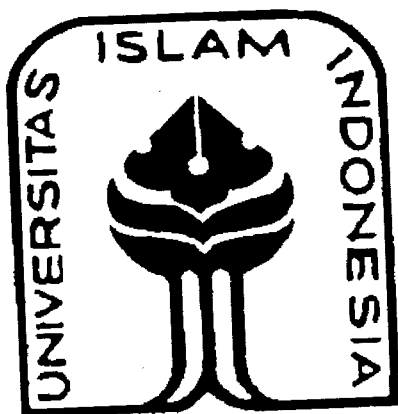


PERPUSTAKAAN FTSP UII  
 HADIAH/BELI  
 TGL. TERIMA : 4-12-2007  
 NO. JUDUL : 2665  
 NO. INV. : 5120002665001  
 NO. INDUK. : 002665

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENGURANGAN AIR DAN  
 PENAMBAHAN SUPERPLASTICIZER TERHADAP  
 KUAT TARIK, LENTUR, DAN GESER BETON  
 DENGAN MUTU 25 DAN 30 MPa**

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



الجامعة الإسلامية  
 Universitas Islam Indonesia



Disusun Oleh:

**AKHMAD ZULLIYANTO**  
 01 511 134

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

MILIK PERPUSTAKAAN  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
 PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

**TUGAS AKHIR**  
**PENGARUH PENGURANGAN AIR DAN**  
**PENAMBAHAN *SUPERPLASTICIZER* TERHADAP**  
**KUAT TARIK, LENTUR, DAN GESER BETON**  
**DENGAN MUTU 25 DAN 30 MPa**

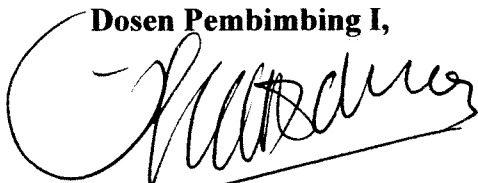
Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Jogjakarta Untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1)

Disusun Oleh:

**AKHMAD ZULLIYANTO**  
**01 511 134**

Disetujui:

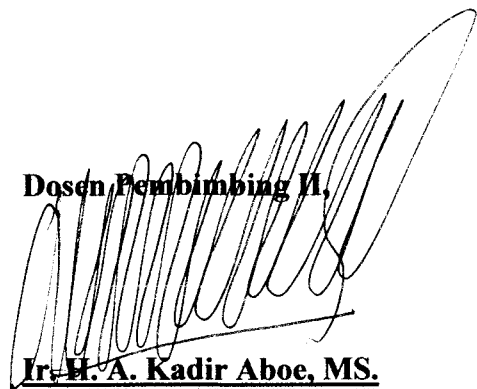
**Dosen Pembimbing I,**



**Ir. H. Suharyatmo, MT.**

Tanggal: 9/5/07

**Dosen Pembimbing II,**



**Ir. H. A. Kadir Aboe, MS.**

Tanggal: 09/ - 2007  
105

## HALAMAN PERSEMBAHAN

### Karya Kecilku Ini Ingin Kupersembahkan Untuk :

#### **Ayahanda S. Soejono (Almarhum) dan Ibunda Astuti**

Bapak, Ibu, Terima kasih banyak atas segala do'a, kasih sayang, pengorbanan serta dukungan yang terus diberikan untuk anakmu ini, sehingga dalam kuliah dan penyusunan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan baik dan lancar.

Mungkin hanya ini yang dapat ananda berikan dan semoga karya ini dapat membuat bapak dan ibu bangga, meskipun bapak tidak dapat menyaksikan langsung kelulusan anakmu ini.

*Nyuwun ngpunte nggeh bapak, ibu, nek Ajul wonten salah-salah, sering nyusahake lan kuliahe dangu.*

#### **Adik2 ku, Dik. Wawan+Dik. Sri; dan Dik. Farid**

Makasih atas segala dukungan dan motivasi yang kalian berikan.

Tetap semangat dan terus berusaha tuk menggapai apa yang kalian inginkan.

#### **Mbah, Pakde, Bude, Om, Bulek, Mas-mas, Mbak-mbak, Adik-adik dan semua saudaraku dari keluarga Bantul dan Jepara**

Terimakasih yang sebesar-besarnya atas segala do'a, dukungan dan bantuannya selama ini, sehingga dalam kuliah dan penyusunan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan baik dan lancar.

*Nyuwun ngpunte juga kagem Mbah Djodi, Om Kiran, Bulek Nur, Pakde Pon, Bude Tug, dan semua saudara-saudara ten Bantul, Bude Mur, Bulek Wati, Om Manto, dan semua saudara-saudara dari keluarga Jepara, Njuli nyuwun ngapunte nggeh nek wonten salah-salah lan sering nyusahake.*

#### **Bpk. Ade Ilham (Almarhum)**

Terima kasih atas bimbingan, nasihat, saran dan atas segalanya yang selama ini telah Pak Ade berikan kepada kami, semoga Allah SWT membalas segala kebaikan Bapak dan juga semoga Allah SWT menerima segala amal & ibadah dan mengampuni segala dosa-dosa Bapak, *Amien.*

**Dan Juga Ingin Kuucapkan Banyak-Banyak Terimakasih Untuk :**

**Temen-Temen Karib dan Konco-konco Gemblung neng Jogja**

Jokko.H.W, Eko Kazmono, Endar+Istri, Memed Cipta, Makasih semuanya ya, aku banyak belajar dari kalian.... **Cah-Cah Kos Wisma Bukit Suling Permai:** Bos TriKun, Ropik, Ipew, Ari, Panji, Musta'in Tung2, Sani, Tunggul, Iwan, Yuno, Cak.Aris&Arip<sub>1</sub>, Arip<sub>2</sub>, Ihsan Cepot, Rama, Eri, Wisnu, Sigit, Diphtha, Sungging, dan anak2 Bkt.Suling 1'st\_Generation. Thanks for all guys.. Many learn from you too...Tetep kompak yo.. Sing dotha yo dotha, sing CM yo CM, sing ngebut jadi slow, sing slow tetep slow, sing rukun yo..

**Teman-teman TA,** Ricky, Wisnu, Firmansyah, Hardiman, Agung, Arif, Keceng"Sutrisno", A'an. Terima kasih atas kerjasamanya selama ini di Kelompok WaliSongo. Semoga tetep kompak dan gak lupa satu sama yg lain ya, *Amien*.

**Semua Teman-teman SIPIIL satu angkatan 2001 dan satu almamater,** Dedi, Bangun, dan teman-teman lain yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu, atas segala bantuan yang telah diberikan untuk kelancaran Tugas Akhir kami ini. **Dan Juga Teman-teman KKN SL-85 & cah2 mBethokan,nJetis..** Memedia Cipta & Purwaningsih, Andang (Ket), Manaf SBY, Adi, Eko Schumy, Tika, Pipit, Firdaus, Fika, Kaka, P.Dukuh&Ibu, Mb.City, Joko (Alm.), Ms.Andar, Lia Yayuk,dll..

**Saudara-saudaraku Mas-mas, Mbak-mbak, Adik-adik, diJogja, diJepara, dan dimana saja....., MAKASIH...**

**Dan Semua Teman-teman** lain yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu, atas segala bantuan yang telah diberikan, anak2 wisma dekansa, Agung"kazmo junior" dkk. 1kosan; makasih yo cetak gratise.., dll.

## KATA PENGANTAR



*Assalamu 'alaikum Wr, Wb*

Dengan memanjatkan puji dan syukur ke-hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nyalah, sehingga kami dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dengan judul **“Pengaruh Pengurangan Air Dan Penambahan Superplasticizer Terhadap Kuat Tarik, Lentur , Dan Geser Beton Dengan Mutu 25 Dan 30 MPa”**.

Penyusunan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh jenjang kesarjanaan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, banyak bimbingan dan bantuan yang diperoleh dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. H. Ruzardi, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. H. Faisol AM, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Ir. Ade Ilham, MT, (Almarhum) selaku Dosen Pembimbing Pertama Tugas Akhir kami yang telah memberikan ilmu, nasihat, dan bimbingan kepada kami sampai akhir purna beliau, semoga Allah menerima segala amal dan ibadah beliau, *Amien*.
4. Bapak Ir. H. Suharyatmo, MT, selaku Dosen Pembimbing Pengganti I Tugas Akhir yang telah memberikan saran, nasihat serta bimbingan kepada kami.
5. Bapak Ir. H. A Kadir Aboe, MT, selaku Dosen Pembimbing Pengganti II Tugas Akhir yang juga telah memberikan saran, nasihat serta bimbingan kepada kami.

6. Bapak Ir. Helmy Akbar Bale, MT, selaku Dosen Penguji Tugas Akhir yang juga telah memberikan saran, nasihat serta bimbingan kepada kami.
7. Pak Warno, mas Ndaru dan seluruh staf dan karyawan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
8. Ayahanda S. Soejono (Almarhum), Ibunda Astuti yang telah mencurahkan segala kasih sayang, do'a, dorongan dan pengorbanan untuk kami, dan saudara-saudara kami yang juga telah banyak memberikan do'a, dorongan, dukungan serta bantuan sehingga penyusunan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan baik.
9. Teman-teman TA (Ricky, Firman, Wisnu, Agung, A'an, Arif, Hardman, dan Keceng) atas kerja sama dan bantuan yang telah diberikan pada pelaksanaan tugas akhir ini.
10. Teman-teman Wisma Busul Permai (Jock, Med, Ari, Nji, Bos Kun, Pik, Ndar, Tung, Pir, San, Gul, Wan, Yun, Fir, Ris, Rip<sub>1</sub>, Rip<sub>2</sub>, Pot, Ram, Er, Nu, Git, Dip), Kasmu, Agung, Dedi dan teman-teman yang lain.
11. Teman-teman satu angkatan 2001 dan satu almamater yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu, atas segala bantuan yang telah diberikan untuk kelancaran Tugas Akhir kami ini.
12. Semua pihak yang turut membantu kami dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Kami menyadari masih banyak kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan tugas akhir ini, untuk itu kami mohon ma'af yang sebesar-besarnya. Akhir kata kami berharap tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua, *Amien*.

*Wassalamu'alaikum Wr, Wb*

Jogjakarta, April 2007

Penyusun

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Halaman Pengesahan .....	ii
Halaman Persembahan .....	iii
Kata Pengantar .....	v
Daftar Isi .....	vii
Daftar Notasi .....	xi
Daftar Tabel .....	xii
Daftar Gambar .....	xiv
Daftar Lampiran .....	xvi
Abstraksi .....	xvii
Abtraction .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Pengertian Umum .....	5
2.2 Pengaruh <i>Superplasticizer</i> .....	7
2.2.1 Pengaruh <i>Superplasticizer</i> terhadap Kuat Tekan .....	7
2.2.2 Pengaruh <i>Superplasticizer</i> terhadap Workabilitas .....	8
2.2.3 Pengaruh <i>Superplasticizer</i> terhadap Kuat Tekan dan Sifat Kedap Air .....	8
2.3 Keaslian Penelitian .....	9

<b>BAB III LANDASAN TEORI .....</b>	<b>10</b>
3.1 Umum .....	10
3.2 Material Penyusun Beton .....	11
3.2.1 Semen Portland .....	11
3.2.2 Agregat .....	12
3.2.3 Air .....	14
3.2.4 Bahan Tambah .....	15
3.2.4.1 Definisi dan Jenis Bahan Tambah.....	15
3.2.4.2 Bahan Tambah Kimia .....	16
3.2.4.1 <i>Superplasticizer</i> .....	17
3.3 Faktor Air-Semen .....	18
3.4 Slump .....	18
3.5 Workabilitas .....	19
3.6 Berat Jenis.....	19
3.7 Perencanaan Campuran Beton .....	20
3.8 Pengadukan Beton .....	28
3.9 Perawatan Beton .....	28
3.10 Kuat Tarik Beton .....	29
3.11 Kuat Lentur Beton .....	30
3.12 Kuat Geser Beton Permeabilitas Beton .....	33
3.13 Permeabilitas Beton .....	34
<b>BAB IV METODE PENELITIAN .....</b>	<b>36</b>
4.1 Urutan Pelaksanaan Penelitian .....	36
4.2 Persiapan Bahan dan Alat .....	37
4.2.1 Bahan .....	37
4.2.2 Alat.....	38
4.3 Perhitungan Bahan Campuran Beton.....	39
4.4 Pemeriksaan Bahan Campuran Beton .....	40



4.5	Pembuatan Benda Uji .....	41
4.5.1	Jenis dan Jumlah Benda Uji .....	41
4.5.2	Persiapan Pengadukan .....	42
4.5.3	Pengadukan Campuran Beton .....	42
4.6	Pengujian Slump .....	42
4.7	Perawatan Beton .....	43
4.8	Pengujian Beton Keras .....	43
4.8.1	Pengujian Kuat Tarik Beton .....	43
4.8.2	Pengujian Kuat Lentur Beton .....	44
4.8.3	Pengujian Kuat Geser Beton .....	45
4.8.4	Pengujian Permeabilitas Beton .....	46
<b>BAB V</b>	<b>HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>48</b>
5.1	Umum .....	48
5.2	Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan <i>Superplasticizer</i> terhadap Workabilitas .....	49
5.3	Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan <i>Superplasticizer</i> terhadap Kuat Tarik, Lentur dan Geser .....	52
5.3.1	Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan <i>Superplasticizer</i> terhadap Kuat Tarik .....	53
5.3.2	Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan <i>Superplasticizer</i> terhadap Kuat Lentur .....	58
5.3.3	Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan <i>Superplasticizer</i> terhadap Kuat Geser .....	62
5.4	Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan <i>Superplasticizer</i> terhadap Permeabilitas Beton .....	66
5.5	Hubungan antara Kuat Tekan dengan Kuat Tarik, Lentur, dan Geser .....	70
5.5.1	Hubungan Kuat Tekan dengan Kuat Tarik .....	70
5.5.2	Hubungan Kuat Tekan dengan Kuat Lentur .....	73
5.5.2	Hubungan Kuat Tekan dengan Kuat Geser .....	74

5.6 Hubungan Gabungan antara Kuat Tarik, Lentur, Geser dan Tekan Beton Mutu Rencana 25 dan 30 MPa .....	77
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>81</b>
6.1 Umum .....	81
6.2 Kesimpulan .....	81
6.3 Saran-saran .....	83
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>84</b>

## DAFTAR NOTASI

- W = Prosentase berat pasir terhadap berat kerikil  
K = Modulus halus butir kerikil  
P = Modulus halus butir pasir  
C = Modulus halus butir campuran  
BjSSD = Berat jenis agregat kasar dalam keadaan SSD  
Bj = Berat agregat kasar dalam keadaan SSD  
Ba = Berat agregat kasar dalam air  
M = Nilai tambah  
Sd = Standar deviasi  
 $f'_{cr}$  = Kuat tekan rata-rata  
 $f'_c$  = Kuat tekan  
MPa = Mega Pascal (Satuan kekuatan beton)  
Bj camp = Berat jenis campuran  
P = Persentase pasir terhadap agregat campuran  
K = Persentase kerikil terhadap agregat campuran  
 $f'_r$  = Kuat tarik  
D = Diameter silinder  
l = Tinggi silinder  
 $f'_{sb}$  = Kuat geser  
 $P_{maks}$  = Beban maksimum  
A = Luas bidang geser  
 $f'_l$  = Tegangan lentur  
M = Momen yang bekerja pada balok  
c = Jarak serat terluar terhadap garis netral, baik di daerah tekan maupun tarik  
I = Momen inersia penampang balok terhadap garis netral  
L = Jarak bentang antar tumpuan  
b = Lebar balok  
h = Tinggi balok

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Susunan unsur semen biasa.....	11
Tabel 3.2	Gradasi pasir .....	13
Tabel 3.3	Gradasi kerikil.....	14
Tabel 3.4	Tingkat pengendalian mutu pekerjaan dan standar deviasi .....	21
Tabel 3.5	Faktor pengali deviasi standar.....	21
Tabel 3.6	Nilai kuat tekan beton (Mpa) dengan fas 0,50.....	23
Tabel 3.7	Penetapan nilai slump (cm) .....	24
Tabel 3.8	Kebutuhan air per meter kubik beton.....	25
Tabel 3.9	Kebutuhan semen minimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus.....	25
Tabel 4.1	Komposisi bahan campuran beton dengan pengurangan kandungan air untuk kuat tekan 25 dan 30 MPa.....	40
Tabel 4.2	Jenis dan jumlah benda uji .....	41
Tabel 5.1	Nilai slump awal dan akhir beton 25 MPa.....	50
Tabel 5.2	Nilai slump awal dan akhir beton 30 MPa.....	50
Tabel 5.3	Hubungan pengurangan air dan penambahan SP dengan kuat tarik beton mutu rencana 25 MPa .....	54
Tabel 5.4	Hubungan pengurangan air dan penambahan SP dengan kuat tarik beton mutu rencana 30 MPa.....	54
Tabel 5.5	Hubungan pengurangan air dan penambahan SP dengan kuat lentur beton mutu rencana 25 MPa .....	59
Tabel 5.6	Hubungan pengurangan air dan penambahan SP dengan kuat lentur beton mutu rencana 30 MPa .....	59
Tabel 5.7	Hubungan pengurangan air dan penambahan SP dengan kuat geser beton mutu rencana 25 MPa.....	63
Tabel 5.8	Hubungan pengurangan air dan penambahan SP dengan kuat geser beton mutu rencana 30 MPa .....	63

Tabel 5.9	Hubungan pengurangan air dan penambahan SP dengan permeabilitas beton mutu rencana 25 dan 30 MPa .....	68
Tabel 5.10	Hubungan kuat tarik dengan kuat tekan beton 25 MPa .....	71
Tabel 5.11	Hubungan kuat tarik dengan kuat tekan beton 30 MPa .....	71
Tabel 5.12	Hubungan kuat lentur dengan kuat tekan beton 25 MPa .....	73
Tabel 5.13	Hubungan kuat lentur dengan kuat tekan beton 30 MPa .....	73
Tabel 5.14	Hubungan kuat geser dengan kuat tekan beton 25 MPa .....	75
Tabel 5.15	Hubungan kuat geser dengan kuat tekan beton 30 MPa .....	75
Tabel 5.16	Hubungan kuat tekan, tarik, lentur dan geser beton mutu rencana 25 MPa .....	75
Tabel 5.17	Hubungan kuat tekan, tarik, lentur dan geser beton mutu rencana 30 MPa .....	75

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Hubungan faktor air-semen dengan kuat tekan rata-rata .....	22
Gambar 3.2	Grafik mencari faktor air-semen.....	23
Gambar 3.3	Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 20 mm .....	26
Gambar 3.4	Grafik hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran, dan berat beton .....	27
Gambar 3.5	Silinder uji kuat tarik beton dan metode pengujiannya.....	29
Gambar 3.6	Balok uji kuat lentur.....	30
Gambar 3.7	Pengujian kuat lentur .....	31
Gambar 3.8	Bentuk penampang balok uji.....	32
Gambar 3.9	Balok uji kuat geser beton dan metode pengujiannya.....	33
Gambar 3.10	Perendaman benda uji permeabilitas beton.....	35
Gambar 4.1	Diagram alir pelaksanaan penelitian .....	36
Gambar 5.1	Pengaruh pengurangan air dan penambahan SP terhadap kuat tarik beton mutu rencana 25 MPa .....	55
Gambar 5.2	Pengaruh pengurangan air dan penambahan SP terhadap kuat tarik beton mutu rencana 30 MPa .....	55
Gambar 5.3	Pengaruh pengurangan air dan penambahan SP terhadap kuat lentur beton mutu rencana 25 MPa .....	60
Gambar 5.4	Pengaruh pengurangan air dan penambahan SP terhadap kuat lentur beton mutu rencana 30 MPa .....	60
Gambar 5.5	Pengaruh pengurangan air dan penambahan SP terhadap kuat geser beton mutu rencana 25 MPa .....	64
Gambar 5.6	Pengaruh pengurangan air dan penambahan SP terhadap kuat geser beton mutu rencana 30 MPa .....	64
Gambar 5.7	Hubungan pengurangan air dan penambahan SP terhadap kekuatan beton keras 25 MPa .....	78

Gambar 5.8 Hubungan pengurangan air dan penambahan SP terhadap  
kekuatan beton keras 30 MPa ..... 79

## DAFTAR LAMPIRAN

### LAMPIRAN A

- o) Surat Bimbingan Tugas Akhir
- o) Kartu Peserta dan Kartu Presensi Tugas Akhir

### LAMPIRAN B

- o) Langkah Pemeriksaan Bahan Beton
- o) Hasil Pemeriksaan Bahan Beton

### LAMPIRAN C

- o) *Mix Design* Beton 25 MPa
- o) *Mix Design* Beton 30 MPa
- o) Kebutuhan Bahan dan Penambahan SP pada Pelaksanaan Pengadukan Beton
- o) Hasil Uji *Slump*

### LAMPIRAN D

- o) Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton
- o) Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton
- o) Hasil Pengujian Kuat Geser Beton
- o) Hasil Pengujian Permeabilitas Beton
- o) Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

### LAMPIRAN E

- o) Berat volume beton keras

### LAMPIRAN F

- o) Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian

### LAMPIRAN G

- o) Lembar Data Teknis Sikament-NN



## ABSTRAKSI

Untuk menghasilkan beton berkekuatan tinggi dan memiliki permeabilitas yang rendah dapat diperoleh dengan cara menurunkan faktor air-semen (fas). Mengurangi kandungan air adalah salah satu cara menurunkan fas. Nilai fas yang rendah mengakibatkan workabilitas campuran menjadi rendah juga, sehingga untuk mengatasi hal ini dapat ditambahkan bahan tambah kimia yang dinamakan superplasticizer (SP). Superplasticizer dapat membuat beton segar lebih mengalir pada campuran dengan kandungan air yang rendah. Penambahan SP dari berat semen pada penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kinerja beton dan memungkinkan pengurangan air pada campuran untuk peningkatan kekuatan beton. Pada penelitian ini dilakukan pengurangan kandungan air dengan interval 0 sampai 30% dari komposisi normal dengan mempertahankan nilai slump antara 150-180 mm, tanpa terjadi bleeding dan segregasi. Mutu beton direncanakan 25 dan 30 Mpa yang diuji pada umur 28 hari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengurangan air dan penambahan SP dapat mencapai nilai slump rencana 150-180 mm tanpa terjadi bleeding dan segregasi. Nilai kuat tarik, kuat lentur, kuat geser, dan juga kuat tekan yang maksimum diperoleh pada kombinasi pengurangan air 30% dan penambahan SP sebesar 3,29% dari berat semen pada kuat tekan rencana 25 MPa dan 2,20% dari berat semen pada kuat tekan rencana 30 MPa. Nilai kuat tarik maksimum sebesar 4,7647 MPa pada kuat tekan rencana 25 MPa dan 4,6475 MPa pada kuat tekan rencana 30 MPa, dan untuk nilai kuat lentur maksimum sebesar 5,6057 MPa pada kuat tekan rencana 25 MPa dan 6,1116 MPa pada kuat tekan rencana 30 MPa. Sedangkan kuat geser maksimum sebesar 6,7630 MPa pada kuat tekan rencana 25 MPa dan 8,7244 MPa pada kuat tekan rencana 30 MPa.

Pada penelitian ini juga menghasilkan permeabilitas beton yang semakin rendah mengikuti pengurangan air dan penambahan SP yang semakin besar. Nilai permeabilitas beton ditunjukkan dari kecepatan resapan air ke dalam beton. Kecepatan resapan air ke dalam beton mutu rencana 25 MPa yang terbesar adalah 0,0064 mm/dtk (pengurangan air 0% dan penambahan SP 0,3% dari berat semen) dan yang terkecil adalah 0,0029 mm/dtk (pengurangan air 10% dan penambahan SP 1,35% dari berat semen), sedangkan pada beton mutu rencana 30 MPa yang terbesar adalah 0,0066 mm/dtk (pengurangan air 0% dan penambahan SP 0% dari berat semen) dan yang terkecil adalah 0,0029 mm/dtk (pengurangan air 15% dan penambahan SP 1,26% dari berat semen).

**Kata kunci:** *kandungan air, superplasticizer, komposisi campuran, mutu beton rencana, workabilitas, kuat tarik, kuat geser, kuat lentur, permeabilitas.*

## ABSTRACTION

*To produce high strength and low permeability concrete can be achieved by lowering the water-cement (w/c) ratio. Reducing the water content is the one of several way to lowering the w/c ratio. Low w/c value make the mixture's workability becoming low too, therefore the chemical additive named superplasticizer (SP) can be added to solve this problem. Superplasticizer can make the fresh concrete become more flowing in the mixture with low water content. By addition of SP from the weight of the cement content in this research is expected can increase the concrete performance and can make possible the reduction of water content from the mixture for increase the concrete strength. In this research the reduction of water content with interval 0 untill 30% from the normal compotition is done by maintaining the slump value between 150-180 mm without bleeding and segregation. Compressive strength concrete planned at 25 and 30 MPa which is tested in age 28 days.*

*Result of study shows that reduction of water and addition of SP can reach the planned slump value 150-180 mm without bleeding and segregation. The maximum value of tensile strength, flexure strength, shear strength, and also compressive strength obtained on combination of reduction the water content 30% and addition of SP 3,29% from cement weight for planned compressive strength at 25 MPa and 2,20% from cement weight for planned compressive weight 30 MPa. Maximum tensile strength reached at 4,7647 MPa for planned compressive strength at 25 MPa and 4,6475 MPa for planned compressive strength at 30 MPa. For maximum flexure strength reached at 5,6057 MPa for planned compressive strength at 25 MPa and 6,1116 MPa for planned compressive strength at 30 MPa. For maximum shear strength reached at 6,7630 MPa for planned compressive strength at 25 MPa and 8,7244 MPa for planned compressive strength at 30 MPa.*

*This study also result the concrete permeability that more lower follow the reduction of water content and addition of SP that more bigger. The value of concrete permeability showed from water speed penetration inside the concrete. The biggest water speed penetration for the planned compressive strength at 25 MPa reached at 0,0064 mm/dtk (for 0% water reduction and addition of SP 0,3% from the cement weight) and the smallest reached at 0,0029 mm/dtk (for 10% water reduction and addition of SP 1,35% from the cement weight), while the biggest water speed penetration for the planned compressive strength at 30 MPa reached at 0,0066 mm/dtk (for 0% water reduction and addition of SP 0% from the cement weight) and the smallest reached at 0,0029 mm/dtk (for 15% water reduction and addition of SP 1,26% from the cement weight).*

*Key word: water content, superplasticizer, mix compotition, planned compressive strength, workability, tensile strength, flexure strength, shear strength, permeability.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Beton merupakan material bangunan yang telah lama dikenal dan dipakai secara luas sebagai bahan utama pada setiap pembangunan struktur. Beton adalah campuran semen portland (PC), agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), dan air dengan atau tanpa bahan tambah, dengan perbandingan tertentu. Beton banyak dipilih karena bahan penyusunnya yang relatif mudah didapat, memiliki kuat desak yang tinggi, tidak memerlukan biaya tinggi dalam perawatannya, tahan terhadap api, dan mudah membentuknya sesuai rencana struktur dan arsitektur.

Beton hampir digunakan dalam semua aspek ilmu teknik sipil, hampir semua komponen struktur dalam teknik sipil menggunakan beton. Perkembangan teknologi beton pada masa depan menuntut kinerja beton yang tinggi, mudah dalam pengerjaan, memiliki kekuatan yang diperlukan, dan memiliki keawetan terhadap bahan-bahan perusak. Saat ini beton dikatakan sebagai beton mutu tinggi (*high strength concrete*) bila kuat tekannya di atas 50 MPa. Dengan dirancang sebagai beton mutu tinggi, beton dapat mendukung beban tekan lebih besar dan mempunyai tingkat keawetan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal.

Untuk membuat beton mutu tinggi berdasarkan metode perancangan campuran yang telah ada, seperti metode pencampuran DOE dari Inggris maupun metode ACI dari Amerika, dapat diperoleh dengan cara menurunkan nilai fas (faktor air-semen) atau pengurangan kadar air. Pengurangan kadar air pada campuran akan berakibat pada menurunnya kelecakan beton segar dan juga dapat mengakibatkan beton berongga/berpori karena hasil pemadatan yang kurang sempurna.

Untuk mengatasi rendahnya kelecakan campuran, maka digunakan zat tambahan/*addmixture* pada campuran beton untuk meningkatkan kinerja dan menjaga mutu beton. Bahan tambah yang digunakan adalah *Superplasticizer* (SP).

*Superplasticizer* adalah bahan tambah untuk meningkatkan *workability* beton segar dan dapat mereduksi jumlah air pada campuran beton tanpa mengurangi nilai *slump*, sehingga beton dapat dikerjakan dengan baik, tidak terjadi pemisahan adukan dan mutu beton yang dihasilkan meningkat. *Superplasticizer* secara kimia mampu membuat pasta bergerak lebih bebas mengisi pori-pori sehingga pada beton segar campuran akan lebih lecah/*workable*, dengan terisinya pori-pori tersebut akan membuat kekuatan dan kekedapan terhadap air pada beton keras meningkat. Ada sisi keuntungan lain dari penggunaan SP pada beton normal, yaitu keuntungan dari segi ekonomi dan dari segi pelaksanaan, beton yang lebih *workable* akan memberikan waktu pelaksanaan lebih cepat, tenaga lebih sedikit, pemadatan lebih mudah, kinerja pompa beton lebih ringan (lebih awet), dan penyelesaian pekerjaan pembetonan lebih cepat.

Penggunaan SP pada beton normal dapat menambah *workability* beton segar dan secara tidak langsung dapat meningkatkan kuat desak beton keras, akan tetapi bagaimana pengaruh penggunaan SP terhadap kuat tarik, lentur, dan geser pada beton keras. Untuk itu dilakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan SP terhadap kuat tarik, lentur, dan geser beton dengan beberapa variasi pengurangan air pada kuat tekan rencana 25 dan 30 MPa.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan diteliti adalah :

1. Bagaimana menghasilkan beton normal berkinerja tinggi berdasarkan pada metode DOE.
2. Seberapa besar pengurangan jumlah air campuran beton normal agar dapat menghasilkan kuat tarik, kuat lentur, dan kuat geser yang paling tinggi dengan mempertahankan kelecakan beton segar yang tinggi (dengan penambahan SP).
3. Seberapa besar penambahan SP untuk menghasilkan kelecakan beton segar antara 150 – 180 mm tanpa terjadi *bleeding* dan segregasi.
4. Apakah penambahan SP dapat menghasilkan kepadatan beton maksimum sehingga menghasilkan kuat tarik, lentur dan geser beton yang maksimum juga.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, maka tujuan penelitian antara lain yaitu :

1. Meningkatkan workabilitas/keleccakan beton segar dari beton normal.
2. Meningkatkan kekuatan dan keawetan beton keras dengan adanya peningkatan keleccakan beton segar.
3. Mengetahui pengaruh pengurangan air dan penambahan SP terhadap kuat tarik, geser, dan lentur beton dengan adanya peningkatan keleccakan beton segar.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Sesuai tujuan penelitian diatas, maka manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan campuran beton yang lebih lecak, lebih tinggi mutunya, dan lebih tinggi tingkat keawetannya.
2. Memberikan informasi mengenai besar kuat tarik, geser, dan lentur beton akibat pengurangan air dan penambahan SP, serta kaitannya dengan mutu beton dan pengerjaan beton itu sendiri.
3. Menjadi bahan kajian selanjutnya untuk mengembangkan beton normal kinerja tinggi (BNKT).

### 1.5 Batasan Masalah

Untuk membatasi permasalahan ini agar tidak terlalu melebar baik pada saat penelitian maupun saat pembahasan, maka diperlukan batasan masalah sebagai berikut :

1. Kuat tekan rencana ( $f_c$ ) benda uji adalah 25 dan 30 MPa.
2. Metode desain rencana campuran benda uji menggunakan metode DOE.
3. Nilai slump desain rencana 0 – 60 mm (desain modifikasi) akan ditingkatkan menjadi 150 - 180 mm saat pelaksanaan tanpa terjadi *bleeding* dan segregasi.
4. Variasi pengurangan air dilakukan secara gradual mulai 0, 5, 10, 15, 20, 25, sampai 30 % dari kadar air beton normal.

5. Menggunakan semen jenis I (PUBI, 1982), yaitu Semen Portland (PC) merek Gresik kemasan 50 kg/sak.
6. Air digunakan dari Laboratorium BKT, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
7. Agregat kasar kerikil dari Celereang, Kulonprogo dengan ukuran agregat maksimum 20 mm.
8. Agregat halus pasir yang berasal dari daerah Cangkringan, Kaliurang, disyaratkan lolos saringan 4,8 ; 2,4 ; 1,2 ; 0,6 ; 0,3 dan 0,15 mm.
9. Menggunakan SP merek Sikament-NN.
10. Penambahan SP dilakukan sedikit demi sedikit sampai dicapai slump 150 – 180 mm tanpa *bleeding* dan segregasi.
11. Perawatan beton dengan cara direndam dalam air sampai 24 jam sebelum diuji.
12. Pengujian dilaksanakan setelah beton berumur 28 hari.
13. Pengaruh suhu, udara, dan faktor lain tidak diperhitungkan.
14. Pelaksanaan penelitian pengujian permeabilitas, kuat tarik, kuat geser, dan kuat lentur beton dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) FTSP Universitas Islam Indonesia.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Umum

Salah satu material yang banyak digunakan untuk struktur teknik sipil adalah beton. Dalam konstruksi, beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Bentuk paling umum dari beton adalah beton semen portland, yang terdiri dari agregat mineral (kerikil dan pasir), semen dan air (Wikipedia Indonesia.htm, 2006).

Perbedaan yang utama antara beton mutu tinggi dan beton mutu normal berhubungan dengan kuat tekan yang mengacu pada ketahanan maksimum suatu sampel beton untuk menerima penerapan tekanan. *American Concrete Institute* (ACI) menggambarkan bahwa beton mutu tinggi sebagai beton dengan kuat tekan yang lebih besar dibanding 6000 psi atau setara dengan 41 MPa (Portland Cement Association.htm, 2006). Pada tahun 1950an, beton dikategorikan bermutu tinggi bila kuat tekannya 30 MPa dan tahun 1960-1970an kriterianya naik menjadi 40 MPa (Mulyono, 2004). Saat ini beton dikatakan bermutu tinggi jika kuat tekannya diatas 50 MPa dan diatas 80 MPa adalah beton mutu sangat tinggi (Supartono, 1998).

Beton mutu tinggi diperoleh dengan cara menurunkan perbandingan air-semen (fas) sampai 0,35 atau lebih rendah. Sering, *silica fume* ditambahkan untuk mencegah pembentukan kristal kalsium hidroksida bebas di dalam acuan/matriks semen, yang sangat mungkin mengurangi kekuatan ikatan semen dengan agregat. *Low W/C ratio* atau nilai fas yang rendah dan penggunaan *silica fume* membuat *workability* campuran beton segar akan menurun secara signifikan, yang mana hal ini akan menjadi masalah utama dalam penerapan/aplikasi beton mutu tinggi. Untuk mengatasi penurunan/pengurangan *workability* beton, biasanya ditambahkan *superplasticizer* (SP) ke campuran beton mutu tinggi tersebut. Agregat harus terpilih secara cermat untuk campuran beton mutu tinggi, agregat yang lemah tidak cukup kuat untuk menahan beban (Wikipedia.htm, 2006).

Beton dengan proporsi air yang sangat kecil, akan menjadi sangat kering dan sangat sukar dipadatkan, karena sebagian besar air yang digunakan untuk proses kimiawi pembentukan pasta semen akan menjadi kering, dan ketika beton kering akan meninggalkan rongga-rongga. Dan juga bila beton tidak dipadatkan secara sempurna, sejumlah gelembung udara mungkin terperangkap, dan mengakibatkan rongga yang lebih banyak lagi. Beton yang paling padat dan kuat diperoleh dengan menggunakan jumlah air yang minimal konsisten dengan derajat workabilitas yang dibutuhkan untuk memberikan kepadatan maksimal (Murdock dan Brook, 1991).

Karakteristik atau sifat beton harus dipertimbangkan dalam hubungannya dengan kualitas yang dituntut untuk suatu tujuan konstruksi tertentu. Diantara beberapa sifat-sifat beton menurut Mudock dan Brook (1991) yang berhubungan dengan penelitian ini adalah seperti berikut.

1. Kuat tekan.

Dimana kuat tekan beton dapat mencapai sekitar 80 MPa, atau lebih, tergantung pada perbandingan jumlah semen serta tingkat pematatannya. Kuat tekan antara 20 dan 50 MPa pada umur 28 hari bisa diperoleh di lapangan bila pekerjaannya baik.

2. Kuat tarik dan lentur.

Kuat tarik beton berkisar  $1/18$  dari kuat tekan pada umur yang masih muda, dan berkisar  $1/20$  sesudahnya.

Terdapat dua buah cara untuk mendapatkan kekuatan tarik. Yang pertama menghasilkan besaran kuat tarik dalam keadaan lentur, yang dikenal sebagai kuat lentur. Benda uji berbentuk balok-balok biasanya dipakai untuk mengukur kuat lentur dengan cepat di lapangan. Suatu beban diterapkan, lewat dua buah rol di titik, sepertiga dari bentang sampai benda uji pecah. Lentur ekstrim pada serat, yaitu desak pada bagian atas dan tarik pada bagian bawah, dapat dihitung dengan rumus balok biasa.

Cara pengujian lain yang telah diperkenalkan adalah pembelahan silinder oleh suatu desakan ke arah diameternya, untuk mendapatkan kekuatan tarik belah.



### 3. Kuat geser.

Geser dalam beton terjadi karena desak dan tarik oleh lenturan, dan bahkan di dalam pengujian tidak mungkin menghilangkan elemen lentur.

### 4. Keawetan.

Untuk kegunaan beton dibatasi oleh pengaruh-pengaruh yang biasanya mempengaruhi keawetan beton. Seperti pada pengaruh cuaca berupa pengembangan dan penyusutan oleh cuaca basah dan kering yang silih berganti, dari daya perusak kimiawi air laut dan rawa-rawa, dari kimia dan air limbah hasil industri, dari kotoran manusia dan binatang, dari minyak tumbuhan dan lain-lain. Dan juga akibat kikisan dari orang berjalan kaki dan lalu-lintas, gerakan ombak laut dan oleh partikel-perikel air dan angin.

### 5. Kedap air.

Kekedapan air sukar diukur dengan tepat, dan pengujian-pengujian jarang dilakukan di luar laboratorium riset. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap sifat kedap air beton adalah:

- (a). Perbandingan air-semen yang rendah, yang mengakibatkan beton berkecenderungan berisi rongga akibat adanya gelembung-gelembung udara yang terbentuk selama atau sesudah pencetakan.
- (b). Mutu dan porositas/kepadatan agregat.
- (c). Umur, kededapan air berkurang dengan perkembangan umur.
- (d). Gradasi, dengan air yang minimal dengan gradasi yang kasar dan banyak pasir sebaiknya dihindarkan.
- (e). Perawatan, merupakan pengaruh yang penting, yaitu dengan membasahi beton selama beberapa hari.

## 2.2 Pengaruh *Superplasticizer*

### 2.2.1 Pengaruh *Superplasticizer* terhadap kuat tekan

Penelitian yang dilakukan Syafruddin P.N. dan Hastoro P.S. (2005) menghasilkan peningkatan nilai kuat tekan dari mutu rencana. Pada mutu beton rencana 30 MPa dengan pengurangan kandungan air 30% menghasilkan kuat tekan optimum 54 MPa dan penambahan SP sebesar 1,83% dari berat semen. Dan

untuk mutu beton rencana 40 MPa dengan pengurangan air 30% menghasilkan kuat tekan optimum 51 MPa dan penambahan SP sebesar 1,26% dari berat semen. Pengurangan air lebih dari 30% dengan kombinasi penambahan SP lebih dari 1,83% dan pada pengurangan air 40% dengan penambahan SP sebesar 3,62% dapat menyebabkan proses hidrasi terhambat dan kuat tekan menurun.

Penelitian Suwardani C. dan Sahdi F. (2005) yang berjudul “Pengaruh Bahan Tambah SP (Sikament-NN) terhadap Kuat Desak Beton” menguji beton silinder sebanyak 180 sampel dengan variasi penambahan SP mulai dari 0%; 0,6%; 1% dan 1,5% dan dibandingkan dengan beton normal (tanpa SP). Penelitian tersebut menghasilkan kuat desak beton normal sebesar 45,09 MPa dan terjadi peningkatan kuat desak sebesar 6,879% pada variasi 0,6%; 5,1428% pada variasi 1% dan 3,788% pada variasi 1,5%. Kuat desak optimum dicapai pada dosis 0,6% penambahan SP.

### **2.2.2 Pengaruh *Superplasticizer* terhadap workabilitas**

Menurut Nawy (1990) SP merupakan jenis bahan tambahan baru yang dapat banyak mengurangi air pada campuran beton, sementara *slump* beton dapat bertambah sampai mencapai 8 inch (208 mm) atau lebih. Pada penelitian Syafruddin dan Hastoro (2005), didapatkan nilai *slump* yang lebih besar dari 180 mm pada beton segar dan tidak terjadi *bleeding* dan segregasi. Demikian juga dalam penelitian Ramachandran (1979), mendapatkan bahwa dengan penambahan SP semakin mungkin untuk mencapai nilai *slump* lebih dari 200 mm dari suatu *slump* awal yang hanya sebesar 50 mm dengan dosis penambahan SP sebesar 0,3-0,6 persen dari berat semen.

### **2.2.3 Pengaruh *Superplasticizer* terhadap kuat tekan dan sifat kedap air**

Pada penelitian Sonny Irawan (Juni 2002) yang berjudul “Studi Pengaruh SP (merek Sikament-NN) Terhadap Sifat Kedap Air Beton Dengan  $f'_c = 20$  MPa” menunjukkan bahwa penggunaan Sikament-NN dapat meningkatkan kuat tekan dan membuat beton semakin kedap air setelah 28 hari. Terjadi peningkatan kekuatan sebesar 15,5%; 19,35%; dan 16,1% pada kadar 1%, 2%, dan 3%

penggunaan SP, dengan kadar optimum penggunaan SP untuk kuat tekan beton sebesar 1,82%. Peningkatan permeabilitas sebesar 18,5%; 35,33%; dan 21,6% pada kadar 1%, 2%, dan 3% penggunaan SP, dengan kadar optimum penggunaan SP untuk kekedapan air sebesar 2%. Sedangkan kadar optimum penggunaan SP (Sikament-NN) untuk kuat tekan beton dan kadar air (gabungan kedua sifat) adalah sebesar 1,91%.

### 2.3 Keaslian Penelitian

Pada penelitian Syafruddin dan Hastoro (2005) variasi pengurangan kandungan air dengan interval 10% hingga 40% yang mencari nilai kuat tekan, kuat geser, dan kedap air beton dengan nilai *slump* lebih besar atau sama dengan 180 mm. Penelitian yang dilakukan Sonny Irawan (2002) variasi penambahan *superplasticizer* telah ditentukan, yaitu sebesar 1%, 2%, dan 3% dari berat semen dengan mutu rencana 20 Mpa, dimana penelitian ini mencari kadar optimal penambahan SP terhadap kuat tekan dan kedap air beton.

Pada penelitian ini akan dicari pengaruh sifat-sifat beton segar dan beton keras yaitu kuat tarik, kuat lentur, kuat geser, workabilitas, serta sifat kedap air terhadap beton umur 28 hari dengan mutu rencana 25 dan 30 MPa dan dengan variasi pengurangan kandungan air 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%, serta penambahan *superplasticizer* berdasarkan nilai *slump* antara 150-180 mm.

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Umum

Beton terbuat dari bahan semen portland, air, agregat (agregat kasar dan halus) dalam proporsi perbandingan tertentu dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (SK-SNI T-15-03, 1991). Beton dibentuk dari agregat campuran (halus dan kasar) dan ditambah dengan pasta semen. Pasta semen mengikat pasir dan agregat kasar. Rongga di antara bahan-bahan kasar diisi oleh bahan-bahan halus, sehingga harus ada perbandingan optimal antara agregat-agregat campuran tersebut agar pembentukan beton dapat dimanfaatkan oleh seluruh material (Gideon Kusuma, 1993).

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (semen, agregat, dan air) yang ditambah pada adukan beton saat atau selama pencampuran berlangsung, dengan tujuan untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Bahan tambah/*additive* yang digunakan sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non-kimia. Kekuatan, keawetan, dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat-sifat bahan-bahan dasar penyusunnya tersebut di atas, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan, dan cara perawatan selama proses pengerasan (Tjokrodinuljo, 1992).

Beton yang baik mempunyai kuat tekan tinggi, kuat lekat agregat yang tinggi, kedap air, tahan aus, tahan cuaca, tahan zat-zat kimia, susutan pengerasannya kecil dan elastisitasnya tinggi (Astanto, 2001). Pembuatan beton tidak hanya sekedar mencampur bahan dasar untuk memperoleh massa plastis, tetapi beton yang baik harus memenuhi performa yang diisyaratkan dalam kondisi plastis (masih dalam bentuk adukan atau beton segar) juga dalam kondisi mengeras. Beton harus *workable* atau dapat diaduk, diangkut, dituang, dan dipadatkan tanpa mengalami *bleeding* (pemisahan pasta semen dari adukan) dan

segregasi (pemisahan agregat kasar dari adukan). Hal ini karena segregasi maupun *bleeding* mengakibatkan beton yang dihasilkan akan jelek. Beton keras yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama/awet, kedap air, tahan aus, dan sedikit mengalami perubahan volume (kembang susutnya kecil) (Tjokrodimujo, 1992).

### 3.2 Materi Penyusun Beton

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

#### 3.2.1 Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambah (PUBI-1982). Bahan baku pembentuk semen adalah kapur (CaO) dari batu kapur, Silika (SiO<sub>2</sub>) dari lempung dan Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dari lempung (Nawy, 1990).

Komposisi kandungan kimia dalam beton paling banyak adalah CaO dan SiO<sub>2</sub>, untuk kandungan senyawa lain dapat dilihat pada *Tabel 3.1*.

**Tabel 3.1** Susunan unsur semen biasa

Bahan Dasar	Rumus Kimia	% dalam PC
kapur	CaO	60-65
silika	SiO <sub>2</sub>	17-25
alumina	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3-8
besi oksida	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5-6
magnesia	MgO	0.5-4
sulfur	SO <sub>3</sub>	1-2
soda/potash	Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	0.5-1

Sumber : Tjokrodimujo, 1992

Ketika semen dicampur dengan air, timbullah reaksi kimia antar unsur-unsur tersebut dengan air (hidrasi semen). Reaksi ini menghasilkan senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan (Murdock dan Brook, 1991).

Menurut PUBI (1982) semen portland di Indonesia dibagi menjadi lima jenis, yaitu:

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

### 3.2.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang merupakan bahan pengisi dalam campuran beton. Pada beton biasanya terdapat sekitar 60 % sampai 80 % volume agregat. Agregat ini bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh masa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen dan rapat. Agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar (Nawy, 1990). Nawy (1990) membagi agregat kedalam dua jenis agregat, yaitu:

1. Agregat kasar (kerikil dan batu pecah), apabila ukurannya sudah melebihi  $\frac{1}{4}$  in (6 mm). Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton, keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik, dan harus memiliki ikatan yang baik dengan semen. Jenis agregat kasar yang umum adalah batu pecah alami, kerikil alami, agregat kasar buatan, agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat (baja pecah, barit, magnetit, dan limonit).
2. Agregat halus (pasir alami dan buatan), ukurannya bervariasi antara ukuran no. 4 % dan 100 % saringan standar Amerika. Agregat halus yang baik harus

bebas bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan no. 100, atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran.

Agregat yang dapat dipakai harus memenuhi syarat-syarat seperti berikut ini (Tjokrodimuljo, 1992).

1. Bersih dari unsur organik.
2. Keras.
3. Bebas dari sifat penyerapan secara kimia.
4. Tidak bercampur dengan tanah liat atau lumpur.
5. Distribusi atau gradasi ukuran agregat memenuhi ketentuan yang berlaku.

Sifat yang paling penting dalam suatu agregat (batu-batu, kerikil dan pasir) ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu dingin dan agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan (Murdock dan Brook, 1991).

Menurut peraturan di Inggris (*British Standard*) yang juga dipakai di Indonesia saat ini, kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar. Batas-batas jenis pasir tercantum dalam **Tabel 3.2**.

**Tabel 3.2** Gradasi pasir

Lubang Ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : Tjokrodimuljo, 1992

Keterangan:

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

Untuk agregat kerikil ditetapkan seperti pada *Tabel 3.3* berikut ini.

**Tabel 3.3** Gradasi kerikil

Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan	
	Berat butir maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	25-55
4,8	0-5	0-10

Sumber : Tjokrodimuljo, 1992

Indeks yang dipakai untuk ukuran kehalusan dan kekasaran butir agregat ditetapkan dengan modulus halus butir (MHB). Menurut Ilsey (1942), MHB adalah jumlah persen kumulatif dari butir agregat yang tertinggal di atas satu set ayakan (38, 19, 9.6, 4.8, 2.4, 1.2, 0.6, 0.3 dan 0.15 mm), kemudian nilai tersebut dibagi dengan seratus. Makin besar nilai MHB menunjukkan bahwa makin besar/kasar butir-butir agregatnya. Umumnya pasir mempunyai modulus halus 1,5 sampai 3,8 dan kerikil antara 5 sampai 8. Untuk agregat campuran nilai MHB biasa dipakai sekitar 5 – 6 (Mulyono, 2004). Hubungan ketiga nilai MHB tersebut dihitung dengan *Persamaan 3.1*.

$$W = \frac{K - C}{C - P} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.1)$$

Dengan  $W$  : Persentase berat pasir terhadap berat kerikil

$K$  : Modulus halus butir kerikil

$P$  : Modulus halus butir pasir

$C$  : Modulus halus butir campuran.

### 3.2.3 Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting dan paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan (Tjokrodimuljo, 1992).



Air yang digunakan untuk campuran beton biasanya sesuai yang dipakai untuk air minum. Untuk menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90 persen biasanya digunakan air suling (Astanto, 2001).

Air yang mengandung kotoran akan memperlama waktu ikatan awal adukan dan mengakibatkan lemahnya kekuatan beton setelah mengeras dan daya tahannya menurun. Air laut mengandung 3,5% garam. Garam-garam itu dapat menyebabkan kekuatan beton turun sampai 20%, sehingga air laut tidak boleh digunakan dalam campuran adukan beton. Demikian pula dengan air buangan industri dan air yang mengandung gula, karena air buangan industri mengandung asam dan alkali sedangkan kandungan gula dalam air akan memperlambat ikatan awal adukan beton (Tjokrodimuljo, 1992).

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

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

Air juga digunakan untuk perawatan beton, pemadaman kapur, adukan pasangan, dan adukan plesteran. Air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak mengandung lumpur, minyak, benda terapung yang dapat dilihat secara visual, asam-asam, garam-garaman, zat-zat organik atau bahan-bahan lain yang dapat merusak beton dan atau baja tulangan. Dalam hal ini sebaiknya dipakai air bersih yang dapat diminum (PUBI-1982).

### **3.2.4 Bahan Tambah**

#### **3.2.4.1 Definisi dan Jenis Bahan Tambah**

Bahan tambah adalah bahan lain selain air, agregat dan semen, sebagai tambahan dalam adukan beton untuk mengubah sifat-sifat beton sesuai dengan keinginan (Astanto, 2001). Bahan tambah biasanya digunakan untuk memperbaiki

5. Bahan kimia tambahan untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.

#### 3.2.4.3 *Superplasticizer*

*Superplasticizer* (SP) adalah bahan tambah kimia yang mempunyai pengaruh dalam meningkatkan workabilitas beton sampai tingkat yang cukup besar. Bahan ini dapat digunakan untuk menghasilkan beton mengalir tanpa terjadinya pemisahan yang tidak diinginkan (*bleeding* dan segregasi) yang umumnya terjadi pada beton dengan jumlah air yang besar. Bahan ini juga dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan beton, karena memungkinkan pengurangan kadar air guna mempertahankan workabilitas yang sama (Murdock dan Brook, 1991).

Menurut Ramachandran (1979), SP merupakan salah satu bahan tambah yang termasuk dalam kelas bahan tambah pengurang air (*water-reducers*) yang digunakan untuk membuat kebutuhan air dalam campuran menjadi lebih rendah. *Superplasticizer* dikenal sebagai *water-reducers* tingkat tinggi dan secara kimiawi berbeda dengan *water-reducers* yang normal, karena mampu mengurangi air sampai 30 persen. Pencampuran SP dalam jumlah besar dapat mengakibatkan efek yang tidak diinginkan, seperti pada penempatan/*setting*, isi udara, *bleeding*, segregasi dan karakteristik pembekuan. Menurut Nawy (1990), dosis yang disarankan untuk penggunaan SP adalah sampai 1% sampai 2% dari berat semen, karena bila berlebihan dapat menimbulkan berkurangnya kuat tekan.

*Superplasticizer* yang dipakai pada penelitian ini adalah SP dengan merek Sikament-NN yang diproduksi oleh PT.Sika Indonesia. Menurut *Technical Data Sheet* dari PT.Sika Indonesia (2005), Sikament-NN adalah *superplasticizer* cair yang sangat efektif untuk dua fungsi, yaitu dapat menghasilkan beton segar yang mengalir dan dapat sebagai bahan pengurang air untuk menghasilkan kekuatan awal dan kekuatan *ultimate* yang tinggi. Berat jenis Sikament-NN adalah 1,16-1,18 kg/liter dan dosis yang diberikan untuk penambahan Sikament-NN adalah 0,6-1,5% dari berat semen atau 300-750 cc per 50 kg semen. Data lebih lengkap

dari Sikament-NN dapat dilihat pada *Lampiran G* tentang data teknis Sikament-NN dari PT.Sika Indonesia.

### 3.3 Faktor Air-Semen

Faktor air-semen (fas) atau *water-cement ratio* (w/c) adalah perbandingan berat air terhadap berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Faktor air-semen (fas) sangat mempengaruhi kekuatan beton, kenaikan faktor air-semen (fas) mempunyai pengaruh yang sebaliknya terhadap sifat-sifat beton seperti permeabilitas, ketahanan terhadap gaya dan pengaruh cuaca, ketahanan terhadap abrasi, kekuatan tarik, rayapan, penyusutan dan terutama kuat tekan (Murdock dan Brook, 1991).

Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai fas, mutu beton menjadi semakin rendah, karena semakin tinggi kandungan airnya ataupun semakin rendah kandungan semennya. Namun nilai fas yang semakin rendah tidak selalu berarti kuat tekan beton makin tinggi, ada batas-batas dalam hal ini. Nilai fas yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan dan pemadatan yang pada akhirnya dapat menjadikan mutu beton menurun. Umumnya nilai fas minimum yang diberikan sekitar 0,4 dan maksimum 0,65 (Mulyono, 2004).

### 3.4 *Slump*

*Slump* beton adalah besaran kekentalan (*viscosity*)/plastisitas dan kohesif dari beton segar (SK-SNI-M-12-1989-F). *Slump* merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan beton. Tingkat kelecakan ini berkaitan erat dengan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*). Makin besar nilai *slump* berarti semakin cair adukan betonnya dan akan lebih mudah mengalir, sehingga semakin mudah dikerjakan.

Besarnya nilai *slump* dapat diketahui melalui pengujian *slump* yang dilakukan pada saat pengadukan beton. Menurut SK-SNI-M-12-1989-F tentang metode pengujian *slump*, pengujian dilakukan terhadap beton segar yang mewakili

campuran beton, dan hasil pengujian tersebut digunakan dalam perencanaan campuran beton dan pengendalian mutu beton pada pelaksanaan pembetonan.

### 3.5 Workabilitas

Workabilitas merupakan tingkat kemudahan pengerjaan pada beton segar. Besarnya nilai/tingkat workabilitas beton segar tergantung pada besarnya nilai *slump* campuran, semakin besar nilai *slump* semakin besar pula tingkat workabilitasnya. Beton dengan workabilitas yang baik mempunyai keuntungan dalam penempatan yang cepat dan mudah (Ramachandran, 1979).

Newman (1965) mengusulkan bahwa agar workabilitas didefinisikan pada sekurang-kurangnya tiga buah sifat yang terpisah, yaitu:

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

### 3.6 Berat Jenis

Berat jenis adalah Rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume yang sama pada suhu yang sama. Menurut SK SNI tahun 1989 ada tiga macam keadaan berat jenis, yaitu:

1. Berat jenis curah (*bulk specific gravity*), adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25<sup>0</sup> C.
2. Berat jenis jenuh kering permukaan (*saturated surface dry/SSD*), yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25<sup>0</sup> C.

3. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*), yaitu perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu 25 °C.

Dalam pengujian, berat jenis berhubungan dengan penyerapan air agregat, yaitu perbandingan berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering yang dinyatakan dalam persen.

Persamaan yang digunakan untuk mencari berat jenis dalam keadaan SSD atau dalam keadaan jenuh kering permukaan, menurut SK SNI M-09-1989-F (Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar, 1989) dan SK SNI M-10-1989-F (Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus, 1989) adalah sebagai berikut.

1. Berat jenis agregat kasar.

$$B_{jSSD} = \frac{B_j}{B_j - B_a} \dots\dots\dots(3.2)$$

dimana :  $B_{jSSD}$  = berat jenis agregat kasar dalam keadaan SSD ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$B_j$  = berat agregat kasar dalam keadaan SSD (gr)

$B_a$  = berat agregat kasar SSD di dalam air (gr)

2. Berat jenis agregat halus.

$$B_{jSSD} = \frac{500}{B + 500 - B_t} \dots\dots\dots(3.3)$$

dimana :  $B_{jSSD}$  = berat jenis agregat halus dalam keadaan SSD ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$B$  = berat piknometer berisi air (gr)

$B_t$  = berat agregat halus dan air dalam piknometer (gr)

500 = berat agregat halus dalam keadaan SSD (gr)

### 3.7 Perencanaan Campuran Beton

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

1. Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan pada 28 hari ( $f_c'$ ).
2. Menetapkan nilai deviasi standar (Sd), 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 buah benda uji, maka nilai deviasi standar diambil dari tingkat pengendalian mutu pekerjaan, seperti pada **Tabel 3.4** di bawah ini.

**Tabel 3.4** 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

- b. Jika pelaksana mempunyai data pengalaman pembuatan beton serupa minimal 30 buah silinder yang diuji kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari, maka jumlah data dikoreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali (**Tabel 3.5**).

**Tabel 3.5** Faktor pengali deviasi standar

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

3. Menghitung nilai tambah margin (M).

$$M = K \cdot Sd \dots\dots\dots(3.4)$$

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 Pembuatan beton atau mempunyai pengalaman kurang dari 15 benda uji, nilai N langsung diambil 12 MPa.

4. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan ( $f'_{cr}$ ).

$$f'_{cr} = f_c' + M \dots \dots \dots (3.5)$$

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

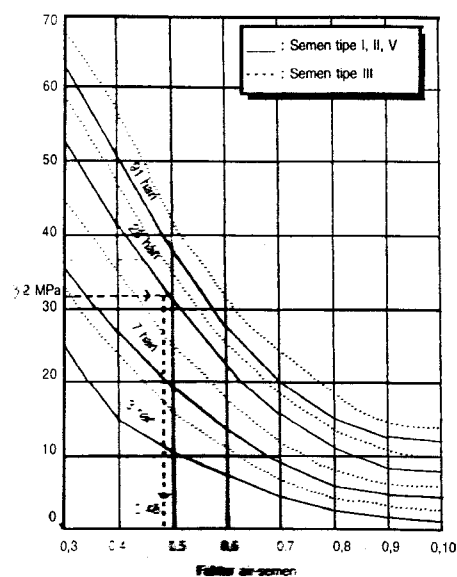
$f_c'$  = kuat tekan yang disyaratkan

M = nilai tambah

5. Menetapkan jenis semen.  
6. Menetapkan jenis agregat ( pasir dan kerikil ).  
7. Menetapkan faktor air semen.

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

**Cara Pertama:**



**Gambar 3.1** Hubungan faktor air-semen dengan kuat tekan rata-rata

Misal, kuat tekan silinder ( $f'_{cr} = 32$  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 0,48. jadi fas cara pertama = 0,48. (*Gambar 3.1*).

**Cara Kedua:**

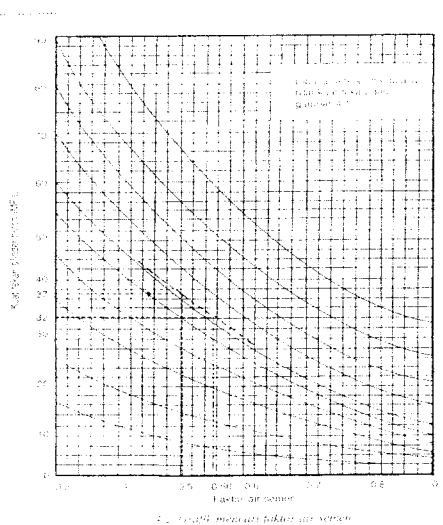
Diketahui jenis semen I, Jenis agregat kasar batu pecah. Kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari, maka digunakan tabel nilai kuat tekan beton (**Tabel 3.6**).

**Tabel 3.6** Nilai kuat tekan beton (MPa) dengan fas 0,50

Jenis semen	Jenis agregat kasar(kerikil)	Umur Beton			
		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 di atas, nilai kuat tekan = 37 MPa, jenis semen I, kerikil batu pecah dan umur beton 28 hari. Kemudian, dengan fas = 0,5 dan  $f'_{cr} = 37$  Mpa, digunakan grafik di bawah ini (**Gambar 3.2**). Caranya, tarik garis ke kanan mendatar 37, tarik garis ke atas 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  $f_{cr} = 32$  tarik ke kanan memotong garis putus yang dibuat tadi di B dan tarik garis ke bawah maka diperoleh fas yang baru, yaitu = 0,56.



**Gambar 3.2** Grafik mencari faktor air semen



**Cara Ketiga :**

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

- a. Untuk pembetonan di dalam ruang bangunan dan keadaan keliling non korosif = 0,60.
  - b. Untuk beton yang berhubungan dengan air tanah, dengan jenis semen tipe I tanpa pozzolan untuk tanah mengandung  $SO_3$  antara 0,3 – 1,2 maka fas yang diperoleh = 0,50.
  - c. Untuk beton bertulang dalam air tawar dan tipe semen I yaitu fas-nya = 0,50.
8. Menetapkan faktor air-semen maksimum.  
Didapat dari ketiga cara di atas dengan mengambil nilai fas yang terendah.
9. Menetapkan nilai slump.  
Nilai slump didapat sesuai dari pemakaian beton, hal ini dapat diketahui dari **Tabel 3.7.**

**Tabel 3.7** Penetapan nilai slump (cm)

Pemakaian Beton	maks	min
Dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12.5	5.0
Pondasi telapak tidak bertulang koison, struktur dibawah tanah	9.0	2.5
Pelat, balok, kolom dan dinding	15.0	7.5
Pengerasan jalan	7.5	5.0
Pembetonan masal	7.5	2.5

10. Menetapkan ukuran besar butir agregat maksimum (kerikil).
11. Menetapkan jumlah kebutuhan air.  
Untuk menetapkan kebutuhan air per meter kubik beton digunakan **Tabel 3.8** dan dilanjutkan dengan perhitungan.

**Tabel 3.8** Kebutuhan air per meter-kubik beton

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

Dalam tabel di atas, bila agregat halus dan agregat kasar yang dipakai memiliki jenis yang berbeda (alami dan pecahan), maka jumlah air yang diperkirakan diperbaiki dengan rumus :

$$A = 0,67 A_h + 0,33 A_k \dots\dots\dots(3.6)$$

Dengan : A = jumlah air yang dibutuhkan, liter/m<sup>3</sup>

A<sub>h</sub> = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halus

A<sub>k</sub> = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasarnya

#### 12. Menetapkan kebutuhan semen.

$$\text{kebutuhan semen} = \frac{\text{jumlah air yang dibutuhkan ( langkah 11)}}{\text{Faktor air semen maksimum ( langkah 8)}} \dots\dots\dots(3.7)$$

#### 13. Menetapkan kebutuhan semen minimum.

Kebutuhan semen minimum ditetapkan berdasarkan pada **Tabel 3.9**.

**Tabel 3. 9** Kebutuhan Semen Minimum untuk Berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus

Jenis Pembetonan	Kebutuhan semen minimum(kg/m <sup>3</sup> beton)
Beton di dalam ruang bangunan :	
a. keadaan keliling non-korosif	275
b. keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	
Beton di luar ruang bangunan :	
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275

14. Menetapkan kebutuhan semen yang sesuai.

Digunakan kebutuhan semen terbesar dari langkah 12 dan Langkah 13

15. Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen, jika jumlah semen pada langkah 13 dan 14 berubah, maka faktor air semen berubah yang ditetapkan dengan :

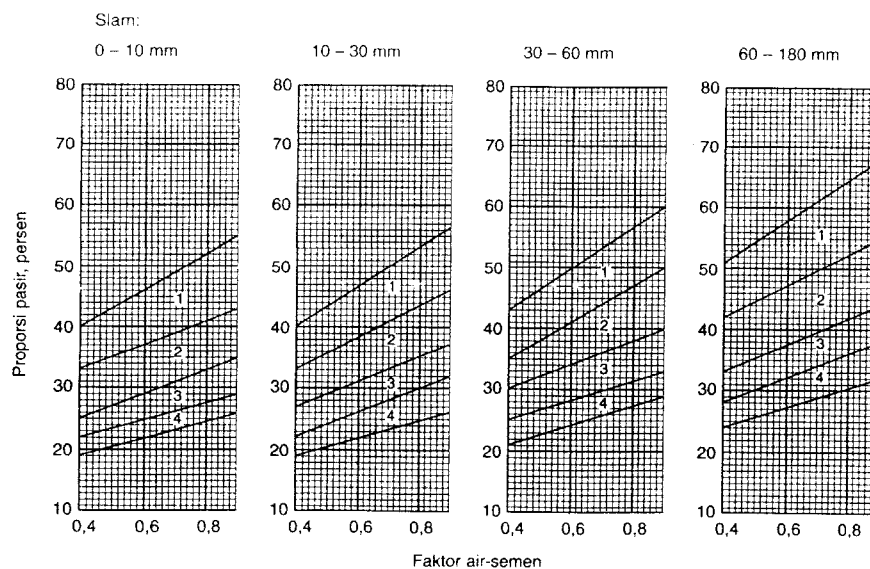
- a. Jika akan menurunkan faktor air semen, maka faktor air semen dihitung lagi dengan cara jumlah air dibagi jumlah semen minimum.
- b. Jika akan menaikkan jumlah air lakukan dengan cara jumlah semen minimum dikalikan faktor air semen.

16. Menentukan golongan pasir.

Golongan pasir ditentukan dengan cara menghitung hasil ayakan hingga dapat ditemukan golongannya (dari pemeriksaan bahan).

17. Menentukan perbandingan pasir dan kerikil.

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



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

18. Menentukan berat jenis campuran pasir dan kerikil.

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

$$Bj\text{-}cm = ( P/100) \times Bj \text{ pasir} + ( K/100) \times Bj \text{ kerikil} \dots\dots\dots(3.8)$$

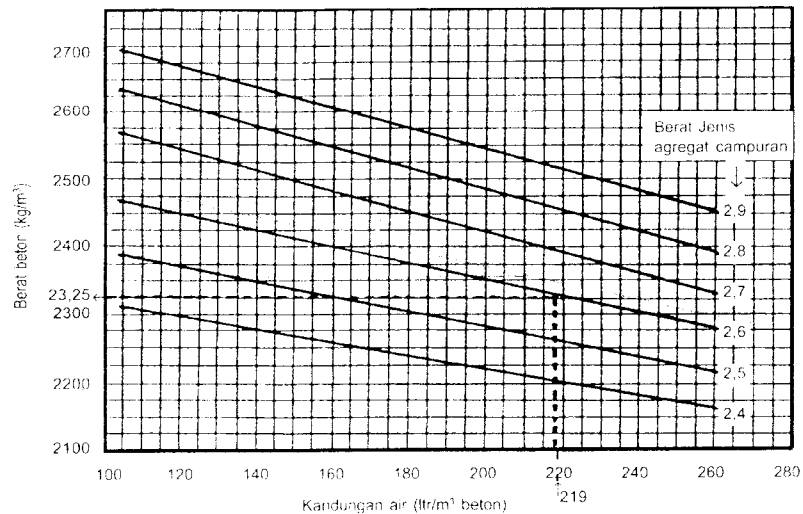
Dengan : Bj-cm = berat jenis campuran

P = persentase pasir terhadap agregat campuran

K = persentase kerikil terhadap agregat campuran

19. Menentukan berat beton.

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



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

20. Menentukan kebutuhan pasir dan kerikil.

$$\begin{aligned} \text{Berat pasir} + \text{berat kerikil} &= (\text{berat beton}) - (\text{keb. air}) - (\text{keb. semen}) \\ &= \text{langkah 19} - \text{langkah 11} - \text{langkah 12} \dots\dots\dots(3.9) \end{aligned}$$

21. Menentukan kebutuhan pasir.

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan pasir} &= (\text{kebutuhan pasir dan kerikil}) \times (\text{persentase berat pasir}) \\ &= \text{Langkah 20} \times \text{Langkah 17} \dots\dots\dots(3.10) \end{aligned}$$

22. Menentukan kebutuhan kerikil.

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan kerikil} &= (\text{kebutuhan pasir dan kerikil}) - (\text{kebutuhan pasir}) \\ &= \text{Langkah 20} - \text{Langkah 21} \dots\dots\dots(3.11) \end{aligned}$$

### 3.8 Pengadukan Beton

Untuk mencapai mutu beton yang baik maka bahan-bahan penyusun beton yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus yang kemudian diikat dengan semen lalu berinteraksi dengan air sebagai bahan perekat, harus dicampur dan di aduk dengan benar dan rata. Cara pengadukan beton (Tjokrodimuljo, 1992):

1. Pengadukan dengan tangan, dilakukan bila jumlah beton yang dibuat sedikit, dan tidak di inginkan suara berisik yang ditimbulkan oleh mesin.
2. Pengadukan dengan mesin, dilakukan bila jumlah beton dibuat dalam jumlah banyak. Lamanya waktu pengadukan tergantung pada kapasitas mesin pengaduk, jumlah adukan, jenis serta susunan butir bahan susun, dan slump beton, umumnya tidak kurang dari 1,5 menit sejak dimulainya pengadukan, dan hasil adukannya menunjukkan susunan dan warna yang merata.

### 3.9 Perawatan Beton

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

1. Beton dibasahi terus menerus dengan air.
2. Beton direndam didalam air.
3. Beton dilindungi dengan karung basah, film plastik, atau kertas perawatan tahan air.
4. Dengan menggunakan perawatan gabungan acuan membran cair untuk mempertahankan uap air semula dari beton basah.
5. Perawatan uap untuk beton yang dihasilkan dan kondisi pabrik, seperti pipa dan balok pracetak, dan tiang atau girder pracetak. Temperatur perawatan uap ini sekitar 150°F. Lamanya perawatan biasanya 1 hari, sementara kalau menggunakan cara lain sekitar 5 sampai 7 hari.

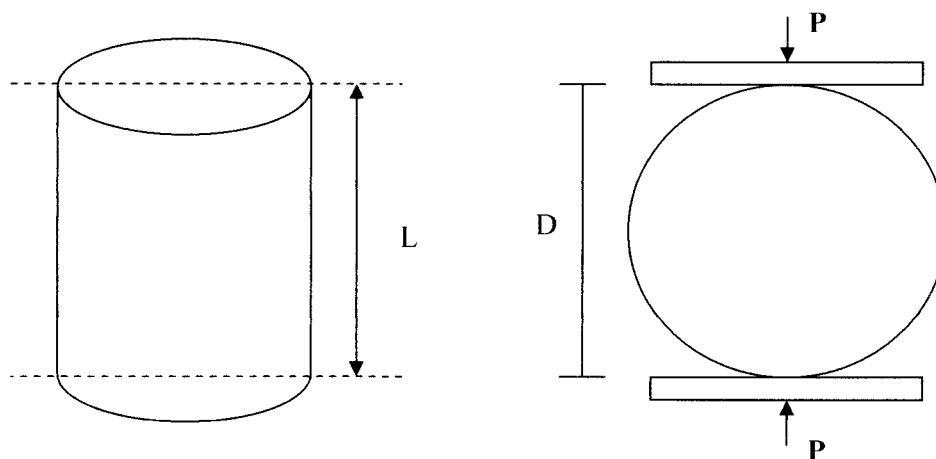
### 3.10 Kuat Tarik Beton

Nilai kuat desak dan kuat tarik beton tidak berbanding lurus, setiap peningkatan kuat tekan beton hanya memberikan sedikit peningkatan kuat tariknya. Nilai kuat tarik bahan beton normal berkisar 9 - 15% dari kuat tekannya (Dipohusodo, 1994). Kekuatan tarik beton sering kali diukur berdasarkan pendekatan yang umum dilakukan, yaitu dengan menggunakan nilai modulus tarik (*modulus of rupture*), nilai ini sedikit lebih besar dari nilai kuat tarik sesungguhnya, yang saat ini lebih sering ditentukan oleh kekuatan belah silinder beton (Wahyudi dan Rahim, 1997). SNI T-15-1991-03 Pasal 3.2.5 menetapkan bahwa besarnya nilai modulus tarik untuk beton normal adalah sebagai berikut :

$$f_{ir} = 0,70\sqrt{f'c} \dots\dots\dots(3.12)$$

dimana,  $f_{ir}$  = Kuat tarik beton (N/mm<sup>2</sup> ; MPa)

$f'c$  = Kuat tekan beton (N/mm<sup>2</sup> ; MPa)



**Gambar 3.5** Silinder uji kuat tarik beton dan metode pengujiannya

Kuat tarik dapat ditentukan melalui pengujian *split cylinder* (pecah belah silinder) seperti **Gambar 3.5** di atas. Benda uji silinder diletakkan pada arah memanjang di atas alat penguji kemudian ditekan dengan beban merata arah tegak dari atas pada seluruh panjang silinder (Dipohusodo, 1994). Besarnya nilai kuat

tarik-belah dari benda uji dihitung menggunakan *Persamaan 3.13* di bawah ini (SK SNI M-60-1990-03).

$$f_{tr} = \frac{2P}{\pi DL} \dots\dots\dots(3.13)$$

dimana,  $f_{tr}$  = Kuat tarik beton (N/mm<sup>2</sup> ; MPa)

P = Beban uji maksimum/beban belah (N)

D = Diameter silinder uji (mm)

L = Panjang silinder uji (mm)

### 3.11 Kuat Lentur Beton

Menurut Dipohusodo (1994), untuk balok dari sembarang bahan homogen (serba-sama) dan elastik berlaku rumus lendutan sebagai berikut :

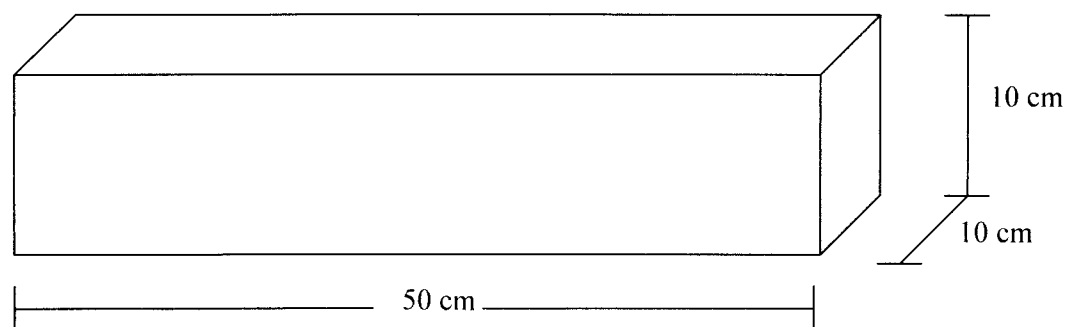
$$f_{ll} = \frac{M.c}{I} \dots\dots\dots(3.14)$$

dimana,  $f_{ll}$  = Tegangan lentur (N/mm<sup>2</sup> ; MPa)

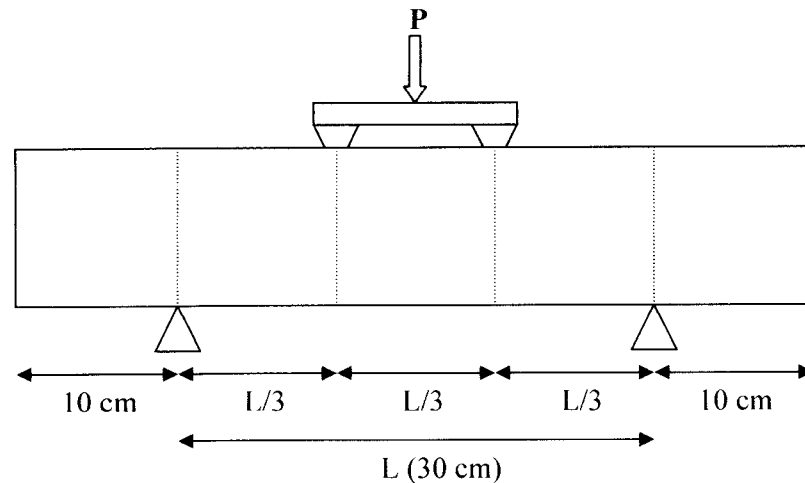
M = Momen yang bekerja pada balok (Nmm)

c = Jarak serat terluar terhadap garis netral, baik di daerah tekan maupun tarik (mm)

I = Momen inersia penampang balok terhadap garis netral (mm<sup>4</sup>)



**Gambar 3.6** Balok uji kuat lentur



**Gambar 3.7** Pengujian kuat lentur

Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan kepadanya, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam megapascal (MPa) gaya tiap satuan luas. Sumbu panjang benda uji adalah garis yang melalui pusat berat benda uji pada arah panjangnya (SK-SNI-M-06-1996-03). Pada penelitian ini panjang bentang ( $L$ ) antara dua titik perletakan adalah 30 cm. Nilai kuat lentur beton berkisar antara 11 - 23% dari kuat tekan kubus beton (N.Jackson, 1983).

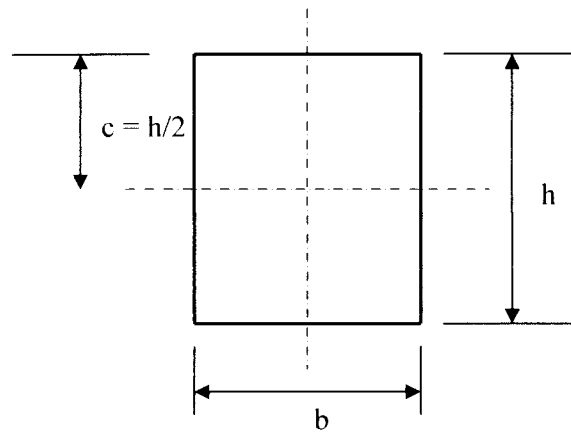
Menurut rumus lendutan Dipohusodo (1994) pada *Persamaan 3.14* di atas tegangan lentur dalam balok berhubungan dengan momen lentur ( $M$ ) dan momen inersia ( $I$ ) dari tampang balok. Perhitungan kuat lentur dengan penjabaran rumus lentur *Persamaan 3.14* di atas dan juga menurut SK-SNI-M-06-1996-03 untuk pembebanan dua titik adalah sebagai berikut :

$$M = \frac{P}{2} \cdot \frac{L}{3} \dots\dots\dots(3.15)$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \dots\dots\dots(3.16)$$



Jarak serat terluar terhadap garis netral ( $c$ ) dan bentuk penampang balok uji dapat dilihat pada **Gambar 3.8** berikut ini.



**Gambar 3.8** Bentuk penampang balok uji

Dengan mensubstitusikan **Persamaan 3.15**, **Persamaan 3.16** dan persamaan pada **Gambar 3.8** pada **Persamaan 3.14**, maka didapat rumus kuat lentur sebagai berikut:

$$f_u = \frac{\left(\frac{P L}{2}\right)\left(\frac{h}{2}\right)}{\frac{1}{12} b h^3} \dots\dots\dots(3.17)$$

$$f_u = \frac{P.L}{b.h^2} \dots\dots\dots(3.18)$$

dimana,  $f_u$  = Kuat lentur benda uji (kg/cm<sup>2</sup> ; MPa)

P = Beban maksimum (kg)

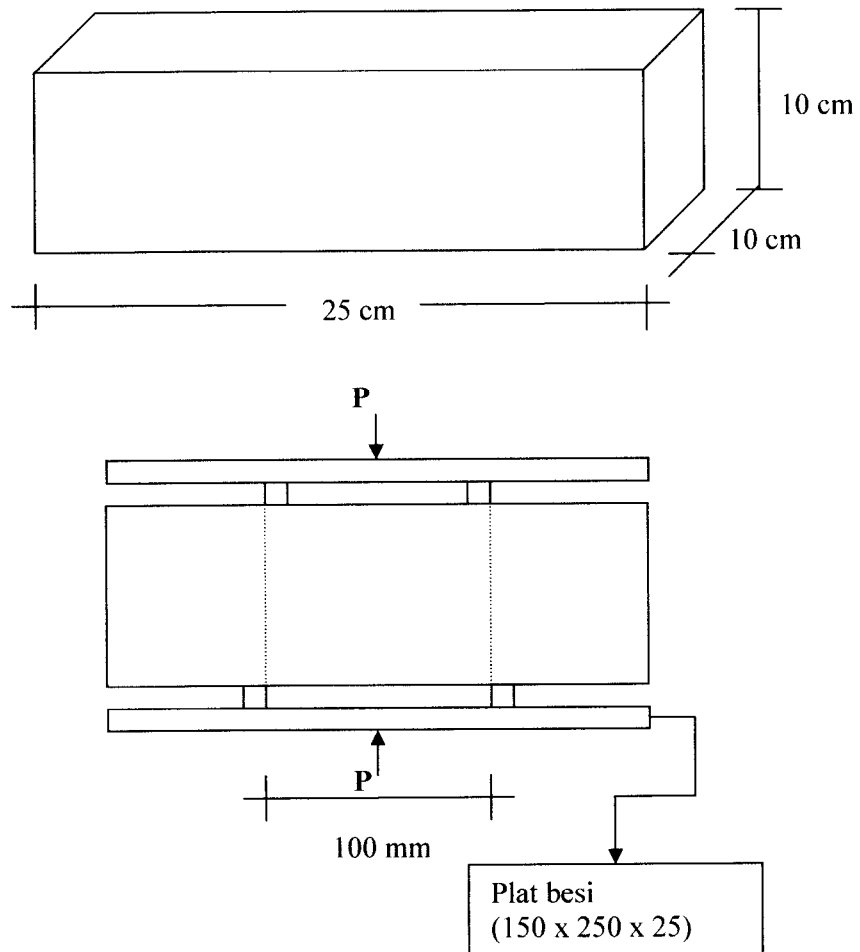
L = Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (cm)

b = Lebar tampang lintang patah arah horisontal (cm)

h = Tinggi benda uji atau lebar tampang lintang patah arah vertikal (cm)

### 3.12 Kuat Geser Beton

Untuk kuat geser murni belum terdapat standar pengujian yang baku baik di Indonesia maupun pada skala Internasional. Dalam penelitian ini akan dipakai metode pengujian geser langsung berikut benda ujinya berdasarkan hasil kajian Ilham (2004). Untuk menentukan kuat geser langsung digunakan suatu metode pengujian geser langsung beton yang tampak seperti pada **Gambar 3.9** berikut ini.



**Gambar 3.9** Balok uji kuat geser beton dan metode pengujiannya

Tujuan pengujian kuat geser beton adalah untuk memperoleh besarnya tegangan geser dari balok beton setelah mendapatkan pembebanan. Berdasarkan

pada beberapa penelitian, kekuatan beton pada geser murni didapatkan antara 10-20% dari kuat tekan (Pillai dan Menon, 1993). Hasil penelitian yang dilakukan Ilham (2004) mendapatkan bahwa besar kuat geser beton sebesar 8-13 % dari kuat tekan, dan persamaan umum yang digunakan untuk menentukan kuat geser langsung adalah melalui persamaan berikut ini.

$$f'_{sh} = \frac{P_{maks}}{A} \dots\dots\dots(3.19)$$

Dapat dilihat dari **Gambar 3.9** di atas bahwa metode pengujian kuat geser beton menurut Ilham (2004) menggunakan dua titik tumpuan beban, sehingga di dalam benda uji akan terdapat dua luasan bidang yang tergeser. Dengan adanya dua luasan bidang yang tergeser tersebut, maka persamaan untuk pengujian ini adalah sebagai berikut.

$$f'_{sh} = \frac{P_{maks}}{2A} \dots\dots\dots(3.20)$$

- dimana,  $f'_{sh}$  = Kuat geser (N/mm<sup>2</sup> ; MPa)  
 $P_{maks}$  = Beban maksimum (N)  
 $A$  = Luas bidang geser (mm<sup>2</sup>)

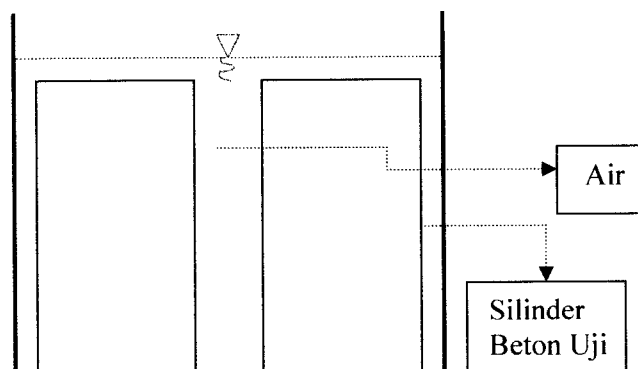
### 3.13 Permeabilitas Beton

Salah satu faktor yang mempengaruhi durabilitas beton adalah permeabilitas beton, yaitu kemudahan beton untuk dapat dilalui air. Macam uji permeabilitas yang lazim dilakukan antara lain permeabilitas terhadap ion klorida, terhadap udara dan terhadap air. Uji permeabilitas air dibedakan menjadi beberapa kategori, yaitu uji serapan permukaan, uji penyerapan air, uji kecepatan aliran air dan uji kapilaritas (Sugiharto H., Tjong W.F., Surya A. dan Wibowo K., 2004).

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian permeabilitas air statis (tanpa tekanan), yaitu benda uji direndam sampai 28 hari untuk mendapatkan kedalaman resapan air dan kecepatan resapan airnya. Kedalaman penetrasi air ke dalam benda uji menunjukkan tingkat permeabilitas beton. Penentuan besar nilai tingkat permeabilitas beton ditunjukkan melalui pengukuran kedalaman resapan air ke

dalam benda uji selama 60 menit perendaman, dimana benda uji tersebut dalam keadaan kering oven.

Pengukuran kedalaman resapan ini didapat setelah dilakukan pembelahan benda uji seperti pada pengujian *split cylinder* (uji pecah belah seperti pada **Gambar 3.5**). Setelah benda uji terbelah, pengukuran dilakukan dengan mengukur kedalaman resapan air yang masuk ke dalam beton. Kedalaman resapan air dinyatakan dalam cm atau mm, dan kecepatan resapan air dinyatakan dalam satuan cm/menit atau mm/detik.

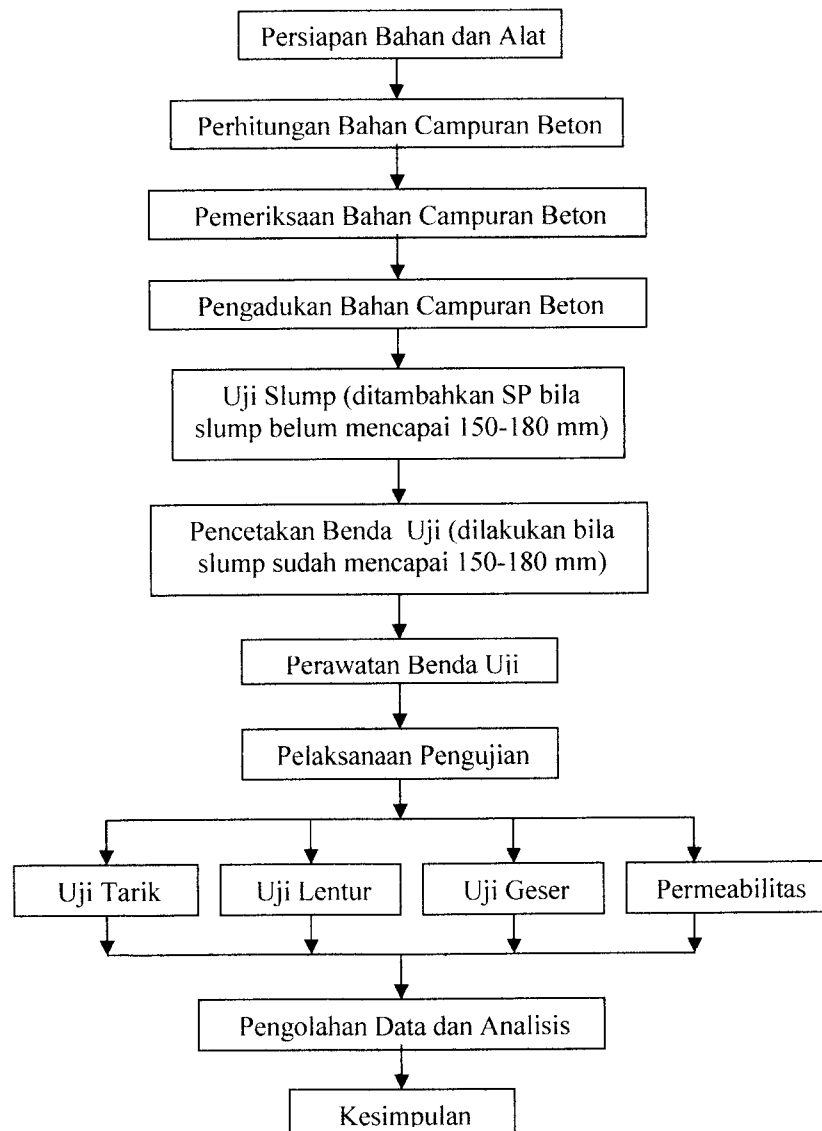


**Gambar 3.10** Perendaman benda uji permeabilitas beton

## BAB IV METODE PENELITIAN

### 4.1 Urutan Pelaksanaan Penelitian

Urutan-urutan pelaksanaan penelitian digambarkan seperti pada *Gambar 4.1* di bawah ini.



**Gambar 4.1.** Diagram alir pelaksanaan penelitian.

## 4.2 Persiapan Bahan dan Alat

Sebelum melaksanakan penelitian terlebih dahulu dilakukan persiapan bahan dan alat yang akan digunakan dalam penelitian. Persiapan bahan dan alat yang akan digunakan selanjutnya akan dijelaskan berikut ini.

### 4.2.1 Bahan

Bahan-bahan yang akan dipakai dalam penelitian ini adalah semen portland (PC), agregat halus, agregat kasar, air, dan bahan tambah *superplasticizer* (SP) yang akan diuraikan berikut ini.

#### 1. Semen Portland.

Semen portland yang dipakai adalah semen portland jenis I (PUBI, 1982) merek Gresik kemasan 50 kg/sak. Pemilihan jenis ini dilakukan karena paling umum dipakai sebagai bahan campuran beton dan tidak memerlukan persyaratan khusus. Semen di tempatkan pada suatu tempat yang kering dan tidak lembab. Penelitian kualitas semen hanya dilakukan dengan pengamatan secara visual terhadap kemasan dan kehalusan butirannya.

#### 2. Agregat.

Dalam penelitian ini digunakan 2 macam agregat, yaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) yang dijelaskan sebagai berikut.

- a. Agregat halus, digunakan pasir yang berasal dari Lereng Gunung Merapi dengan ukuran 0-4.8 mm. Pasir dicuci untuk menghilangkan debu dan lumpur, kemudian pasir disimpan dalam karung goni untuk menjaga kelembabannya, agar pada saat digunakan masih dalam keadaan SSD (keadaan jenuh kering permukaan/*saturated surface dry*). Untuk penyelidikan, pasir diambil dari dalam goni.
- b. Agregat kasar, digunakan kerikil batu pecah yang berasal dari Clereng, Kulon Progo, memiliki ciri-ciri sudut-sudutnya yang tajam dan permukaan relatif kasar. Dalam penelitian ini dipakai batu pecah dengan diameter ukuran 4.8-20 mm. Kerikil dipisahkan menggunakan ayakan dan harus dicuci terlebih dahulu untuk menghilangkan debu dan lumpur. Setelah dicuci batu pecah disimpan dalam karung goni agar terjaga

kelembabannya (keadaan SSD). Penyelidikan kerikil diambil dari dalam goni agar data agregat sesuai dengan kondisi yang ada dalam goni.

3. Air.

Air yang dipakai dalam penelitian ini diambil dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (Lab.BKT) Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Pemeriksaan dilakukan secara visual dari penampakannya yaitu jernih dan tidak berbau, dan juga dapat dimanfaatkan sebagai air minum.

4. *Superplasticizer* (SP).

Adalah bahan kimia tambahan yang dapat meningkatkan kelecakan beton segar. Adapun SP yang dipakai dalam penelitian ini adalah SP dengan merek *Sikament-NN* yang sudah tersedia dipasaran dengan berat jenis 1,17 kg/liter. Penambahan SP pada campuran dihitung berdasarkan persentase berat SP terhadap berat semen.

#### 4.2.2 Alat

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

1. Ayakan dan karung. Ayakan digunakan untuk menyaring pasir dan kerikil agar diperoleh diameter yang diperlukan. Karung digunakan untuk menyimpan dan menjaga pasir dan kerikil agar masih dalam keadaan SSD saat digunakan.
2. Timbangan, dipakai untuk menimbang bahan susun beton yang akan digunakan serta untuk menimbang benda uji sebelum pengujian.
3. Gelas ukur, dipakai untuk menakar jumlah air dan SP yang diperlukan dalam pembuatan adukan beton.
4. Molen (mesin aduk beton), digunakan untuk mengaduk bahan susun beton sehingga dihasilkan campuran adukan beton yang homogen.

5. Talam baja, cetok, sekop, palu karet dan ember. Talam baja sebagai alas untuk pengujian slump serta untuk menampung sementara adukan beton yang dikeluarkan dari molen. Cetok dan sekop digunakan untuk memasukkan adukan beton ke dalam cetakan benda uji. Palu karet digunakan untuk memukul cetakan yang baru diisi oleh adukan beton untuk menghilangkan gelembung-gelembung udara dalam adukan beton. Ember digunakan untuk wadah pengambilan dan penimbangan bahan-bahan adukan beton.
6. Kerucut *Abrams* dan tongkat pemadat, digunakan untuk pengujian *slump* adukan beton. Kerucut *Abrams* mempunyai dua lubang pada ujungnya dengan diameter 10 cm pada ujung atas, diameter 20 cm pada ujung bawah, dan tinggi 30 cm. Untuk memadatkan adukan beton menggunakan tongkat pemadat dari baja dengan panjang 60 cm dan diameter 16 mm yang ujungnya berbentuk bulat.
7. Mistar dan kaliper, digunakan untuk mengukur dimensi benda uji sebelum pengujian. Mistar juga digunakan untuk mengukur penurunan nilai slump.
8. Seperangkat alat kunci, yang berguna untuk mempersiapkan dan membuka cetakan benda uji.
9. Cetakan benda uji silinder, dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm digunakan untuk membuat benda uji kuat tarik dan permeabilitas.
10. Cetakan benda uji balok, cetakan yang digunakan terdiri dari 2 jenis yaitu, cetakan untuk membuat benda uji kuat geser (25x10x10 cm) dan untuk benda uji kuat lentur (50x10x10 cm).
11. Mesin uji kuat desak, digunakan untuk menguji kuat tarik dan permeabilitas silinder beton dengan merek *ADR 3000*. Mesin ini juga digunakan untuk menguji kuat geser balok beton. Mesin ini mempunyai kapasitas sebesar 3000 kN.
12. Mesin uji kuat lentur, mesin yang digunakan untuk menguji kuat lentur balok beton ini adalah *Universal Testing Machine (UTM)* dengan merek *Shimatsu type UMH 30* yang mempunyai kapasitas 30 ton.



### 4.3 Perhitungan Bahan Campuran Beton

Komposisi campuran adukan beton pada penelitian ini diperoleh dari hasil perancangan campuran adukan beton menurut cara Inggris atau di Indonesia dikenal dengan cara DOE (*Department Of Environment*). Perhitungan ini bertujuan untuk menentukan banyaknya masing-masing bahan dalam adukan beton. Langkah-langkah perancangan campuran adukan beton menurut cara DOE telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Hasil perhitungan komposisi campuran untuk beton normal dan variasi pengurangan kadar air (dengan interval 5% dari berat total air) dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

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

Mutu Rencana (MPa)	Pengurangan Air (%)	Sampel Beton	Air (kg/m <sup>3</sup> )	Semen (kg/m <sup>3</sup> )	Pasir (kg/m <sup>3</sup> )	Kerikil (kg/m <sup>3</sup> )
25	0	BS25-0%	210	428,57	603,38	1120,55
	5	BS25-5%	199,5			
	10	BS25-10%	189			
	15	BS25-15%	178,5			
	20	BS25-20%	168			
	25	BS25-25%	157,5			
	30	BS25-30%	147			
30	0	BS30-0%	210	466,67	576,41	1118,92
	5	BS30-5%	199,5			
	10	BS30-10%	189			
	15	BS30-15%	178,5			
	20	BS30-20%	168			
	25	BS30-25%	157,5			
	30	BS30-30%	147			

### 4.4 Pemeriksaan Bahan Campuran Beton

Pemeriksaan bahan campuran beton dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat dari bahan campuran beton tersebut yang pada umumnya dilakukan pada agregatnya. Agregat yang ada di alam tidak serba sama, data-data agregat tentu

berlainan. Untuk uraian dan langkah-langkah pemeriksaan dan hasil uji bahan campuran beton dijelaskan pada *Lampiran B*.

Pemeriksaan bahan campuran beton yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi :

1. Kandungan lumpur dalam pasir.
2. Berat jenis dan kadar air pasir dan kerikil.
3. Berat volume pasir dan kerikil.
4. Modulus halus butir (MHB) pasir dan kerikil.

#### 4.5 Pembuatan Benda Uji

##### 4.5.1 Jenis dan Jumlah Benda Uji

Jenis benda uji akan dibuat berkaitan dengan mutu beton, umur beton, prosentase pengurangan air, dan jenis pengujian yang terdiri dari kuat tarik, lentur, geser, dan permeabilitas. Untuk pengujian kuat tarik dan pengujian permeabilitas, benda uji yang akan di buat berbentuk silinder. Pengujian kuat lentur benda uji berbentuk balok ukuran 50x10x10 cm, sedangkan untuk uji kuat geser benda uji berbentuk balok ukuran 25x10x10 cm. Jenis dan jumlah benda uji dalam penelitian ini seperti pada *Tabel 4.2*.

**Tabel 4. 2.** Jenis dan Jumlah Benda Uji

Pengurangan Air (%)	Kuat Tarik sesuai Kuat Tekan		Kuat Geser sesuai Kuat Tekan		Kuat Lentur sesuai Kuat Tekan		Permeabilitas sesuai Kuat Tekan		Total Benda Uji
	25 MPa	30 MPa	25 MPa	30 MPa	25 MPa	30 MPa	25 MPa	30 MPa	
0	3	3	3	3	3	3	1	1	20
5	3	3	3	3	3	3	1	1	20
10	3	3	3	3	3	3	1	1	20
15	3	3	3	3	3	3	1	1	20
20	3	3	3	3	3	3	1	1	20
25	3	3	3	3	3	3	1	1	20
30	3	3	3	3	3	3	1	1	20
Jumlah	21	21	21	21	21	21	7	7	140

#### 4.5.2 Persiapan Pengadukan

Persiapan yang dilakukan meliputi penimbangan bahan susun beton yang telah dipersiapkan dan dihitung sesuai perhitungan kebutuhan bahan untuk setiap variasinya, penyediaan SP dalam gelas ukur, persiapan alat yang akan digunakan untuk pengadukan dan persiapan cetakan sampel uji.

#### 4.5.3 Pengadukan Campuran Beton

Pengadukan campuran beton menggunakan mesin aduk/molen. Prosedur pengadukan dilakukan dengan cara memasukkan bahan-bahan susun beton, yaitu pasir, kerikil, dan semen kemudian diaduk dalam keadaan kering sampai ketiga bahan tersebut homogen. Air ditambahkan secara bertahap agar merata ke seluruh bagian campuran, kemudian aduk kembali sampai campuran homogen. Setelah semua bahan masuk dan adukan homogen, selanjutnya dilakukan penuangan SP yang dilakukan sedikit demi sedikit agar SP dapat tercampur merata dalam campuran dan diusahakan agar SP tidak tertahan pada dinding molen. Penuangan SP dilakukan secara bertahap dan pada setiap tahap dilakukan uji slump sampai mencapai nilai slump yang direncanakan, yaitu 150-180 mm. Apabila sudah mencapai nilai slump yang direncanakan, pengadukan dapat dihentikan dan pengecoran/pencetakan beton dapat dilakukan.

#### 4.6 Pengujian *Slump*

Keleccakan beton segar pada beton normal metode DOE antara 0-180 mm disediakan dalam empat interval, yaitu 0-10 mm, 10-30 mm, 30-60 mm, dan 60-180 mm. Dalam penelitian ini, diambil interval *slump* untuk modifikasi antara 30-60 mm dengan alasan bahwa slump tersebut berada di tengah-tengah antara *slump* terendah dan tertinggi yang tersedia pada metode DOE.

Pada pelaksanaannya pengadukan digunakan nilai *slump* antara 150-180 mm. Pengujian ini untuk mengetahui tingkat keleccakan dan mengontrol tingkat workabilitas campuran beton yang diinginkan berdasarkan nilai *slump* yang telah direncanakan. Menurut SK-SNI-M-12-1989-F tentang metode pengujian *slump*, pengujian nilai *slump* dilakukan menggunakan kerucut Abrams. Kerucut Abrams

di letakkan ditempat yang rata dan tidak menghisap air. Adukan dimasukkan ke dalam kerucut Abrams dalam 3 lapis, tiap lapis berisi kira-kira 1/3 isi kerucut. Setiap lapis adukan yang masuk ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali dengan tongkat baja pemadat secara merata. Setelah adukan ketiga selesai ditusuk-tusuk, kemudian permukaan beton diratakan dan sisa campuran yang jatuh disekitar cetakan disingkirkan. Kemudian kerucut diangkat perlahan-lahan tegak lurus ke atas dan kerucut diletakkan disamping campuran. Pengukuran *slump* dilakukan dengan mengukur tegak lurus antara tepi atas cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji. Nilai yang didapat merupakan nilai *slump* dan dilaporkan dalam satuan cm atau mm.

#### **4.7 Perawatan Beton**

Perawatan beton beton keras dilakukan mengikuti metode perawatan standar, yaitu dengan cara merendam beton di dalam air sesuai dengan batas umur pengujian beton (28 hari). Perawatan beton dilakukan setelah beton dikeluarkan dari cetakan (24 jam setelah pencetakan) sampai dengan 24 jam sebelum pengujian.

#### **4.8 Pengujian Beton Keras**

Pengujian beton dilaksanakan pada beton dengan mutu rencana 25 dan 30 MPa dan setelah beton berumur 28 hari. Beton dikeluarkan dari perendaman 24 jam sebelum pengujian, agar benda uji tidak dalam keadaan basah saat diuji. Menjelang pengujian beton keras dilakukan persiapan-persiapan dan pencatatan-pencatatan tentang data benda uji dan pengujiannya terlebih dahulu. Pengujian beton keras yang dilaksanakan pada penelitian ini adalah pengujian kuat tarik, kuat lentur, kuat geser dan permeabilitas beton.

##### **4.8.1 Pengujian Kuat Tarik Beton**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besar nilai kuat tarik beton umur 28 hari. Pada pengujian ini digunakan benda uji berbentuk silinder dengan

diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, jumlah benda uji untuk pengujian ini sebanyak 3 buah benda uji pada tiap variasi dari tujuh variasi pengurangan air.

Mesin yang digunakan untuk menguji kuat tarik beton ini adalah mesin uji kuat desak dengan merek *ADR 3000* yang mempunyai kapasitas uji sebesar 3000 kN. Untuk gambar benda uji dan metode pengujian kuat tarik dapat dilihat pada **Gambar 3.5**. Langkah-langkah pengujian kuat tarik ini adalah sebagai berikut :

1. Benda uji dikeluarkan dari tempat perendaman 24 jam sebelum pengujian.
2. Benda uji diukur dan dicatat dimensinya.
3. Benda uji ditimbang dan dicatat beratnya.
4. Benda uji diletakkan ke dalam alat uji tekan.
5. Mesin uji tekan dijalankan dengan penambahan beban uji yang konstan.
6. Pembebanan dilakukan sampai benda uji terbelah/hancur dan beban maksimum dicatat dalam satuan kN.

#### **4.8.2 Pengujian Kuat Lentur Beton**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besar nilai kuat lentur beton umur 28 hari. Benda uji berbentuk balok dengan panjang 50 cm, lebar 10 cm dan tinggi 10 cm. Jumlah benda uji untuk pengujian ini sebanyak 3 buah benda uji pada tiap variasi dari tujuh variasi pengurangan air.

Mesin yang digunakan untuk menguji kuat lentur balok beton ini adalah *Universal Testing Machine (UTM)* dengan merek *Shimatsu type UMH 30* yang mempunyai kapasitas 30 ton. Pemberian beban dilakukan dengan pembebanan dua titik. Sebelum pengujian, dibuat garis-garis melintang sebagai tanda dan petunjuk titik perletakan dan titik pembebanan pada balok uji. Untuk gambar benda uji, titik perletakan, titik pembebanan dan metode pengujian kuat lentur dapat dilihat pada **Gambar 3.6 dan 3.7**. Langkah-langkah pengujian kuat lentur adalah sebagai berikut :

1. Benda uji dikeluarkan dari tempat perendaman 24 jam sebelum pengujian.

2. Benda uji diukur dan dicatat dimensinya.
3. Benda uji ditimbang dan dicatat beratnya.
4. Dibuat garis-garis melintang sebagai tanda dan petunjuk titik perletakan dan titik pembebanan pada benda uji.
5. Benda uji yang sudah diberi tanda diletakkan di atas dua perletakan dan batang baja perletakan beban diletakkan di atas benda uji sesuai dengan tanda yang dibuat pada benda uji.
6. Pembebanan dan kecepatan pembebanan pada mesin uji diatur dahulu.
7. Kecepatan pembebanan dikurangi pada saat-saat menjelang patah, yang ditandai dengan kecepatan gerak jarum pada skala beban agak lambat.
8. Pembebanan dihentikan jika benda uji sudah patah dan beban maksimum yang menyebabkan patahnya benda uji dicatat (satuan beban dalam kg).

#### 4.8.3 Pengujian Kuat Geser Beton

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besar nilai kuat geser beton umur 28 hari. Benda uji berbentuk balok dengan panjang 25 cm, lebar 10 cm dan tinggi 10 cm. Jumlah benda uji untuk pengujian ini sebanyak 3 buah benda uji pada tiap variasi dari tujuh variasi pengurangan air.

Mesin uji pada pengujian kuat geser beton ini sama seperti pada pengujian kuat tarik beton, yaitu dengan menggunakan mesin uji desak. Tetapi untuk pemberian beban pada pengujian ini hampir sama seperti pengujian kuat lentur, yaitu pembebanan dengan 2 tumpuan dari sisi bawah dan atas dari balok uji. Untuk gambar benda uji dan metode pengujian kuat geser dapat dilihat pada **Gambar 3.9**. Untuk langkah-langkah pelaksanaan pengujian kuat geser beton adalah sebagai berikut:

1. Benda uji dikeluarkan dari tempat perendaman 24 jam sebelum pengujian.
2. Benda uji diukur dan dicatat dimensinya.
3. Benda uji ditimbang dan dicatat beratnya.



4. Dibuat garis-garis melintang sebagai tanda dan petunjuk titik perletakan pada alat bantu uji geser.
5. Benda uji kuat diletakkan pada alat bantu uji geser dan dimasukkan ke dalam alat uji desak.
6. Mesin uji tekan dijalankan dengan penambahan beban uji yang konstan.
7. Pembebanan dilakukan sampai benda uji patah dan beban maksimum dicatat dalam satuan kN.

#### **4.8.4 Pengujian Permeabilitas Beton**

Pengujian ini untuk mengetahui tingkat permeabilitas beton umur 28 hari yang ditunjukkan dengan kedalaman resapan dan kecepatan resapan dalam benda uji.. Pada pengujian ini digunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan jumlah benda uji untuk pengujian ini sebanyak satu buah benda uji pada tiap variasi. Langkah-langkah pelaksanaan pengujian permeabilitas beton adalah sebagai berikut:

1. Benda uji dikeluarkan dari tempat perendaman 24 jam sebelum pengujian
2. Benda uji diukur dan dicatat dimensinya.
3. Benda uji dimasukkan kedalam oven selama 24 jam (1 hari).
4. Setelah 24 jam, benda uji dikeluarkan dari oven dan didiamkan sampai benda uji dingin.
5. Benda uji direndam lagi di dalam air selama 1 jam.
6. Setelah 1 jam, benda uji diangkat dari tempat rendaman dan dilap.
7. Benda uji diletakkan ke dalam alat uji tekan dan dilakukan pembelahan benda uji seperti pada uji *split cylinder* (uji tarik-belah).
8. Mesin uji tekan dijalankan dengan penambahan beban uji yang konstan.
9. Setelah benda uji terbelah kemudian diukur dan dicatat kedalaman air yang meresap ke dalam benda uji pada keempat sisi dari benda uji, yaitu sisi atas, bawah dan 2 sisi samping (kiri dan kanan).

10. Dari tiap sisi diambil 2 titik kedalaman resapan terjauh dan dicatat dalam satuan cm atau mm sebagai penentuan perhitungan permeabilitas beton.



## **BAB V**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1 Umum**

Pada bab ini akan dibahas tentang hasil-hasil pengujian dan penelitian yang telah dilakukan dan kemudian dilakukan analisis datanya. Data-data hasil pengujian dan penelitian yang telah didapat dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik meliputi pemeriksaan bahan campuran beton, uji nilai slump beton segar dan pengujian beton keras (uji kuat tarik, kuat lentur, kuat geser dan permeabilitas beton). Untuk langkah-langkah dan data lengkap hasil pemeriksaan bahan campuran beton akan dijelaskan pada *Lampiran B*.

Data lengkap hasil pengujian nilai slump beton akan dijelaskan pada *Lampiran C*, yang mana pada *Lampiran C* ini akan dijelaskan juga hasil perhitungan desain campuran beton mutu rencana 25 dan 30 MPa, hasil perhitungan fas campuran dan juga data penambahan SP pada pelaksanaan pengadukan. Hasil uji slump dan perhitungan fas akan dibahas pada bab ini dan akan dilakukan analisis pengaruh dan hubungannya terhadap pengurangan kadar air campuran dan penambahan SP.

Data lengkap hasil-hasil pengujian beton keras akan dijelaskan pada *Lampiran D*. Dari data-data tersebut akan dianalisis pengaruh dan hubungan hasil pengujian beton keras yang meliputi hasil uji kuat tarik, kuat lentur, kuat geser dan permeabilitas beton terhadap pengurangan kadar air dan penambahan SP.

Disini juga akan dibahas tentang hubungan kuat tekan terhadap kuat tarik, lentur dan geser beton umur 28 hari dan mutu rencana 25 dan 30 MPa, yang mana pada sampel beton benda uji kuat tekan tersebut masih merupakan satu adukan dengan benda uji kuat tarik, lentur dan geser beton pada penelitian ini. Data hasil pengujian kuat tekan didapatkan dari hasil pengujian dan penelitian Firmansyah (25 MPa) dan M.Arief Amirudin (30 MPa). Data lengkap hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada *Lampiran D*.

## 5.2 Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan *Superplasticizer* terhadap Workabilitas

Beton dengan workabilitas yang baik mempunyai keuntungan dalam pengerjaan beton yang cepat dan mudah (Ramachandran, 1979). Workabilitas adalah tingkat kemudahan pengerjaan beton segar dan nilainya dapat dilihat dari nilai slump yang identik dengan tingkat keenceran beton segar. Semakin encer dan semakin tinggi nilai slump campuran, maka semakin mudah pengerjaannya.

Kekuatan beton tergantung pada nilai fasnya, semakin rendah nilai fas kekuatan beton semakin meningkat, begitu juga sebaliknya semakin tinggi nilai fas kekuatan semakin menurun. Pengurangan kandungan air pada campuran adalah salah satu cara agar fas menjadi rendah dengan tujuan meningkatkan kekuatan beton. Hal ini akan sangat mempengaruhi kinerja beton segar, karena semakin banyak pengurangan kandungan air, maka nilai slump campuran akan semakin rendah dan workabilitasnya akan menjadi semakin rendah juga. Nilai fas yang terlalu rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan dan pemadatan yang kurang sempurna, yang pada akhirnya dapat menjadikan mutu beton menurun.

Untuk dapat mengatasi kesulitan pengerjaan karena pengurangan air dan rendahnya nilai fas, maka dapat digunakan bahan tambah yang bersifat menambah keenceran campuran beton, bahan tambah tersebut adalah *superplasticizer* (SP). *Superplasticizer* mempunyai pengaruh dalam meningkatkan workabilitas beton sampai pada tingkat yang cukup besar (Murdock dan Brook, 1991). Tujuan utama penggunaan SP adalah untuk menghasilkan beton mengalir dengan nilai sangat tinggi antara 175-225 mm (Ramachandran dan Maholtra, 1984). Pada intinya SP dapat menjadikan beton semakin encer dan bersifat mengalir dan juga dapat sebagai bahan pengurang air untuk menghasilkan kekuatan beton yang tinggi.

Dalam penelitian ini beton dengan pengurangan air dan penambahan SP ditetapkan memiliki nilai slump 150-180 mm pada pelaksanaan pengadukan. Data hasil pengujian beton segar berupa pengujian besar nilai slump sebelum penambahan SP (slump awal) dan pengujian nilai slump setelah penambahan SP

(slump akhir) pada mutu rencana 25 dan 30 MPa yang dapat dilihat pada tabel-tabel berikut ini.

**Tabel 5.1** Nilai slump awal dan slump akhir beton 25 MPa

Sampel Uji	fas	Pengurangan Air (%)	Slump sebelum SP (mm)	Penambahan SP (%)	Slump setelah SP (mm)
BS25-0%	0,49	0	105	0,30	167,5
BS25-5%	0,47	5	138	0,45	167,5
BS25-10%	0,44	10	45	1,35	172,5
BS25-15%	0,42	15	0	1,50	172,5
BS25-20%	0,39	20	0	1,53	165
BS25-25%	0,37	25	0	1,95	171,5
BS25-30%	0,34	30	0	3,29	176

**Tabel 5.2** Nilai slump awal dan slump akhir beton 30 MPa

Sampel Uji	fas	Pengurangan Air (%)	Slump sebelum SP (mm)	Penambahan SP (%)	Slump setelah SP (mm)
BN30-0%	0,45	0	165	0,00	165
BS30-5%	0,43	5	135	0,41	173
BS30-10%	0,40	10	0	0,55	180
BS30-15%	0,38	15	0	1,26	180
BS30-20%	0,36	20	0	1,10	160
BS30-25%	0,34	25	0	1,37	177,5
BS30-30%	0,31	30	0	2,20	180

Pada penelitian ini dilakukan pengurangan air 0-30% secara gradual dengan interval 5% pada tiap variasi, hal ini akan mengakibatkan nilai fas tiap-tiap variasi berbeda. Dalam **Tabel 5.1** dan **5.2** di atas dapat dilihat bahwa nilai fas untuk beton 25 MPa antara 0,34 sampai 0,49; sedangkan fas untuk beton 30 MPa nilai fas-nya antara 0,31 sampai 0,45. Hal ini berhubungan dengan penelitian Talbot dan Richard (Ilsey, 1942), yang menyatakan bahwa pada rasio air semen 0,2 sampai 0,5; kekuatan beton akan naik, sedangkan Mulyono (2004) menyatakan bahwa umumnya nilai fas minimum diberikan nilai sekitar 0,4 dan

maksimum 0,65. Dengan berat semen yang tetap dan pengurangan air interval 5% pada setiap variasi sampelnya, nilai fas kedua mutu beton pada penelitian ini cenderung linier.

Dari kedua tabel di atas (*Tabel 5.1* dan *Tabel 5.2*) terlihat juga bahwa semua nilai slump akhir untuk seluruh variasi campuran beton dengan pengurangan air dan penambahan SP telah tercapai sesuai dengan nilai slump yang diinginkan, yaitu 150-180 mm dari nilai slump yang direncanakan antara 30-60 mm. Dapat dilihat pula bahwa semakin besar pengurangan air nilai slump awal semakin kecil, dan bahkan sebagian besar sampel ketika memasuki pengurangan air 10% nilai slumpnya 0 mm. Dari hasil ini berarti penambahan SP pada campuran beton pada penelitian ini telah berhasil memperbesar nilai slump dan workabilitas campuran.

Akibat penambahan SP terjadi peningkatan nilai slump yang cukup drastis pada sebagian besar sampel, yaitu pada BS25-10%, BS25-15%, BS25-20%, BS25-25%, BS25-30%, BS30-10%, BS30-15%, BS30-20%, BS30-25% dan BS30-30%. Sampel-sampel tersebut mempunyai nilai slump awal 0-45 mm dan meningkat nilai slumpnya hingga mencapai 160-180 mm. Peningkatan nilai slump yang terjadi sebesar 127,5-180 mm dari nilai slump awal dengan dosis penambahan SP antara 0,3-3,29 % dari berat semen. Hal ini dikarenakan campuran beton menjadi lebih lecek akibat pengaruh penambahan SP yang semakin besar dalam adukan. Dengan penambahan SP dalam campuran ini dapat meningkatkan nilai slump beton sampai 180% dari nilai slump awal yang belum ditambah SP, hasil ini juga akan berakibat pada meningkatnya tingkat workabilitas campuran menjadi sangat besar, sehingga akan mudah dalam penempatan dan pelaksanaan pembetonan. Peningkatan workabilitas yang besar juga terjadi pada penelitian ramachandran (1979), yang dengan menambahkan SP bisa mendapatkan nilai slump lebih besar dari 200 mm, yang mana nilai slump aslinya sebesar 50 mm dengan dosis penambahan antara 0,3-0,6% dari berat semen, begitu juga dengan penelitian Murdock dan Brook (1991) yang menambahkan SP ke dalam adukan beton akan memperoleh nilai slump antara 175-225 mm.

Pada variasi BN30-0% tidak dilakukan penambahan SP karena nilai slump 165 mm telah mencapai nilai slump yang diinginkan antara 150-180 mm. Dari data teknis Sikament-NN (2005) diberikan batasan penambahan SP antara 0,6-1,5% dari berat semen. Nawy (1990) memberikan batasan penambahan SP antara 1-2% dari berat semen, karena bila berlebihan kuat tekan beton akan turun. Pada kajian ini penambahan SP pada beton mutu 25 MPa adalah antara 0,3-3,29% dari berat semen, sedangkan pada beton 30 Mpa. antara 0,41-2,2% dari berat semen. Hasil ini tidak memenuhi batasan-batasan penambahan SP dari data teknis Sikament-NN (2005) dan Nawy (1990) di atas, akan tetapi menurut Ilham dkk. (2003), dari segi workabilitas, berapapun dosis SP yang digunakan selama *bleeding* dan segregasi tidak terjadi, slump dapat dibuat, tetapi masalah yang timbul adalah pada proses pengerasan awal dan kuat tekan beton. Berarti untuk meningkatkan workabilitas, berapapun besarnya dosis SP yang ditambahkan tidak berpengaruh asalkan tidak terjadi *bleeding* dan segregasi. *Superplasticizer* dapat membuat air lebih bergerak dan memperbaiki kelecakan beton karena SP bertindak memisahkan butir-butir semen yang menggumpal dalam campuran air rendah (Cong dkk., 1992).

### **5.3 Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan *Superplasticizer* terhadap Kuat Tarik, Lentur dan Geser**

Pengurangan kandungan air dalam campuran beton merupakan salah satu upaya untuk mendapatkan mutu beton yang tinggi. Semakin besar pengurangan air nilai fas akan semakin rendah dan kekuatan beton yang dihasilkan juga akan semakin besar, tetapi workabilitasnya akan semakin rendah. Beton dengan proporsi air yang sangat kecil juga akan menjadi sangat kering dan sangat sukar dipadatkan, karena sebagian besar air yang digunakan untuk proses kimiawi pembentukan pasta semen akan menjadi kering, dan ketika beton kering akan meninggalkan rongga-rongga. Dan juga bila beton tidak dipadatkan secara sempurna, sejumlah gelembung udara mungkin terperangkap, dan mengakibatkan rongga yang lebih banyak lagi, sehingga kekuatan beton akan menjadi rendah. Beton yang paling padat dan kuat diperoleh dengan menggunakan jumlah air yang

minimal konsisten dengan derajat workabilitas yang dibutuhkan untuk memberikan kepadatan maksimal (Murdock dan Brook, 1991).

Karena itu, agar workabilitas beton dapat terjaga dalam campuran beton segar ditambahkan bahan tambah SP. *Superplasticizer* dapat menghasilkan beton segar yang mengalir dan memungkinkan pengurangan air pada campuran untuk menghasilkan kekuatan beton yang tinggi. Pengurangan air sekitar 25% sampai 30% dapat dicapai dengan penambahan SP tanpa mengurangi karakteristik workabilitas beton segar (Ramachandran, 1979). *Superplasticizer* bertindak memisahkan butir-butir semen yang menggumpal dalam campuran air rendah. Ini berarti dapat melepaskan air untuk memperbaiki kelecakan, karena dapat membuat air bergerak lebih baik diantara butir-butir semen, serta menghasilkan derajat hidrasi lebih besar dan kekuatan yang tinggi (Cong dkk., 1992)

Kekuatan beton meliputi kuat tekan, tarik belah, lentur dan geser murni. Besar kecilnya mutu beton akan berpengaruh juga pada kuat tarik, lentur dan geser beton. Beton mempunyai keuntungan dengan kuat tekan yang sangat tinggi, akan tetapi beton bersifat getas (tidak daktil) dan kuat tariknya sangat rendah sehingga mudah retak (Tjokrodinuljo, 1992). Beton sangat kuat pada kuat tekannya, tetapi lemah pada sisi tariknya. Beton juga lemah pada sisi lentur dan gesernya.

### **5.3.1 Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan *Superplasticizer* terhadap Kuat Tarik**

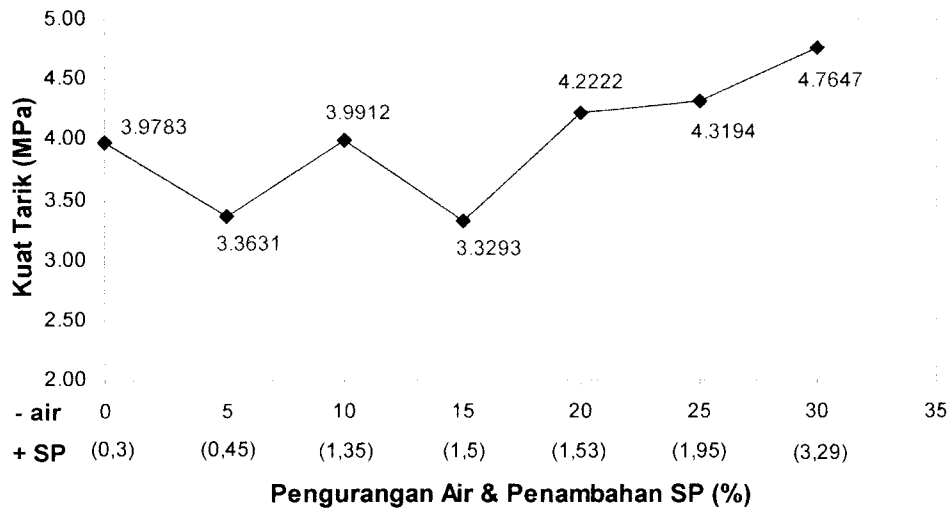
Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pengurangan kandungan air dan penambahan SP dalam campuran beton terhadap besarnya kuat tarik beton tersebut. Pengujian kuat tarik dilaksanakan setelah beton berumur 28 hari. Benda uji berbentuk silinder (diameter 150 mm dan tinggi 300 mm) dan pada tiap variasi terdapat 3 buah benda uji dalam 7 macam variasi pengurangan air. Data lengkap hasil pengujian kuat tarik beton 25 dan 30 MPa dapat dilihat di *Lampiran D* pada *Tabel D.1* dan *D.2*. Untuk hasil pengujian kuat tarik beton rata-rata umur 28 hari dan hubungannya dengan pengurangan air dan penambahan SP terdapat pada *Tabel 5.3* dan *5.4* di bawah ini.

**Tabel 5.3** Hubungan pengurangan air dan penambahan SP dengan kuat tarik beton mutu rencana 25 MPa

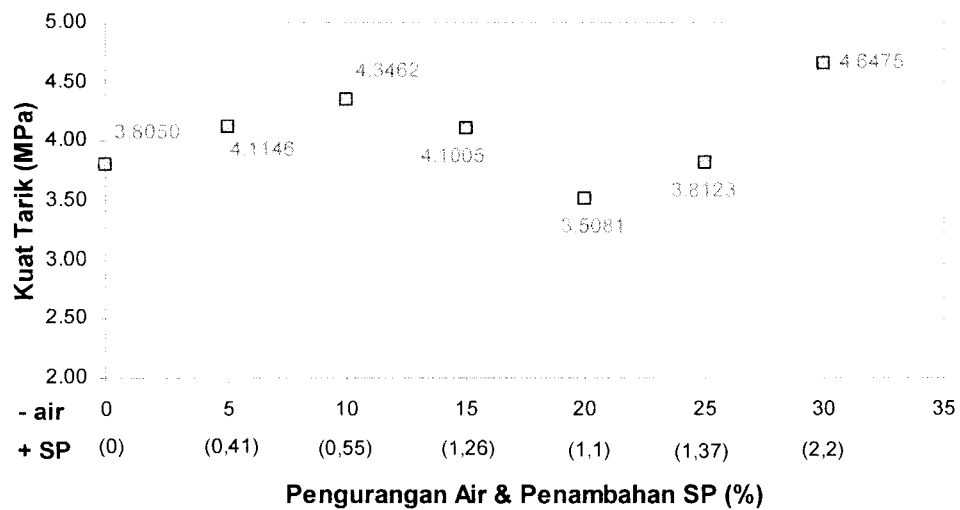
Sampel Uji	Variasi		fas	Kuat Tarik rata-rata (MPa)	Kenaikan Kuat Tarik (%)	Berat Volume rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
	Pengurangan Air (%)	Penambahan SP (%)				
BS25-0%	0	0,30	0,49	3,9783	0,0000	2,4989
BS25-5%	5	0,45	0,47	3,3631	-15,4632	2,4838
BS25-10%	10	1,35	0,44	3,9912	0,3261	2,4687
BS25-15%	15	1,50	0,42	3,3293	-16,3137	2,4709
BS25-20%	20	1,53	0,39	4,2222	6,1325	2,4813
BS25-25%	25	1,95	0,37	4,3194	8,5755	2,5837
BS25-30%	30	3,29	0,34	4,7647	19,7693	2,5798

**Tabel 5.4** Hubungan pengurangan air dan penambahan SP dengan kuat tarik beton mutu rencana 30 MPa

Sampel Uji	Variasi		fas	Kuat Tarik rata-rata (MPa)	Kenaikan Kuat Tarik (%)	Berat Volume rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
	Pengurangan Air (%)	Penambahan SP (%)				
BN30-0%	0	0,00	0,45	3,8050	0,0000	2,4572
BS30-5%	5	0,41	0,43	4,1146	8,1343	2,4587
BS30-10%	10	0,55	0,40	4,3462	14,2216	2,4948
BS30-15%	15	1,26	0,38	4,1005	7,7646	2,4912
BS30-20%	20	1,10	0,36	3,5081	-7,8051	2,4549
BS30-25%	25	1,37	0,34	3,8123	0,1895	2,4377
BS30-30%	30	2,20	0,31	4,6475	22,1416	2,4840



**Gambar 5.1** Pengaruh pengurangan air dan penambahan SP terhadap kuat tarik beton mutu rencana 25 MPa



**Gambar 5.2** Pengaruh pengurangan air dan penambahan SP terhadap kuat tarik beton mutu rencana 30 MPa

Dari *Gambar 5.1* dan *5.2* di atas memperlihatkan bahwa sebagian besar sampel mengalami peningkatan kuat tarik mengikuti bertambahnya pengurangan kandungan air dan penambahan SP pada campuran beton, tetapi ada juga beberapa



sampel yang mengalami penurunan kuat tarik. Dari *Gambar 5.1* terlihat bahwa terjadi penurunan kuat tarik pada beton mutu rencana 25 MPa pada sampel dengan pengurangan air 5 dan 15%, sedangkan dari *Gambar 5.2* terlihat juga terjadi penurunan kuat tarik pada beton mutu rencana 30 MPa pada sampel dengan pengurangan air 15, 20 dan 25%. Terjadinya peningkatan dan penurunan kuat tarik ini akan dibahas dan dihubungkan dengan beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan beton tersebut.

Pada dua grafik di atas kuat tarik maksimum terjadi pada variasi sampel pengurangan air 30%. Pada mutu rencana 25 MPa maksimum di BS25-30% dengan kuat tarik sebesar 4,7647 MPa dan penambahan SP sebesar 3,29% dari berat semen. Pada mutu rencana 30 MPa maksimum di BS30-30% dengan kuat tarik sebesar 4,6475 MPa dan penambahan SP 2,2% dari berat semen. Pengurangan kandungan air 30% pada kedua mutu rencana ini menghasilkan kuat tarik yang maksimum karena workabilitas yang besar dari penambahan SP pada sampel ini membuat air bergerak lebih baik diantara butir-butir semen dan membuat jarak butir-butir halus menjadi lebih rapat, sehingga dapat menutup pori-pori dan rongga-rongga udara akibat pengurangan air yang besar, yang pada akhirnya dapat membentuk beton yang padat dan kuat. Penambahan SP dalam campuran dapat memisahkan butir-butir semen yang menggumpal akibat dari pengurangan kandungan air campuran tersebut. Hal ini juga terjadi pada penelitian Syafruddin dan Hastoro (2005) yang menghasilkan kuat tekan maksimum pada variasi pengurangan air 30% dari kebutuhan total air pada campuran pada mutu rencana 30 dan 40 MPa. Demikian juga dengan pendapat Ramachandran (1979), bahwa pengurangan air sekitar 25-30% dapat dicapai dengan penggunaan SP.

Pada penelitian ini dosis penambahan SP pada kuat tarik maksimum adalah sebesar 3,29% dari berat semen pada BS25-30% dan 2,2% dari berat semen pada BS30-30%. Penambahan SP pada penelitian ini tidak sesuai dengan data teknis penggunaan Sikament-NN yang membatasi penambahan SP antara 0,6-1,5% dari berat semen, dan juga dari pendapat Nawy (1990) yang membatasi penambahan SP adalah antara 1-2% dari berat semen, karena bila penambahan SP

berlebihan dapat menimbulkan berkurangnya kuat tekan. Dosis SP yang besar ini dikarenakan pengurangan air campuran yang sudah terlampau besar dan mengakibatkan campuran sulit untuk mengejar nilai slump rencana, sehingga penambahan SP terus dilakukan sampai tercapai nilai slump rencana. Tercapainya kuat tarik yang paling besar pada dua variasi mutu beton rencana tersebut adalah karena adanya pengurangan air yang paling besar dapat diimbangi oleh workabilitas yang besar juga akibat penambahan SP. Penambahan SP pada beton dapat membuat campuran menjadi lebih mengalir pada kandungan air yang rendah, akibatnya campuran menjadi lebih encer dan lecah, sehingga terjadinya pori-pori udara akibat pengurangan air yang besar dapat dicegah. Campuran yang lecah membuat butir-butir halus menjadi semakin rapat dan padat, dan juga memudahkan pelaksanaan dan pemadatan beton, sehingga didapatkan beton yang padat dan kuat tariknya tinggi.

Penurunan kekuatan tarik pada beton variasi pengurangan air 5 dan 15% (BS25-5% dan BS25-15%) dari **Gambar 5.1** terjadi karena diperkirakan adanya kandungan pori-pori udara yang lebih besar dibandingkan dengan kandungan pori-pori udara pada variasi pengurangan air 0 dan 20% (BS25-0% dan BS25-20%). Hal ini dapat dilihat dari **Tabel 5.3** di atas dimana tampak bahwa pada berat volume BS25-5% dan BS25-15% lebih kecil daripada berat volume BS25-0% dan BS25-20%. Berat volume yang lebih kecil pada dimensi sampel yang hampir sama berarti kandungan pori-pori udara dalam beton tersebut lebih besar dan kepadatan beton semakin rendah yang pada akhirnya mengakibatkan kuat tariknya menjadi rendah juga.

Penurunan kuat tarik juga tampak dari **Gambar 5.2**, yaitu pada sampel BS30-15%, BS30-20%, dan BS30-25%. Penurunan pada variasi ini terjadi karena beton pada variasi tersebut kepadatannya lebih kecil daripada beton variasi sebelumnya yang diperkirakan akibat dari kandungan pori-pori udara yang lebih besar. Hal ini ditunjukkan dari berat volume beton pada variasi ini lebih kecil daripada berat volume beton variasi sebelumnya yang dapat dilihat dari **Tabel 5.4**. Penurunan kuat tarik pada ketiga variasi ini juga dikarenakan penambahan jumlah SP dalam campuran selisihnya rendah dan bahkan mengalami penurunan

penambahan jumlah SP pada variasi pengurangan air 20% (BS30-20%) yang juga merupakan kuat tarik paling rendah. Dapat dilihat juga dari *Tabel 5.2* bahwa pada BS30-20% nilai slumpnya paling rendah meskipun slump telah mencapai slump yang diinginkan (150-180 mm). Nilai slump pada sampel ini adalah 160 mm dan hal ini mengakibatkan pemadatan yang kurang sempurna dan mengakibatkan beton menjadi lebih keropos dari beton variasi sebelumnya sehingga kuat tarik mengalami penurunan.

### **5.3.2 Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan *Superplasticizer* terhadap Kuat Lentur**

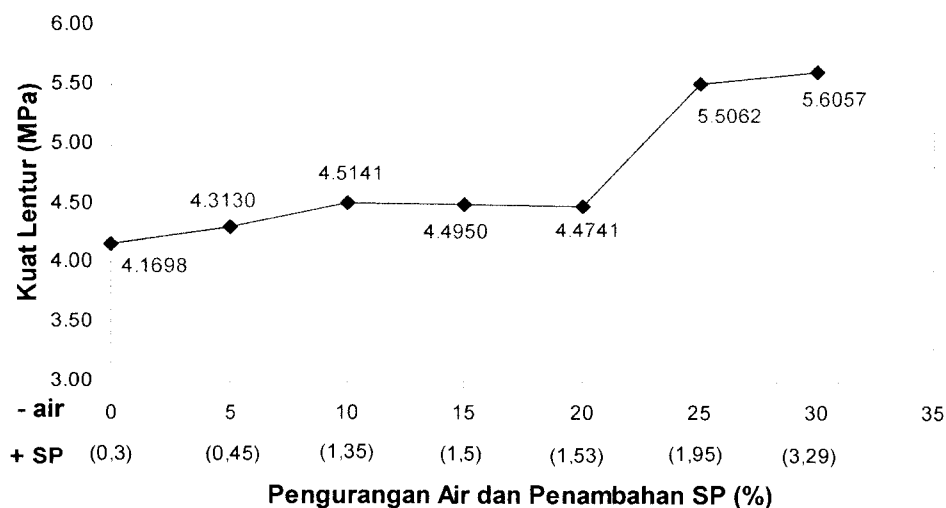
Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pengurangan kandungan air dan penambahan SP dalam campuran beton terhadap besarnya kuat lentur beton. Pengujian kuat lentur dilaksanakan setelah beton berumur 28 hari. Untuk metode pengujian dan perhitungan kuat lentur telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Benda uji berbentuk balok (ukuran 50x10x10 cm) dan pada tiap variasi terdapat 3 buah benda uji dalam 7 macam variasi pengurangan air. Data lengkap hasil pengujian kuat lentur beton 25 dan 30 MPa dapat dilihat di *Lampiran D* pada *Tabel D.3* dan *D.4*. Hasil pengujian kuat lentur beton rata-rata untuk umur 28 hari dan hubungannya dengan pengurangan air dan penambahan SP dapat dilihat pada *Tabel 5.5* dan *5.6* di bawah ini.

**Tabel 5.5** Hubungan pengurangan air dan penambahan SP dengan kuat lentur beton mutu rencana 25 MPa

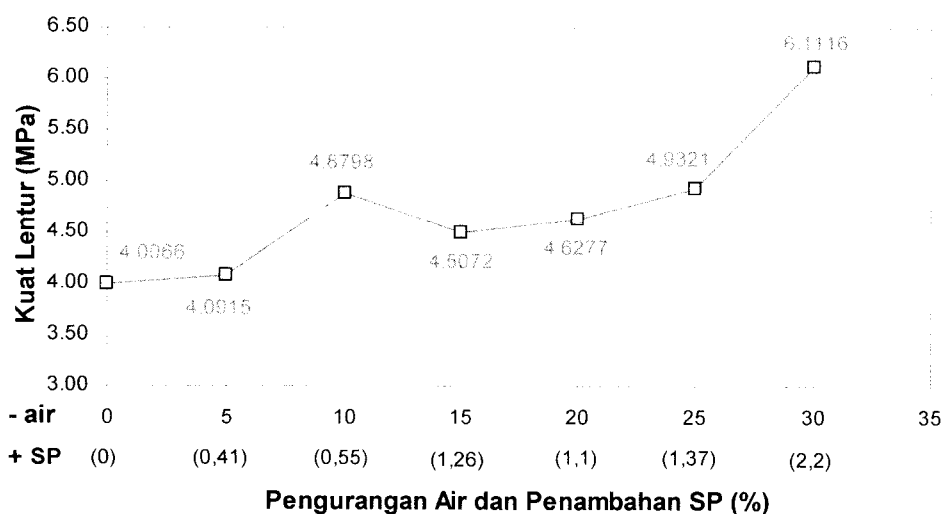
Sampel Uji	Variasi		fas	Kuat Lentur rata-rata (MPa)	Kenaikan Kuat Lentur (%)	Berat Volume rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
	Pengurangan Air (%)	Penambahan SP (%)				
BS25-0%	0	0,30	0,49	4,1698	0,0000	2,3188
BS25-5%	5	0,45	0,47	4,3130	3,4351	2,3345
BS25-10%	10	1,35	0,44	4,5141	8,2579	2,4793
BS25-15%	15	1,50	0,42	4,4950	7,7991	2,3454
BS25-20%	20	1,53	0,39	4,4741	7,2985	2,4465
BS25-25%	25	1,95	0,37	5,5062	32,0500	2,5038
BS25-30%	30	3,29	0,34	5,6057	34,4358	2,4217

**Tabel 5.6** Hubungan pengurangan air dan penambahan SP dengan kuat lentur beton mutu rencana 30 MPa

Sampel Uji	Variasi		fas	Kuat Lentur rata-rata (MPa)	Kenaikan Kuat Lentur (%)	Berat Volume rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
	Pengurangan Air (%)	Penambahan SP (%)				
BN30-0%	0	0,00	0,45	4,0066	0,0000	2,2903
BS30-5%	5	0,41	0,43	4,0915	2,1203	2,3756
BS30-10%	10	0,55	0,40	4,8798	21,7949	2,4536
BS30-15%	15	1,26	0,38	4,5072	12,4942	2,4599
BS30-20%	20	1,10	0,36	4,6277	15,5028	2,5019
BS30-25%	25	1,37	0,34	4,9321	23,1001	2,4197
BS30-30%	30	2,20	0,31	6,1116	52,5393	2,5032



**Gambar 5.3** Pengaruh pengurangan air dan penambahan SP terhadap kuat lentur beton mutu rencana 25 MPa



**Gambar 5.4** Pengaruh pengurangan air dan penambahan SP terhadap kuat lentur beton mutu rencana 30 MPa

Dari *Gambar 5.3* dan *5.4* di atas memperlihatkan bahwa sebagian besar sampel mengalami peningkatan kuat lentur seiring bertambahnya pengurangan kandungan air dan penambahan SP pada campuran beton, tetapi ada juga beberapa sampel yang mengalami penurunan kuat lentur. Pada beton mutu rencana 25 MPa

(*Gambar 5.3*) terjadi sedikit penurunan kuat lentur pada sampel dengan pengurangan air 15 dan 20%, sedangkan pada beton mutu rencana 30 MPa (*Gambar 5.4*) terjadi penurunan kuat lentur pada sampel dengan pengurangan air 15 dan 20%. Terjadinya peningkatan dan penurunan kuat lentur ini akan dibahas dan dihubungkan dengan beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan beton tersebut.

Pada *Gambar 5.3* terlihat bahwa pada pengurangan air 30% dan penambahan SP 3,29% dari berat semen (BS25-30%) dicapai kuat lentur maksimum sebesar 5,6057 MPa. Pada *Gambar 5.4* juga dicapai kuat lentur maksimum pada pengurangan air 30% (BS30-30%), penambahan SP sebesar 2,2% dari berat semen dan dengan kuat lentur sebesar 6,1116 MPa. Terjadinya kuat lentur maksimum pada pengurangan air 30% pada kedua mutu beton rencana di atas dikarenakan pengurangan air yang terbesar dapat diimbangi oleh workabilitas yang tinggi akibat penambahan SP. Penambahan SP dalam campuran dapat memisahkan butir-butir semen yang menggumpal akibat pengurangan air campuran, dapat menghasilkan hidrasi semen yang lebih besar dan juga dapat membuat jarak butir-butir halus menjadi lebih rapat, sehingga campuran dapat membentuk beton yang padat dan akhirnya kekuatan beton menjadi tinggi.

Dari *Gambar 5.3* tampak bahwa pada mutu rencana 25 MPa terjadi sedikit penurunan kuat lentur pada pengurangan air 15 dan 20%. Penurunan kuat lentur ini terjadi karena beton pada variasi tersebut kepadatannya lebih kecil daripada beton variasi sebelumnya yang diperkirakan akibat dari kandungan pori-pori udara lebih besar dari variasi sebelumnya. Hal ini ditunjukkan dari berat volume beton pada variasi ini lebih kecil daripada berat volume beton variasi sebelumnya yang dapat dilihat dari *Tabel 5.5*.

Pada mutu rencana 30 MPa (*Gambar 5.4*) juga terjadi penurunan kuat lentur yang terjadi pada variasi pengurangan air 15 dan 20%. Pada kedua variasi ini kuat lentur menurun dikarenakan jumlah SP dalam campuran selisihnya rendah dan bahkan mengalami penurunan penambahan jumlah SP pada variasi pengurangan air 20%. Berkurangnya kandungan SP dalam campuran mengakibatkan nilai slump menjadi lebih rendah meskipun slump telah mencapai

slump yang diinginkan (150-180 mm). Hal ini mengakibatkan pemadatan yang kurang sempurna dan mengakibatkan beton menjadi lebih keropos dari beton variasi sebelumnya sehingga kuat lentur mengalami penurunan.

Dosis penambahan SP pada kuat lentur maksimum adalah sebesar 3,29% dari berat semen pada BS25-30% dan 2,2% dari berat semen pada BS30-30%. Penambahan SP pada penelitian ini tidak sesuai dengan batasan penambahan SP menurut data teknis penggunaan Sikament-NN yang membatasi penambahan SP antara 0,6-1,5% dari berat semen, dan juga dari pendapat Nawy (1990) yang membatasi penambahan SP antara 1-2% dari berat semen. Dosis SP yang besar ini dikarenakan pengurangan air 30% pada campuran sudah terlampau besar dan mengakibatkan campuran sulit untuk mencapai slump yang diinginkan, sehingga penambahan SP terus dilakukan. Tercapainya kuat lentur yang maksimum pada variasi ini karena pengurangan air yang besar 30% dari komposisi air total dapat diimbangi oleh workabilitas yang besar dari penambahan SP. Campuran menjadi lebih encer dan mengalir sehingga pori-pori atau rongga-rongga udara akibat pengurangan air yang besar dapat ditutupi dan beton menjadi lebih padat dan kuat.

### **5.3.3 Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan *Superplasticizer* terhadap Kuat Geser**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pengurangan kandungan air dan penambahan SP dalam campuran beton terhadap besarnya kuat geser beton. Pengujian kuat geser juga dilaksanakan setelah beton berumur 28 hari. Untuk kuat geser murni belum terdapat standar pengujian yang baku baik di Indonesia maupun pada skala Internasional. Dalam penelitian ini diusulkan metode pengujian geser langsung berikut bentuk benda ujinya yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

Benda uji kuat geser ini berbentuk balok (ukuran 25x10x10 cm) dan pada tiap variasi terdapat 3 buah benda uji dalam 7 macam variasi pengurangan air. Data lengkap hasil pengujian kuat geser beton mutu rencana 25 dan 30 MPa dapat dilihat di *Lampiran D* pada *Tabel D.5* dan *D.6*. Hasil pengujian kuat geser beton

rata-rata untuk umur 28 hari dan hubungannya dengan pengurangan air dan penambahan SP dapat dilihat pada *Tabel 5.7* dan *5.8* di bawah ini.

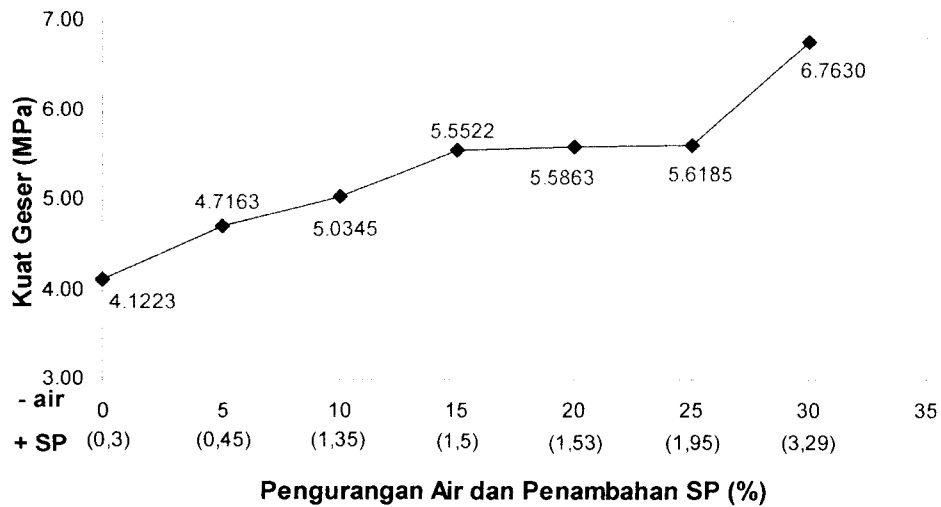
**Tabel 5.7** Hubungan pengurangan air dan penambahan SP dengan kuat geser beton mutu rencana 25 MPa

Sampel Uji	Variasi		fas	Kuat geser rata-rata (MPa)	Kenaikan Kuat Geser (%)	Berat Volume rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
	Pengurangan Air (%)	Penambahan SP (%)				
BS25-0%	0	0,30	0,49	4,1223	0,0000	2,3967
BS25-5%	5	0,45	0,47	4,7163	14,4090	2,4836
BS25-10%	10	1,35	0,44	5,0345	22,1273	2,4786
BS25-15%	15	1,50	0,42	5,5522	34,6871	2,4624
BS25-20%	20	1,53	0,39	5,5863	35,5132	2,4560
BS25-25%	25	1,95	0,37	5,6185	36,2949	2,5363
BS25-30%	30	3,29	0,34	6,7630	64,0590	2,5255

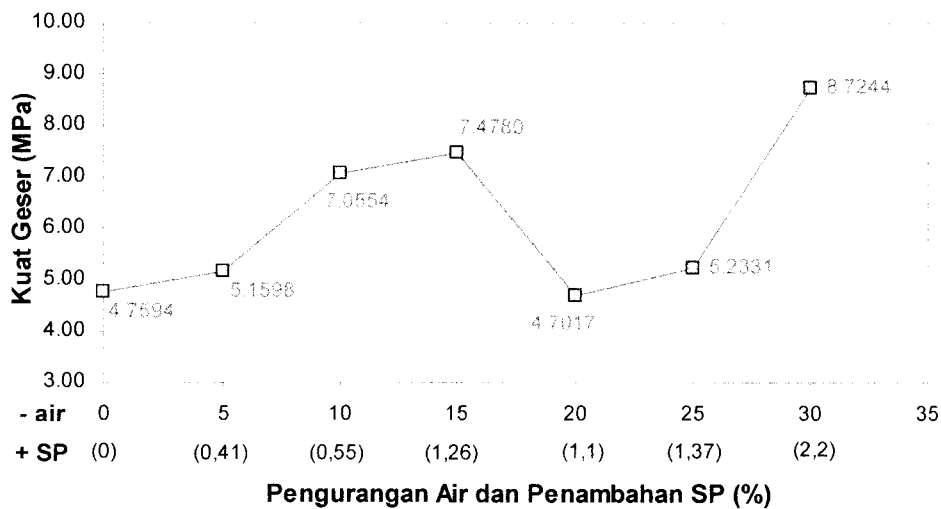
**Tabel 5.8** Hubungan pengurangan air dan penambahan SP dengan kuat geser beton mutu rencana 30 MPa

Sampel Uji	Variasi		fas	Kuat geser rata-rata (MPa)	Kenaikan Kuat Geser (%)	Berat Volume rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
	Pengurangan Air (%)	Penambahan SP (%)				
BN30-0%	0	0,00	0,45	4,7594	0,0000	2,3358
BS30-5%	5	0,41	0,43	5,1598	8,4148	2,5306
BS30-10%	10	0,55	0,40	7,0554	48,2434	2,5146
BS30-15%	15	1,26	0,38	7,4780	57,1228	2,4834
BS30-20%	20	1,10	0,36	4,7017	-1,2121	2,5873
BS30-25%	25	1,37	0,34	5,2331	9,9539	2,4667
BS30-30%	30	2,20	0,31	8,7244	83,3097	2,5581





**Gambar 5.5** Pengaruh pengurangan air dan penambahan SP terhadap kuat geser beton mutu rencana 25 MPa



**Gambar 5.6** Pengaruh pengurangan air dan penambahan SP terhadap kuat geser beton mutu rencana 30 MPa

Dari *Gambar 5.5* dan *5.6* di atas memperlihatkan bahwa sebagian besar sampel mengalami peningkatan kuat geser seiring bertambahnya pengurangan kandungan air dan penambahan SP pada campuran beton, tetapi ada juga beberapa sampel yang mengalami penurunan kuat geser. Pada beton mutu rencana 25 MPa

(*Gambar 5.5*) tidak terjadi penurunan kuat geser, sedangkan pada beton mutu rencana 30 MPa (*Gambar 5.6*) terjadi penurunan kuat geser pada sampel dengan pengurangan air 20 dan 25%. Terjadinya peningkatan dan penurunan kuat geser ini akan dibahas dan dihubungkan dengan beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan beton tersebut.

Pada *Gambar 5.5* memperlihatkan bahwa semakin besar pengurangan kandungan air dan penambahan SP akan semakin menambah kuat geser pada beton. Kuat geser maksimum dicapai pada sampel BS25-30% dengan kuat geser sebesar 6,7630 MPa yang terjadi pada pengurangan air 30% dan pada penambahan SP 3,29% dari berat semen. Pada hubungan ini tampak bahwa tidak terjadi penurunan kuat geser, semua sampel mengalami kenaikan kuat geser dibandingkan sampel pengurangan air sebelumnya. Hal ini dikarenakan pori-pori udara akibat dari pengurangan air yang semakin besar berhasil ditutupi oleh workabilitas yang besar dari penambahan SP. Penambahan SP dapat memisahkan butir-butir semen yang menggumpal dalam campuran air rendah, sehingga semakin besar pengurangan air dan penambahan SP pada variasi ini membuat beton semakin padat dan kuat.

Dari *Gambar 5.6* dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan kuat geser beton beturut-turut mulai dari pengurangan air 0, 5, 10, dan 15%, dan kemudian maksimum pada sampel dengan pengurangan air 30% (BS30-30%) dengan kuat geser 8,7244 MPa dan dengan penambahan SP sebesar 2,2% dari berat semen. Dari *Gambar 5.6* ditunjukkan juga bahwa pada beton mutu rencana 30 MPa terjadi penurunan kuat geser pada sampel dengan pengurangan air 20 dan 25% (BS30-20% dan BS30-25%). Penurunan kuat geser terjadi karena pada variasi pengurangan air 20% penambahan jumlah SP dalam campuran lebih rendah dari pada variasi sebelumnya walaupun nilai slump yang diinginkan telah tercapai, sehingga berpengaruh pada pemadatan campuran yang kurang sempurna dan akhirnya kuat geser menjadi lebih rendah. Pada pengurangan air 25% terjadi penurunan juga karena selisih penambahan SP masih dekat dengan jumlah SP variasi pengurangan air 20%.

Sama dengan kuat tarik dan lenturnya, dosis penambahan SP pada kuat geser maksimum terjadi pada dosis 3,29% dari berat semen (BS25-30%) dan pada 2,2% dari berat semen (BS30-30%). Penambahan SP pada penelitian ini tidak sesuai dengan batasan penambahan SP menurut data teknis penggunaan Sikament-NN yang membatasi penambahan SP antara 0,6-1,5% dari berat semen, dan juga dari pendapat Nawy (1990) yang membatasi penambahan SP pada campuran beton adalah 1-2% dari berat semen. Dosis SP yang besar ini dikarenakan pengurangan air 30% pada campuran sudah terlampaui besar dan mengakibatkan campuran sulit untuk mencapai nilai slump rencana, sehingga penambahan SP terus dilakukan sampai tercapai nilai slump rencana. Akan tetapi pada variasi ini dapat mencapai kuat geser yang maksimum dikarenakan pengurangan air yang besar dapat diimbangi oleh workabilitas yang besar dari penambahan SP, sehingga campuran menjadi lebih lecah, dapat membuat jarak butir-butir halus lebih rapat, pori-pori udara tertutupi dan akhirnya membentuk beton yang padat dan kuat.

#### **5.4 Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan *Superplasticizer* terhadap Permeabilitas Beton**

Salah satu faktor yang mempengaruhi durabilitas beton adalah permeabilitas beton, yaitu kemudahan beton untuk dapat dilalui air. Jika beton mampu dilewati air, maka beton tersebut permeabel. Jika sebaliknya, maka beton dikatakan impermeabel. Maka sifat permeabilitas yang penting pada beton adalah permeabilitas terhadap air (Sugiharto H. dkk., 2004). Salah satu kelemahan beton adalah beton sulit untuk kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusakkan beton (Tjokrodinuljo, 1992).

Kinerja beton dapat diperbaiki dari segi kekuatan dan keawetan terutama sifat-sifat impermeabilitasnya yang dapat ditingkatkan dengan penggunaan fas yang lebih rendah dan dengan bahan-bahan tambah pozolan seperti abu terbang dan *silica fume* (Rajasekaran dan Almaraj, 2001). Beton mutu tinggi dapat dihasilkan dengan menggunakan fas yang rendah. Jumlah air rendah pada beton

menyebabkan jarak butir-butir halus lebih rapat, maka akan menghasilkan beton yang rapat. Dengan kata lain akan menghasilkan beton kuat tekan tinggi sekaligus permeabilitasnya rendah, sehingga beton keras akan memiliki durabilitas yang lebih tinggi (Ilham, 2005). Nilai fas yang terlalu rendah akan menyebabkan mutu beton menjadi turun, karena akan menyebabkan kesulitan pada pemadatan. Hal ini akan berpengaruh juga terhadap permeabilitas beton. Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap sifat kedap air beton adalah perbandingan air-semen yang rendah, karena hal ini yang mengakibatkan beton berkecenderungan berisi rongga akibat adanya gelembung-gelembung udara yang terbentuk selama atau sesudah pencetakan (Murdock dan Brook, 1991).

*Superplasticizer* dapat memungkinkan pengurangan kandungan air pada campuran beton dan dapat menghasilkan beton yang mengalir, sehingga workabilitas beton akan menjadi tinggi. Hal ini dapat menjadikan beton dengan fas yang rendah menjadi lebih lecah, sehingga beton dengan fas rendah menjadi lebih mudah untuk dikerjakan dan dipadatkan, lebih banyak menutup pori-pori udara dan akhirnya menjadi lebih padat, kuat dan kedap air.

Permeabilitas beton dilakukan dengan cara merendam benda uji sampai dengan umur 28 hari. Benda uji berbentuk silinder (diameter 150 mm dan tinggi 300 mm) dan pada tiap variasi terdapat 1 buah benda uji dalam 7 macam variasi pengurangan air. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pengurangan kandungan air dan penambahan SP dalam campuran beton terhadap besarnya permeabilitas beton tersebut. Data lengkap hasil pengujian permeabilitas ini dapat dilihat pada *Lampiran D* pada *Tabel D.7* dan *D.8*, dan berikut ini adalah tabel hubungan antara permeabilitas air dengan pengurangan air dan penambahan SP pada mutu beton 25 dan 30 MPa.

**Tabel 5.9** Hubungan pengurangan air dan penambahan SP dengan permeabilitas beton mutu rencana 25 dan 30 MPa

Mutu Rencana (MPa)	Sampel Uji	Variasi		Waktu Perendaman (menit)	Kedalaman Resapan Air rata-rata (mm)	Kecepatan Resapan Air rata-rata (mm/dtk)
		Pengurangan Air (%)	Penambahan SP (%)			
25	BS25-0%	0	0,30	60	22,8750	0,0064
	BS25-5%	5	0,45	60	11,8625	0,0033
	BS25-10%	10	1,35	60	10,5375	0,0029
	BS25-15%	15	1,50	60	16,0000	0,0044
	BS25-20%	20	1,53	60	18,7500	0,0052
	BS25-25%	25	1,95	60	18,5000	0,0051
	BS25-30%	30	3,29	60	15,6250	0,0043
30	BN30-0%	0	0,00	60	23,7500	0,0066
	BS30-5%	5	0,41	60	14,0000	0,0039
	BS30-10%	10	0,55	60	11,8750	0,0033
	BS30-15%	15	1,26	60	10,3750	0,0029
	BS30-20%	20	1,10	60	13,7500	0,0038
	BS30-25%	25	1,37	60	13,0000	0,0036
	BS30-30%	30	2,20	60	10,6250	0,0030

Dari **Tabel 5.9** di atas dapat kita lihat bahwa besarnya pengurangan air dan penambahan SP dapat berpengaruh terhadap permeabilitas beton yang ditunjukkan dalam besarnya kecepatan resapan air ke dalam beton. Dari tabel tersebut terlihat bahwa sebagian besar sampel mengalami penurunan nilai permeabilitasnya seiring dengan semakin besar pengurangan air dan penambahan SP pada campuran. Akan tetapi ada beberapa sampel yang juga mengalami peningkatan permeabilitasnya meskipun pengurangan air dan penambahan SP semakin besar.

Pada mutu rencana 25 MPa terlihat bahwa pada pengurangan air 0% dan penambahan SP 0,3% dari berat semen kecepatan resapan air merupakan yang paling besar, yaitu sebesar 0,0064 mm/detik. Untuk beton mutu rencana 30 MPa didapatkan bahwa pada pengurangan air 0% tanpa penambahan SP dicapai kecepatan resapan yang paling besar, yaitu sebesar 0,0066 mm/detik. Jika dibandingkan dengan sampel yang lain yang sudah dikurangi kandungan airnya, dua sampel ini merupakan yang paling besar meresapkan air ke dalam beton. Dari

hasil ini menunjukkan bahwa beton tanpa pengurangan air ini menjadi yang paling permeabel dan juga meresapkan air yang paling besar dan cepat dibandingkan sampel lain yang sudah dikurangi kandungan airnya. Jumlah air yang paling besar pada campuran ini menyebabkan butir-butir halus menjadi kurang rapat dan menimbulkan pori-pori udara yang banyak, dan akhirnya beton menjadi paling keropos. Hal ini sesuai dengan pendapat Ilham (2005) yang menyatakan bahwa jumlah air yang rendah pada beton dapat menghasilkan beton dengan kuat tekan tinggi dan permeabilitasnya rendah, sedangkan pada sampel ini jumlah airnya paling besar, sehingga permeabilitasnya paling besar juga.

Pada mutu rencana 25 MPa kecepatan resapan yang paling rendah terdapat pada sampel dengan pengurangan air 10% (BS25-10%) dan penambahan SP 1,35% dari berat semen, yaitu sebesar 0,0029 mm/detik. Kecepatan resapan meningkat lagi pada variasi pengurangan air 15 dan 20% dan kemudian menurun lagi dan mendekati kecepatan resapan minimal pada pengurangan air 25 dan 30%. Hal yang sama juga terjadi pada hubungan kuat tarik, lentur dan geser terhadap pengurangan air dan penambahan SP, yang mana pada variasi pengurangan air 15 dan 20% kekuatan beton menurun dan meningkat lagi pada variasi pengurangan air 25 dan 30%. Hal ini dikarenakan pada variasi pengurangan air 15 dan 20% pada mutu rencana 25 MPa berat volume betonnya lebih kecil daripada berat volume beton variasi yang lainnya yang diperkirakan akibat dari kandungan pori-pori udara yang lebih besar pada beton daripada variasi yang lainnya, sehingga menghasilkan beton yang kurang padat, kekuatannya rendah dan permeabilitasnya besar.

Untuk beton mutu rencana 30 MPa kecepatan resapan yang terkecil dicapai pada variasi pengurangan air 15% (BS30-15%) dan penambahan SP sebesar 1,26 % dari berat semen dengan kecepatan resapan sebesar 0,0029 mm/detik. Pada sampel ini kecepatan resapan juga meningkat lagi pada variasi pengurangan air 20% dan kemudian menurun lagi dan mendekati kecepatan resapan minimal pada pengurangan air 25 dan 30%. Hal yang sama juga terjadi pada hubungan kuat tarik, lentur dan geser terhadap pengurangan air dan penambahan SP, yang mana pada variasi pengurangan air 20% kekuatan beton

menurun dan meningkat lagi pada variasi pengurangan air 25 dan 30%. Hal ini dikarenakan pada variasi pengurangan air 20% pada mutu rencana 30 MPa terjadi penurunan kandungan jumlah SP yang mengakibatkan kelecakan beton juga lebih rendah sehingga pemadatan kurang sempurna dan menghasilkan beton yang lebih porous, lebih rendah kekuatannya dan lebih besar permeabilitasnya.

## **5.5 Hubungan antara Kuat Tekan dengan Kuat Tarik, Lentur, dan Geser**

Pada bagian ini akan dibahas tentang analisis hubungan antara kuat tarik, lentur, dan geser beton terhadap kuat tekan beton pada umur 28 hari. Analisis hubungan ini bertujuan untuk mendapatkan persentase besarnya nilai kuat tarik, lentur dan geser terhadap kuat tekan beton mutu 25 dan 30 MPa. Besarnya nilai-nilai persentase tersebut dapat digunakan sebagai sarana pembandingan atau dapat juga sebagai acuan untuk penentuan besarnya kuat tarik, geser dan lentur dengan adanya kuat tekan.

Data kuat tekan rencana 25 MPa diambil dari data hasil penelitian Firmansyah, sedangkan data kuat tekan rencana 30 MPa diambil dari data hasil penelitian M.Arief Amirudin. Hal ini dikarenakan sampel uji kuat tekan 25 dan 30 MPa tersebut masih merupakan satu adukan dengan sampel uji penelitian ini, jadi data hasil kuat tekan tersebut dapat dijadikan acuan untuk analisis ini. Data lengkap hasil pengujian kuat tekan 25 dan 30 MPa dapat dilihat di *Lampiran D* pada *Tabel D.9 dan D.10*.

### **5.5.1 Hubungan antara Kuat Tekan dengan Kuat Tarik**

Beton mempunyai keuntungan dengan kuat tekannya yang tinggi, tetapi lemah pada kuat tariknya. Setiap peningkatan kuat tekan beton hanya memberikan sedikit peningkatan kuat tariknya. Nilai kuat tarik bahan beton normal berkisar 9-15% dari kuat tekannya (Dipohusodo, 1994). Pernyataan lain juga disampaikan oleh Pillai dan Menon (1993) yang menyatakan bahwa besarnya nilai kuat tarik langsung berkisar antara 7-15% dari kuat tekannya. Penentuan kuat tarik di lapangan dapat ditentukan melalui uji belah silinder, tetapi sebagai penentuan kuat tarik tanpa pengujian dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan *modulus*

of rupture. Nilai *modulus of rupture* akan sedikit lebih besar dari pada nilai kuat tarik uji belah silinder (Wahyudi dan Rahim, 1997). Hubungan kuat tarik dengan kuat tekan dinyatakan dalam persentase, seperti pada **Tabel 5.10** dan **5.11**.

**Tabel 5.10** Hubungan kuat tarik dengan kuat tekan beton 25 MPa

No	Sampel Uji	Penambahan SP (%)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tarik Hasil Uji (MPa)	Persentase Kuat Tarik terhadap Kuat Tekan (%)	Kuat Tarik Teoritis $0,7\sqrt{f_c}$ (MPa)
1	BS25-0%	0,30	33,7465	3,9783	11,7887	4,0664
2	BS25-5%	0,45	36,4670	3,3631	9,2223	4,2272
3	BS25-10%	1,35	37,5852	3,9912	10,6192	4,2915
4	BS25-15%	1,50	41,2977	3,3293	8,0616	4,4984
5	BS25-20%	1,53	43,5642	4,2222	9,6920	4,6202
6	BS25-25%	1,95	45,8731	4,3194	9,4160	4,7411
7	BS25-30%	3,29	49,1983	4,7647	9,6848	4,9099

**Tabel 5.11** Hubungan kuat tarik dengan kuat tekan beton 30 MPa

No	Sampel Uji	Penambahan SP (%)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tarik Hasil Uji (MPa)	Persentase Kuat Tarik terhadap Kuat Tekan (%)	Kuat Tarik Teoritis $0,7\sqrt{f_c}$ (MPa)
1	BN30-0%	0,00	31,7585	3,8050	11,9812	3,9448
2	BS30-5%	0,41	32,5633	4,1146	12,6356	3,9945
3	BS30-10%	0,55	37,6437	4,3462	11,5456	4,2948
4	BS30-15%	1,26	38,6731	4,1005	10,6030	4,3531
5	BS30-20%	1,10	44,2744	3,5081	7,9235	4,6577
6	BS30-25%	1,37	55,6171	3,8123	6,8545	5,2204
7	BS30-30%	2,20	62,2388	4,6475	7,4673	5,5224

Dari **Tabel 5.10** dan **5.11** terlihat bahwa kuat tekan beton semakin besar seiring meningkatnya pengurangan kandungan air. Untuk kuat tekan rencana 25 MPa (**Tabel 5.10**) peningkatan kuat tekan akibat pengurangan air juga diikuti peningkatan kuat tariknya, kecuali pada variasi pengurangan air 5% dan 15% (BS25-5% dan BS25-15%) yang mengalami penurunan kuat tarik. Begitu juga dengan kuat tekan rencana 30 MPa (**Tabel 5.11**) yang kuat tariknya meningkat



mengikuti kuat tekannya yang meningkat juga, kecuali pada variasi pengurangan air 20 dan 25% (BS30-20% dan BS30-25%).

Kuat tarik dan kuat tekan maksimum mutu beton rencana 25 dan 30 MPa sama-sama terjadi pada variasi pengurangan air 30%, yaitu pada BS25-30% dan BS30-30%. Kuat tekan maksimum pada BS25-30% adalah 49,1983 MPa dan pada BS30-30% adalah 65,0476 MPa. Kuat tarik maksimum pada BS25-30% dan BS30-30% mempunyai persentase kuat tarik sebesar 9,6848% dan 7,1448% dari kuat tekannya. Hal ini membuktikan bahwa pada variasi pengurangan air 30% dan penambahan SP yang sebesar 3,29% (pada BS25-30%) dan 2,20% (pada BS30-30%) dari berat semen pada kedua mutu rencana didapatkan kesesuaian campuran dimana pori-pori udara akibat pengurangan air yang besar dapat ditutupi oleh workabilitas campuran yang tinggi dari penambahan SP, sehingga didapatkan beton yang paling padat dan kuat.

Nilai kuat tarik untuk mutu rencana 25 MPa (*Tabel 5.10*) besarnya antara 8,0616-11,7887% dari kuat tekannya, sedangkan pada mutu rencana 30 MPa (*Tabel 5.11*) besar nilai kuat tariknya berkisar antara 6,8545-12,6356% dari kuat tekannya. Nilai-nilai persentase kuat tarik tersebut mendekati pernyataan Dipohusodo (1994) yang menyatakan bahwa nilai kuat tarik beton berkisar antara 9-15% dari kuat tekannya. Hasil tersebut juga mendekati pernyataan Pillai dan Menon (1993) yang menyatakan bahwa nilai kuat tarik langsung berkisar antara 7-15% dari kuat tekannya.

Nilai kuat tarik dari kedua tabel di atas juga dibandingkan dengan persamaan *modulus of rupture* atau modulus kuat tarik yang nilainya adalah  $0,70\sqrt{f_c}$ . Dari kedua tabel di atas didapatkan bahwa nilai kuat tarik hasil perhitungan *modulus of rupture* sedikit lebih besar daripada nilai kuat tarik hasil pengujian tarik-belah silinder beton. Hal ini sesuai dengan pendapat dari Wahyudi dan Rahim (1997) yang menyatakan bahwa nilai *modulus of rupture* akan sedikit lebih besar daripada nilai kuat tarik sesungguhnya, yang saat ini lebih sering ditentukan oleh kekuatan belah silinder beton.

### 5.5.2 Hubungan antara Kuat Tekan dengan Kuat Lentur

Kuat lentur merupakan salah satu hal penting yang harus diperhitungkan terutama untuk struktur balok. Lenturan ekstrim pada balok, merupakan hasil dari desak pada bagian atas dan tarik pada bagian bawah, dapat dihitung dengan rumus balok biasa (Murdock dan Brook, 1991). Pada penelitian ini metode pengujian dan perhitungan yang dipakai adalah metode dari SK-SNI-M-06-1996-03 tentang pengujian kuat lentur pada pembebanan dua titik. Nilai kuat lentur beton berkisar antara 11-23% dari kuat tekan kubus beton (N.Jackson, 1983). Hubungan antara kuat lentur dengan kuat tekan pada beton 25 dan 30 MPa dari penelitian ini dapat dilihat pada *Tabel 5.12* dan *5.13*.

**Tabel 5.12** Hubungan kuat lentur dengan kuat tekan beton 25 MPa

No	Sampel Uji	Penambahan SP (%)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Lentur Hasil Uji (MPa)	Persentase Kuat Lentur terhadap Kuat Tekan (%)
1	BS25-0%	0,30	33,7465	4,1698	12,3562
2	BS25-5%	0,45	36,4670	4,3130	11,8272
3	BS25-10%	1,35	37,5852	4,5141	12,0104
4	BS25-15%	1,50	41,2977	4,4950	10,8844
5	BS25-20%	1,53	43,5642	4,4741	10,2702
6	BS25-25%	1,95	45,8731	5,5062	12,0031
7	BS25-30%	3,29	49,1983	5,6057	11,3941

**Tabel 5.13** Hubungan kuat lentur dengan kuat tekan beton 30 MPa

No	Sampel Uji	Penambahan SP (%)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Lentur Hasil Uji (MPa)	Persentase Kuat Lentur terhadap Kuat Tekan (%)
1	BN30-0%	0,00	31,7585	4,0066	12,6158
2	BS30-5%	0,41	32,5633	4,0915	12,5649
3	BS30-10%	0,55	37,6437	4,8798	12,9632
4	BS30-15%	1,26	38,6731	7,4780	11,6545
5	BS30-20%	1,10	44,2744	4,7017	10,4524
6	BS30-25%	1,37	55,6171	5,2331	8,8680
7	BS30-30%	2,20	62,2388	8,7244	9,8196

Pada *Tabel 5.12* dan *5.13* di atas menunjukkan bahwa beberapa sampel uji kuat lentur juga mengalami peningkatan mengikuti peningkatan nilai kuat tekan

beton tersebut. Namun ada juga beberapa sampel yang mengalami penurunan kuat lentur, diantaranya adalah BS25-15%, BS25-20%, BS25-25%, BS30-15% dan BS30-20.

Sama halnya dengan kuat tarik, kuat lentur beton juga maksimum pada pengurangan air 30%. Pada mutu rencana 25 MPa kuat lentur maksimum pada BS25-30% yang juga merupakan kuat tekan maksimumnya, persentase kuat lentur sebesar 11,3941% dari kuat tekannya. Untuk beton mutu rencana 30 MPa kuat lentur maksimum pada BS30-30% yang juga merupakan kuat tekan maksimumnya, didapatkan kuat lentur sebesar 9,8196% dari kuat tekannya. Hal ini membuktikan bahwa pada variasi pengurangan air 30% dan penambahan SP yang sebesar 3,29% (pada BS25-30%) dan 2,20% (pada BS30-30%) dari berat semen pada kedua mutu rencana didapatkan kesesuaian campuran dimana pori-pori udara akibat pengurangan air yang besar dapat ditutupi oleh kelecakan dan workabilitas campuran yang tinggi dari penambahan SP, sehingga didapatkan beton yang paling padat dan kuat.

Pada penelitian ini persentase kuat lentur terhadap kuat tekan yang dihasilkan pada beton mutu rencana 25 MPa berkisar antara 10,2702-12,3562% dari kuat tekan. Untuk beton mutu rencana 30 MPa kuat lentur berkisar antara 8,8680-12,9632% dari kuat tekan. Hasil kedua penelitian ini mendekati pernyataan N. Jackson (1983) yang menyatakan bahwa kuat lentur beton berkisar antara 11-23% dari kuat tekan kubus beton.

### **5.5.3 Hubungan antara Kuat Tekan dengan Kuat Geser**

Selain lemah pada sisi tarik dan lenturnya, beton juga lemah pada sisi gesernya. Menurut Murdock dan Brook (1991), geser dalam beton terjadi karena desak dan tarik oleh karena adanya lenturan. Menurut Pillai dan Menon (1993), kuat geser beton lebih besar daripada kuat tariknya. Pillai dan Menon juga memberikan pernyataan bahwa dari beberapa penelitian, kekuatan beton pada geser murni telah didapatkan sekitar 10-20% dari kuat tekannya. Pernyataan lain dikemukakan oleh Ilham (2004), bahwa besar kekuatan geser pada beton berkisar antara 8-13% dari kuat tekannya. Hubungan antara kuat geser dengan kuat tekan

dari penelitian ini dihitung dalam persentase seperti yang dapat dilihat pada *Tabel 5.14* dan *5.15*.

**Tabel 5.14** Hubungan kuat geser dengan kuat tekan beton 25 MPa

No	Sampel Uji	Penambahan SP (%)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Geser Hasil Uji (MPa)	Persentase Kuat Geser terhadap Kuat Tekan (%)	Kuat Geser SNI $1/6\sqrt{f_c}$ (MPa)
1	BN30-0%	0,30	33,7465	4,1223	12,2155	0,9682
2	BS30-5%	0,45	36,4670	4,7163	12,9330	1,0065
3	BS30-10%	1,35	37,5852	5,0345	13,3948	1,0218
4	BS30-15%	1,50	41,2977	5,5522	13,4444	1,0711
5	BS30-20%	1,53	43,5642	5,5863	12,8231	1,1001
6	BS30-25%	1,95	45,8731	5,6185	12,2479	1,1288
7	BS30-30%	3,29	49,1983	7,3555	14,9508	1,1690

**Tabel 5.15** Hubungan kuat geser dengan kuat tekan beton 30 MPa

No	Sampel Uji	Penambahan SP (%)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Geser Hasil Uji (MPa)	Persentase Kuat Geser terhadap Kuat Tekan (%)	Kuat Geser SNI $1/6\sqrt{f_c}$ (MPa)
1	BN30-0%	0,00	31,7585	4,7594	14,9861	0,9392
2	BS30-5%	0,41	32,5633	5,1598	15,8456	0,9511
3	BS30-10%	0,55	37,6437	7,0554	18,7427	1,0226
4	BS30-15%	1,26	38,6731	7,4780	19,3365	1,0365
5	BS30-20%	1,10	44,2744	4,7017	10,6194	1,1090
6	BS30-25%	1,37	55,6171	5,2331	9,4091	1,2429
7	BS30-30%	2,20	62,2388	8,7244	14,0176	1,3149

Pada *Tabel 5.14* dan *5.15* di atas menunjukkan bahwa kuat geser beberapa sampel uji mengalami peningkatan mengikuti peningkatan besarnya nilai kuat tekan beton tersebut. Selain itu terjadi juga penurunan kuat geser pada beberapa sampel uji, meskipun kuat tekannya terus mengalami peningkatan, seperti pada BS30-20% dan BS30-25%.

Kuat geser dan kuat tekan maksimum pada kedua beton mutu rencana 25 dan 30 MPa tersebut sama-sama terjadi pada variasi pengurangan air 30%, yaitu

pada BS25-30% dan BS30-30%. Pada BS25-30% besarnya kuat geser adalah 14,9508% dari kuat tekannya, sedangkan pada BS30-30% besarnya kuat geser adalah 14,0176% dari kuat tekannya. Hal ini membuktikan bahwa pada pengurangan air 30% dan penambahan SP yang sebesar 3,29% (BS25-30%) dan 2,20% (BS30-30%) dari berat semen didapatkan kesesuaian campuran dimana pori-pori udara akibat pengurangan air yang besar dapat ditutupi oleh kelecakan dan workabilitas campuran yang tinggi dari penambahan SP, sehingga didapatkan beton yang paling padat dan kuat.

Nilai persentase kuat geser yang didapatkan dari penelitian ini pada mutu rencana 25 MPa berkisar antara 12,2155-14,9508% dari kuat tekannya, sedangkan pada mutu rencana 30 MPa persentase kuat geser berkisar antara 9,4091-19,3365% dari kuat tekannya. Hasil penelitian ini mendekati dengan pernyataan Pillai dan Menon (1993) yang menyatakan bahwa dari beberapa penelitian, kekuatan geser murni beton didapatkan sekitar 10-20% dari kuat tekannya. Hasil penelitian ini juga kurang sesuai dengan hasil penelitian Ilham (2004) yang menyatakan bahwa besar kuat geser berkisar antara 8-13% dari kuat tekan beton.

SK SNI T-15-1991-03 memberikan kapasitas/kemampuan beton tanpa penulangan geser atau  $V_c$  untuk menahan gaya geser sebesar  $1/6 \sqrt{f_c'}$ . Dari dua tabel di atas tampak bahwa selisih antara kuat geser beton rumusan SNI jauh lebih kecil daripada kuat geser beton pengujian di laboratorium. Hal ini dikarenakan rumusan kuat geser SNI ( $1/6 \sqrt{f_c'}$ ) sudah mencakup angka aman yang digunakan dalam perhitungan kuat geser di lapangan, sehingga SNI membuat kuat geser perencanaan jauh lebih kecil daripada kuat geser pengujian di laboratorium agar struktur beton di lapangan menjadi jauh lebih aman untuk menahan beban geser.

### 5.5 Hubungan Gabungan antara Kuat Tarik, Lentur, Geser dan Tekan Beton Mutu Rencana 25 dan 30 MPa.

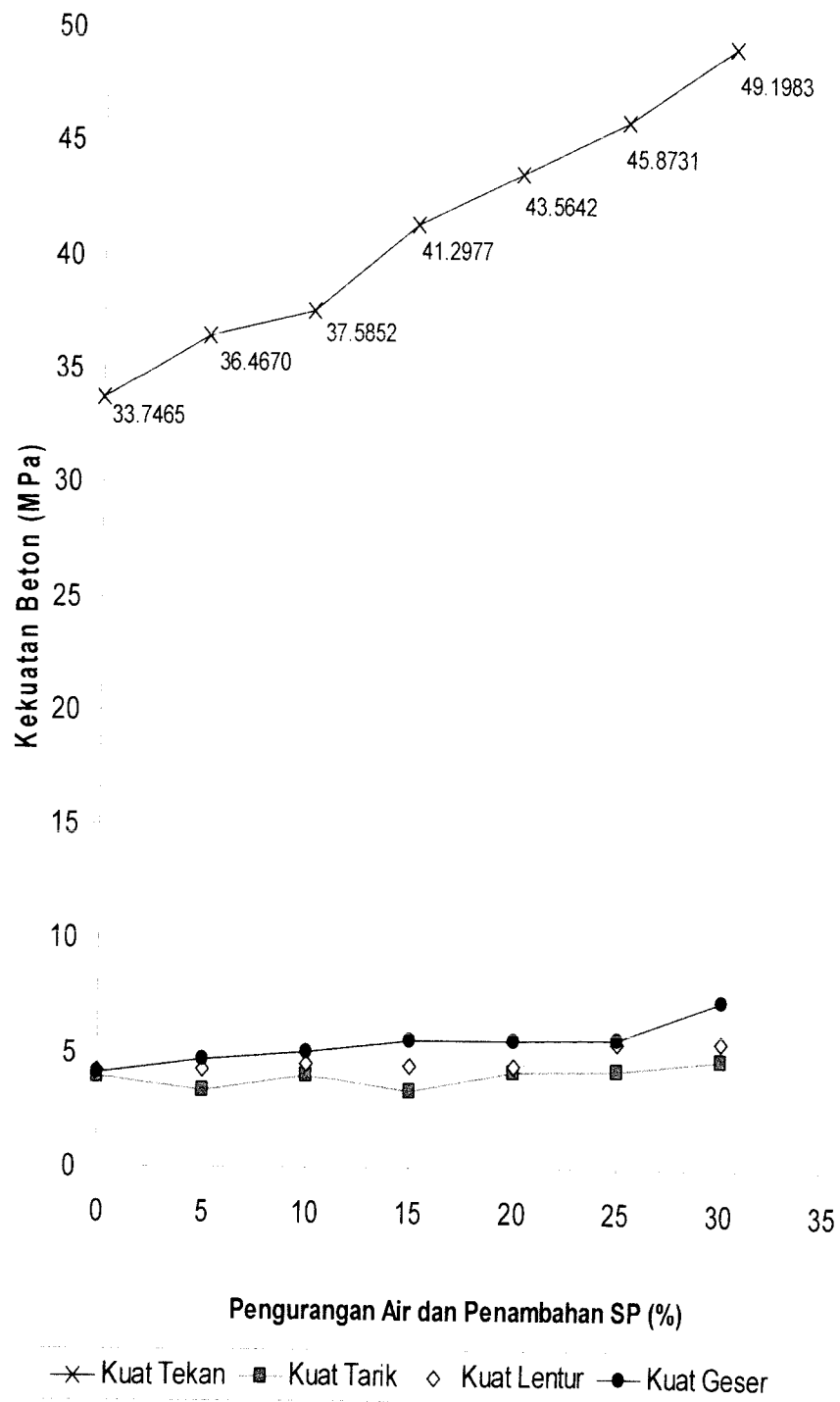
Pada kajian ini ditampilkan nilai-nilai kuat tekan, tarik, lentur, dan geser beton umur 28 hari dan juga besarnya pengurangan air dan penambahan SP pada campuran. Maksud kajian ini adalah untuk menghubungkan dan membandingkan bagaimana besarnya kekuatan beton yang satu terhadap kekuatan beton yang lain dengan adanya pengurangan air dan penambahan SP pada campuran beton. Hubungan gabungan tersebut dapat dilihat pada *Tabel 5.16* dan *5.17* di bawah ini.

**Tabel 5.16** Hubungan kuat tekan, tarik, lentur dan geser beton mutu rencana 25 MPa

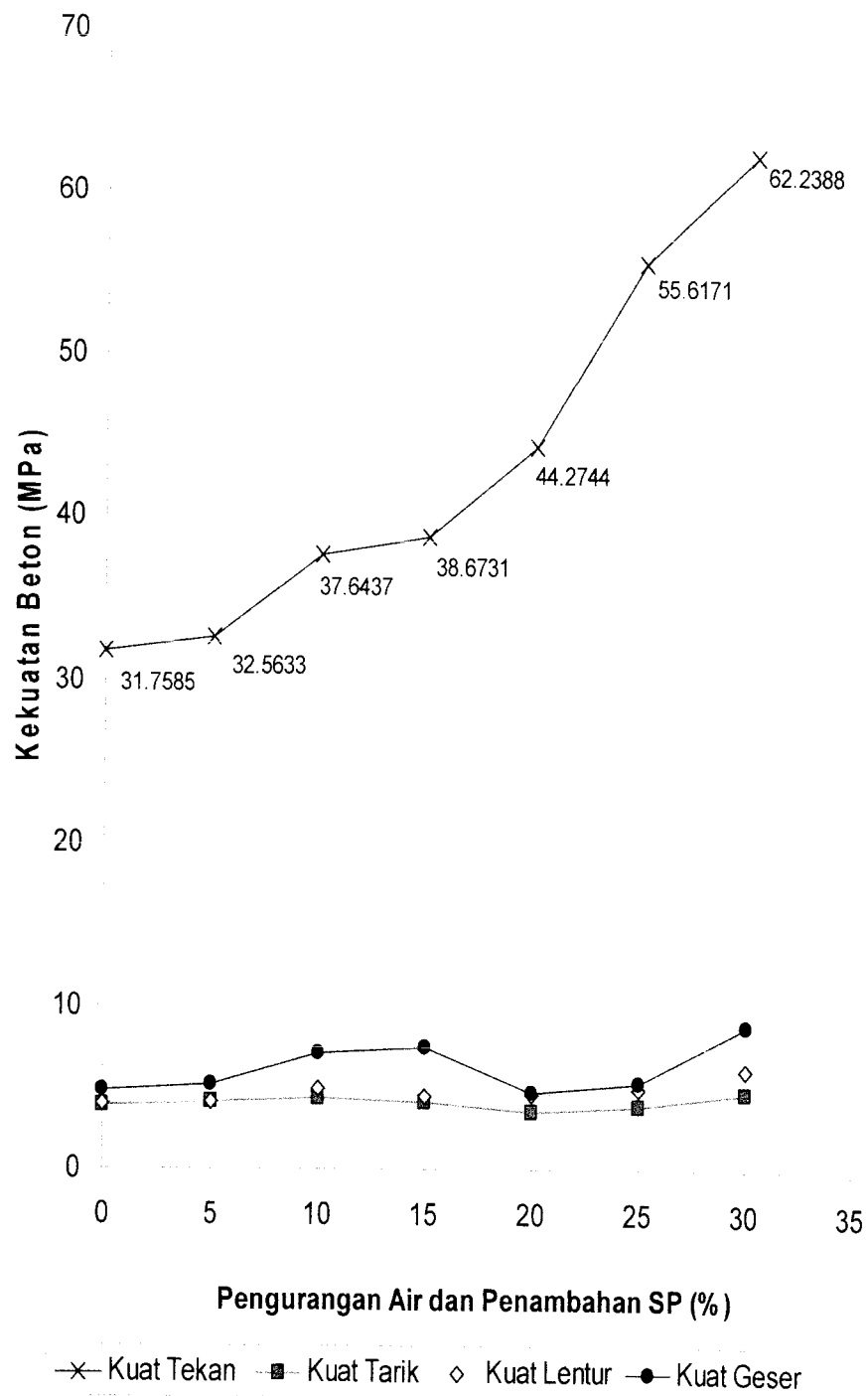
No	Sampel Uji	Pengurangan Air (%)	Penambahan SP (%)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Geser (MPa)
1	BS25-0%	0	0.30	33.7465	3.9783	4.1698	4.1223
2	BS25-5%	5	0.45	36.4670	3.3631	4.3130	4.7163
3	BS25-10%	10	1.35	37.5852	3.9912	4.5141	5.0345
4	BS25-15%	15	1.50	41.2977	3.3293	4.4950	5.5522
5	BS25-20%	20	1.53	43.5642	4.2222	4.4741	5.5863
6	BS25-25%	25	1.95	45.8731	4.3194	5.5062	5.6185
7	BS25-30%	30	3.29	49.1983	4.7647	5.6057	7.3555

**Tabel 5.17** Hubungan kuat tekan, tarik, lentur dan geser beton mutu rencana 30 MPa

No	Sampel Uji	Pengurangan Air (%)	Penambahan SP (%)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Geser (MPa)
1	BN30-0%	0	0.00	31.7585	3.8050	4.0066	4.7594
2	BS30-5%	5	0.41	32.5633	4.1146	4.0915	5.1598
3	BS30-10%	10	0.55	37.6437	4.3462	4.8798	7.0554
4	BS30-15%	15	1.26	39.0516	4.1005	4.5072	7.4780
5	BS30-20%	20	1.10	44.5783	3.5081	4.6277	4.7017
6	BS30-25%	25	1.37	53.1025	3.8123	4.9321	5.2331
7	BS30-30%	30	2.20	65.0476	4.6475	6.1116	8.7244



**Gambar 5.7** Hubungan pengurangan air dan penambahan SP terhadap kekuatan beton keras 25 MPa



**Gambar 5.9** Hubungan pengurangan air dan penambahan SP terhadap kekuatan beton keras 30 MPa



Dapat dilihat dari *Gambar 5.7* dan *5.8* di atas bahwa terjadi selisih yang besar antara nilai kuat tekan dibandingkan nilai kuat tarik, lentur dan gesernya, hal ini dikarenakan beton memang kuat dari sisi tekannya dan lemah pada sisi tarik, lentur dan gesernya. Dari gambar tersebut juga tampak bahwa kuat tekan semakin besar seiring pengurangan air dan penambahan SP yang juga semakin besar hingga mencapai maksimum, sedangkan pada kuat tarik, lentur dan geser, pengurangan air dan penambahan SP yang semakin besar tidak selalu diikuti oleh peningkatan kekuatannya.

Dapat dilihat juga dari *Gambar 5.7* dan *5.8* di atas tentang perbandingan antara kuat tarik, lentur dan gesernya. Dari beton mutu rencana 25 dan 30 MPa di atas dapat dilihat bahwa terjadi selisih antara ketiga kekuatan beton tersebut, yang mana tampak bahwa kuat geser lebih besar daripada kuat tarik dan lenturnya, sedangkan kuat lentur lebih besar daripada kuat tariknya. Hal ini juga sesuai dengan pendapat Pillai dan Menon (1993) yang menyatakan bahwa kuat geser beton lebih besar daripada kuat tariknya. Dan pada penelitian ini kuat lentur juga lebih besar dari kuat tarik, tetapi masih lebih kecil dari kuat gesernya. Berarti kuat tarik beton pada penelitian ini merupakan kekuatan beton yang paling kecil dibandingkan dengan kuat lentur, geser dan juga tekannya.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Umum

Bab ini membicarakan mengenai kesimpulan yang didapatkan dari hasil analisis dan pembahasan penelitian. Pada bab ini juga ditampilkan saran-saran agar dapat digunakan sebagai kajian penelitian selanjutnya.

#### 6.2 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang didapatkan dari hasil analisis dan pembahasan penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Nilai slump yang sangat rendah 0-45 mm akibat pengurangan air berhasil ditingkatkan melalui penambahan SP pada campuran sampai tercapai nilai slump yang diinginkan, yaitu 150-180 mm tanpa terjadi *bleeding* dan segregasi. Workabilitas beton segar meningkat tinggi, hal ini ditunjukkan dari nilai slump beton segar yang sudah ditambah SP meningkat sampai 180% dari nilai slump awal yang belum ditambah SP.
2. Kuat tarik rata-rata tertinggi sebesar 4,7647 MPa pada mutu rencana 25 MPa dan 4,6475 MPa pada mutu rencana 30 MPa dicapai pada kombinasi pengurangan air 30% dan penambahan SP sebesar 3,29 dan 2,20% dari berat semen.
3. Kuat lentur rata-rata tertinggi sebesar 5,6057 MPa pada mutu rencana 25 MPa dan 6,1116 MPa pada mutu rencana 30 MPa, juga dicapai pada kombinasi pengurangan air 30% dan penambahan SP sebesar 3,29 dan 2,20% dari berat semen.
4. Kuat geser rata-rata tertinggi sebesar 6,7630 MPa pada mutu rencana 25 MPa dan 8,7244 MPa pada mutu rencana 30 MPa, juga dicapai pada kombinasi pengurangan air 30% dan penambahan SP sebesar 3,29 dan 2,20% dari berat semen.

5. Kombinasi pengurangan air 30% dengan penambahan SP sebesar 3,29 dan 2,20% dari berat semen menghasilkan kuat tarik, kuat lentur, kuat geser, dan juga kuat tekan yang maksimum pada kuat tekan rencana 25 dan 30 MPa. Kuat tekan maksimum pada variasi ini adalah sebesar 49,1983 MPa pada mutu rencana 25 MPa dan 65,0476 MPa pada mutu rencana 30 MPa.
6. Semakin besar pengurangan air dan penambahan SP pada campuran beton semakin membuat beton tersebut kedap air. Nilai kecepatan resapan air ke dalam beton mutu rencana 25 MPa yang terbesar adalah 0,0064 mm/dtk (pada BS25-0%) dan yang terkecil adalah 0,0029 mm/dtk (pada BS25-10%), sedangkan pada beton mutu rencana 30 MPa yang terbesar adalah 0,0066 mm/dtk (pada BN30-0%) dan yang terkecil adalah 0,0029 mm/dtk (pada BS30-15%).
7. Pengurangan air dan penambahan SP pada mutu rencana 25 MPa menghasilkan kuat tarik sebesar 8,0616-11,7887% dari kuat tekannya, dan pada mutu rencana 30 MPa kuat tarik sebesar 6,8545-12,6356% dari kuat tekannya.
8. Pengurangan air dan penambahan SP pada mutu rencana 25 MPa menghasilkan kuat lentur sebesar 10,2702-12,3562% dari kuat tekannya, dan pada mutu rencana 30 MPa kuat lentur sebesar 8,8680-12,9632% dari kuat tekannya.
9. Pengurangan air dan penambahan SP pada mutu rencana 25 MPa menghasilkan kuat geser sebesar 12,2155% - 14,9508% dari kuat tekannya, dan pada mutu rencana 30 MPa kuat geser sebesar 9,4091-19,3365% dari kuat tekannya.
10. Kuat tekan rata-rata beton mutu rencana 25 dan 30 MPa jauh lebih besar dibandingkan dengan kuat tarik, lentur dan geser rata-ratanya. Untuk kuat geser rata-rata lebih besar daripada kuat lentur rata-ratanya, sedangkan kuat lentur rata-ratanya tersebut lebih besar daripada kuat tarik rata-ratanya.

### 6.3 Saran-Saran

Saran-saran yang dapat diambil dari penelitian ini untuk dapat digunakan sebagai kajian penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Variasi umur beton untuk penelitian kuat tarik, geser, dan lentur dapat diperbanyak lagi meliputi 3, 7, 14, 21 dan 28 hari, agar dapat diketahui besar kekuatan awal beton dengan adanya penambahan SP.
2. Dapat dicoba beberapa variasi penambahan SP dengan satu macam pengurangan air yang tinggi (sekitar 20-30%) untuk mendapatkan beton mutu tinggi, agar dapat memudahkan tinjauan terhadap pengaruh penambahan SP pada pembuatan beton mutu tinggi.
3. Dapat dicoba juga penambahan SP disertai penambahan bahan tambahan lain, seperti abu terbang atau *silica fume* untuk mendapatkan beton mutu tinggi dan lebih kedap air.
4. Pengawasan yang ketat dan pencatatan pada penambahan SP perlu dilakukan juga untuk menghindari pengaruh penambahan SP yang dapat menimbulkan *bleeding* dan segregasi dan untuk mengetahui perilaku SP yang tampak pada pengadukan dan pencetakan beton.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amirudin M.A, 2007, *Draf Tugas Akhir: Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu 30 MPa*, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Astanto Triono B, 2001, *Konstruksi Beton Bertulang*, Kanisius, Yogyakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1982, *Persyaratan Umum Bahan Bangunan Di Indonesia (PUBI-1982)*, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1989, *Standar SK SNI M-09-1989-F : Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1989, *Standar SK SNI M-10-1989-F : Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1989, *Standar SK SNI M-12-1989-F : Metode Pengujian Slump Beton*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1990, *Standar SK SNI M-60-1990-03 : Metode Pengujian Kuat Tarik-Belah Beton*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1990, *Standar SK SNI S-18-1990-03 : Spesifikasi Bahan Tambahan untuk Beton*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1991, *Standar SK SNI T-15-1991-03 :Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Yayasan LPMB, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1996, *Standar SK SNI M-06-1996-03 : Metode Pengujian Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Dipohusodo I, 1994, *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

- Firmansyah, 2007, *Draf Tugas Akhir: Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu 25 MPa*, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Ilham A, Syafruddin P.N, Hastoro P.S, 2005, *Pengaruh Pengurangan Kandungan Air dan Penambahan Superplasticizer pada Komposisi Campuran Beton Kuat Tekan 30 dan 40 MPa*, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Ilham A, Zain M.F.M, Yusuf M.K, Mahmud H.B 2003, *Pengaruh Superplasticizer Terhadap Workability dan Kuat Desak Beton Kinerja Tinggi dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi*, Jurnal Teknisja volume VIII No. 1 April 2003.
- Irawan S, 2002, *Studi Pengaruh Superplasticizer (Sikament-NN) Terhadap Sifat Kedap Air Beton dengan  $f_c' = 20$  Mpa*, Kumpulan Abstraksi Skripsi Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Parahyangan, Bandung.
- Jackson N, 1983, *Civil Engineering Material*, Macmillan Publishers LTD, London.
- Kusuma Gideon H, 1997, *Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.
- Mulyono Tri, 2004, *Teknologi Beton*, Andi, Yogyakarta.
- Murdock L.J, Brook K.M, 1991, *Bahan dan Praktek Beton*, Erlangga, Jakarta.
- Nawy E.G., 1990, *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*, PT. Eresco, Bandung.
- Pillai S.U, Menon D, 1993, *Reinforced Concrete Design*, Tata Mc Graw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- Portland Cement Association, 2006, *High Strength Concrete*, <http://pca.com/concretebasic/home/highstrengthconcrete>.
- P.T. Sika Indonesia, 2005, *Technical Data Sheet Sikament-NN Edition 2*, [www.sika.co.id](http://www.sika.co.id)
- Ramachandran, V.S, 1979, *Superplasticizer in concrete*, [www.irc.nrc-cnrc.gc.ca/cbd/cbd203e.html](http://www.irc.nrc-cnrc.gc.ca/cbd/cbd203e.html)

- Ramachandran, V. S., and V. M. Malhotra, 1984, *Superplasticizers. In Concrete admixtures handbook: Properties, science, and technology*, ed. V. S. Ramachandran, 211-68. Park Ridge, N.J.: Noyes Publications
- Sugiharto, Tjong, Surya, dan Wibowo 2004, *Rancang Bangun Uji Permeabilitas Beton*, Dimensi Teknik Sipil Vol 6, no. 2, September 2004: 94 – 100
- Surya A, Wibowo K, 2004, *Rancang Bangun Uji Permeabilitas Beton*, Dimensi Teknik Sipil Vol 6, no. 2, September 2004: 94 – 100
- Suwardani C, Sahdi F, 2005, *Pengaruh Bahan Tambah Superplasticizer (Sikament-NN) terhadap Kuat Desak Beton*, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
- Syafruddin P.N, Hastoro P.S, 2005, *Pengaruh Pengurangan Kandungan Air dan Penambahan Superplasticizer pada Komposisi Campuran Beton Kuat Tekan 30 dan 40 Mpa*, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo K, 1992, *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Wahyudi L, Rahim S.A, 1997, *Struktur Beton Bertulang Standar Baru SNI T-15-1991-03*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Wikipedia Indonesia, 2006, *Beton*, <http://id.wikimedia.org/wiki/beton>.
- Wikipedia English, 2006, *Concrete*, <http://en.wikimedia.org/wiki/concrete>.

# LAMPIRAN A

- ▶ Surat Bimbingan Tugas Akhir
- ▶ Kartu Peserta dan Kartu Presensi  
Konsultasi Tugas Akhir





FM-U11-AA-FPU-09

Nomor : : 252 /Kajur.TS.20/ Bg.Pn./ III /2007  
Lamp. : -  
Hal : : BIMBINGAN TUGAS AKHIR  
Periode Ke : : III ( Mar 07 - Agst 07 )

Jogjakarta, 20-Mar-07

Kepada .  
Yth. Bapak / Ibu : Suharyatmo,Ir,H,MT  
di -

Jogjakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

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

Na m a	:	Akhmad Zulliyanto
No. Mhs.	:	01 511 134
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	:	Suharyatmo,Ir,H,MT
Dosen Pembimbing II	:	A Kadir Aboe,Ir,H,MT

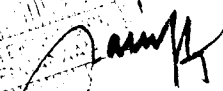
Dengan Mengambil Topik /Judul :

Pengaruh Pengurangan Air Dan Penambahan Superplasticier Terhadap Kuat Tarik, Geser Dan Lentur Beton Dengan Mutu 25 Mpa Dan 30 Mpa

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih

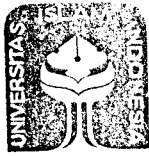
Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

An.Dekan  
Ketua Jurusan Teknik Sipil

  
Ir. H. Falsol AM, MS A

Tembusan

- 1) Dosen Pembimbing ybs
- 2) Mahasiswa ybs
- 3) Arsip. 20-Mar-07
- 4) Sampai Akhir Agustus 2007



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

FM-UII-AA-FPU-09

Nomor : : 252 /Kajur.TS.20/ Bg.Pn./ III /2006  
Lamp. : -  
Hal : : BIMBINGAN TUGAS AKHIR  
Periode Ke : : III ( Mar 07 - Agst 07 )

Jogjakarta, 20-Mar-07

Kepada .  
Yth. Bapak / Ibu : A Kadir Aboe,Ir,H,MT  
di -

Jogjakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

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

Na m a	:	Akhmad Zulliyanto
No. Mhs.	:	01 511 134
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	:	Suharyatmo,Ir,H,MT
Dosen Pembimbing II	:	A Kadir Aboe,Ir,H,MT

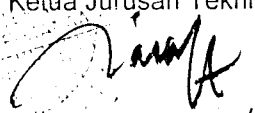
Dengan Mengambil Topik /Judul :

Pengaruh Pengurangan Air Dan Penambahan Superplasticier Terhadap Kuat Tarik,Geser Dan Lentur Beton Dengan Mutu 25 Mpa Dan 30 Mpa

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

An: Dekan  
Ketua Jurusan Teknik Sipil

  
Ir.H. Faisol AM,MS

Tembusan

- 1) Dosen Pembimbing ybs
- 2) Mahasiswa ybs
- 3) Arsip 20-Mar-07
- 4) Sampai Akhir Agustus 2007



UNTUK MAHASISWA

**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Akhmad Zullyianto	01 511 134	Teknik Sipil
<b>JUDUL TUGAS AKHIR</b>			
Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan Superplasticier Terhadap Kuat Tarik, Geser Dan Lentur Beton Dengan Mutu 25 Mpa Dan 30 Mpa			

<b>PERIODE KE</b>	: IV ( Juni 06- Nop.06 )
<b>TAHUN</b>	: 2005 - 2006
<b>Sampai Akhir Nopember 2006</b>	

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

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

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



Jogjakarta , 1-Jun-06  
 a.n. Dekan

*(Signature)*  
 Ir.H.Faisol AM, MS

Catatan	:
Seminar	:
Sidang	:
Pendadaran	:

TA diperpanjang  
 sampai dengan tgl. 28 Feb 2007



UNTUK DOSEN

**KARTU PRESENSI KONSULTASI  
 TUGAS AKHIR MAHASISWA**

<b>PERIODE KE</b>	<b>: IV ( Juni 06- Nop.06 )</b>
<b>TAHUN</b>	<b>: 2005 - 2006</b>
<b>Sampai Akhir Nopember 2006</b>	

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Akhmad Zulliyanto	01 511 134	Teknik Sipil
<b>JUDUL TUGAS AKHIR</b>			
Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan Superplasticier Terhadap Kuat Tarik, Geser Dan Lentur Beton Dengan Mutu 25 Mpa Dan 30 Mpa			

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



Jogjakarta , 1-Jun-06  
 a.n. Dekan

Ir.H.Faisol AM, MS

<b>Catatan</b>	:
Seminar	:
Sidang	:
Pendadaran	:

TA diperpanjang  
 sampai dengan tgl. 28 Feb 2007

Hartono  
 Kabag Akademik

**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Akhmad Zulliyanto	01 511 134	Teknik Sipil
<b>JUDUL TUGAS AKHIR</b>			
Pengaruh Pengurangan Air Dan Penambahan Superplasticier Terhadap Kuat Tarik,Geser Dan Lentur Beton Dengan Mutu 25 Mpa Dan 30 Mpa			

<b>PERIODE KE</b>	<b>: III ( Mar 07 - Agst 07 )</b>
<b>TAHUN</b>	<b>: 2006 - 2007</b>
<b>Perpanjangan Sampai Akhir Agustus 2007</b>	

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		MAR.	APR.	MEI.	JUN.	JUL.	AGT.
1	Pendaftaran	■					
2	Penentuan Dosen Pembimbing	■					
3	Pembuatan Proposal		■				
4	Seminar Proposal		■	■			
5	Konsultasi Penyusunan TA.			■	■	■	
6	Sidang - Sidang					■	■
7	Pendadaran					■	■

Dosen Pembimbing I : Suharyatmo,Ir,H,MT

Dosen Pembimbing II : A Kadir Aboe,Ir,H,MT



Jogjakarta , 20-Mar-07  
 a.n. Dekan

Ir.H.Faisol AM, MS

Catatan	
Seminar	:
Sidang	:
Pendadaran	:



UNTUK DOSEN

**KARTU PRESENSI KONSULTASI  
TUGAS AKHIR MAHASISWA**

PERIODE KE : III ( Mar 07 - Agst 07 )

TAHUN : 2006 - 2007

Perpanjangan Sampai Akhir Agustus 2007

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Akhmad Zulliyanto	01 511 134	Teknik Sipil
<b>JUDUL TUGAS AKHIR</b>			
Pengaruh Pengurangan Air Dan Penambahan Superplasticier Terhadap Kuat Tarik,Geser Dan Lentur Beton Dengan Mutu 25 Mpa Dan 30 Mpa			

Dosen Pembimbing I : Suharyatmo,Ir,H,MT

Dosen Pembimbing II : A Kadir Aboe,Ir,H,MT



Jogjakarta , 20-Mar-07  
a.n. Dekan

Ir.H.Faisol AM, MS

**Catatan**

Seminar :

Sidang :

Pendadaran :

# LAMPIRAN B

- ▶ Langkah Pemeriksaan Bahan Beton
- ▶ Hasil Pemeriksaan Bahan Beton

## PEMERIKSAAN AGREGAT

### A. Pemeriksaan Bahan Material Agregat Halus (Pasir)

#### A.1 Pemeriksaan Berat Jenis & Kadar Air Agregat Halus

Urutan proses dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ , sampai berat tetap; yang dimaksud berat tetap adalah keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut, tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar daripada 0,1%; dinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air selama  $(24 \pm 4)$  jam.
2. Buang air perendam dengan hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, tebarkan agregat diatas talam, keringkan di udara panas dengan membalik-balikkan benda uji; lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh.
3. Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji ke dalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpancung; keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh tetapi masih dalam keadaan tercetak.
4. Segera setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh masukkan 500 gram benda uji ke dalam piknometer; masukkan air suling sampai mencapai 90% isi piknometer, putar sambil di guncang sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya.
5. Rendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar  $25^{\circ} \text{C}$ .
6. Tambahkan air sampai mencapai tanda batas.
7. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram(Bt).
8. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar  $25^{\circ} \text{C}$  (B).
9. Rumus berat jenis jenuh kering permukaan : 
$$\frac{500}{(B + 500 - Bt)}$$



Keterangan : B = berat piknometer berisi air (gram)

Bt = berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)

500 = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

### **A.2 Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Halus (MHB)**

Urutan proses dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Sampel dikeringkan dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ , sampai berat tetap.
2. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

### **A.3 Pemeriksaan Butiran yang lewat ayakan no.200**

Urutan pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

1. Keringkan agregat halus sampai berat tetap pada suhu  $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ , dan timbang dengan ketelitian 0,1 gram (W1).
2. Letakkan agregat halus dalam ayakan dan alirkan air di atasnya.
3. Gerakkan agregat halus dengan air deras secukupnya sehingga bagian yang halus menembus ayakan 75  $\mu\text{m}$  (no.200) dan bagian yang kasar tertinggal di atas ayakan.
4. Ulang pekerjaan tersebut di atas hingga air pencuci menjadi jernih.
5. Keringkan agregat yang telah dicuci sampai berat tetap pada suhu  $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ , dan timbang dengan ketelitian 0,1 gram (W2).

6. Rumus : 
$$\frac{W1 - W2}{W1} \times 100 \%$$

Keterangan : W1 = berat agregat awal (gram)

W2 = berat setelah dicuci (gram)

## **B Pemeriksaan Bahan Material Agregat Kasar (Kerikil)**

### **B.1 Pemeriksaan Berat Jenis & Kadar Air Agregat Kasar**

Urutan pelaksanaan pengujian adalah sebagai berikut :

1. Cuci agregat kasar untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
2. Keringkan agregat kasar dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$  sampai berat tetap; sebagai catatan, bila penyerapan dan harga berat jenis digunakan dalam pekerjaan beton dimana agregatnya digunakan pada keadaan kadar air aslinya, maka tidak perlu dilakukan pengeringan dengan oven.
3. Rendam agregat kasar dalam air pada suhu kamar selama  $(24 \pm 4)$  jam.
4. Keluarkan agregat kasar dari air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang, untuk butiran yang besar pengeringan harus satu persatu.
5. Timbang agregat kasar kering permukaan jenuh ( $B_j$ ).
6. Letakkan benda uji didalam keranjang, guncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya didalam air ( $B_a$ ), dan suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar ( $25^\circ \text{C}$ ).

7. Rumus : 
$$\frac{B_j}{(B_j - B_a)}$$

Keterangan :  $B_j$  = berat kondisi jenuh kering muka (gram)

$B_a$  = berat dalam air (gram)

### **B.2 Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Kasar (MHB)**

Urutan proses dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$ , sampai berat tetap.
2. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

### B.3 Pemeriksaan Berat Volume Agregat Kasar

Urutan pemeriksaannya adalah sebagai berikut :

1. Masukkan agregat halus kedalam silinder sebanyak 1/3 bagian dan ratakan dengan jari tangan.
2. Tumbuk dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali yang terdistribusi merata ke seluruh permukaan.
3. Masukkan agregat halus kedalam silinder sebanyak 2/3 bagian dan ratakan serta tumbuk seperti diatas.
4. Masukkan agregat halus kedalam silinder sampai penuh dan ditumbk kembali.
5. Ratakan permukaan agregat halus dengan jari tangan, sehingga sebanding antara bagian yang menonjol dengan bagian yang kosong dari atas silinder.
6. Timbang silinder ukur berikut isinya (W2).
7. Keluarkan agregat halus dari silinder.
8. Timbang silinder (W1)
9. Rumus berat volume :  $\frac{W2 - W1}{V}$

Keterangan : W1 = Berat tabung (gram)

W2 = Berat tabung + agregat halus (gram)

V = Volume tabung (cm<sup>3</sup>)



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 : Akhmad Zulliyanto  
Ditest tanggal : 22 Juni 2006  
Pasir asal : Cangkringan, Kaliurang  
Keperluan : Tugas Akhir

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

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

Keterangan :

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

Kesimpulan : berat jenis jenuh kering muka pasir tersebut = **2,621 gr/cm<sup>3</sup>**

Jogjakarta, 22 Juni 2006

Disahkan

Dikerjakan oleh :

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII

Akhmad Zulliyanto



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  
KRITAK/KERIKIL

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

Penguji : Akhmad Zulliyanto  
Ditest tanggal : 23 Juni 2006  
Kerikil asal : Clereng, Kulonprogo  
Keperluan : Tugas Akhir

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

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

Kesimpulan : berat jenis jenuh kering muka agregat tersebut = **2,544** gr/cm<sup>3</sup>

Jogyakarta, 23 Juni 2006

Disahkan

Dikerjakan oleh :

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

Akhmad Zulliyanto



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 : Akhmad Zulliyanto  
Ditest tanggal : 22 Juni 2006  
Kerikil asal : Clereng, Kulonprogo  
Keperluan : Tugas Akhir

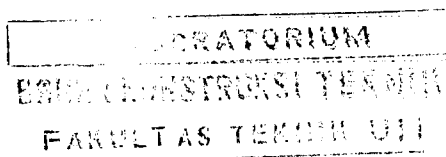
Uraian	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung ( $V_1$ ), gram	15967	15967
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku ( $W_2$ ), gram	31899,67	32868,55
Berat Agregat Bersih ( $W_3$ ), gram	15932,67	16901,55
Volume Tabung ( $V$ ), $cm^3$	10765,32	10765,32
Berat Isi Padat ( $W_3 / V$ ), $gram/cm^3$	1,48	1,57

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

Jogjakarta, 22 Juni 2006

Disahkan

Dikerjakan oleh :



Akhmad Zulliyanto



DATA MODULUS HALUS BUTIR (MHB) AGREGAT HALUS

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

Penguji : Akhmad Zulliyanto  
Ditest tanggal : 23 Juni 2006  
Pasir asal : Cangkringan, Kaliurang  
Nama Sampel : Sampel I  
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	-	-
<b>Jumlah</b>	<b>2000</b>	<b>100</b>	<b>273,45</b>	<b>-</b>

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

Jogyakarta, 23 Juni 2006

Disahkan

Dikerjakan oleh :

LABORATORIUM  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Akhmad Zulliyanto



GRADASI PASIR  
( Sampel I )

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

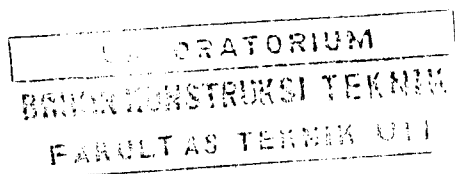
Hasil analisa ayakan Sampel I : masuk Daerah II (dua)

Jenis : Pasir agak kasar

Jogjakarta, 23 Juni 2006

Disahkan

Dikerjakan oleh :



Akhmad Zulliyanto





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 : Akhmad Zulliyanto  
Ditest tanggal : 23 Juni 2006  
Pasir asal : Cangkringan, Kaliurang  
Nama Sampel : Sampel II  
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	27.2	1,36	1,36	98,64
2.40	152	7,6	8,96	91,04
1.20	515	25,75	34,71	65,29
0.60	683,4	34,17	68,88	31,12
0.30	295	14,75	83,63	16,87
0.15	203,2	10,16	93,79	6,21
Sisa	124,2	6,21	-	-
<b>Jumlah</b>	<b>2000</b>	<b>100</b>	<b>291,33</b>	<b>-</b>

$$\text{Nilai Modulus Halus Butir agregat halus} = \frac{291,33}{100} = 2,9133 \%$$

Jogyakarta, 23 Juni 2006

Disahkan

Dikerjakan oleh :

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Akhmad Zulliyanto





GRADASI PASIR  
( Sampel II )

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 Sampel II : masuk Daerah I (satu)

Jenis : Pasir kasar

Jogyakarta, 23 Juni 2006

Disahkan

Dikerjakan oleh :

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Akhmad Zulliyanto



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 KASAR

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

Penguji : Akhmad Zulliyanto  
Ditest tanggal : 23 Juni 2006  
Kerikil asal : Clereng, Kulonprogo  
Nama Sampel : Sampel I  
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	45,5	2,27	2,27	97,73
10.00	1491	74,382	76,652	23,348
4.80	406,5	20,28	96,932	3,068
2.40	61,5	3,068	100	0
1.20	0	0	100	0
0.60	0	0	100	0
0.30	0	0	100	0
0.15	0	0	100	0
Sisa	0	0	-	-
<b>Jumlah</b>	<b>2004,5</b>	<b>100</b>	<b>675,854</b>	<b>-</b>

$$\text{Nilai Modulus Halus Butir agregat kasar} = \frac{675,854}{100} = 6,7585 \%$$

Jogyakarta, 23 Juni 2006

Disahkan

Dikerjakan oleh :

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Akhmad Zulliyanto



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 KASAR

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

Penguji : Akhmad Zulliyanto  
Ditest tanggal : 23 Juni 2006  
Kerikil asal : Clereng, Kulonprogo  
Nama Sampel : Sampel II  
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	1487,5	74,43	74,43	25,57
4.80	488,5	24,44	98,87	1,13
2.40	22,5	1,13	100	0
1.20	0	0	100	0
0.60	0	0	100	0
0.30	0	0	100	0
0.15	0	0	100	0
Sisa	0	0	-	-
<b>Jumlah</b>	<b>1998,5</b>	<b>100</b>	<b>673,3</b>	<b>-</b>

$$\text{Nilai Modulus Halus Butir agregat kasar} = \frac{673,3}{100} = 6,7330 \%$$

Jogjakarta, 23 Juni 2006

Disahkan

Dikerjakan oleh :

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII

Akhmad Zulliyanto



**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 KERIKIL**

Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan	
	Berat butir maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	25-55
4,8	0-5	0-10

Hasil analisa ayakan untuk sampel I dan II : **berat butir maksimum 20 mm.**

Disahkan

Jogjakarta, 23 Juni 2006

Dikerjakan oleh :

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK ULI

Akhmad Zulliyanto



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 BUTIRAN YANG LEWAT AYAKAN NO.200  
(UJI KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR)

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

Penguji : Akhmad Zulliyanto  
Ditest tanggal : 26 Juni 2006  
Pasir asal : Cangkringan, Kaliurang  
Keperluan : Tugas Akhir

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

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

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

- Untuk pasir maksimum 5 % (lima persen)
- Untuk kerikil maksimum 1 % (satu persen)

Jogjakarta, 26 Juni 2006

Disahkan

Dikerjakan oleh :

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII

Akhmad Zulliyanto



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

Penguji : Akhmad Zulliyanto  
Ditest tanggal : 26 Juni 2006  
Kerikil asal : Clereng, Kulonprogo  
Keperluan : Tugas Akhir

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

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agregat kering oven ( $W_1$ ), gram	1000	1000	1000
Berat agregat kering oven setelah dicuci ( $W_2$ ), gram	1000	1000	1000
Berat yang lewat ayakan no. 200, (%) $\{(W_1 - W_2) / W_1\} \times 100\%$	1 %	1 %	1 %

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

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

Jogjakarta, 26 Juni 2006

Disahkan

Dikerjakan oleh :

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UJI

Akhmad Zulliyanto

# LAMPIRAN C

- ▶ Mix Design Beton 25 MPa
- ▶ Mix Design Beton 30 MPa
- ▶ Kebutuhan Bahan dan Penambahan SP  
pada Pelaksanaan Pengadukan Beton
- ▶ Hasil Uji *Slump*



## Perencanaan Kebutuhan Bahan Beton Mutu 25 MPa

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

Beton akan dipakai untuk pembuatan sampel dengan kuat tekan  $f'_c = 25$  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
<b><u>Baik</u></b>	<b><u>4,2</u></b>
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

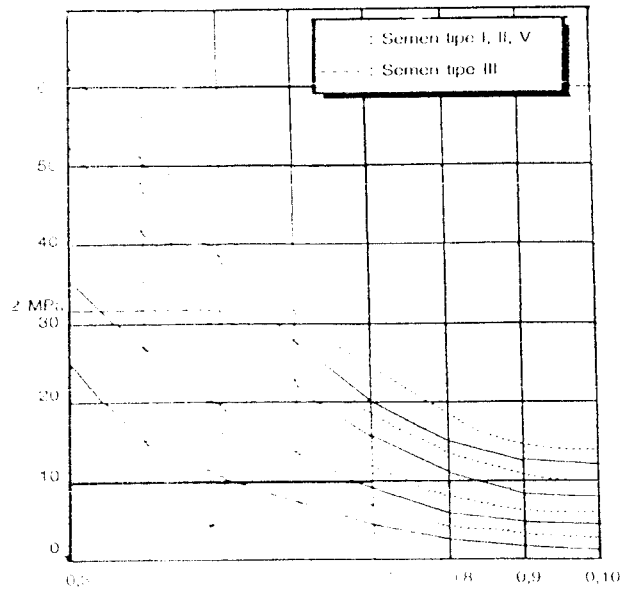
(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

- 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

**F. Menetapkan faktor air-semen**

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

**Cara pertama** : kuat silinder ( $f'_{cr} = 31,888$  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 0,49. Jadi f.a.s pertama = **0,49**



**Gambar 1.1** Hubungan fas dengan kuat tekan rata-rata silinder beton (sebagai perkiraan nilai f.a.s)

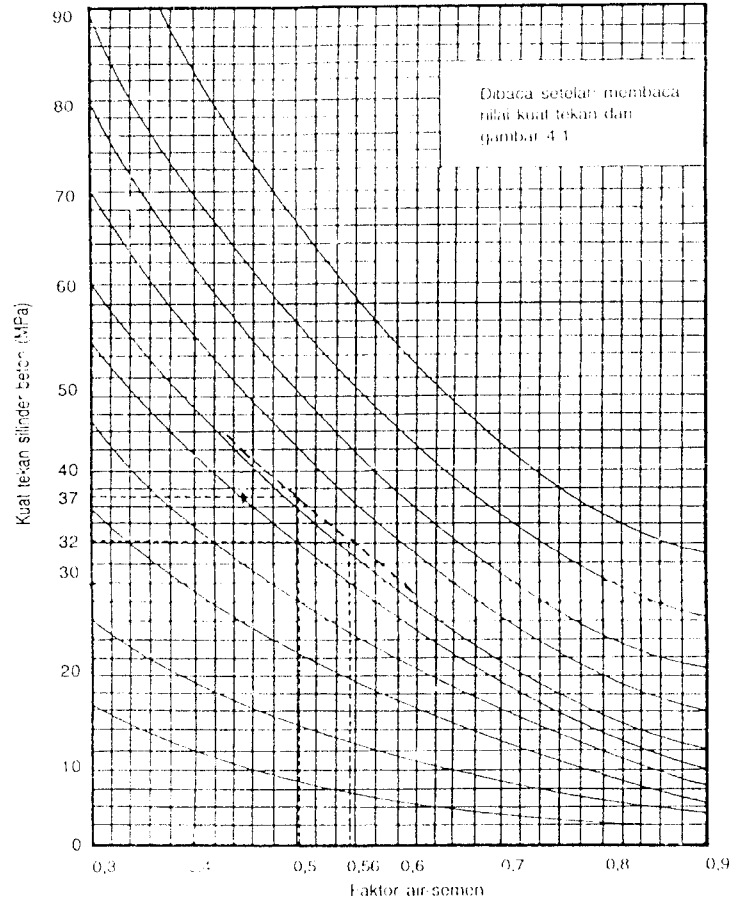
**Cara kedua** : Diketahui jenis semen I, jenis agregat kasar batu pecah. Kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari maka digunakan tabel dibawah ini.

**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
	<u>Batu pecah</u>	19	27	<u>37</u>	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  $f'_{cr} = 31,888$  tarik ke kanan memotong garis putus yang dibuat tadi di B dan tarik garis ke bawah maka diperoleh faktor air-semen yang baru yaitu = 0,565. Jadi fas kedua = 0,565

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

Dengan cara ini diperoleh :

- Untuk pembeconan di dalam ruang bangunan dan keadaan keliling non korosif = 0,6
- 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.
- Untuk beton bertulang dalam air tawar dan tipe semen I yaitu faktor air-semennya = 0,50

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

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

Jenis pembeconan	Nilai fas maksimum
Beton di dalam ruang bangunan :	
- Keadaan keliling non korosif	<b>0,60</b>
- 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	(Tabel tdk tercantum)
Beton yang berhubungan dengan air tawar/payau/laut	(Tabel tdk tercantum)

(Sumber: *Triono Budi Astanto, 2001*)

Dari ketiga cara diatas, diperoleh masing-masing fas 0,49 ; 0,565 dan 0,6 maka nilai fas diambil nilai yang terendah yaitu **0,49**.

**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 dalam campuran (210 liter/m<sup>3</sup> ; kg/m<sup>3</sup>)

C = Jumlah kebutuhan semen dalam campuran (kg/m<sup>3</sup>)

Fas = faktor air semen (0,49)

Jadi,  $C = \frac{210}{0,49} = 428,57 \text{ kg/m}^3$

**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	<u>275</u>
- 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 **466,67 kg/m<sup>3</sup>**

**K. Menentukan golongan pasir**

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

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

- Daerah I = Pasir kasar
- Daerah II = Pasir agak kasar**
- Daerah III = Pasir agak halus
- Daerah IV = Pasir halus

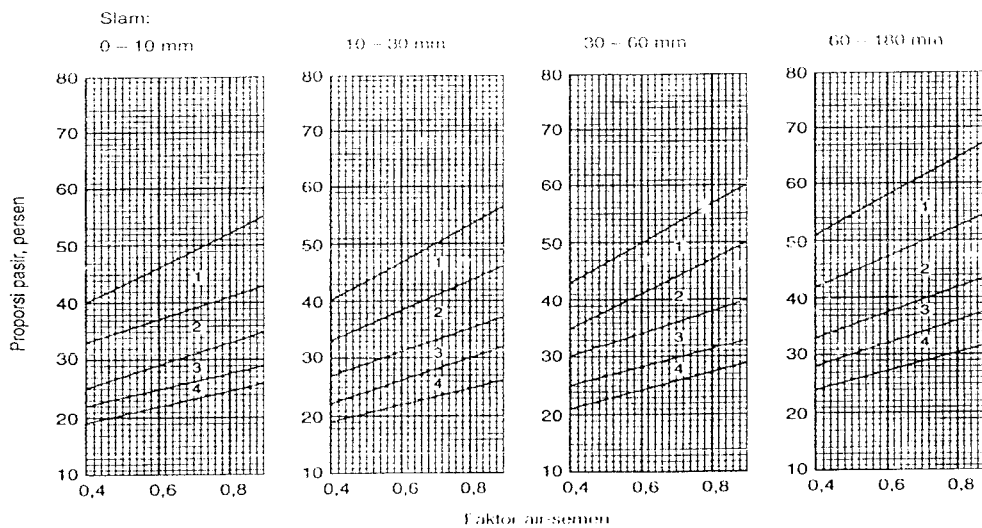
Tabel 1.9 Gradasi Pasir

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

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

**L. Menentukan perbandingan pasir dan kerikil**

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



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

- fas = 0,49
- 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**

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

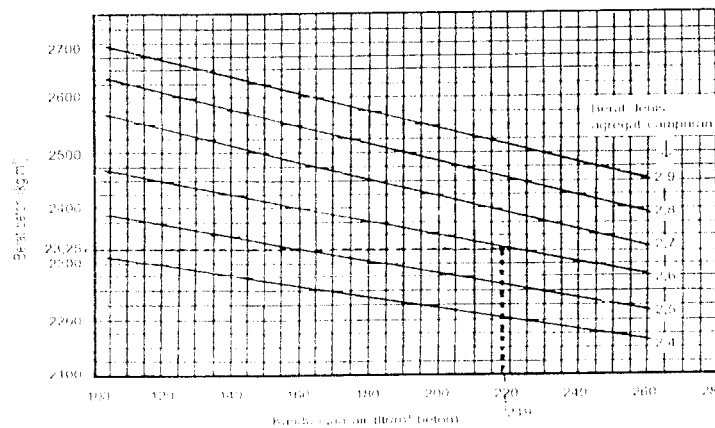
Keterangan :

- 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  $2362.5 \text{ kg/m}^3$  dengan cara kebutuhan air

**O. Menentukan Kebutuhan Pasir dan Kerikil**

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

$$= 2362,5 - 210 - 428,57 = 1723,93 \text{ kg}$$

**P. Menentukan Kebutuhan Pasir**

Kebutuhan pasir =  $1723,93 \times 35\% = 603,3755 \text{ kg}$

**Q. Menentukan Kebutuhan Kerikil**

$$1723,93 - 603,3755 = 1120,55 \text{ kg}$$



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

No	Uraian	Jumlah
1	Kuat tekan yang disyaratkan pada umur 28 hari	25 MPa
2	Deviasi standar	4,2 MPa
3	Nilai tambah	6,888 MPa
4	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan	31,888 MPa
5	Jenis semen	biasa
6	Jenis agregat kasar	batu pecah
7	Faktor air semen	0,49
8	Nilai slump	9 mm
9	Ukuran maksimum agregat	20 mm
10	Kebutuhan Air	210 ltr
11	Kebutuhan semen portland	428,57 kg
12	Daerah gradasi agregat halus	2
13	Persen berat agregat halus terhadap campuran	35%
14	Berat jenis agregat campuran	2,6353 t/m <sup>3</sup>
15	Berat jenis beton	2362,5 kg/m <sup>3</sup>
16	Kebutuhan agregat	1723,93kg/m <sup>3</sup>
17	Kebutuhan agregat halus	603,3755 kg/m <sup>3</sup>
18	Kebutuhan agregat kasar	1120,55 kg/m <sup>3</sup>

**Kesimpulan**

Volume	Berat total	Air	Semen	Ag. halus	Ag. kasar
1 m <sup>3</sup>	2362,5 kg	210 kg	428,57 kg	603,38 kg	1120,55 kg

## Perencanaan Kebutuhan Bahan Beton Mutu 30 MPa

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

Beton akan dipakai untuk pembuatan sampel dengan kuat tekan  $f'c = 30$  MPa

- Jenis semen : jenis 1 (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
<b>Baik</b>	<b>4,2</b>
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 :

$$M = 1,64 \times 4,2 = 6,89 \text{ Mpa}$$

**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

$$f'_{cr} = 25 + 6,888 = 3,89 \text{ MPa}$$

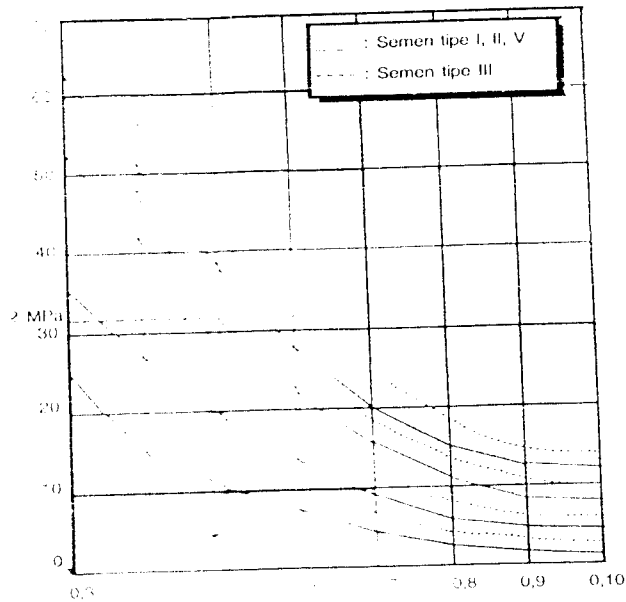
**E. Menetapkan Jenis Semen**

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 ( $f'_{cr} = 36.89$  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 0,45. Jadi f.a.s pertama = 0,45



**Gambar 1.1** Hubungan fas dengan kuat tekan rata-rata silinder beton (sebagai perkiraan nilai f.a.s)

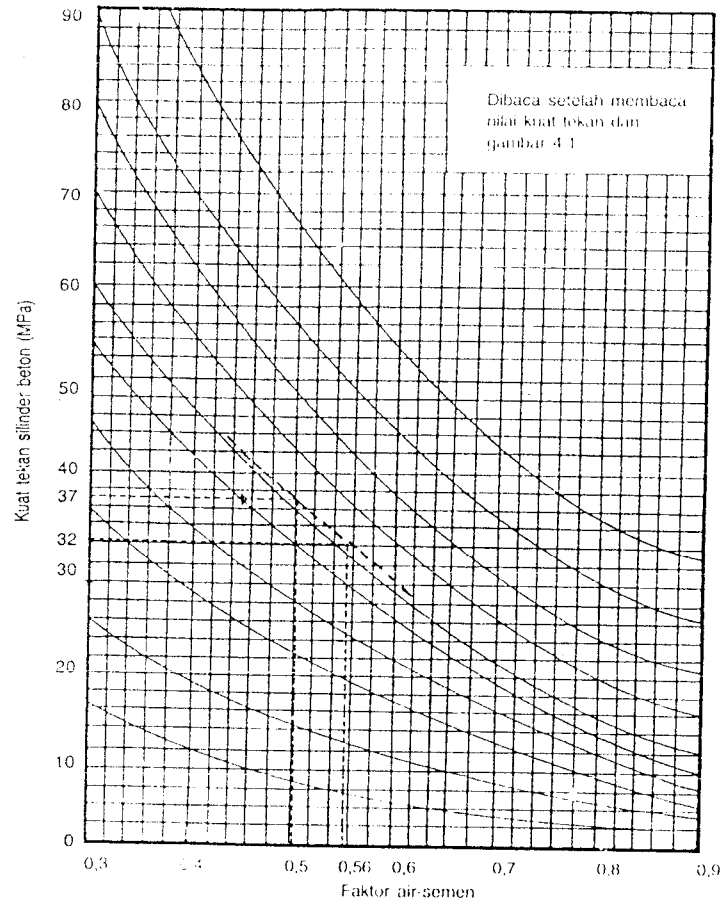
**Cara kedua** : Diketahui jenis semen I, jenis agregat kasar batu pecah. Kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari maka digunakan tabel dibawah ini.

**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
	<u>Batu pecah</u>	19	27	<u>37</u>	45
III	Alami	21	28	38	44
	Batu pecah	25	33	44	48

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

Dari Tabel di atas 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  $f'_{cr} = 36,89$  tarik ke kanan memotong garis putus yang dibuat tadi di B dan tarik garis ke bawah maka diperoleh faktor air-semen yang baru yaitu = 0,505. Jadi fas kedua = 0,505

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

Dengan cara ini diperoleh :

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

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

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

Jenis pembeconan	Nilai fas maksimum
Beton di dalam ruang bangunan :	
- Keadaan keliling non korosif	<b>0,60</b>
- 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	(Tabel tdk tercantum)
Beton yang berhubungan dengan air tawar/payau/laut	(Tabel tdk tercantum)

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

Dari ketiga cara diatas, diperoleh masing-masing fas 0,49 ; 0,565 dan 0,6 maka nilai fas diambil nilai yang terendah yaitu **0,49**.

**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	<u>9,0</u>	<u>2,5</u>
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 (mm)			
		0-10	10-30	<u>30-60</u>	60-180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
<u>20</u>	Alami	135	160	180	195
	<u>Batu pecah</u>	170	190	<b>210</b>	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

**Tabel 1.7** Penentuan kebutuhan air berdasarkan agregat

Besar Ukuran maks kerikil (mm)	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0-10	10-30	<u>30-60</u>	60-180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
<u>20</u>	Alami	135	160	180	195
	<u>Batu pecah</u>	170	190	<b>210</b>	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 dalam campuran (210 liter/m<sup>3</sup> ; kg/m<sup>3</sup>)

C = Jumlah kebutuhan semen dalam campuran (kg/m<sup>3</sup>)

Fas = faktor air semen (0,45)

$$\text{Jadi, } C = \frac{210}{0,45} = 466,67 \text{ kg/m}^3$$

**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	<u>275</u>
- 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 **466,67 kg/m<sup>3</sup>**

**K. Menentukan golongan pasir**

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



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

- Daerah I = Pasir kasar
- Daerah II = Pasir agak kasar**
- Daerah III = Pasir agak halus
- Daerah IV = Pasir halus

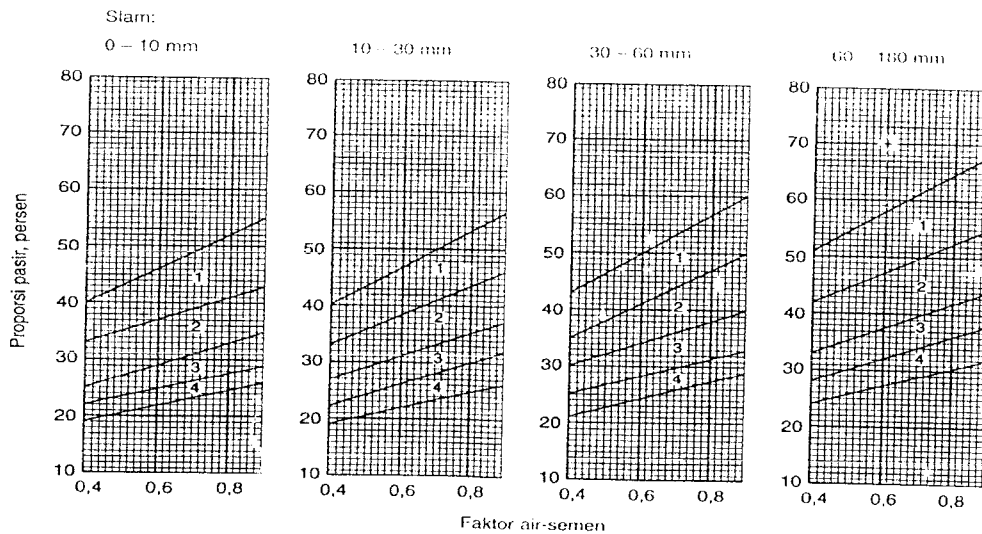
Tabel 1.9 Gradasi Pasir

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	Daerah I	<u>Daerah II</u>	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 = 0,49
- Daerah pasir = daerah 2
- Slump = 30 – 60 mm
- Agregat maksimum = 20 mm
- Maka didapat persentase pasir = 34%**
- Persentase kerikil = 66%**

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

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

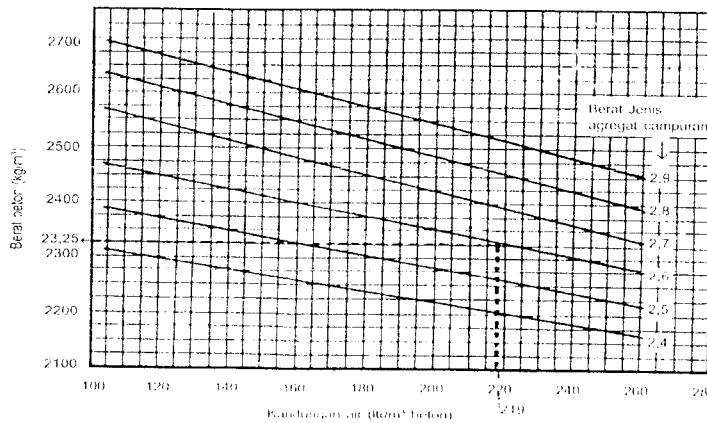
Keterangan :

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

$$Bj \text{ campuran} = \left(\frac{34}{100} \times 2,621\right) + \left(\frac{66}{100} \times 2,643\right) = 2,635 \text{ t/m}^3$$

**N. Menentukan Berat Beton**

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



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

Maka didapat berat beton adalah  $2372 \text{ kg/m}^3$  dengan cara kebutuhan air

**O. Menentukan Kebutuhan Pasir dan Kerikil**

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

$$= 2372 - 210 - 466,67 = \mathbf{1695,33 \text{ kg}}$$

**P. Menentukan Kebutuhan Pasir**

Kebutuhan pasir =  $1695,33 \times 34\% = \mathbf{576,41 \text{ kg}}$

**Q. Menentukan Kebutuhan Kerikil**

$$1695,33 - 576,41 = \mathbf{1118,92 \text{ kg}}$$

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

No	Uraian	Jumlah
1	Kuat tekan yang disyaratkan pada umur 28 hari	30 MPa
2	Deviasi standar	4,2 MPa
3	Nilai tambah	6,89 MPa
4	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan	36,89 MPa
5	Jenis semen	biasa
6	Jenis agregat kasar	batu pecah
7	Faktor air semen	0,45
8	Nilai slump	9 mm
9	Ukuran maksimum agregat	20 mm
10	Kebutuhan Air	210 ltr
11	Kebutuhan semen portland	466,67 kg
12	Daerah gradasi agregat halus	2
13	Persen berat agregat halus terhadap campuran	34%
14	Berat jenis agregat campuran	2,635 t/m <sup>3</sup>
15	Berat jenis beton	2372 kg/m <sup>3</sup>
16	Kebutuhan agregat	1695,33 kg/m <sup>3</sup>
17	Kebutuhan agregat halus	576,41 kg/m <sup>3</sup>
18	Kebutuhan agregat kasar	1118,92 kg/m <sup>3</sup>

**Kesimpulan**

Volume	Berat total	Air	Semen	Ag. halus	Ag. kasar
1 m <sup>3</sup>	2372 kg	210 kg	466,67 kg	576,41 kg	1118,92 kg

**Kebutuhan Bahan dan Penambahan SP pada Pelaksanaan Pengadukan Beton 25 dan 30 MPa**

**Tabel C.1** Hasil *mix design* beton mutu rencana 25 dan 30 MPa

<b>Kuat Tekan Rencana</b>	<b>25</b>	<b>30</b>
Kebutuhan Semen (kg/m <sup>3</sup> )	428,57	466,67
Kebutuhan Pasir (kg/m <sup>3</sup> )	603,38	576,41
Kebutuhan Kerikil (kg/m <sup>3</sup> )	1120,55	1118,92
Kebutuhan Air (kg/m <sup>3</sup> )	210	210

**Tabel C.2** Volume rencana pengadukan beton tiap variasi (Umur 28 hari)

<b>Jenis Benda Uji 28 Hari</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>
Silinder tekan	5	0,02649375
Silinder tarik	3	0,01589625
Silinder teg- reg	1	0,00529875
Silinder uji permeabilitas	1	0,00529875
Balok uji Lentur	3	0,015
Balok uji geser	3	0,0075
<b>Volume Total</b>		<b>0,0754875</b>
<b>Pembulatan Volume Total</b>		<b>0,076</b>

Keterangan :

Untuk volume 1 silinder =  $\{0,25 \cdot 3,14 \cdot (0,15)^2 \cdot 0,3\} \text{ m}^3$

Untuk volume 1 balok uji lentur =  $\{0,5 \cdot 0,1 \cdot 0,1\} \text{ m}^3$

Untuk volume 1 balok uji geser =  $\{0,25 \cdot 0,1 \cdot 0,1\} \text{ m}^3$

**Tabel C.3** Kebutuhan bahan dan penambahar: SP pada pengadukan beton 25 MPa umur 28 hari

Sampel Uji	BS25-0%	BS25-5%	BS25-10%	BS25-15%	BS25-20%	BS25-25%	BS25-30%
Pengurangan air (%)	0	5	10	15	20	25	30
Kebutuhan Semen (kg)	39,09	39,09	39,09	39,09	39,09	39,09	39,09
Kebutuhan Pasir (kg)	55,03	55,03	55,03	55,03	55,03	55,03	55,03
Kebutuhan Kerikil (kg)	102,19	102,19	102,19	102,19	102,19	102,19	102,19
Kebutuhan Air (kg)	19,15	18,19	17,24	16,28	15,32	14,36	13,41
Penambahan SP (ml)	100	150	450	500	510	650	1100
Penambahan SP (liter)	0,10	0,15	0,45	0,50	0,51	0,65	1,10
Penambahan SP (kg)	0,117	0,176	0,527	0,585	0,597	0,761	1,287
Keb. Bahan Total (kg)	215,58	214,68	214,07	213,17	212,23	211,43	211,00
<b>Prosentase SP (thd berat semen, %)</b>	<b>0,30</b>	<b>0,45</b>	<b>1,35</b>	<b>1,50</b>	<b>1,53</b>	<b>1,95</b>	<b>3,29</b>

**Tabel C.4** Kebutuhan bahan dan penambahan SP pada pengadukan beton 30 MPa umur 28 hari

Sampel Uji	BN30-0%	BS30-5%	BS30-10%	BS30-15%	BS30-20%	BS30-25%	BS30-30%
Pengurangan air (%)	0	5	10	15	20	25	30
Kebutuhan Semen (kg)	42,56	42,56	42,56	42,56	42,56	42,56	42,56
Kebutuhan Pasir (kg)	52,57	52,57	52,57	52,57	52,57	52,57	52,57
Kebutuhan Kerikil (kg)	102,05	102,05	102,05	102,05	102,05	102,05	102,05
Kebutuhan Air (kg)	19,15	18,19	17,24	16,28	15,32	14,36	13,41
Penambahan SP (ml)	0	150	200	460	400	500	800
Penambahan SP (liter)	0	0,15	0,2	0,46	0,4	0,5	0,8
Penambahan SP (kg)	0,000	0,176	0,234	0,538	0,468	0,585	0,936
Keb. Bahan Total (kg)	216,33	215,54	214,65	213,99	212,96	212,12	211,52
<b>Prosentase SP (thd berat semen, %)</b>	<b>0,00</b>	<b>0,41</b>	<b>0,55</b>	<b>1,26</b>	<b>1,10</b>	<b>1,37</b>	<b>2,20</b>

Keterangan :

Berat jenis SP = 1,17 kg/liter

### Perhitungan kebutuhan bahan untuk pengadukan beton.

♣ Kebutuhan bahan pengadukan = (Kebutuhan bahan *mix design*) x (volume total rencana pengadukan) x (angka aman)

- Untuk Keb. Bahan *mix design* dapat dilihat **Tabel C.1**
- Untuk volume total pengadukan didapat dari **Tabel C.2**, yaitu  $0,076 \text{ m}^3$ .
- Untuk angka aman diambil 1,2

♣ Contoh perhitungan kebutuhan bahan :

1. Kebutuhan semen pada BS25-0%

$$\begin{aligned} \text{Keb. Pc} &= 428,57 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,076 \text{ m}^3 \cdot 1,2 \\ &= 39,09 \text{ kg.} \end{aligned}$$

2. Kebutuhan pasir pada BS25-0%

$$\begin{aligned} \text{Keb. Ps} &= 603,38 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,076 \text{ m}^3 \cdot 1,2 \\ &= 55,03 \text{ kg.} \end{aligned}$$

3. Kebutuhan kerikil pada BS25-0%

$$\begin{aligned} \text{Keb. Kr} &= 1120,55 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,076 \text{ m}^3 \cdot 1,2 \\ &= 102,19 \text{ kg.} \end{aligned}$$

4. Kebutuhan air pada BS25-0%

$$\begin{aligned} \text{Keb. Air} &= 210 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,076 \text{ m}^3 \cdot 1,2 \\ &= 19,15 \text{ kg.} \end{aligned}$$

5. Kebutuhan air pada BS25-5%

$$\begin{aligned} \text{Keb. Air pada pengurangan air 5\%} &= 19,15 - (0,05 \times 19,15) \\ &= 18,19 \text{ kg.} \end{aligned}$$

### Penambahan SP pada pelaksanaan pengadukan beton.

♣ Prosedur penambahan SP sudah dijelaskan pada metode penelitian.

♣ Hasil penambahan SP pada pelaksanaan pengadukan beton dapat dilihat pada **Tabel C.3 dan C.4**. Penambahan dilakukan dengan menggunakan gelas ukur dalam satuan ml dan kemudian satuan dikonversikan menjadi kg.

♣ Persentase SP dihitung berdasarkan berat SP terhadap berat semen.

♣ Contoh perhitungan persentase SP pada BS25-10% (dari **Tabel C.3**) :

$$\begin{aligned} \text{Persentase SP pada BS25-10\%} &= (0,527/39,09) \times 100 \\ &= 1,348 \% \approx 1,35 \% \text{ dari berat semen.} \end{aligned}$$

**Hasil Pengujian Nilai Slump pada Pelaksanaan Pengadukan Beton**

**Tabel C.4** Nilai slump awal dan akhir pada pelaksanaan pengadukan

Mutu Rencana (MPa)	Sampel Uji	Kebutuhan Semen (kg)	Kebutuhan Air (kg)	Nilai FAS	Penambahan SP (%)	Slump awal (mm)	Slump Akhir (mm)
25 Mpa	BS25-0%	39.09	19.15	0.49	0.30	105	167.5
	BS25-5%	39.09	18.19	0.47	0.45	138	167.5
	BS25-10%	39.09	17.24	0.44	1.35	45	172.5
	BS25-15%	39.09	16.28	0.42	1.50	0	172.5
	BS25-20%	39.09	15.32	0.39	1.53	0	165
	BS25-25%	39.09	14.36	0.37	1.95	0	171.5
	BS25-30%	39.09	13.41	0.34	3.29	0	176
30 MPa	BN30-0%	42.56	19.15	0.45	0.00	165	165
	BS30-5%	42.56	18.19	0.43	0.41	135	173
	BS30-10%	42.56	17.24	0.40	0.55	0	180
	BS30-15%	42.56	16.28	0.38	1.26	0	180
	BS30-20%	42.56	15.32	0.36	1.10	0	160
	BS30-25%	42.56	14.36	0.34	1.37	0	177.5
	BS30-30%	42.56	13.41	0.31	2.20	0	180



# LAMPIRAN D

- ▶ Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton
- ▶ Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton
- ▶ Hasil Pengujian Kuat Geser Beton
- ▶ Hasil Pengujian Permeabilitas Beton
- ▶ Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

**Tabel D.1** Hasil uji kuat tarik beton mutu rencana 25 MPa umur 28 hari

Sampel Uji	No.	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	P max (kN)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik rata-rata (MPa)
<b>BS25-0%</b>	1	148	299	13	284,7	4,0978	3,9783
	2	150	296	12,9	255,1	3,6596	
	3	148	300	12,9	291,2	4,1774	
<b>BS25-5%</b>	1	150	298	13,15	215,4	3,0693	3,3631
	2	150	299	13,04	257,5	3,6569	
	3	152	298	13,03	204,2	2,8714*	
<b>BS25-10%</b>	1	150	300	13,15	280,3	3,9674	3,9912
	2	151	299	13,17	263,3	3,7145	
	3	151	298	13,14	303,2	4,2918	
<b>BS25-15%</b>	1	150	301	13,24	220	3,1036	3,3293
	2	152	300	13,32	260,7	3,6415	
	3	150	300	13,11	229,1	3,2427	
<b>BS25-20%</b>	1	150	300	13,14	299,5	4,2392	4,2222
	2	150	302	13,16	286,4	4,0269	
	3	150	300	13,23	310,9	4,4006	
<b>BS25-25%</b>	1	148	301	13,4	331,8	4,7440	4,3194
	2	148	300	13,3	271,5	3,8948	
	3	149	300	13,2	232,9	3,3187*	
<b>BS25-30%</b>	1	148	302	13,4	397	5,6575	4,7647
	2	148	298	13,4	267,9	3,8690	
	3	149	300	13,3	334,6	4,7678	

Keterangan :

Data kuat tarik yang diberi tanda bintang (\*) adalah data yang tidak dipakai untuk perhitungan kuat tarik rata-rata.

**Tabel D.2 Hasil uji kuat tarik beton mutu rencana 30 MPa umur 28 hari**

Sampel Uji	No.	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	P max (kN)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik rata-rata (MPa)
<b>BN30-0%</b>	1	150	300	13,03	204	2,8875	3,8050
	2	150	302	13,06	305,6	4,2969	
	3	150	301	13,1	299,9	4,2308	
<b>BS30-5%</b>	1	150	301	13,07	274,7	3,8753	4,1146
	2	150	300	13,1	219,3	3,1040*	
	3	150	300	13,03	307,6	4,3539	
<b>BS30-10%</b>	1	149	300	13	285,5	4,0682	4,3462
	2	149	299	13	318	4,5464	
	3	149	298	13	308,4	4,4240	
<b>BS30-15%</b>	1	150	300	13,2	295,2	4,1783	4,1005
	2	150	300	13,1	229	3,2413*	
	3	150	300	13,2	284,2	4,0226	
<b>BS30-20%</b>	1	150	300	13,1	243,5	3,4466	3,5081
	2	151	303	13,2	239,2	3,3300	
	3	150	304	13,2	268,3	3,7476	
<b>BS30-25%</b>	1	153	300	13,3	267,1	3,7065	3,8123
	2	152	300	13,4	280,5	3,9180	
	3	151	300	13,3	222,4	3,1271*	
<b>BS30-30%</b>	1	149	302	13,3	398,8	5,6450*	4,6475
	2	151	300	13,3	317,4	4,4628	
	3	150	300	13,2	341,4	4,8323	

Keterangan :

Data kuat tarik yang diberi tanda bintang (\*) adalah data yang tidak dipakai untuk perhitungan kuat tarik rata-rata.

**Tabel D.3** Hasil uji kuat lentur beton mutu rencana 25 MPa

Sampel Uji	No. Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Bentang (cm)	Berat (kg)	P Maks (kgf)	Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Lentur rata-rata (MPa)
<b>BS25-0%</b>	1	50,1	10	10,4	30	12,5	1520	42,1598	4,1333	4,1698
	2	50,4	10,9	10	30	12,5	1560	42,9358	4,2094	
	3	49,5	10,8	10	30	12,2	1530	42,5000	4,1667	
<b>BS25-5%</b>	1	50	10,4	10	30	12,9	1890	54,5192	5,3450*	4,3130
	2	49,2	10,9	10,2	30	12,7	1810	47,8821	4,6943	
	3	51	10,8	9,9	30	12,8	1415	40,1036	3,9317	
<b>BS25-10%</b>	1	50	10,5	9,9	30	12,7	1565	45,6222	4,4728	4,5141
	2	50	10,5	10,3	30	12,7	1255	33,7988	3,3136*	
	3	49,6	10	10,1	30	12,6	1580	46,4660	4,5555	
<b>BS25-15%</b>	1	50	10,9	10,1	30	13,9	1320	35,6144	3,4916*	4,4950
	2	50	11	10,2	30	13,15	1715	44,9565	4,4075	
	3	49,7	10,8	10,4	30	13,1	1820	46,7415	4,5825	
<b>BS25-20%</b>	1	50,5	11,2	10,1	30	13,1	1680	44,1133	4,3248	4,4741
	2	49,5	11,2	9,9	30	12,9	1240	33,8887	3,3224*	
	3	50,3	10,3	9,8	30	13,2	1555	47,1587	4,6234	
<b>BS25-25%</b>	1	50,2	10,4	10,3	30	13,2	1920	52,2053	5,1182	5,5062
	2	50	10	10	30	13	2030	60,9000	5,9706	
	3	50,1	10,4	10	30	12,8	1920	55,3846	5,4299	
<b>BS25-30%</b>	1	50,5	10,9	10	30	13,6	1850	50,9174	4,9919	5,6057
	2	49	10,8	10,8	30	12,8	2180	51,9166	5,0899	
	3	50,1	10	10	30	12,8	2290	68,7000	6,7353	

**Keterangan :**  
 Data kuat lentur yang diberi tanda bintang (\*) adalah data yang tidak dipakai untuk perhitungan kuat lentur rata-rata.

**Tabel D.4** Hasil uji kuat lentur beton mutu rencana 30 MPa

Sampel Uji	No. Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Bentang (cm)	Berat (kg)	P Maks (kgf)	Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Lentur rata-rata (MPa)
<b>BN30-0%</b>	1	50,5	10,9	10,4	30	12,6	1670	42,4957	4,1662	4,0066
	2	50,4	10,4	10	30	12,3	1425	41,1058	4,0300	
	3	49,5	11	10	30	12,65	1430	39,0000	3,8235	
<b>BS30-5%</b>	1	49,2	10,2	10,1	30	12,4	1680	48,4382	4,7488*	4,0915
	2	50,7	10,4	10,2	30	12,8	1480	41,0345	4,0230	
	3	50,9	10,5	10,1	30	12,8	1515	42,4328	4,1601	
<b>BS30-10%</b>	1	49,8	10,1	10	30	12,8	1850	54,9505	5,3873*	4,8798
	2	50	10,2	10,3	30	12,8	1740	48,2387	4,7293	
	3	49,8	10,2	10,2	30	12,8	1815	51,3095	5,0303	
<b>BS30-15%</b>	1	50	10	10,2	30	12,9	1580	45,5594	4,4666	4,5072
	2	50	10,2	10	30	12,6	1650	48,5294	4,7578	
	3	51	10	10,3	30	12,5	1550	43,8307	4,2971	
<b>BS30-20%</b>	1	49,8	10	10	30	12,7	1530	45,9000	4,5000	4,6277
	2	50	10	10,3	30	13	1710	48,3552	4,7407	
	3	50	10,2	10	30	12,4	1610	47,3529	4,6424	
<b>BS30-25%</b>	1	49,8	10,7	10,1	30	12,9	1730	47,5489	4,6617	4,9321
	2	50	10,5	10	30	12,7	2130	60,8571	5,9664*	
	3	50,6	10,6	10	30	13,1	1875	53,0660	5,2026	
<b>BS30-30%</b>	1	49,5	10,7	10,1	30	13	2280	62,6657	6,1437	6,1116
	2	50,5	10	10	30	12,8	2030	60,9000	5,9706	
	3	49,8	10	10,1	30	12,8	2157,5	63,4497	6,2206	

Keterangan :

Data kuat lentur yang diberi tanda bintang (\*) adalah data yang tidak dipakai untuk perhitungan kuat lentur rata-rata.

**Tabel D.5** Hasil uji kuat geser beton mutu rencana 25 Mpa

Sampel Uji	No	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Luas (mm <sup>2</sup> )	P max (kN)	Kuat Geser (MPa)	Kuat Geser rata-rata (MPa)
<b>BS25-0%</b>	1	245	102	104	6,2	10608	111,5	5,2555*	4,1223
	2	252	102	100	6,2	10200	87,6	4,2941	
	3	237	101	100	5,7	10100	79,8	3,9505	
<b>BS25-5%</b>	1	245	100	98	6,1	9800	73,2	3,7347	4,7163
	2	243	108	93	6,2	10044	100,5	5,0030	
	3	249	103	102	6,2	10506	113,7	5,4112	
<b>BS25-10%</b>	1	247	100	98	6	9800	124,6	6,3571	5,0345
	2	247	100	102	6,3	10200	89	4,3627	
	3	249	100	103	6,3	10300	90,3	4,3835	
<b>BS25-15%</b>	1	245	115	102	6,6	11730	148,2	6,3171*	5,5522
	2	243	111	101	6,33	11211	117,5	5,2404	
	3	248	97	101	6,32	9797	114,9	5,8640	
<b>BS25-20%</b>	1	251	99	100	6,22	9900	114	5,7576	5,5863
	2	242	105	104	6,3	10920	46,9	2,1474*	
	3	247	105	105	6,56	11025	119,4	5,4150	
<b>BS25-25%</b>	1	249	98	100	6,3	9800	95	4,8469*	5,6185
	2	238	100	100	6,2	10000	119,4	5,9700	
	3	240	103	100	6,1	10300	108,5	5,2670	
<b>BS25-30%</b>	1	250	106	100	6,5	10600	141,1	6,6557	6,7630
	2	230	108	100	6,4	10800	148,4	6,8704	
	3	246	97	102	6,2	9894	169	8,5405*	

Keterangan :

Data kuat geser yang diberi tanda bintang (\*) adalah data yang tidak dipakai untuk perhitungan kuat geser rata-rata.

**Tabel D.6** Hasil uji kuat geser beton mutu rencana 30 Mpa

Sampel Uji	No	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Luas (mm <sup>2</sup> )	P max (kN)	Kuat Geser (MPa)	Kuat Geser rata-rata (MPa)
<b>BN30-0%</b>	1	239	104	100	5,75	10400	95,3	4,5817	4,7594
	2	247	98	103	6,05	10094	55,5	2,7492*	
	3	249	102	98	5,87	9996	98,7	4,9370	
<b>BS30-5%</b>	1	240	102	102	6,13	10404	124,5	5,9833*	5,1598
	2	240	103	101	6,2	10403	106	5,0947	
	3	263	100	100	6,78	10000	104,5	5,2250	
<b>BS30-10%</b>	1	238	101	100	6,1	10100	152,1	7,5297	7,0554
	2	248	100	100	6,1	10000	153,5	7,6750	
	3	245	99	102	6,3	10098	120,4	5,9616	
<b>BS30-15%</b>	1	240	99	100	6	9900	148,2	7,4848	7,4780
	2	240	98	101	5,8	9898	147,9	7,4712	
	3	232	100	101	5,85	10100	110,8	5,4851*	
<b>BS30-20%</b>	1	255	100	100	6,7	10000	86	4,3000	4,7017
	2	246	100	100	6,2	10000	109,8	5,4900	
	3	241	100	100	6,3	10000	86,3	4,3150	
<b>BS30-25%</b>	1	240	98	100	6,1	9800	88,3	4,5051*	5,2331
	2	240	106	100	6,1	10600	112	5,2830	
	3	246	101	100	6,3	10100	104,7	5,1832	
<b>BS30-30%</b>	1	247	102	101	6,2	10302	169,4	8,2217	8,7244
	2	245	102	101	6,3	10302	184	8,9303	
	3	243	94	99	6,2	9306	167,9	9,0211	

Keterangan :

Data kuat geser yang diberi tanda bintang (\*) adalah data yang tidak dipakai untuk perhitungan kuat geser rata-rata.

**Tabel C.7** Hasil uji permeabilitas beton mutu rencana 25 MPa

Sampel Uji	BS25-0%			
	Kedalaman Resapan Air (mm)			
Titik	Sisi Kiri	Sisi Kanan	Sisi Atas	Sisi Bawah
1	30	25	30	10
2	25	23	30	10
Kedalaman Resapan Air rata-rata tiap titik (mm)	27.5	24	30	10
P max (kN)	.....			
Waktu Perendaman (menit)	60			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (m)	0.02288			
Permaebilitas Air (m/mnt)	0.00038125			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (mm)	22.875			
Permaebilitas (mm/dtk)	0.006354			

Sampel Uji	BS25-5%			
	Kedalaman Resapan Air (mm)			
Titik	Sisi Kiri	Sisi Kanan	Sisi Atas	Sisi Bawah
1	11.3	13.3	16	10
2	10	11.3	13	10
Kedalaman Resapan Air rata-rata tiap titik (mm)	10.65	12.3	14.5	10
P max (kN)				
Waktu Perendaman (menit)	60			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (m)	0.01186			
Permaebilitas Air (m/mnt)	0.000197708			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (mm)	11.8625			
Permaebilitas (mm/dtk)	0.003295			

Sampel Uji	BS25-10%			
	Kedalaman Resapan Air (mm)			
Titik	Sisi Kiri	Sisi Kanan	Sisi Atas	Sisi Bawah
1	13	10	11.3	10
2	10	10	10	10
Kedalaman Resapan Air rata-rata tiap titik (mm)	11.5	10	10.65	10
P max (kN)				
Waktu Perendaman (menit)	60			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (m)	0.01054			
Permaebilitas Air (m/mnt)	0.000175625			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (mm)	10.5375			
Permaebilitas (mm/dtk)	0.002927			



Sampel Uji		BS25-15%			
Titik	Kedalaman Resapan Air (mm)				
	Sisi Kiri	Sisi Kanan	Sisi Atas	Sisi Bawah	
1	17	18	17	12	
2	17	18	17	12	
Kedalaman Resapan Air rata-rata tiap titik (mm)		17	18	17	12
P max (kN)		244.7			
Waktu Perendaman (menit)		60			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (m)		0.01600			
Permaebilitas Air (m/mnt)		0.000266667			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (mm)		16			
Permaebilitas (mm/dtk)		0.004444			

Sampel Uji		BS25-20%			
Titik	Kedalaman Resapan Air (mm)				
	Sisi Kiri	Sisi Kanan	Sisi Atas	Sisi Bawah	
1	17	18	21	19	
2	17	18	21	19	
Kedalaman Resapan Air rata-rata tiap titik (mm)		17	18	21	19
P max (kN)					
Waktu Perendaman (menit)		60			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (m)		0.01875			
Permaebilitas Air (m/mnt)		0.0003125			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (mm)		18.75			
Permaebilitas (mm/dtk)		0.005208			

Sampel Uji		BS25-25%			
Titik	Kedalaman Resapan Air (mm)				
	Sisi Kiri	Sisi Kanan	Sisi Atas	Sisi Bawah	
1	20	20	20	10	
2	30	18	20	10	
Kedalaman Resapan Air rata-rata tiap titik (mm)		25	19	20	10
P max (kN)					
Waktu Perendaman (menit)		60			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (m)		0.01850			
Permaebilitas Air (m/mnt)		0.000308333			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (mm)		18.5			
Permaebilitas (mm/dtk)		0.005139			

Sampel Uji	BS25-30%			
	Kedalaman Resapan Air (mm)			
Titik	Sisi Kiri	Sisi Kanan	Sisi Atas	Sisi Bawah
1	20	18	15	15
2	15	17	10	15
Kedalaman Resapan Air rata-rata tiap titik (mm)	17.5	17.5	12.5	15
P max (kN)				
Waktu Perendaman (menit)	60			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (m)	0.01563			
Permaebilitas Air (m/mnt)	0.000260417			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (mm)	15.625			
Permaebilitas (mm/dtk)	0.004340			

**Tabel C.8** Hasil uji permeabilitas beton mutu rencana 30 MPa

Sampel Uji	BN30-0%			
	Kedalaman Resapan Air (mm)			
Titik	Sisi Kiri	Sisi Kanan	Sisi Atas	Sisi Bawah
1	20	30	35	10
2	20	30	35	10
Kedalaman Resapan Air rata-rata tiap titik (mm)	20	30	35	10
P max (kN)	212.6			
Waktu Perendaman (menit)	60			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (m)	0.02375			
Permaebilitas Air (m/mnt)	0.000395833			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (mm)	23.75			
Permaebilitas (mm/dtk)	0.006597			

Sampel Uji	BS30-5%			
	Kedalaman Resapan Air (mm)			
Titik	Sisi Kiri	Sisi Kanan	Sisi Atas	Sisi Bawah
1	16	13	16	8
2	15	15	19	10
Kedalaman Resapan Air rata-rata tiap titik (mm)	15.5	14	17.5	9
P max (kN)	239.6			
Waktu Perendaman (menit)	60			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (m)	0.01400			
Permaebilitas Air (m/mnt)	0.000233333			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (mm)	14			
Permaebilitas (mm/dtk)	0.003889			

Sampel Uji	BS30-10%			
	Kedalaman Resapan Air (mm)			
Titik	Sisi Kiri	Sisi Kanan	Sisi Atas	Sisi Bawah
1	15	15	10	5
2	15	15	15	5
Kedalaman Resapan Air rata-rata tiap titik (mm)	15	15	12.5	5
P max (kN)	189.4			
Waktu Perendaman (menit)	60			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (m)	0.01188			
Permaebilitas Air (m/mnt)	0.000197917			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (mm)	11.875			
Permaebilitas (mm/dtk)	0.003299			

Sampel Uji		BS30-15%			
Titik		Kedalaman Resapan Air (mm)			
		Sisi Kiri	Sisi Kanan	Sisi Atas	Sisi Bawah
1		10	15	10	5
2		15	10	10	8
Kedalaman Resapan Air rata-rata tiap titik (mm)		12.5	12.5	10	6.5
P max (kN)		269.3			
Waktu Perendaman (menit)		60			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (m)		0.01038			
Permaeabilitas Air (m/mnt)		0.000172917			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (mm)		10.375			
Permaeabilitas (mm/dtk)		0.002882			

Sampel Uji		BS30-20%			
Titik		Kedalaman Resapan Air (mm)			
		Sisi Kiri	Sisi Kanan	Sisi Atas	Sisi Bawah
1		15	15	15	10
2		15	15	15	10
Kedalaman Resapan Air rata-rata tiap titik (mm)		15	15	15	10
P max (kN)		243.7			
Waktu Perendaman (menit)		60			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (m)		0.01375			
Permaeabilitas Air (m/mnt)		0.000229167			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (mm)		13.75			
Permaeabilitas (mm/dtk)		0.003819			

Sampel Uji		BS30-25%			
Titik		Kedalaman Resapan Air (mm)			
		Sisi Kiri	Sisi Kanan	Sisi Atas	Sisi Bawah
1		15	15	15	7
2		15	12	15	10
Kedalaman Resapan Air rata-rata tiap titik (mm)		15	13.5	15	8.5
P max (kN)		315.1			
Waktu Perendaman (menit)		60			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (m)		0.01300			
Permaeabilitas Air (m/mnt)		0.000216667			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (mm)		13			
Permaeabilitas (mm/dtk)		0.003611			

Sampel Uji	BS30-30%			
Titik	Kedalaman Resapan Air (mm)			
	Sisi Kiri	Sisi Kanan	Sisi Atas	Sisi Bawah
1	12	10	10	7
2	13	10	15	8
Kedalaman Resapan Air rata-rata tiap titik (mm)	12.5	10	12.5	7.5
P max (kN)	302.6			
Waktu Perendaman (menit)	60			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (m)	0.01063			
Permaebilitas Air (m/mnt)	0.000177083			
Kedalaman Resapan Air rata-rata (mm)	10.625			
Permaebilitas (mm/dtk)	0.002951			

**Tabel D.9** Hasil uji kuat tekan beton mutu rencana 25 MPa  
(data hasil pengujian Firmansyah)

Sampel Uji	Silinder	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
<b>BS25-0%</b>	1	14,9	174,28	594,30	34,1007	33,7465
	2	14,7	169,63	566,40	33,3902	
	3	14,8	171,95	530,40	30,8468*	
	4	14,8	171,95	524,74	30,5176*	
	5	14,9	174,28	608,70	34,9270	
	6	14,8	171,95	560	32,5683	
<b>BS25-5%</b>	1	15,1	178,99	656,70	36,6896	36,4670
	2	15	176,63	568,40	32,1812*	
	3	15	176,63	641,30	36,3086	
	4	15	176,63	549,10	31,0885*	
	5	15,2	181,37	674,70	37,2009	
	6	15	176,63	630	35,6688	
<b>BS25-10%</b>	1	15	176,63	671,00	37,9901	37,5852
	2	15,1	178,99	599,60	33,4995*	
	3	15,1	178,99	626,90	35,0247*	
	4	15,2	181,37	653,50	36,0320	
	5	14,9	174,28	659,10	37,8189	
	6	15	176,63	680	38,4996	
<b>BS25-15%</b>	1	14,95	175,45	758,80	43,2489	41,2977
	2	15	176,63	595,50	33,7155*	
	3	15	176,63	700,00	39,6320	
	4	15	176,63	703,80	39,8471	
	5	15	176,63	564,50	31,9604*	
	6	15	176,63	750	42,4628	
<b>BS25-20%</b>	1	15,1	178,99	642,90	35,9186*	43,5642
	2	15,1	178,99	691,80	38,6507*	
	3	15	176,63	547,10	30,9752*	
	4	15	176,63	731,90	41,4381	
	5	15,2	181,37	829,20	45,7196	
	6	15,3	183,76	800	43,5349	

Sambungan dari **Tabel D.9**.

Sampel Uji	Silinder	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
<b>BS25-25%</b>	1	14,9	174,28	753,90	43,2585	45,8731
	2	14,8	171,95	842,50	48,9978	
	3	14,9	174,28	730,00	41,8871*	
	4	15	176,63	696,50	39,4338*	
	5	15,1	178,99	590,90	33,0134*	
	6	14,8	171,95	780	45,3630	
<b>BS25-30%</b>	1	15	176,63	875,40	49,5626	49,1983
	2	14,8	171,95	817,40	47,5381	
	3	14,8	171,95	1337,00	77,7568*	
	4	14,8	171,95	697,30	40,5533*	
	5	14,9	174,28	880,00	50,4941	
	6	14,8	171,95	0	0,0000*	

Keterangan :

Data kuat tekan yang diberi tanda bintang (\*) adalah data yang tidak dipakai untuk perhitungan kuat tekan rata-rata.

**Tabel D.10** Hasil uji kuat tekan beton mutu rencana 30 MPa  
(data hasil pengujian M.Arief Amirudin)

Sampel Uji	Silinder	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
<b>BN30-0%</b>	1	15	176,72	507,5	28,7186*	31,7585
	2	15	176,72	525,9	29,7598	
	3	15	176,72	545,4	30,8633	
	4	15,3	183,85	637,1	34,6524	
	5	15	176,72	683,5	38,6781*	
<b>BS30-5%</b>	1	15	176,72	673,9	38,1348	32,5633
	2	15	176,72	524,1	29,6579	
	3	14,9	174,37	609,4	34,9493	
	4	15	176,72	546,2	30,9085	
	5	15,1	179,08	522,3	29,1659	
<b>BS30-10%</b>	1	15	176,72	820,3	46,4194*	37,6437
	2	15	176,72	666,6	37,7218	
	3	14,9	174,37	570,7	32,7299	
	4	14,8	172,03	760,9	44,2296*	
	5	14,9	174,37	740,7	42,4795	
<b>BS30-15%</b>	1	15	176,72	804,6	45,5309*	38,6731
	2	15	176,72	895,3	50,6635*	
	3	15,1	179,08	679	37,9162	
	4	15	176,72	627	35,4809	
	5	15	176,72	753,2	42,6223	
<b>BS30-20%</b>	1	15,2	181,46	808,7	44,5666	44,2744
	2	14,9	174,37	777,5	44,5899	
	3	14,9	174,37	761,4	43,6666	
	4	14,9	174,37	724,8	41,5676*	
	5	15,1	179,08	489	27,3064*	



Sambungan dari **Tabel D.10.**

Sampel Uji	Silinder	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
<b>BS30-25%</b>	1	15,1	179,08	999,7	55,8245	55,6171
	2	14,9	174,37	1001	57,4078*	
	3	15	176,72	986,9	55,8470	
	4	14,9	174,37	1006	57,6945	
	5	15	176,72	938,4	53,1025	
<b>BS30-30%</b>	1	15	176,72	877,2	49,6392*	62,2388
	2	14,6	167,42	1089	65,0476	
	3	15	176,72	1037	58,6821	
	4	14,9	174,37	1108	63,5443	
	5	15	176,72	1090	61,6812	

Keterangan :

Data kuat tekan yang diberi tanda bintang (\*) adalah data yang tidak dipakai untuk perhitungan kuat tekan rata-rata.

# LAMPIRAN E

► Berat Volume Beton Keras

**Tabel E.1** Berat volume beton uji kuat tarik 25 MPa

Sampel Uji	NO	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Tinggi (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (gram)	Berat Volume (gr/cm <sup>3</sup> )	Berat Volume rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
BS25-0%	1	148	299	13	171,9464	29,9	514,1,1974	13000	2,5286	2,4989
	2	150	296	12,9	176,6250	29,6	5228,1000	12900	2,4674	
	3	148	300	12,9	171,9464	30,0	5158,3920	12900	2,5008	
BS25-5%	1	150	298	13,15	176,6250	29,8	5263,4250	13150	2,4984	2,4838
	2	150	299	13,04	176,6250	29,9	5281,0875	13040	2,4692	
	3	152	298	13,03	181,3664	29,8	5404,7187	13030	2,4109*	
BS25-10%	1	150	300	13,15	176,6250	30,0	5298,7500	13150	2,4817	2,4687
	2	151	299	13,17	178,9879	29,9	5351,7367	13170	2,4609	
	3	151	298	13,14	178,9879	29,8	5333,8379	13140	2,4635	
BS25-15%	1	150	301	13,24	176,6250	30,1	5316,4125	13240	2,4904	2,4709
	2	152	300	13,32	181,3664	30,0	5440,9920	13320	2,4481	
	3	150	300	13,11	176,6250	30,0	5298,7500	13110	2,4742	
BS25-20%	1	150	300	13,14	176,6250	30,0	5298,7500	13140	2,4798	2,4813
	2	150	302	13,16	176,6250	30,2	5334,0750	13160	2,4672	
	3	150	300	13,23	176,6250	30,0	5298,7500	13230	2,4968	
BS25-25%	1	148	301	13,4	171,9464	30,1	5175,5866	13400	2,5891	2,5837
	2	148	300	13,3	171,9464	30,0	5158,3920	13300	2,5783	
	3	149	300	13,2	174,2779	30,0	5228,3355	13200	2,5247*	
BS25-30%	1	148	302	13,4	171,9464	30,2	5192,7813	13400	2,5805	2,5798
	2	148	298	13,4	171,9464	29,8	5124,0027	13400	2,6151	
	3	149	300	13,3	174,2779	30,0	5228,3355	13300	2,5438	

**Tabel E.2** Berat volume beton uji kuat tarik 30 MPa

Sampel Uji	NO	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Tinggi (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (gram)	Berat Volume (gr/cm <sup>3</sup> )	Berat Volume rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
BN30-0%	1	150	300	13,03	176,6250	30,0	5298,7500	13030	2,4591	2,4572
	2	150	302	13,06	176,6250	30,2	5334,0750	13060	2,4484	
	3	150	301	13,1	176,6250	30,1	5316,4125	13100	2,4641	
BS30-5%	1	150	301	13,07	176,6250	30,1	5316,4125	13070	2,4584	2,4587
	2	150	300	13,1	176,6250	30,0	5298,7500	13100	2,4723*	
	3	150	300	13,03	176,6250	30,0	5298,7500	13030	2,4591	
BS30-10%	1	149	300	13	174,2779	30,0	5228,3355	13000	2,4865	2,4948
	2	149	299	13	174,2779	29,9	5210,9077	13000	2,4948	
	3	149	298	13	174,2779	29,8	5193,4799	13000	2,5031	
BS30-15%	1	150	300	13,2	176,6250	30,0	5298,7500	13200	2,4912	2,4912
	2	150	300	13,1	176,6250	30,0	5298,7500	13100	2,4723*	
	3	150	300	13,2	176,6250	30,0	5298,7500	13200	2,4912	
BS30-20%	1	150	300	13,1	176,6250	30,0	5298,7500	13100	2,4723	2,4549
	2	151	303	13,2	178,9879	30,3	5423,3319	13200	2,4339	
	3	150	304	13,2	176,6250	30,4	5369,4000	13200	2,4584	
BS30-25%	1	153	300	13,3	183,7607	30,0	5512,8195	13300	2,4126	2,4377
	2	152	300	13,4	181,3664	30,0	5440,9920	13400	2,4628	
	3	151	300	13,3	178,9879	30,0	5369,6355	13300	2,4769*	
BS30-30%	1	149	302	13,3	174,2779	30,2	5263,1911	13300	2,5270*	2,4840
	2	151	300	13,3	178,9879	30,0	5369,6355	13300	2,4769	
	3	150	300	13,2	176,6250	30,0	5298,7500	13200	2,4912	

Tabel E.3 Berat volume beton uji kuat lentur 25 MPa

Sampel Uji	NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (gram)	Berat Volume (gr/cm <sup>3</sup> )	Berat Volume rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
BS25-0%	1	501	100	104	12,5	5210,4000	12500	2,3990	2,3188
	2	504	109	100	12,5	5493,6000	12500	2,2754	
	3	495	108	100	12,2	5346,0000	12200	2,2821	
BS25-5%	1	500	104	100	12,9	5200,0000	12900	2,4808*	2,3345
	2	492	109	102	12,7	5470,0560	12700	2,3217	
	3	510	108	99	12,8	5452,9200	12800	2,3474	
BS25-10%	1	500	105	99	12,7	5197,5000	12700	2,4435	2,4793
	2	500	105	103	12,7	5407,5000	12700	2,3486*	
	3	496	100	101	12,6	5009,6000	12600	2,5152	
BS25-15%	1	500	109	101	13,9	5504,5000	13900	2,5252*	2,3454
	2	500	110	102	13,15	5610,0000	13150	2,3440	
	3	497	108	104	13,1	5582,3040	13100	2,3467	
BS25-20%	1	505	112	101	13,1	5712,5600	13100	2,2932	2,4465
	2	495	112	99	12,9	5488,5600	12900	2,3503*	
	3	503	103	98	13,2	5077,2820	13200	2,5998	
BS25-25%	1	502	104	103	13,2	5377,4240	13200	2,4547	2,5038
	2	500	100	100	13	5000,0000	13000	2,6000	
	3	501	104	100	12,8	5210,4000	12800	2,4566	
BS25-30%	1	505	109	100	13,6	5504,5000	13600	2,4707	2,4217
	2	490	108	108	12,8	5715,3600	12800	2,2396	
	3	501	100	100	12,8	5010,0000	12800	2,5549	

**Tabel E.4** Berat volume beton uji kuat lentur 30 MPa

Sampel Uji	NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (gram)	Berat Volume (gr/cm <sup>3</sup> )	Berat Volume rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
BN30-0%	1	505	109	104	12,6	5724,6800	12600	2,2010	2,2903
	2	504	104	100	12,3	5241,6000	12300	2,3466	
	3	495	110	100	12,65	5445,0000	12650	2,3232	
BS30-5%	1	492	102	101	12,4	5068,5840	12400	2,4464*	2,3756
	2	507	104	102	12,8	5378,2560	12800	2,3800	
	3	509	105	101	12,8	5397,9450	12800	2,3713	
BS30-10%	1	498	101	100	12,8	5029,8000	12800	2,5448*	2,4536
	2	500	102	103	12,8	5253,0000	12800	2,4367	
	3	498	102	102	12,8	5181,1920	12800	2,4705	
BS30-15%	1	500	100	102	12,9	5100,0000	12900	2,5294	2,4599
	2	500	102	100	12,6	5100,0000	12600	2,4706	
	3	510	100	103	12,5	5253,0000	12500	2,3796	
BS30-20%	1	498	100	100	12,7	4980,0000	12700	2,5502	2,5019
	2	500	100	103	13	5150,0000	13000	2,5243	
	3	500	102	100	12,4	5100,0000	12400	2,4314	
BS30-25%	1	498	107	101	12,9	5381,8860	12900	2,3969	2,4197
	2	500	105	100	12,7	5250,0000	12700	2,4190*	
	3	506	106	100	13,1	5363,6000	13100	2,4424	
BS30-30%	1	495	107	101	13	5349,4650	13000	2,4301	2,5032
	2	505	100	100	12,8	5050,0000	12800	2,5347	
	3	498	100	101	12,8	5029,8000	12800	2,5448	

**Tabel E.5** Berat volume beton uji kuat geser 25 MPa

Sampel Uji	NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (gram)	Berat Volume (gr/cm <sup>3</sup> )	Berat Volume rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
BS25-0%	1	245	102	104	6,2	2598,9600	6200	2,3856*	2,3967
	2	252	102	100	6,2	2570,4000	6200	2,4121	
	3	237	101	100	5,7	2393,7000	5700	2,3813	
BS25-5%	1	245	100	98	6,1	2401,0000	6100	2,5406	2,4836
	2	243	108	93	6,2	2440,6920	6200	2,5403	
	3	249	103	102	6,2	2615,9940	6200	2,3700	
BS25-10%	1	247	100	98	6	2420,6000	6000	2,4787	2,4786
	2	247	100	102	6,3	2519,4000	6300	2,5006	
	3	249	100	103	6,3	2564,7000	6300	2,4564	
BS25-15%	1	245	115	102	6,6	2873,8500	6600	2,2966*	2,4624
	2	243	111	101	6,33	2724,2730	6330	2,3236	
	3	248	97	101	6,32	2429,6560	6320	2,6012	
BS25-20%	1	251	99	100	6,22	2484,9000	6220	2,5031	2,4560
	2	242	105	104	6,3	2642,6400	6300	2,3840*	
	3	247	105	105	6,56	2723,1750	6560	2,4090	
BS25-25%	1	249	98	100	6,3	2440,2000	6300	2,5818*	2,5363
	2	238	100	100	6,2	2380,0000	6200	2,6050	
	3	240	103	100	6,1	2472,0000	6100	2,4676	
BS25-30%	1	250	106	100	6,5	2650,0000	6500	2,4528	2,5255
	2	230	108	100	6,4	2484,0000	6400	2,5765	
	3	246	97	102	6,2	2433,9240	6200	2,5473	

Tabel E.6 Berat volume beton uji kuat geser 30 MPa

Sampel Uji	NO	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (gram)	Berat Volume (gr/cm <sup>3</sup> )	Berat Volume rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
BN30-0%	1	239	104	100	5,75	2485,6000	5750	2,3133	2,3358
	2	247	98	103	6,05	2493,2180	6050	2,4266*	
	3	249	102	98	5,87	2489,0040	5870	2,3584	
BS30-5%	1	240	102	102	6,13	2496,9600	6130	2,4550*	2,5306
	2	240	103	101	6,2	2496,7200	6200	2,4833	
	3	263	100	100	6,78	2630,0000	6780	2,5779	
BS30-10%	1	238	101	100	6,1	2403,8000	6100	2,5376	2,5146
	2	248	100	100	6,1	2480,0000	6100	2,4597	
	3	245	99	102	6,3	2474,0100	6300	2,5465	
BS30-15%	1	240	99	100	6	2376,0000	6000	2,5253	2,4834
	2	240	98	101	5,8	2375,5200	5800	2,4416	
	3	232	100	101	5,85	2343,2000	5850	2,4966*	
BS30-20%	1	255	100	100	6,2	2550,0000	6200	2,4314	2,5219
	2	246	100	100	6,2	2460,0000	6200	2,5203	
	3	241	100	100	6,3	2410,0000	6300	2,6141	
BS30-25%	1	240	98	100	6,1	2352,0000	6100	2,5935*	2,4667
	2	240	106	100	6,1	2544,0000	6100	2,3978	
	3	246	101	100	6,3	2484,6000	6300	2,5356	
BS30-30%	1	247	102	101	6,2	2544,5940	6200	2,4365	2,5581
	2	245	102	101	6,3	2523,9900	6300	2,4960	
	3	243	94	99	6,2	2261,3580	6200	2,7417	



# LAMPIRAN F

► Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian

## Persiapan Bahan Penyusun Beton dan Pelaksanaan Pengadukan Beton



**Gambar 1**  
Pengayakan Pasir



**Gambar 2**  
Pengayakan Kerikil



**Gambar 3**  
Pencucian Kerikil



**Gambar 4**  
Penyimpanan Pasir dan Kerikil ke dalam Karung Goni



**Gambar 5**  
Penyimpanan Karung Goni di tempat yang Terlindung



**Gambar 6**  
Penimbangan Material Penyusun Beton



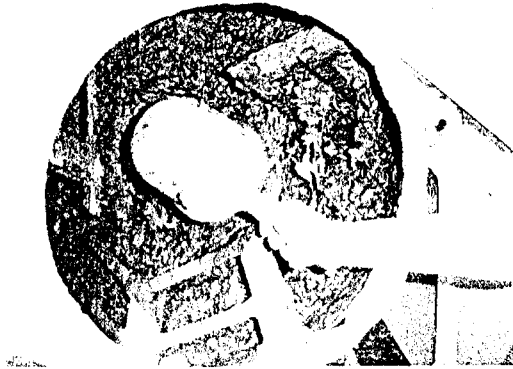
**Gambar 7**  
Penyiapan *Superplasticizer* (SP) ke dalam Gelas Ukur



**Gambar 8**  
Penyiapan Alat Cetak dan Alat Pembantu Pengadukan Beton



**Gambar 9**  
Pelaksanaan Pengadukan Campuran Beton



**Gambar 10**  
Penambahan *Superplasticizer* ke dalam Adukan Beton



**Gambar 11**  
Pengujian Nilai Slump Sebelum Penambahan SP



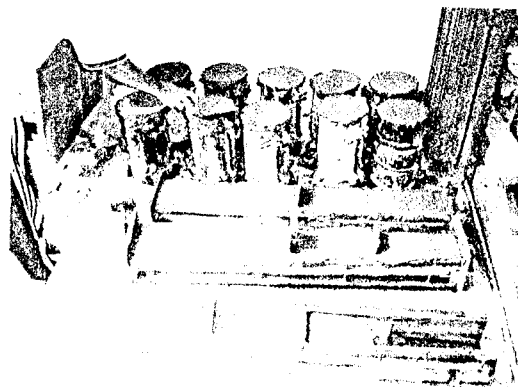
**Gambar 12**  
Pengujian Nilai Slump Setelah Penambahan SP



**Gambar 13**  
Penuangan Adukan Beton dari Molen

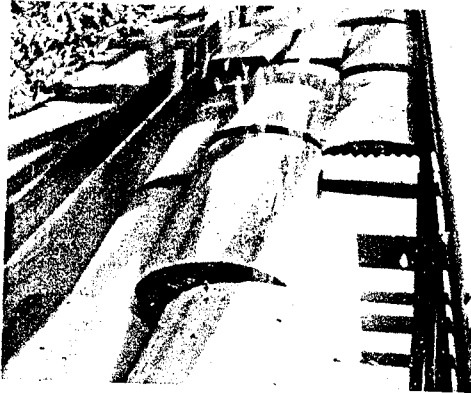


**Gambar 14**  
Penuangan dan Pemasatan Adukan Beton dalam Cetakan

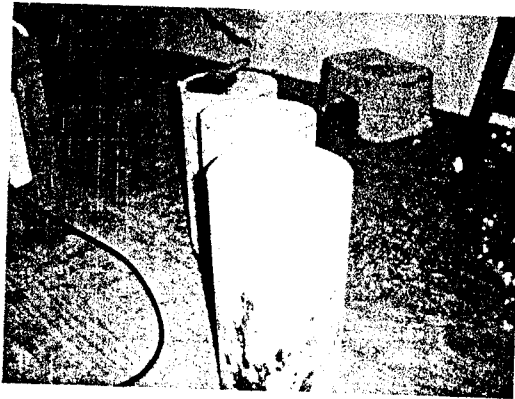


**Gambar 15**  
Pencetakan Benda Uji Tekan, Tarik, Permeabilitas, Lentur  
dan Geser Beton

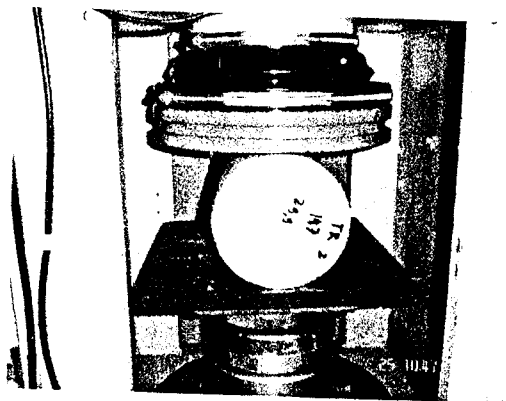
## Perawatan Beton, Pelaksanaan Pengujian Beton dan Hasil Pengujian Beton



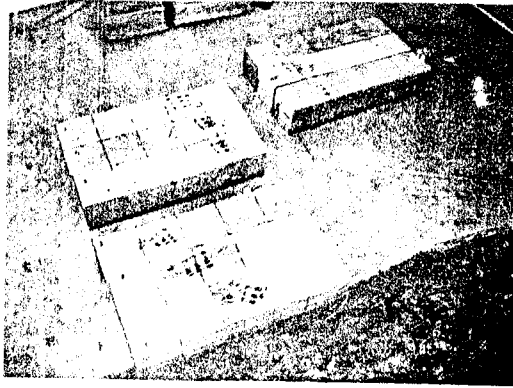
**Gambar 16**  
Perawatan Beton dengan Perendaman



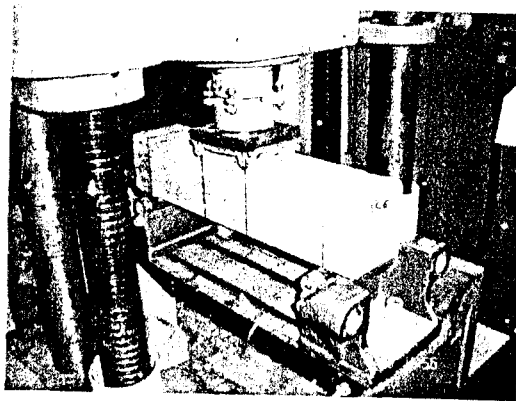
**Gambar 17**  
Benda Uji Kuat Tarik, Permeabilitas dan Kuat Tekan Beton



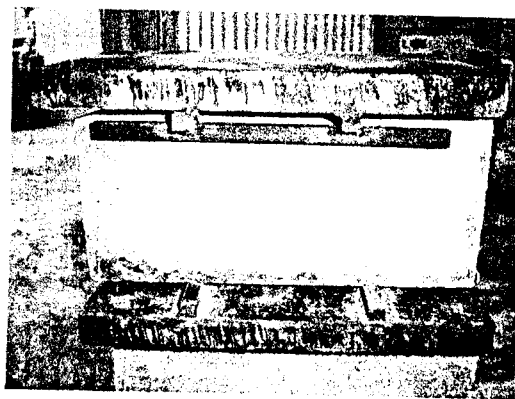
**Gambar 18**  
Pengujian Kuat Tarik dan Permeabilitas Beton



**Gambar 19**  
Persiapan Benda Uji Kuat Lentur Beton

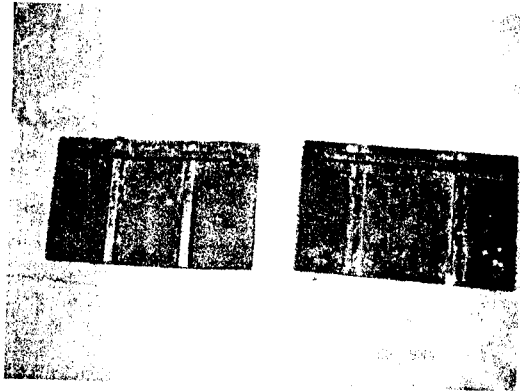


**Gambar 20**  
Pengujian Kuat Lentur Beton

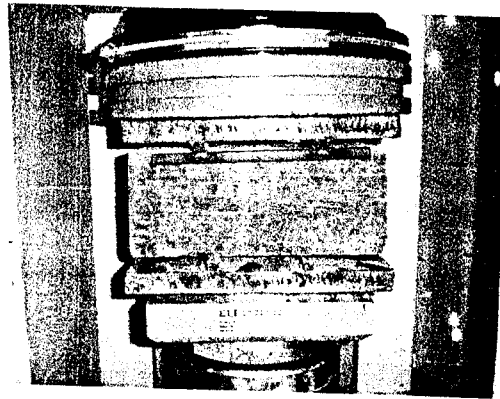


**Gambar 21**  
Persiapan Pengujian Kuat Geser Beton

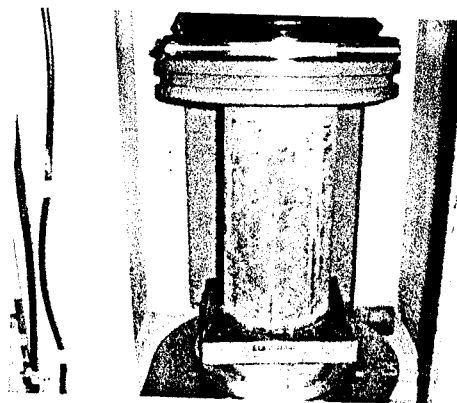




**Gambar 22**  
Persiapan Alat Perletakan Benda Uji Kuat Geser Beton



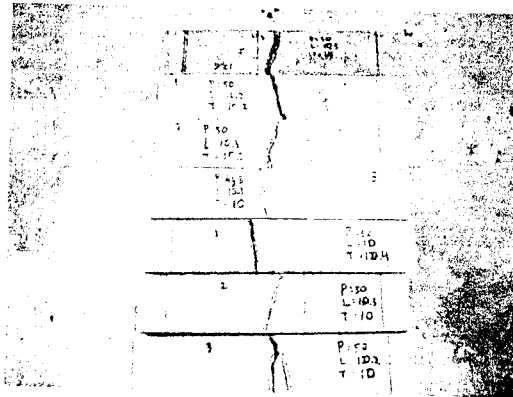
**Gambar 23**  
Pengujian Kuat Geser Beton



**Gambar 24**  
Pengujian Kuat Tekan Beton



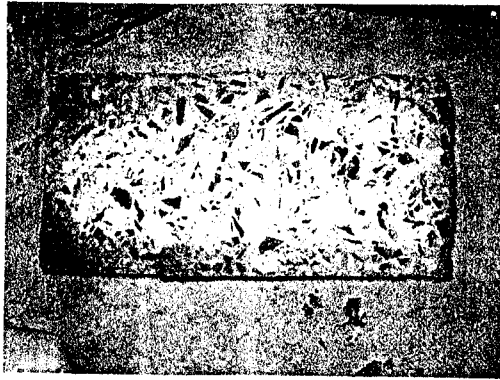
**Gambar 25**  
Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton



**Gambar 26**  
Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton



**Gambar 27**  
Hasil Pengujian Kuat Geser Beton

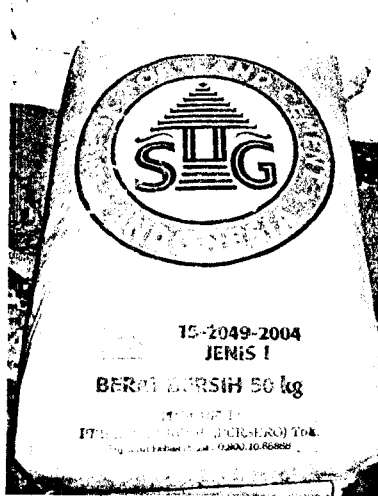


**Gambar 28**  
Hasil Pengujian Kuat Tarik Permeabilitas Beton

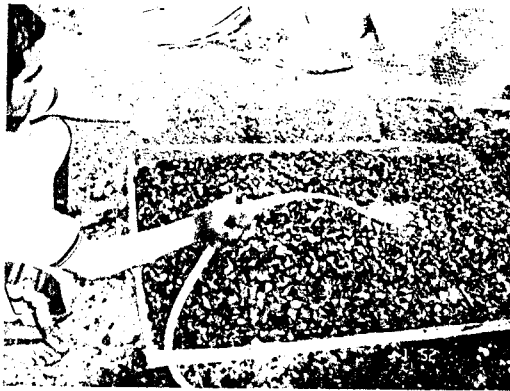


**Gambar 29**  
Pengukuran Kedalaman Resapan Air Untuk Uji  
Permeabilitas Beton

## Bahan Penyusun Beton dan Peralatan Bantu Pelaksanaan Penelitian



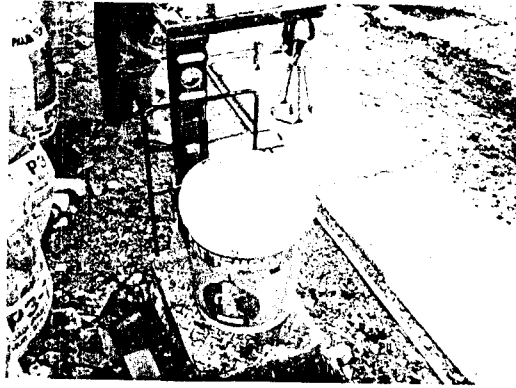
**Gambar 30**  
Semen Portland Jenis I



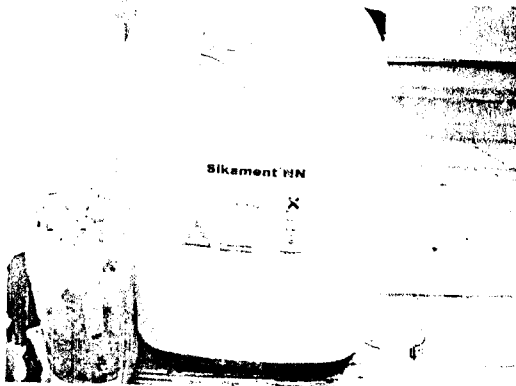
**Gambar 31**  
Kerikil



**Gambar 32**  
Pasir



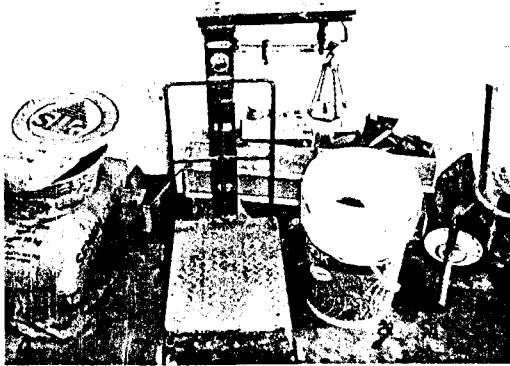
**Gambar 33**  
Air (dari Lab. BKT)



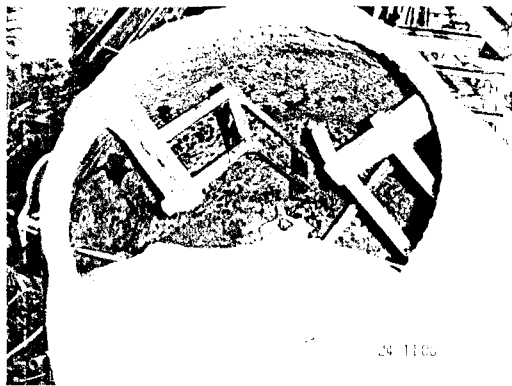
**Gambar 34**  
*Superplasticizer* (merek Sikament-NN)



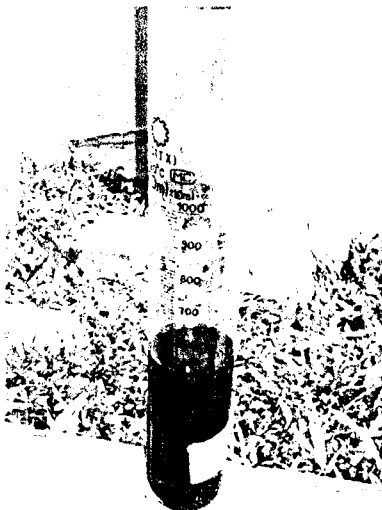
**Gambar 35**  
Ayakan



**Gambar 36**  
Timbangan



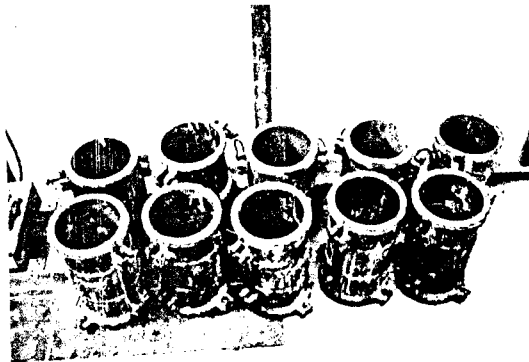
**Gambar 37**  
Molen



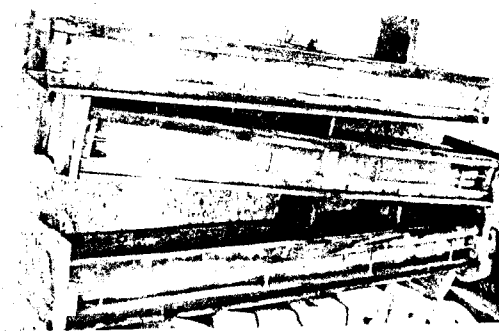
**Gambar 38**  
Gelas Ukur



**Gambar 39**  
Kerucut Abrams



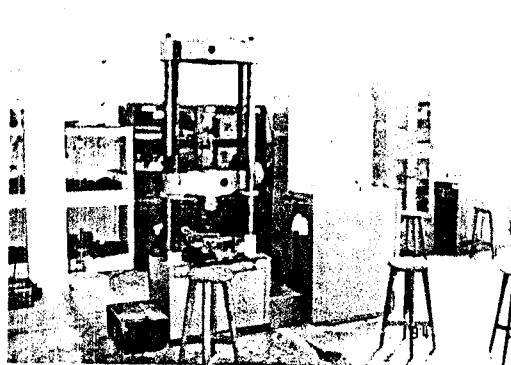
**Gambar 40**  
Cetakan Benda Uji Silinder



**Gambar 41**  
Cetakan Benda Uji Balok



**Gambar 42**  
Mesin Uji Desak



**Gambar 43**  
Mesin Uji Kuat Lentur



# LAMPIRAN G

► Lembar Data Teknis Sikament-NN

# Sikament® -NN

## High Range Water - Reducing

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



**Combinations**

Sikament NN may be combined with the following products:

- Plastocrete series
- Plastiment series
- Sika Pump
- SikaFume
- SikaAER

Pre-trials are recommended if combinations with the above products are required. Please consult our Technical Service Department.

**Technical Data**

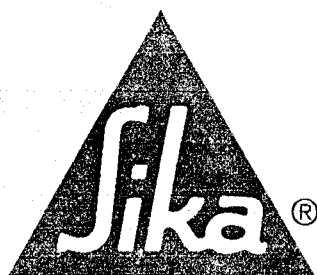
Type	Naphthalene Formaldehyde Sulphonate
Colour	Dark brown
Specific Gravity	1.16 – 1.18 kg/ ltr
Shelf Life	Minimum 1 year if stored in original unopened container
Storage	Dry, cool, shaded place
Packaging	250 kg drum

**Handling Precautions:**

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

**Legal Notes**

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



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

**Branches**  
 Surabaya,  
 Tel. 031-8690202  
 Fax: 031-8692123  
 Medan,  
 Tel. 061-7941200  
 Fax: 061-7940822  
 Batam,  
 Tel: 0778-424828,  
 Fax: 0778-428913

**Sub Distributor**

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

