

PERPUSTAKAAN FTSP UH
HADIAN/BERI:

TGL. TERIMA : 30-11-2007
NO. JUDUL : 2637
NO. INV. : 6120002637001
INDUK : 002637

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENGURANGAN AIR DAN
PENAMBAHAN *SUPERPLASTICIZER* TERHADAP
KUAT TARIK, GESER, DAN LENTUR
PADA KUAT TEKAN BETON 15 MPa DAN 20 MPa**

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



RICKY HANDOKO
01.511.162

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

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UH YOGYAKARTA

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENGURANGAN AIR DAN
PENAMBAHAN *SUPERPLASTICIZER* TERHADAP
KUAT TARIK, GESER, DAN LENTUR
PADA KUAT TEKAN BETON 15 MPa DAN 20 MPa**

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

Disusun Oleh:
RICKY HANDOKO
01.511.162

Disetujui:

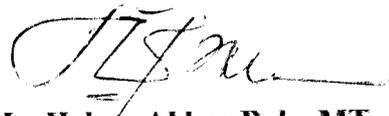
Dosen Pembimbing I,



Ir. H. Suharvatmo, MT.

Tanggal: 8/5/07

Dosen Pembimbing II,



Ir. Helmy Akbar Bale, MT.

Tanggal:

MOTTO

" Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.
Maka apabila kamu Telah selesai (dari sesuatu urusan),
kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain,
Dan Hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu
berharap ".

(QS: Asy Syarh: 5-8)

".....niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang
beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu
pengetahuan beberapa derajat. dan Allah Maha
mengetahui apa yang kamu kerjakan".

(QS: Al Mujaadilah: 11)

"..... Adakah sama orang-orang yang mengetahui
dengan orang-orang yang tidak mengetahui?"
Sesungguhnya orang yang berakallah yang dapat
menerima pelajaran".

(QS: Az Zumar: 9)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini Kupersembahkan Untuk :

**Ibunda Jaozah dan Ayahanda Kasir (Almarhum)
Mas Sis+Mba Lely, Asty, Aly, dan Raya
Om-omku dan tante-tanteku
Bpk. Ade Ilham (Almarhum)**

**Teman-teman TA : Ricky, Firman, Wisnu, Agung, A'an, Arif,
Hardman, dan Keceng)**

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr, Wb

Puji dan syukur senantiasa dipanjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan judul "***Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan Superplasticizer Terhadap Kuat Tarik, Geser, dan Lentur Pada Kuat Tekan Beton 15 MPa dan 20 MPa***".

Penyusunan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh jenjang kesarjanaan Strata-I pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. H. Ruzardi, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
2. Ir. H. Faisol AM, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
3. Ir. H. Suharyatmo, MT, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir,
4. Ir. Helmy Akbar Bale, MT, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir,
5. Ir. H. A. Kadir Aboe, MS, selaku Dosen Penguji Tugas Akhir
6. Pak Warno dan mas Ndaru yang telah banyak membantu kami selama di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
7. Ibunda Jaozeh, Ayahanda Kasir (Alm.), Kakakku Sisworo, SE serta adik-adikku Asty dan Ali Maburr, yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan dukungannya (baik dukungan moril maupun materil) serta selalu memberikan doa restunya,

8. Pak Santoro dan pak Heri, atas segala bantuannya selama kami melaksanakan tugas akhir ini.
9. Teman-teman TA (Ajul, Firman, Wisnu, Agung, A'an, Arif, Hardiman, dan Keceng) atas kerja sama dan bantuan yang telah diberikan pada pelaksanaan tugas akhir ini,
10. Mas Inchan, mas koby, mas Adi serta teman-teman "wisma G" yang lain atas segala bantuan yang telah diberikan untuk kelancaran Tugas Akhir ini.
11. Temen-teman sipil angkatan '01, terima kasih atas kebersamaannya selama ini di UII.

Kami menyadari masih banyak kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan tugas akhir ini, untuk itu kami mohon ma'af yang sebesar-besarnya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penyusun dan bagi siapa saja yang membutuhkan. *Amin.*

Wassalamu'alaikum Wr, Wb

Yogyakarta, Mei 2007

Ricky Handoko

ABSTRAKSI

Berdasarkan komposisi campurannya, beton normal masih mungkin untuk ditingkatkan lagi kinerjanya dengan mengurangi kandungan air dan menambah superplasticizer. Kinerja yang dapat ditingkatkan adalah kelecakan dan kuat tekannya. Pengurangan kandungan air dengan interval 0-30% dari kondisi normal dengan mempertahankan slump antara 150 - 180 mm, tanpa terjadi bleeding dan segregation. Mutu beton yang direncanakan 15 dan 20 MPa yang diuji pada umur 28 hari. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa pengurangan air dan penambahan superplasticizer, nilai slump antara 150 - 180 mm dapat tercapai tanpa terjadi bleeding dan segregasi. Kuat Tarik optimum sebesar 3,8667 MPa dan 4,6379 MPa untuk kuat tekan rencana 15 Mpa dan 20 MPa diperoleh pada pengurangan kandungan air 20% dan penambahan superplasticizer 1,91% dan 1,95% dari berat semen. Kuat geser optimum untuk kuat tekan rencana 15 MPa dan 20 MPa sebesar 6,2247 MPa dan 6,8644 MPa diperoleh pada pengurangan kandungan air 20% dan 25% serta penambahan superplasticizer 1,91% dan 2,05% dari berat semen. Kuat Letur optimum untuk kuat tekan rencana 15 MPa dan 20 MPa sebesar 4,9484 MPa dan 4,9106 MPa diperoleh pada pengurangan kandungan air 20% dan 25% serta penambahan superplasticizer 1,91% dan 2,05% dari berat semen. Kecepatan penetrasi terkecil pada beton dengan kuat tekan rencana 15 MPa dan 20 MPa sebesar 0,0042 mm/dtk pada pengurangan air 20% (15 MPa) dan 25% (20 MPa) serta penambahan superplasticizer 1,91% dan 2,05% dari berat semen.

Kata kunci: workabilitas, superplasticizer kuat tarik, kuat geser, kuat lentur, permeabilitas

ABSTRACTION

Based on its mixture composition, it's still possible for normal concrete to increase its performance by reducing the water content and adding superplasticizer. Performances can be increased is the workability and the compressive strength. Reduction of water content in range of 0-30% from normal condition is done by maintaining slump between 150-180 mm, without happened by the bleeding and segregation. Compressive strength concrete planned is 15 and 20 MPa which is tested in age of 28 days. Result of research shows that reduction of water and addition of superplasticizer, slump value between 150-180 mm can be reached without bleeding and segregation. Optimum tensile strength at 3,8667 MPa and 4,6379 MPa for planned compressive strength 15 Mpa and 20 MPa obtained by reduction the water content 20% and addition of superplasticizer 1,91% and 1,95% of cement weight. Optimum shear strength for planned compressive strength 15 Mpa and 20 MPa of equal to 6,2247 MPa and 6,8644 MPa obtained by reduction the water content 20% and 25% and also addition of superplasticizer 1,91% and 2,05% of cement weight. Optimum flexural strength for planned compressive strength 15 Mpa and 20 MPa of equal to 4,9484 MPa and 4,9106 MPa obtained by reduction the water content 20% and 25% and also addition of superplasticizer 1,91% and 2,05% of cement weight. Smallest penetrating speed of water at concrete for planned compressive strength 15 Mpa and 20 MPa at 0,0042 mm dik of reduction the water content 20% (15 MPa) and 25% (20 MPa) and also addition of superplasticizer 1,91% and 2,05% of cement weight.

Key word: workability, superplasticizer, tensile strength, shear strength, flexural strength, permeability

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Motto	iii
Halaman Persembahan	iv
Kata Pengantar	v
Abstraksi	vii
Abtraction	viii
Daftar Isi	ix
Daftar Notasi	xiii
Daftar Tabel	xiv
Daftar Gambar	xvi
Daftar Lampiran.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Umum	5
2.2 Pengaruh <i>Superplasticizer</i>	6
2.2.1 Pengaruh <i>Superplasticizer</i> terhadap <i>Workability</i>	6
2.2.2 Pengaruh <i>Superplasticizer</i> terhadap Kuat Tekan	7

2.2.3 Pengaruh <i>Superplasticizer</i> terhadap Sifat Kedap Air Beton	7
2.3 Keaslian Penelitian	8
BAB III LANDASAN TEORI	9
3.1 Beton	9
3.2 Material Penyusun Beton	10
3.2.1 Agregat	10
3.2.2 Semen Portland (<i>Portland Cement/PC</i>)	12
3.2.3 Air	13
3.2.4 Bahan Tambah	13
3.2.5 <i>Superplasticizer</i>	14
3.3 Berat Jenis	15
3.4 Faktor Air-Semen	16
3.5 Workabilitas	16
3.6 Pengadukan Beton	17
3.7 Metode Perancangan Komposisi Campuran Beton	17
3.8 Kuat Tarik Beton	28
3.9 Kuat Geser Beton	29
3.10 Kuat Lentur Beton	29
3.11 Permeabilitas Beton	32
BAB IV METODE PENELITIAN	34
4.1 Persiapan Bahan dan Alat	34
4.1.1 Bahan	34
4.1.2 Alat	35
4.2 Pemeriksaan Bahan Campuran Beton	37
4.2.1 Agregat Halus (Pasir)	37
4.2.2 Agregat Kasar (Kerikil)	39
4.3 Perhitungan Komposisi Campuran Beton	41

4.4	Pengujian Slump	41
4.5	Pembuatan Benda Uji	42
4.6	Perawatan Beton	42
4.7	Pengujian Beton	43
4.7.1	Pengujian Kuat Tarik	43
4.7.2	Pengujian Kuat Geser	43
4.7.3	Pengujian Kuat Lentur	44
4.7.4	Pengujian Permeabilitas	45
4.8	Sistematika Metode Pelaksanaan	45
BAB V	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	47
5.1	Umum	47
5.2	Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan <i>Superplasticizer</i> Terhadap <i>Workability</i>	47
5.3	Kuat Tarik Beton	50
5.3.1	Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan <i>Superplasticizer</i> Terhadap Kuat Tarik Beton	50
5.3.2	Hubungan Kuat Tarik-Belah Dengan Kuat Tekan	54
5.4	Kuat Geser Beton	56
5.4.1	Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan <i>Superplasticizer</i> Terhadap Kuat Geser beton	56
5.4.2	Hubungan Kuat Geser Dengan Kuat Tekan	60
5.5	Kuat Lentur Beton	61
5.5.1	Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan <i>Superplasticizer</i> Terhadap Kuat Lentur Beton	61
5.5.2	Hubungan Kuat Lentur Dengan Kuat Tekan	65
5.6	Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan <i>Superplasticizer</i> Terhadap Kuat tekan, Tarik, Geser, dan Lentur.....	67
5.7	Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan <i>Superplasticizer</i> Terhadap Permeabilitas Beton.....	70



DAFTAR NOTASI

W	= Prosentase berat pasir terhadap berat kerikil
K	= Modulus halus butir kerikil
P	= Modulus halus butir pasir
C	= Modulus halus butir campuran
B _j	= Berat jenis agregat kasar dan halus dalam keadaan SSD (gr/cm^3)
B	= Berat agregat kasar dalam keadaan SSD (gr)
B _a	= Berat agregat kasar dalam air (gr)
B	= Berat agregat halus dalam keadaan SSD (gr)
B _p	= Berat agregat halus dan volume airdalam vicnometer (cc)
B _t	= Berat vicnometer dan air (cc)
M	= Nilai tambah Margin
K	= 1,64
S _d	= Standar deviasi
\bar{f}'_{cr}	= Kuat tekan rata-rata
\bar{f}'_c	= Kuat tekan yang disyaratkan
M	= Nilai tambah
B _{j camp}	= Berat jenis campuran
P	= Persentase pasir terhadap agregat campuran
K	= Persentase kerikil terhadap agregat campuran
f'_{tr}	= Kuat tarik (N/mm^2 , MPa)
P _{maks}	= Beban pada waktu belah (N)
D	= Diameter silinder (mm)
l	= Tinggi silinder (mm)
f'_{sh}	= Kuat geser (N/mm^2 , MPa)
A	= Luas bidang geser (mm^2)
f'_l	= Tegangan lentur (N/mm^2 , MPa)
M	= Momen yang bekerja pada balok (N mm)
c	= Jarak serat terluar terhadap garis netral, (mm^4)

- I = Momen inersia penampang balok terhadap garis netral
L = Jarak antar tumpuan (mm)
b = Lebar balok (mm)
h = Tinggi balok (mm)
SP = *Superplasticizer*
- B15- 0A = Beton kuat tekan 15 MPa dikurangi air 0% tanpa SP
B15- 5A-SP = Beton kuat tekan 15 MPa dikurangi air 5% dan ditambah SP
B15-10A-SP = Beton kuat tekan 15 MPa dikurangi air 10% dan ditambah SP
B15-15A-SP = Beton kuat tekan 15 MPa dikurangi air 15% dan ditambah SP
B15-20A-SP = Beton kuat tekan 15 MPa dikurangi air 20% dan ditambah SP
B15-25A-SP = Beton kuat tekan 15 MPa dikurangi air 25% dan ditambah SP
B15-30A-SP = Beton kuat tekan 15 MPa dikurangi air 30% dan ditambah SP
B20- 0A-SP = Beton kuat tekan 20 MPa dikurangi air 0% dan ditambah SP
B20- 5A-SP = Beton kuat tekan 20 MPa dikurangi air 5% dan ditambah SP
B20-10A-SP = Beton kuat tekan 20 MPa dikurangi air 10% dan ditambah SP
B20-15A-SP = Beton kuat tekan 20 MPa dikurangi air 15% dan ditambah SP
B20-20A-SP = Beton kuat tekan 20 MPa dikurangi air 20% dan ditambah SP
B20-25A-SP = Beton kuat tekan 20 MPa dikurangi air 25% dan ditambah SP
B20-30A-SP = Beton kuat tekan 20 MPa dikurangi air 30% dan ditambah SP

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Gradasi Pasir	11
Tabel 3.2	Gradasi Kerikil.....	11
Tabel 3.3	Susunan Unsur Semen Biasa	12
Tabel 3.4	Hubungan tingkat pengendalian mutu pekerjaan dengan sd	18
Tabel 3.5	Faktor Pengali Deviasi Standar.....	18
Tabel 3.6	Perkiraan kuat tekan beton (Mpa) dengan faktor air semen 0,50....	20
Tabel 3.7	Persyaratan Faktor Air-Semen Maksimum untuk Berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus	21
Tabel 3.8	Faktor Air Semen Maksimum untuk Beton Bertulang dalam Air ...	21
Tabel 3.9	Faktor Air-Semen Maksimum untuk Beton yang Berhubungan dengan Air Tanah yang Mengandung Sulfat	22
Tabel 3.10	Penetapan nilai slump.....	22
Tabel 3.11	Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton (liter).....	23
Tabel 3.12	Penentuan kebutuhan air berdasarkan agregat	23
Tabel 3.13	Kebutuhan semen minimum untuk berbagai pembetonan dan Lingkungan khusus	24
Tabel 3.14	Kandungan Semen Minimum untuk Beton yang Berhubungan dengan Air Tanah yang Mengandung Sulfat	24
Tabel 3.15	Kebutuhan Semen Minimum untuk Beton Bertulang dalam Air ...	25
Tabel 3.16	Gradasi Pasir	25
Tabel 4.1	Jenis dan Jumlah Benda Uji	43
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Slump Pada Kuat Tekan Rencana 15 MPa	48
Tabel 5.2	Hasil Pengujian Slump Pada Kuat Tekan Rencana 20 MPa	48
Tabel 5.3	Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Pada Kuat Tekan Rencana 15 MPa	50
Tabel 5.4	Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Pada Kuat Tekan Rencana 20 MPa	51

Tabel 5.5	Hubungan Kuat Tarik Dengan Kuat Tekan Pada Kuat Tekan Rencana 15 MPa	53
Tabel 5.6	Hubungan Kuat Tarik Dengan Kuat Tekan Pada Kuat Tekan Rencana 20 MPa	53
Tabel 5.7	Hasil Pengujian Kuat Geser Beton Pada Kuat Tekan Rencana 15 MPa	55
Tabel 5.8	Hasil Pengujian Kuat Geser Beton Pada Kuat Tekan Rencana 20 MPa	56
Tabel 5.9	Hubungan Kuat Geser Dengan Kuat Tekan Pada Kuat Tekan Rencana 15 MPa	57
Tabel 5.10	Hubungan Kuat Geser Dengan Kuat Tekan Pada Kuat Tekan Rencana 20 MPa	58
Tabel 5.11	Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Pada Kuat Tekan Rencana 15 MPa	59
Tabel 5.12	Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Pada Kuat Tekan Rencana 20 MPa	60
Tabel 5.13	Hubungan Kuat Lentur Dengan Kuat Tekan Pada Kuat Tekan Rencana 15 MPa	62
Tabel 5.14	Hubungan Kuat Lentur Dengan Kuat Tekan Pada Kuat Tekan Rencana 20 MPa	62
Tabel 5.17	Hasil Pengujian Permeabilitas Beton Pada Kuat Tekan Rencana 15 MPa	64
Tabel 5.18	Hasil Pengujian Permeabilitas Beton Pada Kuat Tekan Rencana 20 MPa	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Hubungan faktor air-semen dengan kuat tekan rata-rata silinder beton (sebagai perkiraan nilai fas)	19
Gambar 3.2 Grafik mencari faktor air-semen.....	20
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 Pembebanan kuat tarik-belah beton.....	28
Gambar 3.6 Pembebanan kuat tarik beton.....	29
Gambar 3.7a Pembebanan kuat Lentur beton.....	30
Gambar 3.7b Benda uji kuat lentur beton.....	30
Gambar 3.8a Perendaman benda uji setelah di oven.....	33
Gambar 3.8b Pengujian tarik-belah untuk permeabilitas beton	33
Gambar 4.1 Sistematika Metode Penelitian	46
Gambar 5.1 Hubungan Pengurangan Air dan Penambahan <i>Superplasticizer</i> Dengan Kuat Tarik Beton Pada Kuat Tekan Rencana 15 MPa	51
Gambar 5.2 Hubungan Pengurangan Air dan Penambahan <i>Superplasticizer</i> Dengan Kuat Tarik Beton Pada Kuat Tekan Rencana 20 MPa	51
Gambar 5.3 Hubungan Pengurangan Air dan Penambahan <i>Superplasticizer</i> Dengan Kuat Geser Beton Pada Kuat Tekan Rencana 15 MPa	56
Gambar 5.4 Hubungan Pengurangan Air dan Penambahan <i>Superplasticizer</i> Dengan Kuat Geser Beton Pada Kuat Tekan Rencana 20 MPa	57
Gambar 5.5 Hubungan Pengurangan Air dan Penambahan <i>Superplasticizer</i> Dengan Kuat Lentur Beton Pada Kuat Tekan Rencana 15 MPa	62
Gambar 5.6 Hubungan Pengurangan Air dan Penambahan <i>Superplasticizer</i> Dengan Kuat Lentur Beton Pada Kuat Tekan Rencana 20 MPa	62

Gambar 5.7 Hubungan Pengurangan Air dan Penambahan *Superplasticizer*
Terhadap Kekuatan Beton Pada Kuat Tekan Rencana 15 MPa 67

Gambar 5.8 Hubungan Pengurangan Air dan Penambahan *Superplasticizer*
Terhadap Kekuatan Beton Pada Kuat Tekan Rencana 20 MPa 68

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A

Surat Bimbingan Tugas Akhir
Kartu Presensi Tugas Akhir

LAMPIRAN B

Pengujian Bahan Campuran Beton

LAMPIRAN C

Brosur *Superplasticizer (Sikament-NN)*

LAMPIRAN D

Perencanaan Komposisi Campuran Beton

LAMPIRAN E

Berat Volume Beton

LAMPIRAN F

Hasil Pengujian Beton

LAMPIRAN G

Dokumentasi Tugas Akhir

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan salah satu bahan utama dalam pembangunan struktur yang sangat diminati di Indonesia. Banyaknya penggunaan beton disebabkan karena beton mempunyai kuat tekan yang sangat tinggi dalam menahan beban aksial, dalam perawatan membutuhkan biaya yang relatif lebih murah, bahan baku pembuat beton mudah didapat, serta mudah diolah.

Beton sederhana dibentuk oleh pengerasan campuran semen, air, agregat halus (pasir), agregat kasar (batu pecah atau kerikil), udara dan kadang-kadang campuran tambahan lainnya. Campuran yang masih plastis ini dicor ke dalam acuan dan dirawat untuk mempercepat reaksi hidrasi campuran semen-air yang menyebabkan pengerasan beton (Nawy, 1990). Kekuatan, keawetan, dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat-sifat bahan-bahan dasar campuran beton, komposisi campuran, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan, dan cara perawatan selama proses pengerasan (Tjokrodinuljo, 1994).

Dalam proses pembuatan adukan, semen Portland dan air (pasta semen) berfungsi sebagai pengikat/perekat butiran-butiran agregat sehingga agregat tersebut saling terikat dengan kuat dan terbentuklah suatu massa yang padat. Selain itu pasta semen juga berfungsi sebagai pengisi rongga-rongga di antara butiran-butiran agregat, sedangkan air berfungsi sebagai sarana yang memungkinkan terjadinya reaksi kimia dengan semen Portland yang menyebabkan pengikatan dan sebagai pelumas antar butiran-butiran agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan.

Beton mutu tinggi (*high strength concrete*) didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan silinder melebihi 41 MPa. Untuk pembuatan beton mutu tinggi dikenal bahan tambah kimia (*chemical admixture*) untuk merencanakan kekuatan beton. Pemakaian bahan tambah pada campuran beton dapat meningkatkan kualitas

dan mutu pekerjaan beton, meningkatkan workabilitas (mudah dikerjakan), sampai pemadatan adukan beton tersebut. Bahan tambah yang sering digunakan dalam proses campuran beton adalah *retarder* yaitu bahan tambah yang digunakan untuk memperlambat pengerasan beton dan *superplasticizer* yaitu bahan tambah untuk meningkatkan workabilitas, mengatasi rendahnya kelecakan dan bersifat mengalir serta dapat mereduksi kandungan air dalam campuran beton.

Untuk merencanakan campuran beton dapat menggunakan beberapa metode seperti metode DOE dari Inggris dan metode ACI dari Amerika. Komposisi campuran beton yang diperoleh dengan metode tersebut jika ditambahkan bahan tambah ke dalam campuran tersebut masih dapat ditingkatkan lagi kinerja betonnya, kinerja beton keras akan meningkat dengan pengurangan kandungan air dari komposisi campuran beton tersebut. Namun demikian pengurangan kandungan air dalam campuran beton tersebut akan menyebabkan workabilitas menurun yang dapat mengakibatkan pemadatan kurang sempurna. Untuk meningkatkan workabilitas ditambahkan bahan tambah kimia (*chemical admixture*) berupa *superplasticizer* pada campuran beton tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, dapat diambil rumusan masalahnya yaitu :

1. bagaimana menghasilkan beton normal berkinerja tinggi berdasarkan pada metode perancangan yang telah ada,
2. seberapa besar pengurangan jumlah air campuran beton normal agar dapat menghasilkan kuat tarik, kuat lentur, dan kuat geser maksimum dengan mempertahankan kelecakan beton segar yang tinggi dengan penambahan *superplasticizer*,
3. seberapa besar penambahan *superplasticizer* untuk menghasilkan kelecakan beton segar lebih besar dari 150 mm tanpa terjadi *bleeding* dan *segregasi*,

4. seberapa besar penambahan *superplasticizer* untuk menghasilkan kepadatan beton maksimum sehingga menghasilkan kuat tarik, kuat lentur, dan kuat geser maksimum.

1.3 Tujuan Penelitian

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

1. menambah kelecakan beton segar dari beton normal yang ada saat ini,
2. meningkatkan kekuatan beton yang berkaitan dengan pengurangan air,
3. meningkatkan keawetan/*durability* beton keras.

1.4 Manfaat Penelitian

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

1. memperoleh campuran beton yang lebih lecek, lebih tinggi kuat tarik, kuat lentur, dan kuat gesernya, dan lebih tinggi tingkat keawetannya,
2. menjadi bahan kajian selanjutnya untuk mengembangkan beton normal kinerja tinggi (BNKT).

1.5 Batasan Masalah

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

1. metode disain campuran yang digunakan adalah metode DOE,
2. kuat tekan yang akan diteliti antara 15 MPa dan 20 MPa,
3. nilai slump awal 0 – 60 mm (sebelum dimodifikasi) akan ditingkatkan menjadi 150 - 180 mm tanpa terjadi *bleeding* dan *segregasi*,

4. seberapa besar penambahan *superplasticizer* untuk menghasilkan kepadatan beton maksimum sehingga menghasilkan kuat tarik, kuat lentur, dan kuat geser maksimum.

1.3 Tujuan Penelitian

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

1. menambah kelecakan beton segar dari beton normal yang ada saat ini,
2. meningkatkan kekuatan beton yang berkaitan dengan pengurangan air,
3. meningkatkan keawetan/*durability* beton keras.

1.4 Manfaat Penelitian

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

1. memperoleh campuran beton yang lebih lecah, lebih tinggi kuat tarik, kuat lentur, dan kuat gesernya, dan lebih tinggi tingkat keawetannya,
2. menjadi bahan kajian selanjutnya untuk mengembangkan beton normal kinerja tinggi (BNKT).

1.5 Batasan Masalah

Untuk membatasi permasalahan agar tidak terlalu melebar baik pada saat pelaksanaan penelitian maupun pembahasan, maka perlu batasan sebagai berikut metode disain campuran yang digunakan adalah metode DOE,

2. kuat tekan yang akan diteliti antara 15 MPa dan 20 MPa,
3. nilai slump awal 0 – 60 mm (sebelum dimodifikasi) akan ditingkatkan menjadi 150 - 180 mm tanpa terjadi *bleeding* dan *segregasi*,

4. pengurangan air dilakukan secara gradual mulai 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%,
5. menggunakan semen jenis I dengan merk Gresik,
6. ukuran maksimum agregat kasar 20 mm dari Celereng, Kulonprogo,
7. ukuran maksimum agregat halus 5 mm dari Cangkringan, Yogyakarta,
8. menggunakan bahan tambah *superplasticizer* (SP) *sikamet-NN*,
9. penambahan SP dilakukan sedikit demi sedikit sampai dicapai slump antara 150 - 180 mm tanpa terjadi *bleeding* dan *segregasi*,

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Umum

Beton merupakan campuran semen portland, pasir, kerikil, dan air. Semen Portland dan air setelah bertemu akan bereaksi, butir-butir semen bereaksi dengan air menjadi gel yang dalam beberapa hari menjadi keras dan saling merekat. Semen portland, pasir, kerikil, dan air akan menghasilkan campuran yang plastis (antara cair dan padat) dan dapat dituang ke dalam cetakan untuk membentuknya menjadi bentuk yang diinginkan setelah menjadi keras. Adukan Semen portland dan air membentuk pasta yang berfungsi untuk mengisi pori-pori di antara pasir dan kerikil dan berfungsi sebagai pengikat dalam proses pengerasan. Beton yang baik mempunyai kuat tarik, kuat tekan, kuat lekat yang tinggi, kedap air, tahan aus, tahan cuaca, tahan zat-zat kimia, susutan pengerasannya kecil dan elastisitasnya tinggi (Astanto, 2001).

Beton adalah material komposit yang bahan utamanya terdiri dari medium campuran antara semen dan air yang disebut pasta semen dan partikel yang merupakan bahan pengisi yang relatif kasar tekstur permukaannya yang disebut agregat (Kong dan Evans, 1987).

Sesuai dengan tingkat mutu beton yang hendak dicapai perbandingan campuran bahan susun harus ditentukan agar beton yang dihasilkan memberikan kelecakan dan konsistensi yang memungkinkan pengerjaan beton (penuangan, perataan, pemadatan), ketahanan terhadap kondisi lingkungan khusus (kedap air, korosif, dan lain-lain), dan memenuhi uji kuat yang hendak dicapai (Dipohusodo, 1994).

Kekuatan beton tergantung pada nilai fasnya, semakin rendah nilai fas kekuatan beton semakin meningkat, begitu juga sebaliknya, tetapi semakin rendah nilai fas kelecakan beton segar juga rendah. Hal ini dapat mengakibatkan hasil pemadatan kurang sempurna yang dapat mengakibatkan beton berongga/berpori. Untuk mengatasi rendahnya kelecakan digunakan bahan tambah kimia (*chemical*

admixture) berupa *superplasticizer*. Menurut Murdock dan brook (1991) *superplasticizer* digolongkan sebagai sarana untuk menghasilkan beton mengalir tanpa terjadi *segregasi*. Jika ditambahkan pada beton mempunyai pengaruh dalam meningkatkan workabilitas beton. Bahan ini juga dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan beton karena memungkinkan pengurangan kadar air guna mempertahankan workabilitas yang sama.

Tujuan dari penambahan bahan kimia adalah untuk memperbaiki sifat-sifat tertentu dari campuran beton lunak dan beton keras. Takaran bahan tambah kimia ini sangat sedikit dibanding bahan utama, bahan tambah kimia tidak dapat mengoreksi komposisi spesi beton yang buruk. Oleh karena itu harus diusahakan komposisi beton seoptimal mungkin dengan bahan-bahan dasar yang cocok (kusuma, 1994). Menurut Nawy (1990) Fungsi bahan campuran tambahan (*admixtures*) adalah untuk mengubah sifat-sifat beton agar menjadi cocok untuk pekerjaan tertentu, ekonomis, atau untuk tujuan lain seperti menghemat energi.

2.2 Pengaruh *Superplasticizer*

2.2.1 Pengaruh *Superplasticizer* terhadap Workabilitas

Hasil penelitian David (2002) menunjukkan bahwa penambahan *superplasticizer* yang semakin banyak dalam campuran beton dengan nilai faktor air semen yang besar meningkatkan slump. Untuk nilai faktor air semen 0,4 dan kadar *superplasticizer* 1,5% nilai *slump*nya mencapai 100 mm dimana campurannya sangat encer. Penambahan *superplasticizer* dalam campuran selain mempermudah pengerjaan beton, dapat meningkatkan kekuatan awal beton yang cukup tinggi yaitu pada umur 3 hari dengan kadar *superplasticizer* 1,5% dengan perubahan nilai faktor air semen dari 0,4 menjadi 0,2 sebesar 77,01%.

Bramantyo dan Susanto (2005) dalam penelitiannya mengatakan penambahan *superplasticizer* tanpa disertai pengurangan air hanya akan meningkatkan workabilitas. Namun untuk variasi dengan pengurangan air disamping workabilitas meningkat, kekuatan beton juga akan meningkat. Penambahan *superplasticizer* sebanyak 1% dan 2,35% dari berat semen untuk

pengurangan air 10% dan 20%, dapat meningkatkan workabilitas adukan beton normal dengan ditandai tercapainya nilai slump lebih besar atau sama dengan 180 mm tanpa terjadi *bleeding* dan *segregasi*.

2.2.2 Pengaruh *Superplasticizer* terhadap Kuat Tekan

Pada penelitian yang dilakukan oleh Gunawan (2000) menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kuat tekan karakteristik beton sebesar 4,50% pada kadar 1% *sikament-NN* dengan pengurangan 20% kadar air, 7,88% pada kadar 2% *sikament-NN* dengan pengurangan 20% kadar air, dan 1,24% pada kadar 3% *sikament-NN* dengan pengurangan 20% kadar air. Kadar optimum penggunaan *sikament-NN* untuk penelitian ini adalah sebesar 1,63%.

Penambahan *superplasticizer* untuk kuat tekan maksimum pada kuat tekan rencana 30 dan 40 Mpa adalah sebesar 1,83% dan 1,26% dari berat semen. Kuat tekan cenderung menurun pada pengurangan kandungan air lebih dari 30%. Penambahan *superplasticizer* sebesar 3,62% pada pengurangan kandungan air 40% menyebabkan workabilitas tinggi tercapai, tetapi kuat tekan yang dihasilkan menurun (Syafruddin dan Hastoro, 2005).

2.2.3 Pengaruh *Superplasticizer* terhadap Sifat Kedap Air Beton

Hasil penelitian Irawan (2002) menunjukkan bahwa *sikament-NN* dapat meningkatkan kuat tekan dan membuat beton semakin kedap air setelah 28 hari. Pada umur 28 hari terjadi peningkatan kekuatan sebesar 15,5%, 19,35%, 16,1% pada kadar 1%, 2%, dan 3% *sikament-NN*. Kadar optimum penggunaan *sikament-NN* untuk kuat tekan beton adalah sebesar 1,82%. Peningkatan permeabilitas air sebesar 18,5%, 35,33%, 21,6% pada kadar 1%, 2%, dan 3% *sikament-NN*. Kadar optimum penggunaan *sikament-NN* untuk kekedapan air adalah sebesar 2%. Kadar optimum penggunaan *sikament-NN* untuk kuat tekan beton dan kekedapan air adalah sebesar 1,91%.

Susilo dan Magath (2005) mengatakan bahwa sifat kedap air beton terus meningkat seiring dengan penambahan *superplasticizer viscocrete*. Penambahan

superplasticizer viscocrete sebesar 1,2% menghasilkan sifat kedap air beton yang paling tinggi.

2.3 Keaslian Penelitian

Pada penelitian yang telah dilakukan Irawan (2002) maupun Gunawan (2000) variasi penambahan *superplasticizer* telah ditentukan, yaitu sebesar 1%, 2%, dan 3%. Pada penelitian Bramantyo dan Susanto (2005) variasi pengurangan kandungan air dengan interval 10% hingga 40%. Dari penelitian-penelitian tersebut hanya mencari kuat tekan, dan kedap air beton dengan nilai slump lebih besar atau sama dengan 180 mm.

Pada penelitian ini akan dicari sifat-sifat beton segar dan beton keras yaitu kuat tarik, kuat geser, kuat lentur, workabilitas, serta sifat kedap air beton. Kuat desak yang direncanakan 15 dan 20 MPa dengan variasi pengurangan kandungan air mulai 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30% serta penambahan *superplasticizer* berdasarkan nilai slump antara 150-180 mm.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

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 (biasanya kerikil dan pasir), semen, dan air. Biasanya dipercayai bahwa beton mengering setelah pencampuran dan peletakan. Sebenarnya, beton tidak menjadi padat karena air menguap, tetapi semen berhidrasi, mengesem komponen lainnya bersama dan akhirnya membentuk material seperti-batu (wikipedia, 2006). Menurut Wang dan Salmon (1993) kekuatan beton tergantung dari banyak faktor yaitu proporsi dari campuran, kondisi temperatur, dan kelembaban dari tempat dimana campuran diletakkan dan mengeras.

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat kasar dan halus yaitu pasir, batu pecah, atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, di antaranya ialah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metoda pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, temperatur, dan kondisi perawatan pengerasannya (Dipohusodo, 1994).

Untuk membuat beton yang baik, dalam arti memenuhi persyaratan yang ketat karena tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan dengan seksama cara-cara memperoleh adukan beton segar yang baik dan beton keras yang dihasilkan juga baik. Beton segar yang baik ialah beton segar yang dapat diaduk, dapat diangkut, dapat dituang, dapat dipadatkan, tidak ada kecenderungan untuk terjadi *segregasi* (pemisahan kerikil dari adukan) maupun *bleeding* (pemisahan air dan semen dari adukan). Hal ini karena *segregasi* maupun *bleeding* mengakibatkan beton yang dihasilkan akan jelek. Sedangkan beton keras

yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama/awet, kedap air, tahan aus, dan sedikit mengalami perubahan volume (kembang susutnya kecil) (Tjokrodinuljo, 1994).

3.2 Material Penyusun Beton

Beton merupakan elemen struktur yang kekuatannya dipengaruhi oleh bahan-bahan penyusunnya. Untuk membuat beton yang baik diperlukan bahan-bahan dengan persyaratan khusus dan perhitungan yang tepat. Bahan-bahan penyusun beton tersebut antara lain :

3.2.1 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang mengisi hampir 78% dari volume beton. Ada dua jenis agregat, yaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) (Astanto, 2001). Menurut Nawy (1990), pada beton biasanya terdapat sekitar 60% sampai 80% volume agregat. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat, dengan agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar.

Sifat yang paling penting dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, pasir dan lain-lain) ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatan dengan pasta semen, porositas, dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan (Murdock dan Brook, 1991). Menurut peraturan SK SNI T-15-1990-03 (1990), Kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar. Batas-batas daerah gradasi tercantum dalam **tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Persen Bahan Butiran yang Lolos 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

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

Adapun gradasi kerikil ditetapkan seperti yang tercantum dalam **tabel 3.2**.

Tabel 3.2 Gradasi Kerikil

Lubang Ayakan (mm)	Persen Bahan Butiran yang Lolos Ayakan	
	Diameter 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

Indeks yang dipakai untuk ukuran kehalusan dan kekasaran butir agregat ditetapkan dengan modulus halus butir. Pada umumnya pasir mempunyai modulus halus butir antara 1,5 sampai 3,8 dan untuk kerikil antara 5 sampai 8. Modulus halus butir campurannya dihitung dengan rumus : (Astanto, 2001)

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

dimana, W= Prosentase berat pasir terhadap berat kerikil

K = Modulus halus butir kerikil

P = Modulus halus butir pasir

C = Modulus halus butir campuran

3.2.2 Semen Portland (*Portland Cement/PC*)

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

Fungsi semen adalah untuk merekatkan butiran-butiran agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat. Semen juga berfungsi untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran-butiran agregat (Astanto, 2001). Semen tersusun oleh unsur kimia seperti terlihat dalam **tabel 3.3**.

Tabel 3.3 Susunan Unsur Semen Biasa

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

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

Dalam bentuk senyawa kimia, semen sebagian besar mengandung :

1. trikalsium silikat (C₃S) atau 3CaO.SiO₂,
2. dikalsium silikat (C₂S) atau 2CaO.SiO₂,
3. trikalsium aluminat (C₃A) atau 3CaO.Al₂O₃,
4. trikalsium aluminat (C₄AF) atau 4CaO.Al₂O₃.Fe₂O₃.

Semen portland menurut PUBI (1982) dibagi menjadi lima jenis antara lain :

Jenis I : semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.

Jenis II : semen portland yang penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau panas hidrasi sedang.

dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Sifat-sifat beton yang diperbaiki itu antara lain kecepatan hidrasi (waktu ikatan), kemudahan pengerjaan (*workability*), dan kekedapan terhadap air (Tjokrodimuljo, 1994).

Dalam SK SNI S-18-1990-03 (1990) tentang spesifikasi bahan tambahan untuk beton disebutkan bahwa bahan kimia tambahan dapat dibedakan menjadi lima jenis antara lain :

1. bahan kimia tambahan untuk mengurangi jumlah air yang dipakai. Dengan pemakaian bahan itu diperoleh adukan dengan faktor air-semen lebih rendah pada nilai kekentalan adukan yang sama atau diperoleh kekentalan adukan lebih encer pada factor air-semen biasa,
2. bahan kimia tambahan untuk memperlambat proses ikatan dan pengerasan beton,
3. bahan kimia tambahan untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton,
4. bahan kimia tambahan berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat proses ikatan dan pengerasan beton,
5. bahan kimia tambahan berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.

3.2.5 *Superplasticizer*

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

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

Bila ditambahkan pada beton, *superplasticizer* mempunyai pengaruh dalam meningkatkan workabilitas beton sampai pada tingkat yang lebih besar. Bahan-bahan ini digolongkan sebagai sarana "mengalir" tanpa terjadinya pemisahan yang tak diinginkan. Bahan ini dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan beton, karena memungkinkan pengurangan kadar air guna mempertahankan workabilitas yang sama (Murdock dan brook, 1991).

3.3 Berat Jenis

Berat jenis adalah Rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume yang sama pada suhu yang sama. Persamaan yang digunakan untuk mencari berat jenis dalam keadaan SSD menurut SK SNI M-09-1989-F (1989) dan SK SNI M-10-1989-F (1989) adalah :

1. Berat Jenis Agregat Kasar

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

dengan : B_j = Berat jenis agregat kasar dalam keadaan SSD (gr/cm^3)

B = Berat agregat kasar dalam keadaan SSD (gr)

B_a = Berat agregat kasar dalam air (gr)

2. Berat Jenis Agregat Halus

$$B_j = \frac{B}{B_p + B - B_t} \dots\dots\dots(3.3)$$

dengan : B_j = Berat jenis agregat halus dalam keadaan SSD (gr/cm^3)

B = Berat agregat halus dalam keadaan SSD (gr)

B_p = Berat agregat halus dan volume air dalam vicnometer (cc)

B_t = Berat vicnometer dan air (cc)

3.4 Faktor Air-Semen (Fas)

Faktor air-semen dinyatakan dalam perbandingan berat air terhadap berat semen dalam campuran. Pengontrolan ketat perlu diberikan terhadap faktor air-semen dan persentase udara dalam campuran. Kekuatan beton pada umur tertentu bergantung pada perbandingan berat air dan berat semen dalam campuran, semakin kecil faktor air-semen semakin tinggi kekuatan beton (Nawy, 1990)

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

3.5 Workabilitas

Sifat mudah dikerjakan (*workabilitas*) merupakan ukuran dari tingkat kemudahan adukan untuk diaduk, diangkut, dituang, dan dipadatkan. Perbandingan bahan-bahan maupun sifat bahan-bahan itu secara bersama-sama mempengaruhi sifat mudah dikerjakan (*workabilitas*) beton segar. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat mudah dikerjakan (*workabilitas*) antara lain : (Tjokrodimuljo, 1994).

1. jumlah air yang dipakai dalam campuran adukan beton. Makin banyak air dipakai makin mudah beton itu dikerjakan,
2. penambahan semen ke dalam campuran juga memudahkan cara pengerjaan adukan betonnya,
3. gradasi campuran pasir dan kerikil,
4. pemakaian butir-butir batuan yang bulat mempermudah cara pengerjaan beton,
5. pemakaian butir maksimum yang dipakai juga berpengaruh terhadap tingkat kemudahan dikerjakan,
6. cara pemadatan adukan beton menentukan sifat pengerjaan yang berbeda.

3.6 Pengadukan Beton

Proses pencampuran bahan-bahan dasar beton (pasir, kerikil, semen, dan air) dalam perbandingan yang baik disebut proses pengadukan beton. Pengadukan dilakukan sampai warna adukan tampak rata, kelecakan yang cukup, dan tampak campurannya juga homogen. Proses pengadukan dapat dilakukan dengan mesin ataupun tangan (Tjokrodimuljo, 1992).

Menurut Murdock dan Brook (1991) mencampur beton dengan mesin hasilnya hampir seragam. Pencampuran dengan tangan harus dikerjakan dengan sempurna, suatu bidang yang bersih harus dipilih sebagai tempat untuk mencampur. Warna dan keseragaman beton merupakan ukuran yang paling baik dari efisiensi campuran.

3.7 Metode Perancangan Komposisi Campuran Beton

Metode perancangan campuran adukan beton yang dipakai adalah metode perancangan menurut cara Inggris. Perancangan adukan beton cara Inggris ini tercantum dalam *Design of Normal Concrete Mixes* telah menggantikan cara *Road Note No. 4* sejak tahun 1975. Di Indonesia cara ini dikenal dengan cara DOE (*Department Of Environment*). Dalam perencanaan cara ini digunakan tabel-tabel dan grafik-grafik. Langkah-langkah perancangan campuran adukan beton cara DOE adalah sebagai berikut :

1. Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan 28 hari.
2. Menetapkan nilai deviasi standar (sd).
 - a). Standar deviasi ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya, makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standar.

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

Tabel 3.4 Hubungan tingkat pengendalian mutu pekerjaan dengan sd

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

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

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

Tabel 3.5 Faktor Pengali Deviasi Standar

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

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

3. Menghitung nilai tambah Margin (M)

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

Keterangan :

M = Nilai tambah

K = 1,64

Sd = Standar deviasi

4. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan

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

Keterangan :

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

f'_c = Kuat tekan yang disyaratkan

M = Nilai tambah

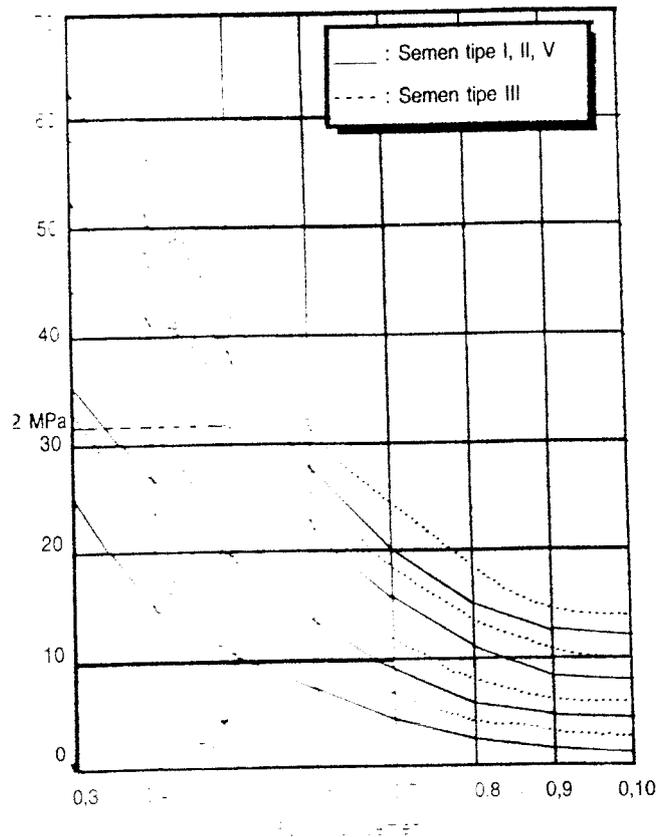
5. Menetapkan jenis semen

6. Menetapkan jenis agregat

7. Menetapkan faktor air-semen

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

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



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

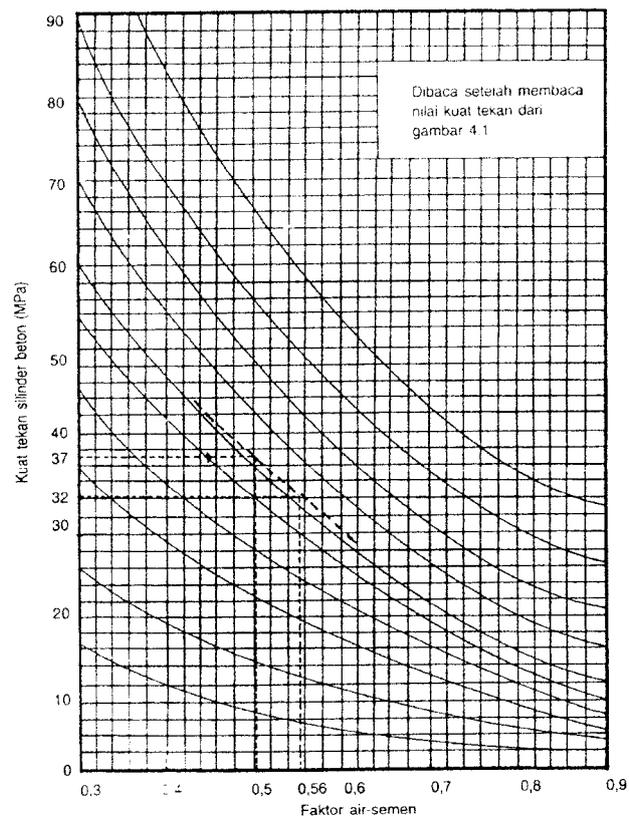
Cara kedua : Diketahui jenis semen, jenis agregat kasar. Kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari maka digunakan **tabel 3.6** dibawah ini.

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

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

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

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

**Gambar 3.2** Grafik mencari faktor air-semen

Caranya, tarik garis kekanan mendatar sesuai kuat tekan rencana, tarik garis keatas 0,5 dan berpotongan pada titik A. Buat garis putus-putus dimulai dari

titik A ke atas dan ke bawah melengkung seperti garis yang di atas dan di bawahnya. Sekarang dengan f' cr pada langkah 4, tarik ke kanan memotong garis putus yang dibuat tadi di B dan tarik garis ke bawah maka diperoleh faktor air-semen yang baru.

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

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

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

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

Tabel 3.8 Faktor Air Semen Maksimum untuk Beton Bertulang dalam Air

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

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

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

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

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

8. Menetapkan faktor air-semen

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

9. Menetapkan nilai Slump

Tabel 3.10 Penetapan nilai slump

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

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

10. Menetapkan ukuran besar butir agregat maksimum

11. Menetapkan kebutuhan air

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

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

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

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

Tabel 3.12 Penentuan kebutuhan air berdasarkan agregat

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

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

12. Menetapkan kebutuhan semen

Berat semen per meter kubik beton dihitung dengan :

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

13. Menetapkan kebutuhan semen minimum

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

Tabel 3.13 Kebutuhan semen minimum untuk berbagai pembetonan dan Lingkungan khusus

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

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

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

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

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

Tabel 3.15 Kebutuhan Semen Minimum untuk Beton Bertulang dalam Air

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

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

14. Menentukan kebutuhan semen yang dipakai

Digunakan kebutuhan semen terbesar dari langkah 12 dan Langkah 13

15. Menentukan golongan pasir

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

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

Daerah I = Pasir kasar

Daerah II = Pasir agak kasar

Daerah III = Pasir agak halus

Daerah IV = Pasir halus

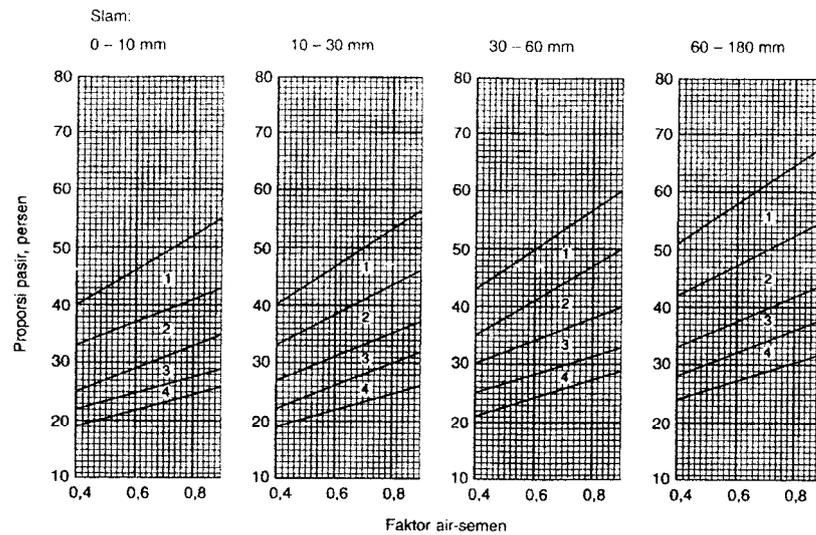
Tabel 3.16 Gradasi Pasir

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

Sumber : (Triono Budi Astanto, 2001)

16. Menentukan perbandingan pasir dan kerikil

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



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

17. Menentukan berat jenis campuran pasir dan kerikil

$$B_j \text{ campuran} = \frac{P}{100} \times B_j \text{ pasir} + \frac{K}{100} \times B_j \text{ kerikil} \dots\dots\dots (3.7)$$

Keterangan :

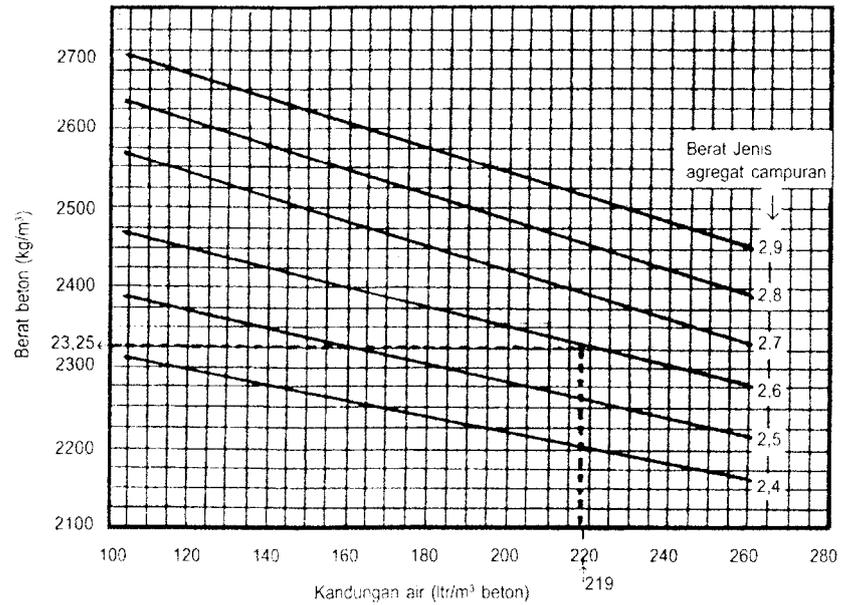
B_j campuran = Berat jenis campuran

P = Persentase pasir terhadap agregat campuran

K = Persentase kerikil terhadap agregat campuran

18. Menentukan Berat Beton

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



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

19. Menentukan kebutuhan pasir dan kerikil

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

..... (3.8)

20. Menentukan kebutuhan pasir

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

..... (3.9)

21. Menentukan kebutuhan kerikil

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

..... (3.10)

3.8 Kuat Tarik Beton

Kuat tarik-belah benda uji silinder beton adalah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan (SK SNI M-06-1990-03). Menurut Jackson (1983), kekuatan tarik-belah silinder berbeda-beda dari 5% sampai 13% dari kuat tekan kubus beton atau 4,15% sampai 10,79% dari kuat tekan silinder beton. Nilai pendekatan yang diperoleh dari hasil pengujian berulang kali mencapai kekuatan $0,5-0,6\sqrt{f'_c}$, sehingga untuk beton normal digunakan nilai $0,57\sqrt{f'_c}$. Pengujian tersebut menggunakan benda uji silinder beton dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Tegangan tarik yang timbul sewaktu benda uji terbelah disebut sebagai *split cylinder strength* diperhitungkan sebagai berikut : (Dipohusodo, 1994).

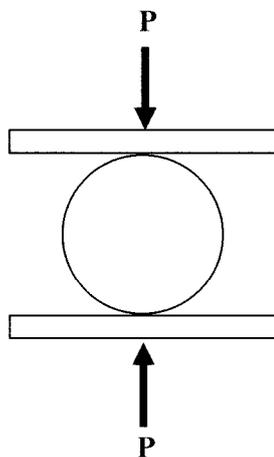
$$f'_{tr} = \frac{2P}{\pi DL} \dots\dots\dots (3.11)$$

dengan, f'_{tr} = Kuat tarik (N/mm², Mpa)

P_{maks} = Beban pada waktu belah (N)

D = Diameter silinder (mm)

L = Tinggi silinder (mm)



Gambar 3.5 Pembebanan kuat tarik beton

3.9 Kuat Geser Beton

Menurut Pillai dan Menon (1993), kekuatan beton di dalam geser murni sekitar 10-20 persen dari kuat tekannya. Nilai-nilai yang lebih rendah menyatakan usaha-usaha untuk memisahkan pengaruh-pengaruh gesekan dari geseran-geseran sebenarnya (Ferguson, 1986). Persamaan yang dipakai untuk untuk menentukan kuat geser adalah :

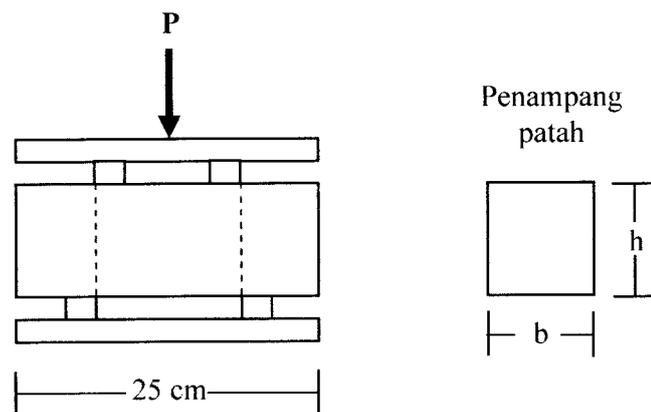
$$f'_{sh} = \frac{P_{maks}}{2A} \dots\dots\dots (3.12)$$

dengan, f'_{sh} = Kuat geser (N/mm², Mpa)

P_{maks} = Beban maksimum (N)

A = Luas bidang geser (mm²)

Luas bidang geser adalah luas penampang patah

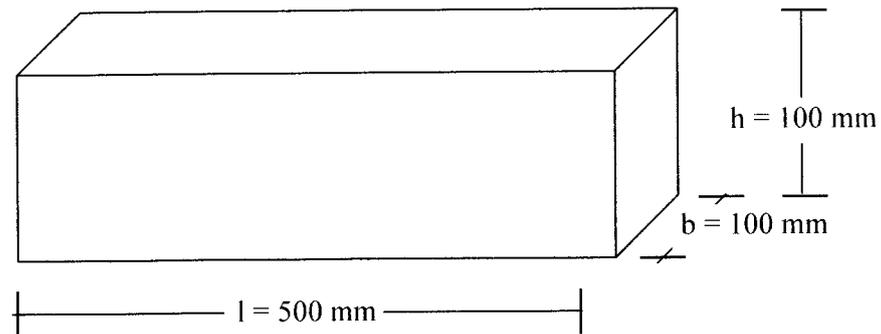


Gambar 3.6 Pembebanan kuat geser beton

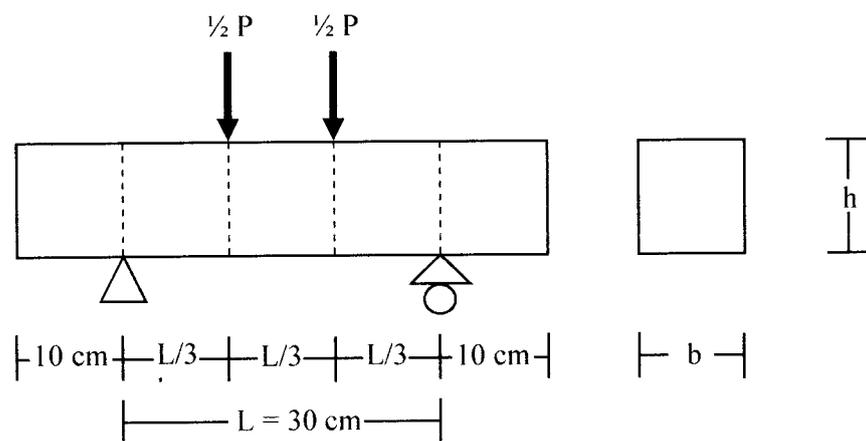
3.10 Kuat Lentur Beton

Kuat lentur beton menurut SK SNI M-06-1996-03 (1996) adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakkan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan padanya, sampai

benda uji patah dan dinyatakan dalam MPa gaya tiap satuan luas. Jackson (1983), menyebutkan bahwa kekuatan lentur bervariasi dari 11% sampai 23% dari kuat tekan kubus beton atau 9,13% sampai 19,09% dari kuat tekan silinder beton,



Gambar 3.7a Benda uji kuat lentur beton



Gambar 3.7b Pembebanan kuat lentur beton

Dengan menggunakan prinsip keseimbangan statika dapat ditentukan besar momen dan geser yang terjadi pada setiap penampang balok yang bekerja menahan beban. Perhatian lebih lanjut tentunya menentukan kemampuan balok tersebut untuk menahan beban dengan cara memperhitungkan tegangan-tagangan

yang timbul di dalamnya. Untuk balok dari sembarang bahan homogen (serba sama) dan elastik berlaku rumus lenturan sebagai berikut : (Dipohusodo , 1994)

$$f_u' = \frac{M \cdot c}{I} \dots\dots\dots (3.13)$$

Dimana, $M = \frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{3} L = \frac{1}{6} P \cdot L \dots\dots\dots (3.14a)$

$$c = \frac{1}{2} \cdot h \dots\dots\dots (3.14b)$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \dots\dots\dots (3.14c)$$

Sehingga, $f_u' = \frac{(\frac{1}{6} P \cdot L) \cdot (\frac{1}{2} h)}{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3} \dots\dots\dots (3.15a)$

$$f_u' = \frac{\frac{1}{12} P \cdot L \cdot h}{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3} \dots\dots\dots (3.15b)$$

$$f_u' = f_u'' = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2} \dots\dots\dots (3.15c)$$

dimana, f_u' = Tegangan lentur (N/mm², Mpa)

M = Momen yang bekerja pada balok (N mm)

c = Jarak serat terluar terhadap garis netral, baik di daerah tekan maupun tarik (mm⁴)

I = Momen inersia penampang balok terhadap garis netral

P = Beban yang bekerja pada balok (N)

L = Jarak antar tumpuan (mm)

b = Lebar balok (mm)

h = Tinggi balok (mm)]

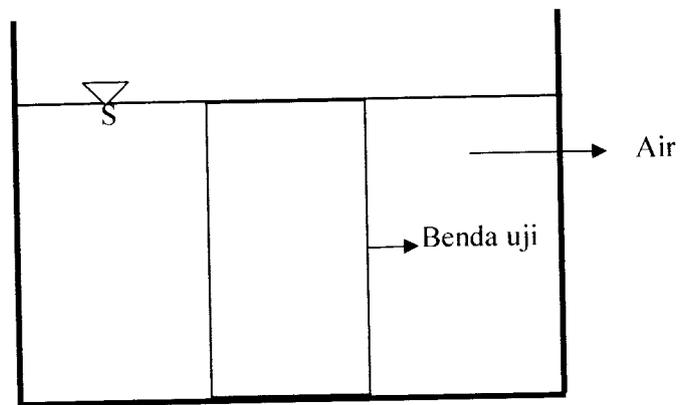
3.11 Permeabilitas Beton

Salah satu faktor yang mempengaruhi durabilitas beton adalah permeabilitas beton, yaitu kemudahan beton untuk dapat dilalui air. Uji permeabilitas ini terdiri dari dua macam: uji aliran (*flow test*) dan uji penetrasi (*penetration test*). Uji yang pertama digunakan untuk mengukur permeabilitas beton terhadap air bila ternyata air dapat mengalir melalui sampel beton. Uji penetrasi digunakan jika dalam percobaan permeabilitas tidak ada air yang mengalir melalui sampel (Sugiharto, Tjong, Surya, dan Wibowo, 2004). Dalam penelitian ini uji permeabilitas yang dilakukan adalah uji penyerapan air (uji penetrasi).

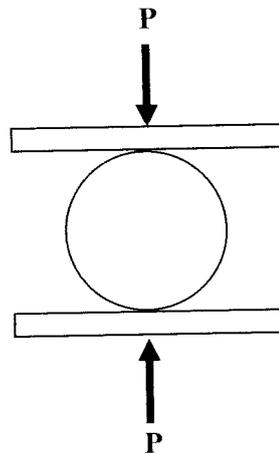
Menurut Murdock dan brook (1991), untuk mendapatkan beton padat dan kedap air, perbandingan air-semen harus direduksi seminimal mungkin sejauh kemudahan pengerjaan masih konsisten untuk dipadatkan tanpa terjadi pemisahan. Faktor lain yang mempengaruhi kekedapan ialah:

1. Mutu dan porositas dari agregat
2. Umur. Kededapan air berkurang dengan berkembangnya umur
3. Gradasi agregat harus dipilih sedemikian, agar dihasilkan beton dengan kemudhan pengerjaan yang baik, dengan air yang minimal gradasi yang kasar dengan banyak pasir, sebaiknya dihindarkan
4. Perawatan merupakan pengaruh yang penting, oleh karenanya perlu untuk membasahi beton terutama selama beberapa hari.

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur kedalaman air yang masuk setelah benda uji dibelah. Benda uji yang dipakai adalah silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.



Gambar 3.8a Perendaman benda uji setelah di oven



Gambar 3.8b Pengujian tarik-belah untuk permeabilitas beton

BAB IV

METODE PENELITIAN

Urutan pelaksanaan pada penelitian ini yang akan dibahas dalam bab ini meliputi persiapan bahan dan alat, pengadaan bahan, pemeriksaan bahan campuran beton, perhitungan komposisi campuran beton (metode DOE), pengujian slump, pembuatan benda uji, perawatan beton, pengujian beton yang terdiri pengujian kuat tarik, kuat geser, kuat lentur, dan permeabilitas.

4.1 Persiapan Bahan dan Alat

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

4.1.1 Bahan

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

1. Agregat

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

2. Semen Portland (PC)

Semen portland yang dipakai dalam penelitian ini adalah semen jenis I merk semen Gresik dengan berat 50 kg/zak. Pemilihan jenis ini dilakukan karena paling umum dipakai sebagai bahan campuran beton dan tidak memerlukan

persyaratan khusus. Semen di tempatkan pada suatu tempat yang kering dan tidak terkena kelembaban air.

3. Air

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

4. *Superplasticizer*

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

4.1.2 Alat

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

1. Mesin uji kuat tekan

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

2. Mesin uji kuat lentur

Mesin yang digunakan untuk menguji kuat desak silinder beton adalah *Universal Testing Machine (UTM)* dengan merk *Shimatsu* type UMH 30 yang mempunyai kapasitas 30 ton.

3. Mollen (mesin aduk beton)

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

4. Talam baja dan cetok

Kegunaan talam baja adalah sebagai alas untuk pengujian *slump* serta untuk menampung sementara adukan beton yang dikeluarkan dari mesin pengaduk

beton. Cetok digunakan untuk memasukkan adukan beton ke dalam dan cetakan benda uji.

5. Cetakan benda uji silinder

Cetakan yang akan digunakan dalam penelitian ini berbentuk silinder dan balok. Cetakan silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm digunakan untuk membuat benda uji kuat desak dan benda uji kuat tarik. Sedangkan cetakan balok digunakan untuk membuat benda uji kuat geser (25 x 10 x 10 cm) dan benda uji kuat geser (50 x 10 x 10 cm).

6. Cetakan balok

Cetakan balok yang digunakan terdiri dari 2 jenis yaitu cetakan untuk membuat benda uji kuat geser (25 x 10 x 10 cm) dan untuk benda uji kuat geser (50 x 10 x 10 cm)

7. Kerucut *Abrams* dan tongkat pemadat

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

8. Timbangan

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

9. Mistar dan kaliper

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

10. Ayakan

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

11. Gelas ukur

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

4.2 Pemeriksaan Bahan Campuran Beton

Pemeriksaan bahan campuran beton dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat dari bahan campuran beton tersebut. Pemeriksaan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pemeriksaan terhadap agregat kasar (kerikil) dan agregat halus (pasir) dan hasil pemeriksaan agregat dapat dilihat dalam **lampiran B**.

4.2.1 Agregat Halus (Pasir)

Pemeriksaan terhadap agregat halus (pasir) meliputi:

a. Modulus halus butir (MHB) pasir

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

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

b. Berat jenis dan penyerapan air agregat halus

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

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

2. keringkan benda uji dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$, sampai berat tetap,
3. buang air perendam dengan hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, tebarkan di atas talam, keringkan di udara panas dengan cara membalik-balikkan benda uji, lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh,
4. setelah tercapai kering permukaan jenuh masukkan 500 gram benda uji ke dalam piknometer, masukkan air suling sampai mencapai 90% isi piknometer, putar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya,
5. tambahkan air sampai mencapai tanda batas,
6. timbang picnometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (Bt),
7. keluarkan benda uji, keringkan benda uji dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$, sampai berat tetap,
8. setelah benda uji dingin, kemudian ditimbang (Bk),
9. tentukan berat piknometer berisi air penuh (B),
10. hitunglah berat jenis dan penyerapan agregat halus dengan persamaan:

a. Berat jenis curah (*bulk specific gravity*), gram/cm^3

$$= \frac{Bk}{(B + 500 - Bt)} \dots\dots\dots (4.1)$$

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

$$= \frac{500}{(B + 500 - Ba)} \dots\dots\dots (4.2)$$

c. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*), gram/cm^3

$$= \frac{Bk}{(B + Bk - Bt)} \dots\dots\dots (4.3)$$

d. Penyerapan Air

$$= \frac{(500 - Bk)}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots (4.4)$$

c. Kandungan lumpur agregat halus

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

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

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \dots\dots\dots (4.5)$$

4.2.2 Agregat Kasar (Kerikil)

Pemeriksaan terhadap agregat kasar (kerikil) meliputi:

a. Modulus halus butir (MHB) kerikil.

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

1. benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^0\text{C}$, sampai berat tetap,
2. saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas,
3. saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit,

4. hitunglah persentase berat benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji setelah disaring.

b. Berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

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

1. cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan,
2. keringkan benda uji dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$, sampai berat tetap,
3. dinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram (B_k),
4. rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam,
5. keluarkan benda uji dari air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang, untuk butiran besar pengeringan harus satu persatu,
6. timbang benda uji kering permukaan jenuh (B_j),
7. letakkan benda uji dalam keranjang, guncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya dalam air (B_a),
8. ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan pada suhu standar ($5 ^\circ\text{C}$),
9. hitunglah berat jenis dan penyerapan agregat kasar dengan persamaan:

a. Berat jenis curah (*bulk specific gravity*), gram/cm^3

$$= \frac{B_k}{(B_j - B_a)} \dots\dots\dots(1)$$

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

$$= \frac{B_j}{(B_j - B_a)} \dots\dots\dots(2)$$

c. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*), gram/cm^3

$$= \frac{B_k}{(B_k - B_a)} \dots\dots\dots(3)$$

d. Penyerapan Air

$$= \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

4.3 Perhitungan Komposisi Campuran Beton

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

4.4 Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* adalah suatu cara untuk mengukur kelecakan adukan beton, yaitu kecairan/kepadatan adukan yang berguna dalam pengerjaan beton. Mula-mula kerucut Abrams di letakkan ditempat yang rata dan tida menghisap air. Adukan beton dimasukkan ke dalam kerucut Abrams dengan hati-hati dan kerucut Abrams dipegang erat-erat agar tidak bergerak, jumlah adukan yang dimasukkan kira-kira $\frac{1}{3}$ volume kerucut Abrams. Setelah adukan masuk lalu ditusuk-tusuksebanyak 25 kali dengan tongkat baja. Kemudian adukan kedua dengan volume sama dengan adukan pertama dimasukkan dan ditusuk-tusuk juga. Kemudian adukan ketiga dimasukkan, setelah adukan ketiga selesai ditusuk-tusuk lalu permukaan beton diratakan. Setelah 60 detik, kemudian tarik kerucut Abrams lurus ke atas dan ukur penurunan permukaan adukan beton setelah kerucut Abrams ditarik. Besar penurunan adukan beton tersebut disebut nilai *slump*. (Tjokrodimuljo, 1992)

4.5 Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang akan di buat pada penelitian ini berbentuk silinder (diameter 15 cm dan tinggi 30 cm) untuk pengujian kuat tarik dan pengujian permeabilitas beton, untuk pengujian kuat lentur berbentuk balok dengan panjang 50, lebar 10, dan tinggi 10 cm, serta balok (25x10x10 cm) untuk pengujian kuat geser. Jenis dan jumlah benda uji yang akan dibuat dalam penelitian ini dapat dilihat dalam **tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Jenis dan Jumlah Benda Uji sebelum penambahan SP

Pengurangan air (%)	Kuat tarik sesuai Kuat tekan		Kuat geser sesuai Kuat tekan		Kuat lentur sesuai Kuat tekan		permeabilitas sesuai Kuat tekan	
	15 MPa	20 MPa	15 MPa	20 MPa	15 MPa	20 MPa	15 MPa	20 MPa
0	3	3	3	3	3	3	1	1
5	3	3	3	3	3	3	1	1
10	3	3	3	3	3	3	1	1
15	3	3	3	3	3	3	1	1
20	3	3	3	3	3	3	1	1
25	3	3	3	3	3	3	1	1
30	3	3	3	3	3	3	1	1
Jumlah	21	21	21	21	21	21	7	7

Catatan: *Superplasticizer (SP)* ditambahkan pada campuran dengan cara coba-coba sampai mencapai slump 150-180 mm

4.6 Perawatan Beton

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

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

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

4.7 Pengujian Beton

Pengujian beton dilaksanakan setelah beton berumur 28 hari. Pengujian-pengujian yang dilaksanakan adalah pengujian kuat tarik, kuat geser, kuat lentur, dan permeabilitas.

4.7.1 Pengujian Kuat Tarik

Pengujian dilaksanakan dengan maksud untuk mengetahui kuat tarik beton pada 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. Langkah-langkah pengujian kuat tarik adalah:

1. ambil benda uji untuk pengujian kuat tarik dari tempat perawatan,
2. ukur dan catat dimensi benda uji kuat tarik,
3. timbang benda uji dan catat berat dari benda uji,
4. letakkan benda uji kuat tarik ke dalam alat uji tekan,
5. jalankan mesin uji tekan dengan penambahan beban uji yang konstan,
6. lakukan pembebanan sampai benda uji terbelah/hancur,
7. catat beban uji maksimum.

4.7.2 Pengujian Kuat Geser

Pengujian bertujuan untuk mengetahui kuat geser beton pada umur 28 hari. Pada pengujian ini digunakan benda uji berbentuk balok panjang 25 cm, lebar 10 cm dan tinggi 10 cm, jumlah benda uji yang digunakan untuk pengujian kuat geser ini sebanyak 3 buah. Pengujian kuat geser dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. keluarkan benda uji kuat geser dari rendaman,
2. ukur dan catat dimensi penampang benda uji kuat geser,
3. timbang benda uji dan catat berat dari benda uji,
4. buat garis-garis melintang sebagai tanda dan petunjuk titik perletakan pada alat bantu uji geser,
5. masukkan benda uji kuat geser ke dalam alat uji desak,
6. atur pembebanan dan kecepatan pembebanan pada alat uji,
7. hentikan pembebanan dan catat beban maksimum pada saat benda uji patah.

4.7.3 Pengujian Kuat Lentur

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kuat lentur beton setelah berumur 28 hari. Pengujian ini menggunakan benda uji sebanyak 3 buah, benda uji berbentuk balok panjang 50 cm, lebar 10 cm dan tinggi 10 cm. Langkah-langkah pengujian kuat lentur adalah sebagai berikut:

1. keluarkan benda uji kuat lentur dari rendaman,
2. ukur dan catat dimensi penampang benda uji kuat lentur,
3. timbang benda uji dan catat berat dari benda uji,
4. buat garis-garis melintang sebagai tanda dan petunjuk titik perletakan dan titik pembebanan,
5. tempatkan benda uji yang sudah diberi tanda di atas dua perletakan sesuai dengan tanda yang dibuat pada benda uji,
6. atur pembebanan dan kecepatan pembebanan pada alat uji,
7. kurangi kecepatan pembebanan pada saat-saat menjelang patah yang ditandai dengan kecepatan gerak jarum pada skala beban agak lambat,
8. hentikan pembebanan dan catat beban maksimum yang menyebabkan patahnya benda uji.

4.7.4 Pengujian Permeabilitas

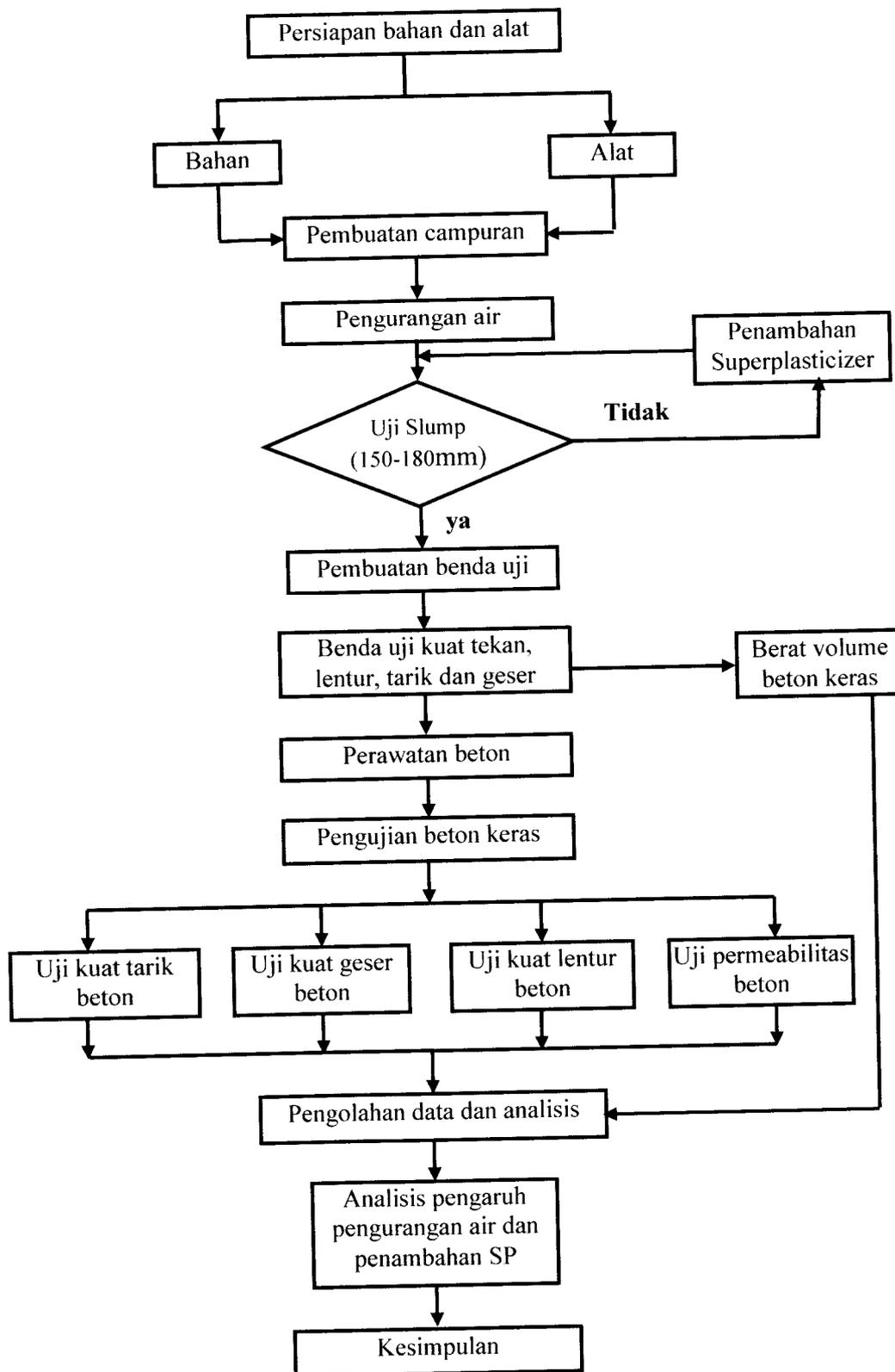
Benda uji yang digunakan pada pengujian ini berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, jumlah benda uji untuk pengujian ini sebanyak 3 buah. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kecepatan resapan air dalam beton pada umur 28 hari. Pengujian permeabilitas beton dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. ambil benda uji untuk pengujian kuat tarik dari tempat perawatan,
2. masukkan benda uji kedalam oven selama 24 jam (1 hari),
3. keluarkan benda uji dari oven dan didiamkan sampai benda uji dingin,
4. benda uji direndam lagi di dalam air selama 1 jam,
5. setelah 1 jam, ambil benda uji dari tempat rendaman dan dilap,
6. letakkan benda uji untuk permeabilitas ke dalam alat uji tekan,
7. jalankan mesin uji tekan dengan penambahan beban uji yang konstan,
8. lakukan pembebanan sampai benda uji terbelah/hancur,
9. ukur dan catat kedalaman air terjauh di dalam benda uji pada keempat sisi dari benda uji,
10. untuk perhitungan diambil titik terjauh dari keempat sisi benda uji.

4.8 Sistematika Metode Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang tepat dan sistematis diperlukan untuk menjaga agar jalannya penelitian sesuai dengan yang diharapkan. Langkah-langkah yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian ini dapat dilihat pada **gambar 4.1** di bawah ini.





Gambar 4.1 Sistematika metode penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Bab ini membicarakan hasil penelitian yang telah dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik dan pembahasan tentang hasil penelitian tersebut. Hasil penelitian yang diperoleh adalah hasil pengujian kuat tarik, kuat geser, kuat lentur dan permeabilitas beton.

5.2 Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan *Superplasticizer* Terhadap Workabilitas

Nilai faktor air-semen (fas) sangat berpengaruh terhadap kekuatan dan workabilitas beton segar. Semakin rendah nilai faktor air-semen kekuatan beton semakin meningkat, tetapi semakin rendah nilai faktor air-semen workabilitas beton segar juga rendah. Rendahnya workabilitas akan mengakibatkan hasil pemadatan kurang sempurna yang dapat menyebabkan beton berongga. Untuk mengatasi hal tersebut digunakan bahan tambah berupa *superplasticizer*. *Superplasticizer* merupakan bahan tambah yang diberikan pada beton untuk mendapat beton segar dengan workabilitas yang lebih tinggi dan bersifat mengalir.

Pengaruh penambahan *superplasticizer* pada beton segar sangat baik, *bleeding* dan *segregasi* dapat dikatakan tidak terjadi, walaupun terjadi relatif kecil dan boleh diabaikan. Indikator *workability* digunakan nilai slump yang diuji dengan pengujian slump. Dari segi *Workability*, berapapun dosis *superplasticizer* yang digunakan selama *bleeding* dan *segregasi* tidak terjadi slump dapat dibuat, tetapi masalah yang timbul adalah pada proses pengerasan awal dan kuat tekan beton (Ilham dkk, 2003).

Pada jumlah air terendah, perbandingan semen bagaimanapun tidak mudah untuk mencapai *workability* yang baik. Pengurangan air sekitar 25% sampai 30% dapat dicapai dengan penambahan *superplasticizer* tanpa mengurangi karakteristik

workability. Dengan adanya *superplasticizer* memungkinkan untuk mencapai slump lebih dari 200 mm dari slump awal sekitar 50 mm dengan dosis dari 0.3 % sampai 0.6 % (Ramachandran, 1979). Dalam penelitian ini nilai slump yang diinginkan pada adukan beton dengan pengurangan jumlah air dan penambahan *superplasticizer* adalah antara 150 mm hingga 180 mm. Semakin besar pengurangan air yang dilakukan, kebutuhan *superplasticizer* juga akan semakin besar. Nilai slump yang didapat dari pengujian slump dalam penelitian ini dapat dilihat pada **tabel 5.1** dan **tabel 5.2**.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Slump Sebelum dan Sesudah Penambahan *Superplasticizer (SP)* Pada Kuat Tekan Rencana 15 MPa

Variasi	Pengurangan air (%)	fas	Slump awal (mm)	Penambahan SP(%)	Slump Akhir (mm)
B15- 0A	0	0,61	150	0,00	150
B15- 5A-SP	5	0,58	145	0,48	172,5
B15-10A-SP	10	0,55	135	0,46	160
B15-15A-SP	15	0,52	125	0,59	165
B15-20A-SP	20	0,49	0	1,91	162,5
B15-25A-SP	25	0,46	0	1,94	172,5
B15-30A-SP	30	0,43	0	2,02	162,5

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Slump Sebelum dan Sesudah Penambahan *Superplasticizer (SP)* Pada Kuat Tekan Rencana 20 MPa

Variasi	Pengurangan air (%)	fas	Slump awal (mm)	Penambahan SP(%)	Slump Akhir (mm)
B20- 0A-SP	0	0,56	116	0,34	164
B20- 5A-SP	5	0,53	108	0,51	163,5
B20-10A-SP	10	0,50	0	1,37	157,5
B20-15A-SP	15	0,48	0	1,88	163,5
B20-20A-SP	20	0,45	0	1,95	180
B20-25A-SP	25	0,42	0	2,05	180
B20-30A-SP	30	0,39	0	2,39	176,5

keterangan:

Slump awal : Slump sebelum penambahan *superplasticizer (SP)*

Slump akhir: Slump setelah penambahan *superplasticizer (SP)*

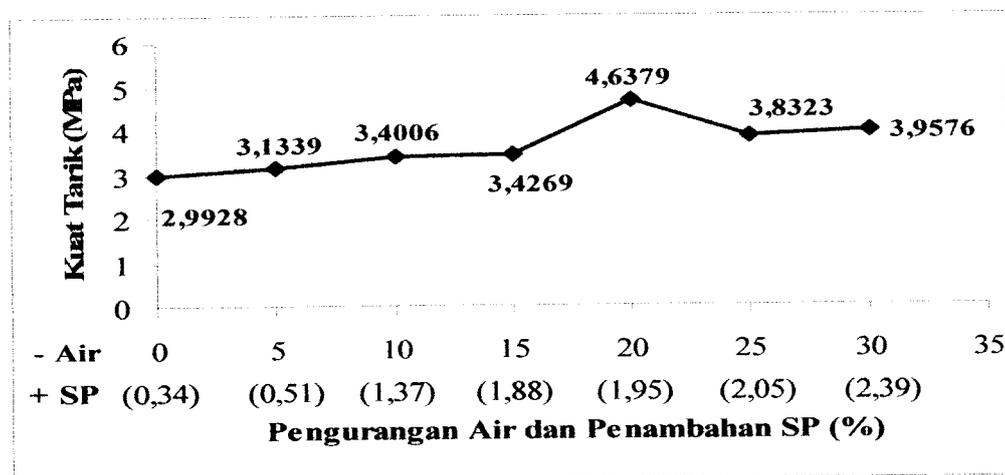
Prosentase SP diperoleh dari perbandingan berat SP terhadap berat semen

Turany
Kuat 68 - 827

Dari **tabel 5.1** dan **tabel 5.2** diatas dapat dilihat bahwa semakin besar pengurangan air nilai slump awal semakin rendah. Semakin rendah nilai slump menyebabkan workabilitas adukan beton menurun sehingga beton akan semakin sulit untuk dikerjakan. Untuk menjaga workabilitas adukan beton ditambahkan *superplasticizer* ke dalam adukan beton selama pengadukan. Penambahan *superplasticizer* dilakukan sedikit demi sedikit hingga mencapai nilai slump yang telah ditentukan yaitu antara 150 mm sampai 180 mm. *Superplasticizer* bertindak memisahkan butir-butir semen yang menggumpal dalam campuran air rendah. Ini berarti melepaskan air untuk memperbaiki kelecakan, karena dapat memberikan keleluasaan Bergeraknya air lebih baik di antara butir-butir semen sehingga workabilitas beton akan meningkat. *Superplasticizer* adalah tambahan yang menurunkan slump dengan melapisi partikel cement, kemudian memisahkan dan melepaskan cement dari ikatan akibat air, pelapisan ini juga menyebabkan muatan negatif pada partikel cement, mengakibatkan adanya gaya tolak menolak antar partikel cement, effect yang ditimbulkan yaitu tingkat workabilitas meningkat tanpa peningkatan nilai fas atau menimbulkan bleeding. (R.C. Smith, C.K Andres; Material of Construction)

Pengurangan air yang semakin besar mengakibatkan nilai slump semakin rendah bahkan ada yang nilai slumpnya 0 mm sebelum penambahan *superplasticizer* sehingga beton segar akan semakin sulit untuk dikerjakan seperti terlihat pada tabel di atas. Untuk mendapatkan nilai slump rencana antara 150 mm sampai 180 mm di tambahkan *superplasticizer* ke dalam adukan beton selama pengadukan. Penambahan *superplasticizer* mampu meningkatkan workabilitas beton segar dan mencapai nilai slump rencana antara 150 mm sampai 180 mm seperti yang terlihat pada hasil pengujian nilai slump akhir pada **tabel 5.1** dan **tabel 5.2**

Pada variasi B15-0A tidak dilakukan penambahan *superplasticizer* karena workabilitas adukan beton masih tinggi dan nilai slump yang dihasilkan masih dapat mencapai nilai slump antara 150 mm sampai 180 mm. Nilai slump akhir pada variasi B15-10A-SP menurun dibandingkan variasi B15-5A-SP. Hal ini disebabkan karena pengurangan air yang terjadi semakin besar, sedangkan



Gambar 5.2 Hubungan Pengurangan Air dan Penambahan *Superplasticizer* Dengan Kuat Tarik Beton Pada Kuat Tekan Rencana 20MPa

Menurut Nawy (1990), kekuatan beton pada umur tertentu bergantung pada perbandingan berat air dan berat semen dalam campuran, semakin kecil faktor air-semen semakin tinggi kekuatan beton. Pernyataan tersebut sesuai dengan hasil penelitian ini seperti yang terlihat pada **gambar 5.1** dan **gambar 5.2** bahwa semakin rendah fas (semakin besar pengurangan air), kuat tarik beton semakin meningkat. Kenaikan kuat tarik tersebut disebabkan oleh jumlah air yang semakin rendah sehingga jarak antar butiran menjadi lebih rapat dan beton yang dihasilkan lebih padat dan kekuatannya juga akan lebih tinggi. Di sisi lain, jumlah air yang rendah menyebabkan workabilitas beton juga rendah sehingga menyebabkan kekuatan beton menurun karena pemadatan yang kurang sempurna. Untuk meningkatkan workabilitas beton ditambahkan *superplasticizer* kedalam campuran adukan beton. *Superplasticizer* bertindak memisahkan butir-butir semen yang menggumpal dalam campuran air rendah. Ini berarti melepaskan air untuk memperbaiki kelecakan, karena dapat memberikan keleluasaan Bergeraknya air lebih baik di antara butir-butir semen sehingga workabilitas beton akan meningkat. *Superplasticizer* dapat menghasilkan beton kuat tekan tinggi, apabila kekohesifan beton baik. Kekohesifan yang tinggi dari campuran semen dan air memerlukan dosis *superplasticizer* relatif lebih tinggi untuk memisahkan butir-

butir semen yang menggumpal dan menyebarkan butir-butirnya (Gagne dkk, 1996).

Kuat tarik optimum sebesar 3,8667 MPa untuk kuat tekan rencana 15 MPa diperoleh pada pengurangan kandungan air 20% dan penambahan *superplasticizer* 1,91% dari berat semen pada variasi beton B15-20A-SP. Variasi beton B15-20A-SP mengalami peningkatan kuat tarik sebesar 34,7001% dari variasi beton B15-0A. Untuk kuat tekan rencana 20 MPa mampu mencapai kuat tarik optimum sebesar 4,6379 MPa pada pengurangan air 20% dan penambahan *superplasticizer* 1,95% dari berat semen seperti yang terlihat pada variasi beton B20-20A-SP. Peningkatan kuat tarik pada variasi beton B20-20A-SP dibandingkan variasi beton B20-0A-SP adalah sebesar 54,9686%. Kuat tarik beton pada kuat tekan 20 MPa lebih besar dari kuat tarik pada kuat tekan 15 MPa. Hal ini karena jumlah semen pada kuat tekan rencana 20 MPa lebih besar yang menyebabkan fasnya menjadi lebih rendah dari fas pada kuat tekan 15 MPa sehingga ikatannya menjadi lebih kuat dan kuat tarik yang dihasilkan menjadi lebih besar.

Pada variasi B15-15A-SP kuat tarik beton menurun dibandingkan variasi sebelumnya, hal ini disebabkan oleh kenaikan jumlah *superplasticizer* yang rendah sedangkan pengurangan airnya semakin besar sehingga workabilitas beton lebih rendah dari variasi B15-5A-SP. Peningkatan kuat tarik juga mengalami penurunan pada variasi pengurangan air 25% dan 30% untuk kuat tekan 15 MPa dan 20 Mpa yaitu pada variasi beton B15-25A-SP, B15-30A-SP, B20-225A-SP, dan B20-30A-SP. Dosis *superplasticizer* pada variasi tersebut terlalu banyak sehingga adukan beton menjadi lebih encer membuat ikatan antara pasta semen dan butiran agregat menjadi lemah dan kuat tarik yang dihasilkan lebih rendah. Penambahan *superplasticizer* sebesar 1,94%, 2,02%, 2,05%, dan 2,39% dari berat semen pada variasi beton B15-25A-SP B15-30A-SP, B20-25A-SP, dan B20-30A-SP melebihi dosis yang disarankan pabrik dalam petunjuk penggunaan *superplasticizer* (*skament-NN*) yaitu sebesar 0,6%-1,5% dari berat semen. Hasil tersebut sesuai dengan pernyataan Nawy (1990), bahwa dosis *superplasticizer* yang berlebihan dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan beton.

5.3.2 Hubungan Kuat Tarik dengan Kuat Tekan

Kuat tarik beton merupakan salah satu sifat dari sifat-sifat yang dimiliki beton. Pengujian kuat tarik dalam penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui kuat tarik suatu silinder beton. Nilai kuat tekan silinder beton merupakan data bersama dengan Danny Kurniawan (kuat tekan rencana 15 MPa) dan Agung Fajar M (kuat tekan rencana 20 MPa). Data lengkap hasil pengujian kuat tekan umur 28 hari dapat dilihat dalam lampiran F tabel 1 dan tabel 2. Hubungan antara kuat tarik dengan kuat tekan dapat dilihat dari tabel 5.11 dan tabel 5.12.

Table 5.5 Hubungan kuat tarik dengan kuat tekan beton pada f_c 15 MPa

Variasi	Variasi		Kuat tarik (f_{tr}) rata-rata (MPa)	Kuat tekan (f_c) rata-rata (MPa)	Prosentase f_{tr} thdp f_c (%)	Kuat tarik teoritis (MPa)
	Pengurangan Air (%)	Penambahan SP (%)				
B15-0A	0	0,00	2,8706	23,9447	11,9885	2,7892
B15-5A-SP	5	0,48	3,3334	31,3572	10,6304	3,1919
B15-10A-SP	10	0,46	3,4942	32,9671	10,5991	3,2728
B15-15A-SP	15	0,59	3,3051	26,3893	12,5244	2,9281
B15-20A-SP	20	1,91	3,8667	41,0382	9,4222	3,6515
B15-25A-SP	25	1,94	3,2609	28,6297	11,3899	3,0499
B15-30A-SP	30	2,02	3,4636	44,9750	7,7012	3,8226

Keterangan: Kuat tarik teoritis didapat dari persamaan $0,57\sqrt{f_c}$
Kuat tarik rata-rata adalah kuat tarik hasil pengujian

Table 5.6 Hubungan kuat tarik dengan kuat tekan beton pada f_c 20 MPa

Variasi	Variasi		Kuat tarik (f_{tr}) rata-rata (MPa)	Kuat tekan (f_c) rata-rata (MPa)	Prosentase f_{tr} thdp f_c (%)	Kuat tarik teoritis (MPa)
	Pengurangan Air (%)	Penambahan SP (%)				
B20-0A-SP	0	0,34	2,9928	28,1777	10,6212	3,0257
B20-5A-SP	5	0,51	3,1339	31,6163	9,9123	3,2050
B20-10A-SP	10	1,37	3,4006	32,1034	10,5927	3,2296
B20-15A-SP	15	1,88	3,4269	39,0872	8,7673	3,5636
B20-20A-SP	20	1,95	4,6379	39,5596	11,7238	3,5851
B20-25A-SP	25	2,05	3,8323	38,8204	9,8719	3,5514
B20-30A-SP	30	2,39	3,9576	49,8138	7,9448	4,0230

Keterangan: Kuat tarik teoritis didapat dari persamaan $0,57\sqrt{f_c}$
Kuat tarik rata-rata adalah kuat tarik hasil pengujian

5.4 Kuat Geser Beton

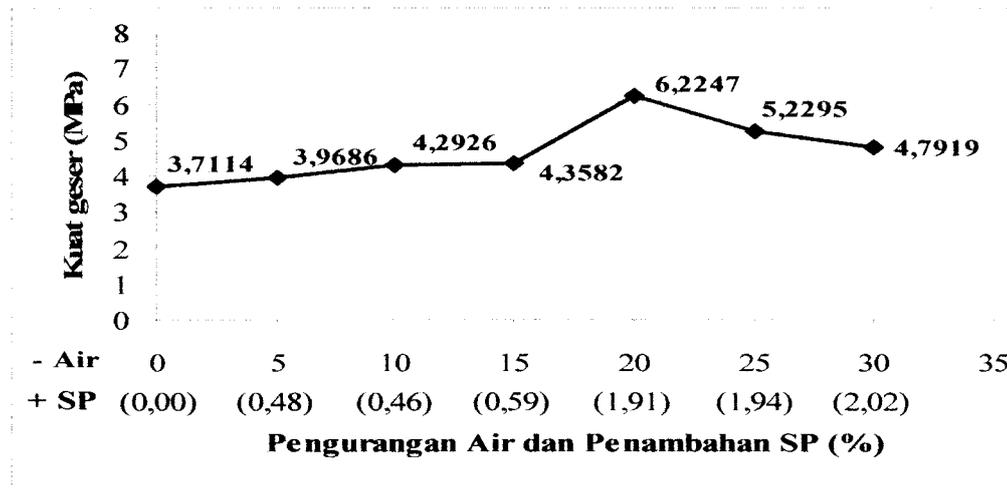
5.4.1 Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan *Superplasticizer* Terhadap Kuat Geser

Pengujian kuat geser dimaksudkan untuk mengetahui besarnya tegangan geser dari balok beton setelah mendapat pembebanan. Pengujian kuat geser dilakukan pada benda uji balok (25 x 10 x 10 cm) dengan umur perawatan 28 hari. Perhitungan kuat geser beton menggunakan **persamaan (3.15)**, dan hasil pengujian kuat geser beton rata-rata umur 28 hari terdapat pada **tabel 5.5** dan **tabel 5.6**. Hasil pengujian kuat geser beton umur 28 hari dapat dilihat pada **lampiran F tabel 4** dan **tabel 6**.

Salah satu upaya untuk meningkatkan kuat geser beton adalah dengan mengurangi jumlah air dalam adukan beton sesuai dengan pernyataan Wahyudi L dan Rahim A.S (1997), bahwa proporsi air yang sedikit akan memberikan kekuatan yang tinggi pada beton, tetapi kelemasan beton atau daya kerjanya akan berkurang. Sedangkan proporsi air yang agak besar akan memberikan kemudahan pada waktu pelaksanaan pengecoran, tetapi kekuatan hancur beton jadi rendah. Pengurangan air sekitar 25% sampai 30% dapat dicapai dengan penambahan *superplasticizer* tanpa mengurangi karakteristik *workability* (Ramachandran, 1979). Hubungan pengurangan air dan penambahan *superplasticizer* terhadap kuat geser beton umur 28 hari dapat dilihat pada **gambar 5.3** dan **gambar 5.4**.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Kuat Geser Beton Pada Kuat Tekan Rencana 15 MPa

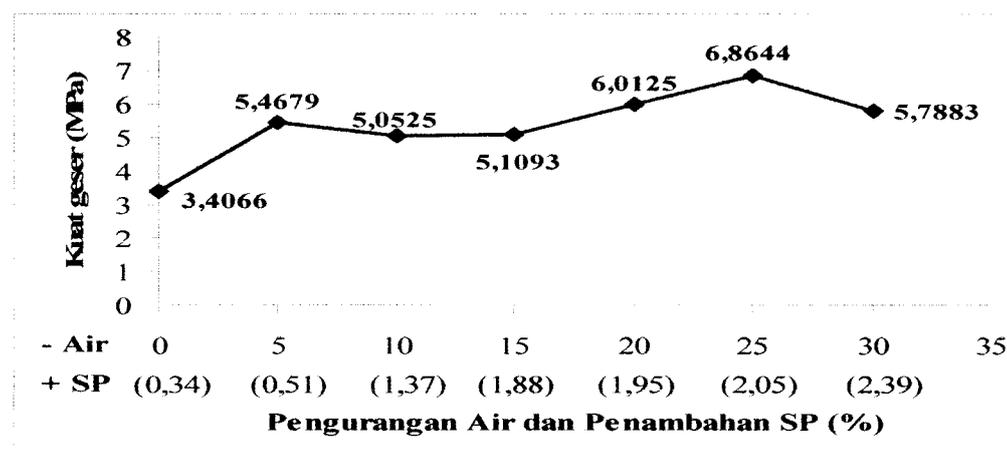
Variasi Beton	Variasi		fas	Kuat Geser rata-rata (MPa)	Perubahan (%)
	Pengurangan air (%)	Penambahan SP (%)			
B15- 0A-SP	0	0,00	0,61	3,7114	0
B15- 5A-SP	5	0,48	0,58	3,9686	6,9295
B15-10A-SP	10	0,46	0,55	4,2926	15,6584
B15-15A-SP	15	0,59	0,52	4,3582	17,4265
B15-20A-SP	20	1,91	0,49	6,2247	67,7182
B15-25A-SP	25	1,94	0,46	5,2295	40,9027
B15-30A-SP	30	2,02	0,43	4,7919	29,1122



Gambar 5.3 Hubungan Pengurangan Air dan Penambahan *Superplasticizer* Dengan Kuat Geser Beton Pada Kuat Tekan Rencana 15 MPa

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Kuat Geser Beton Pada Kuat Tekan Rencana 20 MPa

Variasi Beton	Variasi		fas	Kuat Geser rata-rata (MPa)	Perubahan (%)
	Pengurangan air (%)	Penambahan SP(%)			
B20- 0A-SP	0	0,34	0,56	3,4066	0
B20- 5A-SP	5	0,51	0,53	5,4679	60,5099
B20-10A-SP	10	1,37	0,50	5,0525	48,3150
B20-15A-SP	15	1,88	0,48	5,1093	49,9812
B20-20A-SP	20	1,95	0,45	6,0125	76,4956
B20-25A-SP	25	2,05	0,42	6,8644	101,5016
B20-30A-SP	30	2,39	0,39	5,7883	69,9153



Gambar 5.4 Hubungan Pengurangan Air dan Penambahan *Superplasticizer* Dengan Kuat Geser Beton Pada Kuat Tekan Rencana 20 MPa

Gambar 5.3 dan **gambar 5.4** menunjukkan semakin rendah nilai fas akibat pengurangan air yang semakin besar, kuat geser beton yang dihasilkan cenderung mengalami peningkatan kekuatan. Semakin besar pengurangan air atau nilai fas semakin rendah akan menyebabkan workabilitas beton menurun sehingga beton sulit untuk dikerjakan. Untuk menjaga workabilitas beton, dalam campuran adukan beton ditambahkan *superplasticizer* selama pengadukan. *Superplasticizer* bertindak memisahkan butir-butir semen yang menggumpal dalam campuran air rendah yang berarti melepaskan air untuk memperbaiki kelecakan, karena dapat memberikan keleluasaan Bergeraknya air lebih baik di antara butir-butir semen sehingga workabilitas beton akan meningkat. Sesuai dengan pernyataan Gagne dkk (1996), kekohesifan yang tinggi dari campuran semen dan air memerlukan dosis *superplasticizer* relatif lebih tinggi untuk memisahkan butir-butir semen yang menggumpal dan menyebarkan butir-butirnya.

Untuk kuat tekan rencana 15 MPa, Pengurangan air 20% dan penambahan *superplasticizer* 1,91% dari berat semen mampu mencapai kuat geser optimum sebesar 6,2247 MPa atau meningkat 67,7182% dari beton normal (B15-0A) seperti terlihat pada variasi beton B15-20A-SP. Untuk kuat tekan rencana 20 MPa, kuat geser optimum sebesar 6,8644 MPa diperoleh pada variasi B20-25A-SP yaitu pada pengurangan air 25% dan penambahan *superplasticizer* sebesar 2,05% dari berat semen. Pada variasi beton B20-25A-SP kuat geser mengalami peningkatan sebesar 101,5016% dari variasi B20-0A-SP Hasil tersebut sesuai dengan pernyataan dari Murdock dan Brook (1991) yaitu kenaikan faktor air-semen mempunyai pengaruh sebaliknya terhadap sifat-sifat beton. Beton yang mempunyai faktor air-semen minimal dan cukup untuk memberikan workabilitas tertentu yang dibutuhkan untuk pemadatan yang sempurna tanpa pekerjaan pemadatan yang berlebihan, merupakan beton yang terbaik. Faktor air-semen untuk kuat tekan 15 MPa lebih tinggi dari faktor air-semen pada kuat tekan 20 MPa sehingga kuat geser pada kuat tekan 15 MPa lebih rendah dari kuat geser pada kuat tekan 20 MPa. Pada kuat tekan 15 MPa jumlah semen yang dipakai lebih sedikit di bandingkan kuat tekan 20 MPa, sedangkan jumlah air yang digunakan sama sehingga faktor air-semen untuk kuat tekan 15 MPa lebih tinggi.

Kenaikan kuat tarik dapat diakibatkan oleh banyaknya semen yang ada dalam pasta sedangkan jumlah air rencana hanya sedikit sehingga menyebabkan kekuatan beton meningkat, dengan banyaknya jumlah semen yang ada dalam adukan maka ikatan antara agregat dengan semen menjadi lebih kuat. Hal ini sesuai dengan yang dikatakan Mulyono (2004), bahwa jika air yang berada diantara bagian-bagian semen jumlahnya sedikit menyebabkan jarak antara butiran-butiran semen menjadi pendek, akibatnya masa semen lebih menunjukkan keterikatannya (ikatannya menjadi lebih kuat). Kuat geser pada variasi pengurangan air 5% (B20-5A-SP) meningkat cukup tinggi, peningkatan tersebut disebabkan karena jumlah airnya masih tinggi dan workabilitasnya juga lebih baik sehingga pematatannya juga lebih baik.

Peningkatan kuat geser juga menurun pada variasi pengurangan air 25% dan 30% untuk kuat tekan 15 MPa, sedangkan untuk kuat tekan rencana 20 MPa peningkatan kuat geser mengalami penurunan pada variasi pengurangan air 30%. Pengurangan air pada variasi tersebut terlalu besar menyebabkan adukan menjadi kering, penambahan *superplasticizer* pada variasi ini hanya meningkatkan workabilitas beton saja. Dosis *superplasticizer* sebesar 1,94% (B15-25A-SP), 2,02% (B15-30A-SP) dan 2,39% (B20-30A-SP) telah melampaui dosis yang disarankan pabrik dalam petunjuk penggunaan *superplasticizer (skament-NN)* yaitu sebesar 0,6%-1,5% dari berat semen sehingga kuat geser menurun karena adukan lebih encer yang menyebabkan ikatan antara pasta semen dan butiran agregat menjadi lemah dan kuat tarik yang dihasilkan lebih rendah. Hasil tersebut sesuai dengan pernyataan Nawy (1990), bahwa dosis *superplasticizer* yang disarankan adalah 1 sampai 2 persen dari berat semen, dosis *superplasticizer* yang berlebihan dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan beton. Ramachandran (1979) juga menyatakan bahwa, memasukkan jumlah yang lebih besar untuk menghasilkan pengurangan air yang lebih tinggi mengakibatkan efek yang tidak diinginkan pada pengaturan, jumlah udara, *bleeding*, *segregation*, dan karakteristik pembekuan.

5.4.2 Hubungan Kuat Geser Dengan Kuat Tekan

Salah satu sifat beton yang perlu diperhitungkan adalah kuat gesernya. Peningkatan kuat tarik hanya disertai peningkatan kuat geser yang kecil. Data kuat tekan beton merupakan data bersama dengan Danny Kurniawan (kuat tekan rencana 15 MPa) dan Agung Fajar M (kuat tekan rencana 20 MPa). Data lengkap hasil pengujian kuat tekan umur 28 hari dapat dilihat dalam lampiran F tabel 1 dan tabel 2. Hubungan antara kuat geser dengan kuat tekan beton dapat dilihat pada tabel 5.13 dan tabel 5.14

Table 5.9 Hubungan kuat geser dengan kuat tekan beton pada $f'c$ 15 MPa

Variasi	Variasi		Kuat geser (f_{sh}) rata-rata (MPa)	Kuat tekan ($f'c$) rata-rata (MPa)	Prosentase f_{sh} thdp $f'c$ (%)
	Pengurangan Air (%)	Penambahan SP (%)			
B15-0A	0	0,00	3,7114	23,9447	15,5000
B15-5A-SP	5	0,48	3,9686	31,3572	12,6561
B15-10A-SP	10	0,46	4,2926	32,9671	13,0208
B15-15A-SP	15	0,59	4,3582	26,3893	16,5150
B15-20A-SP	20	1,91	6,2247	41,0382	15,1681
B15-25A-SP	25	1,94	5,2295	28,6297	18,2660
B15-30A-SP	30	2,02	4,7919	44,9750	10,6546

Table 5.10 Hubungan kuat geser dengan kuat tekan beton pada $f'c$ 20 MPa

Variasi	Variasi		Kuat geser (f_{sh}) rata-rata (MPa)	Kuat tekan ($f'c$) rata-rata (MPa)	Prosentase f_{sh} thdp $f'c$ (%)
	Pengurangan Air (%)	Penambah an SP (%)			
B20-0A-SP	0	0,34	3,4066	28,1777	12,0897
B20-5A-SP	5	0,51	5,4679	31,6163	17,2947
B20-10A-SP	10	1,37	5,0525	32,1034	15,7382
B20-15A-SP	15	1,88	5,1093	39,0872	13,0714
B20-20A-SP	20	1,95	6,0125	39,5596	15,1986
B20-25A-SP	25	2,05	6,8644	38,8204	17,6823
B20-30A-SP	30	2,39	5,7883	49,8138	11,6199

Pada tabel 5.13 dan tabel 5.14 menunjukkan bahwa perbandingan kuat geser dengan kuat tekan beton pada variasi B15-0A dan B20-0A-SP sebesar 15,5% dan 12,0897%. Pada kuat geser optimum yang terdapat pada variasi B15-20A-SP dan B20-25A-SP mempunyai prosentase terhadap kuat tekan sebesar

15,1681% dan 15,1681%. Untuk kuat tekan rencana 15 MPa peningkatan kuat tekan selalu diikuti oleh peningkatan kuat gesernya pada variasi pengurangan air antara 0% sampai 20%. Peningkatan kuat tekan pada kuat tekan rencana 20 MPa tidak selalu diikuti oleh peningkatan kuat gesernya seperti pada variasi B20-30A-SP. Pada variasi tersebut kuat tekan mencapai nilai maksimum sedangkan kuat geser menurun setelah mencapai nilai optimum. sampai.

Menurut Pillai dan Menon (1993), kekuatan beton di dalam geser murni sekitar 10 - 20 persen dari kuat tekannya. Pernyataan tersebut sesuai dengan hasil penelitian ini, prosentase kuat geser pada kuat tekan rencana 15 MPa sekitar 10,6546% - 18,2660% dari kuat tekannya dan untuk kuat tekan rencana 20 MPa berkisar antara 11,6199% - 17,6823% dari kuat tekannya. Prosentase kuat geser terhadap kuat tekan tidak mengalami perubahan yang signifikan dengan adanya penambahan *superplasticizer* dalam campuran.

5.5 Kuat Lentur Beton

5.5.1 Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan *Superplasticizer* Terhadap Kuat Lentur

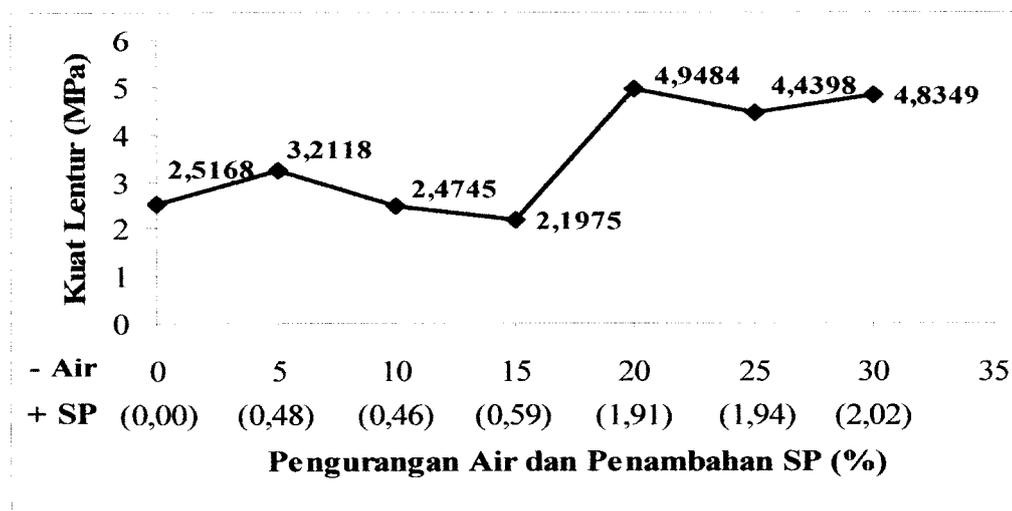
Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kuat lentur beton setelah berumur 28 hari. Pengujian ini menggunakan benda uji sebanyak 3 buah, benda uji berbentuk balok panjang 50 cm, lebar 10 cm dan tinggi 10 cm. Perhitungan kuat lentur beton menggunakan **persamaan (3.16)**, untuk hasil pengujian kuat lentur beton umur 28 hari selengkapnya dapat dilihat pada **lampiran F tabel 7 dan tabel 8**. Hasil pengujian kuat lentur beton rata-rata umur 28 hari terdapat pada **tabel 5.7 dan tabel 5.8**.

Workabilitas beton segar akan menurun seiring dengan pengurangan air yang dilakukan. Penambahan *superplasticizer* dengan dosis yang tepat disertai dengan pengerjaan dan perawatan beton yang baik mampu meningkatkan workabilitas dan kekuatan beton. Menurut Ramachandran (1979), pada mix desain yang sama, beton dengan kandungan *superplasticizer* mempunyai kekuatan yang lebih tinggi dari pada beton normal. Pengaruh pengurangan air dan penambahan

superplasticizer terhadap kuat geser beton dapat dilihat pada **gambar 5.3** dan **gambar 5.4**.

Table 5.11 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Pada Kuat Tekan Rencana 15 MPa

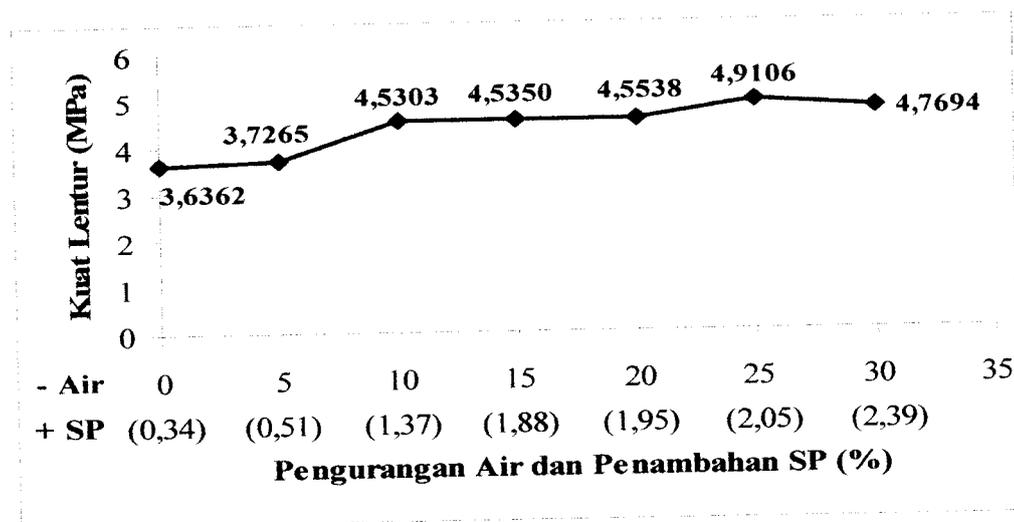
Vaiasi Beton	Vaiasi		fas	Kuat Lentur rata-rata (MPa)	Perubahan (%)
	Pengurangan air (%)	Penambahan SP (%)			
B15- 0A-SP	0	0,00	0,61	2,5168	0
B15- 5A-SP	5	0,48	0,58	3,2118	27,6144
B15-10A-SP	10	0,46	0,55	2,4745	-1,6807
B15-15A-SP	15	0,59	0,52	2,1975	-12,6867
B15-20A-SP	20	1,91	0,49	4,9484	96,6147
B15-25A-SP	25	1,94	0,46	4,4398	76,4065
B15-30A-SP	30	2,02	0,43	4,8349	92,1051



Gambar 5.5 Hubungan Pengurangan Air dan Penambahan *Superplasticizer* Dengan Kuat Lentur Beton Pada Kuat Tekan Rencana 15 MPa

Table 5.12 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Pada Kuat Tekan Rencana 20 MPa

Vaiasi Beton	Vaiasi		fas	Kuat Lentur rata-rata (MPa)	Perubahan (%)
	Pengurangan air (%)	Penambahan SP (%)			
B20- 0A-SP	0	0,34	0,56	3,6362	0
B20- 5A-SP	5	0,51	0,53	3,7265	2,4834
B20-10A-SP	10	1,37	0,50	4,5303	24,5889
B20-15A-SP	15	1,88	0,48	4,5350	24,7181
B20-20A-SP	20	1,95	0,45	4,5538	25,2351
B20-25A-SP	25	2,05	0,42	4,9106	35,0476
B20-30A-SP	30	2,39	0,39	4,7694	31,1644

**Gambar 5.6** Hubungan Pengurangan Air dan Penambahan *Superplasticizer* Dengan Kuat Lentur Beton Pada Kuat Tekan Rencana 20 Mpa

Kuat lentur akan cenderung meningkat seiring dengan semakin besar pengurangan air atau semakin rendah nilai fasnya. Tetapi semakin besar pengurangan air menyebabkan workabilitas beton juga semakin rendah. Untuk meningkatkan workabilitas beton ditambahkan *superplasticizer* ke dalam adukan beton. *Superplasticizer* bertindak memisahkan butir-butir semen yang menggumpal dalam campuran air rendah. Ini berarti melepaskan air untuk memperbaiki kelecakan, karena dapat memberikan keleluasaan Bergeraknya air lebih baik di antara butir-butir semen sehingga workabilitas beton akan meningkat. *Superplasticizer* dapat menghasilkan beton kuat tekan tinggi, apabila kekohesifan beton baik. Kekohesifan yang tinggi dari campuran semen dan air memerlukan dosis *superplasticizer* relatif lebih tinggi untuk memisahkan butir-

butir semen yang menggumpal dan menyebarkan butir-butirnya (Gagne dkk, 1996).

Dari **gambar 5.5** terlihat bahwa kuat lentur beton mengalami peningkatan seiring dengan pengurangan air yang semakin besar. Jumlah air yang rendah menyebabkan jarak antar butiran menjadi lebih rapat dan beton yang dihasilkan lebih padat dan kekuatannya juga akan lebih tinggi. Wahyudi L dan Rahim A.S (1997) mengatakan proporsi air yang sedikit akan memberikan kekuatan yang tinggi pada beton, tetapi kelemahan beton atau daya kerjanya akan berkurang. Kuat lentur optimum dicapai pada variasi B15-20A-SP yaitu pada pengurangan air 20% dan penambahan *superplasticizer* 1,91% dari berat semen. Kuat lentur optimum pada variasi B15-20A-SP adalah sebesar 4,9484 MPa atau meningkat 96,6147% dibandingkan beton normal (B15-0A-SP).

Pada variasi pengurangan air 10% dan 15 % yaitu pada beton B15-10A-SP dan B15-15A-SP kuat lentur mengalami penurunan yang disebabkan oleh pengurangan air dan penambahan *superplasticizer* yang kurang tepat. Pada variasi B15-10A-SP dosis *superplasticizer* yang ditambahkan lebih rendah dibandingkan variasi B15-5A-SP (pengurangan air 5%), sedangkan jumlah air pada variasi B15-10A-SP lebih sedikit sehingga workabilitasnya juga lebih rendah walaupun nilai slump yang diinginkan dapat dicapai. Penurunan pada variasi pengurangan air 15% (B15-15A-SP) disebabkan karena penambahan *superplasticizer* terlalu rendah. Penambahan *superplasticizer* sebesar 0,59% dari berat semen mampu meningkatkan nilai slump mencapai 165 mm, tetapi masih lebih rendah dibandingkan nilai slump variasi beton B15-5A-SP yang mengakibatkan workabilitasnya juga lebih rendah akibat pengurangan air yang lebih besar. Hal tersebut menyebabkan pemadatan menjadi kurang baik yang menyebabkan terjadinya penurunan kuat lentur pada variasi B15-15A-SP.

Setelah kuat lentur mencapai nilai optimum pada variasi B15-20A-SP, kuat lentur kembali mengalami penurunan kekuatan pada variasi B15-25A-SP dan B15-30A-SP. Penambahan *superplasticizer* pada variasi B15-25A-SP dan B15-30A-SP terlalu besar yang menyebabkan adukan beton menjadi lebih encer membuat ikatan antara pasta semen dan butiran agregat menjadi lemah dan kuat

tarik yang dihasilkan lebih rendah. Dosis *superplasticizer* sebesar 1,94% dan 2,02% dari berat semen pada variasi ini melebihi dosis yang di sarankan dalam petunjuk penggunaan *superplasticizer* yaitu sebesar 0,6%-1,5% dari berat semen.

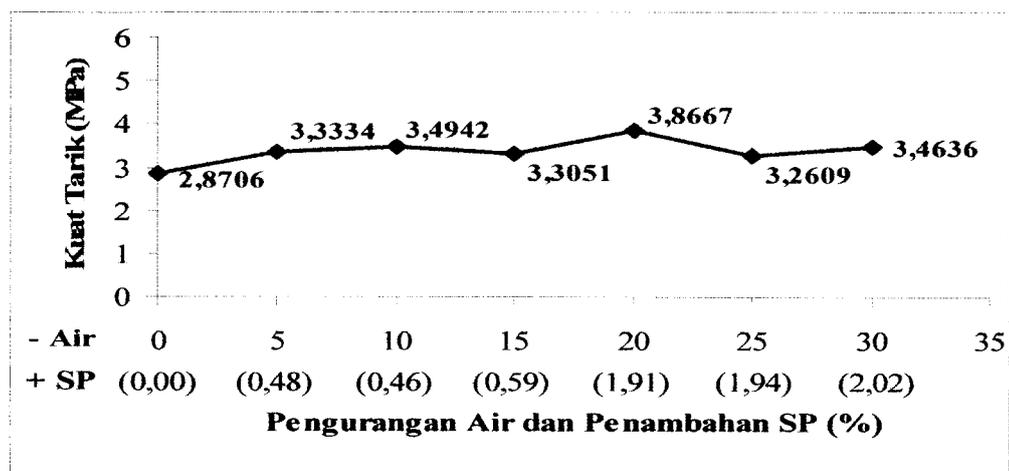
Pada **gambar 5.6** terlihat bahwa kuat lentur beton pada kuat tekan 20 MPa terus mengalami peningkatan seiring dengan semakin besarnya pengurangan air (fas rendah). Kuat lentur optimum sebesar 4,9106 MPa diperoleh pada variasi pengurangan air 25% dan penambahan *superplasticizer* 2,05% dari berat semen. Pada variasi pengurangan air 30% peningkatan kuat lentur mengalami penurunan karena dosis *superplasticizer* yang ditambahkan ke dalam campuran aduka terlalu besar. Penambahan *superplasticizer* sebesar 2.39% dari berat semen pada variasi B20-30A-SP melebihi batas optimum penambahan *superplasticizer* yang disarankan pabrik dalam petunjuk penggunaan *superplasticizer (skament-NN)* yaitu sebesar 0,6%-1,5% dari berat semen. Penambahan *superplasticizer* berlebihan dapat menyebabkan penurunan kuat lentur sesuai dengan pernyataan Murdock dan brook (1991), bahwa kelebihan dosis menjadikan beton terlalu encer sehingga terjadi pemisahan butiran yang cukup banyak.

5.5.2 Hubungan Kuat Lentur Dengan Kuat Tekan

Pengujian kuat lentur dilaksanakan setelah beton mencapai umur 28 hari dengan variasi pengurangan air mulai 0% sampai 30%. Dari hasil pengujian menunjukkan adanya kuat lentur optimum dicapai pada variasi pengurangan air 20% dan penambahan *superplasticizer* 1,91% dari berat semen untuk kuat tekan rencana 15 MPa. Sedangkan untuk kuat tekan rencana 20 MPa kuat lentur terus meningkat sampai pada variasi pengurangan air 25% dan penambahan *superplasticizer* 2,05% dari berat semen. Hasil ini tidak berbanding lurus dengan peningkatan kuat tekan yang terjadi seperti terlihat pada **tabel 5.13** dan **tabel 5.14**.

Table 5.3 Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Pada Kuat Tekan Rencana 15 MPa

Variasi Beton	Variasi		fas	Kuat tarik rata-rata (MPa)	Perubahan (%)
	Pengurangan air (%)	Penambahan SP (%)			
B15- 0A	0	0,00	0,61	2,8706	0
B15- 5A-SP	5	0,48	0,58	3,3334	16,1221
B15-10A-SP	10	0,46	0,55	3,4942	21,7237
B15-15A-SP	15	0,59	0,52	3,3051	15,1362
B15-20A-SP	20	1,91	0,49	3,8667	34,7001
B15-25A-SP	25	1,94	0,46	3,2609	13,5965
B15-30A-SP	30	2,02	0,43	3,4636	20,6577

**Gambar 5.1** Hubungan Pengurangan Air dan Penambahan *Superplasticizer* Dengan Kuat Tarik Beton Pada Kuat Tekan Rencana 15 MPa**Table 5.4** Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Pada Kuat Tekan Rencana 20 MPa

Variasi Beton	Variasi		fas	Kuat Tarik rata-rata (MPa)	Perubahan (%)
	Pengurangan air (%)	Penambahan SP (%)			
B20- 0A-SP	0	0,34	0,56	2,9928	0
B20- 5A-SP	5	0,51	0,53	3,1339	4,7146
B20-10A-SP	10	1,37	0,50	3,4006	13,6260
B20-15A-SP	15	1,88	0,48	3,4269	14,5048
B20-20A-SP	20	1,95	0,45	4,6379	54,9686
B20-25A-SP	25	2,05	0,42	3,8323	28,0507
B20-30A-SP	30	2,39	0,39	3,9576	32,2374

Dari tabel 5.11 dan tabel 5.12 terlihat bahwa semakin besar pengurangan air, kuat tekan beton semakin tinggi diikuti dengan peningkatan kuat tariknya. Hasil tersebut terlihat pada variasi pengurangan air 0% sampai 20% untuk kuat tekan rencana 15 MPa, sedangkan pada kuat tekan rencana 20 MPa terjadi pada pengurangan air 0% sampai 25% persen prosentase kuat tarik terhadap kuat tekan beton pada variasi B15-0A dan B20-0A-SP sebesar 11,9885% dan 10,6212%.

Menurut Dipohusodo (1994) nilai kuat tekan dan kuat tarik beton tidak berbanding lurus, setiap perbaikan usaha mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil nilai kuat tariknya seperti yang terjadi pada pengurangan air 30% atau variasi B15-30A-SP dan B20-30A-SP untuk kuat tekan 15 Mpa dan 20Mpa. Kuat tarik beton pada variasi tersebut mengalami penurunan dibanding variasi B15-20A-SP dan B20-20A- SP, sedangkan kuat tekannya mencapai kuat tekan maksimum sehingga prosentase kuat tarik terhadap kuat tekannya menurun. Kuat tarik optimum sebesar 3,8667 MPa dan 4,6379 MPa untuk kuat tekan 15 Mpa dan 20 Mpa pada variasi B15-20A-SP dan B20-20A-SP mempunyai prosentase terhadap kuat tekan sebesar 9,4222% dan 11,7238%. Penambahan *superplasticizer* pada variasi pengurangan air 0% sampai 30% dapat meningkatkan kuat tekan disertai dengan peningkatan kuat tarik yang rendah.

Prosentase kuat tarik terhadap kuat tekan pada penelitian ini berkisar antara 7,7012% sampai 12,5244% untuk kuat tekan rencana 15 MPa, sedangkan untuk kuat tekan rencana 20 MPa berkisar antara 7,9448% sampai 11,7238%. Hasil tersebut mendekati pernyataan Jackson (1983), bahwa kekuatan tarik-belah silinder berbeda-beda dari 4,15% sampai 10,79% dari kuat tekan silinder beton. Menurut Dipohusodo (1994), nilai kuat tarik untuk beton normal digunakan nilai $0,57\sqrt{f'c}$. Kuat tarik teoritis berdasarkan persamaan $0,57\sqrt{f'c}$ untuk kuat tekan 15 MPa berkisar antara 2,7892 - 3,8226 MPa dan untuk kuat tekan 20 MPa berkisar antara 3,0257 - 4,0230 MPa. Nilai kuat tarik teoritis berdasarkan persamaan $0,57\sqrt{f'c}$ mendekati kuat tarik dari hasil pengujian. Kuat tarik teoritis yang dihasilkan dari persamaan $0,57\sqrt{f'c}$ meningkat seiring dengan kenaikan kuat tekannya. Sedangkan kuat tarik hasil penelitian tidak selalu meningkat seiring dengan kenaikan kuat tekannya.

Table 5.13 Hubungan kuat lentur dengan kuat tekan beton pada $f'c$ 15 MPa

Variasi	Variasi		Kuat lentur (f'_{lt}) rata-rata (MPa)	Kuat tekan ($f'c$) rata-rata (MPa)	Prosentase f'_{lt} thdp $f'c$ (%)
	Pengurangan Air (%)	Penambahan SP (%)			
B15- 0A	0	0,00	2,5168	23,9447	10,5109
B15- 5A-SP	5	0,48	3,2118	31,3572	10,2426
B15-10A-SP	10	0,46	2,4745	32,9671	7,5060
B15-15A-SP	15	0,59	2,1975	26,3893	8,3272
B15-20A-SP	20	1,91	4,9484	41,0382	12,0580
B15-25A-SP	25	1,94	4,4398	28,6297	15,5077
B15-30A-SP	30	2,02	4,8349	44,9750	10,7502

Table 5.14 Hubungan kuat lentur dengan kuat tekan beton pada $f'c$ 20 MPa

Variasi	Variasi		Kuat lentur (f'_{lt}) rata-rata (MPa)	Kuat tekan ($f'c$) rata-rata (MPa)	Prosentase f'_{lt} thdp $f'c$ (%)
	Pengurangan Air (%)	Penambahan SP (%)			
B20- 0A-SP	0	0,34	3,6362	28,1777	12,9045
B20- 5A-SP	5	0,51	3,7265	31,6163	11,7867
B20-10A-SP	10	1,37	4,5303	32,1034	14,1116
B20-15A-SP	15	1,88	4,5350	39,0872	11,6023
B20-20A-SP	20	1,95	4,5538	39,5596	11,5112
B20-25A-SP	25	2,05	4,9106	38,8204	12,6495
B20-30A-SP	30	2,39	4,7694	49,8138	9,5745

Pada **tabel 5.13** dan **tabel 5.14** menunjukkan bahwa perbandingan kuat lentur dengan kuat tekan beton pada variasi B15-0A dan B20-0A-SP sebesar 10,5109% dan 12,9045%. Pada kuat lentur optimum sebesar 4,9484 MPa dan 4,9106 MPa yang terdapat pada variasi B15-20A-SP dan B20-25A-SP mempunyai prosentase terhadap kuat tekan sebesar 12,0580% dan 12,6495%. Kuat tekan maksimum sebesar 44,9750 MPa dan 49,8138 MPa dicapai pada variasi B15-30A-SP dan B20-30A-SP.

Pada penelitian ini prosentase kuat lentur terhadap kuat tekan yang dihasilkan pada kuat tekan rencana 15 MPa berkisar antara 7,5060% - 15,5077%, sedangkan untuk kuat tekan rencana 20 MPa berkisar antara 9,5745% - 13,1830% dari kuat tekannya. Hasil tersebut sesuai dengan Jackson (1983), bahwa kekuatan lentur bervariasi dari 9,13% sampai 19,09% dari kuat tekan silinder beton, kecuali pada variasi B15-10A-SP, B15-15A-SP, dan B20-30A-SP. Pada variasi B15-10A-SP, B15-15A-SP, dan B20-30A-SP kuat lentur mengalami penurunan kekuatan,

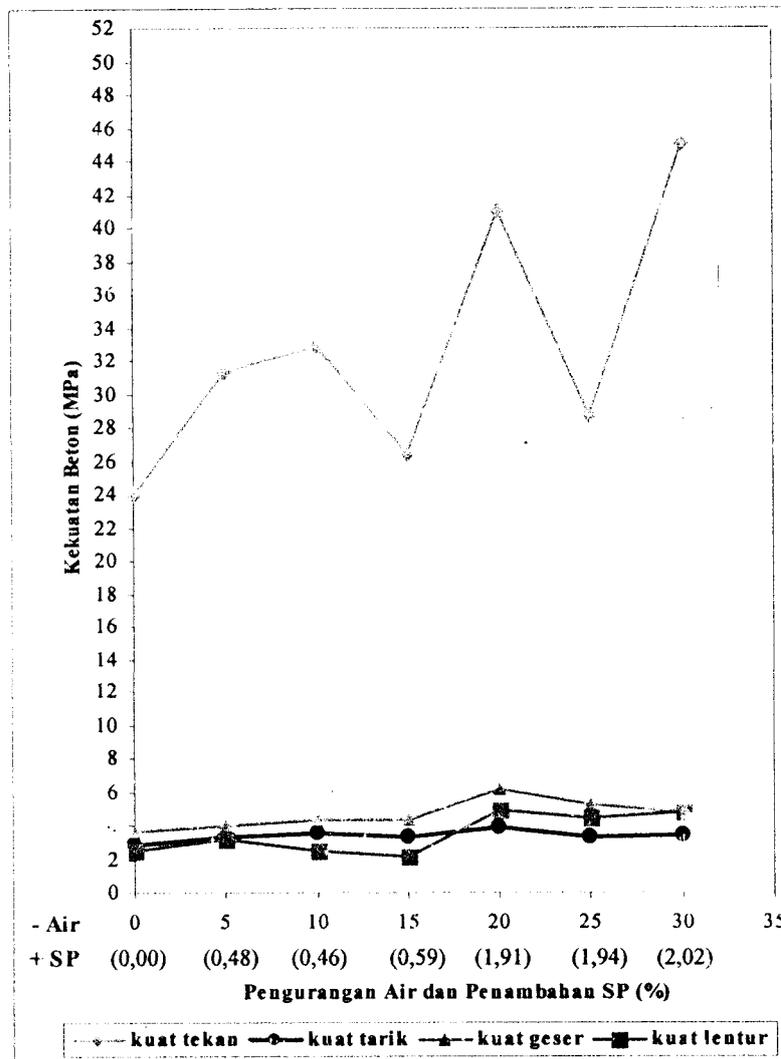
sedangkan kuat tekan terus meningkat sehingga prosentase kuat lentur terhadap kuat tekan mengalami penurunan. Pada variasi B15-15A-SP kuat lentur mengalami penurunan yang disebabkan oleh penambahan *superplasticizer* yang kurang tepat. Pengurangan air dan penambahan *superplasticizer* sampai dosis tertentu dapat meningkatkan kuat tekan yang lebih besar dibandingkan kuat lenturnya.

5.6 Hubungan Pengurangan Air dan Penambahan *Superplasticizer* Terhadap Kuat Tekan, Tarik, Geser, dan Lentur

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dihasilkan data kuat tekan, kuat tarik, kuat geser, dan kuat lentur beton. Data kuat tekan diperoleh dari data bersama Danny Kurniawan (kuat tekan rencana 15 MPa) dan Agung Fajar M (kuat tekan rencana 20 MPa). Data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran F tabel tabel 5.15 dan tabel 5.16 menampilkan data rata-rata dari kuat tekan, tarik, geser, dan lentur beton.

Tabel 5.15 Hubungan Pengurangan Air dan Penambahan *Superplasticizer* Terhadap Kuat tekan, tarik, geser, dan lentur pada f_c 15 MPa

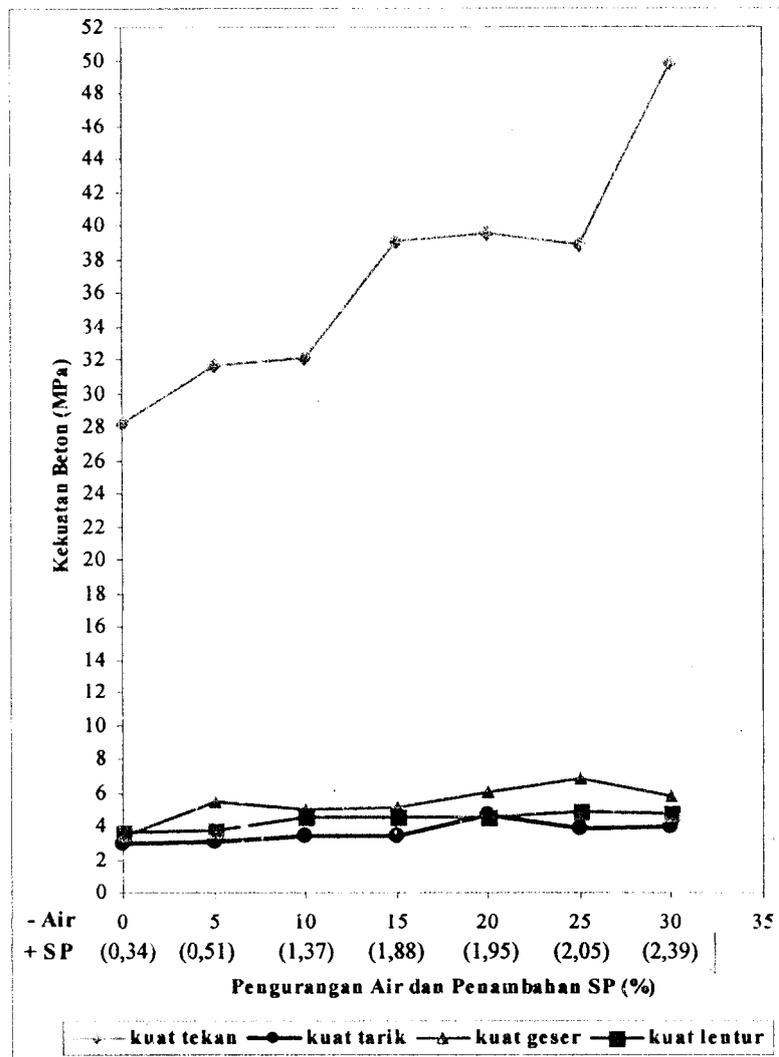
Variasi Beton	Variasi		fas	Kuat tekan (MPa)	Kuat tarik (MPa)	Kuat geser (MPa)	Kuat lentur (MPa)
	Pengurangan Air (%)	Penambahan SP (%)					
B15- 0A	0	0,00	0,61	26,2330	2,8706	3,7114	2,5168
B15- 5A-SP	5	0,48	0,58	30,3926	3,3334	3,7114	3,2118
B15-10A-SP	10	0,46	0,55	33,7607	3,4942	3,9686	2,4745
B15-15A-SP	15	0,59	0,52	37,0288	3,3051	4,2926	2,1975
B15-20A-SP	20	1,91	0,49	40,1241	3,8667	4,3582	4,9484
B15-25A-SP	25	1,94	0,46	30,0888	3,2609	6,2247	4,4398
B15-30A-SP	30	2,02	0,43	44,9750	3,4636	5,2295	4,8349



Gambar 5.7 Hubungan pengurangan air dan penambahan SP terhadap kekuatan beton pada kuat tekan beton 15 Mpa

Tabel 5.16 Hubungan Pengurangan Air dan Penambahan *Superplasticizer* Terhadap Kuat tekan, tarik, geser, dan lentur pada $f'c$ 20 MPa

Vaiasi Beton	Variasi		fas	Kuat tekan (MPa)	Kuat tarik (MPa)	Kuat geser (MPa)	Kuat lentur (MPa)
	Pengurangan Air (%)	Penambahan SP (%)					
B20- 0A-SP	0	0,34	0,56	28,1777	2,9928	3,4066	3,6362
B20- 5A-SP	5	0,51	0,53	31,6163	3,1339	5,4679	3,7265
B20-10A-SP	10	1,37	0,50	32,1034	3,4006	5,0525	4,5303
B20-15A-SP	15	1,88	0,48	39,0872	3,4269	5,1093	4,5350
B20-20A-SP	20	1,95	0,45	39,5596	4,6379	6,0125	4,5538
B20-25A-SP	25	2,05	0,42	38,8204	3,8323	6,8644	4,9106
B20-30A-SP	30	2,39	0,39	49,8138	3,9576	5,7883	4,7694



Gambar 5.8 Hubungan pengurangan air dan penambahan SP terhadap kekuatan beton pada kuat tekan beton 20 MPa

Dari **gambar 5.7** dan **gambar 5.8** dapat dilihat bahwa kekuatan beton yang meliputi kuat tekan, tarik, geser, dan lentur mengalami kenaikan seiring dengan pengurangan air yang semakin besar, sesuai dengan pernyataan Wahyudi L dan Rahim A.S (1997), bahwa proporsi air yang sedikit akan memberikan kekuatan yang tinggi pada beton, tetapi kelemahan beton atau daya kerjanya akan berkurang. Sedangkan proporsi air yang agak besar akan memberikan kemudahan pada waktu pelaksanaan pengecoran, tetapi kekuatan hancur beton jadi rendah. Semakin rendah fas akibat pengurangan air semakin besar menyebabkan

workabilitas beton menurun yang akan mengakibatkan beton berongga karena pemadatan yang kurang sempurna. Untuk meningkatkan workabilitas beton ditambahkan *superplasticizer* ke dalam campuran adukan beton sesuai pernyataan Ramachandran (1979), bahwa dengan adanya *superplasticizer* memungkinkan untuk mencapai slump lebih dari 200 mm dari slump awal sekitar 50 mm dengan dosis dari 0.3 % sampai 0.6 %.

Peningkatan kuat tekan selalu diikuti oleh kuat tarik, geser, dan lenturnya, tetapi pada variasi pengurangan air 30% kuat tekan mencapai nilai maksimum sedangkan untuk kuat tarik, geser dan lentur mengalami penurunan. Kuat tarik, geser, dan lentur untuk kuat tekan rencana 15 Mpa mencapai nilai optimum pada variasi pengurangan air 20% dan penambahan *superplasticizer* sebesar 1,91% dari berat semen. Untuk kuat tekan rencana 20 Mpa, kuat tarik mencapai optimum pada pengurangan air 20% dan penambahan *superplasticizer* sebesar 1,95% dari berat semen, sedangkan untuk kuat geser dan lentur kekuatan optimum dicapai pada pengurangan air 20% dan penambahan *superplasticizer* sebesar 2,05% dari berat semen. Nilai kuat tekan maksimum dicapai pada pengurangan air 30% dan penambahan *superplasticizer* sebesar 2,02% dan 2,39% dari berat semen untuk kuat tekan rencana 15 MPa dan 20 MPa. Hasil tersebut membuktikan bahwa peningkatan kuat tekan tidak selalu diikuti oleh peningkatan kuat tarik, geser dan lentur. Untuk kuat tekan 15 MPa, kekuatan beton yang meliputi kuat tekan, tarik, maupun lentur mengalami penurunan kekuatan pada variasi pengurangan air 15%. Hal ini karena kenaikan jumlah *superplasticizer* yang rendah menyebabkan beton pada variasi pengurangan air 15% kurang *workable* sehingga kekuatan beton menurun.

Dari **gambar 5.7** dan **gambar 5.8** dapat dilihat bahwa kekuatan beton masih mungkin meningkat pada penambahan *superplasticizer* sampai dosis tertentu melebihi dosis yang direkomendasikan pabrik yang terdapat dalam brosur *sikament-NN* (lampiran C) yaitu sebesar 0,6%-1,5% dari berat semen.

Dari tabel 5.17 dan tabel 5.18 dapat dilihat bahwa semakin besar pengurangan air dan faktor air-semen semakin rendah akan menyebabkan beton semakin padat dan kedap air yang ditandai dengan kecepatan penetrasi air yang semakin rendah. Semakin besar pengurangan air juga membuat workabilitas beton menurun, sehingga kebutuhan *superplasticizer* semakin tinggi. Penambahan *superplasticizer* akan membuat workabilitas beton meningkat, sehingga pemadatan beton akan semakin baik dan beton yang dihasilkan akan lebih padat. Kecepatan penetrasi air terkecil sebesar 0,0042 mm/dtk untuk kuat tekan rencana 15 MPa diperoleh pada pengurangan kandungan air 20% dan penambahan *superplasticizer* 1,91% dari berat semen, sedangkan untuk kuat tekan rencana 20 MPa, kecepatan penetrasi air terkecil adalah sebesar 0,0042 mm/dtk pada pengurangan air 25% dan penambahan *superplasticizer* 2,05% dari berat semen seperti yang terlihat pada B15-20A-SP dan B20-25A-SP. Penambahan *superplasticizer* sebesar 1,91% dan 2,05% dari berat semen pada variasi B15-20A-SP dan B20-25A-SP untuk kuat tekan 15 MPa dan 20 MPa mampu meningkatkan workabilitas beton sehingga dihasilkan beton yang lebih padat. Hasil tersebut sesuai dengan pernyataan dalam *Admixtures and ground slag for concrete* (1990), bahwa kemampuan *superplasticizer* untuk mengurangi kebutuhan air 12% - 25% tanpa mempengaruhi workabilitas untuk menghasilkan beton mutu tinggi dan permeabilitas yang lebih rendah. Penambahan *superplasticizer* sampai dosis tertentu mampu meningkatkan kelecakan adukan beton yang menyebabkan proses pematatannya lebih baik sehingga diperoleh beton yang lebih padat dan lebih kedap air.

Kecepatan penetrasi air pada kuat tekan rencana 15 MPa meningkat pada pengurangan air 25% (B15-25A-SP) dan 30% (B15-30A-SP) serta penambahan *superplasticizer* sebesar 1,94% dan 2,02% dari berat semen. Pada kuat tekan rencana 20 MPa peningkatan kecepatan resapan terjadi pada B20-30A-SP yaitu pada pengurangan air 30% dan penambahan *superplasticizer* sebesar 2,39% dari berat semen. Penambahan *superplasticizer* pada B15-25A-SP, B15-30A-SP, dan B20-30A-SP menghasilkan workabilitas yang baik, tetapi menyebabkan

adukan menjadi encer sehingga ikatan agregat dengan pasta semen menjadi lemah dan menghasilkan beton dengan porositas yang tinggi.

Semakin kecil kedalaman penetrasi menghasilkan kecepatan penetrasinya akan semakin kecil berarti beton semakin padat dan kedap air, hal itu menandakan mutu dari beton tersebut semakin baik. Pada penelitian ini kedalaman penetrasi air terkecil adalah 15 mm untuk kuat tekan rencana 15 Mpa dan 20 Mpa. Hasil tersebut mendekati penelitian Sugiharto, dkk (2004), kedalaman penetrasi terkecil pada penelitian Sugiharto dkk (2004) adalah 13,33 mm. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan *superplasticizer* sampai dosis tertentu dapat menghasilkan workabilitas beton yang tinggi dan beton keras dengan permeabilitas yang rendah.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Umum

Bab ini membicarakan tentang kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian dan saran-saran agar penelitian dapat tercapai sesuai yang diharapkan.

6.2 Kesimpulan

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

1. Kuat tarik optimum pada kuat tekan rencana 15 MPa dan 20 MPa adalah sebesar 3,8667 MPa dan 4,6379 MPa pada variasi beton B15-20A-SP dan B20-20A-SP.
2. Kuat geser optimum pada kuat tekan rencana 15 MPa dan 20 MPa adalah sebesar 6,2247 MPa dan 6,8644 MPa pada variasi beton B15-20A-SP dan B20-25A-SP.
3. Kuat lentur optimum pada kuat tekan rencana 15 MPa dan 20 MPa adalah sebesar 4,9484 MPa dan 4,9106 MPa pada variasi beton B15-20A-SP dan B20-25A-SP.
4. Pengurangan air sebesar 20% serta penambahan *superplasticizer* sebesar 1,91% dan 1,95% dari berat semen menghasilkan kuat tarik optimum untuk kuat tekan rencana 15 MPa dan 20 MPa.
5. Pada kuat tekan rencana 15 MPa dan 20 MPa, pengurangan air sebesar 20% dan 25% serta penambahan *superplasticizer* sebesar 1,91% dan 2,05% dari berat semen menghasilkan kuat geser dan kuat lentur optimum.
6. Prosentase kuat tarik terhadap kuat tekan untuk kuat tekan rencana 15 MPa adalah sebesar 7,7012% - 12,5244% dan 7,9448% - 11,7238% untuk kuat tekan rencana 20 MPa.

7. Prosentase kuat geser terhadap kuat tekan untuk kuat tekan rencana 15 MPa adalah sebesar 10,6546% - 18,2660% dan 11,6199% - 17,6823% untuk kuat tekan rencana 20 MPa.
8. Prosentase kuat lentur terhadap kuat tekan untuk kuat tekan rencana 15 MPa adalah sebesar 7,5060% - 15,5077% dan 9,5745% - 14,1116% untuk kuat tekan rencana 20 MPa.
9. Kecepatan penetrasi air terkecil pada kuat tekan rencana 15 MPa sebesar 0,0042 mm/dtk dicapai pada pengurangan air 20% dan penambahan *superplasticizer* sebesar 1,91% dan 2,05% dari berat semen.
10. Untuk kuat tekan 20 MPa, pengurangan air 25% dan penambahan *superplasticizer* sebesar 2,05% dari berat semen menghasilkan beton paling kedap air dengan kecepatan penetrasi air terkecil sebesar 0,0042 mm/dtk. Semakin kecil kecepatan penetrasi air, maka beton tersebut semakin kedap air.

6.3 Saran

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

1. Pengawasan yang ketat perlu dilakukan terhadap material penyusun beton.
2. Variasi umur beton untuk kuat tarik, geser, dan lentur diperbanyak meliputi 3, 7, 14, dan 21 hari.
3. Penambahan *superplasticizer* sebaiknya dibuat linier seperti yang terjadi pada pengurangan airnya.
4. Perlu dilakukan pengawasan yang ketat pada penambahan *superplasticizer* untuk menghindari kelebihan dosis *superplasticizer* yang dapat memperburuk mutu beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Admixtures and ground slag for concrete, 1990, *Transportation research circular no. 365 (December)*. Washington: Transportation Research Board, National Research Council.
- Astanto Triono B, 2001, *Konstruksi Beton Bertulang*, Kanisius, Yogyakarta.
- Pramantyo D, Susanto N, 2005, *Pengaruh Penambahan **Superplasticizer** pada Karakteristik Beton dengan Kuat Tekan 20 dan 25 Mpa*, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- David, 2002, *Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Faktor Air Semen dan Variasi Kadar **Superplasticizer** Terhadap Kekuatan dan Kemudahan Pengerjaan Beton Mutu Tinggi*, Kumpulan Abstraksi Skripsi Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Parahyangan, 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.
- Ferguson P,M, 1986, *Dasar-Dasar Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.
- Fajar Agung M, 2007, *Draf Tugas Akhir: Pengaruh Penambahan **Superplasticizer** Terhadap Kuat Dzsak Beton Mutu 20 Mpa Dengan Variasi Pengurangan Air*, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Firmansyah, 2007, *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.
- Gagne, Boisvert, dan Pigeon 1996, Effect of **Superplasticizer** Dosage on Mechanical Properties, Permeability, and Freze-Thaw Durability of High-Strenght Concrete With and Without Silica Fume, ACI Material Journal, USA.

- Gunawan I, 2000, *Studi Eksperimental Pengaruh Sikament-NN (Superplasticizer) Terhadap Peningkatan Kuat Tekan Beton mutu $f_c' = 45$ Mpa*, Kumpulan Abstraksi Skripsi Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Parahyangan, Bandung.
- 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 Teknisia 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.
- Kurniawan D, 2007, *Draf Tugas Akhir: Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu 15 Mpa*, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Murdock I.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.
- Ramachandran, V.S, 1979, *Superplasticizer In Concrete*, 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.

- Susilo A.B, Magath M, 2005, *Pengaruh Pengurangan Kandungan Air dan Penambahan **Superplasticizer Viscocrete** Terhadap **Permeability** beton dengan Menggunakan Uji Penetrasi*, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Syafruddin P.N, Hastoro F.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, 1994, *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, 2006, *Beton*, <http://id.wikimedia.org/wiki/beton>.
- Wang dan Salmon, 1993, *Disain Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.



الاسلام للعلوم والتكنولوجيا

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

Jogyakarta, 20-Mar-07

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

Jogyakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

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

Na m a	:	Ricky Handoko
No. Mhs.	:	01 511 162
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	:	Helmy Akbar Bale,Ir,MT

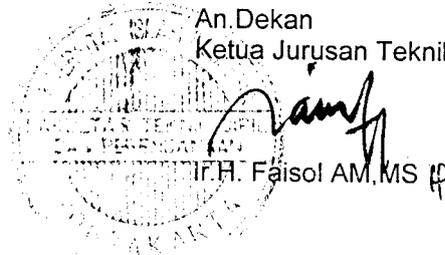
Dengan Mengambil Topik /Judul :

Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan Superplasticier Terhadap Kuat Tarik ,Geser Dan Lentur Pada Kuat Tekan Beton 15 Mpa Dan 20 Mpa

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

An.Dekan
Ketua Jurusan Teknik Sipil



Tembusan

- 1) Dosen Pembimbing ybs
- 2) Mahasiswa ybs
- 3) Arsip. 20-Mar-07
- 4) Perpanjangan 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 : : 253 /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 : Helmy Akbar Bale,Ir,MT
di -

Jogjakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

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

Na m a	:	Ricky Handoko
No. Mhs.	:	01 511 162
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	:	Helmy Akbar Bale,Ir,MT

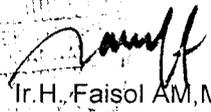
Dengan Mengambil Topik /Judul :

Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan Superplasticier Terhadap Kuat Tarik ,Geser Dan Lentur Pada Kuat Tekan Beton 15 Mpa Dan 20 Mpa

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

An.Dekan
Ketua Jurusan Teknik Sipil


Ir. H. Faisol AM, MS pp

Tembusan

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



UNTUK DOSEN

**KARTU PRESENSI KONSULTASI
 TUGAS AKHIR MAHASISWA**

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

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Ricky Handoko	01 511 162	Teknik Sipil
JUDUL TUGAS AKHIR			
Pengaruh Pengurangan Kadar Air dan Penambahan Superplastisier Terhadap Kuat Tarik Lentur Dan Geser Pada Kuat Tekat Beton 15 Mpa Dan 20 Mpa			

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



Jogjakarta , 27-Jun-06
 Dean

 Ir.H.Faisol AM, MS

Catatan	:
Seminar	:
Sidang	:
Pendadaran	:

KP/TA diperpanjang
 sampai dengan tgl. 22 Feb 2007

Mengucapkan
 Ketua Prodi Teknik Sipil
 Universitas Indonesia

KP/TA diperpanjang
 sampai dengan tgl. 31 Juli 2007

Hartono
 Kabag. Akademik

Ir. H. Hartono, MS
 N.I.P. 7010011

Hartono
 Kabag. Akademik



UNTUK MAHASISWA

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Ricky Handoko	01 511 162	Teknik Sipil
JUDUL TUGAS AKHIR			
Pengaruh Pengurangan Kadar Air dan Penambahan Superplasticier Terhadap Kuat Tarik Lentur Dan Geser Pada Kuat Tekat Beton 15 Mpa Dan 20 Mpa			

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

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



Yogyakarta, 27-Jun-06
 a.n. Dekan
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 YOGYAKARTA
 M.H. Faisol AM, MS

Catatan	:
Seminar	:
Sidang	:
Pendadaran	:

... di ...
 sampai dengan tgl. 28 Feb 2007

Hartono *Hy*



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.	Ricky Handoko	01 511 162	Teknik Sipil
JUDUL TUGAS AKHIR			
Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan Superplasticier Terhadap Kuat Tarik , Geser Dan Lentur Pada Kuat Tekan Beton 15 Mpa Dan 20 Mpa			

Dosen Pembimbing I : Suharyatmo,Ir,H,MT

Dosen Pembimbing II : Helmy Akbar Bale,Ir,MT

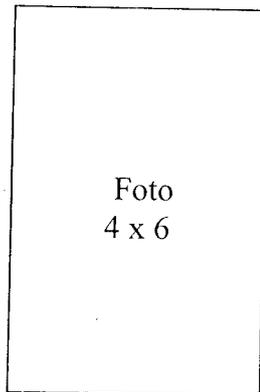


Foto
4 x 6

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

Ir.H.Faisol AM, MS

Catatan	:
Seminar	:
Sidang	:
Pendadaran	:



UNTUK MAHASISWA

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

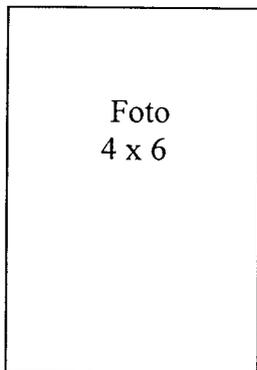
NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Ricky Handoko	01 511 162	Teknik Sipil
JUDUL TUGAS AKHIR			
Pengaruh Pengurangan Air dan Penambahan Superplasticier Terhadap Kuat Tarik ,Geser Dan Lentur Pada Kuat Tekan Beton 15 Mpa Dan 20 Mpa			

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

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 : Helmy Akbar Bale,Ir,MT

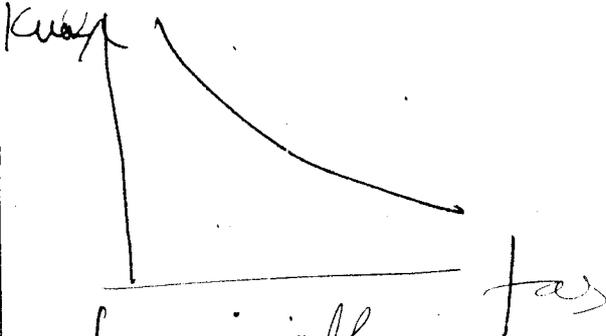


Jogjakarta , 20-Mar-07
 a.n. Dekan

Ir.H.Faisol AM, MS p

Catatan	:
Seminar	:
Sidang	:
Pendadaran	:

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TANDA TANGAN
1.	25 04 06	<p> & presentasi - presentasi - presentasi - Cara penulisan proposal & tesis - Perbaikan outline (lihat lagi revisi) </p> <p> 20/2/06 Perbaiki? <u>JK</u> </p> <p> Kuis  </p> <p> 10/1/07 Lanjutkan <u>JK</u> 6/2/07 Perbaiki <u>JK</u> 12/2/07 Lanjutkan <u>JK</u> 15/2/07 Lanjutkan <u>JK</u> 20/2/07 Perbaiki <u>JK</u> 27/2/07 Lanjutkan <u>JK</u> </p>	

2/3/07 Perbaiki & siapkan sidang JK
 14/3/07 Perbaiki JK
 20/3/07 siapkan sidang JK



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

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

LAMPIRAN B-1

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR PASIR

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

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

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

Keterangan :

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

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

Yogyakarta, Februari 2007

Disahkan

Dikerjakan oleh

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

Ricky Handoko



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

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

LAMPIRAN B-2

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR

KRICA/KERIKIL

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

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

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

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

Yogyakarta, Februari 2007

Disahkan

Dikerjakan oleh

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

Ricky Handoko



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

Jln. Kaliurang Km. 11,4 Tlp. (0274) 895707, 895042 fax : (0274) 895330 Yogyakarta 55584

LAMPIRAN B-3

HASIL PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT KASAR

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

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

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

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

Yogyakarta, Februari 2007

Disahkan

Dikerjakan oleh

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

Ricky Handoko



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

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

LAMPIRAN B-4

DATA MODULUS HALUS BUTIR (MHB) AGREGAT HALUS

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

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

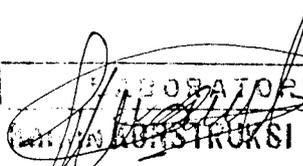
Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40.00	0	0	0	100
20.00	0	0	0	100
10.00	0	0	0	100
4.80	23,50	1,175	1,175	98,825
2.40	141	7,05	8,225	91,775
1.20	416,5	20,825	29,05	70,95
0.60	644,50	32,225	61,275	38,725
0.30	407	20,35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

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

Yogyakarta, Februari 2007

Disahkan

Dikerjakan oleh


LABORATORIUM
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Ricky Handoko



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

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

LAMPIRAN B-5

GRADASI PASIR

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

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

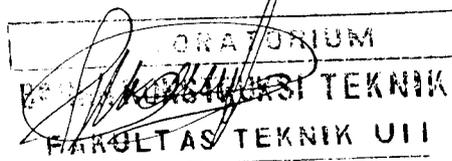
Hasil analisa ayakan masuk daerah : 2 (dua)

Jenis pasir : agak kasar

Yogyakarta, Februari 2007

Disahkan

Dikerjakan oleh



Ricky Handoko



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 (MHIB) AGREGAT KASAR

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

Penguji : Ricky Handoko
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	-	-
Jumlah	1998,5	100	673,3	-

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

Jogyakarta, 23 Juni 2006

Dikerjakan oleh :

Ricky Handoko

Disahkan



Perencanaan Kebutuhan Beton $f'c$ 15 MPa

A. Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan 28 hari.

Beton akan dipakai untuk pembuatan sampel dengan kuat tekan $f'c = 15$ MPa

Jenis semen	: jenis I (Portland Cement)
Jenis kerikil	: batu pecah
Ukuran maksimum kerikil	: 20 mm
Nilai slump	: 30 – 60 mm
Jenis pasir	: agak kasar (golongan dua)

B. Menetapkan nilai deviasi standar (sd).

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

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

Tabel 1.1 Tingkat pengendalian mutu pekerjaan dan standar deviasi

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

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

Dari Tabel 1.1 didapat standar deviasi (sd) = **4.2 MPa**

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

Tabel 1.2 Faktor Pengali Deviasi Standar

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

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

C. Menghitung nilai tambah Margin (M)

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

Keterangan :

M = Nilai tambah

K = 1,64

Sd = Standar deviasi

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

Maka nilai tambah margin adalah :

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

D. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan

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

Keterangan :

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

f'_c = Kuat tekan yang disyaratkan

M = Nilai tambah

$$f'_{cr} = 15 + 6,888 = 21,888 \text{ MPa}$$

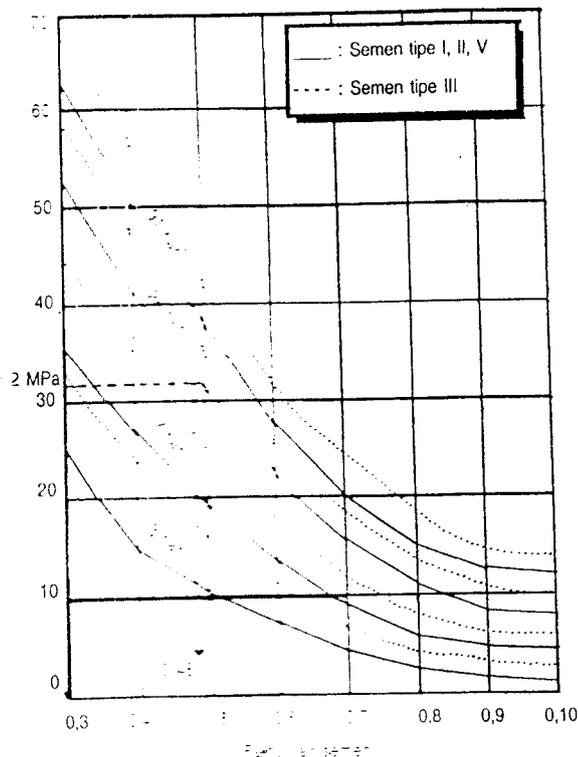
E. Menetapkan Jenis Semen

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

F. Menetapkan faktor air-semen

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

- a) *Cara pertama* : kuat silinder ($f'_{cr} = 21,888 \text{ Mpa}$) dan pada saat umur beton 28 hari. Jenis semen tipe I atau garis utuh. Caranya tarik garis lurus dan memotong 28 hari didapatkan faktor air-semen, yaitu 0,61. Jadi f.a.s pertama = **0,61**



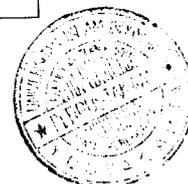
Gambar 3.1 Hubungan faktor air-semen dengan kuat tekan rata-rata silinder beton (sebagai perkiraan nilai fas)

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

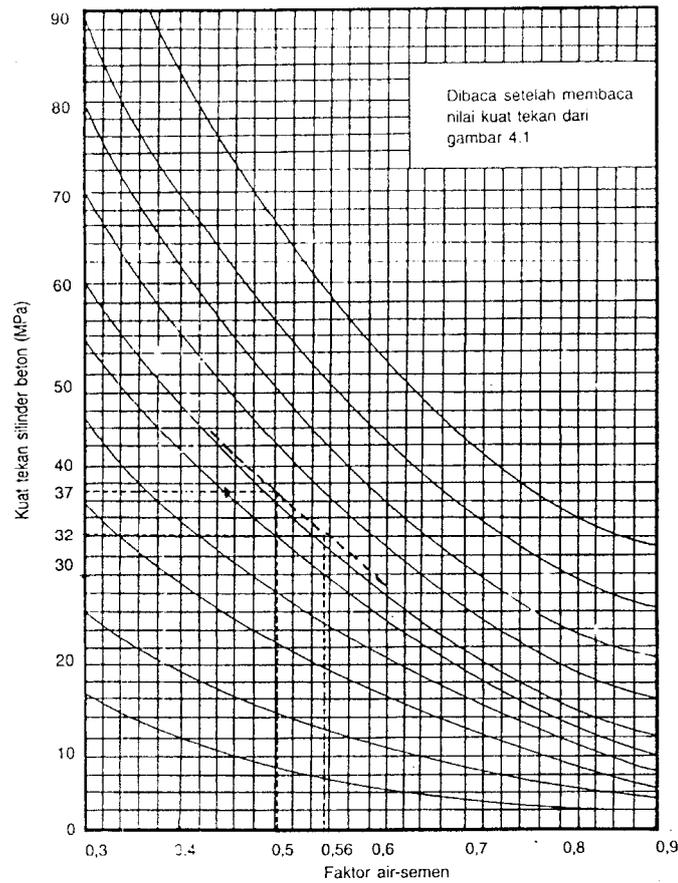
Tabel 1.3 Perkiraan kuat tekan beton (Mpa) dengan faktor air semen 0,50

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

(Sumber: Triono Budi Astamo, 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 3.2 Grafik mencari faktor air-semen

Caranya, tarik garis kekanan mendatar 37, tarik garis keatas 0,5 dan berpotongan pada titik A. Buat garis putus-putus dimulai dari titik A ke atas dan ke bawah melengkung seperti garis yang di atas dan di bawahnya. Sekarang dengan $f'_{cr} = 26,888$ tarik ke kanan memotong garis putus yang dibuat tadi di B dan tarik garis ke bawah maka diperoleh faktor air-semen yang baru yaitu = 0,72. Jadi fas kedua = 0,72

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

Untuk pembeconan di dalam ruang bangunan dan keadaan keliling non korosif = **0,6**

Tabel 3.6 Persyaratan Faktor Air-Semen Maksimum untuk Berbagai Pembeconan dan Lingkungan Khusus

Jenis Pembeconan	Fas Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan :	
a. keadaan keliling non-korosif	0,60
b. keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	0,52
Beton di luar ruang bangunan :	
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,55
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dalam tanah	Lihat tabel 3.7
Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar/payau/laut	Lihat tabel 3.8

(Sumber: *Triono Budi Astanto, 2001*)

Dari ketiga cara diatas, diperoleh masing-masing fas 0,61 ; 0,72; 0,6 maka nilai fas diambil nilai yang terendah yaitu **0,6**

G. Menetapkan nilai Slump

Tabel 1.5 Penetapan nilai slump

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

(Sumber: *Triono Budi Astanto, 2001*)

H. Menetapkan kebutuhan air

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

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

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

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

Tabel 1.7 Penentuan kebutuhan air berdasarkan agregat

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

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

Dari tabel 1.6 dan 1.7 diperoleh kebutuhan air = **210 liter**

I. Menetapkan kebutuhan semen

Berat semen per meter kubik beton dihitung dengan :

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

Keterangan :

W = Jumlah air yang dibutuhkan

C = Faktor air-semen maksimum

$$\text{Berat Semen} = \frac{210}{0,6} = 350 \text{ kg/m}^3$$

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	Kebutuhan Semen min
Beton di dalam ruang bangunan : a) Keadaan keliling non korosif b) Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	275
Beton di luar ruang bangunan a) Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari	325
b) Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275
Beton yang masuk ke dalam tanah: a) Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti b) Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	325 Lihat Tabel 2.9

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

Diambil kebutuhan semen dengan nilai terbesar adalah 350 kg/m^3

K. Menentukan golongan pasir

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

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

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

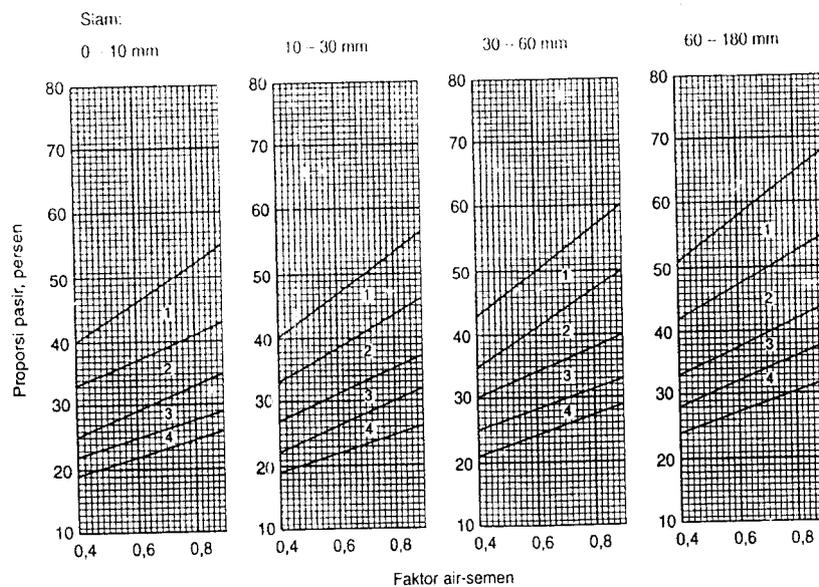
Tabel 1.9 Gradasi Pasir

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

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

L. Menentukan perbandingan pasir dan kerikil

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



Gambar 3.3 Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 40 mm

Fas = 0,56
 Daerah pasir = daerah 2
 Slump = 30 – 60 mm
 Agregat maksimum = 20 mm

Maka didapat persentase pasir = 38%
persentase kerikil = 62%

M. Menentukan berat jenis campuran pasir dan kerikil

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

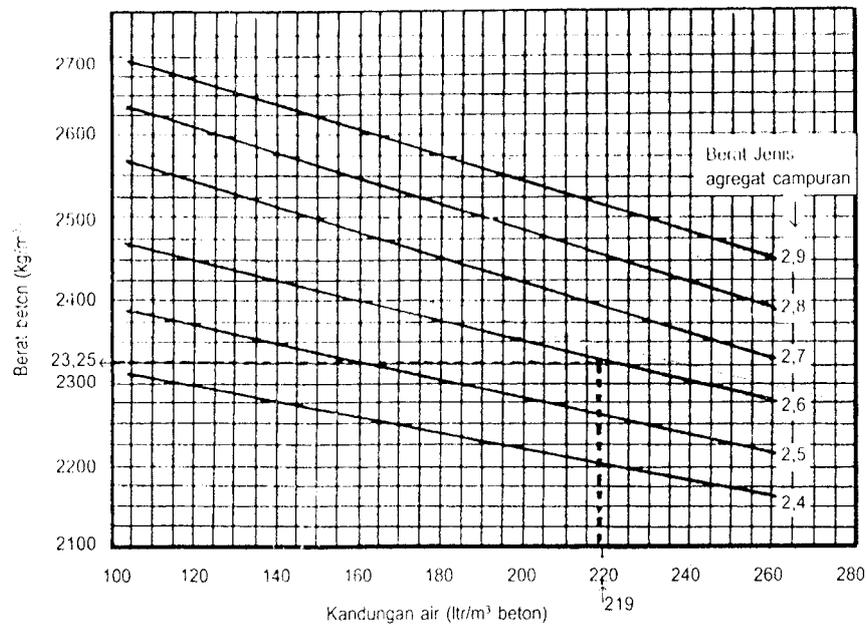
Keterangan :

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

$$Bj \text{ campuran} = \left(\frac{38}{100} \times 2,621 \right) + \left(\frac{62}{100} \times 2,643 \right) = 2,635 \text{ t/m}^3$$

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 3.4 Grafik 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

$$\begin{aligned} \text{Berat pasir} + \text{berat kerikil} &= \text{berat beton} - \text{kebutuhan air} - \text{kebutuhan semen} \\ &= 2362 - 210 - 350 = \mathbf{1802,5 \text{ kg}} \end{aligned}$$

P. Menentukan Kebutuhan Pasir

$$\text{Kebutuhan pasir} = 1802,5 \times 38\% = \mathbf{684,95 \text{ kg}}$$

Q. Menentukan Kebutuhan Kerikil

$$\text{Kebutuhan kerikil} = 1802,5 - 684,95 = \mathbf{1117,55 \text{ kg}}$$



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

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

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.**

Jogjakarta, 23 Juni 2006

Disahkan

Dikerjakan oleh :



Ricky Handono

Sikament® -NN

High Range Water - Reducing

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



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

Technical Data

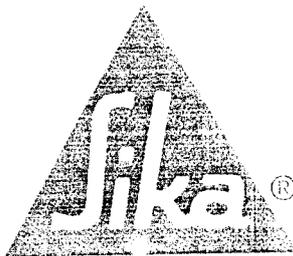
Type	Naphthalene Formaldehyde Sulphonate
Colour	Dark brown
Specific Gravity	1.16 – 1.18 kg/ ltr
Shelf Life	Minimum 1 year if stored in original unopened container
Storage	Dry, cool, shaded place
Packaging	250 kg drum

Handling Precautions:

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

Legal Notes

The information and in particular the recommendations for use of the products are given in good faith based on Sika's current knowledge and experience. It is the user's responsibility to ensure that the products are properly stored, handled and applied under the correct conditions. The user must also ensure that the substrates and surface conditions are such that no warranty, liability or damages of any kind can be claimed from Sika in relation to the particular purpose for which liability arising out of any legal obligation is excluded. No liability can be claimed from Sika for information or from any written recommendations or instructions issued by Sika. The user must ensure that the proprietary rights of third parties must be observed. All orders must be placed with the local distributor. The user must ensure that the sales and delivery. Users should always refer to the local distributor for the most up-to-date information. Product literature, samples or copies will be supplied on request.



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

Branches
 Surabaya,
 Tel. 031-8690202
 Fax 031-8682123
 Medan,
 Tel. 061-7941200
 Fax 061-7940822
 Balam,
 Tel. 0778-424926,
 Fax 0778-426913

Sub Distributor

Bandung, Tel : 022-5423855, 5423857, Fax : 022-5423517
 Denpasar, Tel : 0361-235998 – 235973, Fax : 0361-237053
 Makassar, Tel : 0411- 859147 – 858527, Fax : 0411-858527
 Balikpapan, Tel : 0542-411258 Fax : 0542-412230
 Pekanbaru, Tel : 0761-46993 – 47677, Fax : 0761-45112
 Duri/Dumai, Tel : 0765-595259 Fax : 0765-91135
 Palembang, Tel : 0711-351523 Fax : 0711-369888
 Palu, Tel. 0451-454855 – 422122, Fax : 0451-454855
 Manado, Tel /Fax : (0431) 324069



Formulir Perancangan Adukan Beton Metode DOE
(Menurut Standar Pekerjaan Umum)

No	Uraian	Jumlah
1	Kuat tekan yang disyaratkan pada umur 28 hari	15 Mpa
2	Deviasi standar	4,2 MPa
3	Nilai tambah	6,888 Mpa
4	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan	21,888 MPa
5	Jenis semen	Semen jenis I
6	Jenis agregat kasar	batu pecah
7	Faktor air semen	0,60
8	Nilai slump	9 mm
9	Ukuran maksimum agregat	20 mm
10	Kebutuhan Air	210 liter
11	Kebutuhan semen portland	350 kg
12	Daerah gradasi agregat halus	2
13	Persen berat agregat halus terhadap campuran	38%
14	Berat jenis agregat campuran	2,635 t/m ³
15	Berat jenis beton	2362,5 kg/m ³
16	Kebutuhan agregat	1802,5 kg/m ³
17	Kebutuhan agregat halus	684,95 kg/m ³
18	Kebutuhan agregat kasar	1117,6 kg/m ³

Kesimpulan

Volume	Berat total	Air	Semen	Ag. halus	Ag. kasar
1 m ³	2362,5 kg	210 kg	350 kg	684,95 kg	1117,6 kg
1 adukan	123,88 kg	11,01 kg	18,35 kg	35,91 kg	58,60 kg

Perencanaan Kebutuhan Beton $f'c$ 20 MPa

A. Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan 28 hari.

Beton akan dipakai untuk pembuatan sampel dengan kuat tekan $f'c = 20$ MPa

Jenis semen	: jenis I (Portland Cement)
Jenis kerikil	: batu pecah
Ukuran maksimum kerikil	: 20 mm
Nilai slump	: 30 – 60 mm
Jenis pasir	: agak kasar (golongan dua)

B. Menetapkan nilai deviasi standar (sd).

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

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

Tabel 1.1 Tingkat pengendalian mutu pekerjaan dan standar deviasi

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

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

Dari Tabel 1.1 didapat standar deviasi (sd) = 4.2 MPa

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

Tabel 1.2 Faktor Pengali Deviasi Standar

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

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

C. Menghitung nilai tambah Margin (M)

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

Keterangan :

M = Nilai tambah

K = 1,64

Sd = Standar deviasi

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

Maka nilai tambah margin adalah :

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

D. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan

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

Keterangan :

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

f'_c = Kuat tekan yang disyaratkan

M = Nilai tambah

$$f'_{cr} = 20 + 6,888 = 26,888 \text{ MPa}$$

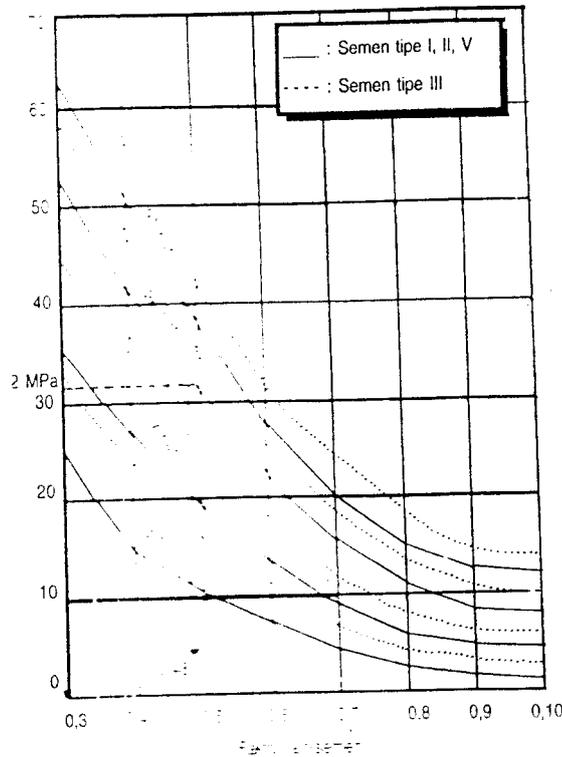
E. Menetapkan Jenis Semen

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

F. Menetapkan faktor air-semen

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

- a) *Cara pertama* : kuat silinder ($f'_{cr} = 26,888 \text{ Mpa}$) dan pada saat umur beton 28 hari. Jenis semen tipe I atau garis utuh. Caranya tarik garis lurus dan memotong 28 hari didapatkan faktor air-semen, yaitu 0,56. Jadi f.a.s pertama = **0,56**



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

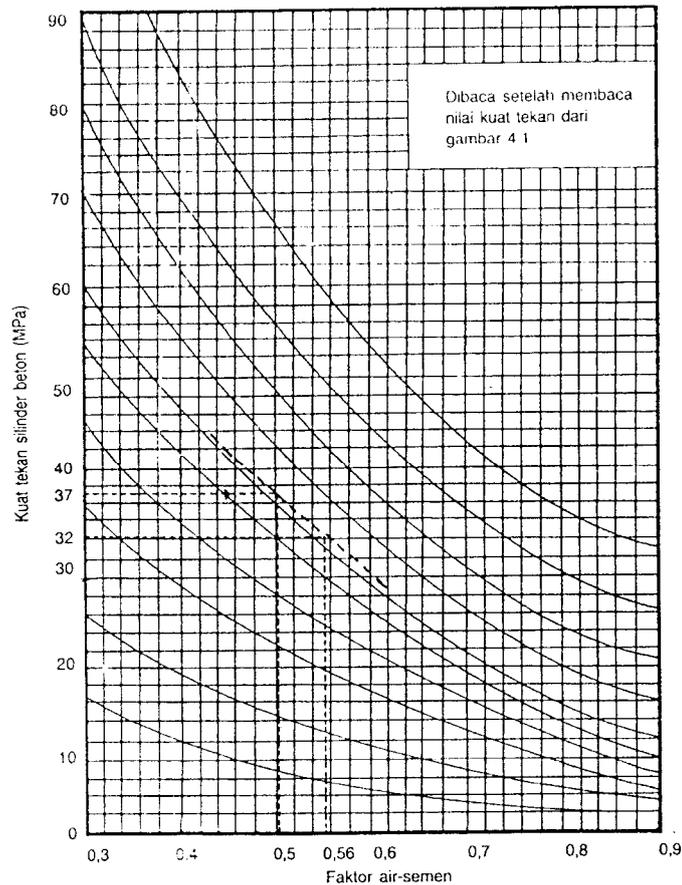
- b) *Cara kedua* : Diketahui jenis semen I, jenis agregat kasar batu pecah. Kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari maka digunakan tabel dibawah ini.

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

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

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

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



Gambar 3.2 Grafik mencari faktor air-semen

Caranya, tarik garis kekanan mendatar 37, tarik garis keatas 0,5 dan berpotongan pada titik A. Buat garis putus-putus dimulai dari titik A ke atas dan ke bawah melengkung seperti garis yang di atas dan di bawahnya. Sekarang dengan $f'_{cr} = 26,888$ tarik ke kanan memotong garis putus yang dibuat tadi di B dan tarik garis ke bawah maka diperoleh faktor air-semen yang baru yaitu = 0,65. Jadi fas kedua = **0,65**

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

Untuk pembeconan di dalam ruang bangunan dan keadaan keliling non korosif = 0,6

Tabel 3.6 Persyaratan Faktor Air-Semen Maksimum untuk Berbagai Pembeconan dan Lingkungan Khusus

Jenis Pembeconan	Fas Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan :	
c. keadaan keliling non-korosif	0,60
d. keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	0,52
Beton di luar ruang bangunan :	
c. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,55
d. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk ke dalam tanah :	
c. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
d. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dalam tanah	Lihat tabel 3.7
Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar/payau/laut	Lihat tabel 3.8

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

Dari ketiga cara diatas, diperoleh masing-masing fas 0,56 ; 0,65; 0,6 maka nilai fas diambil nilai yang terendah yaitu **0,56**

G. Menetapkan nilai Slump

Tabel 1.5 Penetapan nilai slump

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

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

H. Menetapkan kebutuhan air

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

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

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

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

Tabel 1.7 Penentuan kebutuhan air berdasarkan agregat

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

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

Dari tabel 1.6 dan 1.7 diperoleh kebutuhan air = **210 liter**

I. Menetapkan kebutuhan semen

Berat semen per meter kubik beton dihitung dengan :

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

Keterangan :

W = Jumlah air yang dibutuhkan

C = Faktor air-semen maksimum

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

J. Menetapkan kebutuhan semen minimum

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

Tabel 1.8 Kebutuhan semen minimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus

Jenis Pembetonan	Kebutuhan Semen min
Beton di dalam ruang bangunan : c) Keadaan keliling non korosif d) Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	275
Beton di luar ruang bangunan c) Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari d) Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325 275
Beton yang masuk ke dalam tanah: a) Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti b) Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	325 Lihat Tabel 3.9

(Sumber: *Triono Budi Astanto, 2001*)

Diambil kebutuhan semen dengan nilai terbesar adalah **583,3 kg/m³**

K. Menentukan golongan pasir

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

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

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

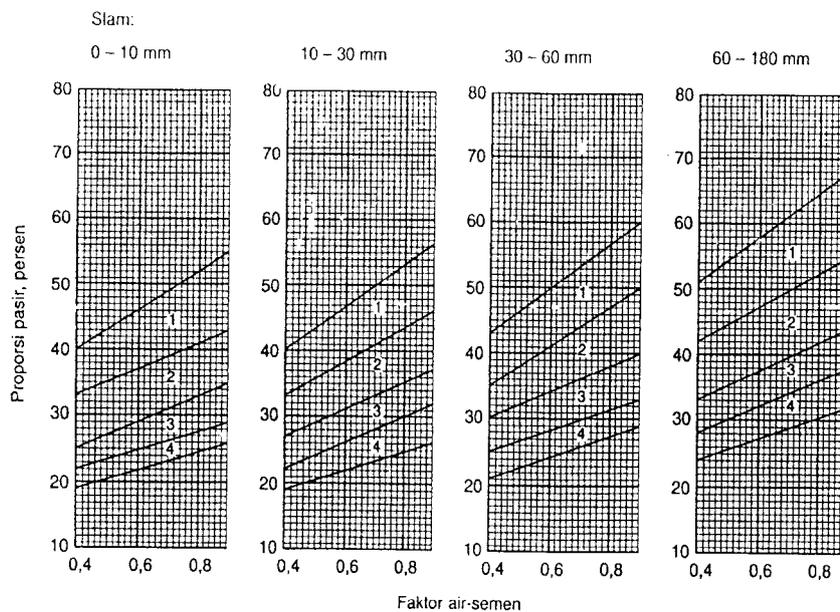
Tabel 1.9 Gradasi Pasir

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

(Sumber: Triono Budi Astanto, 2001)

L. Menentukan perbandingan pasir dan kerikil

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



Gambar 3.3 Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 40 mm

Fas = 0,56
Daerah pasir = daerah 2
Slump = 30 – 60 mm
Agregat maksimum = 20 mm

Maka didapat persentase pasir = 36%
persentase kerikil = 64%

M. Menentukan berat jenis campuran pasir dan kerikil

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

Keterangan :

B_j campuran = Berat jenis campuran

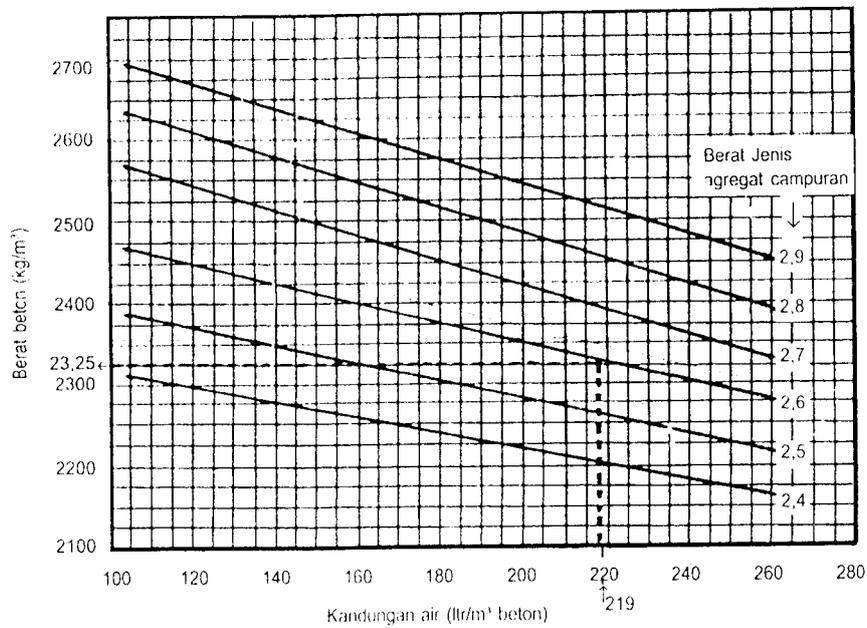
P = Persentase pasir terhadap agregat campuran

K = Persentase kerikil terhadap agregat campuran

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

N. Menentukan Berat Beton

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



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

Maka didapat berat beton adalah 2350 kg/m^3 dengan cara kebutuhan air

O. Menentukan Kebutuhan Pasir dan Kerikil

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

P. Menentukan Kebutuhan Pasir

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

Q. Menentukan Kebutuhan Kerikil

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

Formulir Perancangan Adukan Beton Metode DOE
(Menurut Standar Pekerjaan Umum)

No	Uraian	Jumlah
1	Kuat tekan yang disyaratkan pada umur 28 hari	20 Mpa
2	Deviasi standar	4,2 MPa
3	Nilai tambah	6,888 Mpa
4	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan	26,888 MPa
5	Jenis semen	Semen Jenis I
6	Jenis agregat kasar	batu pecah
7	Faktor air semen	0,56
8	Nilai slump	30-60 mm
9	Ukuran maksimum agregat	20 mm
10	Kebutuhan Air	210 ltr
11	Kebutuhan semen portland	375 kg
12	Daerah gradasi agregat halus	2
13	Persen berat agregat halus terhadap campuran	35 %
14	Berat jenis agregat campuran	2,635 t/m ³
15	Berat jenis beton	2350 kg/m ³
16	Kebutuhan agregat	1765 kg/m ³
17	Kebutuhan agregat halus	635,4 kg/m ³
18	Kebutuhan agregat kasar	1129,6 kg/m ³

Kesimpulan

Volume	Berat total	Air	Semen	Ag. halus	Ag. kasar
1 m ³	2350 kg	210 kg	375 kg	635,4 kg	1129,6 kg
1	123,22 kg	11,01 kg	19,66 kg	33,32 kg	59,23 kg

Table 1 Berat Volume Sampel Kuat Tekan Beton 15 MPa Umur 28 Hari

Variasi	Sampel	Diameter (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (kg)	Berat (Ton)	Berat Volume (T/m ³)	Berat Volume rata-rata (T/m ³)
B15-N	1	0,148	0,299	0,0051	12,7	0,0127	2,4690*	2,4528
	2	0,149	0,299	0,0052	12,8	0,0128	2,4551	
	3	0,149	0,295	0,0051	12,7	0,0127	2,4690	
	4	0,148	0,298	0,0051	12,7	0,0127	2,4773	
	5	0,15	0,298	0,0053	12,8	0,0128	2,4306	
	6	0,15	0,299	0,0053	12,85	0,0129	2,4320	
B15- 5A-SP	1	0,147	0,3	0,0051	12,85	0,0129	2,5238	2,5203
	2	0,149	0,298	0,0052	12,85	0,0129	2,4730	
	3	0,147	0,3	0,0051	12,9	0,0129	2,5336	
	4	0,146	0,3	0,0050	13,1	0,0131	2,6083*	
	5	0,146	0,3	0,0050	12,9	0,0129	2,5685	
	6	0,147	0,298	0,0051	12,9	0,0129	2,5506	
B15-10A-SP	1	0,148	0,298	0,0051	12,8	0,0128	2,4968	2,5146
	2	0,147	0,301	0,0051	12,9	0,0129	2,5252	
	3	0,147	0,304	0,0052	12,9	0,0129	2,5003*	
	4	0,146	0,298	0,0050	12,8	0,0128	2,5657*	
	5	0,147	0,3	0,0051	12,8	0,0128	2,5140	
	6	0,147	0,299	0,0051	12,8	0,0128	2,5224	
B15-15A-SP	1	0,147	0,299	0,0051	12,7	0,0127	2,5027	2,5313
	2	0,149	0,297	0,0052	12,8	0,0128	2,4717*	
	3	0,148	0,3	0,0052	12,8	0,0128	2,4801	
	4	0,146	0,299	0,0050	12,9	0,0129	2,5771	
	5	0,146	0,299	0,0050	12,8	0,0128	2,5571	
	6	0,147	0,297	0,0050	12,8	0,0128	2,5394	
B15-20A-SP	1	0,147	0,3	0,0051	13	0,0130	2,5533	2,5497
	2	0,147	0,301	0,0051	13,1	0,0131	2,5644	
	3	0,148	0,3	0,0052	13,1	0,0131	2,5383	
	4	0,148	0,302	0,0052	13,1	0,0131	2,5215	
	5	0,148	0,3	0,0052	13,15	0,0132	2,5480	
	6	0,147	0,3	0,0051	13,1	0,0131	2,5729	
B15-25A-SP	1	0,148	0,3	0,0052	13,1	0,0131	2,5383	2,5516
	2	0,148	0,3	0,0052	13,1	0,0131	2,5383	
	3	0,148	0,3	0,0052	13,1	0,0131	2,5383	
	4	0,147	0,299	0,0051	13,2	0,0132	2,6012	
	5	0,148	0,299	0,0051	13,1	0,0131	2,5468	
	6	0,148	0,299	0,0051	13,1	0,0131	2,5468	
B15-30A-SP	1	0,147	0,3	0,0051	13	0,0130	2,5533*	2,5620
	2	0,147	0,3	0,0051	13,2	0,0132	2,5926*	
	3	0,147	0,3	0,0051	13,1	0,0131	2,5729	
	4	0,148	0,299	0,0051	13,1	0,0131	2,5468	
	5	0,148	0,299	0,0051	13,2	0,0132	2,5662	
	6	0,149	0,298	0,0052	13,3	0,0133	2,5596*	

*) Data tidak dipakai

Table 2 Berat Volume Sampel Kuat Tekan Beton 20 MPa Umur 28 Hari

Variasi	Sampel	Diameter (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (kg)	Berat (Ton)	Berat Volume (T/m ³)	Berat Volume rata-rata (T/m ³)
B20- 0A-SP	1	0,149	0,300	0,0052	13,15	0,0132	2,5139	2,4818
	2	0,150	0,301	0,0053	13,08	0,0131	2,4591	
	3	0,151	0,300	0,0054	13,18	0,0132	2,4501	
	4	0,150	0,302	0,0053	13,17	0,0132	2,4678*	
	5	0,151	0,300	0,0054	13,17	0,0132	2,4514*	
	6	0,149	0,300	0,0052	13,1	0,0131	2,5043	
B20- 5A-SP	1	0,147	0,300	0,0051	12,9	0,0129	2,5336	2,4913
	2	0,147	0,302	0,0051	13	0,0130	2,5364	
	3	0,146	0,301	0,0050	12,8	0,0128	2,5401	
	4	0,147	0,300	0,0051	12,7	0,0127	2,4944*	
	5	0,149	0,300	0,0052	12,7	0,0127	2,4278	
	6	0,148	0,300	0,0052	12,7	0,0127	2,4608	
B20-10A-SP	1	0,147	0,299	0,0051	12,9	0,0129	2,5421	2,5475
	2	0,147	0,299	0,0051	13	0,0130	2,5618*	
	3	0,149	0,299	0,0052	13,2	0,0132	2,5319	
	4	0,148	0,300	0,0052	13	0,0130	2,5189*	
	5	0,146	0,300	0,0050	12,9	0,0129	2,5685	
	6	0,148	0,300	0,0052	13	0,0130	2,5189*	
B20-15A-SP	1	0,147	0,300	0,0051	12,9	0,0129	2,5336	2,5069
	2	0,147	0,300	0,0051	13	0,0130	2,5533*	
	3	0,147	0,300	0,0051	13	0,0130	2,5533	
	4	0,149	0,302	0,0053	13,1	0,0131	2,4877	
	5	0,150	0,299	0,0053	13	0,0130	2,4604	
	6	0,148	0,300	0,0052	12,9	0,0129	2,4995	
B20-20A-SP	1	0,148	0,300	0,0052	13	0,0130	2,5189*	2,5460
	2	0,148	0,300	0,0052	13,1	0,0131	2,5383*	
	3	0,149	0,300	0,0052	13,2	0,0132	2,5234*	
	4	0,147	0,300	0,0051	13,2	0,0132	2,5926	
	5	0,147	0,300	0,0051	13	0,0130	2,5533	
	6	0,150	0,302	0,0053	13,3	0,0133	2,4921	
B20-25A-SP	1	0,150	0,300	0,0053	13,1	0,0131	2,4710	2,4739
	2	0,150	0,299	0,0053	13	0,0130	2,4604	
	3	0,150	0,300	0,0053	13,1	0,0131	2,4710*	
	4	0,151	0,296	0,0053	13,2	0,0132	2,4902	
	5	0,153	0,299	0,0055	13,1	0,0131	2,3830*	
	6	0,150	0,299	0,0053	13	0,0130	2,4604*	
B20-30A-SP	1	0,149	0,300	0,0052	13,3	0,0133	2,5425	2,5412
	2	0,149	0,300	0,0052	13,2	0,0132	2,5234	
	3	0,151	0,300	0,0054	13,3	0,0133	2,4756*	
	4	0,150	0,297	0,0052	13,2	0,0132	2,5150*	
	5	0,151	0,296	0,0053	13,1	0,0131	2,4714*	
	6	0,149	0,296	0,0052	13,2	0,0132	2,5575	

*) Data tidak dipakai

Table 3 Berat Volume Sampel Kuat Tarik Beton Umur 28 Hari Pada Kuat Tekan 15 MPa

Variasi	Sampel	Diameter (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (kg)	Berat (Ton)	Berat Volume (T/m ³)	Berat Volume Rata-rata (T/m ³)
B15-N	1	0,148	0,300	0,0052	12,7	0,0127	2,4620	2,4760
	2	0,147	0,299	0,0051	12,7	0,0127	2,5040	
	3	0,148	0,300	0,0052	12,7	0,0127	2,4620	
B15-5A-SP	1	0,148	0,301	0,0052	12,8	0,0128	2,4731	2,4936
	2	0,149	0,299	0,0052	13,1	0,0131	2,5140	
	3	0,147	0,300	0,0051	13,0	0,013	2,5546*	
B15-10A-SP	1	0,148	0,300	0,0052	12,8	0,0128	2,4814*	2,5764
	2	0,147	0,299	0,0051	12,9	0,0129	2,5434	
	3	0,144	0,299	0,0049	12,7	0,0127	2,6094	
B15-15A-SP	1	0,148	0,300	0,0052	12,7	0,0127	2,4620	2,5097
	2	0,147	0,299	0,0051	12,9	0,0129	2,5434	
	3	0,147	0,299	0,0051	12,8	0,0128	2,5237	
B15-20A-SP	1	0,148	0,300	0,0052	13,2	0,0132	2,5589	2,5406
	2	0,147	0,302	0,0051	13,1	0,0131	2,5572	
	3	0,149	0,300	0,0052	13,1	0,0131	2,5056	
B15-25A-SP	1	0,148	0,299	0,0051	13,3	0,0133	2,5869	2,5772
	2	0,148	0,299	0,0051	13,2	0,0132	2,5675	
	3	0,148	0,300	0,0052	13,3	0,0133	2,5783*	
B15-30A-SP	1	0,149	0,298	0,0052	13,1	0,0131	2,5224*	2,5697
	2	0,147	0,299	0,0051	13,1	0,0131	2,5828	
	3	0,148	0,298	0,0051	13,1	0,0131	2,5566	

*) data tidak dipakai

Table 4 Berat Volume Sampel Kuat Tarik Beton Umur 28 Hari Pada Kuat Tekan 20 MPa

Variasi	Sampel	Diameter (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (kg)	Berat (Ton)	Berat Volume (T/m ³)	Berat Volume Rata-rata (T/m ³)
B20- 0A-SP	1	0,150	0,301	0,0053	13,0	0,0130	2,4396	2,4536
	2	0,150	0,300	0,0053	13,1	0,0131	2,4647	
	3	0,150	0,301	0,0053	13,1	0,0131	2,4565	
B20- 5A-SP	1	0,148	0,299	0,0051	12,8	0,0128	2,4897	2,5084
	2	0,148	0,300	0,0052	13,0	0,0130	2,5202	
	3	0,147	0,300	0,0051	12,8	0,0128	2,5153	
B20-10A-SP	1	0,149	0,300	0,0052	13,0	0,0130	2,4865	2,5089
	2	0,148	0,300	0,0052	13,0	0,0130	2,5202	
	3	0,148	0,300	0,0052	13,0	0,0130	2,5202	
B20-15A-SP	1	0,150	0,300	0,0053	13,0	0,0130	2,4534	2,4811
	2	0,148	0,302	0,0052	13,0	0,0130	2,5035	
	3	0,149	0,300	0,0052	13,0	0,0130	2,4865	
B20-20A-SP	1	0,147	0,300	0,0051	13,2	0,0132	2,5939	2,5666
	2	0,147	0,302	0,0051	13,2	0,0132	2,5767	
	3	0,147	0,303	0,0051	13,0	0,0130	2,5293	
B20-25A-SP	1	0,150	0,300	0,0053	13,2	0,0132	2,4912	2,4984
	2	0,150	0,299	0,0053	13,0	0,0130	2,4616*	
	3	0,149	0,300	0,0052	13,1	0,0131	2,5056	
B20-30A-SP	1	0,150	0,299	0,0053	13,1	0,0131	2,4805	2,4324
	2	0,149	0,300	0,0052	13,2	0,0132	2,5247*	
	3	0,153	0,299	0,0055	13,1	0,0131	2,3842	

*) data tidak dipakai

Table 5 Berat Volume Sampel Kuat Geser Beton Umur 28 Hari Pada Kuat Tekan 15 MPa

Variasi	Sampel	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (kg)	Berat (Ton)	Berat Volume (T/m ³)	Berat Volume Rata-rata (T/m ³)
B15-N	1	0,240	0,099	0,100	0,0024	6,1	0,0061	2,5673	2,5745
	2	0,249	0,098	0,100	0,0024	6,3	0,0063	2,5818	
	3	0,245	0,100	0,100	0,0025	6,1	0,0061	2,4898*	
B15-5A-SP	1	0,235	0,102	0,101	0,0024	6,1	0,0061	2,5197	2,4333
	2	0,245	0,103	0,103	0,0026	6,1	0,0061	2,3469	
	3	0,246	0,103	0,100	0,0025	6,2	0,0062	2,4469*	
B15-10A-SP	1	0,240	0,105	0,100	0,0025	6,2	0,0062	2,4603	2,4262
	2	0,240	0,105	0,100	0,0025	6,0	0,0060	2,3810*	
	3	0,250	0,102	0,100	0,0026	6,1	0,0061	2,3922	
B15-15A-SP	1	0,244	0,101	0,105	0,0026	6,0	0,0060	2,3187	2,4005
	2	0,248	0,102	0,102	0,0026	6,3	0,0063	2,4417	
	3	0,249	0,102	0,100	0,0025	6,2	0,0062	2,4411	
B15-20A-SP	1	0,237	0,107	0,100	0,0025	6,1	0,0061	2,3857	2,4362
	2	0,248	0,100	0,100	0,0025	6,2	0,0062	2,4798	
	3	0,240	0,102	0,102	0,0025	6,1	0,0061	2,4430	
B15-25A-SP	1	0,266	0,101	0,100	0,0027	6,5	0,0066	2,4566	2,5344
	2	0,245	0,100	0,100	0,0025	6,4	0,0064	2,6122	
	3	0,243	0,105	0,100	0,0026	6,9	0,0069	2,6847*	
B15-30A-SP	1	0,240	0,102	0,102	0,0025	6,4	0,0064	2,5631	2,5154
	2	0,240	0,103	0,100	0,0025	6,1	0,0061	2,4676	
	3	0,256	0,102	0,102	0,0027	6,7	0,0067	2,5156*	

*) data tidak dipakai

Table 6 Berat Volume Sampel Kuat Geser Beton Umur 28 Hari Pada Kuat Tekan 20 MPa

Variasi	Sampel	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (kg)	Berat (Ton)	Berat Volume (T/m ³)	Berat Volume Rata-rata (T/m ³)
B20- 0A-SP	1	0,254	0,098	0,102	0,0025	6,3	0,0063	2,4813*	2,3683
	2	0,237	0,105	0,103	0,0026	6,1	0,0061	2,3799	
	3	0,248	0,104	0,102	0,0026	6,2	0,0062	2,3567	
B20- 5A-SP	1	0,245	0,107	0,102	0,0027	6,3	0,0063	2,3561*	2,3852
	2	0,245	0,104	0,102	0,0026	6,2	0,0062	2,3856	
	3	0,231	0,105	0,102	0,0025	5,9	0,0059	2,3848	
B20-10A-SP	1	0,246	0,102	0,102	0,0026	6,3	0,0063	2,4615*	2,3769
	2	0,246	0,102	0,103	0,0026	6,4	0,0064	2,4763	
	3	0,248	0,108	0,100	0,0027	6,1	0,0061	2,2775	
B20-15A-SP	1	0,245	0,104	0,103	0,0026	6,4	0,0064	2,4386	2,4120
	2	0,239	0,107	0,100	0,0026	6,1	0,0061	2,3853	
	3	0,259	0,103	0,100	0,0027	6,5	0,0065	2,4366*	
B20-20A-SP	1	0,250	0,096	0,100	0,0024	6,2	0,0062	2,5833*	2,5000
	2	0,240	0,100	0,100	0,0024	6,0	0,0060	2,5000	
	3	0,240	0,100	0,100	0,0024	6,0	0,0060	2,5000	
B20-25A-SP	1	0,250	0,105	0,100	0,0026	6,4	0,0064	2,4381*	2,5238
	2	0,240	0,110	0,100	0,0026	6,5	0,0065	2,4621	
	3	0,285	0,095	0,100	0,0027	7,0	0,0070	2,5854	
B20-30A-SP	1	0,253	0,098	0,101	0,0025	6,4	0,0064	2,5557*	2,4796
	2	0,239	0,103	0,098	0,0024	6,0	0,0060	2,4871	
	3	0,235	0,105	0,100	0,0025	6,1	0,0061	2,4721	

*) data tidak dipakai

Table 7 Berat Volume Sampel Kuat Lentur Beton Umur 28 Hari Pada Kuat Tekan 15 MPa

Variasi	Sampel	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (kg)	Berat (Ton)	Berat Volume (T/m ³)	Berat Volume Rata-rata (T/m ³)
B15-N	1	0,499	0,100	0,100	0,0050	12,3	0,0123	2,4649	2,4649
	2	0,500	0,101	0,100	0,0051	12,6	0,0126	2,4950*	
	3	0,499	0,100	0,100	0,0050	12,3	0,0123	2,4649	
B15- 5A-SP	1	0,495	0,102	0,100	0,0050	12,5	0,0125	2,4757	2,4740
	2	0,502	0,102	0,100	0,0051	12,8	0,0128	2,4998	
	3	0,500	0,103	0,100	0,0052	12,6	0,0126	2,4466	
B15-10A-SP	1	0,500	0,102	0,102	0,0052	12,4	0,0124	2,3837	2,4159
	2	0,500	0,103	0,102	0,0053	12,6	0,0126	2,3986	
	3	0,498	0,101	0,100	0,0050	12,4	0,0124	2,4653	
B15-15A-SP	1	0,502	0,100	0,104	0,0052	12,5	0,0125	2,3943	2,4436
	2	0,500	0,103	0,100	0,0052	12,7	0,0127	2,4660	
	3	0,500	0,102	0,100	0,0051	12,6	0,0126	2,4706	
B15-20A-SP	1	0,499	0,103	0,102	0,0052	12,7	0,0127	2,4225	2,4531
	2	0,495	0,103	0,100	0,0051	12,7	0,0127	2,4909	
	3	0,504	0,102	0,101	0,0052	12,7	0,0127	2,4460	
B15-25A-SP	1	0,500	0,102	0,100	0,0051	12,8	0,0128	2,5098	2,4874
	2	0,500	0,105	0,100	0,0053	13,0	0,013	2,4762	
	3	0,500	0,105	0,100	0,0053	13,0	0,013	2,4762	
B15-30A-SP	1	0,501	0,106	0,100	0,0053	13,1	0,0131	2,4668	2,4985
	2	0,499	0,105	0,100	0,0052	13,2	0,0132	2,5193	
	3	0,498	0,103	0,101	0,0052	13,0	0,013	2,5093	

*) data tidak dipakai

Table 8 Berat Volume Sampel Kuat Lentur Beton Umur 28 Hari Pada Kuat Tekan 20 MPa

Variasi	Sampel	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (kg)	Berat (Ton)	Berat Volume (T/m ³)	Berat Volume Rata-rata (T/m ³)
B20-0A-SP	1	0,498	0,106	0,101	0,0053	12,8	0,0128	2,4008	2,4504
	2	0,504	0,103	0,100	0,0052	12,8	0,0128	2,4657*	
	3	0,499	0,100	0,101	0,0050	12,6	0,0126	2,5000	
B20-5A-SP	1	0,502	0,103	0,100	0,0052	13,5	0,0135	2,6109	2,4335
	2	0,497	0,109	0,103	0,0056	12,7	0,0127	2,2761	
	3	0,499	0,104	0,099	0,0051	12,4	0,0124	2,4135	
B20-10A-SP	1	0,494	0,108	0,105	0,0056	12,9	0,0129	2,3028	2,3817
	2	0,500	0,107	0,102	0,0055	13,0	0,013	2,3823*	
	3	0,500	0,102	0,102	0,0052	12,8	0,0128	2,4606	
B20-15A-SP	1	0,502	0,103	0,101	0,0052	13,0	0,013	2,4893	2,4657
	2	0,499	0,101	0,099	0,0050	12,4	0,0124	2,4852	
	3	0,499	0,102	0,103	0,0052	12,7	0,0127	2,4225	
B20-20A-SP	1	0,501	0,100	0,104	0,0052	12,5	0,0125	2,3990	2,3377
	2	0,504	0,109	0,100	0,0055	12,5	0,0125	2,2754	
	3	0,495	0,108	0,100	0,0053	12,2	0,0122	2,2821*	
B20-25A-SP	1	0,500	0,100	0,100	0,0050	12,3	0,0123	2,4600	2,4382
	2	0,500	0,110	0,100	0,0055	13,3	0,0135	2,4182	
	3	0,507	0,102	0,100	0,0052	12,6	0,0126	2,4365	
B20-30A-SP	1	0,495	0,102	0,100	0,0050	12,8	0,0128	2,5352	2,4892
	2	0,503	0,100	0,100	0,0050	12,9	0,0129	2,5646	
	3	0,510	0,106	0,100	0,0054	12,8	0,0128	2,3677	

*) data tidak dipakai

LAMPIRAN F

Hasil Pengujian Beton

Table 1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari Pada Kuat Tekan 15 MPa

Variasi	Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Luas (mm ²)	P Max kN	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
B15-N	1	148	299	12,7	17203,36	501,7	29,1629*	23,9447
	2	149	299	12,8	17436,62	387,1	22,2004	
	3	149	295	12,7	17436,62	436,4	25,0278	
	4	148	298	12,7	17203,36	407,8	23,7047	
	5	150	298	12,8	17671,46	429,1	24,2821	
	6	150	299	12,85	17671,46	433,1	24,5084	
B15- 5A-SP	1	147	300	12,85	16971,67	577,3	34,0155	31,3572
	2	149	298	12,85	17436,62	497,3	28,5204	
	3	147	300	12,9	16971,67	581,3	34,2512	
	4	146	300	13,1	16741,55	649,3	38,7838*	
	5	146	300	12,9	16741,55	616,3	36,8126*	
	6	147	298	12,9	16971,67	486,1	28,6419	
B15-10A-SP	1	148	298	12,8	17203,36	547,5	31,8252	32,9671
	2	147	301	12,9	16971,67	631,5	37,2091	
	3	147	304	12,9	16971,67	392	23,0973*	
	4	146	298	12,8	16741,55	404,7	24,1734*	
	5	147	300	12,8	16971,67	547,3	32,2479	
	6	147	299	12,8	16971,67	519,1	30,5863	
B15-15A-SP	1	147	299	12,7	16971,67	464,1	27,3456	26,3893
	2	149	297	12,8	17436,62	814,5	46,7120*	
	3	148	300	12,8	17203,36	463,6	26,9482	
	4	146	299	12,9	16741,55	407,8	24,3586	
	5	146	299	12,8	16741,55	443,1	26,4671	
	6	147	297	12,8	16971,67	455,3	26,8271	
B15-20A-SP	1	147	300	13	16971,67	689,6	40,6324	41,0382
	2	147	301	13,1	16971,67	637,6	37,5685	
	3	148	300	13,1	17203,36	706,2	41,0501	
	4	148	302	13,1	17203,36	764,1	44,4157	
	5	148	300	13,15	17203,36	710,8	41,3175	
	6	147	300	13,1	16971,67	700	41,2452	
B15-25A-SP	1	148	300	13,1	17203,36	467,8	27,1924	28,6297
	2	148	300	13,1	17203,36	486,2	28,2619	
	3	148	300	13,1	17203,36	486	28,2503	
	4	147	299	13,2	16971,67	509,7	30,0324	
	5	148	299	13,1	17203,36	518,6	30,1453	
	6	148	299	13,1	17203,36	479,9	27,8957	
B15-30A-SP	1	147	300	13	16971,67	669,5	39,4481*	44,9750
	2	147	300	13,2	16971,67	667,4	39,3244*	
	3	147	300	13,1	16971,67	773,7	45,5877	
	4	148	299	13,1	17203,36	829,1	48,1941	
	5	148	299	13,2	17203,36	707,8	41,1431	
	6	149	298	13,3	17436,62	638,7	36,6298*	

*) Data tidak dipakai

Table 2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari Pada Kuat Tekan 20 MPa

Variasi	Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Luas (mm ²)	P Max kN	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
B20- 0A-SP	1	149	300	13,15	17443,64	500,5	28,6924	28,1777
	2	150	301	13,08	17678,57	505,3	28,5826	
	3	151,1	300	13,18	17938,81	474,5	26,4510	
	4	150	302	13,17	17678,57	410,4	23,2145*	
	5	151	300	13,17	17915,07	421,1	23,5053*	
	6	149	300	13,1	17443,64	505,6	28,9848	
B20- 5A-SP	1	147	300	12,9	16978,50	443,3	26,1095*	31,6163
	2	147	302	13	16978,50	513	30,2147	
	3	146	301	12,8	16748,29	533	31,8242	
	4	147	300	12,7	16978,50	438,6	25,8327*	
	5	149	300	12,7	17443,64	546,1	31,3065	
	6	148	300	12,7	17210,29	570	33,1197	
B20-10A-SP	1	147	299	12,9	16978,50	541,7	31,9051	32,1034
	2	147	299	13	16978,50	610,3	35,9455*	
	3	149	299	13,2	17443,64	519,9	29,8046	
	4	148	300	13	17210,29	614	35,6763*	
	5	146	300	12,9	16748,29	579,5	34,6006	
	6	148	300	13	17210,29	625,6	36,3504*	
B20-15A-SP	1	147	300	12,9	16978,50	698,3	41,1285	39,0872
	2	147	300	13	16978,50	735	43,2900*	
	3	147	300	13	16978,50	698,8	41,1579	
	4	149	302	13,1	17443,64	596,3	34,1844	
	5	150	299	13	17678,57	690,4	39,0529	
	6	148	300	12,9	17210,29	686,9	39,9122	
B20-20A-SP	1	148	300	13	17210,29	791,8	46,0074*	39,5596
	2	148	300	13,1	17210,29	749,9	43,5728*	
	3	149	300	13,2	17443,64	756,6	43,3740*	
	4	147	300	13,2	16978,50	614,6	36,1987	
	5	147	300	13	16978,50	691,9	40,7515	
	6	150	302	13,3	17678,57	737,7	41,7285	
B20-25A-SP	1	150	300	13,1	17678,57	704,3	39,8392	38,8204
	2	150	299	13	17678,57	679,4	38,4307	
	3	150	300	13,1	17678,57	574	32,4687*	
	4	151	296	13,2	17915,07	684,2	38,1913	
	5	153	299	13,1	18392,79	620,2	33,7197*	
	6	150	299	13	17678,57	509,5	28,8202*	
B20-30A-SP	1	149	300	13,3	17443,64	874,5	50,1329	49,8138
	2	149	300	13,2	17443,64	951,3	54,5356	
	3	151	300	13,3	17915,07	680,2	37,9680*	
	4	150	297	13,2	17678,57	504,5	28,5374*	
	5	151	296	13,1	17915,07	672,6	37,5438*	
	6	149	296	13,2	17443,64	781	44,7728	

*) Data tidak dipakai

Table 3 Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Umur 28 Hari Pada Kuat Tekan 15 MPa

Variasi	Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	P max (kN)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik rata-rata (MPa)
B15-N	1	148	300	12,7	215,2	3,0872	2,8706
	2	147	299	12,7	179,1	2,5954	
	3	148	300	12,7	204,2	2,9294	
B15- 5A-SP	1	148	301	12,8	237,7	3,3986	3,3334
	2	149	299	13,1	228,6	3,2683	
	3	147	300	13,0	272,9	3,9415*	
B15-10A-SP	1	148	300	12,8	176,9	2,5377*	3,4942
	2	147	299	12,9	245,1	3,5519	
	3	144	299	12,7	232,3	3,4365	
B15-15A-SP	1	148	300	12,7	236,5	3,3927	3,3051
	2	147	299	12,9	230,7	3,3432	
	3	147	299	12,8	219,4	3,1794	
B15-20A-SP	1	148	300	13,2	214,9	3,0829	3,8667
	2	147	302	13,1	367,8	5,2770	
	3	149	300	13,1	227,4	3,2403	
B15-25A-SP	1	148	299	13,3	237,9	3,4242	3,2609
	2	148	299	13,2	215,2	3,0975	
	3	148	300	13,3	198,9	2,8533*	
B15-30A-SP	1	149	298	13,1	291,5	4,1815*	3,4636
	2	147	299	13,1	223,3	3,2359	
	3	148	298	13,1	255,6	3,6913	

*) data tidak dipakai

Table 4 Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Umur 28 Hari Pada Kuat Tekan 20 MPa

Variasi	Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	P max (kN)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik rata-rata (MPa)
B20-0A-SP	1	150	301	13,0	213,3	3,0091	2,9928
	2	150	300	13,1	222,2	3,1451	
	3	150	301	13,1	200,2	2,8243	
B20-5A-SP	1	148	299	12,8	256,4	3,6905	3,1339
	2	148	300	13,0	218,6	3,1359	
	3	147	300	12,8	178,3	2,5752	
B20-10A-SP	1	149	300	13,0	262,3	3,7376	3,4006
	2	148	300	13,0	193,7	2,7787	
	3	148	300	13,0	256,9	3,6854	
B20-15A-SP	1	150	300	13,0	216,0	3,0573	3,4269
	2	148	302	13,0	229,6	3,2719	
	3	149	300	13,0	277,3	3,9513	
B20-20A-SP	1	147	300	13,2	335,3	4,8428	4,6379
	2	147	302	13,2	306,6	4,3989	
	3	147	303	13,0	326,7	4,6719	
B20-25A-SP	1	150	300	13,2	270,0	3,8217	3,4236
	2	150	299	13,0	183,5	2,6060*	
	3	149	300	13,1	269,7	3,8430	
B20-30A-SP	1	150	299	13,1	269,5	3,8273	3,9576
	2	149	300	13,2	203,2	2,8955*	
	3	153	299	13,1	293,6	4,0878	

*) data tidak dipakai

Table 5 Hasil Pengujian Kuat Geser Beton Umur 28 Hari Pada Kuat Tekan 15 MPa

Variasi	Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Luas (mm ²)	P maks (kN)	Kuat Geser (MPa)	Kuat Geser rata-rata (MPa)
B15-N	1	240	99	100	6,1	9900	70,5	3,5606	4,0493
	2	249	98	100	6,3	9800	75,7	3,8622	
	3	245	100	100	6,1	10000	94,5	4,7250*	
B15-5A-SP	1	235	102	101	6,1	10302	91,0	4,4166	4,5438
	2	245	103	103	6,1	10609	74,7	3,5206	
	3	246	103	100	6,2	10300	117,3	5,6942*	
B15-10A-SP	1	240	105	100	6,2	10500	89,7	4,2714	3,9649
	2	240	105	100	6,0	10500	69,5	3,3095*	
	3	250	102	100	6,1	10200	88,0	4,3137	
B15-15A-SP	1	244	101	105	6,0	10605	91,8	4,3281	4,3582
	2	248	102	102	6,3	10404	85,3	4,0994	
	3	249	102	100	6,2	10200	94,8	4,6471	
B15-20A-SP	1	237	107	100	6,1	10700	137,6	6,4299	6,2247
	2	248	100	100	6,2	10000	118,3	5,9150	
	3	240	102	102	6,1	10404	131,7	6,3293	
B15-25A-SP	1	266	101	100	6,6	10100	103,1	5,1040	5,2295
	2	245	100	100	6,4	10000	107,1	5,3550	
	3	243	105	100	6,9	10500	94,0	4,4762*	
B15-30A-SP	1	240	102	102	6,4	10404	107,4	5,1615	5,2083
	2	240	103	100	6,1	10300	91,1	4,4223	
	3	256	102	102	6,7	10404	125,7	6,0409*	

*) data tidak dipakai

Table 6 Hasil Pengujian Kuat Geser Beton Umur 28 Hari Pada Kuat Tekan 20 MPa

Variasi	Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Luas (mm ²)	P maks (kN)	Kuat Geser (MPa)	Kuat Geser rata-rata (MPa)
B20-0A-SP	1	254	98	102	6,3	9996	116,0	5,8023*	3,4066
	2	237	105	103	6,1	10815	81,1	3,7494	
	3	248	104	102	6,2	10608	65,0	3,0637	
B20-5A-SP	1	245	107	102	6,3	10914	144,0	6,5970*	5,4679
	2	245	104	102	6,2	10608	108,8	5,1282	
	3	231	105	102	5,9	10710	124,4	5,8077	
B20-10A-SP	1	246	102	102	6,3	10404	142,9	6,8676*	5,0525
	2	246	102	103	6,4	10506	116,8	5,5587	
	3	248	108	100	6,1	10800	98,2	4,5463	
B20-15A-SP	1	245	104	103	6,4	10712	110,4	5,1531	5,1093
	2	239	107	100	6,1	10700	108,4	5,0654	
	3	259	103	100	6,5	10300	86,5	4,1990*	
B20-20A-SP	1	250	96	100	6,2	9600	144,0	7,5000*	6,0125
	2	240	100	100	6,0	10000	112,4	5,6200	
	3	240	100	100	6,0	10000	128,1	6,4050	
B20-25A-SP	1	250	105	100	6,4	10500	75,9	3,6143*	6,8644
	2	240	110	100	6,5	11000	143,4	6,5182	
	3	285	95	100	7,0	9500	137,0	7,2105	
B20-30A-SP	1	253	98	101	6,4	9898	186,0	9,3958*	5,7883
	2	239	103	98	6,0	10094	117,1	5,8005	
	3	235	105	100	6,1	10500	121,3	5,7762	

*) data tidak dipakai

Table 7 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Umur 28 Hari Pada Kuat Tekan 15 MPa

Variasi	Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	bentang (mm)	Berat (kg)	P Max (kgf)	P Max (N)	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Lentur rata-rata (MPa)
B15-N	1	499	100	100	300	12,3	815	7996,98	2,3991	2,5168
	2	500	101	100	300	12,6	1100	10793,48	3,2060*	
	3	499	100	100	300	12,3	895	8781,96	2,6346	
B15-5A-SP	1	495	102	100	300	12,5	1120	10989,72	3,2323	3,2118
	2	502	102	100	300	12,8	1065	10450,05	3,0735	
	3	500	103	100	300	12,6	1165	11431,27	3,3295	
B15-10A-SP	1	500	102	102	300	12,4	925	9076,33	2,5658	2,4745
	2	500	103	102	300	12,6	840	8242,29	2,3074	
	3	498	101	100	300	12,4	875	8585,72	2,5502	
B15-15A-SP	1	502	100	104	300	12,5	760	7457,31	2,0684	2,1975
	2	500	103	100	300	12,7	765	7596,37	2,1863	
	3	500	102	100	300	12,6	810	7947,92	2,3376	
B15-20A-SP	1	499	103	102	300	12,7	1615	15846,78	4,4363	4,9484
	2	495	103	100	300	12,7	1885	18496,09	5,3872	
	3	504	102	101	300	12,7	1775	17416,74	5,0216	
B15-25A-SP	1	500	102	100	300	12,8	1565	15356,17	4,5165	4,4398
	2	500	105	100	300	13,0	1615	15846,78	4,5277	
	3	500	105	100	300	13,0	1525	14963,68	4,2753	
B15-30A-SP	1	501	106	100	300	13,1	1590	15601,48	4,4155	4,8349
	2	499	105	100	300	13,2	1750	17171,44	4,9061	
	3	498	103	101	300	13,0	1850	18152,66	5,1830	

*) data tidak dipakai

Table 8 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Umur 28 Hari Pada Kuat Tekan 20 MPa

Variasi	Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	bentang (mm)	Berat (kg)	P Max (kgf)	P Max (N)	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Lentur rata-rata (MPa)
B20-0A-SP	1	498	106	101	300	12,8	1410	13835,27	3,8385	3,6362
	2	504	103	100	300	12,8	1565	15356,17	4,4727*	
	3	499	100	101	300	12,6	1190	11676,58	3,4340	
B20-5A-SP	1	502	103	100	300	13,5	1285	12608,74	3,6724	3,7265
	2	497	109	103	300	12,7	1565	15356,17	3,9839	
	3	499	104	99	300	12,4	1220	11970,95	3,5233	
B20-10A-SP	1	494	108	105	300	12,9	1780	17465,81	4,4006	4,5303
	2	500	107	102	300	13,0	1375	13491,84	3,6359*	
	3	500	102	102	300	12,8	1680	16484,58	4,6601	
B20-15A-SP	1	502	103	101	300	13,0	1620	15895,85	4,5386	4,5350
	2	499	101	99	300	12,4	1695	16631,76	5,0404	
	3	499	102	103	300	12,7	1480	14522,13	4,0260	
B20-20A-SP	1	501	100	104	300	12,5	1595	15650,54	4,3409	4,5538
	2	504	109	100	300	12,5	1765	17318,62	4,7666	
	3	495	108	100	300	12,2	1480	14522,13	4,0339*	
B20-25A-SP	1	500	100	100	300	12,3	1650	16190,21	4,8571	4,9106
	2	500	110	100	300	13,3	1765	17318,62	4,7233	
	3	507	102	100	300	12,6	1785	17514,87	5,1514	
B20-30A-SP	1	495	102	100	300	12,8	1675	16435,52	4,8340	4,7694
	2	503	100	100	300	12,9	1610	15797,72	4,7393	
	3	510	106	100	300	12,8	1705	16729,89	4,7349	

*) data tidak dipakai

Table 9 Hasil Penujiaan Permeabilitas Beton Pada Kuat tekan Rencana 15 MPa

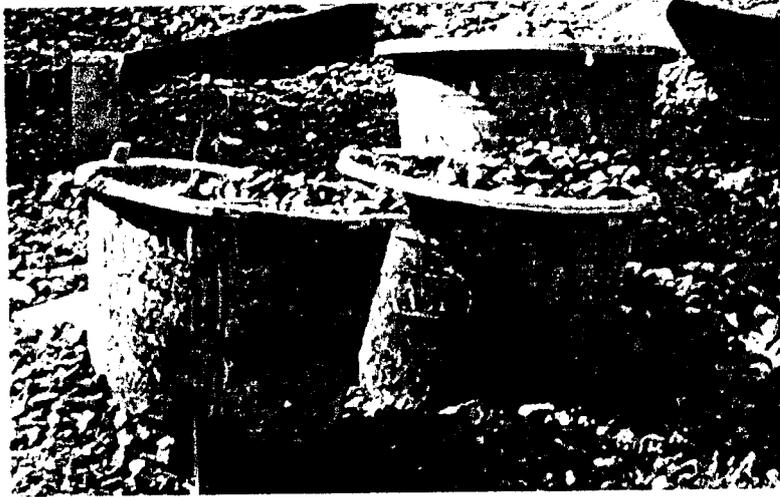
Variasi Beton	Variasi		Kedalaman Penetrasi				Waktu Penetrasi (dtk)	Kecepatan Penetrasi (mm/dtk)
	Pengurangan Air (%)	SP (%)	Sisi Kiri (mm)	Sisi Kanan (mm)	Sisi Atas (mm)	Sisi Bawah (mm)		
B15- 0A	0	0,00	24	23	30*	7	3600	0,0083
B15- 5A-SP	5	0,48	25	27*	25	15	3600	0,0075
B15-10A-SP	10	0,46	20	27*	20	20	3600	0,0075
B15-15A-SP	15	0,59	25	25*	20	20	3600	0,0069
B15-20A-SP	20	1,91	15*	14	12,5	7,5	3600	0,0042
B15-25A-SP	25	1,94	20*	12,5	10	15	3600	0,0056
B15-30A-SP	30	2,02	16*	12,5	9	14	3600	0,0044

Table 10 Hasil Penujiaan Permeabilitas Beton Pada Kuat tekan Rencana 20 MPa

Variasi Beton	Variasi		Kedalaman Penetrasi				Waktu Penetrasi (dtk)	Kecepatan Penetrasi (mm/dtk)
	Pengurangan Air (%)	SP (%)	Sisi Kiri (mm)	Sisi Kanan (mm)	Sisi Atas (mm)	Sisi Bawah (mm)		
B20- 0A-SP	0	0,34	25	20	35*	10	3600	0,0097
B20- 5A-SP	5	0,51	13	16	16*	6	3600	0,0044
B20-10A-SP	10	1,37	16	16	18*	11	3600	0,0050
B20-15A-SP	15	1,88	18*	14	17	10	3600	0,0050
B20-20A-SP	20	1,95	16	17	19*	12	3600	0,0053
B20-25A-SP	25	2,05	15*	14	14	6	3600	0,0042
B20-30A-SP	30	2,39	24	34*	10	7	3600	0,0094

*) Untuk perhitungan kecepatan penetrasi digunakan kedalaman penetrasi terbesar dari keempat sisi sampel

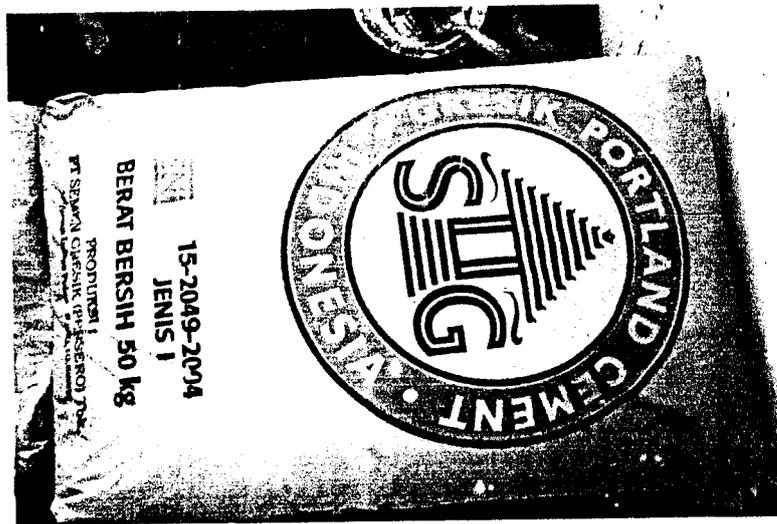
$$\text{Kecepatan penetrasi dihitung dengan persamaan : } \text{Kec. Penetrasi} = \frac{\text{Kedalaman Penetrasi}}{\text{Waktu Penetrasi}}$$



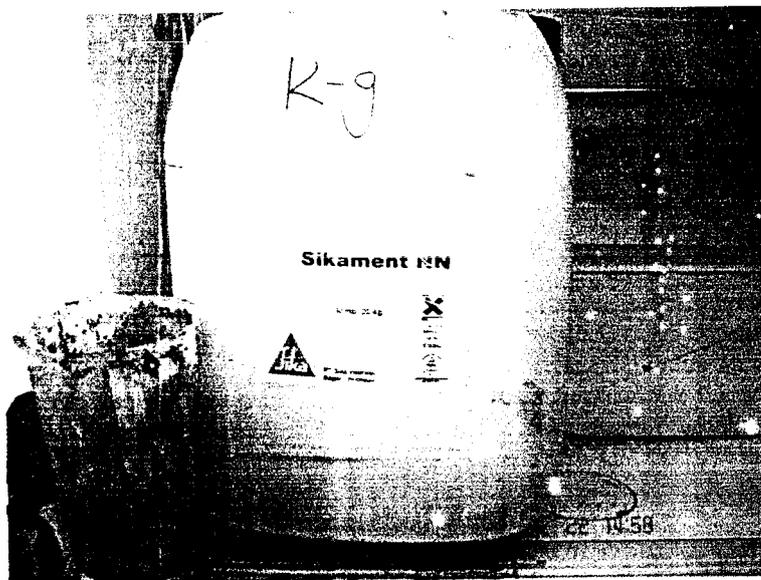
Gambar 1 Agregat kasar (kerikil)



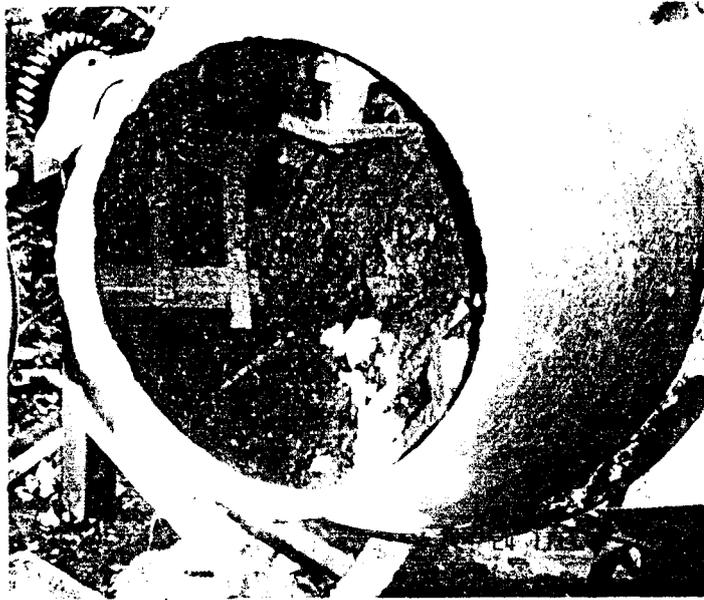
Gambar 2 Agregat halus (pasir)



Gambar 3 Portland cement (PC) dengan merk semen Gresik



Gambar 4 Superplasticizer merk sikament-NN



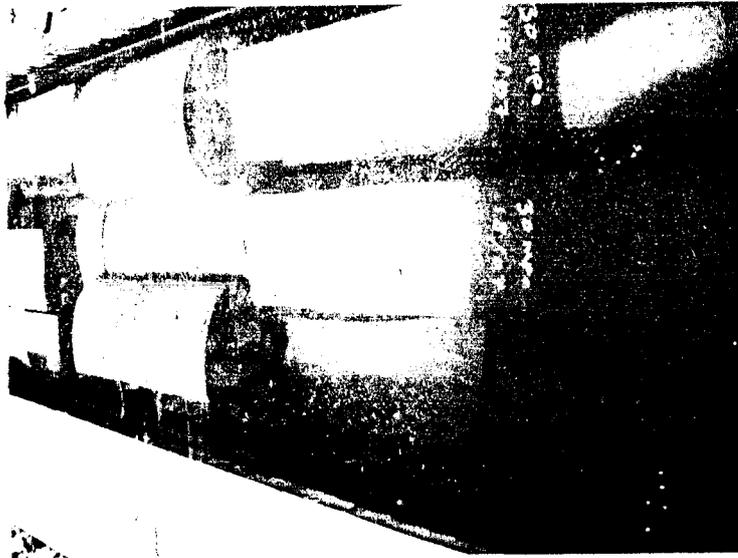
Gambar 5 Pengadukan Beton



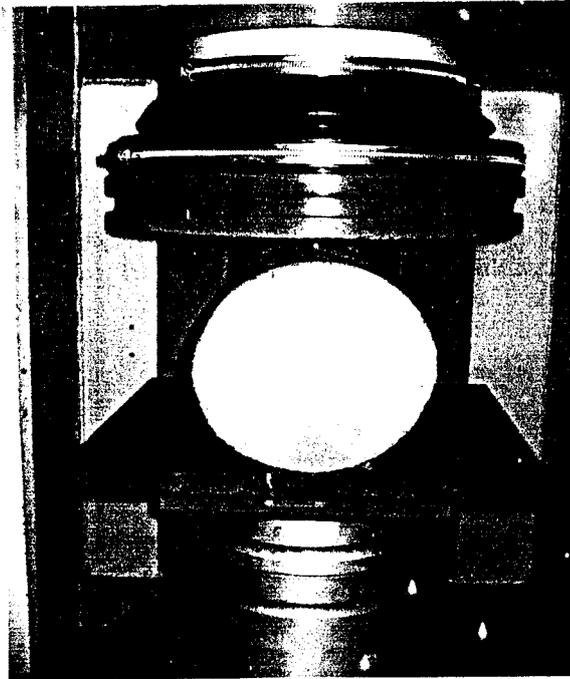
Gambar 6 Pengujian Slump



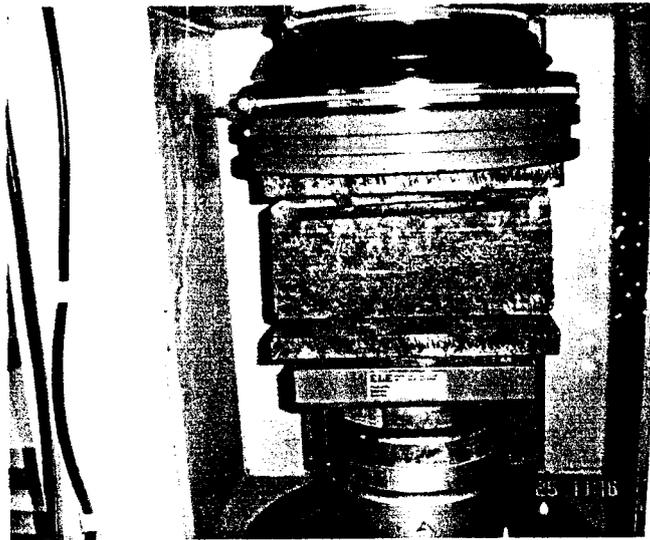
Gambar 7 Pembuatan Benda Uji



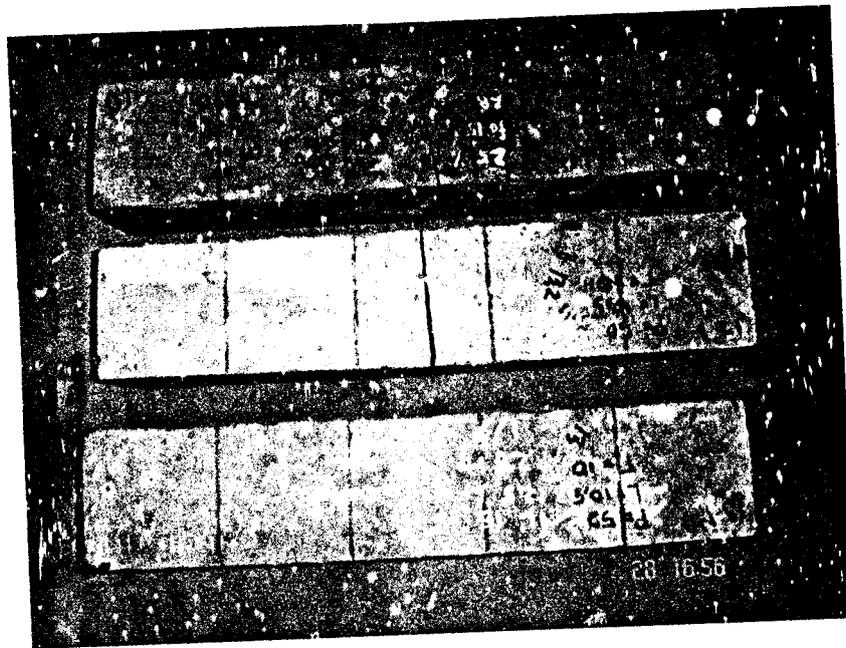
Gambar 8 Perawatan Beton



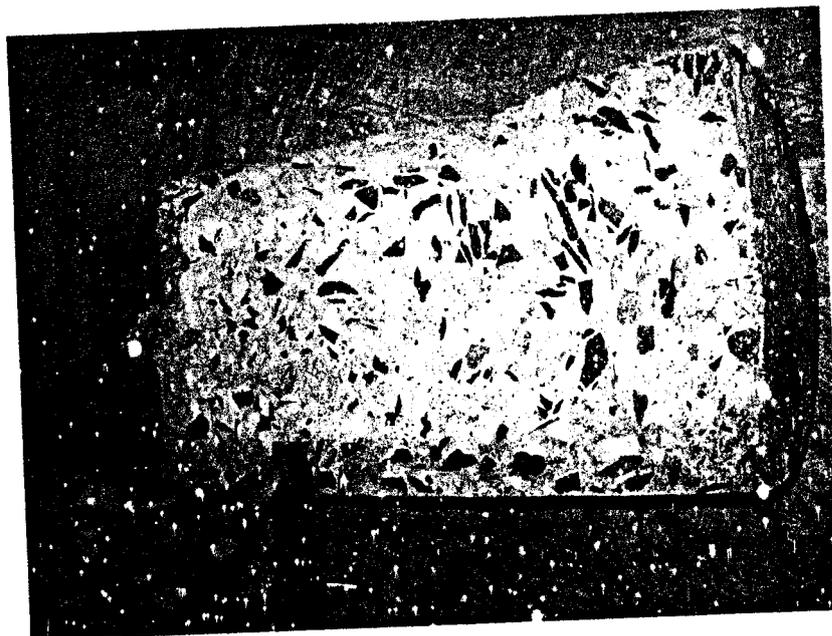
Gambar 9 Pengujian Kuat Tarik-Belah Silinder Beton



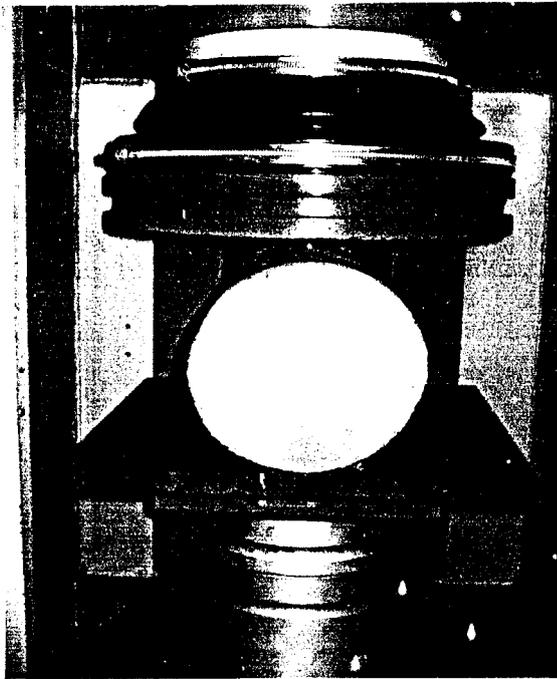
Gambar 10 Pengujian Kuat Geser Balok Beton



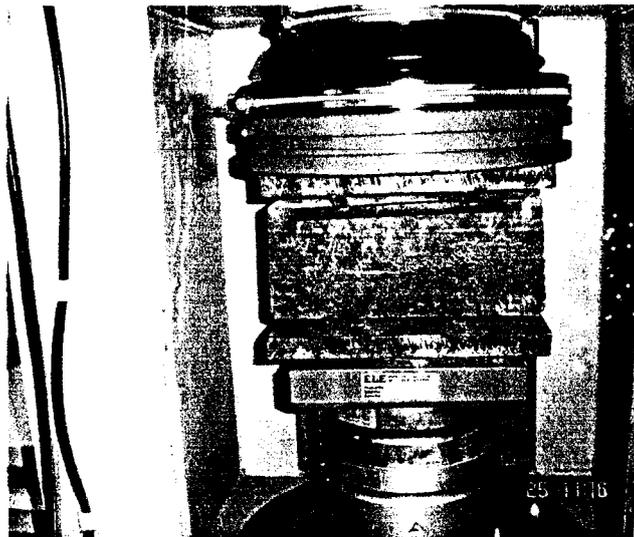
Gambar 15 Pengujian Kuat Lentur Balok Beton



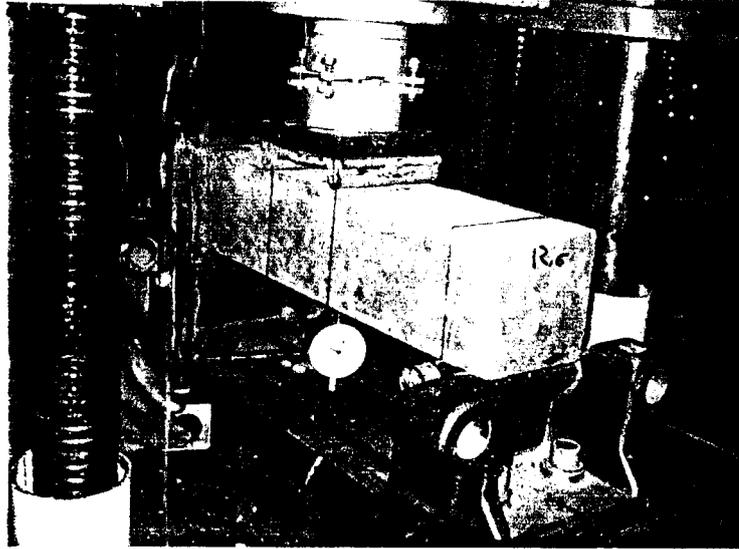
Gambar 16 Pengukuran Kedalaman Penetrasi Air Pada Beton



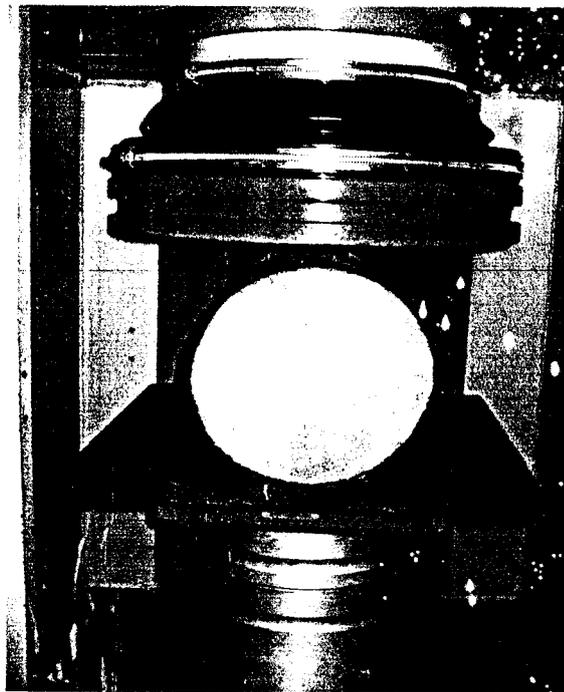
Gambar 9 Pengujian Kuat Tarik-Belah Silinder Beton



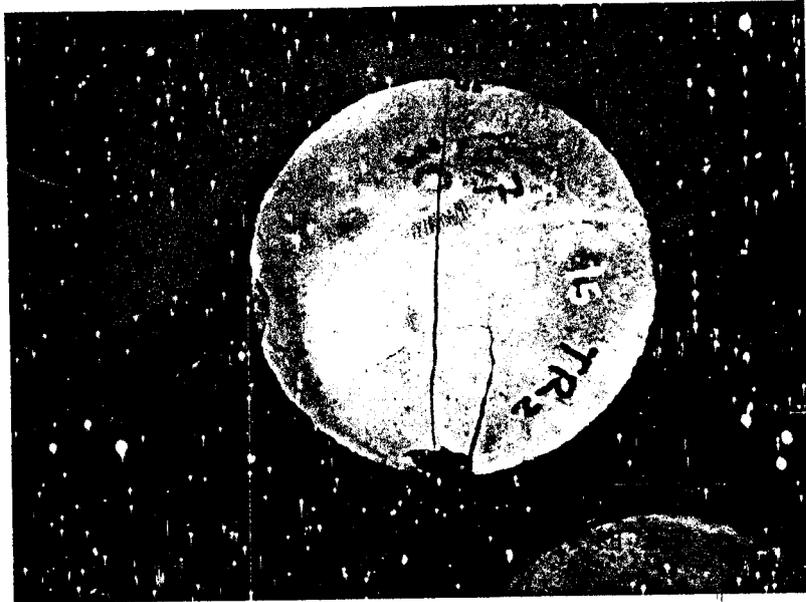
Gambar 10 Pengujian Kuat Geser Balok Beton



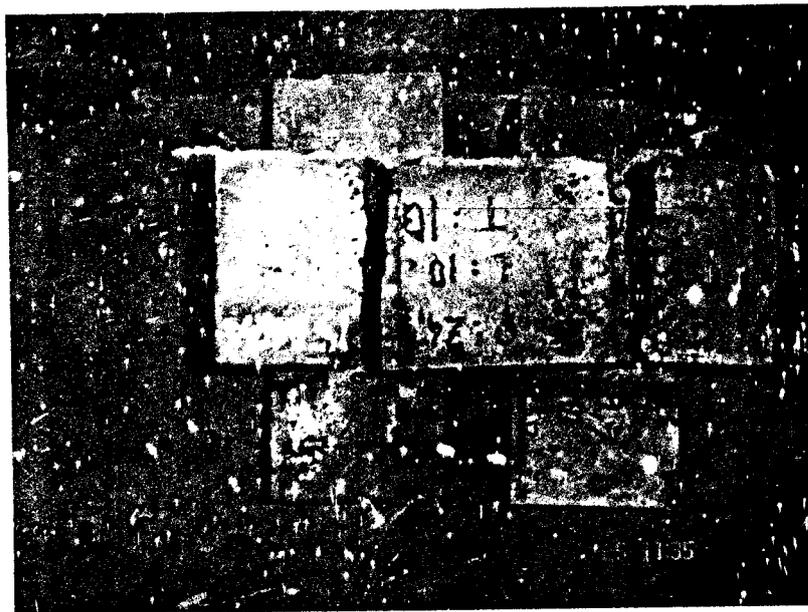
Gambar 11 Pengujian Kuat Lentur Balok Beton



Gambar 12 Pengujian Permeabilitas Beton



Gambar 13 Pengujian Kuat Tarik-Belah Silinder Beton



Gambar 14 Pengujian Kuat Geser Balok Beton