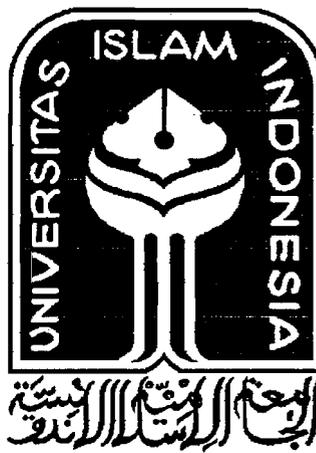


PERPUSTAKAAN FTSP UIN
 HADIS SADEH
 TGL. TERIMA : 5 September 2005
 NO. JUDUL : 001642
 NO. INV. : 520001642001
 NO. INDUK. :

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENGURANGAN KANDUNGAN AIR DAN
 PENAMBAHAN SUPERPLASTICIZER PADA KOMPOSISI
 CAMPURAN BETON KUAT TEKAN 30 DAN 40 MPa**



R.S.
 653.54
 8ya
 P
 1

Xiii, 77 p. Camp. 001642

Oleh

Nama : M. Syafruddin P.N

No Mhs : 00 511 301

Nama : Hastoro P.S

No Mhs : 00 511 309

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

2005

• Beton
 Super plasticizer

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENGURANGAN KANDUNGAN AIR DAN
PENAMBAHAN *SUPERPLASTICIZER* PADA KOMPOSISI
CAMPURAN BETON KUAT TEKAN 30 DAN 40 MPa**



Oleh

Nama : M. Syafruddin P.N

No Mhs : 00 511 301

Nama : Hastoro P.S

No Mhs : 00 511 309

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2005**

Lembar Pengesahan

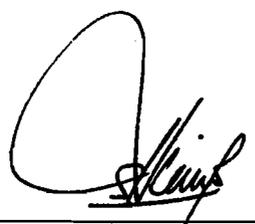
**PENGARUH PENGURANGAN KANDUNGAN AIR DAN
PENAMBAHAN *SUPERPLASTICIZER* PADA KOMPOSISI
CAMPURAN BETON KUAT TEKAN 30 DAN 40 MPa**



الْحَمْدُ لِلَّهِ الْعَلِيِّ الْكَبِيرِ
Telah diperiksa dan disetujui oleh

Dr. Ir. Ade Ilham, MT

Dosen Pembimbing


Tanggal : 9-05-05

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum wr. wb

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, dan semoga shalawat beserta salam selalu terlimpah pada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, Nabi akhir jaman, penutup risalah yang sempurna.

Penulisan Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata 1 di jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.

Penyusun menyadari bahwa isi, ataupun susunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna oleh karena keterbatasan yang ada pada penulis, namun demikian penulis telah berusaha dengan segala kemampuan yang ada. Oleh karena itu penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran demi perbaikan dalam Tugas Akhir ini.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. H. Munadhir, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Ir. Ade Ilham, MT, selaku dosen pembimbing.

4. Pimpinan serta staf Laboratorium BKT Universitas Islam Indonesia yang telah bersedia memberi ijin dan membantu kepada penulis untuk pengambilan data.
5. Ayah dan ibu serta keluarga yang telah memberikan dorongan moril dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis berharap kiranya Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Jogjakarta, April 2005

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR SIMBOL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAKSI	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pengertian Umum.....	6
2.2 Pengaruh <i>Superplasticizer</i>	8
2.2.1 Pengaruh <i>superplasticizer</i> terhadap kuat tekan	8
2.2.2 Pengaruh <i>superplasticizer</i> terhadap workabilitas.....	9
2.2.3 Hubungan <i>Superplasticizer</i> dan perawatan terhadap kuat desak.....	9
2.3 Keaslian Penelitian.....	10

BAB III	LANDASAN TEORI.....	11
	3.1 Beton.....	11
	3.2 Materi Penyusun Beton.....	12
	3.2.1 Semen.....	12
	3.2.2 Agregat halus.....	16
	3.2.3 Agregat kasar.....	16
	3.2.4 Air.....	19
	3.3 Bahan Tambah Kimia.....	21
	3.3.1 <i>Superplasticizer</i> (SP).....	25
	3.3.2 Keistimewaan <i>superplasticizer</i>	26
	3.4 Faktor Air Semen.....	27
	3.5 Slump.....	29
	3.6 Metode Perencanaan Adukan.....	30
	3.7 Pengadukan Beton.....	32
	3.8 Berat Jenis.....	33
	3.9 Kuat Tekan.....	34
	3.9.1 Pengujian Kuat Tekan.....	34
	3.9.2 Prediksi Kuat Tekan.....	35
	3.10 Kuat Geser.....	36
	3.10.1 Pengujian Kuat Geser.....	36
	3.10.2 Prediksi Kuat Geser.....	37
BAB IV	METODE PENELITIAN.....	38
	4.1 Umum.....	38
	4.2 Persiapan Bahan dan Alat.....	39
	4.2.1 Bahan.....	39
	4.2.2 Peralatan penelitian.....	44
	4.3 Perhitungan Komposisi Campuran Beton.....	45
	4.4 Uji Pendahuluan.....	46
	4.5 Data yang Diperlukan.....	47

4.6 Uji yang Dilaksanakan.....	48
4.6.1 Pengadukan beton.....	48
4.6.2 Pengujian nilai slump dan aliran slump.....	49
4.6.3 Perawatan.....	50
4.6.4 Test kuat tekan.....	50
4.6.5 Kuat geser beton.....	50
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	51
5.1 Umum.....	51
5.2 Pengaruh pengurangan air dan penambahan <i>superplasticizer</i> terhadap workabilitas.....	51
5.3 Pengaruh pengurangan air dengan kuat tekan.....	55
5.4 Pengaruh penambahan <i>superplasticizer</i> dengan kuat tekan.....	58
5.5 Hubungan umur beton dengan kuat tekan.....	60
5.6 Hubungan antara kuat tekan dengan kuat geser.....	63
5.7 Prediksi Kuat Tekan dan Kuat Geser.....	64
5.7.1 Prediksi kuat tekan.....	64
5.7.2 Prediksi kuat geser.....	66
5.8 Analisis Biaya Pemakaian <i>Superplasticizer</i>	69
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	72
6.1 Umum.....	72
6.2 Kesimpulan.....	72
6.3 Saran-saran.....	74

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR SIMBOL dan SINGKATAN

f_c	= kuat tekan beton
f_{cr}	= kuat tekan rata – rata
S	= standard deviasi
SP	= <i>superplasticizer</i>
B30N	= campuran beton normal pada $f_c = 30$ MPa
B30NSP	= campuran beton normal + <i>superplasticizer</i> pada $f_c = 30$ MPa
B30-90SP	= campuran beton pengurangan air 10% + <i>superplasticizer</i> pada $f_c = 30$ MPa
B30-80SP	= campuran beton pengurangan air 20% + <i>superplasticizer</i> pada $f_c = 30$ MPa
B30-70SP	= campuran beton pengurangan air 30% + <i>superplasticizer</i> pada $f_c = 30$ MPa
B30-60SP	= campuran beton pengurangan air 40% + <i>superplasticizer</i> pada $f_c = 30$ MPa
B40N	= campuran beton normal pada $f_c = 40$ MPa
B40NSP	= campuran beton normal + <i>superplasticizer</i> pada $f_c = 40$ MPa
B40-90SP	= campuran beton pengurangan air 10% + <i>superplasticizer</i> pada $f_c = 40$ MPa
B40-80SP	= campuran beton pengurangan air 20% + <i>superplasticizer</i> pada $f_c = 40$ MPa
B40-70SP	= campuran beton pengurangan air 30% + <i>superplasticizer</i> pada $f_c = 40$ MPa
B40-60SP	= campuran beton pengurangan air 40% + <i>superplasticizer</i> pada $f_c = 40$ MPa

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 3.1 Hubungan antara Kuat Tekan Beton dengan Nilai Faktor Air Semen
- Gambar 4.1 Sistematika Metode Penelitian
- Gambar 4.3 Pengujian Kuat Geser Beton
- Gambar 5.1 Hubungan pengurangan kandungan air dan kuat tekan 30 MPa
- Gambar 5.2 Hubungan pengurangan kandungan air dan kuat tekan 40 MPa
- Gambar 5.3 Hubungan penambahan *superplasticizer* dan kuat tekan 30 MPa
- Gambar 5.4 Hubungan penambahan *superplasticizer* dan kuat tekan 40 MPa
- Gambar 5.5 Hubungan antara umur beton dan kuat tekan pada beton 30 MPa
- Gambar 5.6 Hubungan antara umur beton dan kuat tekan pada beton 40 MPa
- Gambar 5.7 Hubungan antara kuat tekan aktual dan prediksi f_c' 30 MPa
- Gambar 5.8 Hubungan antara kuat tekan aktual dan prediksi f_c' 40 MPa
- Gambar 5.9 Hubungan antara kuat geser aktual dan prediksi f_c' 30 MPa
- Gambar 5.10 Hubungan antara kuat geser aktual dan prediksi f_c' 40 MPa

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Gradasi Pasir

Tabel 3.2 Gradasi Kerikil

Tabel 3.3 Faktor air semen untuk setiap kondisi lingkungan

Tabel 3.4 Nilai slump untuk berbagai macam struktur

Tabel 4.1 Komposisi campuran beton untuk kuat tekan 30 dan 40 MPa

Tabel 4.2 Komposisi campuran dengan pengurangan kandungan air

Tabel 5.1 Nilai Slump dan Aliran Slump

Tabel 5.2 Korelasi kuat geser dan kuat tekan

Tabel 5.3 Kuat tekan prediksi dan aktual pada kuat tekan 30 MPa

Tabel 5.4 Kuat tekan prediksi dan aktual pada kuat tekan 40 MPa

Tabel 5.5 Kuat geser prediksi dan aktual pada kuat tekan 30 MPa

Tabel 5.6 Kuat geser prediksi dan aktual pada kuat tekan 40 MPa

Tabel 5.7 Perbandingan analisis biaya antara kuat tekan 30 MPa dan 26 MPa

Tabel 5.8 Perbandingan analisis biaya antara kuat tekan 30 MPa dan 33 MPa

Tabel 5.9 Perbandingan analisis biaya antara kuat tekan 30 MPa dan 45 MPa

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN A : Hasil Pemeriksaan Bahan Beton
- LAMPIRAN B : Perhitungan Komposisi Campuran Bahan Metode DOE
- LAMPIRAN C : Hasil Uji Desak dan Geser Beton
- LAMPIRAN D : Gambar Pelaksanaan Penelitian

ABSTRAKSI

Kuat tekan beton dapat ditingkatkan dengan faktor air-semen rendah dan pada faktor air-semen yang rendah workabilitas beton menurun sehingga untuk mengatasi hal tersebut ditambahkan bahan tambah kimia. Penggunaan bahan tambah kimia *superplasticizer* dan pengurangan kandungan air diharapkan mampu untuk meningkatkan sifat workabilitas serta kuat tekan dari suatu campuran beton. Agregat halus yang digunakan berupa pasir dengan diameter butiran < 5 mm dengan berat jenis 2,3 kg/lt dan agregat kasar menggunakan kerikil dengan diameter butiran 5 – 20 mm dengan berat jenis 2,47.kg/lt *Superplasticizer* yang digunakan berbasis *Naphthalene Formaldehyde Sulphonate* dengan berat jenis 1,17 kg/lt. Pengurangan kandungan air dengan interval 10 % sampai 40 % dari kondisi normal dengan tetap mempertahankan nilai slump lebih besar atau sama dengan 180 mm, tanpa terjadi *bleeding* dan *segregation*. Benda uji yang digunakan adalah kubus dengan ukuran 15 X 15 X 15 cm untuk pengujian kuat tekan serta benda uji balok dengan ukuran 25 X 10 X10 cm untuk pengujian kuat geser dengan mutu beton yang direncanakan $f'_c = 30$ dan 40 MPa. Pengujian dilakukan pada umur 7 dan 28 hari dengan terlebih dahulu dilakukan perawatan sebelum pengujian.

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa pengurangan kandungan air sebesar 30 % dan penambahan *superplasticizer* sebesar 1,83 % dari berat semen mencapai kuat tekan optimum rata – rata 54 MPa, untuk kuat tekan rencana 30 MPa. Pada kuat tekan rencana 40 MPa mampu mencapai kuat tekan rata – rata optimum 51 MPa dengan variasi pengurangan air 30 % dan penambahan *superplasticizer* 1,26 % dari berat semen. Pengurangan kandungan air lebih dari 30 % menyebabkan kuat tekan menurun dan penambahan *superplasticizer* lebih dari 2 % menyebabkan proses hidrasi menjadi terhambat.

Kata kunci : *superplasticizer*, workabilitas, kuat tekan, mutu beton.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan istilah yang tidak asing lagi bagi pekerjaan konstruksi, karena sifat atau karakteristik dari beton yang memiliki kuat tekan yang sangat tinggi dalam menahan beban aksial, lebih ekonomis daripada penggunaan bahan lainnya, tahan terhadap panas dan lain-lain. Dalam pekerjaan pembuatan beton mudah dilaksanakan, apalagi sekarang telah banyak terdapat pabrik-pabrik pembuatan beton jadi (*ready mixed concrete*) sehingga dalam pelaksanaannya hanya menentukan spesifikasi beton yang diinginkan. Untuk kebutuhan beton dengan struktur yang simetris, pemakaian beton pracetak (*precast concrete*) sudah mulai digunakan sehingga pekerjaan proyek lebih cepat. Beton merupakan bahan yang paling banyak digunakan selain baja dan kayu. Beton digunakan hampir di semua tempat seperti di atas tanah (gedung, dan jembatan), di bawah tanah (pondasi dan terowongan dan di dasar laut (pipa minyak, anjungan lepas pantai).

Beton merupakan campuran antara semen portland, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan. Campuran bahan-bahan pembentuk beton harus ditetapkan sesuai dengan standar pelaksanaan adukan beton, sehingga menghasilkan beton segar yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatan tekan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis. Semen portland

ditambah dengan air membantu terjadinya ikatan antar butiran pada agregat sehingga campuran beton dapat mengeras seperti batu.

Beton mutu tinggi (*high strength concrete*) didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan silinder melebihi 41 MPa. Upaya untuk mendapatkan beton mutu tinggi yaitu dengan meningkatkan mutu material pembentuknya, misalnya kekerasan agregat dan kehalusan butir semen. Selain itu dalam perkembangan teknologi telah berhasil digunakan berbagai jenis bahan tambahan (*admixtures*) campuran beton guna meningkatkan mutu dan kinerja beton. Dengan ditemukannya bahan-bahan tersebut terjadi kemajuan pesat dalam produksi beton mutu tinggi (*high strength concrete*) bahkan beton mutu sangat tinggi (*ultra high strength concrete*). Untuk pembuatan beton mutu tinggi dikenal bahan tambah kimia untuk merekayasa kekuatan beton. Pemakaian bahan tambah pada campuran beton untuk meningkatkan kualitas dan mutu pekerjaan beton, memudahkan pekerjaan pembuatan, pelaksanaan sampai pematatan adukan beton tersebut. Bahan tambah yang sering digunakan dalam proses campuran beton adalah *retarder* yaitu bahan tambah untuk memperlambat pengerasan beton dan *superplasticizer* yaitu bahan tambah untuk peningkatan workabilitas dan dapat mereduksi kandungan air dalam campuran beton. Ada beberapa metode untuk merencanakan campuran beton, antara lain metode DOE dari Inggris, metode ACI dari Amerika. Komposisi campuran beton yang diperoleh dengan metode tersebut dapat ditingkatkan lagi kuat tekan betonnya dengan mengurangi kandungan air. Workabilitas dari beton akan berkurang apabila terjadi pengurangan kandungan air, oleh karena itu agar workabilitas tetap terjaga maka perlu ditambahkan

superplasticizer (SP). Pengurangan kandungan air dan penambahan *superplasticizer* akan mengakibatkan kinerja beton meningkat.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Apakah workabilitas dengan nilai slump sebesar 180 mm atau lebih dapat dicapai oleh beton segar ketika kandungan air dikurangi secara gradual setiap 10 % dari kondisi normal dan dosis *superplasticizer* ditambahkan dengan menjaga tidak terjadi *bleeding* dan *segregation*.
2. Berapa besar peningkatan kekuatan beton pada umur 7 dan 28 hari dengan pengurangan kandungan air dan penambahan *superplasticizer* sampai diperoleh nilai slump minimal sebesar 180 mm.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan workabilitas beton segar dan kekuatan beton keras dengan pengurangan kandungan air sebanyak 10 % setiap variasi dan penambahan zat additive *superplasticizer*, serta menentukan hubungan kuat geser dan kuat tekan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat kita ambil dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan komposisi campuran beton cara DOE dengan pengurangan kandungan air dan penambahan *superplasticizer* (SP)

2. Memberikan informasi mengenai karakteristik beton akibat pengurangan kandungan air dan penambahan *superplasticizer* serta kaitannya dengan mutu beton dan pengerjaan beton itu sendiri.
3. Memberikan informasi tentang perbandingan mutu beton dari variasi sampel beton dengan penambahan *superplasticizer* dan pengurangan kandungan air sebesar 10 % dari kondisi 100 % - 60 % pada beton umur 7 dan 28 hari.

1.5 Batasan Masalah

1. Penelitian ini dengan maksud mencari hubungan antara pengurangan kandungan air dan penambahan *superplasticizer* terhadap workabilitas, kuat tekan dan kuat geser beton yang direncanakan dengan kuat tekan sebesar 30 MPa dan 40 MPa pada umur 7 dan 28 hari.
2. Bahan pembuat beton : semen Nusantara tipe I, agregat halus dari Sungai Krasak, agregat kasar dari Clereng, air dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII, *superplasticizer* yang dipakai Sikament "NN".
3. Rencana campuran benda uji menggunakan metode DOE.
4. Variasi pengurangan kandungan air dimulai dari kandungan air normal (100 %) dan berkurang dengan interval 10 % hingga mencapai kandungan air 60 %.
5. Benda uji yang digunakan untuk pemeriksaan kuat desak dan geser beton adalah kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm dengan jumlah sampel 3 buah pada masing-masing variasi.
6. Perawatan benda uji dengan cara direndam dalam air sampai diuji.

7. Pengaruh suhu, udara dan faktor lain diabaikan.
8. Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Umum

Ketahanan dan kekuatan merupakan hal yang sangat penting dalam kualitas beton. Rangkak, karakteristik susut, modulus elastis juga faktor penting dalam pembuatan beton. Istilah beton digunakan untuk menyatakan campuran antara semen, air, pasir, dan kerikil yang mengeras menyerupai batu (Wahyudi dan Rahim, 1997).

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).

Pemilihan dengan komposisi yang proporsional dari semen, air dan agregat disebut desain campuran. Syarat yang terpenting dari pembuatan beton (Kong dan Evans, 1987) adalah :

1. beton segar harus dapat dikerjakan atau dituang,
2. beton yang dikerjakan harus cukup kuat untuk menahan beban dari yang telah direncanakan,
3. beton keras harus dapat menahan kondisi yang akan diterima dalam pekerjaannya,
4. beton tersebut harus dapat dibuat secara ekonomis.

Faktor-faktor yang membuat beton sebagai material bangunan yang sering dipakai meliputi kemudahan pengolahannya, yaitu dalam keadaan plastis, beton dapat dituang ke dalam cetakan atau bekisting dan dipadatkan mempunyai bentuk yang praktis. Daya tahannya yang tinggi terhadap api dan cuaca merupakan bukti dari kelebihanannya. Sebagian besar dari material-material pembentuknya, kecuali semen, biasanya tersedia di lokasi atau pada tempat yang tidak terlalu jauh dari lokasi konstruksi dengan harga murah (Winter dan Nilson, 1993).

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

Gumpalan yang relatif besar dari semen mempunyai permukaan yang kasar dan kesat yang memerlukan jumlah air yang lebih besar untuk memproduksi campuran beton yang mudah dikerjakan. Pada saat dicampurkan, *superplasticizer* meningkatkan keplastisan yang menghasilkan campuran beton yang lebih cair. (Smith dan Andres, 1989)

2.2 Pengaruh *Superplasticizer*

2.2.1 Pengaruh *Superplasticizer* terhadap kuat tekan

Penelitian yang dilakukan Yuwono (1997) menggunakan empat macam *admixture* dari empat pabrik yang berbeda, yaitu Sikament-NN, Bestmittel, BV *Superplasticizer*ecial, dan Superplastet F. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Sikament NN menghasilkan slump yang paling tinggi dibanding ketiga merek lain. Pengujian kuat tekan memperlihatkan Bestmittel, BV special, dan Superplastet F memberi percepatan pengerasan sejak hari ketiga dan mencapai kuat tekan beton normal (± 25 MPa) pada umur 14 hari. Peningkatan kuat tekan ketiga *admixture* pada umur 28 hari sebesar $\pm 20\%$ dari beton normal, sedang pada Sikament NN terjadi keenceran yang terlalu tinggi sehingga kuat tekannya tidak meningkat dibanding beton normal (± 25 MPa). Pada penelitian ini, Sikament NN lebih berfungsi sebagai *superplasticizer* (meningkatkan slump menjadi 310,7 % terhadap slump beton normal), sedangkan Bestmittel, BV Special dan Superplastet F berfungsi sebagai *plasticizer* (meningkatkan slump menjadi 191,1% dan 221,4% terhadap slump beton normal) dan mempercepat pengerasan beton.

Hasil test laboratorium atas sampel beton mutu 28 MPa dengan bahan tambah kimia *superplasticizer*. Percobaan dilakukan dengan sampel berbentuk kubus berukuran 15 x 15 x 15 cm, dengan jumlah sampel sebanyak 6 tiap variasi. Variasi penambahan *superplasticizer* diambil 0%; 0,7%; 1%; 2,5%; 4% dari pengujian kuat tekan didapat nilai optimum penambahan *Superplasticizer* sebanyak angka 1% pada umur 28 hari (Muzammil dan Budiono, 1994).

Beton mutu tinggi dengan kuat desak rencana 50 MPa, dengan benda uji kubus berukuran 15 x 15 x 15 cm sebanyak 10 sampel pada tiap variasi, setiap variasi menggunakan campuran *superplasticizer* sebagai bahan tambah kimia dengan prosentase antara 0,4% - 1,6% dengan jarak tiap interval 0,2%. Untuk nilai slump sebesar 7 ± 10 dan pengujian beton dilakukan pada umur 7 dan 28 hari dengan hasil kuat desak optimum sebesar 70-72 MPa yaitu pada penambahan *Superplasticizer* sebanyak 1,4% dan pada umur 28 hari (Fitria dan Asna, 2000).

2.2.2 Pengaruh *Superplasticizer* terhadap workabilitas

Penambahan *superplasticizer* pada beton mempunyai pengaruh dalam meningkatkan workabilitas beton sampai pada tingkat yang lebih tinggi. Bahan ini digolongkan sebagai sarana untuk menghasilkan beton “mengalir” tanpa terjadinya pemisahan (segregasi) dan umumnya terjadi pada beton dengan jumlah air yang besar. Alternatif lain bahan ini dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan beton, karena memungkinkan pengurangan kadar air guna mempertahankan *workabilitas* yang sama (Murdock dan Brook, 1991).

2.2.3 Hubungan *Superplasticizer* dan perawatan terhadap kuat desak

Penelitian ini menggunakan *superplasticizer* dengan beberapa variasi yaitu : penambahan *superplasticizer* 0,5 % dari berat semen dengan perawatan selama 7 hari, penambahan *superplasticizer* 0,5 % dari berat semen dengan perawatan selama 14 hari selang-seling, dan penambahan *superplasticizer* 0,5 dan 1 % dari berat semen tanpa perawatan. Hasil penelitian dengan penambahan *superplasticizer* 0,5 % dengan perawatan selama 7 hari kekuatan desak betonnya

lebih maksimal dibandingkan dengan perawatan selang - seling. Untuk variasi perawatan 7 hari, pada umur 28 hari penambahan kekuatannya rata-rata mencapai 25 % dari beton normal. Untuk penambahan SP 1 % lebih tinggi kuat tekannya dibandingkan dengan penambahan SP 0,5 % karena pada umur 28 hari *superplasticizer* tersebut telah mengering sempurna sehingga kuat tekan yang dihasilkan bisa maksimal yaitu sebesar 45 % dari kuat tekan beton normal (Fahmi dan Wahyu, 2004).

2.3 Keaslian Penelitian

Penelitian Muzammil dan Budiono telah ditentukan variasi penambahan *superplasticizer* sebesar 0 %; 0,7 %; 1 %; 2,5 %; dan 4 % berat semen dari beton mutu 28 MPa. Pada penelitian Fitria dan Asna penambahan *superplasticizer* dengan persentase antara 0,4 % - 1,6 % dengan jarak tiap interval 0,2 % dari mutu beton 50 MPa. Dari kedua penelitian tersebut hanya mencari kuat tekan optimum dan menggunakan sampel berbentuk kubus ukuran 15 x 15 x 15 cm.

Pada penelitian ini akan dicari sifat-sifat beton segar dan beton keras yaitu workabilitas, kuat tekan dan kuat geser beton. Kuat desak yang direncanakan 30 dan 40 Mpa menggunakan variasi pengurangan air dan penambahan *superplasticizer* berdasarkan nilai slump ≥ 180 dan pengurangan kadar air dengan interval sebesar 10 % dari kandungan air normal. Pengurangan kandungan air dan penambahan *superplasticizer* sampai menghasilkan kuat tekan yang optimal.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton merupakan suatu material yang menyerupai batu yang diperoleh dengan membuat suatu campuran yang mempunyai proporsi tertentu dari semen, pasir dan kerikil atau agregat lainnya, dan air untuk membuat campuran tersebut menjadi keras dalam cetakan sesuai dengan bentuk dan dimensi yang diinginkan. Kumpulan material tersebut terdiri dari agregat yang halus dan kasar. Semen dan air berinteraksi secara kimiawi untuk mengikat partikel-partikel agregat tersebut menjadi suatu massa yang padat. Tambahan air yang melampaui jumlah yang dibutuhkan untuk reaksi kimia ini, diperlukan untuk memberikan campuran tersebut mudah diolah dan dapat mengisi cetakan-cetakan serta membungkus baja sebelum mengeras. Beton dalam berbagai variasi sifat kekuatan dapat diperoleh dengan pengaturan yang sesuai dari perbandingan jumlah material pembentuknya. Semen-semen khusus (seperti semen berkekuatan tinggi), agregat-agregat khusus (seperti bermacam-macam agregat ringan dan agregat berat), metode-metode pemulihan khusus (seperti pemulihan dengan memakai uap) memungkinkan untuk mendapatkan variasi sifat-sifat beton yang lebih luas lagi (Smith dan Andres, 1989).

Sifat-sifat ini dalam banyak hal tergantung pada proporsi dari campurannya, pada kesempurnaan dari adukan bahan-bahan pembentuk campuran tersebut dan pada kondisi kelembaban dan temperatur pada tempat diletakkannya campuran tersebut sejak saat diletakkannya campuran tersebut dalam cetakan hingga mengeras sepenuhnya. Proses pengawasan kondisi ini dikenal sebagai proses pemulihan.

3.2 Materi Penyusun Beton

Beton adalah suatu bahan elemen struktur yang memiliki suatu karakteristik yang spesifiknya dipengaruhi oleh bahan-bahan penyusun sebagai berikut ini :

3.2.1 Semen

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

Fungsi semen ialah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat. Semen hanya kira-kira mengisi 10 % dari volume

beton, karena semen merupakan bahan yang aktif maka perlu dipelajari maupun dikontrol secara ilmiah (Tjokrodimulyo, 1992).

Menurut Tjokrodimuljo (1992), perbedaan sifat jenis semen satu terhadap semen yang lain dapat terjadi karena perbedaan susunan kimia maupun kehalusan butir-butirnya. Perbedaan tersebut dapat diketahui dari :

1. Susunan kimia

Bahan dasar semen terutama mengandung kapur, silika , alumina dan oksida besi yang menjadi susunan kimia lebih kompleks. Oksida-oksida tersebut berinteraksi satu sama lain untuk membentuk serangkaian produk yang lebih kompleks selama proses peleburan.

2. Hidrasi semen

Bila semen bercampur dengan air maka proses hidrasi berlangsung, dalam arah ke luar dan ke dalam, maksudnya hasil hidrasi mengendap di bagian luar dan inti semen yang belum terhidrasi di bagian dalam secara bertahap terhidrasi sehingga volumenya mengecil. Reaksi tersebut berlangsung lambat, antara 2-5 jam (yang disebut periode induksi atau tak aktif) sebelum mengalami percepatan setelah kulit permukaan pecah.

Pada tahapan hidrasi berikutnya, pasta semen terdiri dari gel (suatu butiran sangat halus hasil hidrasi, memiliki luas permukaan yang amat besar), dan sisa-sisa semen yang tak bereaksi, kalsium hidroksida Ca(OH)_2 dan air, dan beberapa senyawa lain. Kristal-kristal dari berbagai senyawa yang dihasilkan membentuk

suatu rangkaian tiga dimensi yang saling melekat secara random dan kemudian sedikit demi sedikit mengisi ruangan yang semula ditempati air, lalu menjadi kaku dan muncullah suatu kekuatan yang selanjutnya mengeras menjadi benda yang padat dan kuat. Setelah hidrasi berlangsung, endapan hasil hidrasi pada permukaan butiran semen membuat difusi air ke bagian dalam yang belum terhidrasi semakin sulit, sehingga laju hidrasi semakin lambat.

3. Kekuatan pasta semen dan faktor air semen

Kekuatan semen yang telah mengeras tergantung dari air yang dipakai waktu proses hidrasi berlangsung. Pada dasarnya jumlah air yang diperlukan hanya sekitar 25 % dari berat semennya, penambahan jumlah air akan mengurangi kekuatan setelah mengeras. Kuat tekan pasta semen sangat dipengaruhi oleh besar pori-pori diantara gel-gel atau pori-pori hasil hidrasi. Kelebihan air akan mengakibatkan pasta semen berpori lebih banyak, sehingga hasilnya kurang kuat dan juga lebih porous (berpori).

4. Sifat fisik semen

Sifat fisik semen yang penting terdiri dari :

- a. Kehalusan butir : Butir-butir semen yang halus akan menjadi kuat dan menghasilkan panas hidrasi yang lebih cepat daripada semen dengan butir-butir yang lebih kasar. Semen berbutir halus meningkatkan kohesi pada beton segar dan dapat pula mengurangi *bleeding*, akan tetapi menambah kecenderungan untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut.

- b. Waktu ikatan : Semen jika dicampur dengan air membentuk bubur yang secara bertahap menjadi kurang plastis dan akhirnya menjadi keras. Waktu ikatan terjadi saat pasta semen cukup kaku untuk menahan suatu tekanan. Waktu ikatan awal yang cukup lama diperlukan untuk pekerjaan beton yaitu waktu transportasi , penuangan, pemadatan, dan perataan permukaan.
- c. Panas hidrasi : untuk semen dengan panas hidrasi rendah harus tidak lebih dari 66 kalori/gram sampai pada tujuh hari pertama, dan 75 kalori/gram sampai pada 28 hari. Laju hidrasi dan penambahan panas bertambah besar sejalan dengan semakin halusya semen, walaupun kuantitas total panas yang dibebaskan tidak dipengaruhi oleh kehalusan tersebut.
- d. Berat jenis: Berat jenis bukan merupakan petunjuk kualitas semen, nilai ini hanya digunakan dalam hitungan perbandingan campuran saja.

Menurut PUBI (1982), semen Portland diklasifikasikan dalam lima jenis sebagai berikut :

- (1). Jenis I : Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain,
- (2). Jenis II : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalori hidrasi sedang,
- (3). Jenis III : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi,

- (4). Jenis IV : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalori hidrasi rendah,
- (5). Jenis V : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

3.2.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alami, atau butiran dari pecahan batu dan kerikil yang memiliki ukuran butiran < 5 mm (Kong dan Evans, 1987). Agregat halus dapat dibedakan menjadi pasir halus, dengan ukuran butiran 0-1 mm dan pasir kasar dengan ukuran butiran 1-5 mm (Wahyudi dan Rahim, 1997).

3.2.3 Agregat kasar

Agregat kasar berupa pecahan batu, pecahan kerikil atau kerikil alami dengan ukuran butiran minimal 5 mm dan ukuran butiran maksimal 40 mm. Ukuran maksimum dari agregat kasar dalam beton bertulang diatur berdasarkan kebutuhan bahwa agregat tersebut harus dengan mudah dapat mengisi cetakan dan lolos dari celah-celah yang terdapat di antara batang-batang baja tulangan. Untuk tujuan ini ukuran butir agregat terbesar tidak boleh melebihi nilai:

1. seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan,
2. sepertiga tebal pelat,
3. tiga per empat jarak bersih minimum antar batang tulangan, berkas batang tulangan, atau kabel pra tegang atau tendon prategang (Winter dan Nilson, 1993).

Agregat yang dapat dipakai harus memenuhi syarat-syarat (Tjokrodimulyo, 1992) :

1. agregat bersih dari unsur organik,
2. keras,
3. bebas dari sifat penycrapan secara kimia,
4. tidak bercampur dengan tanah liat atau lumpur,
5. distribusi atau gradasi ukuran agregat memenuhi ketentuan-ketentuan yang berlaku.

Besar ukuran maksimum agregat mempengaruhi kuat tekan betonnya. Pada pemakaian ukuran butir agregat maksimum lebih besar memerlukan jumlah pasta lebih sedikit untuk mengisi rongga-rongga antar butirnya, berarti sedikit pula pori-pori betonnya (karena pori-pori beton sebagian besar berada dalam pasta, tidak dalam agregat) sehingga kuat tekannya lebih tinggi. Namun sebaliknya, karena butir-butir agregatnya besar maka luas permukaannya menjadi lebih sempit sehingga lekatan antara permukaan agregat dan pastanya kurang kuat (Tjokrodimulyo, 1992).

Menurut peraturan di Inggris (*British Standard*) dalam buku Teknologi Beton (Tjokrodimulyo, 1992) yang juga dipakai di Indonesia saat ini, kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar. Batas-batas daerah gradasi pasir tercantum dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Gradasi Pasir

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

Keterangan:

Daerah I : Pasir kasar

Daerah III : Pasir agak halus

Daerah II : Pasir agak kasar

Daerah IV : Pasir halus

Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992

Adapun agregat kerikil ditetapkan seperti yang tercantum dalam tabel 3.2.

Tabel 3.2 Gradasi kerikil

Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat 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

Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992

Indek yang dipakai untuk ukuran kehalusan dan kekasaran butir agregat di tetapkan dengan modulus halus butir. Pada umumnya pasir mempunyai modulus halus 1,5 sampai 3,8 dan kerikil antara 5 dan 8. Modulus halus butir campuran dihitung dengan persamaan (3.1):

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

Dengan W : Persentase berat pasir terhadap berat kerikil

K : Modulus halus butir kerikil

P : Modulus halus butir pasir

C : Modulus halus butir campuran.

3.2.4 Air

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 menjadi rendah. Proporsi air ini dinyatakan dalam faktor air-semen (*water-cement ratio*), yaitu angka yang menyatakan perbandingan antara berat air (kg) dibagi dengan berat semen (kg) dalam adukan beton tersebut. Perlu diketahui bahwa air untuk campuran beton harus tidak mengandung minyak, larutan asam, garam alkali, material organik maupun bahan-bahan lain yang dapat mengurangi kekuatan beton. Selain faktor tersebut di atas, pemadatan, panas, dan kelembaban juga dapat mempengaruhi kekuatan beton. Untuk itu, sebaiknya menggunakan alat penggetar adukan (*vibrator*) untuk memperoleh kepadatan beton yang sempurna terutama untuk beton dengan rasio air semen yang rendah. Menjaga kelembaban dan panas agar tetap konstan sewaktu proses hidrasi berlangsung, misalnya dengan menutupi permukaan beton dengan karung-karung basah atau menyiramkan air minimum satu kali dalam sehari, merupakan hal yang sangat penting (Wahyudi dan Rahim, 1997).

Air yang digunakan untuk campuran beton sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut ini (Tjokrodinuljo, 1992) :

1. tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter,
2. tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter,
3. tidak mengandung khlorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter,
4. tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Air selain digunakan untuk pengikatan beton, digunakan juga untuk perawatan beton sesudah beton dituang, yaitu untuk merendam atau membasahi beton. Air yang digunakan untuk bereaksi hidrasi dengan semen diperlukan sedikitnya 20 – 30 % jumlah air dari berat semen. Kelebihan air pada campuran beton akan menurunkan kekuatan beton karena meninggalkan pori – pori yang mengurangi kepadatan beton (Smith dan Andres, 1989).

Jumlah air optimum dalam suatu rancangan campuran beton ditentukan dari kemudahan pekerjaan yang dapat dicapai. Jumlah air optimum dikatakan tercapai apabila kemudahan pekerjaan pengecoran sesuai dengan tuntutan (dinyatakan dengan uji slump). Penyimpangan jumlah air dapat berakibat (Wahyudi dan Rahim, 1997) :

1. Bila air terlalu sedikit
 - a. dalam batas tertentu kekuatan tekan beton bisa naik,

- b. pekerjaan pengecoran menjadi lebih sulit karena air yang juga berfungsi sebagai pelumas, berkurang,
- c. *loss of slump* beton menjadi lebih singkat sehingga proses pengecoran dituntut lebih cepat,
- d. diperlukan sistem pemadatan khusus agar didapat beton yang padat, bila tidak kemungkinan besar beton akan menjadi keropos.

2. Bila air terlalu banyak

- a. kekuatan tekan beton turun,
- b. pekerjaan pengecoran menjadi lebih mudah,
- c. *loss of slump* beton leboh lama, proses pengecoran lebih lama,
- d. terjadi segregasi (pemisahan butiran) dalam campuran sehingga kuat tekan beton turun,
- e. terjadi penyusutan karena air kelebihan yang mengisi pori-pori beton, suatu saat akan menguap meninggalkan pori-pori dalam beton.

3.3 Bahan Tambah Kimia

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton. Tujuannya adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Bahan tambah seharusnya hanya berguna kalau sudah ada evaluasi yang teliti tentang pengaruhnya pada beton, khususnya dalam kondisi dimana beton diharapkan akan digunakan. Bahan tambah biasanya diberikan

dalam jumlah yang relatif sedikit, dan pengawasan yang ketat harus diberikan agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton. Sifat-sifat beton yang diperbaiki itu antara lain kecepatan hidrasi (waktu ikatan), kemudahan pengerjaan, dan kekedapan terhadap air (Smith dan Andres, 1989).

Bahan tambah kimia (*chemical admixture*) adalah bahan tambah yang dicampurkan pada adukan beton dengan maksud agar diperoleh sifat-sifat yang berbeda pada beton segar atau beton yang dihasilkannya, misalnya sifat pengerjaan yang lebih mudah, sifat pengikatan lebih cepat, laju kenaikan kekuatan yang lebih cepat (Tjokrodinuljo, 1992).

Fungsi dari bahan tambah kimia adalah sebagai berikut (Smith dan Andres, 1989) :

1. untuk mempercepat pengerasan beton,
2. untuk memperlambat pengerasan beton,
3. untuk membuat beton lebih tahan terhadap kerusakan akibat pembekuan,
4. untuk mencegah terjadinya *bleeding* pada permukaan beton segar,
5. untuk meningkatkan workabilitas adukan beton,
6. untuk meningkatkan kekuatan atau kepadatan pada permukaan beton,
7. untuk mengurangi kadar air beton,
8. untuk menyatukan antara dua permukaan beton,
9. untuk mencegah terjadinya penggumpalan pasta semen,
10. untuk menghasilkan permukaan yang berwarna,
11. untuk menghasilkan permukaan yang anti selip,
12. untuk mencegah penguapan air pada beton segar,

13. untuk membantu pengembangan kekuatan yang dihasilkan pasta semen,
14. untuk mengurangi berat beton.

Menurut SK SNI S-18-1990-03 (Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton,1990), bahan tambah kimia dapat dibedakan menjadi lima jenis :

1. bahan tambah kimia untuk mengurangi jumlah air yang dipakai. Dengan pemakaian bahan ini diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan yang sama, atau diperoleh kekentalan adukan lebih encer pada faktor air semen yang sama,
2. bahan tambah kimia untuk memperlambat proses ikatan beton. Bahan ini digunakan misalnya pada suatu kasus dimana jarak antara tempat pengadukan beton dan tempat penuangan adukan cukup jauh, sehingga selisih waktu antara mulai pencampuran dan pemadatan lebih dari 1 jam,
3. bahan tambah kimia untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan ini digunakan jika penuangan adukan dilakukan dibawah permukaan air, atau pada struktur beton yang memerlukan waktu penyelesaian segera, misalnya perbaikan landasan pacu pesawat udara, balok prategang, jembatan, dan sebagainya,
4. bahan tambah kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat proses ikatan,
5. bahan tambah kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.

Selain lima jenis tersebut, ada dua jenis lain yang lebih khusus, yaitu :

1. bahan tambah kimia yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran sampai sebesar 12% atau bahkan lebih, untuk menghasilkan adukan beton dengan kekentalan sama (air dikurangi sampai 12% lebih namun tidak menambah kekentalan pada adukan beton),
2. bahan tambah kimia dengan fungsi ganda, yaitu mengurangi air sampai 12% atau lebih dan memperlambat ikatan awal.

Berikut ini adalah beberapa contoh bahan tambah atau additif (Smith dan Andres, 1989) :

1. *Accelerators* yaitu bahan untuk mempercepat pengerasan pada adukan beton. Bahan ini biasanya dipakai pada saat musim dingin karena kurangnya panas yang diterima untuk mempercepat pengerasan adukan beton. Bahan tambah ini banyak terdapat unsur kalsium klorida (CaCl_2) yang merupakan bahan yang dicampur dengan air dan dimasukkan pada adukan beton. Kadar bahan ini tidak boleh lebih dari 2 % berat semen karena bahan ini mempunyai efek yang jelek terhadap tulangan pada beton berupa terjadinya korosi pada tulangan tersebut.
2. *Retarder* yaitu bahan untuk memperlambat pengerasan adukan beton. Bahan ini biasanya dipakai pada daerah yang bertemperatur panas. Pada cuaca yang panas akan mempercepat pemanasan sehingga mempersingkat waktu penempatan, pemadatan dan penyelesaian cairan beton. *Retarder* memperlambat proses hidrasi dan memberikan lebih banyak cairan untuk workabilitas serta melindungi beton dari pemanasan langsung.

3. *Air entraining agents* yaitu bahan untuk mengisi pori-pori pada beton segar. Bahan ini meningkatkan durabilitas dan plastisitas, tetapi bisa saja mempunyai efek yang merugikan dalam kekuatan beton. Bahan ini dibuat dengan modifikasi dari garam untuk mempertahankan *sulfonated hydrocarbon* agar adukan beton tetap plastis.
4. *Superplasticizer* yaitu bahan yang melarutkan gumpalan-gumpalan dengan cara melapisi pasta semen sehingga semen dapat tersebar dengan merata pada adukan beton. Bahan ini digunakan dalam jumlah yang relatif sedikit karena sangat mudah mengakibatkan terjadinya *bleeding*. *Superplasticizer* dapat mereduksi air sampai 15 % dari campuran awal dan juga dapat meningkatkan kekuatan beton sampai 10 %.
5. *Pozzolanic admixtures* yaitu bahan yang bereaksi dengan kapur ikat bebas selama pengikatan semen. Bahan ini menambah atau mengganti sampai dengan 70% semen, bukti-bukti yang ada menunjukkan bahwa penggantian sampai 20% semen tidak berbeda dengan bilamana semen saja yang digunakan,
6. *Concrete waterproofers* yaitu bahan campuran penangkal air yang berfungsi untuk mencegah meresapnya air hujan kedalam beton, dengan demikian diharapkan beton menjadi kedap air.

3.3.1 *Superplasticizer (SP)*

Superplasticizer adalah bahan tambah kimia (*chemical admixture*) yang mempunyai pengaruh dalam meningkatkan workabilitas beton sampai pada tingkat yang cukup besar. Alternatif lain, bahan ini dapat meningkatkan kekuatan

beton karena memungkinkan pengurangan kadar air guna mempertahankan workabilitas yang sama (Murdock dan Brook, 1991).

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

3.3.2 Keistimewaan *Superplasticizer*

Keistimewaan penggunaan *superplasticizer* dalam campuran pasta semen maupun campuran beton antara lain (Smith dan Andres, 1989) :

1. menjaga kandungan air dan semen tetap konstan sehingga didapatkan campuran dengan workabilitas tinggi,
2. mengurangi jumlah air dan menjaga kandungan semen dengan kemampuan kerjanya tetap sama serta menghasilkan faktor air semen yang lebih rendah dengan kekuatan yang lebih besar,
3. mengurangi kandungan air dan semen dengan faktor air semen yang konstan tetapi meningkatkan kemampuan kerjanya sehingga menghasilkan beton dengan kekuatan yang sama tetapi menggunakan semen lebih sedikit,

4. tidak adanya udara yang masuk.

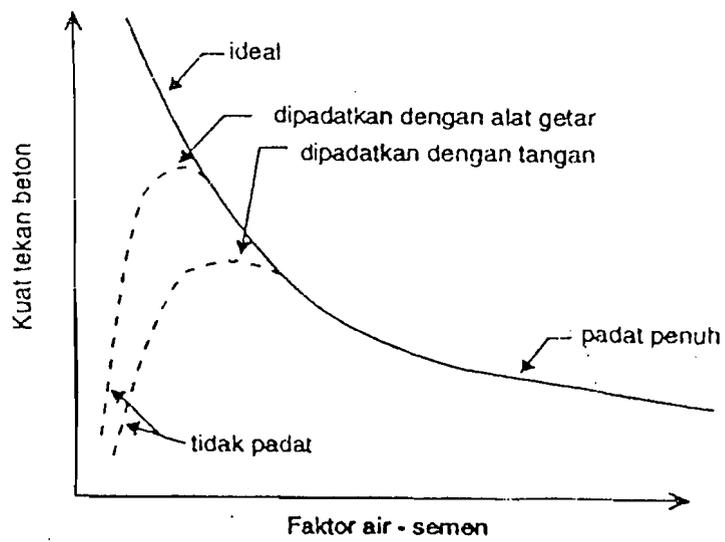
Penambahan 1% udara ke dalam beton dapat menyebabkan pengurangan kekuatan rata-rata 6%. Untuk memperoleh kekuatan yang tinggi, diharapkan dapat menjaga *air content* di dalam beton serendah mungkin. Penggunaan *superplasticizer* menyebabkan sedikit bahkan tidak ada udara yang masuk ke dalam beton,

5. tidak adanya pengaruh korosi terhadap tulangan.

Superplasticizer formulasinya tidak berisi chlorida yang dapat menyebabkan korosi pada tulangan beton.

3.4 Faktor Air-Semen

Faktor air-semen (fas) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Faktor air-semen yang tinggi dapat menyebabkan beton yang dihasilkan mempunyai kuat tekan yang rendah dan semakin rendah fas, kuat tekan beton semakin tinggi. Meskipun fas yang rendah akan menyulitkan proses pemadatan sehingga kekuatan beton menjadi kurang padat, oleh sebab itu ada suatu nilai fas optimum yang menghasilkan kuat desak maksimum seperti terlihat pada gambar 3.1 (Tjokrodimulyo, 1996).



Gambar 3.1 Hubungan antara kuat tekan beton dengan nilai faktor air semen

Sumber : Kardiyono Ijokrodimulyo, 1996

Perbandingan faktor air semen dengan kondisi lingkungan dapat dilihat pada

Tabel 3.3

Tabel 3.3 Faktor air-semen untuk setiap kondisi lingkungan

Jenis Konstruksi	KONDISI LINGKUNGAN		
	Kondisi Normal	Basah-kering berganti-ganti	Dibawah pengaruh sulfat/air laut
Konstruksi langsing atau yang hanya mempunyai penutup tulangan kurang dari 25 mm.	0,53	0,49	0,40
Struktur dinding penahan tanah, pilar, balok, abutmen.	*	0,53	0,44
Beton yang tertanam dalam air pilar, balok, kolom.	-	0,44	0,44
Struktur lantai beton di atas tanah.	*	-	-
Beton yang terlindung dari perubahan udara (konstruksi interior bangunan).	*	-	-

**Rasio air semen ditentukan berdasarkan persyaratan kekuatan tekan rencana*

Sumber : Tim Penyusun Struktur Beton, 1999

3.5 Slump

Slump merupakan perbedaan tinggi dari adukan dalam cetakan kerucut terpancung terhadap tinggi adukan setelah cetakan diambil. Slump untuk mengetahui tingkat kekenyalan adukan beton, semakin tinggi tingkat kekenyalan maka kemudahan pengerjaannya makin mudah (nilai workabilitas tinggi). Nilai

slump berbagai macam struktur diperlihatkan pada tabel 3.4 (Tjokrodimulyo, 1992).

Tabel 3.4 Nilai slump untuk berbagai macam struktur

URAIAN	Nilai Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	80	25
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi di bawah tanah	80	25
Pelat, balok, kolom, dan dinding	100	25
Perkerasan jalan	80	25
Pembetonan missal	50	25

Sumber : Kardiyono Tjokrodimuljo, 1992

3.6 Metode Perencanaan Adukan Beton

Menurut Tjokrodimuljo (1996), metode perancangan campuran adukan beton ada beberapa macam, diantaranya terdiri dari :

1. Metode perancangan menurut "Road Note No 4"

Metode perancangan ini disimpulkan atas penelitian Glanville dkk, yang ditekankan pada pengaruh gradasi agregat terhadap pengerjaan adukan beton.

Pada metode ini memiliki kekurangan antara lain :

- a. Gradasi agregat yang dipakai ada 4 kurva, pada kenyataannya di lapangan amat sulit menentukan antara gradasi agregat yang dipakai dengan salah satu dari kurva tersebut.
- b. Agregat yang dipakai terdiri dari beberapa berat jenis sehingga perlu adanya koreksi jika berat jenisnya tidak sama.

2. 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*). Perencanaan dengan cara DOE ini dipakai sebagai standar perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum di Indonesia. Metode ini memiliki kelebihan dalam penggunaannya seperti pada nilai faktor air-semen didapat dengan grafik yang dengan mutu beton lebih tinggi dibandingkan metode ACI. Pada metode ini memiliki kekurangan antara lain :

- a. Jenis agregat yang hanya ditetapkan sebagai batu pecah dan alami saja tampaknya sulit, karena sering dijumpai agregat alami dengan permukaannya tidak bulat dan tidak halus. Kekasaran permukaan butiran hal yang sulit diukur sehingga berpengaruh terhadap jumlah air,
- b. Diagram proporsi agregat halus terhadap agregat total yang dipakai sulit mendapatkan hasil yang tepat,
- c. Diagram hubungan antara faktor air-semen dan kuat tekan rata-rata silinder beton tidak sama untuk berbagai jenis agregat yang dipakai untuk beton, sehingga sebaiknya dipakai diagram yang dipakai untuk tiap agergat yang dipakai.

3. Metode perancangan menurut *American Concrete Institute*

Cara perancangan campuran adukan beton ini memperhatikan nilai ekonomi, bahan yang tersedia, kemudahan pengerjaan, keawetan, serta kekuatan

yang diinginkan. Cara ACI ini melihat kenyataan bahwa pada ukuran maksimum agregat tertentu, jumlah air per meter kubik adukan menentukan tingkat konsistensi/kekentalan (slump) adukan beton. Perencanaan adukan beton lebih mudah karena data-data yang diperlukan dalam perhitungan tersaji dalam bentuk tabel dengan nilai variabel tertentu.

Perencanaan dengan metode ACI ini memiliki beberapa kekurangan yaitu:

- a. Nilai modulus kehalusan agregat halus sebenarnya kurang menggambarkan gradasi agregat yang tepat, sehingga volume agregat kasar yang diperoleh kurang tepat,
- b. Agregat yang dipakai mempunyai bentuk dan gradasi yang harus memenuhi spesifikasi ACI, sehingga bila dipakai agregat yang tidak sesuai dengan spesifikasi tersebut akan menghasilkan nilai slump yang berbeda.

3.7 Pengadukan Beton

Untuk mencapai mutu beton yang baik maka bahan-bahan penyusun beton yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus yang kemudian diikat dengan semen lalu berinteraksi dengan air sebagai bahan perekat, harus dicampur dan di aduk dengan benar dan rata. Pengadukan beton dapat dilakukan dengan cara (Tjokrodimulyo, 1996) :

- a. Manual, dilakukan bila jumlah beton yang dibuat sedikit, dan tidak diinginkan suara berisik yang ditimbulkan oleh mesin.
- b. Mesin, dilakukan bila jumlah beton yang dibuat dalam jumlah yang banyak. Lamanya waktu pengadukan tergantung pada kapasitas isi mesin pengaduk,

jumlah adukan, jenis serta susunan butir bahan susun, dan slump beton, pada umumnya tidak kurang dari 1,5 menit semenjak dimulainya pengadukan, dan hasil adukannya menunjukkan susunan dan warna yang merata.

3.8 Berat Jenis

Berat jenis adalah rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume sama pada suhu yang sama. Menurut SK-SNI M-09-1989-F (Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar, 1989) dan SK SNI M-10-1989-F (Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus, 1989) persamaan yang digunakan untuk mencari berat jenis dalam keadaan SSD adalah :

1. Berat jenis agregat kasar

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

dimana :

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

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

dimana :

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

B = Berat agregat halus dalam keadaan SSD (gr)

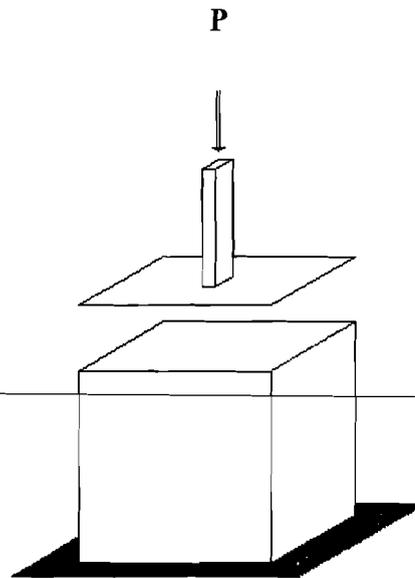
B_p = Volume air dan agregat halus dalam vicnometer (Cc)

B_t = Berat vicnometer dan air (Cc)

3.9 Kuat Tekan

3.9.1 Pengujian Kuat Tekan

Kekuatan tekan beton dapat dicapai sampai sampai 40 MPa atau lebih, tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan. Kuat tekan beton normal yang umum digunakan adalah sekitar 20 MPa sampai 50 MPa. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian dengan mesin uji tekan beton.



Gambar 3.2 Pengujian Kuat Tekan Beton

Persamaan yang digunakan untuk menentukan hasil pengujian kuat tekan :

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

Keterangan :

f'_c = kuat tekan beton (MPa)

P = beban tekan (KN)

A = luas permukaan bidang tekan (cm^2)

3.9.2 Prediksi Kuat Tekan

Pertambahan umur membuat kinerja beton semakin meningkat, terutama pada pertambahan umur tersebut disertai dengan perawatan. Kekuatan kinerja beton mencapai optimal pada umur 28 hari. Hasil pengujian yang dilakukan pada umur 7 hari dapat digunakan untuk memprediksi kuat tekan pada umur 28 hari. Untuk itu dapat dipakai persamaan-persamaan pendekatan yang dihasilkan peneliti atau yang tersedia dalam literatur, seperti pada persamaan 1 yang diambil dari kajian Ilham (2004) dan persamaan 2 diambil dari PBI 1971.

$$f'_{c,t} = 0,9756 \cdot f'_{c,7} \left(\frac{t}{t_7} \right)^{0,1595} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$f'_c = \frac{f'_{c_7}}{0,65} \dots\dots\dots(3.6)$$

Keterangan :

f'_{ct} = kuat tekan beton pada umur t hari (MPa),

f'_c = kuat tekan beton pada umur 28 hari (MPa),

f'_{c7} = kuat tekan beton pada umur 7 hari (MPa),

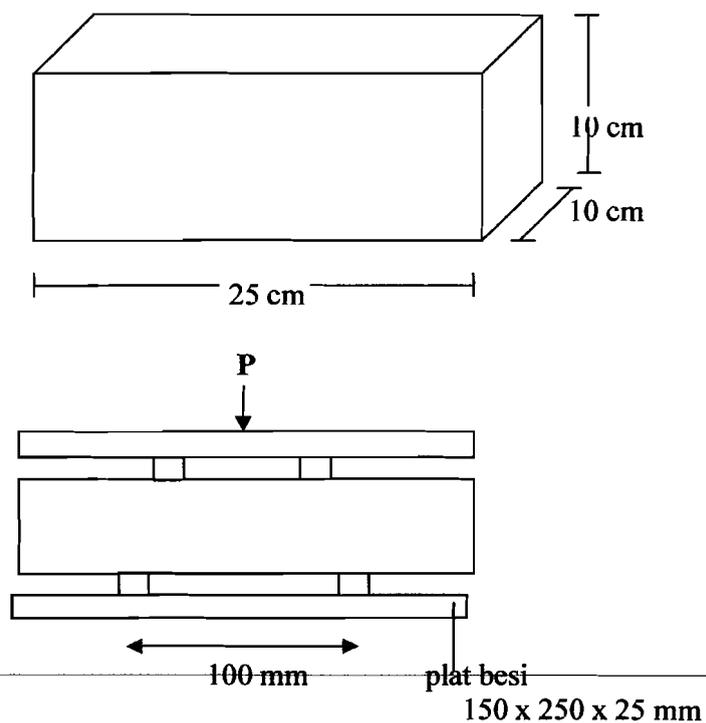
t_7 = umur beton 7 hari,

t = umur beton t hari,

3.10 Kuat Geser

3.10.1 Pengujian Kuat Geser

Tujuan pengujian geser adalah untuk memperoleh besarnya tegangan geser dari balok beton setelah mendapat pembebanan. Berdasarkan hasil kajian Ilham (2004), mengusulkan metode pengujian geser langsung beton seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Pengujian kuat geser balok beton

Persamaan yang digunakan untuk menentukan kuat geser langsung :

$$f_{sh} = \frac{P}{2A} \dots\dots\dots (3.7)$$

Keterangan :

f_{sh}' = kuat geser balok beton (MPa)

P = beban tekan (KN)

A = luas permukaan bidang geser (cm^2)

3.10.2 Prediksi Kuat Geser

Pengujian kuat geser yang dilakukan pada saat umur beton 28 hari. Untuk lebih mempermudah dalam mencari kuat geser beton dapat dilakukan perhitungan dengan acuan kuat tekan beton pada umur 7 hari. Prediksi persamaan kuat tekan ini diambil dari penelitian yang dilakukan Ilham (2004). Persamaan yang digunakan yaitu :

$$f_{sh}' = \frac{f_c'}{0,0478.f_c' + 6,2835} \dots\dots\dots(3.8)$$

$$f_{sh,t}' = 0,449.f_{c,t}'^{10,66} \left(\frac{t}{t_{28}} \right)^{0,0453} \dots\dots\dots(3.9)$$

Keterangan :

f_{ct}' = kuat geser beton umur 28 hari (MPa),

f_c' = kuat tekan beton umur 28 hari (MPa),

f_{c7}' = kuat tekan beton pada umur t hari (MPa),

t = umur t hari dari beton,

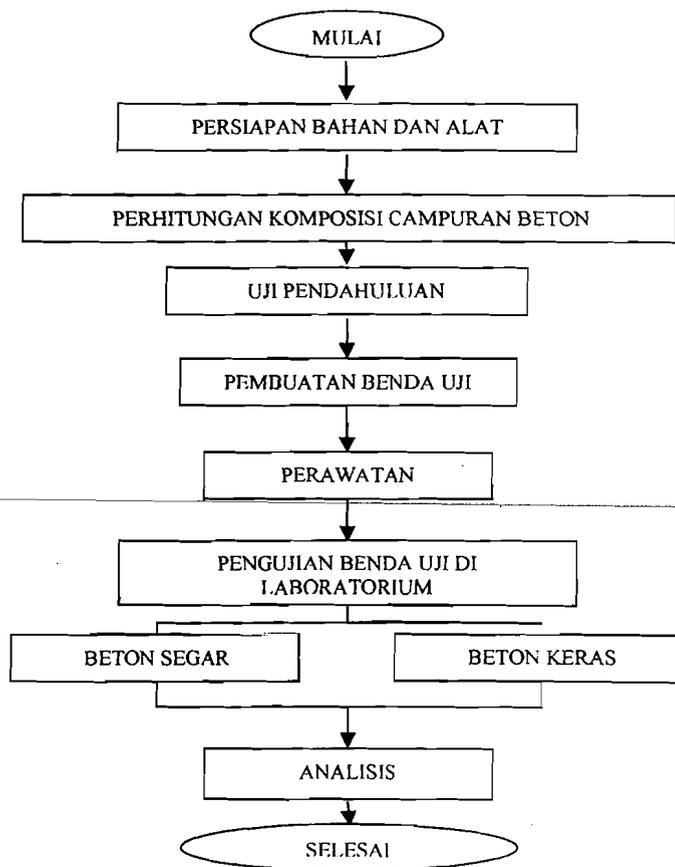
t_{28} = umur 28 hari sebagai standar kuat tekan beton.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Bab ini membicarakan tentang metode penelitian yang berisi persiapan bahan dan alat penelitian, data yang diperlukan, model dan cara pembuatan benda uji, dan pengujian yang dilaksanakan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada *flow chart*.



Gambar 4.1 Sistematika Metode Penelitian

4.2 Persiapan Bahan dan Alat

Persiapan bahan dan alat yang dilakukan sebagai sarana untuk mencapai maksud dan tujuan dari penelitian.

4.2.1 Bahan

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi semen, agregat, dan air serta *superplasticizer* yang akan diuraikan berikut ini :

1. Semen

Semen yang digunakan adalah semen portland jenis I (PUBLI,1982) merk Nusantara dalam kemasan berat 50 Kg.

2. Agregat

Agregat yang akan digunakan berupa agregat halus yang berasal dari Sungai Krasak dan agregat kasar berasal dari Clereng. Cara-cara mendapatkan agregat kasar dan halus berupa ukuran butiran, berat jenis, dan modulus halus butiran yaitu :

a. Ukuran butiran agregat kasar dan agregat halus

- (1). Persiapkan saringan yang dipakai untuk mendapatkan diameter agregat yang diinginkan. Saringan yang dipakai yaitu saringan dengan ukuran 40 mm, 20 mm, 10 mm, 4,8 mm, 2,4 mm, 0,6 mm, 0,3 mm dan 0,15 mm. Ukuran yang dipakai untuk agregat kasar antara 4,8 – 20 mm dan untuk agregat halus ≤ 5 mm.

- (2). Pengayakan agregat dilakukan dengan cara manual menggunakan kawat strimin ukuran 20 mm untuk agregat kasar dan ukuran 5 mm untuk agregat halus.
- (3). Setelah selesai pengayakan didapat agregat yang lolos saringan 4,8 mm sebagai agregat halus dan agregat yang lolos saringan 20 mm dan lolos saringan 4,8 mm serta tertahan saringan 2,4 mm sebagai agregat kasar.

b. Berat jenis agregat kasar (kerikil).

- (1). Kerikil dicuci untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
- (2). Kerikil direndam dalam air pada suhu kamar selama 24 jam.
- (3). Kerikil dimasukkan ke dalam keranjang, kemudian dimasukkan ke dalam bak terendam yang terisi air dan digoncang-goncangkan agar udara yang tersekap dapat ke luar. Kemudian ditimbang beratnya dalam air didapat B_a .
- (4). Kerikil dikeluarkan dari air dan lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (SSD). Untuk butiran yang besar pengeringannya di lap satu per satu.
- (5). Kerikil ditimbang dalam kering permukaan jenuh (B_J).
- (6). Kerikil dikeringkan dalam oven antara suhu 100 sampai 110 ° C, sampai 24 jam.

- (7). Kerikil dikeluarkan dari oven, didiamkan sampai mencapai suhu ruangan lalu ditimbang sehingga diperoleh berat kering (Bk).

Pengujian berat jenis agregat kasar dalam keadaan SSD menggunakan persamaan (3.2) dan hasil pengujian dapat dilihat pada Lampiran A Tabel 3.

c. Berat jenis agregat halus (pasir).

- (1). Berat mula-mula pasir ditimbang (B).
- (2). Pasir dikeringkan di dalam oven pada suhu 150°C , sampai kering dan didinginkan pada suhu ruang kemudian direndam di dalam air selama 24 jam sampai basah jenuh.
- (3). Air rendaman dibuang dengan hati-hati jangan sampai ada butiran yang hilang.
- (4). Pasir dimasukkan ke dalam loyang seng, kemudian di panaskan dengan menggunakan kompor hingga kering permukaan jenuh.
- (5). Dicari kering permukaan jenuh dengan jalan ditest memakai kerucut dengan ditumbuk sebanyak 25 kali. Caranya kerucut diisi sepertiga bagian dulu lalu ditumbuk sebanyak 8 kali. Sesudah kerucut diisi $\frac{2}{3}$ bagian dan ditumbuk lagi 8 kali dan yang terakhir diisi kembali hingga penuh dan ditumbuk 9 kali, kemudian kerucut diangkat dengan hati-hati, kalau pasir masih berbentuk seperti kerucut berarti pasir belum mencapai kering permukaan jenuh.

- (6). Kalau sudah mencapai keadaan SSD pasir ditimbang dan dimasukkan ke dalam picnometer yang sudah diketahui beratnya, kemudian diisi lagi dengan air suling sebanyak 90 % dari kapasitas picnometer.
- (7). Picnometer yang sudah berisi pasir dan air suling diletakkan di atas kompor yang sudah dinyalakan, kemudian direbus untuk menghilangkan gelembung udara yang berada di dalam pasir atau dapat digunakan pipa hampa udara untuk mempercepat proses tersebut tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang ikut terhisap.
- (8). Setelah mendidih didiamkan sampai mencapai suhu ruang, kemudian ditambah air suling sebanyak yang diperlukan (sampai batas maksimum) lalu ditimbang. Perhitungkan suhu standar 25°C.
- (9). Ditambah dengan air sampai tanda batas, dan timbang picnometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (Bt).
- (10). Pasir dikeluarkan, dan dikeringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5)°C sampai berat tetap, kemudian dinginkan dan diuji di dalam desikator.
- (11). Setelah dingin pasir ditimbang (BJ). Ditentukan berat picnometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C (Bp).

Pengujian berat jenis agregat halus menggunakan persamaan (3.3) dan hasil pengujian dapat dilihat pada Lampiran A Tabel 2.

d. Gradasi Pasir

- (1). Pasir ditimbang beratnya sebesar 500 gr.
- (2). Pasir disaring dengan ayakan ukuran 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,6 mm; 0,3mm ; 0,15 mm dan sisa.
- (3). Pengayakan dilakukan dengan mesin selama 15 menit.
- (4). Ditimbang berat pasir pada setiap ayakan dan dipersentase berat tertahan pasir terhadap berat total pasir.
- (5). Diplotkan data pasir tersebut ke tabel gradasi pasir *British Standard*, sehingga didapat data daerah pasir tersebut.

Hasil pemeriksaan gradasi pasir dapat dilihat pada Lampiran A Tabel 1.

3. *Superplasticizer*

Superplasticizer yang dipakai Sikament “NN” berbasis *Naphthalene Formaldehyde Sulphonate* dan berat jenis 1,17 kg/lt.

4. Air

Air PAM diambil dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Jogjakarta.

4.2.2 Peralatan Penelitian

Untuk dapat melaksanakan pengujian dengan baik dan lancar maka diperlukan beberapa peralatan yang dapat mengakomodasi maksud dan tujuan dari penelitian ini. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. mesin aduk beton (mollen),
2. mesin uji kuat desak,
3. alat uji kuat geser,
4. picnometer,
5. timbangan,
6. ember,
7. gelas ukur,
8. sekop,
9. cetok,
10. kerucut Abrams,
11. tongkat penumbuk,
12. cetakan kubus,
13. seperangkat alat kunci dan,
14. kaliper.

4.3 Perhitungan Komposisi Campuran Beton

Komposisi campuran adukan beton diperoleh dengan cara perhitungan dengan metode DOE (Tjokrodimuljo, 1996), langkah-langkah perancangan seperti terlihat pada Lampiran B. Perhitungan ini untuk menentukan jumlah banyaknya masing-masing bahan yang akan dicampur dalam adukan beton. Hasil perhitungan komposisi bahan pada campuran beton dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Komposisi campuran beton untuk kuat tekan 30 dan 40 MPa

Kuat Tekan Beton (MPa)	Air (kg/m ³)	Semen (kg/m ³)	Pasir (kg/m ³)	Kerikil (kg/m ³)
30	225	500	568	927
40	225	642,9	502,4	819,7

Perhitungan komposisi campuran untuk pengujian dengan pengurangan kadar air (10% dari total air) dan penambahan *superplasticizer* sedikit demi sedikit pada pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Komposisi bahan campuran beton dengan pengurangan kandungan air

Kuat tekan rencana (MPa)	Simbol	Air (kg/m ³)	Semen (kg/m ³)	Pasir (kg/m ³)	Kerikil (kg/m ³)
30	B30N	225	500	568	927
	B30NSP	225			
	B30 - 90 SP	202,5			
	B30 - 80 SP	180			
	B30 - 70 SP	157,5			
	B30 - 60 SP	135			



40	B40N	225	642,9	502,4	819,7
	B40NSP	225			
	B40 - 90 SP	202,5			
	B40 - 80 SP	180			
	B40 - 70 SP	157,5			
	B40 - 60 SP	135			

4.4 Uji Pendahuluan

Pengujian pendahuluan yang dilakukan berupa pengujian nilai slump pada campuran beton. Pada penelitian ini campuran beton yang diinginkan harus mencapai nilai slump 180 mm atau lebih sampai tidak terjadi *bleeding* dan segregasi. Apabila nilai slump belum mencapai 180 diberi tambahan *superplasticizer* dimana penambahan *superplasticizer* tersebut dicatat prosentasenya, prosentase *superplasticizer* diperhitungkan terhadap berat semen. Untuk variasi berikutnya dilakukan pengurangan air dengan interval 10% dari kandungan air normal dan tetap dilakukan penambahan *superplasticizer* agar mencapai nilai slump lebih dari 180 mm

4.5 Data yang Diperlukan

Dalam pengujian kuat desak, geser dan mengetahui pengaruh penambahan pengurangan kadar air data yang diperlukan peneliti adalah sebagai berikut ini :

- 1 Berat bahan-bahan penyusun beton (kg).

Berat komposisi bahan dipakai hanya untuk sekali membuat adukan beton.

2. Pengurangan kandungan air (%).

Pengurangan kadar air dilakukan secara gradual dengan pengurangan 10 % setiap pengujian.

3. Penambahan *superplasticizer* (%).

Penambahan bahan ini dicatat besarnya sampai diperoleh nilai slump \geq 180 mm pada setiap pembuatan adukan.

4. Nilai slump (mm).

5. Nilai aliran slump (mm).

6. Berat dan ukuran benda uji.

Alat cetakan beton yang dipakai berupa kubus, dimensi benda uji dicari untuk mendapatkan volume untuk menentukan berat volume beton keras dan volume beton basah.

7. Kuat desak benda uji (MPa).

8. Kuat geser benda uji (MPa).

4.6 Uji yang Dilaksanakan

4.6.1 Pengadukan Beton

Pengadukan beton dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Persiapan

Persiapan yang dilakukan meliputi :

- a. Melakukan pengolesan pada alat cetakan beton dengan oli pada alat cetak kubus dan balok.
- b. Penimbangan berat bahan penyusun beton yang telah dihitung sesuai dengan kebutuhan untuk setiap variasinya, terutama untuk berat air perlu penanganan yang lebih teliti karena sebagai hal prioritas dalam penelitian ini.
- c. Menyediakan bahan tambah *superplasticizer* yang ditempatkan pada gelas ukur dengan ukuran 250 ml.

2. Pengadukan Beton

Pengadukan yang dilakukan sesuai dengan cara pencampuran beton pada Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik. Penuangan *superplasticizer* dilakukan sedikit demi sedikit dalam keadaan pengadukan berhenti, hal ini dilakukan agar *superplasticizer* yang tertuang tidak tertahan pada dinding mollen sehingga hasil penambahan *superplasticizer* dapat optimal tanpa ada yang tersisa.

3. Penuangan Beton

Penuangan beton dari mollen kira-kira sepertiga dari adukan yang dibuat untuk pengujian beton segar (mengetahui workabilitas beton). Bila beton yang dihasilkan kurang dari slump yang direncanakan maka beton segar tadi dituang kembali ke dalam mollen untuk diaduk kembali.

4.6.1 Pengujian Nilai Slump dan Aliran Slump

Setelah pengadukan beton selesai, pengujian slump dilakukan untuk mengetahui seberapa nilai slump. Setelah slump mencapai ≥ 180 mm dicatat

besarnya penambahan *superplasticizer*. Penambahan *superplasticizer* tersebut untuk tiap variasi akan berbeda karena pada tiap-tiap variasi kandungan air berbeda dengan interval sebesar 10 %. Besarnya nilai aliran slump juga dicatat yang berupa diameter rata-rata dari bulatan yang terbentuk pada pengujian slump

4.6.2 Perawatan

Perawatan beton dilakukan dengan cara merendam dengan air setelah dikeluarkan dari cetakan sampai pengujian beton tersebut.

4.6.3 Test Kuat Tekan

Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kuat desak beton pada umur 7 dan 28 hari. Pada pengujian ini digunakan benda uji kubus beton sebanyak 6 buah dengan pengujian pada umur 7 hari sebanyak 3 buah dan umur 28 hari sebanyak 3 buah. Hasil dari pengujian kuat tekan dapat dilihat pada lampiran C, tabel 1 – 4.

4.6.4 Kuat Geser Beton

Tujuan pengujian ini adalah untuk memperoleh besarnya tegangan geser dari balok beton setelah mendapat pembebanan. Pengujian dilaksanakan pada umur benda uji 28 hari dengan jumlah sampel 3 buah. Hasil dari pengujian kuat geser dapat dilihat pada lampiran C, tabel 5 – 6.

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

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

5.2 Pengaruh pengurangan air dan penambahan *Superplasticizer* terhadap workabilitas

Workabilitas merupakan salah satu kinerja beton segar, dan dengan adanya workabilitas yang tinggi pada beton akan memudahkan pekerjaan pada saat penuangan beton ke dalam cetakan. Pada saat penuangan dan pemadatan beton segar mudah dilaksanakan maka workabilitas beton tersebut tinggi (Swamy, 1989). Pada penelitian ini beton normal dan beton dengan pengurangan kandungan air dan penambahan *superplasticizer* ditetapkan memiliki nilai slump lebih dari 180 mm.

Pengujian nilai slump dan aliran slump sebagai indikator workabilitas beton saling berkaitan, nilai slump tinggi akan menghasilkan aliran slump yang tinggi

juga, begitu pula sebaliknya. Untuk itu aliran slump juga bisa dijadikan sebagai parameter workabilitas beton, karena memperlihatkan sifat mengalir beton segar.

Data pengujian beton segar berupa nilai slump dan aliran slump dapat dilihat pada tabel 5.1

Tabel 5.1 Nilai Slump dan Aliran Slump

Variasi Beton	Slump (mm)	Aliran Slump (mm)	<i>Superplasticizer</i> (%)
B30N	190	325	-
B30 – 90 SP	190	360	0,1
B30 – 80 SP	183	290	0,9
B30 – 70 SP	186	355	1,83
B30 – 60 SP	180	380	3,62
B40N	105	220	-
B40NSP	185	330	0,08
B40 – 90 SP	182	290	0,29
B40 – 80 SP	185	320	0,88
B40 – 70 SP	185	360	1,26
B40 – 60 SP	200	380	6,64

Pada pengerjaan pengadukan beton B30N, B40N dan beton B30-90SP, B40-90SP, B30-80SP, B40-80SP untuk mencapai nilai slump 180 mm relatif lebih mudah dalam pengerjaannya, sedangkan untuk beton B30-70SP, B40-70SP, dan B30-60SP, B40-60SP nilai slump rencana relatif lebih sulit dicapai karena beton segar tersebut lebih kental dan lebih cepat mengeras pada penambahan *superplasticizer* sedikit demi sedikit.

Dari tabel 5.1 terlihat bahwa nilai slump dan aliran slump adukan beton yang dihasilkan lebih besar dari 180 mm dan nilai aliran slump di atas 300 mm. Hal ini sesuai dengan yang diperoleh Swamy (1989), bahwa dengan penggunaan *superplasticizer* nilai slump yang didapat antara 15 – 25 cm, menurut Murdock

dan Brook (1991) nilai slump yang diperoleh dengan penambahan *superplasticizer* antara 17,5 – 22,5 cm dan pada penelitian Ramachandran (1979) *superplasticizer* memberikan keuntungan dengan mendapatkan nilai slump lebih besar 200 mm dari nilai slump asli yang hanya sebesar 50 mm dengan dosis penambahan antara 0,3 – 0,6 % dari berat semen.

Swamy (1989) mengatakan bahwa dengan pemakaian *superplasticizer* akan meningkatkan workabilitas 12 %. Hal ini sesuai dengan Pengadukan beton B40N dengan peningkatan workabilitas dari 105 mm menjadi 185 mm atau sekitar 70 % dengan menjaga beton dari segregasi dan *bleeding*. Kombinasi fas rendah dan *superplasticizer* tinggi dengan sendirinya menghasilkan adukan beton lebih kohesif dan memiliki sifat mengalir lebih baik, kemungkinan *bleeding* dan *segregation* semakin kecil (Ilham, 2003). Pada variasi B30-90SP, B40-90SP, B30-80SP, B40-80SP pengerjaan beton relatif mudah dengan waktu pengadukan antara 20 – 35 menit begitu juga saat penuangan dan pemadatan beton segar pada cetakan mudah dikerjakan. Pengaruh pemberian *superplasticizer* terhadap beton segar sangat baik, *bleeding* dan *segregation* dapat dikatakan tidak terjadi, walaupun ada relatif kecil, menurut Ilham (2003) boleh diabaikan.

Pengadukan beton B30-70SP, B40-70SP, dan B30-60SP, B40-60SP dapat mencapai nilai slump lebih dari 180 mm tetapi sifat-sifat workabilitasnya berbeda dengan variasi sebelumnya. Campuran terlihat berwarna agak kecoklatan yang menunjukkan campuran *superplasticizer* terlalu banyak dan beton lebih bersifat plastis pada slump yang sama, aliran slump lebih tinggi (lihat Tabel 5.1). Lama pengadukan beton yang dilakukan pada variasi tersebut selama 45 – 100 menit.

Hal ini dikarenakan penambahan *superplasticizer* sedikit demi sedikit, jika langsung dalam jumlah banyak dapat mengakibatkan pengerasan dalam waktu yang relatif cepat. Pengujian slump dilakukan beberapa kali karena nilai slump rencana belum dicapai.

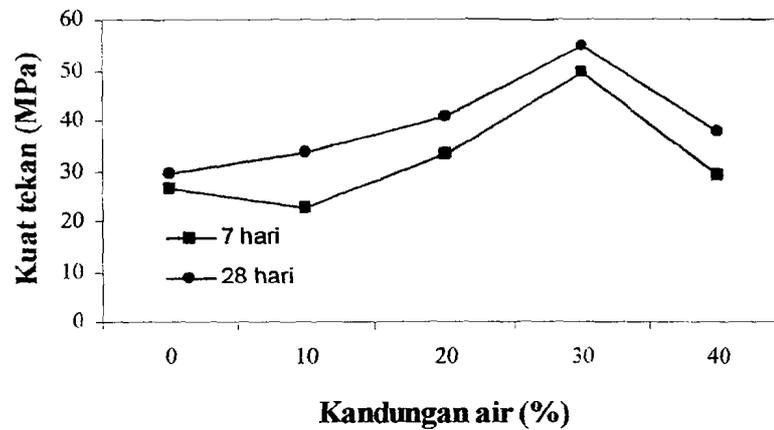
Pada variasi B30-70SP, B40-70SP, dan B30-60SP, B40-60SP mulai terlihat adanya segregasi pada adukan beton walaupun masih relatif kecil karena sedikitnya kandungan air pada campuran beton. Hal ini sesuai dengan penelitian Ilham (2003) *bleeding* dan *segregation* hampir tidak terjadi walaupun ada relatif kecil dan boleh diabaikan. Pada saat penuangan pada cetakan mengalami hambatan karena campuran adukan beton cepat mengeras, hal ini dipengaruhi rendahnya kandungan air pada adukan beton terutama pada variasi B30-60SP, B40-60SP sebesar 60 % dari jumlah kandungan air, walaupun penambahan *superplasticizer* sudah cukup tinggi 3,62 % dan 6,64 % hal ini sesuai dengan pendapat Ramachandran (1979) mengatakan, faktor yang mempengaruhi cepat mengerasnya adukan antara lain tipe dan jumlah penambahan *superplasticizer*, tipe dan jumlah kandungan semen, waktu penambahan *superplasticizer*, kelembaban, temperature, cara pengadukan, dan pemakaian bahan tambah lainnya

Pemadatan yang dilakukan juga sangat susah karena campuran hampir padat tanpa mengisi cetakan secara penuh sehingga menghasilkan adanya rongga-rongga udara pada benda uji. Beton ini memiliki waktu pengerasan pada cetakan relatif lama, sehingga untuk variasi B30-60SP ini perawatan dengan perendaman air tidak dilakukan (tidak dirawat). Penggunaan *superplasticizer* dosis tinggi mengakibatkan beton tidak mengeras dalam satu hari karena proses hidrasi semen

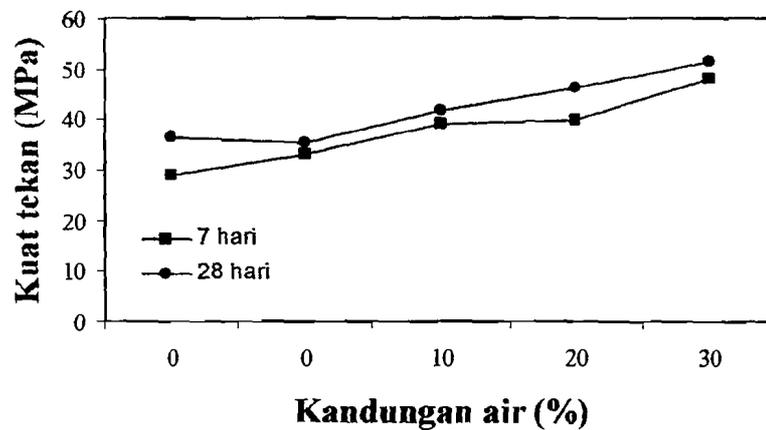
lambat dan menyebabkan masa pengerasan tertunda serta kekuatan beton pada umur muda rendah, menurut Ilham (2003) kondisi demikian dikatan jenuh. Beton segar pada variasi B40-60SP terlihat jenuh, sehingga perawatan dengan perendaman dilakukan setelah umur 2 hari, tetapi saat perawatan beton mengalami pemisahan agregat di dalam air karena proses hidrasi pada beton mengalami hambatan. Hal ini sesuai dengan pendapat Ilham (2003) yaitu beton dengan campuran *superplasticizer* dosis tinggi (> 3%) tidak mengeras dalam 24 jam atau dapat mengeras dalam 24 jam tapi masih terlihat lembab, maka kemungkinan kuat tekan beton rendah, hal ini disebabkan *superplasticizer* dalam campuran beton melampaui titik jenuh.

5.3 Pengaruh pengurangan air dengan kuat tekan

Tujuan utama penelitian ini adalah memodifikasi formula beton normal agar memiliki kuat tekan lebih tinggi dari kuat tekan normal. Kuat tekan beton akan meningkat dengan pengurangan air pada campuran bahan beton. Kelebihan jumlah air pada pasta semen akan menghasilkan beton dengan porositas tinggi, kekuatan rendah dan kurang adanya ikatan antara pasta semen dan agregat. Pengurangan air berlebihan akan menghasilkan beton kering dengan workabilitas rendah (Chaiyasena,1992). Untuk mempertahankan workabilitas pada beton segar ditambahkan bahan tambah kimia berupa *superplasticizer* yang diharapkan dapat meningkatkan kinerja beton tersebut. Pengaruh pengurangan air terhadap kuat tekan dapat dilihat pada gambar 5.1



Gambar 5.1 Hubungan pengurangan kandungan air dan kuat tekan 30 MPa



Gambar 5.2 Hubungan pengurangan kandungan air dan kuat tekan 40 MPa

Gambar 5.1 dan 5.2 terlihat bahwa semakin besar pengurangan kandungan air akan menambah kuat tekan pada beton. Untuk B30-70SP dan B40-70SP kekuatan beton mencapai kuat tekan optimal dan pada B30-60SP mengalami penurunan kuat tekan akibat pengurangan kandungan air terlalu banyak karena tidak sesuainya kandungan air dengan dosis *superplasticizer* yang ditambahkan,

sehingga proses hidrasi semen pada beton terhambat. Benda uji B40-60SP tidak dilakukan uji kuat tekan, karena tidak kering.

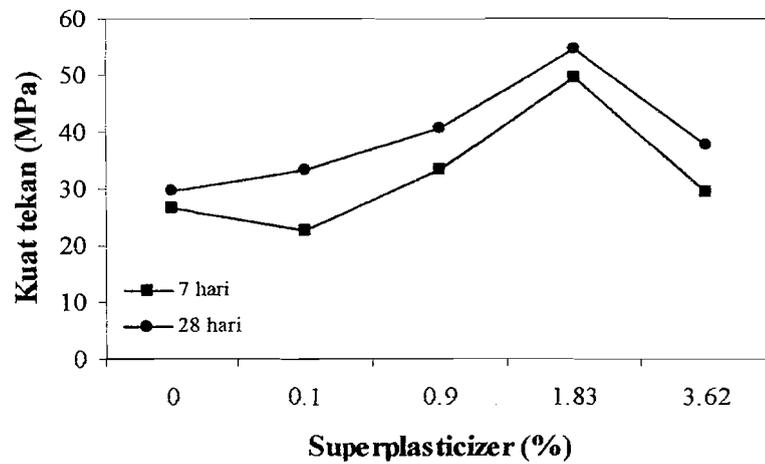
Pengurangan kandungan air antara 10 – 30 % mengalami peningkatan kekuatan dan kekuatan optimal dicapai pada pengurangan kandungan air 30 %. Pada pengurangan kandungan air 40 % mengalami penurunan kekuatan sebesar 31,26 % dari kuat tekan optimal. Pada variasi B40NSP pada umur 28 hari mengalami penurunan kekuatan dari B40N, hal ini terjadi akibat workabilitasnya tinggi sehingga beton menjadi encer dan pengikatan agregat oleh pasta semen kurang baik. Kuat tekan maksimal diperoleh pada variasi B30-70SP dan B40-70SP yaitu 54,7 MPa dan 51,25 MPa. Pengurangan kandungan air 30 % menghasilkan reaksi yang tepat antara semen, air dan *superplasticizer* sehingga kuat tekan maksimal dapat tercapai.

Dari hasil pengujian *superplasticizer* dengan merk dagang Sikament NN mampu mereduksi air maksimal 30 % dengan peningkatan maksimal. Pengurangan kandungan air antara 10 – 30 % dengan penambahan *superplasticizer* untuk mendapatkan kekuatan yang lebih tinggi sesuai dengan penelitian yang dilakukan *Admixtures and ground slag* (1990) bahwa *superplasticizer* mampu mereduksi pemakaian air antara 12 – 25 % tanpa mempengaruhi workabilitas yang dihasilkan beton kinerja tinggi dan lebih padat, serta kuat tekan yang dihasilkan mampu mencapai 96,5 MPa setelah umur 28 hari. Pada penelitian Cook (1994) *superplasticizer* dapat mengurangi kandungan air antara 15 – 35 % dan menghasilkan beton dengan nilai slump antara 20 – 25 cm,

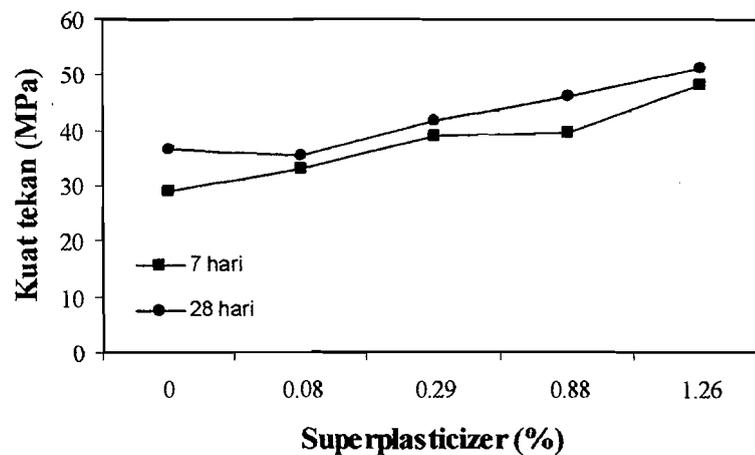
dan menurut Ramachandran (1979) penambahan *superplasticizer* dapat mengurangi kandungan air sampai 30 %.

5.4 Pengaruh penambahan *superplasticizer* dengan kuat tekan

Kuat tekan yang akan dicapai oleh beton akan mengalami peningkatan apabila kandungan air dalam campuran bahan dikurangi. Sesuai dengan sifat beton, workabilitas akan menurun apabila kandungan air pada beton dikurangi, untuk menjaga workabilitas beton ditambahkan bahan tambah *superplasticizer*. *Superplasticizer* dapat mengurangi porositas dan kadar pori pada beton akibat pengurangan kandungan air (Swamy, 1989). *Superplasticizer* memiliki fungsi untuk meningkatkan workabilitas beton segar, dengan meningkatnya workabilitas tersebut beton lebih encer sehingga pasta semen akan dapat mengisi rongga pori-pori pada agregat dan mengurangi kandungan udara yang terperangkap. Workabilitas yang tinggi pada beton akan membuat kekuatan dan kekakuan beton meningkat. Pengaruh penambahan *superplasticizer* pada beton tidak mengurangi kinerja beton keras, kuat tekan beton cenderung meningkat, kecuali pada kandungan *superplasticizer* lebih besar dari 3 % seperti terlihat pada Gambar 5.3 dan 5.4.



Gambar 5.3 Hubungan penambahan *superplasticizer* dan kuat tekan 30 MPa



Gambar 5.4 Hubungan penambahan *superplasticizer* dan kuat tekan 40 MPa

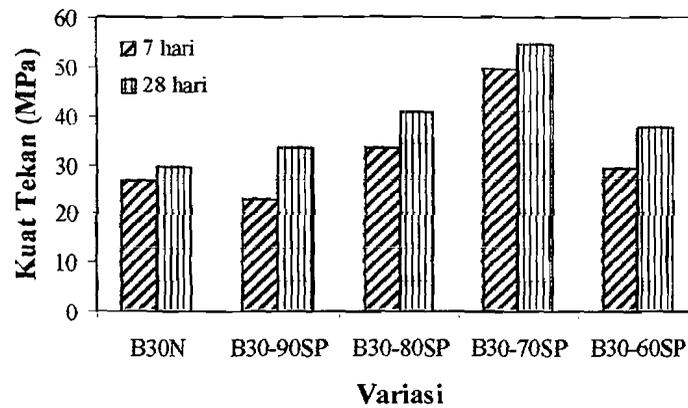
Gambar 5.3 dan 5.4 memperlihatkan penambahan *superplasticizer* dapat meningkatkan kekuatan beton secara optimal pada pengurangan kandungan kandungan air 30 %. Penambahan *superplasticizer* untuk kuat tekan maksimal pada kuat tekan 30 MPa sebesar 1,83 % dan pada kuat tekan 40 MPa sebesar 1,26 % dari berat semen. Hasil penelitian tersebut hampir mendekati dengan penelitian yang dilakukan Chaiyasena (1992) bahwa dengan pemakaian *superplasticizer*

antara 1 – 3 % dari berat semen akan meningkatkan kuat tekan dan workabilitas beton, dan mencapai kuat tekan optimal dengan pemakaian *superplasticizer* sebesar 2 %. Penelitian yang dilakukan Baronio (1990) kuat tekan optimal tercapai dengan penggunaan *superplasticizer* 1,5 % dari berat semen

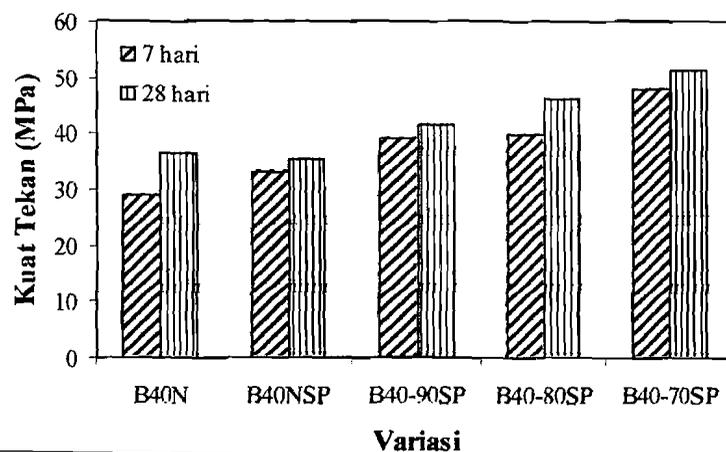
Pada B30-60SP kuat tekan beton berkurang dibandingkan variasi B30-70SP, hal ini terjadi karena penambahan SP dengan dosis tinggi sebesar 3,62 % dari berat semen dan pada B40-60SP sebesar 6,64 % dari berat semen. Hal ini sesuai dengan penelitian Punkki, dkk (1996) bahwa penambahan SP lebih besar dari 3,1 % dari berat semen akan membuat kekuatan beton berkurang. Pada B40-60SP campuran beton sudah sangat kental sehingga tidak mengeras dalam jangka waktu 24 jam karena campuran tersebut terlalu banyak *superplasticizer* dan melampaui titik jenuhnya sehingga proses hidrasi beton terhambat dan saat perawatan beton mengalami pemisahan antara agregat dan pasta semen.

5.5 Hubungan Umur Beton dengan Kuat Tekan

Umur beton merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya kuat tekan suatu beton karena dengan bertambahnya umur beton maka kuat tekan beton akan meningkat. Pengaruh umur beton terhadap kuat tekan dapat dilihat pada gambar 5.5 dan 5.6.



Gambar 5.5 Hubungan antara umur beton dan kuat tekan pada beton 30 MPa



Gambar 5.6 Hubungan antara umur beton dan kuat tekan pada beton 40 MPa

Dari Gambar 5.6 dan 5.7 terlihat bahwa pada beton B30-90SP, B40-90SP, B30-80SP dan B40-80SP kuat tekan beton mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya umur beton. Beton pada umur 7 hari memiliki peningkatan kuat tekan awal yang tinggi, terutama pada variasi B30-70SP dan B40-70SP. Peningkatan kuat tekan pada umur 7 hari terhadap kuat tekan rencana rata-rata untuk variasi B30-70SP dan B40-70SP yaitu 33,89 % dan 1,98 %. Pada variasi

yang lain kuat tekan pada umur 7 hari kurang dari kuat tekan rencana rata-rata. Perbedaan kuat tekan untuk variasi kuat tekan 30 MPa antara 10,08 – 38,54 %, sedangkan pada kuat tekan 40 MPa perbedaan kuat tekan umur 7 hari terhadap kuat tekan rencana rata-rata antara 15,6 – 38,6 %. Kuat tekan awal yang tinggi pada umur 7 hari karena penambahan *superplasticizer* terhadap pengurangan kandungan air pada kondisi optimum, sehingga reaksi yang terjadi dapat mempercepat proses hidrasi semen dan menghasilkan kekuatan tekan awal beton tinggi. Hal ini sesuai dengan pendapat Ilham (2003) bahwa penambahan *superplasticizer* optimum pada umur 7 hari akan mencapai kekuatan awal tinggi dan meningkat lagi pada umur 28 hari.

Pada beton kuat tekan 30 MPa untuk variasi B30-90SP mengalami peningkatan kekuatan sebesar 10,66 MPa atau 31,92 %, sedangkan pada B30-80SP peningkatannya sebesar 7,32 MPa atau 18,04 %. Demikian pula pada beton kuat tekan 40 MPa untuk B40-90SP peningkatan kekuatan sebesar 2,31 MPa atau 5,56 % dan pada B40-80SP peningkatan kekuatan sebesar 2,46 MPa atau 5,33 %. Pada variasi B30-90SP hampir sama dengan penelitian Fahmi dan Wahyu (2004) bahwa penambahan *superplasticizer* sebesar 0,5 % dari berat semen pada umur 28 hari kekuatannya meningkat sebesar 40 % dari kuat tekan 7 hari untuk beton kuat tekan 25 MPa. Umur beton juga menentukan kekuatan beton terutama pada saat beton dalam proses hidrasi, oleh karena itu diadakan perawatan agar proses tersebut dapat terjadi secara sempurna. Menurut Tjokrodimulyo (1996), pada proses hidrasi dengan semen beton diperlukan sedikitnya 20 - 30 % jumlah air dari berat semen.

Pada beton variasi B30-60SP kekuatan bertambah karena pengaruh umur sebesar 8,39 MPa atau 22,31 %. Besarnya peningkatan tersebut karena proses hidrasi yang terhambat pada beton dapat diatasi dengan lamanya waktu perawatan sehingga campuran bahan yang terdapat di dalam beton dapat terhidrasi.

5.6 Hubungan antara Kuat Tekan dengan Kuat Geser

Kuat geser merupakan salah satu hal penting yang harus diperhitungkan terutama untuk struktur balok. Oleh karena itu, pengujian untuk kuat geser perlu dilakukan. Besar kekuatan geser pada beton berkisar antara 8 % - 13 % dari kuat desak (Ilham, dkk). Pada variasi beton normal didapat kuat geser sebesar 3,09 MPa dan 4,56 MPa. Perbandingan antara kuat geser dengan kuat tekan pada variasi normal (B30N dan B40N) sebesar 15,44 % dan 8,5 %, sedangkan pada variasi B30-60SP dan B40-70SP prosentase perbedaan kuat geser terhadap kuat tekan sebesar 9,28 % dan 6,34 %. Kuat geser maksimal pada variasi B30-70SP sebesar 5,70 MPa atau 10,42 % dan pada variasi B40NSP sebesar 4,71 MPa atau 13,32 %. Penurunan kuat geser antara variasi B30-70SP dengan variasi B30-60SP sebesar 38,77 %, dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa penambahan *superplasticizer* dosis tinggi memberikan pengaruh yang besar terhadap kuat geser. Oleh karena itu, penambahan *superplasticizer* hanya meningkatkan kuat tekan dengan disertai peningkatan kuat geser yang rendah. Perhitungan hubungan antara kuat geser dan kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Korelasi kuat geser dan kuat tekan

No	Variasi	f'c umur 28 hari		fsh umur 28 hari		Prosentase (%)	
		30 MPa	40 MPa	30 MPa	40 MPa	30 MPa	40 MPa
1	B-N	29,53	36,35	4,56	3,09	15,44	8,5
2	B-NSP	-	35,37	-	4,71	-	13,32
3	B-90SP	33,4	41,49	4,98	3,83	14,91	9,23
4	B-80SP	40,59	46,14	4,31	4,28	10,62	9,28
5	B-70SP	54,7	51,25	5,70	3,25	10,42	6,34
6	B-60SP	37,6	-	3,49	-	9,28	-

Dari hasil pengujian pada tabel 5.2 terlihat bahwa prosentase kuat geser terhadap kuat tekan antara 6,34 – 15,44 %. Hasil penelitian tersebut mendekati penelitian yang dilakukan Ilham (2004), yaitu antara 8 – 13 %.

5.7 Prediksi Kuat Tekan dan Kuat Geser

5.7.1 Prediksi Kuat Tekan

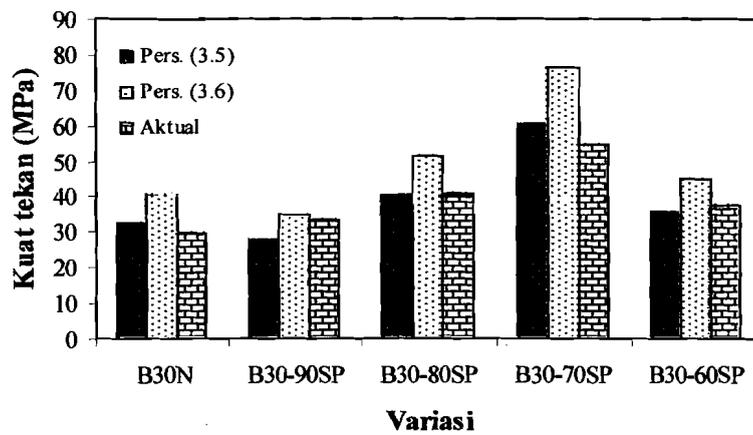
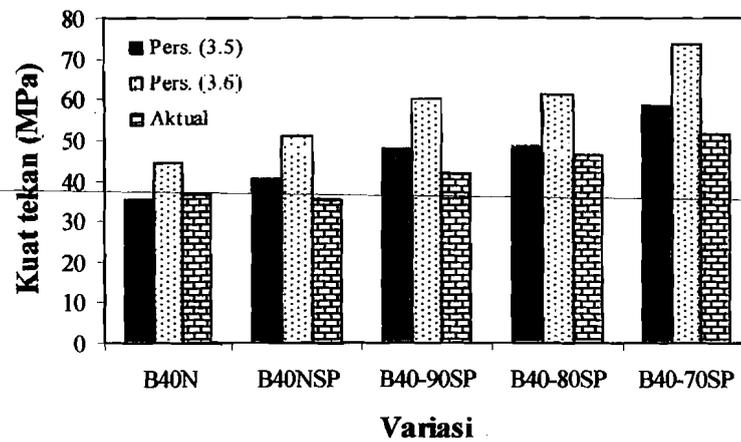
Perhitungan prediksi kuat tekan beton menggunakan persamaan (3.5) dan (3.6). Data perhitungan prediksi dapat dilihat pada tabel 5.3 dan 5.4

Tabel 5.3 Kuat tekan prediksi dan aktual pada kuat tekan 30 Mpa

Variasi	Prediksi umur 28 hari		Rata - rata Umur 28 hari	Prosentase	
	I	II		I	II
B-N	32,36	40,9	29,53	9,58	38,5
B-90SP	27,67	34,98	33,4	20,71	4,73
B-80SP	40,49	51,18	40,59	0,25	26,09
B-70SP	60,29	76,21	54,7	10,22	39,32
B-60SP	35,55	44,94	37,6	5,77	19,52

Tabel 5.4 Kuat tekan prediksi dan aktual pada kuat tekan 40 Mpa

Variasi	Prediksi umur 28 hari		Rata - rata Umur 28 hari	Prosentase	
	I	II		I	II
B-N	35,12	44,4	36,35	3,5	22,14
B-NSP	40,23	50,86	35,37	13,74	43,79
B-90SP	47,5	60,05	41,49	14,48	44,73
B-80SP	48,26	61,01	46,14	4,6	32,22
B-70SP	58,33	73,74	51,25	13,81	43,88

Gambar 5.7 Hubungan antara kuat tekan aktual dan prediksi f_c' 30 MPaGambar 5.8 Hubungan antara kuat tekan aktual dan prediksi f_c' 40 MPa

Dari Gambar 5.7 dan 5.8 terlihat bahwa grafik hasil pengujian berada di bawah kedua persamaan persamaan (3.5) dan (3.6). Pada kuat tekan 30 MPa kuat tekan yang diuji hampir mendekati hasil prediksi persamaan (3.5), sedangkan untuk persamaan (3.6) perbedaannya sangat besar. Hasil prediksi (3.5) dengan aktual pada variasi B30N dan B30-70SP mengalami perbedaan sebesar 9,58 % dan 10,22 % lebih tinggi 2,83 dan 5,59 MPa, sedangkan pada variasi B30-90SP, B30-80SP dan B30-60SP perbedaannya lebih kecil antara 0,25 – 20,71 % atau 0,1 – 5,73 MPa. Hasil perhitungan pada prediksi (3.6) perbedaannya sangat besar dengan hasil aktual.

Pada kuat tekan 40 MPa perbedaannya terlihat sangat mencolok, rata-rata untuk kedua persamaan prediksi tersebut lebih besar dari hasil pengujian. Dari kedua persamaan tersebut yang lebih mendekati dari uji aktual adalah persamaan (3.5). Pada B40N persentase kekuatan lebih kecil dari hasil uji aktual sedangkan untuk B40-90SP sampai B40-60SP baik pada persamaan (3.5) maupun persamaan (3.6) lebih besar dari hasil uji aktual yaitu antara 4,6– 44,73 % atau sekitar 2,12 – 18,56 MPa.

Hasil prediksi dengan menggunakan persamaan (3.5) dan (3.6), menunjukkan bahwa hasil prediksi persamaan (3.5) lebih mendekati hasil uji aktual dibanding persamaan (3.6). Dengan demikian persamaan (3.5) dapat digunakan untuk pendekatan kuat tekan umur 28 hari dengan menggunakan data kuat tekan umur 7 hari. Persamaan (3.6) hasil yang diperoleh jauh dari hasil yang aktual, hal itu karena persamaan (3.6) lebih cocok dipakai untuk beton pada kondisi normal tanpa modifikasi.

5.7.2 Prediksi Kuat Geser

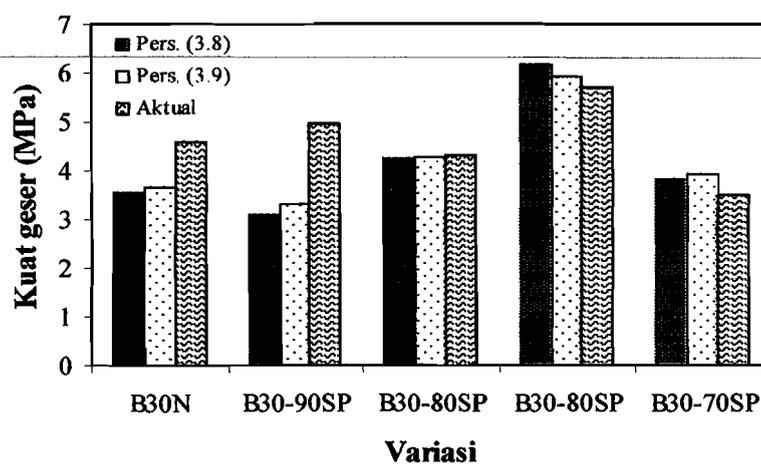
Perhitungan prediksi kuat geser beton menggunakan persamaan (3.8) dan (3.9). Data perhitungan kuat geser dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan 5.6

Tabel 5.5 Kuat geser prediksi dan aktual pada kuat tekan 30 MPa

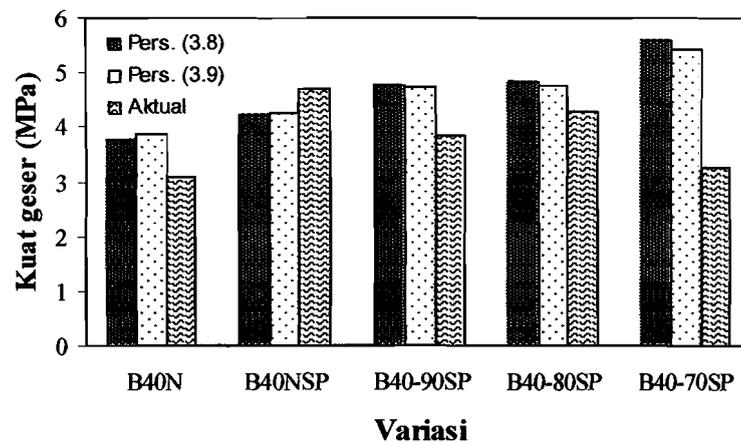
Variasi	Prediksi umur 28 hari		Rata - rata Umur 28 hari	Prosentase	
	I	II		I	II
B-N	3,52	3,67	4,56	29,54	24,25
B-90SP	3,08	3,31	4,98	61,68	50,45
B-80SP	4,22	4,26	4,31	2,13	5
B-70SP	6,15	5,92	5,70	7,89	3,86
B-60SP	3,8	3,91	3,49	8,88	12,03

Tabel 5.6 Kuat geser prediksi dan aktual pada kuat tekan 40 MPa

Variasi	Prediksi umur 28 hari		Rata - rata Umur 28 hari	Prosentase	
	I	II		I	II
B-N	3,76	3,88	3,09	21,68	25,56
B-NSP	4,2	4,24	4,71	12,14	11,08
B-90SP	4,78	4,73	3,83	24,80	23,49
B-80SP	4,84	4,78	4,28	13,08	11,68
B-70SP	5,59	5,42	3,25	72	66,77



Gambar 5.9 Hubungan antara kuat geser aktual dan prediksi f_c' 30 MPa



Gambar 5.10 Hubungan antara kuat geser aktual dan prediksi $f_c' 40$ MPa

Gambar 5.9 terlihat bahwa kuat geser aktual variasi B30N, B30-90SP dan B30-80SP lebih besar dibandingkan hasil kedua persamaan prediksi tersebut, yaitu antara 2 % - 62 %. Variasi B30-70SP dan B30-60SP hasil kuat geser aktual mendekati hasil yang didapat dari kedua persamaan prediksi antara 4 – 12 %. Dari hasil prediksi persamaan (3.8) dan (3.9), yang menunjukkan hasil yang hampir sesuai dengan kuat geser aktual adalah persamaan (3.8), maka persamaan (3.8) dapat dipakai untuk mengetahui kuat geser umur 28 hari dengan data kuat tekan pada umur 28 hari.

Gambar 5.10 terlihat bahwa hasil uji kuat geser aktual perbedaannya sangat besar, terutama pada variasi B40-70SP dengan perbedaan sebesar 67 % dari persamaan prediksi (3.9). Kuat geser lebih tinggi daripada hasil persamaan prediksi terjadi pada variasi B40NSP sebesar 11 %. Dengan hasil yang berbeda sangat besar maka kedua persamaan prediksi tersebut tidak dapat dijadikan acuan untuk mengetahui kuat geser dengan data kuat tekan umur 28 hari pada pengujian ini.

Secara keseluruhan persamaan (3.8) dan (3.9) yang diusulkan oleh Ilham (2004) untuk memprediksi kuat geser beton kinerja tinggi belum begitu meyakinkan untuk memprediksi beton normal.

5.8 Analisis Biaya Pemakaian *Superplasticizer*

Ditinjau dari segi kekuatannya, pengurangan air dan penambahan *superplasticizer* kuat tekan yang dihasilkan lebih besar dari beton rencana. Sebagai perencana bangunan faktor biaya sangat penting, karena dengan mengetahui biaya yang akan dikeluarkan akan diketahui besarnya manfaat yang akan diterima.

Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa beton dengan kuat tekan 30 MPa lebih baik dalam pengerjaannya dan memiliki kuat tekan maksimum pada variasi pengurangan kandungan air 30 %. Pada kuat tekan 40 MPa hasil penelitian yang didapat tidak lebih ekonomis dibandingkan kuat tekan 30 MPa, kuat tekan maksimal pada variasi B40-70SP sebesar 51,25 MPa.

Analisis biaya yang akan dibandingkan dengan perhitungan standar komposisi campuran bahan metode DOE berupa variasi B30-90SP, B30-80SP dan B30-70SP. Perhitungan analisis ini yang dijadikan acuan perbandingan pada bahan semen dan *superplasticizer*. Variasi B30-90SP menghasilkan kuat tekan 33 MPa menggunakan *superplasticizer* 0,5 kg dan semen sebesar 500 kg untuk 1 m³. Variasi B30-80SP menghasilkan kuat tekan 40 MPa menggunakan *superplasticizer* 4,5 kg dan semen sebesar 500 kg untuk 1 m³. Pada variasi B30-70SP kuat tekan yang dihasilkan 54 MPa dengan pemakaian *superplasticizer* 9 kg/m³ dan semen 500 kg/m³. Dengan kuat tekan sebesar 33 MPa, 40 MPa dan 54

MPa pada perencanaan campuran metode DOE didapat kuat tekan rencana 26 MPa, 33 MPa dan 45 MPa dengan mutu pekerjaan baik. Dari hasil perencanaan campuran bahan tersebut, untuk kuat tekan rencana 26 MPa semen yang digunakan sebesar 478 kg/m^3 , untuk kuat tekan rencana 33 MPa semen yang digunakan sebesar 549 kg/m^3 , untuk kuat tekan rencana 45 MPa semen yang digunakan sebesar 750 kg/m^3 . Data perhitungan analisis biaya pada Tabel 5.7, Tabel 5.8 dan Tabel 5.9.

Tabel 5.7 Perbandingan analisis biaya antara kuat tekan 30 MPa dan 26 MPa

Mutu Beton (MPa)	Bahan	Kebutuhan (kg/m^3)	Harga (Rp)	Total Harga (Rp)
26	Semen	478	296.360,00	296.360,00
B30-90SP	Semen <i>Superplasticizer</i>	500 0,5	310.000,00 8.750,00	318.750,00

Dari tabel tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa dengan kuat tekan 30 MPa cara DOE yang telah dimodifikasi kurang menguntungkan dibandingkan perhitungan standar metode DOE dengan kuat tekan rencana 26 MPa.

Tabel 5.8 Perbandingan analisis biaya antara kuat tekan 30 MPa dan 33 MPa

Mutu Beton (MPa)	Bahan	Kebutuhan (kg/m^3)	Harga (Rp)	Total Harga (Rp)
33	Semen	549	340.380,00	340.380,00
B30-80SP	Semen <i>Superplasticizer</i>	500 4,5	310.000,00 78.750,00	388.750,00

Dari tabel tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa dengan kuat tekan 30 MPa cara DOE yang telah dimodifikasi kurang menguntungkan dibandingkan perhitungan standar metode DOE dengan kuat tekan rencana 33 MPa.

Tabel 5.9 Perbandingan analisis biaya antara kuat tekan 30 MPa dan 45 MPa

Mutu Beton (MPa)	Bahan	Kebutuhan (kg/m ³)	Harga (Rp)	Total Harga (Rp)
47	Semen	750	465.000,00	465.000,00
B30-70SP	Semen	500	310.000,00	467.500,00
	<i>Superplasticizer</i>	9	157.500,00	

Dari tabel tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa dengan kuat tekan 30 MPa cara DOE yang telah dimodifikasi relatif sama dibandingkan perhitungan standar metode DOE dengan kuat tekan rencana 47 MPa. Dalam pengerjaan untuk beton kinerja tinggi dengan perhitungan metode DOE standar biasanya agak sulit tercapai, dengan adanya penelitian modifikasi campuran bahan ini beton kinerja tinggi dapat dicapai dengan pelaksanaan pekerjaan yang lebih mudah.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Umum

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

6.2 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut

1. Kuat tekan rata-rata tertinggi sebesar 54 MPa dicapai oleh kombinasi pengurangan air 30 % dan penambahan SP 1,83 % untuk kuat tekan rencana 30 MPa.
2. Karakteristik beton segar dapat diketahui workabilitasnya dengan melihat parameter nilai slump dan aliran slump. Nilai slump rencana lebih besar dari 180 mm tercapai dan nilai aliran slump di atas 300 mm.
3. Mutu beton dengan variasi : B30-90SP menghasilkan kuat tekan 33,4 MPa, B30-80SP menghasilkan kuat tekan 40 MPa, B30-70SP menghasilkan kuat tekan 54,7 MPa dan B30-60SP menghasilkan kuat tekan 37,6 MPa..

Pada variasi : B40-90SP menghasilkan kuat tekan rata-rata 41 MPa, B40-80SP menghasilkan kuat tekan 46 MPa dan B40-70SP menghasilkan kuat tekan 51,25 MPa.

4. Berdasarkan perbandingan nilai ekonomi variasi B30-70SP memiliki harga setara dengan mutu beton 47 MPa..
5. Pada kuat tekan 30 MPa dan 40 MPa pengurangan kandungan air 30 % mencapai kuat tekan rata-rata maksimal sebesar 54,7 MPa dan 51,25 MPa.
6. Penambahan *superplasticizer* untuk kuat tekan maksimal pada kuat tekan rencana 30 MPa dan 40 MPa sebesar 1,83 dan 1,26 % dari berat semen.
7. Peningkatan kuat tekan rata-rata dari umur 7 hari sampai 28 hari pada kuat tekan rencana 30 MPa sebesar 20,53 % dan pada kuat tekan rencana 40 MPa sebesar 12,5 %.
8. Rasio kuat geser terhadap kuat desak untuk kuat tekan rencana 30 MPa antara 9,28 – 15,44 % dari kuat desak dan kuat tekan rencana 40 MPa antara 6,34 – 13,32 %.
9. Pengurangan kandungan air lebih dari 30 %, kuat tekan yang dihasilkan cenderung menurun.
10. Penambahan *superplasticizer* dengan merk dagang “Sikament NN” sebesar 3,62 % pada pengurangan air 40 % menyebabkan kuat tekan beton berkurang walaupun workabilitas tinggi dapat tercapai.

6.3 Saran-saran

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

1. Pengurangan air sebaiknya dilakukan pada interval yang lebih kecil yaitu tiap 5 %, agar hasil yang didapat perbedaannya tidak terlalu besar.
2. Dapat dicoba dengan menggunakan *superplasticizer* yang kualitasnya lebih baik, agar pengurangan air yang tinggi dosis *superplasticizer* tidak terlalu tinggi.
3. Variasi umur beton diperbanyak meliputi 3, 7, 14, 21 dan 28 hari, agar perbedaan peningkatan kekuatan awal beton tidak terlalu besar, terutama pada umur muda.

DAFTAR PUSTAKA

Admixture and ground slag for concrete. 1990. Transportation research circular no. 365 (December). Washington: Transportation Research Board, National Research Council Federal Highway Administration.

www.fhwa.dot.gov/infrastructure/materialsgrp/ggbfs.htm

Baronio, G., Mantegazza, G., dan Carminati, G., 1990, Mechanical properties and durability of superplasticized silica fume mortars, Chapman and Hall pp. 241 – 250, London, Inggris.

www.tfhrc.gov/structur/concrete/conc90.htm

Chaiyasena, T., 1992, A Study of high strength concrete made from portland cement containing rice husk ash, fly ash and superplasticizer.

library.kku.ac.th/abstract/thesis/meng/se/2535/se350001e.html

Cook, J., 1994, www.thomasconcrete.com/pages/concrete/2a3.html

Departemen Pekerjaan Umum, 1971, Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 NI 2, Bandung.

Departemen Pekerjaan Umum, 1990, SK SNI S-18-1990-03, Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton, Yayasan LPMB, Bandung.

Departemen Pekerjaan Umum, 1989, SK SNI M-09-1989-F, Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar, Yayasan LPMB, Bandung.

Departemen Pekerjaan Umum, 1989, SK SNI M-10-1989-F, Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus, Yayasan LPMB, Bandung.

Departemen Pekerjaan Umum, 1989, SK SNI M-14-1989-F, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, Yayasan LPMB, Bandung.

Edward G Nawy, 2001, Beton Prategang, Erlangga, Bandung.

Fitria dan Asna, 2003, Uji Laboratorium Tinjauan Pemakaian Superplasticizer Pada Beton Mutu Tinggi Terhadap Kuat Desak dan Kadar Optimum, Yogyakarta.

- Gagne, R, 1996, Effect of Superplasticizer Dosage on Mechanical Properties, Permeability, and Freze-Thaw Durability of High-Strength Concrete With and Without Silica Fume, ACI Materials Journal, USA.
- George Winter dan Arthur Nilson, 1993, Perencanaan Struktur Beton Bertulang, Tim editor dan Penerjemah ITB, Bandung.
- Ilham, A., Zain, M.F.M., Yusuf, M.K., dan Mahmud, H.B. Pengaruh Superplasticizer Terhadap Workability dan Kuat Tekan Beton Kinerja Tinggi dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi. Jurnal Teknisia Vol. VII No. 1 April 2003.
- Ilham, A., 2004 Kaedah rekabentuk campuran dan sifat-sifat konkrit prestasi tinggi berkekuatan mampatan antara 50 hingga 100 MPa. Ph.D. Thesis 2004, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Kong dan Evans, 1987, Reinforced and Prestressed Concrete, Chapman & Hall, London.
- Murdock, J, L dan Brook, M, K, 1981, Bahan dan Praktek Beton, Jakarta.
- Muzamil dan Budiono, 1994, Pengaruh Pemakaian Superplasticizer Terhadap Kuat Desak Beton, Yogyakarta
- PUBI, 1982, Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Badan Penelitian dan pengembangan P.U., Bandung
- Punkki, J, dkk, 1996, Workability Loss of High-Strength Concrete, ACI Materials Journal, USA.
-
- Ramachandran, V. S. 1979. Superplasticizer in Concrete. www.irc.nrc-cnrc.gc.ca/cbd/cbd203e.html
- Smith dan Andres, 1989, Material of Construction, McGrawhill International, Singapura.
- Swamy, R. N., 1989, Superplasticizer and concrete durability, American Concrete Institute pp. 361-382. (ACI SP-119) , Detroit, MI, USA. www.encosrl.it/enco_srl_ITA/servizi/pdf/degrado/62.pdf
- Tjokrodimuljo, K, 1992, Bahan Bangunan, Buku ajar jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.

Wahyudi, L dan Rahim, S, A, 1997, Struktur Beton Bertulang, PT Gramedia
Pustaka Utama, Jakarta.

Yuwono,1997, Pengaruh Bahan-bahan Pemercepat Pengerasan terhadap
Workabilitas dan Kuat Tekan Beton, Yogyakarta.

LAMPIRAN A
Hasil pemeriksaan bahan beton

Tabel 1
Data pemeriksaan gradasi pasir

Diameter Saringan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Persentase lolos (%)
4.75	0	100
2.36	19,5	96,1
1.18	83	79,5
0.6	143,5	50,8
0.3	118	27,2
0.15	77	11,8
PAN	59	0

Dari data di atas daerah gradasi pasir termasuk daerah 2 yaitu pasir agak kasar.

Tabel 2
Berat jenis agregat halus "SSD"

	Benda uji I		Benda uji II	
	500	gram	500	gram
Berat agregat dalam keadaan SSD (B)	500	gram	500	gram
Berat vicnometer + air (Bt)	672	Cc	658	Cc
Volume air + Agregat (Bp)	955	Cc	942	Cc
Berat jenis (BJ) = $\frac{B}{Bp + B - Bt}$	2,3		2,31	
Berat jenis rata - rata	2,305 gr/cm ³			

Tabel 3
Berat jenis agregat kasar "SSD"

	Benda uji I		Benda uji II	
	5044	gram	5015	gram
Berat agregat dalam keadaan SSD (B)	5044	gram	5015	gram
Berat agregat dalam air (Ba)	3000	Cc	2993	Cc
Berat jenis (BJ) = $\frac{B}{B - Ba}$	2,46		2,48	
Berat jenis rata - rata	2,47 gr/cm ³			

Perhitungan Komposisi Campuran Bahan Metode DOE

LAMPIRAN B

Perhitungan Mix Design

Kuat desak rencana 30 Mpa.

Data perencanaan adukan beton :

1. Diameter maksimum kerikil = 20 mm
2. Golongan pasir = 2
3. Berat jenis pasir = 2,3
4. Berat jenis kerikil = 2,47

Langkah perhitungan adukan beton sebagai berikut :

1. Kuat tekan beton yang disyaratkan pada 28 hari : 30 MPa
2. Deviasi standar (Tabel 2) = 4,2 MPa, dianggap mutu pekerjaan baik.
3. Nilai tambah (m) = $k \times S_d$
 $m = 1,64 \times 4,2 = 7 \text{ MPa}$
4. Kuat tekan rata-rata yang direncanakan, $f'_{cr} : 30 + 7 = 37 \text{ MPa}$
5. Jenis semen tipe I
6. Jenis kerikil : batu pecah
7. Faktor air-semen (Gambar 1 dan 2) : 0,45
8. Faktor air-semen maksimum (Tabel 3) : 0,60
Dipakai fas rendah : 0,45
9. Nilai slam : 180 mm
10. Ukuran maksimum butiran kerikil : 20 mm
11. Kebutuhan air (Tabel 7) : 225 lt
12. Kebutuhan semen : $225 / 0,45 : 500 \text{ kg}$
13. Kebutuhan semen minimum (Tabel 8) : 275 kg
Dipakai semen (diambil yang besar) : 500 kg
14. Golongan pasir termasuk gol. 2
15. Persentase pasir terhadap campuran (Gambar 4) : 38 %
16. Berat jenis campuran pasir dan kerikil :
$$B_j \text{ camp} = \frac{38}{100} \times 2,3 + \frac{62}{100} \times 2,47 = 2,4$$
17. Berat beton (Gambar 6) : 2220 kg/m^3
18. Kebutuhan berat pasir dan kerikil dihitung dengan rumus :
$$W_{\text{psr+krk}} = W_{\text{btn}} - A - S$$
$$= 2220 - 225 - 500$$
$$= 1495 \text{ kg}$$
19. Kebutuhan pasir dihitung dengan rumus :
$$W_{\text{psr}} = (P/100) \cdot W_{\text{psr+krk}}$$
$$= (38/100) \cdot 1495$$
$$= 568 \text{ kg}$$
20. Kebutuhan kerikil dihitung dengan rumus :
$$W_{\text{krk}} = W_{\text{psr+krk}} - W_{\text{psr}}$$
$$= 1495 - 56 = 927 \text{ kg}$$

21. Untuk 1 m³ beton dibutuhkan :
- a. Semen : 500 kg
 - b. Pasir : 568 kg
 - c. Kerikil : 927 kg
 - d. Air : 225 lt

Tabel 1
Perencanaan campuran beton 1 m³

No	Uraian	f _c = 30 MPa	f _c = 40 MPa	Sat
1	Kuat tekan umur 28 hari (f _c)	30	40	MPa
2	Deviasi standart (Sd)	4,2	4,2	
3	Nilai tambah (m)	7	7	
4	Kuat tekan rata – rata (f _{cr})	37	47	MPa
5	Faktor air semen	0,45	0,35	
6	Nilai slump	60 - 180	60 - 180	mm
7	Ukuran maksimum agregat	20	20	mm
8	Kebutuhan air	225	225	Kg
9	Kebutuhan semen	500	642,9	Kg
10	Kebutuhan kerikil	927	819,7	Kg
11	Kebutuhan pasir	568	502,4	Kg

Tabel 2
Tingkat pengendalian pekerjaan

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

Sumber : Tjokrodimuljo, 1996

Tabel 3
 Persyaratan faktor air-semen maksimum untuk
 berbagai pembetonan dan lingkungan khusus

Jenis pembetonan	Fas maksimum
Beton di dalam ruang bangunan :	
a. keadaan keliling non-korosif	0,60
b. keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	0,52
Beton di luar ruang bangunan :	
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,55
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	lihat tabel 3
Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar / payau / laut	lihat tabel 4

Sumber : *Tjokrodimuljo, 1996*

Tabel 4
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 (gr/lit)		
Total SO ₃ %	SO ₃ dalam campuran air : tanah = 2 : 1 (gr/lit)			
< 0,2	< 1,0	< 0,3	Tipe I dengan atau tanpa pozzolan (15 – 40 %)	0,50
0,2 – 0,5	1,0 – 1,9	0,3 – 1,2	Tipe I tanpa pozzolan	0,50
			Tipe I dengan pozzolan (15 – 40 %) atau semen portland pozzolan	0,55
0,5 – 1,0	1,9 – 3,1	1,2 – 2,5	Tipe II atau V	0,55
			Tipe I dengan pozzolan (15 – 40 %) atau semen portland pozzolan	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 : Tjokrodimuljo, 1996

Tabel 5
Faktor air-semen untuk beton bertulang dalam air

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

Sumber : *Tjokrodimuljo,1996*

Tabel 6
Penetapan nilai slam (cm)

Pemakaian beton	Maks	Min
Dinding, plat fondasi dan fondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Fondasi telapak tidak bertulang, kaisan, 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 : *Tjokrodimuljo,1996*

Tabel 7
Perkiraan Kebutuhan Air Per Meter Kubik Beton (liter)

Besar ukuran maks. kerikil (mm)	Jenis Batuan	Slam (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
30	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber : *Tjokrodimuljo,1996*

Tabel 8
Kebutuhan semen minimum untuk berbagai
pembetonan dan lingkungan khusus

Jenis pembetonan	Semen minimum (kg/m ³ beton)
Beton di dalam ruang bangunan :	
a. keadaan keliling non-korosif	275
b. keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	325
Beton di luar ruang bangunan :	
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275
Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	lihat tabel 8
Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar / payau / laut	lihat tabel 9

Sumber : *Tjokrodimuljo, 1996*

Tabel 9
Kandungan semen maksimum untuk beton yang berhubungan
dengan air tanah yang mengandung sulfat

Konsentrasi sulfat (SO ₃)			Jenis semen	Kandungan semen minimum (kg/m ³)
Dalam tanah		SO ₃ dalam air tanah (gr/lt)		
Total SO ₃ %	SO ₃ dalam campuran air : tanah = 2 : 1 (gr/lt)			
< 0,2	< 1,0	< 0,3	Tipe I dengan atau tanpa pozzolan (15 - 40 %)	280 300 350
0,2 - 0,5	1,0 - 1,9	0,3 - 1,2	Tipe I tanpa pozzolan Tipe I dengan pozzolan (15 - 40 %) atau Semen portland pozzolan	290 330 380
0,5 - 1,0	1,9 - 3,1	1,2 - 2,5	Tipe II atau V Tipe I dengan pozzolan (15 - 40 %) atau Semen portland pozzolan	250 290 340 340 380 430
1,0 - 2,0	3,1 - 5,6	2,5 - 5,0	Tipe II atau V Tipe II atau V	290 330 380 330 370 420
> 2,0	> 5,6	> 5,0	Tipe II atau V dan lapisan pelindung	330 370 420

Sumber : *Tjokrodimuljo, 1996*

Tabel 10
Kandungan semen minimum untuk beton bertulang dalam air

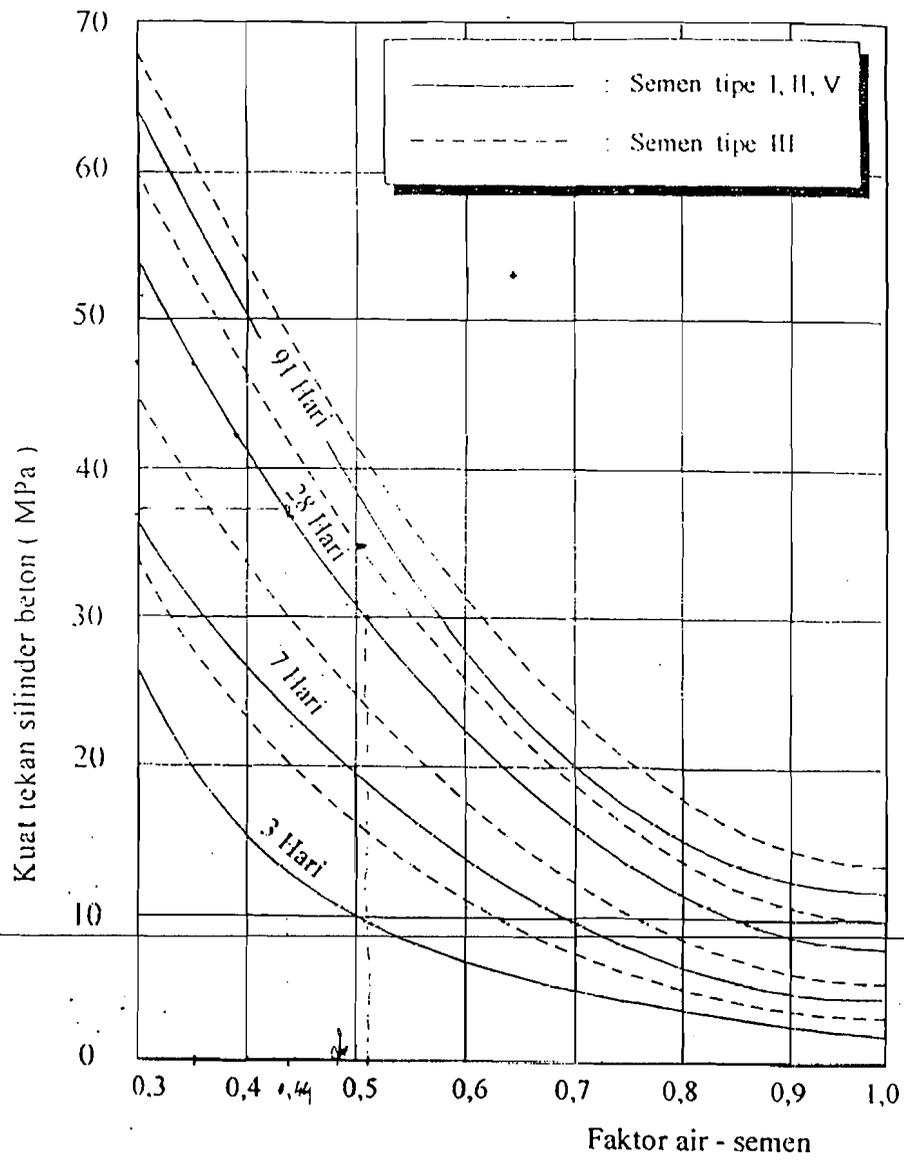
Berhubungan dengan :	Tipe semen	Kandungan semen minimum	
		Ukuran maksimum ageragat (mm)	
		40	20
Air tawar	Semua tipe I – V	280	300
Air payau	Tipe I + pozzolan (15-40 %) atau S.P pozzolan	340	380
	Tipe II atau V	290	330
Air laut	Tipe II atau V	330	370

Sumber : *Tjokrodimuljo,1996*

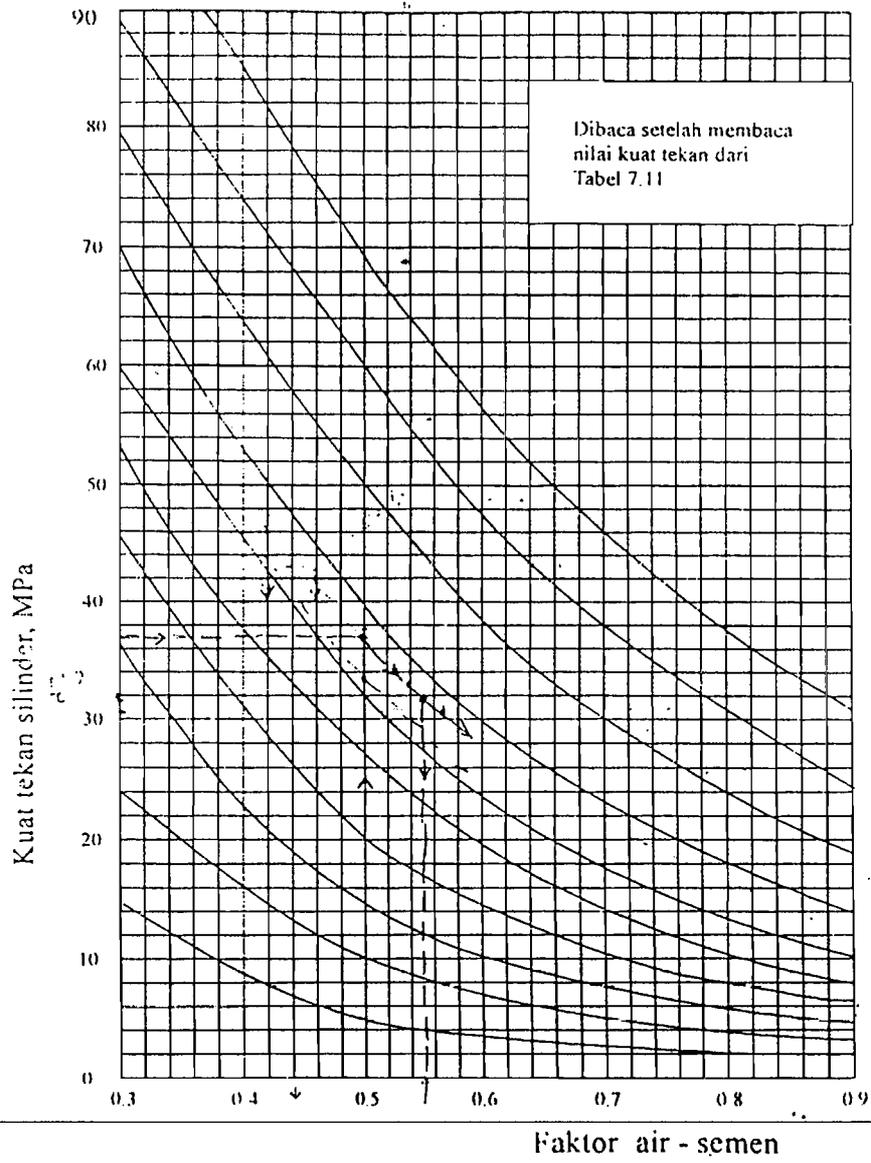
Tabel 11
Batas Gradasi Pasir

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

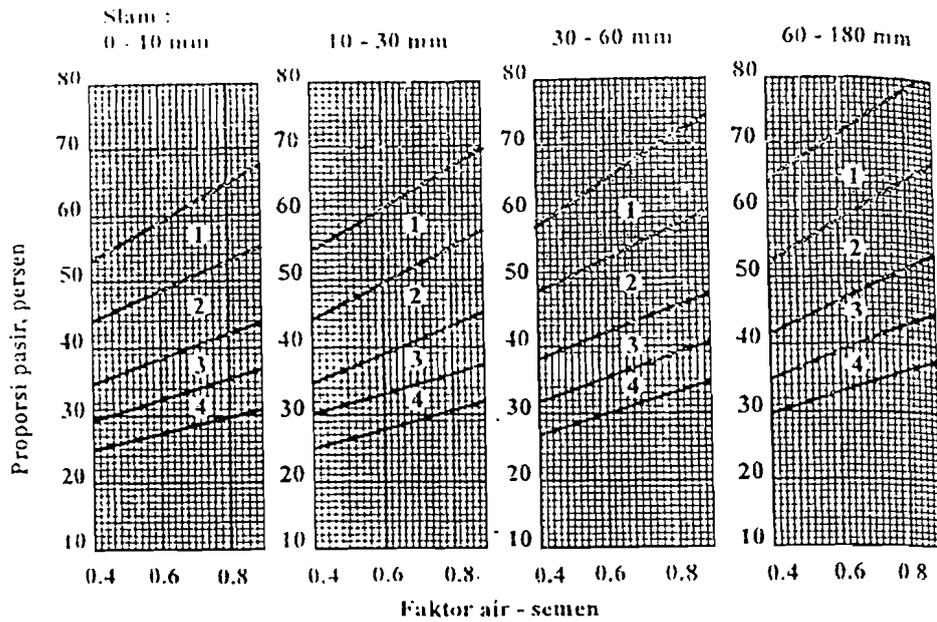
Sumber : *Tjokrodimuljo,1996*



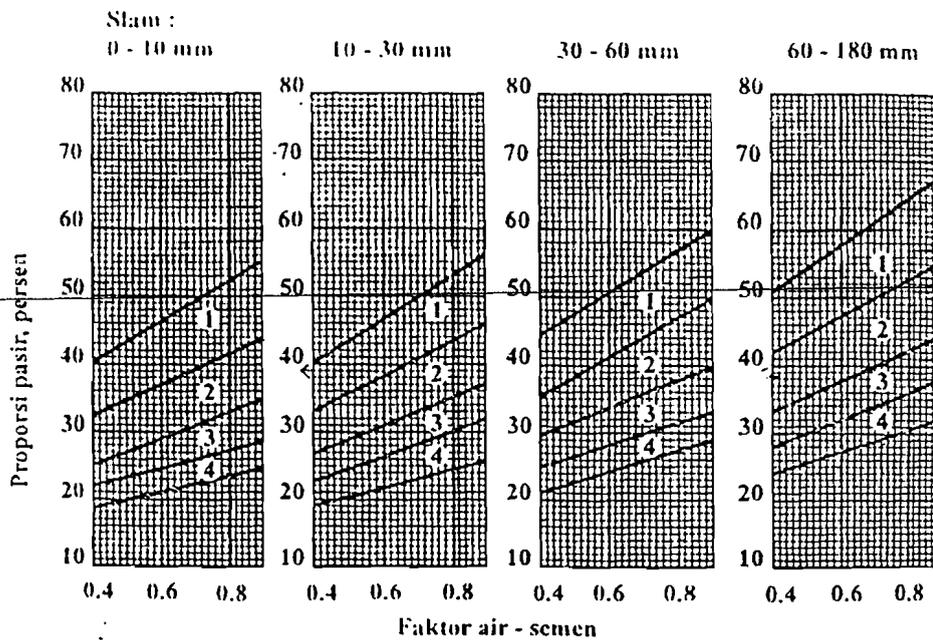
Gambar 1
 Hubungan faktor air semen dan kuat tekan rata-rata silinder beton



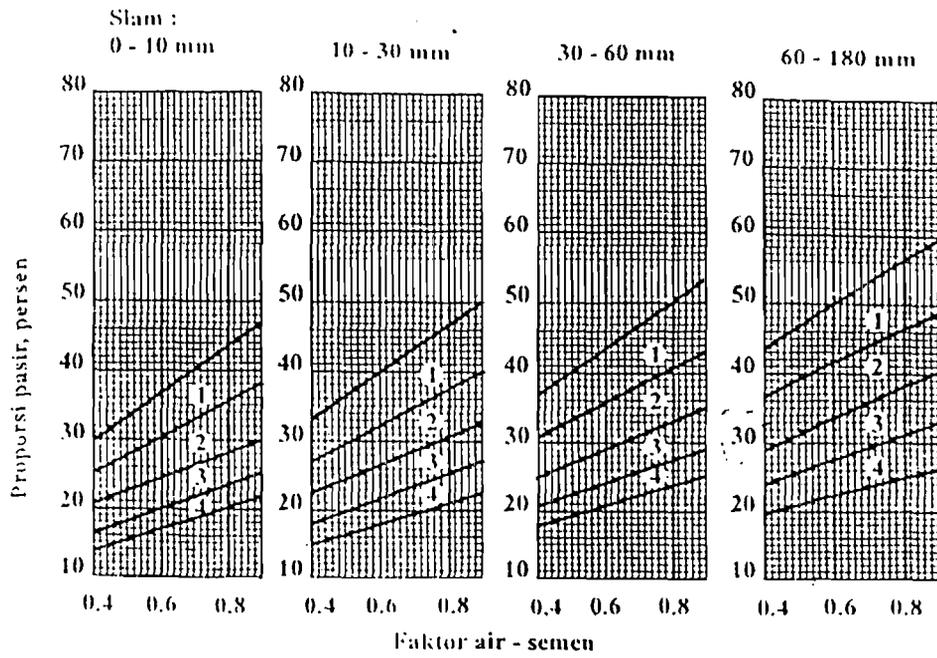
Gambar 2
 Grafik mencari faktor air semen



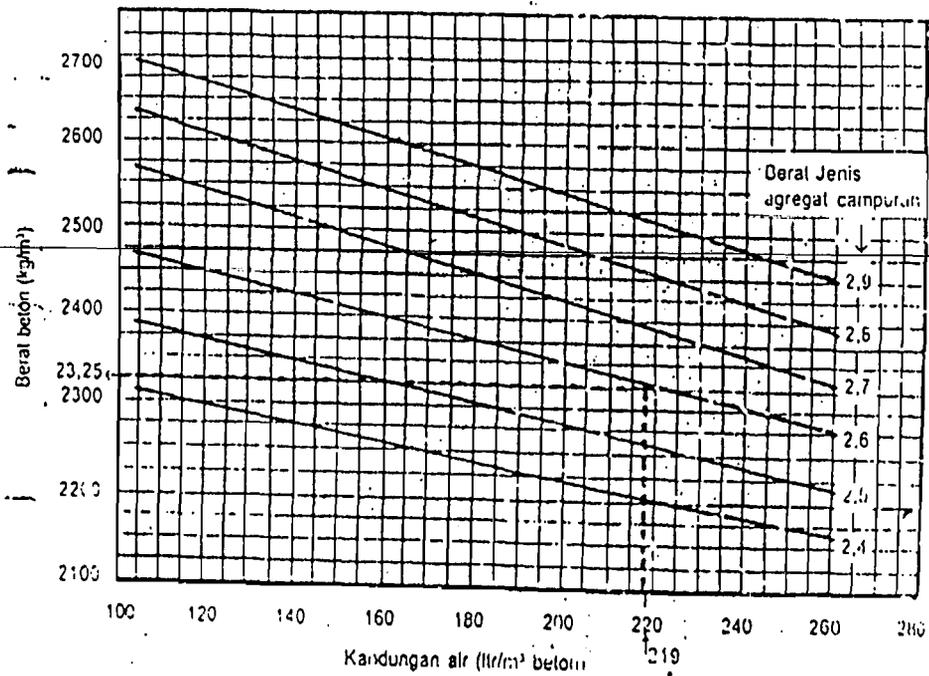
Gambar 3
 Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 10 mm



Gambar 4
 Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 20 mm



Gambar 5
Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 40 mm



Gambar 6
Grafik hubungan air, berat jenis agregat campuran dan berat beton

LAMPIRAN C

Hasil uji desak dan geser beton

Tabel 1Hasil uji desak $f'_c = 30$ MPa, untuk 7 hari

Variasi	Benda	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Beban (KN)	Luas (cm ²)	Tegangan (MPa)
B30N	I	15,17	15,53	15,07	8,1	675	235,59	28,65
	II	15,34	14,84	15,24	8,1	540	227,64	23,72
	III	15,06	15,03	15,25	8,1	620	226,35	27,39
B30-90SP	I	14,89	14,94	15,07	7,9	560	222,45	25,17
	II	15,41	15,04	15,21	8,0	575	231,76	24,81
	III	15,14	15,40	15,27	8,1	425	233,15	18,23
B30-80SP	I	14,93	14,11	15,23	8,3	765	210,66	36,31
	II	14,97	15,12	14,97	8,1	720	226,35	31,81
	III	15,33	15,50	15,26	8,6	810	237,61	34,09
B30-70SP	I	15,07	15,14	14,88	8,2	1050	228,16	46,02
	II	15,07	15,20	15,01	8,4	1160	229,06	50,64
	III	15,10	14,85	14,85	8,2	1165	224,23	51,95
B30-60SP	I	15,11	15,13	14,97	8,1	730	228,61	31,93
	II	15,15	15,43	15,16	7,9	540	233,76	23,10
	III	15,34	15,60	15,22	8,3	780	239,30	32,59

Tabel 2Hasil uji desak $f_c = 30$ MPa, untuk 28 hari

Variasi	Benda	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Beban (KN)	Luas (cm ²)	Tegangan (MPa)
B30N	I	15,22	15,25	15,28	8,3	600	232,10	25,85
	II	15,22	15,31	15,24	8,3	710	233,02	30,47
	III	15,06	15,23	15,07	8,0	740	229,26	32,38
B30-90SP	I	15,03	14,86	15,18	7,9	780	223,34	34,92
	II	15,32	15,10	15,11	8,2	765	231,33	33,07
	III	15,12	14,99	15,25	8,1	730	226,65	32,21
B30-80SP	I	14,98	15,10	15,16	8,2	1000	226,19	44,21
	II	14,87	15,08	15,24	8,1	765	224,24	34,11
	III	14,91	15,44	15,17	8,4	1000	230,31	43,42
B30-70SP	I	14,93	15,18	14,90	8,3	1320	226,64	58,24
	II	14,94	14,94	15,21	8,2	1240	223,20	55,55
	III	15,23	15,15	15,35	8,6	1160	230,73	50,27
B30-60SP	I	14,86	14,74	15,00	7,9	1085	219,04	49,53
	II	15,28	14,90	15,12	8,2	880	227,67	38,65
	III	15,19	14,97	15,24	8,2	560	227,39	24,63

Tabel 3

Hasil uji desak $f_c = 40$ MPa, untuk 7 hari

Variasi	Benda	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Beban (KN)	Luas (cm ²)	Tegangan (MPa)
B40N	I	14,98	15,08	15,10	7,8	610	225,89	27,00
	II	15,10	15,00	15,15	7,9	690	226,50	30,46
	III	14,93	15,30	15,12	7,9	665	228,43	29,11
B40NSP	I	15,08	15,05	14,99	7,8	690	226,95	30,40
	II	14,05	14,18	15,16	7,9	720	199,23	36,14
	III	15,13	15,09	14,95	7,9	745	228,31	32,63
B40-90SP	I	15,06	15,05	15,05	8,0	870	226,65	38,38
	II	15,23	15,41	15,20	8,2	945	234,69	40,26
	III	14,98	15,20	14,96	7,9	875	227,69	38,43
B40-80SP	I	15,04	14,89	14,89	8,0	950	223,94	42,42
	II	15,04	14,99	14,89	8,1	890	225,45	39,47
	III	15,25	15,39	14,98	8,1	870	234,69	37,07
B40-70SP	I	14,88	14,89	15,05	8,1	915	221,56	41,29
	II	14,88	15,29	14,77	8,1	1100	227,51	48,35
	III	14,98	14,73	14,98	8,0	1195	220,65	54,16

Tabel 4

Hasil uji desak $f'_c = 40$ MPa, untuk 28 hari

Variasi	Benda	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Beban (KN)	Luas (cm ²)	Tegangan (MPa)
B40N	I	15,32	15,33	15,30	8,3	680	234,85	28,95
	II	15,24	15,21	15,00	8,1	850	231,80	36,67
	III	15,06	14,98	14,96	7,9	980	225,59	43,44
B40NSP	I	15,28	15,39	15,42	8,2	790	235,16	33,59
	II	15,13	15,13	14,95	8,0	850	228,92	37,13
	III	14,95	15,22	14,93	7,9	805	227,54	35,38
B40-90SP	I	15,20	15,05	15,18	8,3	670	228,76	29,29
	II	15,20	15,09	14,98	8,1	975	229,37	42,51
	III	14,78	15,22	15,08	8,1	1185	224,95	52,68
B40-80SP	I	15,28	14,94	15,10	8,2	1215	228,28	53,22
	II	14,89	15,22	15,34	8,1	970	226,62	42,80
	III	15,17	15,00	15,05	8,0	965	227,55	42,41
B40-70SP	I	14,85	14,64	15,12	7,9	1145	217,40	52,67
	II	15,12	14,85	15,28	8,3	780	224,53	34,74
	III	15,08	14,90	15,04	8,1	1000	224,69	44,51

Tabel 5
 Hasil uji geser $f'_c = 30$ MPa, untuk 28 hari

Variasi	Benda	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Beban (KN)	Luas (cm ²)	Tegangan (MPa)
B30N	I	25,50	9,65	10,60	5,9	100	102,29	4,89
	II	25,73	9,61	10,65	6,2	110	102,35	5,37
	III	24,92	9,90	10,80	6,1	73	106,92	3,41
B30-90SP	I	25,12	10,08	10,56	6,0	95	106,44	4,46
	II	24,84	9,92	10,80	6,1	125	107,14	5,83
	III	25,48	9,91	10,33	6,1	95	102,37	4,64
B30-80SP	I	25,29	9,73	10,36	6,0	115	100,80	5,70
	II	25,06	10,05	10,92	6,2	70	109,75	3,19
	III	25,07	9,80	10,61	6,0	84	103,98	4,04
B30-70SP	I	25,06	10,26	10,93	6,4	153	112,14	6,82
	II	25,51	10,40	10,81	6,4	95	112,42	4,23
	III	25,30	9,56	10,37	6,1	120	99,14	6,05
B30-60SP	I	25,47	9,44	10,47	5,9	50	98,84	2,53
	II	25,29	9,60	10,41	5,9	90	99,94	4,50
	III	25,64	9,69	10,46	6,1	70	101,36	3,45

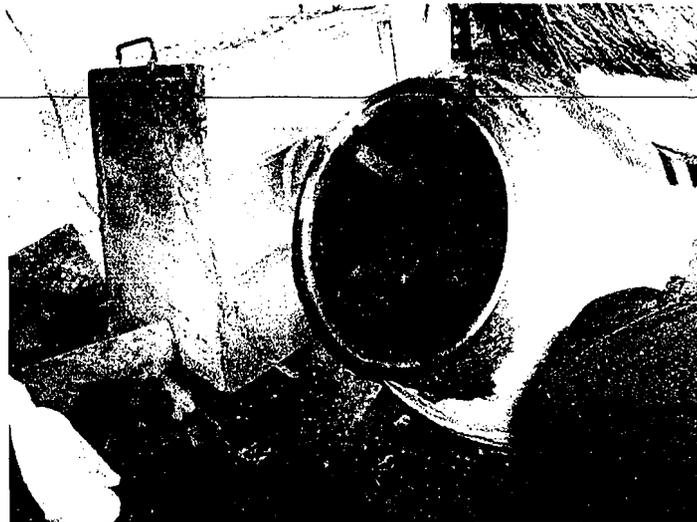
Tabel 6Hasil uji geser $f'c = 40$ MPa, untuk 28 hari

Variasi	Benda	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Beban (KN)	Luas (cm ²)	Tegangan (MPa)
B40N	I	25,30	10,12	10,63	6,2	60	107,57	2,79
	II	25,57	9,74	10,67	6,1	70	103,92	3,37
	III	24,81	9,87	10,53	5,9	65	103,93	3,13
B40NSP	I	25,01	10,30	10,61	6,4	125	109,28	5,72
	II	25,45	10,38	10,39	6,2	90	107,85	4,17
	III	24,98	9,58	10,46	5,8	85	100,20	4,24
B40-90SP	I	25,35	9,83	10,54	6,0	60	103,61	2,89
	II	25,50	9,80	10,69	6,2	90	104,76	4,29
	III	24,96	9,85	10,83	6,1	92	106,67	4,31
B40-80SP	I	25,30	10,07	10,86	6,3	80	109,36	3,66
	II	24,94	9,96	10,60	6,1	102	105,58	4,83
	III	25,40	10,10	10,84	6,4	95	109,48	4,34
B40-70SP	I	25,24	9,30	11,15	6,0	65	103,69	3,13
	II	25,95	10,24	10,86	6,4	75	111,21	3,37
	III	-	-	-	-	-	-	-

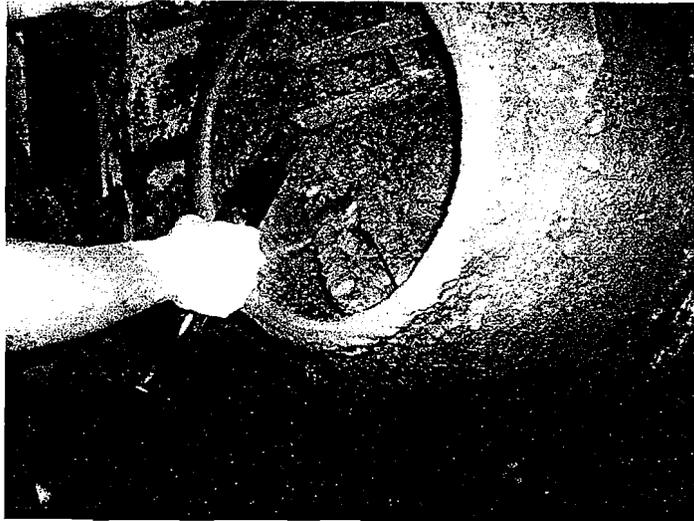
LAMPIRAN D
Gambar Pelaksanaan Penelitian



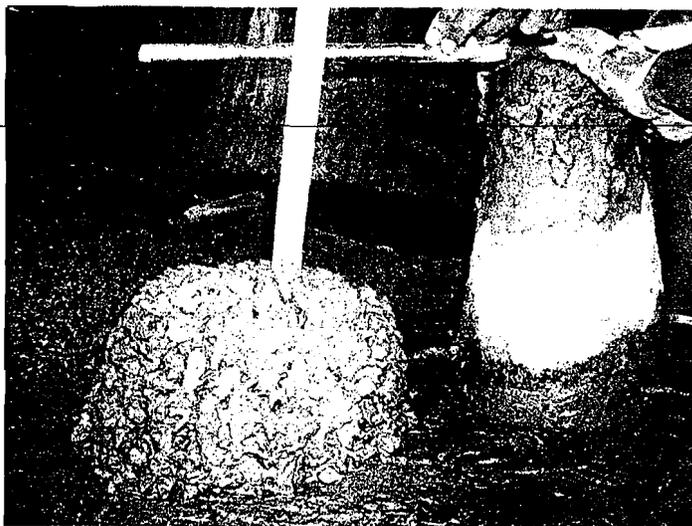
Gambar 1
Material Penyusun Beton



Gambar 2
Pengadukan Beton



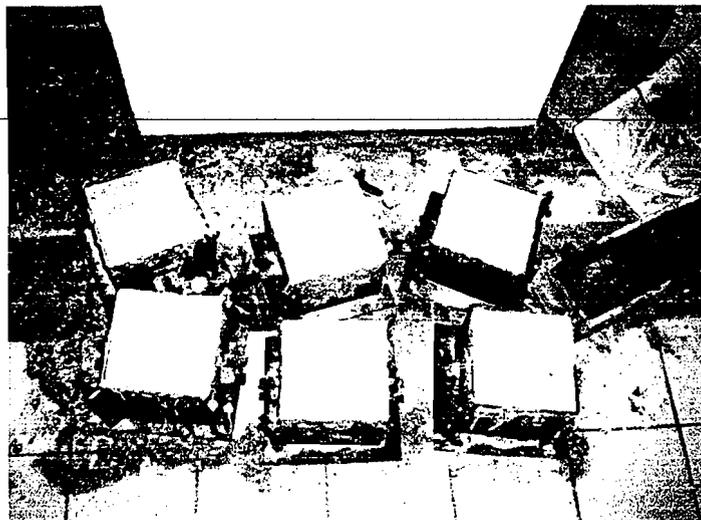
Gambar 3
Penambahan Superplasticizer



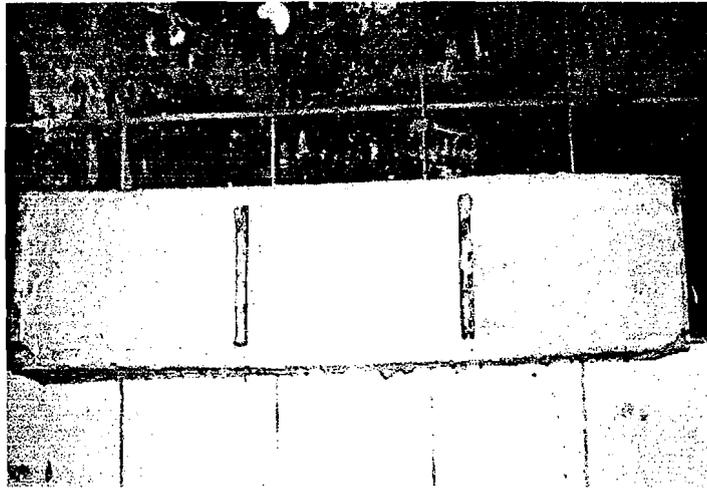
Gambar 4
Pengujian Nilai Slump



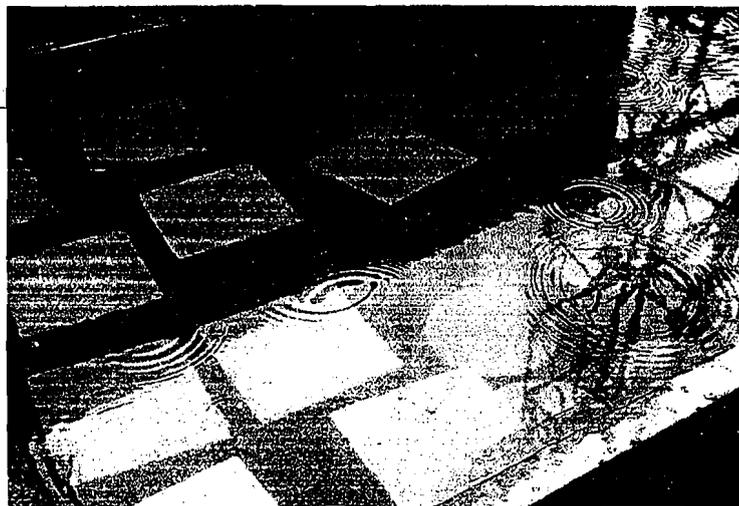
Gambar 5
Pengujian Nilai Aliran Slump



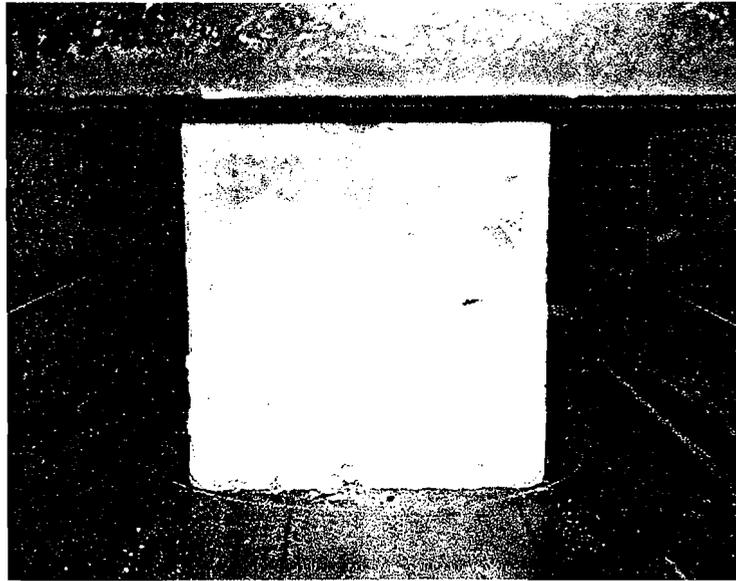
Gambar 6
Pencetakan Bebeda Uji Tekan



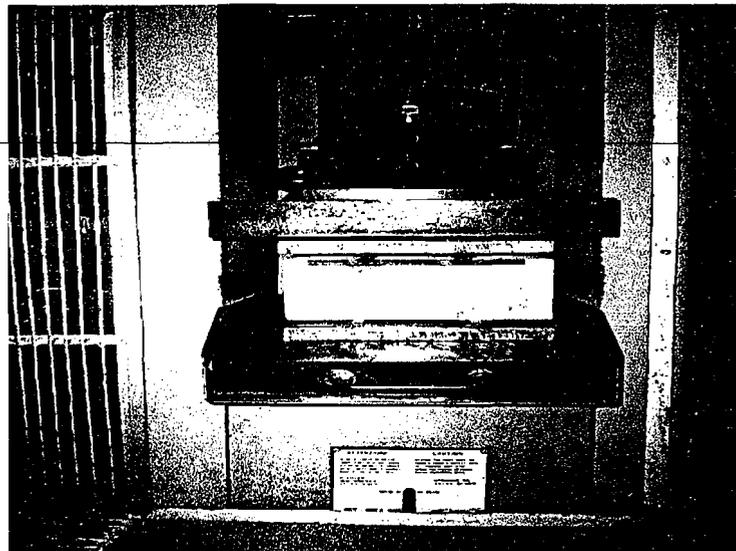
Gambar 7
Pencetakan Benda Uji Geser



Gambar 8
Perawatan Benda Uji



Gambar 9
Pengujian Kuat Tekan



Gambar 10
Pengujian Kuat Geser

Gambar 12
Hasil Pengujian Kuat Geser



Gambar 11
Hasil Pengujian Kuat Tekan

