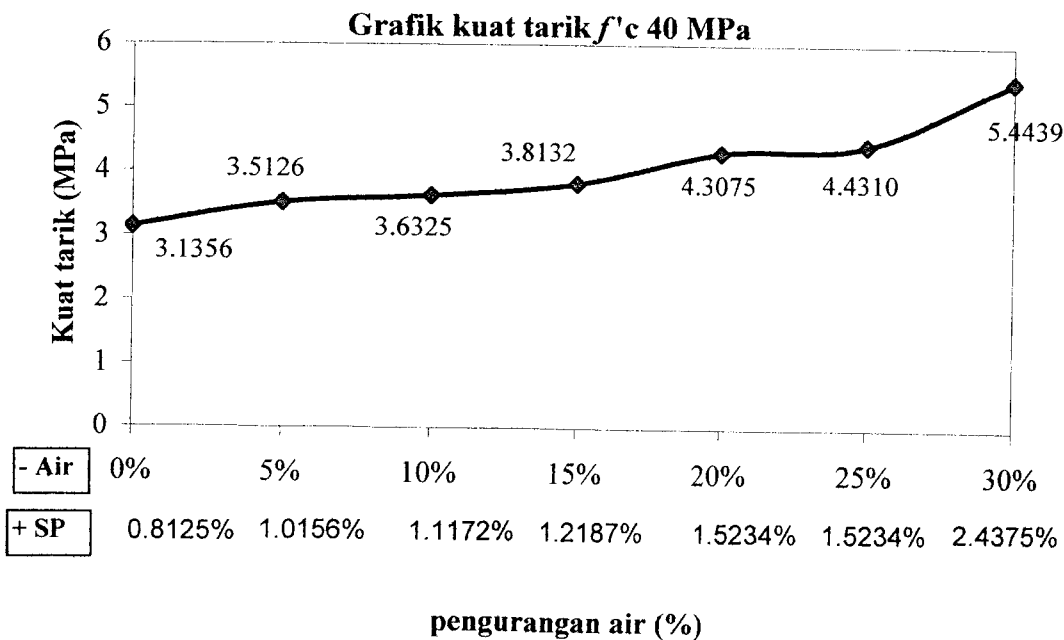
25%

Variasi	Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct}=2P/\pi LD$	fct rata-rata
3T 40-25%	1	148	299	13.3	364400	5.2450	4.4310
	2	148	299	13.4	270800	3.8978	
	3	148	300	13.4	289300	4.1502	
						308166.7	

30%

Variasi	Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f_{ct}=2P/\pi LD$	fct rata-rata
3T 40-30%	1	148	302	13.4	414900	5.9126	5.4439
	2	148	298	13.4	400400	5.7825	
	3	149	300	13.3	325400	4.6367	
						380233.3	

Peng. Air(%)	fct rata-rata
0%	3.1356
5%	3.5126
10%	3.6325
15%	3.8132
20%	4.3075
25%	4.4310
30%	5.4439



HASIL PENGUJIAN KUAT GESER 40 Mpa

:

0%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f'sh= P/2A$
1	240	103	98	6,2	86500	85433,333	4,2847
2	247	100	100	6,2	69700		
3	240	103	100	6	100100		4,8592
							4,5720

5%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f'sh= P/2A$
1	250	97	100	6,2	149300	129800	
2	245	102	102	6,3	106200		5,1038
3	245	98	102	6	133900		6,6977
							5,9007

10%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f'sh= P/2A$
1	255	100	100	6,4	157900	135833,33	7,8950
2	260	100	102	6,6	108300		5,3088
3	247	99	102	6,3	141300		6,9964
							6,7334

15%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f'sh= P/2A$
1	250	100	99	6,5	194900	135366,67	9,8434
2	250	100	100	6,4	104500		5,2250
3	250	100	100	6,2	106700		5,3350
							6,8011

20%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f'sh= P/2A$
1	243	100	100	6,3	184000	178200	9,2000
2	240	98	100	7	164600		8,3980
3	280	103	100	6,1	186000		9,0291
							8,8757

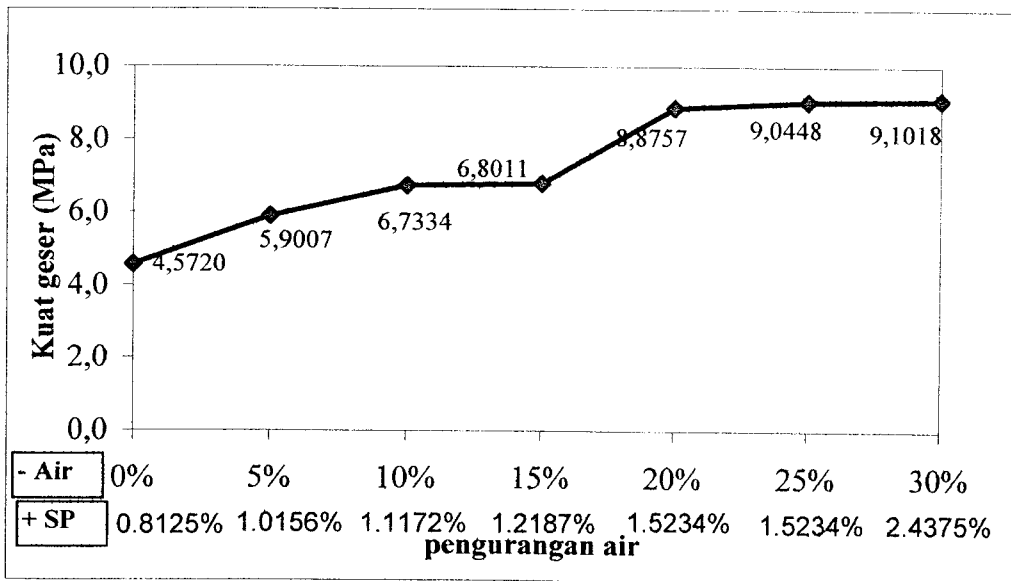
25%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f'sh= P/2A$
1	238	105	100	6,2	175700	180833,33	8,3667
2	260	102	100	6,5	198800		9,7451
3	240	95	98	6,2	168000		9,0226
							9,0448

30%

Balok	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	P rata-rata (N)	$f'sh = P/2A$	
1	250	106	100	6,5	199800	189366,667	9,4245	
2	230	108	100	6,4	172500		7,9861	
3	246	97	102	6,2	195800		9,8949	
								9,1018

Jumlah Pengurangan air	$f'sh$
0%	4,5720
5%	5,9007
10%	6,7334
15%	6,8011
20%	8,8757
25%	9,0448
30%	9,1018



Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton $f'c$ 40 MPa

0%

Variasi	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$	Rata-rata
BL 40-0%	4,0890	4,1046
	4,1202	

5%

Variasi	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$	Rata-rata
BL 40-5%		4,0903
	3,8005	
	4,3801	

10%

Variasi	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$	Rata-rata
BL 40-10%		4,1490
	4,1834	
	4,1145	

15%

Variasi	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$	Rata-rata
BL 40-15%		6,8599
	6,9215	
	6,7983	

20%

Variasi	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$	Rata-rata
BL 40-20%	7,6457	7,4945
	7,3432	

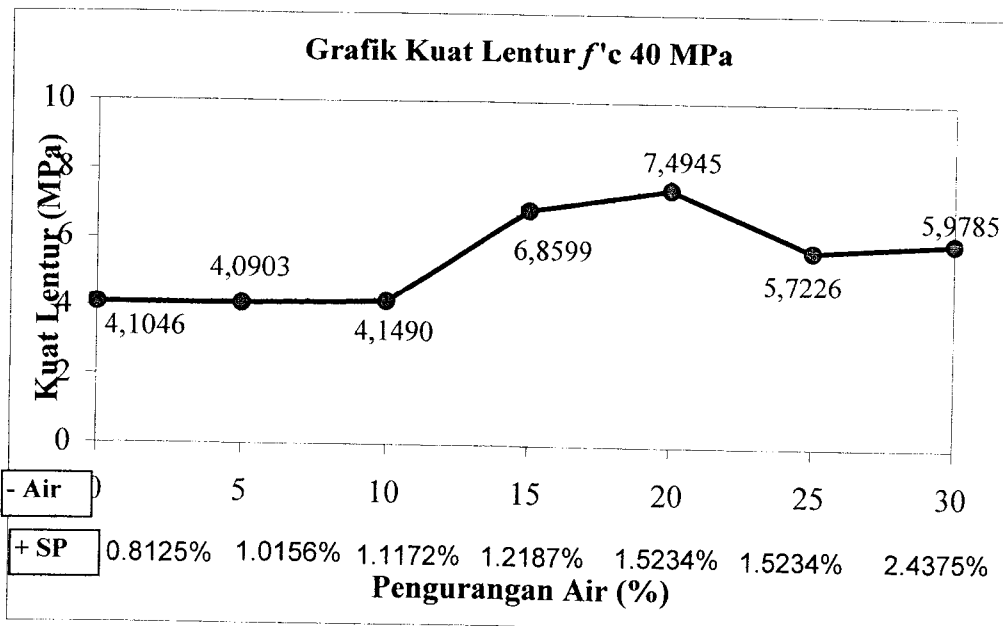
25%

Variasi	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$	Rata-rata
BL 40-25%	5,5034	5,7226
	6,1535	
	5,5109	

30%

Variasi	$\sigma_1 = P.L/b.h^2$	Rata-rata
BL 40-30%	5,4135	5,9785
	5,7238	
	6,7983	

Peng. Air (%)	σ_1
0	4,1046
5	4,0903
10	4,1490
15	6,8599
20	7,4945
25	5,7226
30	5,9785



Hasil Pengujian Permeabilitas $f'c$ 40 MPa

Sample Umur :

0% (Tanpa Sika)

Titik	Sisi Kiri (mm)	Sisi Kanan (mm)	Sisi Atas (mm)	Sisi Bwh (mm)	P max (kN)	wkt Pdmn (menit)	Rata-rata (meter)	Pmaebliti (m/mnt)	Pmaebliti (cm/dt)
1	15	12	8	6	201,2	60	0,014	0,0002333	0,00038889
2	13	12	8	5					
rata-rata	14	12	8	5,5					

5%

Titik	Sisi Kiri (mm)	Sisi Kanan (mm)	Sisi Atas (mm)	Sisi Bwh (mm)	P max (kN)	wkt Pdmn (menit)	Rata-rata (meter)	Pmaebliti (m/mnt)	Pmaebliti (cm/dt)
1	15	15	14	5	223,9	60	0,0135	0,000225	0,000375
2	12	12	13	5					
rata-rata	13,5	13,5	13,5	5					

10%

Titik	Sisi Kiri (mm)	Sisi Kanan (mm)	Sisi Atas (mm)	Sisi Bwh (mm)	P max (kN)	wkt Pdmn (menit)	Rata-rata (meter)	Pmaebliti (m/mnt)	Pmaebliti (cm/dt)
1	13	12	14	7	232,6	60	0,013	0,0002167	0,00036111
2	13	12	12	8					
rata-rata	13	12	13	7,5					

15%

Titik	Sisi Kiri (mm)	Sisi Kanan (mm)	Sisi Atas (mm)	Sisi Bwh (mm)	P max (kN)	wkt Pdmn (menit)	Rata-rata (meter)	Pmaebliti (m/mnt)	Pmaebliti (cm/dt)
1	12	12	10	10	238,7	60	0,012	0,0002	0,00033333
2	12	12	10	10					
rata-rata	12	12	10	10					

20%

Titik	Sisi Kiri (mm)	Sisi Kanan (mm)	Sisi Atas (mm)	Sisi Bwh (mm)	P max (kN)	wkt Pdmn (menit)	Rata-rata (meter)	Pmaebliti (m/mnt)	Pmaebliti (cm/dt)
1	12	12	11	4	306	60	0,0115	0,0001917	0,00033333
2	12	11	11	4					
rata-rata	12	11,5	11	4					

25%

Titik	Sisi Kiri (mm)	Sisi Kanan (mm)	Sisi Atas (mm)	Sisi Bwh (mm)	P max (kN)	wkt Pdmn (menit)	Rata-rata (meter)	Pmaebliti (m/mnt)	Pmaebliti (cm/dt)
1	10	9	10	8	309,4	60	0,01	0,0001667	0,00027778
2	10	9	10	7					
rata-rata	10	9	10	7,5					

30%

Titik	Sisi Kiri (mm)	Sisi Kanan (mm)	Sisi Atas (mm)	Sisi Bwh (mm)	P max (kN)	wkt Pdmn (menit)	Rata-rata (meter)	Pmaebliti (m/mnt)	Pmaebliti (cm/dt)
1	9	10	9	7	359,8	60	0,009	0,00015	0,00026389
2	9	9	10	7					
rata-rata	9	9,5	9,5	7					

Berat Volume Selinder Permaebilitas $f'c$ 40 MPa

Selinder Peng. air	Dimtr (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	Luas (mm ²)	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Brt Vol. (ton/m ³)
0%	149	302,0	13,0	17427,79	0,0174	0,3020	0,0053	0,0130	2,4700
5%	149	301,0	13,2	17427,79	0,0174	0,3010	0,0052	0,0132	2,5163
10%	148	299,0	13,1	17194,64	0,0172	0,2990	0,0051	0,0131	2,5480
15%	150	300,2	13,2	17662,50	0,0177	0,3002	0,0053	0,0132	2,4895
20%	149	300,0	13,2	17427,79	0,0174	0,3000	0,0052	0,0132	2,5247
25%	151	303,0	13,3	17898,79	0,0179	0,3030	0,0054	0,0133	2,4524
30%	150	300,0	13,4	17662,50	0,0177	0,3000	0,0053	0,0134	2,5289

Variasi	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (Kg)	P Max (N)	$f'c=P/A$
B 35 - 0SP	149	300	12,9	770200	34,6624
B 35 - 5SP	149	304	13,2	565700	36,1256
B 35 - 10SP	149	304	13,2	616000	45,9095
B 35 - 15SP	146	301	13,2	1020000	50,9440
B 35 - 20SP	146	300	13,1	901200	52,2445
B 35 - 25SP	150	301	13,3	1192000	61,9080
B 35 - 30SP	150	298	13,3	1216000	70,0269
B 40 - 0SP	150	298	13	794800	41,9822
B 40 - 5SP	150	300	13	892600	45,6540
B 40 - 10SP	150	299	13,2	990100	46,3109
B 40 - 15SP	150	300	13,1	797200	49,0151
B 40 - 20SP	147	301	13,3	582000	51,6245
B 40 - 25SP	150	300	13,2	933100	54,0931
B 40 - 30SP	148	300	13,3	931300	62,1899

Tabel Hub. Kuat tarik, kuat tekan dan penambahan SP pada $f'c$ 35 dan 40 MPa

Variasi	Pengurangan air (%)	kuat tekan $f'c$ (MPa)	Penambahan SP (%)	kuat tarik	
				fct (MPa)	penambahan %
B35-0A-SP	0	34,6624	0,4511	3,6309	0,0000
B35-5A-SP	5	36,1256	0,5639	4,3004	18,4409
B35-10A-SP	10	45,9095	0,9023	4,4984	23,8931
B35-15A-SP	15	50,9440	1,3534	4,7647	31,2287
B35-20A-SP	20	52,2445	1,5789	4,8381	33,2485
B35-25A-SP	25	61,9080	1,9173	5,2036	43,3158
B35-30A-SP	30	70,0269	2,4812	4,4014	21,2225

Variasi	Pengurangan air (%)	kuat tekan $f'c$ (MPa)	Penambahan SP (%)	kuat tarik	
				fct (MPa)	penambahan %
B40-0A-SP	0	41,9822	0,8125	3,1356	0,0000
B40-5A-SP	5	45,6540	1,0156	3,5126	12,0251
B40-10A-SP	10	46,3109	1,1172	3,6325	15,8490
B40-15A-SP	15	49,0151	1,2187	3,8132	21,6116
B40-20A-SP	20	51,6245	1,5234	4,3075	37,3752
B40-25A-SP	25	54,0931	1,5234	4,4310	41,3131
B40-30A-SP	30	62,1899	2,4375	5,4439	73,6181

Tabel Hub. Kuat geser, kuat tekan dan penambahan SP pada $f'c$ 35 dan 40 MPa

Variasi	Pengurangan air (%)	kuat tekan $f'c$ (MPa)	Penambahan SP (%)	kuat geser	
				fsh (MPa)	penambahan %
B35-0A-SP	0	34,6624	0,4511	6,3392	0,0000
B35-5A-SP	5	36,1256	0,5639	6,6061	4,2098
B35-10A-SP	10	45,9095	0,9023	7,6638	20,8952
B35-15A-SP	15	50,9440	1,3534	7,6786	21,1283
B35-20A-SP	20	52,2445	1,5789	8,7153	37,4819
B35-25A-SP	25	61,9080	1,9173	9,0630	42,9677
B35-30A-SP	30	70,0269	2,4812	8,4255	32,9108

Variasi	Pengurangan air (%)	kuat tekan $f'c$ (MPa)	Penambahan SP (%)	kuat geser	
				fsh (MPa)	penambahan %
B40-0A-SP	0	41,9822	0,8125	4,5720	0,0000
B40-5A-SP	5	45,6540	1,0156	5,9007	29,0634
B40-10A-SP	10	46,3109	1,1172	6,7334	47,2760
B40-15A-SP	15	49,0151	1,2187	6,8011	48,7573
B40-20A-SP	20	51,6245	1,5234	8,8757	94,1327
B40-25A-SP	25	54,0931	1,5234	9,0448	97,8308
B40-30A-SP	30	62,1899	2,4375	9,1018	99,0791

Tabel Hub. Kuat lentur, kuat tekan dan penambahan SP pada $f'c$ 35 dan 40 MPa

Variasi	Pengurangan air (%)	kuat tekan $f'c$ (MPa)	Penambahan SP (%)	kuat lentur	
				(MPa)	penambahan %
B35-0A-SP	0	34,6624	0,4511	5,0455	0,0000
B35-5A-SP	5	36,1256	0,5639	4,1054	-18,6317
B35-10A-SP	10	45,9095	0,9023	4,1623	-17,5047
B35-15A-SP	15	50,9440	1,3534	5,2165	3,3882
B35-20A-SP	20	52,2445	1,5789	5,4096	7,2170
B35-25A-SP	25	61,9080	1,9173	6,6182	31,1707
B35-30A-SP	30	70,0269	2,4812	6,4573	27,9808

Variasi	Pengurangan air (%)	kuat tekan $f'c$ (MPa)	Penambahan SP (%)	kuat lentur	
				(MPa)	penambahan %
B40-0A-SP	0	41,9822	0,8125	4,1046	0,0000
B40-5A-SP	5	45,6540	1,0156	4,0903	-0,3494
B40-10A-SP	10	46,3109	1,1172	4,1490	1,0806
B40-15A-SP	15	49,0151	1,2187	6,8599	67,1267
B40-20A-SP	20	51,6245	1,5234	7,4945	82,5863
B40-25A-SP	25	54,0931	1,5234	5,7226	39,4190
B40-30A-SP	30	62,1899	2,4375	5,9785	45,6541

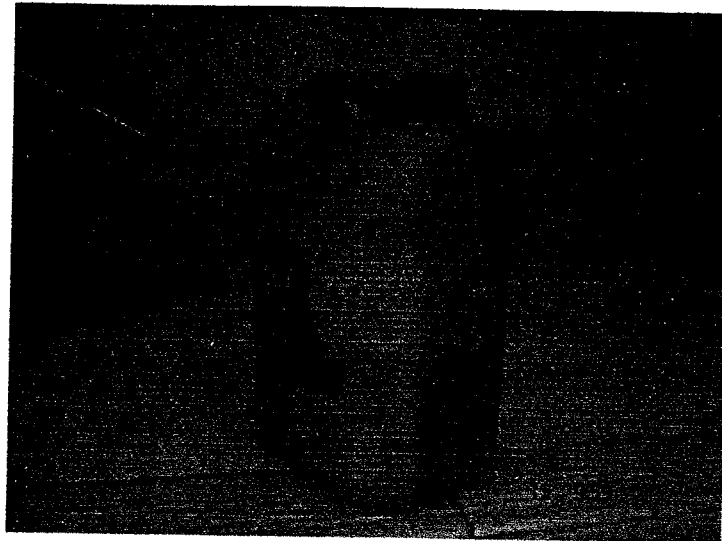
Tabel Hub. Kuat tarik, kuat tekan, penambahan SP, dan permeabilitas beton pada $f'c$ 35 dan 40 MPa

Variasi	Pengurangan air (%)	Penambahan SP (%)	kuat tekan $f'c$ (MPa)	kuat tarik $f'ct$ (MPa)	permeability	
					(cm/dt)	penambahan %
B35-0A-S	0	0,4511	34,6624	3,0432	0,000528	0,0000
B35-5A-S	5	0,5639	36,1256	3,3744	0,000486	-7,8947
B35-10A-S	10	0,9023	45,9095	3,4225	0,000417	-21,0526
B35-15A-S	15	1,3534	50,9440	3,5218	0,000403	-23,6842
B35-20A-S	20	1,5789	52,2445	4,0334	0,000306	-42,1053
B35-25A-S	25	1,9173	61,9080	4,8992	0,000278	-47,3684
B35-30A-S	30	2,4812	70,0269	4,8747	0,000264	-50,0000

Variasi	Pengurangan air (%)	Penambahan SP (%)	kuat tekan $f'c$ (MPa)	kuat tarik $f'ct$ (MPa)	permeability	
					(cm/dt)	penambahan %
B35-0A-S	0	0,8125	34,6624	2,8480	0,000389	0,0000
B35-5A-S	5	1,0156	36,1256	3,1798	0,000375	-3,5714
B35-10A-S	10	1,1172	45,9095	3,3479	0,000361	-7,1429
B35-15A-S	15	1,2187	50,9440	3,3764	0,000333	-14,2857
B35-20A-S	20	1,5234	52,2445	4,3603	0,000333	-14,2857
B35-25A-S	25	1,5234	61,9080	4,3017	0,000278	-28,5714
B35-30A-S	30	2,4375	70,0269	5,0927	0,000264	-32,1429

LAMPIRAN VI

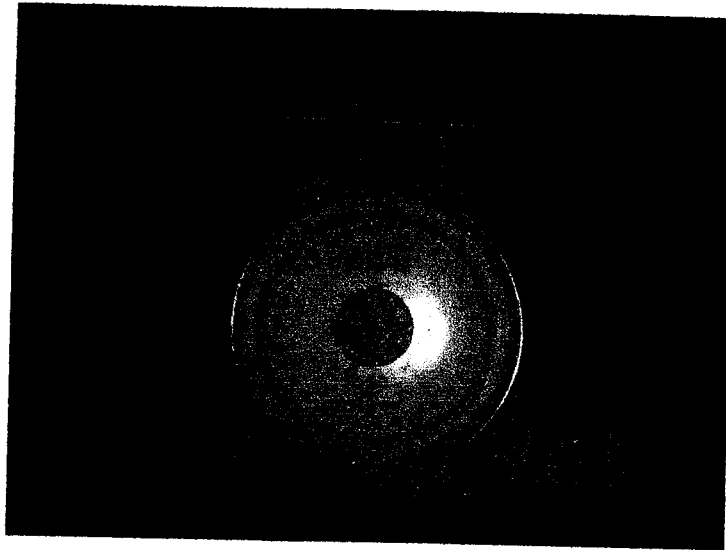
(Dokumentasi)



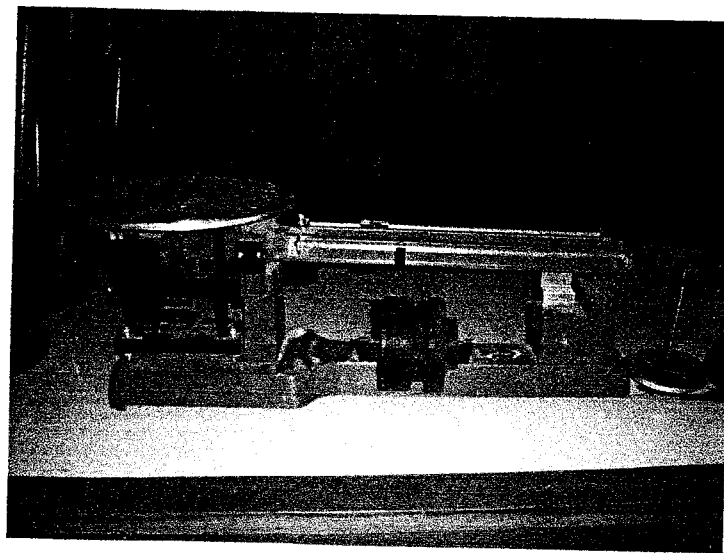
Gambar 1 *Superplasticizer*



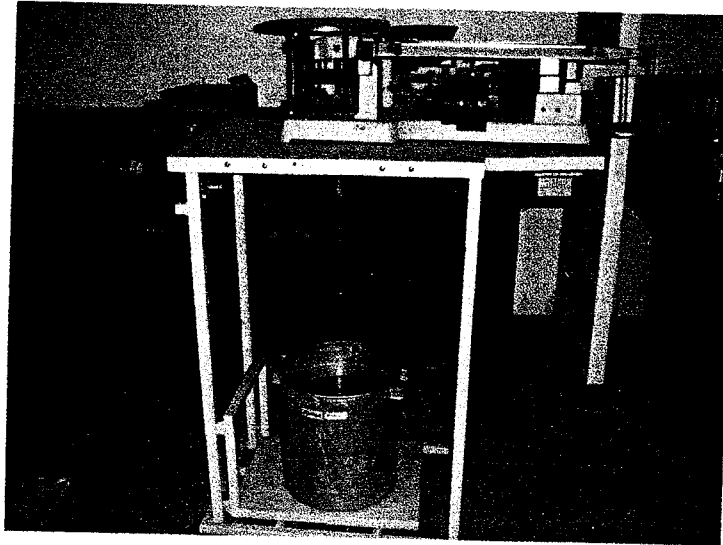
Gambar 2 *Portland cement*



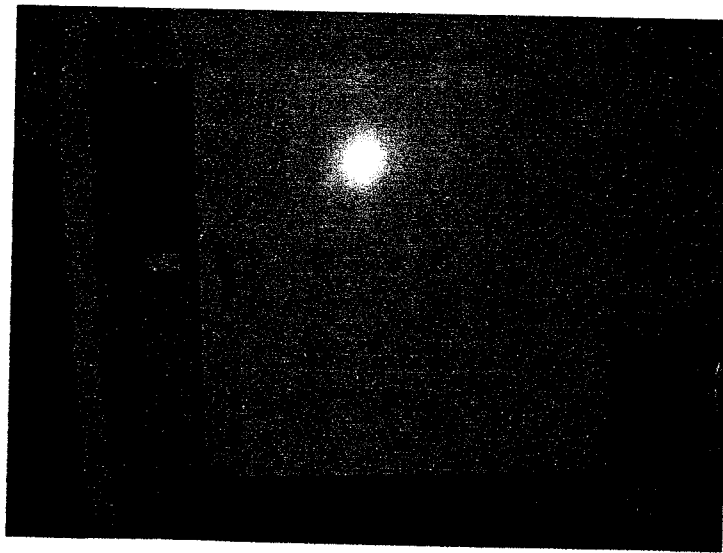
Gambar 3 Timbangan



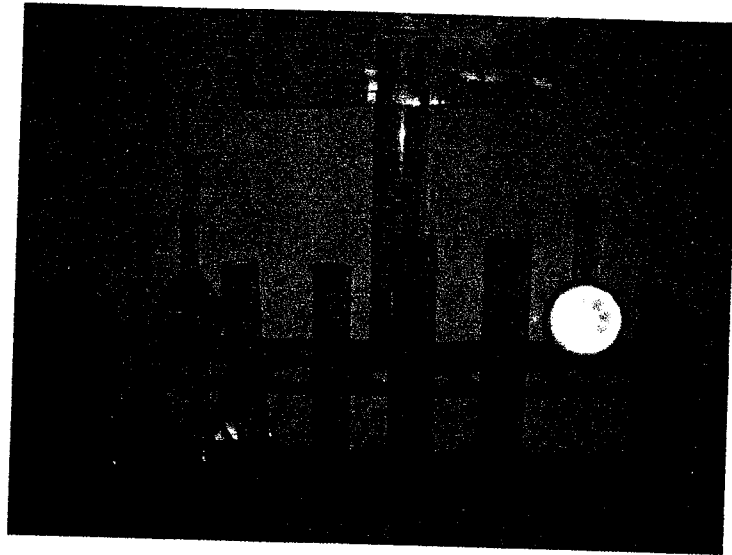
Gambar 4 Timbangan



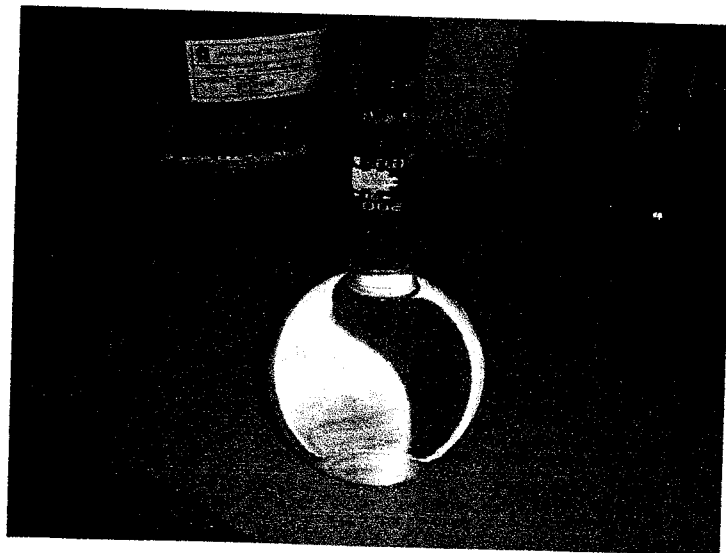
Gambar 5 Timbangan Agregat



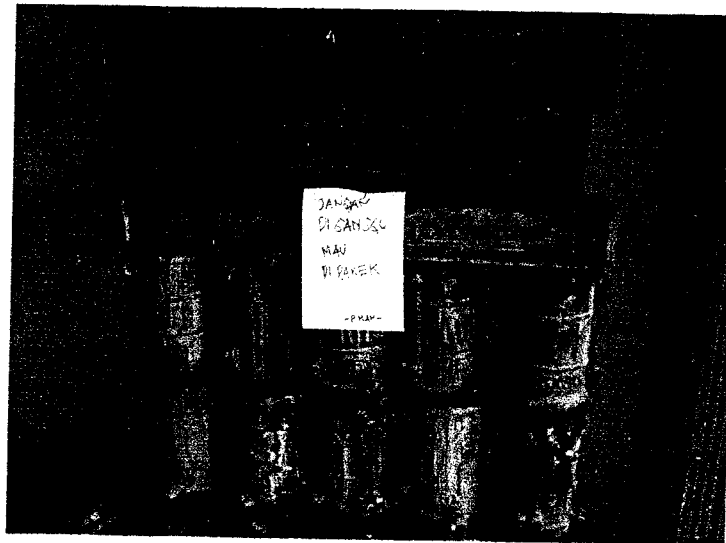
Gambar 6 Mesin Oven



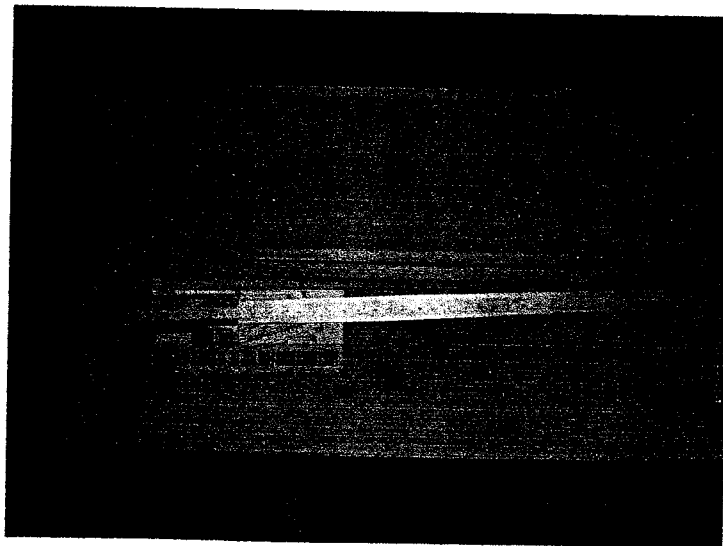
Gambar 7 Gelas Ukur



Gambar 8 Gelas ukur



Gambar 9 *Cassing* selinder dan balok



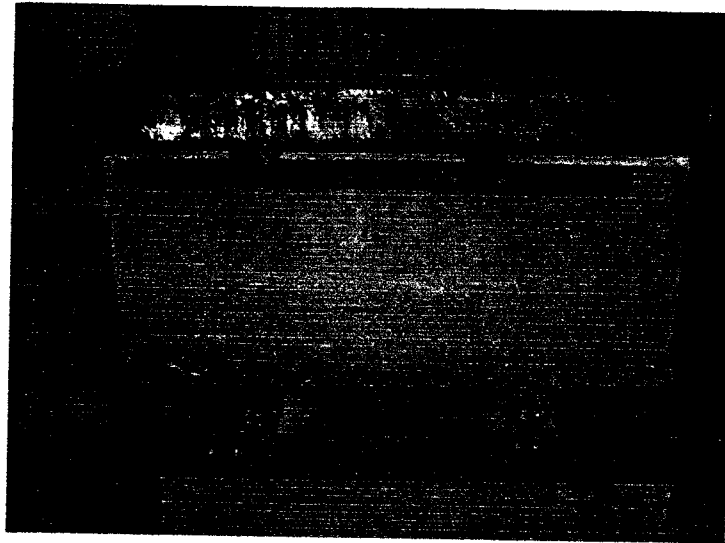
Gambar 10 Kaliper



Gambar 11 Pengujian slump



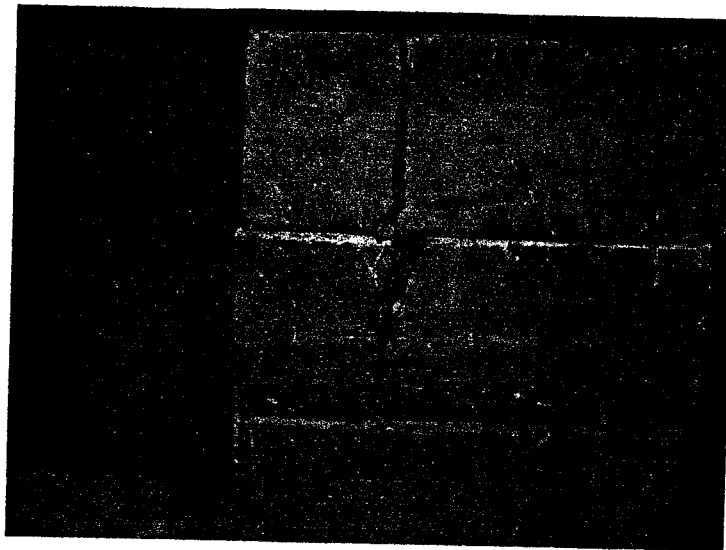
Gambar 12 Perawatan beton dengan direndam



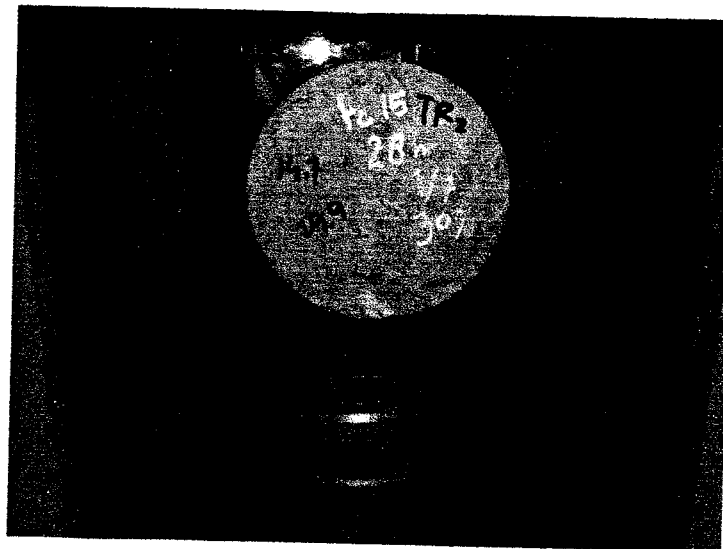
Gambar 13 Pengujian kuat geser beton



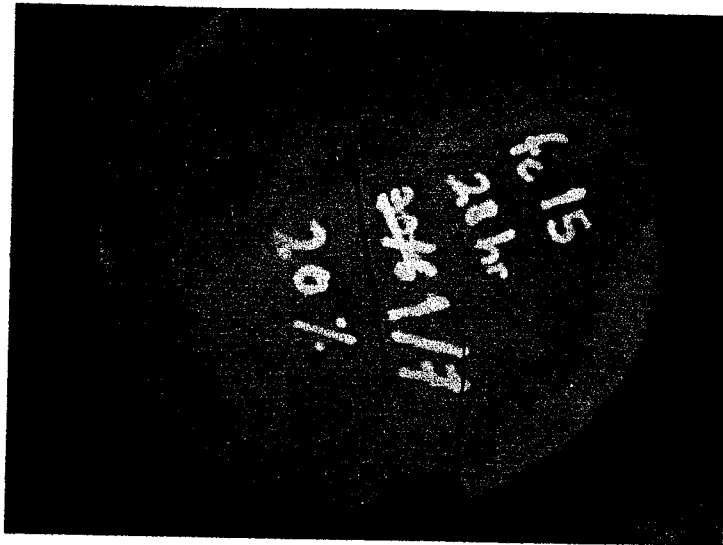
Gambar 14 Pengujian kuat geser beton



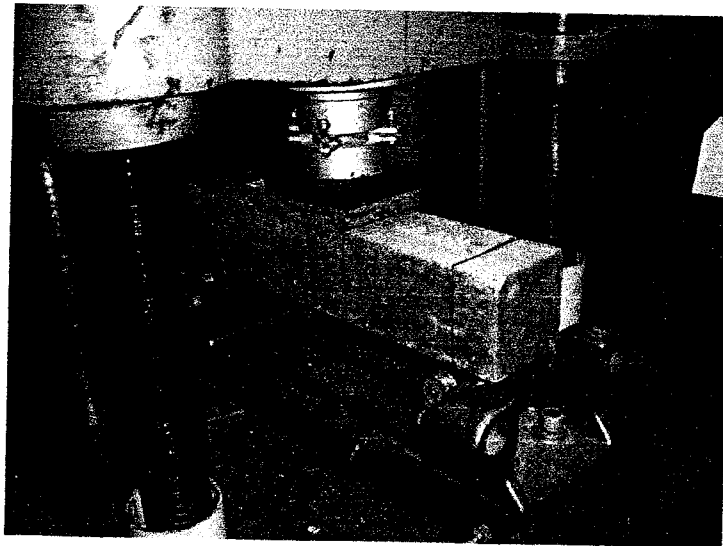
Gambar 15 Sampel hasil pengujian kuat geser beton



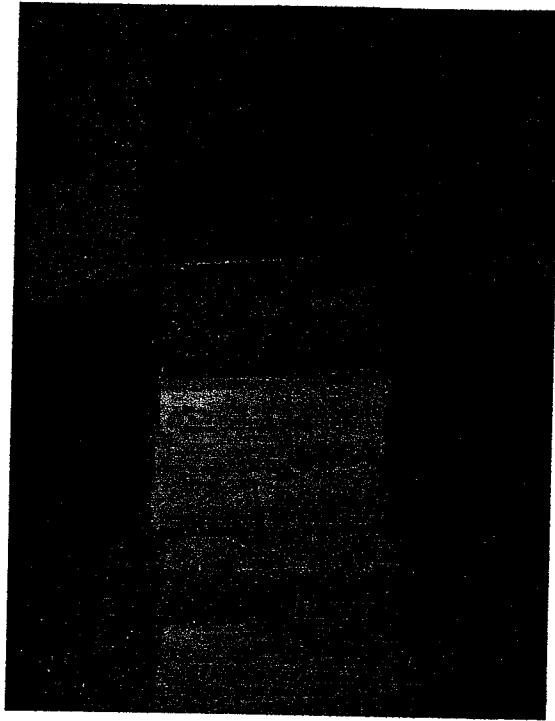
Gambar 16 Pengujian kuat tarik beton



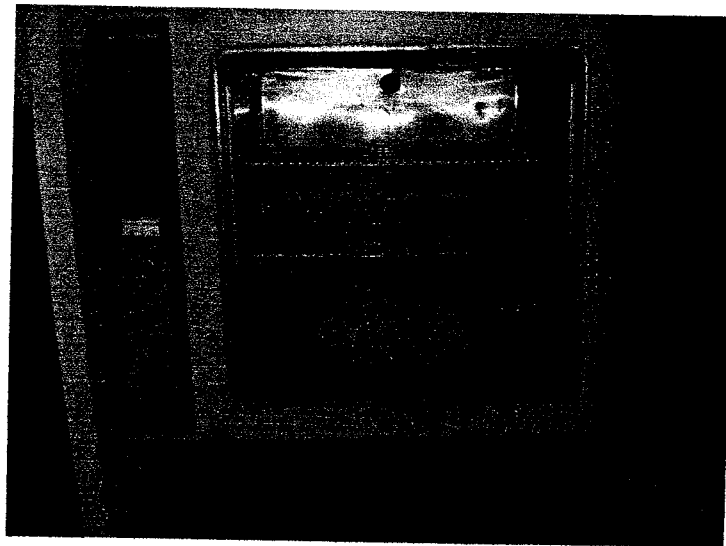
Gambar 17 Sampel hasil pengujian kuat tarik beton



Gambar 18 Pengujian kuat lentur beton



Gambar 19 Sampel hasil Pengujian kuat lentur beton



Gambar 20 Pengovenan sampel untuk uji permeabilitas