

TUGAS AKHIR
TINJAUAN NILAI SLUMP DAN KUAT DESAK BETON
TERHADAP VARIASI PEMAKAIAN TAWAS
SEBAGAI BAHAN TAMBAH



Disusun oleh :

Nama : Rr. DANAR MASTUTI WIDIYANI
No. Mhs. : 91 310 088
N.I.R.M. : 91 0051013114120 084

Nama : NOVICA IRNANTO
No. Mhs. : 91 310 240
N.I.R.M. : 91 0051013114120 232

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

1997

TUGAS AKHIR
TINJAUAN NILAI SLUMP DAN KUAT DESAK BETON
TERHADAP VARIASI PEMAKAIAN TAWAS
SEBAGAI BAHAN TAMBAH

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagai persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Sipil

Disusun oleh :

Nama	: Rr. DANAR MASTUTI WIDIYANI
No. Mhs.	: 91 310 088
NLRM	: 91 0051013114120 084
Nama	: NOVICA IRNANTO
No. Mhs.	: 91 310 240
NLRM	: 91 0051013114120 232

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

1997

HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
TINJAUAN NILAI SLUMP DAN KUAT DESAK BETON
TERHADAP VARIASI PEMAKAIAN TAWAS
SEBAGAI BAHAN TAMBAH

Disusun oleh :

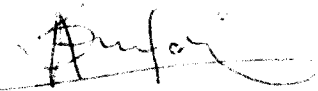
Nama : Rr. DANAR MASTUTI WIDIYANI
No. Mhs. : 91 310 088
NLRM. : 91 0051013114120 084

Nama : NOVICA IRNANTO
No. Mhs. : 91 310 240
NLRM. : 91 0051013114120 232

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. HM. SAMSUDIN
Dosen Pembimbing I

Ir. FAISOL AM, MS
Dosen Pembimbing II


Tanggal: 7/4-97


Tanggal: 5-4-97

M O T T O

" Allah mengangkat orang-orang yang beriman dari golonganmu semua dan juga orang-orang yang dikaruniai ilmu pengetahuan hingga beberapa derajat "

(QS. Mujadalah : 11)

" Dan tidak sama (antara) dua laut yang ini tawar, segar, sedap diminum dan yang lain asin lagi pahit. Dan dari masing-masing laut itu kamu dapat memakan daging yang segar dan kamu dapat mengeluarkan perhiasan yang dapat kamu memakainya, dan pada masing-masingnya kamu lihat kapal-kapal berlayar membelah laut supaya kamu dapat mencari karunia-Nya dan supaya kamu bersyukur "

(QS. Faathir : 12)

Kupersembahkan Buat:

- Ayah dan Ibu tercinta
- Kakak dan Adik-adikku tersayang

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji bagi Allah SWT, hanya dengan pertolongan dan karunia-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat sarjana pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Tugas akhir ini merupakan study penelitian laboratorium dengan topik " Tinjauan Nilai Slump dan Kuat Desak Beton Terhadap Variasi Pemakaian Tawas Sebagai Bahan Tambah". Penelitian dan pengujian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Atas segala bantuan yang telah diberikan sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan, dalam kesempatan ini kami menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Bapak Ir. Susastrawan, MS., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. M. Samsudin, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.

4. Bapak Ir. Faisol AM, MS., selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
5. Bapak Ir. Ilman Noor, MSCE, selaku Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia.
6. Segenap karyawan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia.
7. Ayah, Ibu, Kakak dan Adik-Adik tercinta, yang telah banyak memberikan batuan moril maupun spiritual.
8. Semua pihak yang telah membantu sehingga terselesaikannya tugas akhir ini.

Dengan rendah hati tanpa mengurangi tanggung jawab terhadap isi tugas akhir ini, kami menyadari laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kritik dan saran demi kesempurnaan tugas akhir ini sangat kami harapkan.

Akhir kata kami berharap mudah-mudahan hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang memerlukannya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Januari 1997

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
MOTTO	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
INTISARI	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Metodologi Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	8
2.1 Tinjauan Pustaka	8
2.2 Landasan Teori	10
2.2.1 Bahan Pembentuk Beton	10
2.2.2 Sifat-Sifat Beton	22
2.2.3 Kuat Desak Beton	26
2.2.4 Pengujian Slump	32

2.2.5	Kajian Tawas Sebagai Bahan Tambah	33
2.2.6	Metode Perancangan Adukan Beton	35
2.2.7	Hipotesis	40
BAB III	PELAKSANAAN DAN HASIL PENELITIAN	41
3.1	Persiapan Bahan Dan Peralatan	41
3.1.1	Bahan Penelitian	41
3.1.2	Peralatan Penelitian	42
3.2	Pemeriksaan Bahan	42
3.2.1	Pemeriksaan Modulus Halus Butiran (MHB) Pasir	42
3.2.2	Pemeriksaan Berat Jenis dan Berat Satuan..	43
3.3	Perhitungan Campuran Beton	44
3.4	Pembuatan dan Perawatan Benda Uji	49
3.5	Pengujian Kuat Desak Beton	49
3.6	Hasil Pengujian	50
3.6.1	Hasil Pengujian Slump	50
3.6.2	Hasil Pengujian Kuat Desak Beton	51
BAB IV	ANALISIS DAN PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN	57
4.1	Analisis Nilai Slump	57
4.2	Analisis Kuat Desak Beton	58
4.3	Pembahasan Nilai Slump Terhadap Penambahan Tawas	70
4.4	Pembahasan Kuat Desak Beton Terhadap Penambahan Tawas	71
4.5	Pembahasan Perbandingan Prosentase Kuat Desak Beton	76

BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	80
	5.1 Kesimpulan	80
	5.2 Saran	81
DAFTAR PUSTAKA		82
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Jumlah benda uji dan waktu pengujian	5
Tabel 2.1	Nilai deviasi standar	36
Tabel 2.2	Nilai k untuk beberapa keadaan	36
Tabel 2.3	Hubungan faktor air semen dengan kuat tekan silinder beton pada umur 28 hari	37
Tabel 2.4	Faktor air semen maksimum	37
Tabel 2.5	Nilai slump	37
Tabel 2.6	Ukuran maksimum agregat	38
Tabel 2.7	Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump	38
Tabel 2.8	Perkiraan kebutuhan kerikil permeter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan mhb pasir	39
Tabel 3.1	Perhitungan modulus halus butir (mhb) pasir ..	43
Tabel 3.2	Nilai slump terhadap prosentase tawas	51
Tabel 3.3	Kuat desak beton dengan penambahan tawas 0 % .	52
Tabel 3.4	Kuat desak beton dengan penambahan tawas 1 % .	53
Tabel 3.5	Kuat desak beton dengan penambahan tawas 2 % .	54
Tabel 3.6	Kuat desak beton dengan penambahan tawas 3 % .	55
Tabel 3.7	Kuat desak beton dengan penambahan tawas 4 % .	56
Tabel 4.1	Nilai slump rerata untuk berbagai prosentase penambahan tawas	57

Tabel 4.2	Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur beton	59
Tabel 4.3	Kuat desak beton rata-rata untuk berbagai prosentase tawas pada umur 7 hari	61
Tabel 4.4	Kuat desak beton rata-rata untuk berbagai prosentase tawas pada umur 14 hari	62
Tabel 4.5	Kuat desak beton rata-rata untuk berbagai prosentase tawas pada umur 21 hari	63
Tabel 4.6	Kuat desak beton rata-rata untuk berbagai prosentase tawas pada umur 28 hari	64
Tabel 4.7	Kuat desak karakteristik beton dengan penambahan tawas 0 % (beton normal)	65
Tabel 4.8	Kuat desak karakteristik beton dengan penambahan tawas 1 %	66
Tabel 4.9	Kuat desak karakteristik beton dengan penambahan tawas 2 %	67
Tabel 4.10	Kuat desak karakteristik beton dengan penambahan tawas 3 %	68
Tabel 4.11	Kuat desak karakteristik beton dengan penambahan tawas 4 %	69
Tabel 4.12	Kuat desak beton rata-rata pada umur 7 hari ..	71
Tabel 4.13	kuat desak beton rata-rata pada umur 14 hari .	71
Tabel 4.14	Kuat desak beton rata-rata pada umur 21 hari .	72
Tabel 4.15	Kuat desak beton rata-rata pada umur 28 hari .	72
Tabel 4.16	Kuat desak karakteristik beton umur 28 hari ..	72

Tabel 4.17	Prosentase kuat desak beton pada umur 7 hari terhadap beton umur 28 hari	77
Tabel 4.18	Prosentase kuat desak beton pada umur 14 hari terhadap beton umur 28 hari	77
Tabel 4.19	Prosentase kuat desak beton pada umur 21 hari terhadap beton umur 28 hari	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hubungan kuat desak beton dengan faktor air semen	28
Gambar 2.2 Pengaruh fas terhadap laju kenaikan kuat desak beton	28
Gambar 2.3 Pengaruh suhu pada laju kenaikan kuat desak beton	29
Gambar 2.4 Kuat desak beton untuk berbagai jenis semen ..	29
Gambar 2.5 Pengaruh jumlah semen terhadap kuat desak pada nilai slump sama	30
Gambar 2.6 Pengaruh jenis agregat terhadap kuat desak betan	32
Gambar 2.7 Grafik hubungan antara faktor k dan bagian hasil pemeriksaan yang diperkirakan dibawah kekuatan desak miminim	36
Gambar 4.1 Grafik hubungan nilai slump dengan prosentase tawas	58
Gambar 4.2 Grafik hubungan kuat desak beton rata-rata terhadap umur beton	73
Gambar 4.3 Grafik hubungan kuat desak karakteristik beton terhadap prosentase tawas	73

DAFTAR NOTASI

P_{mak}	= Beban desak maksimum (kN)
A	= Luas bidang desak (cm^2)
f_c kubus	= Kuat desak beton kubus (Mpa)
f_c silinder	= Kuat desak beton silinder (Mpa)
f_c	= Kuat desak beton yang didapatkan dari masing-masing benda uji (Mpa)
f'_{cr}	= Kuat desak beton rata-rata (Mpa)
f'_c	= Kuat desak karakteristik beton (Mpa)
f_{c28}	= Kuat desak beton yang dikonversikan ke umur beton 28 hari (Mpa)
N	= Jumlah benda uji
S_d	= Standar deviasi (Mpa)
m	= Nilai margin (Mpa)
k	= Konstanta ($k = 1,64$, untuk 20 benda uji)
C	= Berat semen (kg)
V_b	= Volume butiran, termasuk pori tertutup (m^3)
V_p	= Volume pori terbuka (m^3)
V_A	= Volume air (m^3)
V_S	= Volume semen (m^3)
V_K	= Volume kerikil (m^3)
V_U	= Volume udara (m^3)
V_P	= Volume pasir (m^3)
r	= Koefisien korelasi
Y_i	= Kuat desak beton rata-rata ke-i (Mpa)
X_i	= Prosentase tawas ke-i (%)

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1a Analisis regresi dan korelasi hubungan kuat desak beton dengan prosentase tawas pada umur 7 hari.
- Lampiran 1b Grafik hubungan kuat desak beton rata-rata dengan prosentase tawas pada umur 7 hari.
- Lampiran 2a Analisis regresi dan korelasi hubungan kuat desak beton dengan prosentase tawas pada umur 14 hari.
- Lampiran 2b Grafik hubungan kuat desak beton rata-rata dengan prosentase tawas pada umur 14 hari.
- Lampiran 3a Analisis regresi dan korelasi hubungan kuat desak beton dengan prosentase tawas pada umur 21 hari.
- Lampiran 3b Grafik hubungan kuat desak beton rata-rata dengan prosentase tawas pada umur 21 hari.
- Lampiran 4a Analisis regresi dan korelasi hubungan kuat desak beton dengan prosentase tawas pada umur 28 hari.
- Lampiran 4b Grafik hubungan kuat desak beton rata-rata dengan prosentase tawas pada umur 28 hari.
- Lampiran 5 Foto pelaksanaan penelitian

INTISARI

Pada pelaksanaan pekerjaan konstruksi beton dilapangan, sering dijumpai berbagai macam permasalahan. salah satu permasalahan yaitu proses pengerasan beton yang terlalu lama sehingga pembongkaran bekisting atau acuan beton, harus menunggu sampai beton benar-benar kering. Dalam menghadapi permasalahan tersebut, penggunaan admixture merupakan salah satu langkah yang cukup praktis dan seringkali dilaksanakan oleh para praktisi dilapangan.

Dalam penelitian ini, bahan kimia tawas [$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$] dipakai sebagai salah satu alternatif penggunaan bahan tambah, hal ini karena tawas mengandung senyawa kimia alumina (Al_2O_3). Alumina merupakan salah satu senyawa kimia yang dapat berfungsi sebagai bahan tambah pemercepat proses pengikatan dan pengerasan adukan beton ("accelerating admixture").

Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa penambahan tawas berpengaruh terhadap kuat desak beton. Pada penambahan tawas 2 % ke dalam adukan beton, akan didapatkan kuat desak beton yang maksimum, dengan campuran beton yang masih bisa dikerjakan. Pada beton umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari dengan penambahan tawas 2 %, kuat desak beton mengalami kenaikan. Prosentase kenaikan kuat desak tertinggi terjadi pada umur beton 7 hari, sebesar 27,2789 % dan kuat kuat desak karakteristik mengalami kenaikan sebesar 15,5387 %. Dari kenyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan tawas 2 % akan didapatkan beton yang cepat mengeras dan peningkatan kuat desak beton, sehingga bekisting atau acuan dapat lebih cepat dibuka.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Beton sebagai material yang sangat populer dan luas penggunaannya. Hampir semua elemen konstruksi dari berbagai jenis struktur dapat dibuat dari beton. Kuat desaknya yang tinggi merupakan salah satu keunggulan yang dimiliki beton. Selain itu kemudahan untuk memperoleh bahan campuran beton dan kemudahan beton dibentuk untuk memperoleh kenampakan yang diinginkan, merupakan keuntungan dari penggunaan beton.

Sejalan dengan perkembangan teknologi yang sangat pesat, teknologi betonpun mengalami perkembangan yang sangat berarti. Berbagai penelitian dan percobaan dibidang beton dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas beton. Teknologi bahan dan teknik-teknik pelaksanaan yang diperoleh dari hasil penelitian dan percobaan tersebut dimaksudkan untuk menjawab tuntutan yang semakin tinggi terhadap pemakaian beton serta mengatasi kendala-kendala yang sering terjadi pada pelaksanaan pekerjaan di lapangan, misalnya proses pengerasan beton terlalu lama sehingga pembongkaran bekisting atau acuan harus menunggu sampai beton benar-benar kering. Dalam menghadapi permasalahan tersebut penggunaan admixture merupakan salah satu langkah yang cukup

praktis dan sering kali dilaksanakan oleh para praktisi di lapangan.

Salah satu jenis bahan tambah yang dapat dicampurkan ke dalam adukan beton adalah bahan tambah pemercepat proses ikatan dan pengerasan beton ("accelerating admixture"). Dengan menambahkan bahan tambah pemercepat ini ke dalam adukan beton diharapkan dapat mempercepat proses pengikatan awal dan pengerasan adukan beton sehingga selanjutnya diharapkan pula dapat meningkatkan kuat desak beton. Dari uraian diatas diharapkan bekisting dapat dibuka lebih cepat dan kuat desak beton lebih tinggi dibandingkan dengan beton tanpa campuran bahan tambah.

Dalam penelitian ini digunakan tawas yang mempunyai rumus kimia $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ sebagai alternatif penggunaan bahan tambah pemercepat, hal ini karena tawas mengandung senyawa kimia alumina (Al_2O_3). Alumina merupakan salah satu jenis senyawa kimia yang dapat berfungsi sebagai bahan tambah pemercepat proses pengikatan dan pengerasan adukan beton. Selain itu tawas mudah didapat, harganya relatif murah, dan senyawa kimia yang terkandung dalam tawas merupakan senyawa yang terkandung pula dalam semen portland.

1.2 Pemasalahan

Bahan kimia tawas [$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$] yang ada dipasaran, umumnya dikenal oleh masyarakat luas sebagai bahan untuk menjernihkan air. Tawas didalam air mempunyai sifat mengikat koloid-koloid yang melayang-layang menjadi suatu massa yang

besar sehingga dapat dengan mudah mengendap atau bersifat sebagai koagulan.

Dari tinjauan diatas, tawas dalam campuran beton yang akan terurai menjadi senyawa alumina (Al_2O_3) dan sulfur (SO_3) diharapkan dapat membantu proses ikatan awal dan pengerasan adukan beton, dan selanjutnya diharapkan dapat meningkatkan kuat desak beton. Dari uraian tersebut dapat ditarik suatu permasalahan yang perlu dicari penyelesaiannya, adapun pokok permasalahan tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut ini.

- a. Berapa prosentase tawas yang dapat ditambahkan ke dalam adukan beton sehingga diperoleh kuat desak beton yang maksimum dan adukan beton masih bisa dikerjakan.
- b. Bagaimana pengaruh tawas sebagai bahan tambah pemercepat ("accelerating admixture") terhadap nilai slump dan kuat desak beton.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh variasi pemakaian tawas sebagai bahan tambah terhadap nilai slump dan kuat desak beton, serta untuk mengetahui prosentase tawas yang dapat ditambahkan ke dalam adukan beton sehingga diperoleh kuat desak beton maksimum, dengan adukan beton yang masih bisa dikerjakan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini antara lain:

1. penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu teknologi beton, khususnya mengenai bahan tambah permercepat ("accelerating admixture"),
2. dengan menambahkan bahan tambah tawas, diharapkan acuan beton dapat di buka lebih cepat, hal ini bagi pengusaha jasa konstruksi akan menguntungkan karena akan menghemat waktu dan biaya produksi,
3. bagi peneliti, penelitian ini akan menambah wawasan ilmu pengetahuan tentang bahan tambah, khususnya pemakaian bahan kimia tawas sebagai salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk bahan tambah pemercepat ("accelerating admixture") yang mudah didapat dan relatif murah harganya.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini hanya dititikberatkan untuk mengetahui pengaruh nilai slump dan kuat desak beton terhadap variasi penambahan tawas. Agar masalah yang akan diteliti lebih terarah dan memudahkan pembahasan, maka dibuat batasan masalah. Adapun batasan masalah tersebut meliputi hal-hal sebagai berikut ini.

1. Benda uji direncanakan dengan disain campuran mempunyai kuat desak beton rencana 22,5 Mpa (K-225).
2. Disain campuran beton menggunakan metode ACI ("American Concrete Institut").

3. Penelitian dilakukan dengan memakai benda uji kubus ukuran $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$.
4. Bahan tambah yang digunakan adalah bahan kimia tawas yang mempunyai rumus kimia $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$.
5. Bahan tawas yang ditambahkan kedalam campuran beton, bervariasi mulai dari 0% ; 1% ; 2% ; 3% dan 4% terhadap berat semen. Penambahan tawas ini dilakukan dengan cara melarutkan kedalam air yang akan digunakan untuk campuran beton.
6. Kondisi agregat kasar (split) dan agregat halus (pasir) untuk setiap pencampuran adukan beton, dibuat sama yaitu dalam kondisi kering udara.
7. Jumlah benda uji untuk satu jenis variasi penambahan tawas sebanyak 20 benda uji, (lihat tabel 1.1).

Tabel 1.1 Jumlah benda uji dan waktu pengujian

No	Prosentase Tawas	Jml benda uji dan waktu pengujian				Jumlah
		7 Hari	14 Hari	21 Hari	28 Hari	
1	0 %	5	5	5	5	20
2	1 %	5	5	5	5	20
3	2 %	5	5	5	5	20
4	3 %	5	5	5	5	20
5	4 %	5	5	5	5	20

1.6 Metodologi Penelitian

Dalam suatu penelitian agar pelaksanaan penelitian dan tujuan yang diinginkan dapat berjalan dengan sistematis dan lancar, maka harus digunakan suatu metodologi penelitian. Metodologi penelitian yang digunakan disesuaikan dengan prosedur, alat serta jenis penelitian.

Metodologi penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Tahap perumusan masalah

Tahap ini meliputi perumusan terhadap topik penelitian, perumusan tujuan serta pembatasan permasalahan.

2. Tahap perumusan teori

Pada tahap ini dilakukan perumusan tinjauan pustaka dan landasan teori, terhadap teori yang melandasi penelitian serta ketentuan-ketentuan yang dijadikan ukuran dalam penelitian. Dari tinjauan pustaka dan landasan teori tersebut, disusun hipotesis terhadap pokok penelitian.

3. Tahap pelaksanaan penelitian

Pelaksanaan penelitian disesuaikan dengan jenis penelitian dan hasil yang ingin didapat. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Tahapan pelaksanaan penelitian sebagai berikut.

- a. Penelitian terhadap bahan dasar pembentuk beton, yaitu agregat kasar (split) dan agregat halus (pasir) untuk mengetahui sifat dan karakteristik bahan tersebut.
- b. Perhitungan rencana campuran beton berdasarkan data yang diperoleh pada penelitian bahan diatas.
- c. Pelaksanaan pembuatan benda uji kubus beton, urutan pelaksanaan pekerjaan tersebut meliputi menyiapkan alat dan bahan, pencampuran adukan beton, pengujian nilai slump, pencetakan, perawatan dan pengujian kuat desak beton.

4. Tahap analisis dan pembahasan

Analisis dilakukan terhadap hasil pengujian laboratorium, hasil pengujian tersebut dibandingkan dengan hipotesis, kemudian dilakukan pembahasan terhadap hasil penelitian yang ditinjau berdasarkan teori yang melandasi.

5. Penarikan kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dapat diambil kesimpulan berdasarkan teori yang digunakan untuk menjawab pemecahan terhadap permasalahan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Bahan campuran tambahan ("admixture") adalah bahan yang bukan air, agregat, maupun semen, yang ditambahkan ke dalam campuran beton sesaat atau selama pencampuran. Fungsi bahan campuran tambahan tersebut adalah untuk mengubah sifat-sifat beton agar menjadi cocok untuk pekerjaan tertentu, atau ekonomis, atau untuk tujuan lain seperti menghemat energi. Bahan tambah pemercepat ditambahkan ke dalam campuran beton untuk mengurangi waktu pengeringan dan mempercepat pencapaian kekuatan. (NAWY EG, 1990)

Bahan kimia tambahan ("chemical admixture") ialah bahan tambah yang dicampurkan ke dalam adukan beton dengan maksud agar diperoleh sifat-sifat yang sedikit berbeda pada beton segar atau beton yang dihasilkannya, misalnya sifat pengerjaan yang lebih mudah, sifat pengikatan yang lebih cepat, laju kenaikan kekuatan yang lebih cepat. Sebelum bahan kimia tambahan dipakai, sebaiknya dibuktikan lebih dahulu dengan percobaan laboratorium untuk memastikan manfaat dari bahan tambah tersebut. (Kardiyono Tjokrodinulyo, 1992)

Bahan untuk mempercepat pengerasan ("accelerator"), berfungsi untuk mempercepat pengerasan beton dan mempercepat peningkatan kekuatan beton. Penggunaan bahan pemercepat ini, memungkinkan pelepasan acuan lebih awal dan konsekuensinya mengurangi biaya, karena produksi akan lebih cepat. Bahan kimia yang dapat digunakan sebagai pemercepat pengerasan beton adalah kalsium klorida, alumunium klorida dan bahan kimia yang berintikan karbonat, silikat, alumunium dan silico flurides. Dalam pemilihan dan pemakaian bahan kimia tersebut perlu diperhatikan masalah yang dapat mempengaruhi kekuatan beton, misalnya korosi pada tulangan di dalam beton, ketahanan terhadap agresi sulfat dan sifat sensitif pada komposisi kimia dari semen. (L.J. Murdock dan K.M. Brook, 1986)

Bahan tambah seharusnya hanya berguna kalau sudah ada evaluasi yang teliti tentang pengaruhnya pada beton, khususnya dalam kondisi dimana beton diharapkan akan digunakan. Dalam hal-hal yang meragukan terutama untuk pekerjaan-pekerjaan khusus, perlu diadakan pemeriksaan pada contoh-contoh yang mewakili, agar diperoleh informasi yang dapat dipercaya. 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 yang diperbaiki itu antara lain kecepatan hidrasi atau waktu ikat, kemudahan pengerjaan, dan kekedapan terhadap air. (Kardiyono Tjokrodinulyo, 1992)

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Bahan Pembentuk Beton

Beton adalah suatu komposisi yang terbentuk dari empat bahan pokok, yaitu :

1. semen,
2. agregat halus,
3. agregat kasar,
4. air,
5. bahan tambah ("admixture"), untuk mengubah sifat-sifat beton sesuai dengan yang diinginkan.

Material tersebut diaduk dengan rata sampai bersifat plastis, kemudian dituangkan kedalam cetakan dan dibiarkan beberapa jam hingga mengeras. Pengerasan tersebut terjadi oleh peristiwa reaksi kimia antara air dengan semen, dan hal ini berjalan selama waktu yang panjang, dan akibatnya campuran tersebut selalu bertambah keras setara dengan umurnya. Beton yang sudah keras dapat dianggap sebagai batu tiruan.

Kekuatan, keawetan dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat-sifat bahan dasar pembentuknya, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan, dan cara perawatan selama proses pengerasan.

Ditinjau dari fungsinya, material pembentuk beton mempunyai fungsi yakni, semen dan air membentuk pasta semen yang berfungsi sebagai perekat, kemudian pasta semen bersama agregat halus (pasir) membentuk mortar untuk mengikat agregat kasar (kerikil) menjadi satu kesatuan yang kompak. Fungsi

dari bahan tambah adalah untuk mempengaruhi perilaku semen dalam adukan beton, baik sebagai pengendali waktu pengikatan, mereduksi air, membentuk gelembung udara atau menambah kekuatan dalam mengadakan ikatan.

1. Semen

Secara umum semen dapat dikatakan sebagai material sangat halus yang mempunyai sifat adhesif maupun kohesif dan dapat mengikat butiran-butiran agregat menjadi satu kesatuan yang kompak dan kuat. Semen yang dipakai dalam pembuatan beton dapat terbentuk dan mengeras dalam air melalui reaksi kimia, sehingga disebut semen hidrolis.

Semen portland merupakan semen hidrolis berbentuk serbuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang mengandung kapur, silika, alumina dan kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambah yang dibakar dengan suhu 1550 °C.

Nama "portland semen" diusulkan oleh Joseph Asphin pada tahun 1824. Nama itu diusulkan karena berbentuk bubuk yang dicampur dengan air, pasir dan batu-batuan yang ada di pulau Portland, Inggris. Pertama kali semen portland diproduksi (dengan pabrik) di Amerika Serikat oleh David Saylor di kota Coplay, Pennsylvania, pada tahun 1875.

Semen portland dibuat dengan melalui beberapa langkah, sehingga sangat halus dan memiliki sifat adhesif dan kohesif. Semen diperoleh dengan membakar secara bersamaan suatu campuran yang mengandung kalsium karbonat atau batu gamping dan

yang mengandung alumina dengan perbandingan tertentu. Setelah itu dikeluarkan, didinginkan dan dihaluskan sampai halus seperti bubuk. Biasanya ditambahkan gips atau kalsium sulfat sebagai bahan pengontrol waktu pengikatan.

Reaksi kimia antara semen portland dengan air menghasilkan senyawa-senyawa yang disertai dengan pelepasan panas. Kondisi ini mengandung resiko besar terhadap penyusutan kering beton dan kecenderungan retak pada beton. Reaksi semen dengan air dibedakan menjadi dua yaitu periode pengikatan dan periode pengerasan. Pengikatan merupakan peralihan dari keadaan plastis keadaan keras, sedangkan pengerasan adalah penambahan kekuatan setelah proses pengikatan selesai.

Semen portland sebagai bahan penyusun beton mempunyai sifat sebagai berikut ini.

1. Susunan kimia

Ketika semen dicampur dengan air, timbul reaksi kimia antara unsur-unsur penyusun semen dengan air. Reaksi-reaksi ini menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan terjadinya proses ikatan dan pengerasan. Ada empat oksida utama pada semen akan membentuk senyawa-senyawa kimia yaitu, sebagai berikut.

a. Trikalsium Silikat, $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (C_3S)

Sifatnya hampir sama dengan sifat semen umumnya yaitu apabila ditambah dengan air senyawa ini akan mengeras dalam beberapa jam, dengan melepaskan panas. Kuantitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruhnya terhadap kekuatan beton pada awal umumnya, terutama dalam 14 hari pertama.

b. Dikalsium Silikat, $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (C_2S)

Senyawa ini berpengaruh terhadap proses peningkatan kekuatan yang berlangsung perlahan dengan pelepasan panas yang lambat, yang terjadi dari 14 sampai 28 hari dan seterusnya. Proporsi yang banyak dalam semen akan menyebabkan semen mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap agresi kimia yang relatif tinggi dan penyusutan kering yang relatif rendah.

c. Trikalsium Aluminat, $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (C_3A)

Senyawa ini mengalami hidrasi sangat cepat disertai pelepasan panas yang besar, menyebabkan pengerasan awal tetapi kurang kontribusinya pada kekuatan batas, kurang ketahanannya terhadap agresi kimiawi, paling menonjol mengalami disintegrasi oleh sulfat air tanah dan sangat besar untuk retak oleh perubahan volume.

d. Tetrakalsium Aluminoforit, $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (C_4AF)

Senyawa ini tidak tampak pengaruhnya terhadap kekuatan dan sifat-sifat semen keras lainnya.

2. Hidrasi semen

Bilamana semen bersentuhan 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 dibagian 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 tahap hidrasi berikutnya, pasta

semen terdiri dari gel (suatu butiran sangat halus hasil hidrasi yang memiliki luas permukaan amat besar) dan sisa-sisa semen yang tak bereaksi, kalsium hidroksida Ca(OH)_2 , air dan beberapa senyawa yang lain.

3. Kekuatan pasta semen dan faktor air semen

Kekuatan semen yang telah mengeras tergantung pada jumlah air yang dipakai waktu proses hidrasi berlangsung. Pada dasarnya jumlah air yang diperlukan untuk proses hidrasi hanya kira-kira 25 % dari berat semennya, penambahan jumlah air akan mengurangi kekuatan setelah mengeras. Air yang berlebihan memang akan memudahkan pencampuran beton secara baik, memudahkan pengadukan dan dapat dicetak tanpa rongga yang besar (tidak keropos). Akan tetapi, hendaknya selalu diusahakan jumlah air sedikit mungkin agar kekuatan beton tidak terlalu rendah.

4. Sifat fisik semen

Sifat fisik semen antara lain kehalusan butir, waktu ikat dan berat jenis semen. Halusnya butir semen akan meningkatkan daya kohesi pada beton segar dan mengurangi bleeding, tetapi akan mempunyai sifat susut yang lebih besar dan retak mudah terjadi. Waktu ikat semen dan air dipengaruhi oleh jumlah air, kehalusan semen, temperatur dan penambahan zat kimia tertentu.

Waktu ikat ini penting sebagai pertimbangan waktu pengangkutan, penuangan, pemadatan dan perataan muka. Berat jenis semen berkisar pada 3,15. Berat jenis bukan merupakan petunjuk dari kualitas semen, nilai ini hanya digunakan dalam hitungan perbandingan campuran saja.

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland di Indonesia menurut PUBI 1982, dibagi menjadi 5 jenis, yaitu sebagai berikut.

Jenis I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

Jenis II : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.

Jenis III : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.

Jenis IV : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.

Jenis V : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

(Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992)

2. Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70 % volume beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton karena sangat berpengaruh terhadap sifat dan mutu beton.

Sifat-sifat yang paling penting dari suatu agregat adalah kekuatan hancur, dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap perubahan musim, agresi zat kimia dan penyusutan.

Maksud dari penggunaan agregat dalam adukan beton adalah menghasilkan kuat desak yang besar pada beton, mengurangi susut pengerasan pada beton, mencapai susunan pampat betonnya dengan gradasi yang baik dari butirannya, memberikan kekerasan sehingga mampu menahan beban, goresan dan cuaca. Penggunaan agregat juga ditujukan untuk mengontrol sifat dapat dikerjakan ("workability") adukan beton plastis dengan gradasi baik dan menurunkan nilai ekonomi karena penggunaan agregat akan menghemat penggunaan semen.

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak digunakan adalah berdasarkan pada ukuran butirannya. Agregat yang mempunyai ukuran butiran besar disebut agregat kasar, sedangkan yang berbutir kecil disebut agregat halus. Dalam praktek agregat umumnya digolongkan menjadi tiga kelompok, yaitu:

- a. batu, untuk besar butiran lebih besar dari 40 mm,
- b. kerikil, untuk butiran antara 5 mm dan 40 mm,
- c. pasir, untuk butiran antara 0,15 mm dan 5 mm.

Pada penelitian ini, dalam campuran beton digunakan split sebagai agregat kasar dan pasir sebagai agregat halus. Sifat-sifat, karakteristik serta persyaratan kedua macam agregat tersebut akan dijelaskan sebagai berikut ini.

1. Agregat halus (pasir)

Agregat halus berupa pasir alam, terbentuk dari pecahan batu yang diperoleh dari sumber endapan yang bermacam-macam kondisinya. Jenis batumannya tergantung dari asal pembentukannya, misalnya dari dalam tanah yang disebut sebagai pasir galian dan dari dasar sungai yang disebut sebagai pasir sungai. Agregat halus (pasir) sangat berperan

dalam menentukan mudahnya pengerjaan ("workability"), kekuatan ("strength"), dan tingkat keawetan ("durability"). Oleh karena itu mutu pasir perlu dikendalikan agar diperoleh beton yang lebih seragam. Pasir bersama semen dan air membentuk mortal yang berfungsi untuk mengikat agregat kasar menjadi satu kesatuan yang kuat dan kompak. Dengan demikian baik tidaknya ikatan ini sangat tergantung dari mutu dan kekuatan mortalnya. Peraturan Beton Bertulang Indonesia, 1971, memberikan batasan pada pasir yang dapat digunakan sebagai bahan campuran beton, yaitu sebagai berikut.

- a. Agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras, bersifat kekal dalam arti tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti panas matahari atau hujan.
- b. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui saringan 0,063 mm. Apabila kandungan lumpur melampaui 5 %, maka agregat halus harus dicuci.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak. Hal ini dapat dilakukan dengan percobaan warna (memakai larutan NaOH) dan hasilnya harus sesuai dengan warna standar.
- d. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan melewati saringan 4,75 mm.
- e. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton.

2. Agregat kasar (kerikil)

Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah (split) yang diperoleh dari pemecahan batu yang lebih besar. Untuk menghasilkan beton yang mempunyai sifat mudah dikerjakan ("workability") yang baik, homogen dan kerapatan yang baik maka diperlukan ukuran butiran (gradasi) kerikil yang baik. Peraturan Beton Bertulang Indonesia, 1971 memberikan batasan agregat kasar yang memenuhi syarat, yaitu sebagai berikut.

- a. Agregat kasar harus terdiri dari butiran-butiran yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir pipih tersebut tidak melampaui 20 % dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
- b. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 % (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian yang dapat melalui saringan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 1 % maka agregat kasar harus dicuci.
- c. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat yang reaktif alkali.
- d. Kohorensi dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan penguji Rudellif atau mesin Los Angeles dengan syarat-syarat tertentu.

- e. Agregat kasar terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan tidak melewati saringan 4,75 mm.
- f. Besar butiran agregat maksimum tidak boleh lebih dari $1/5$ jarak terkecil antar bidang-bidang samping dari cetakan, $3/4$ dari tebal pelat, atau $3/4$ dari jarak bersih minimum antara berkas tulangan.

Agregat kasar dalam campuran adukan beton yang menggunakan kerikil dengan tekstur permukaan bersudut, akan menghasilkan kekuatan yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan kerikil bertekstur bulat dan licin. Pemakaian batu pecah (split) sebagai agregat kasar akan lebih baik, karena permukaannya mempunyai sudut yang tajam dan dihasilkan dari batu alam yang keras. (Kardiyono Tj., 1982)

3. Air

Air merupakan bahan dasar penyusun beton yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen dan untuk bahan pelumas antara agregat, agar didapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang dibutuhkan hanya 30 % dari berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air ini yang dipakai sebagai pelumas. Tetapi perlu dicatat bahwa tambahan air untuk pelumas tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan rendah serta beton akan porous. Secara umum air yang dapat digunakan untuk pencampuran beton adalah air yang bila dipakai akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90 % kekuatan beton yang menggunakan air suling.

Menurut PUBI 1982, dalam pemakaian untuk adukan beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut.

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

Air untuk perawatan beton, dapat juga dipakai air yang dipakai untuk pengadukan, tetapi harus yang tidak menimbulkan noda atau endapan yang merusak warna permukaan hingga tidak sedap dipandang. Besi dan zat organis dalam air umumnya sebagai penyebab utama pengotoran atau perubahan warna, terutama jika perawatan cukup lama. (Kardiyono Tj., 1992)

4. Bahan Kimia Tambahan

Bahan kimia tambah adalah bahan tambah yang dicampurkan kedalam adukan beton dengan maksud agar diperoleh sifat-sifat yang sedikit berbeda pada beton yang dihasilkan. Sifat-sifat tersebut, misalnya pengerjaan yang lebih mudah, proses pengikatan awal dan pengerasan lebih tinggi, laju kekuatan yang lebih cepat dan sebagainya.

Menurut PUBI 1982, bahan kimia tambahan dapat dibedakan menjadi 5 jenis, yaitu sebagai berikut.

1. Bahan kimia tambahan untuk mengurangi jumlah air yang dipakai. Dengan pemakaian bahan ini diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai slump yang sama, ("water reducing admixture").

2. Bahan kimia tambahan untuk memperlambat proses ikatan dan pengerasan beton, ("retarder").
3. Bahan kimia tambahan untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton, ("accelerating admixture").
4. Bahan kimia tambahan berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat proses ikatan dan pengerasan beton.
5. Bahan kimia tambahan berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.

Pada penelitian ini digunakan bahan kimia tawas dengan rumus kimia $Al_2(SO_4)_2 \cdot 18H_2O$ sebagai alternatif bahan kimia tambahan. Senyawa kimia alumunium sulfat yang terkandung dalam tawas merupakan salah satu jenis senyawa yang berfungsi sebagai pemercepat pengikatan ("accelerator"), dari tinjauan tersebut pada penelitian ini bahan kimia tawas digunakan sebagai bahan kimia tambah pemercepat pengikatan awal dan pengerasan beton ("accelerating admixture").

Bahan kimia tawas didalam adukan beton akan terurai menjadi alumina (Al_2O_3) dan sulfur trioksida (SO_3), kedua senyawa tersebut merupakan senyawa yang terdapat pula dalam semen sehingga pada proporsi tertentu tidak menimbulkan efek samping terhadap beton dan tulangnya. Dengan penambahan tawas ini akan mengakibatkan bertambahnya jumlah kandungan alumina dalam semen, menurut Murdock dan Brook dalam buku Bahan dan Praktek Beton, bilamana di dalam semen terdapat senyawa alumina berkadar tinggi dan silika pada kadar rendah

maka semen akan mengikat dengan cepat dan kekuatannya tinggi. Selain itu semen dengan alumina tinggi sama kuat atau bahkan lebih kuat (pada umur 24 jam) dari pada semen portland biasa (pada umur 28 hari).

2.2.2 Sifat-Sifat Beton

Sifat-sifat beton dapat dipengaruhi oleh proporsi campuran, kualitas bahan, cara pelaksanaan dan perawatan beton. Sifat-sifat beton dapat ditinjau dalam dua keadaan, yaitu sebagai berikut.

1. Sifat beton sebelum mengeras.
2. Sifat beton sesudah mengeras.

1. Sifat Beton Sebelum Mengeras

Sifat beton yang baru selesai dicampur dan proses pengikatannya belum dimulai biasanya ditinjau dari sifat mudah dikerjakan. Maksud sifat mudah dikerjakan sekurang-kurangnya mempunyai 3 sifat, yaitu sebagai berikut.

1. Kompaktibilitas, yaitu kemudahan beton untuk dipadatkan dengan baik dan rongga-rongga udara dapat dikeluarkan.
2. Mobilitas, yaitu kemudahan beton untuk dapat mengalir ke dalam cetakan dan disekitar tulangan.
3. Stabilitas, yaitu kemudahan beton untuk tetap sebagai massa yang homogen, stabil selama penuangan dan pemadatan tanpa terjadi pemisahan ("segresi") butiran dari bahan utamanya.

Sifat kemudahan pengerjaan beton segar dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya sebagai berikut.

1. Jumlah relatif dari pasta dan agregatnya

Semakin banyak pasta dalam campuran, gradasi dari agregat semakin tidak penting karena tempat kosong diantara butiran agregat dapat dipenuhi oleh pasta semen. Jika jumlah pasta semen dikurangi, maka jumlah pasta semen tidak mencukupi untuk menempati rongga-rongga diantara butiran agregat sehingga campuran akan tampak kasar dan sukar dikerjakan.

2. Plastisitas adukan beton

Plastisitas adukan beton sangat tergantung pada perbandingan jumlah semen dan air, alasannya bila pada campuran kadar airnya ditambah sedang kadar semennya tetap maka pasta semen akan sulit untuk mengadakan pengikatan dengan agregatnya yang menyebabkan terjadinya pemisahan bahan. Sedangkan bila campuran kekurangan air, maka reaksi kimia (hidrasi) semen tidak berjalan sempurna dan adukan sulit untuk dipadatkan. Oleh sebab itu dalam perencanaan adukan beton harus ditetapkan kadar semen minimum dan faktor air semen maksimum.

3. Gradasi agregat

Gradasi agregat mempengaruhi plastisitas adukan, karena jumlah pasta semen yang diperlukan untuk mengisi tempat disekitar agregat dengan baik akan dipenuhi. Gradasi yang kurang baik akan menghambat gerakan butiran agregat.

Secara keseluruhan arti workabilitas adalah sifat beton segar yang menentukan sifat pengerjaan dengan kehilangan keseragaman seminimal mungkin. Beton yang mudah dikerjakan adalah beton yang saat dicetak tetap plastis, kohesif, tidak keropos dan mempunyai konsistensi yang baik.

Selain itu yang perlu diperhatikan dalam menentukan tingkat workabilitas adalah kemungkinan terjadinya hal-hal sebagai berikut.

1. Segresi

Segresi adalah pemisahan dari berbagai butiran campuran beton segar, yang disebabkan oleh penggunaan air pencampur terlalu banyak dan penggetaran terlalu lama. Komponen penyusun beton cenderung untuk memisahkan diri karena akan terjadi pengendapan pada partikel yang berat dan partikel ringan akan menuju ke permukaan adukan.

2. Bleeding

Bleeding adalah peristiwa keluarnya air ke permukaan beton setelah dipadatkan tetapi belum mengeras, hal ini terjadi karena pencampuran air terlalu banyak. Kondisi bleeding dapat terlihat langsung pada permukaan beton.

(Kardiyono Tjokrodinulyo, 1982)

2. Sifat Beton Setelah Mengeras

Beton dalam keadaan yang telah mengeras, mempunyai sifat-sifat diantaranya sebagai berikut ini.

1. Kekuatan ("Strength")

Sifat kekuatan beton setelah mengeras, meliputi kekuatan desak, kekuatan tarik dan kekuatan gesar. Beton mempunyai

kuat desak yang lebih tinggi dibandingkan dengan kekuatan lainnya. Besar kuat tarik beton berkisar 10 % - 15 % dari kuat desaknya sedangkan kuat gesernya sekitar 20 % dari kuat desaknya. Berdasarkan kondisi tersebut maka dalam perencanaan, beton hanya diperhitungkan untuk menahan gaya desak. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai kuat desak beton adalah :

- a. mutu bahan (semen, agregat dan air),
- b. proporsi campuran,
- c. pelaksanaan,
- d. perawatan.

2. Daya tahan ("Durability")

Beton dikatakan mempunyai daya tahan yang baik apabila dapat bertahan pada kondisi tertentu tanpa mengalami kerusakan selama bertahun-tahun. Kondisi yang dapat mengurangi daya tahan beton dapat disebabkan oleh faktor dari luar dan dari dalam beton itu sendiri. Faktor dari luar misalnya cuaca, temperatur dan zat-zat reaktif dari alam maupun dari industri. Sedangkan faktor dari dalam adalah akibat reaksi antara penyusun beton dengan senyawa alkali dan permeabilitas.

3. Rangkak ("Creep")

Rangkak adalah perubahan bentuk yang tidak elastis akibat dari pembebanan. Rangkak merupakan sifat dari beberapa material yang akan mengalami deformasi untuk jangka waktu yang panjang pada tegangan atau pembebanan yang konstan. Akibat dari rangkak adalah dapat menambah defleksi pada

konstruksi. Rangkak dapat diakibatkan karena bahan penyusun beton yang tidak homogen, sehingga kadar beton masih tersisa adanya pori-pori dan pori-pori tersebut akan menutup bila terjadi pembebanan pada beton. Deformasi yang terjadi pada beton besarnya sebanding dengan besarnya tegangan yang bekerja (untuk harga tegangan tertentu). Beton yang berkualitas tinggi akan menunjukkan proses rangkakan yang lebih kecil dibandingkan dengan beton yang berkekuatan tinggi. (Kardiyono Tjokrodinulyo, 1992)

2.2.3 Kuat Desak Beton

Sifat beton pada umumnya lebih baik jika kuat desaknya lebih tinggi. Dengan demikian untuk meninjau mutu beton biasanya secara kasar hanya ditinjau kuat desaknya saja. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat desak beton antara lain sebagai berikut.

1. Faktor air semen.
2. Umur beton.
3. Jenis semen.
4. Jumlah semen.
5. Sifat agregat.

1. Faktor Air Semen

Faktor air semen adalah angka yang menyatakan perbandingan berat air dengan berat semen. Teori faktor air semen menyatakan bahwa untuk suatu kombinasi bahan yang sudah memenuhi konsistensi untuk dikerjakan, kekuatan beton pada umur tertentu tergantung kepada perbandingan berat air dan

berat semen dalam campuran beton. Dengan perkataan lain jika angka perbandingna air terhadap semen sudah tertentu, maka kekuatan beton yang direncanakan pada umur tertentu pada dasarnya dapat diperoleh dengan syarat bahwa campuran tersebut dapat dikerjakan, agregatnya baik, tahan lama dan bebas dari material yang merugikan.

Hubungan antara faktor air semen dengan kuat desak beton secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan oleh Duff Abrams (1919), sebagai berikut.

$$f_c = \frac{A}{B^{1,5 \cdot x}}$$

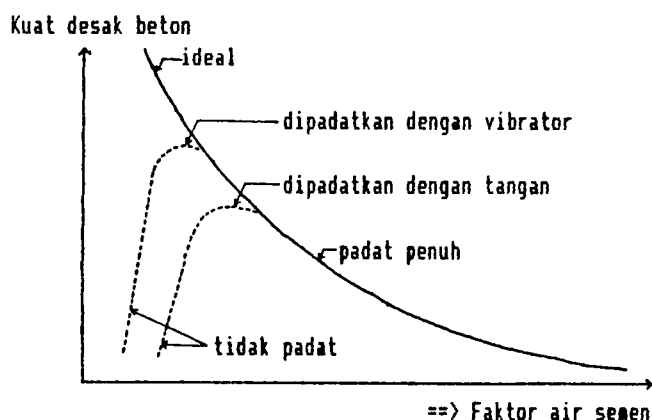
Dengan :

f_c = kuat desak beton,

x = fas (yang semula dalam proporsi volume),

A, B = konstanta.

Dari rumus diatas dan gambar 2.1 maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar faktor air semen semakin rendah kuat desak betonnya dan semakin rendah faktor air semen kuat desaknya semakin tinggi. Walaupun semakin rendah faktor air semen kekuatan beton semakin tinggi, akan tetapi dibawah fas tertentu (sekitar 0,40) kuat desak beton akan rendah, hal ini terjadi karena kesulitan dalam pemadatan adukan beton sehingga beton menjadi kurang padat. (Kardiyono Tjokrodinulyo, 1992)

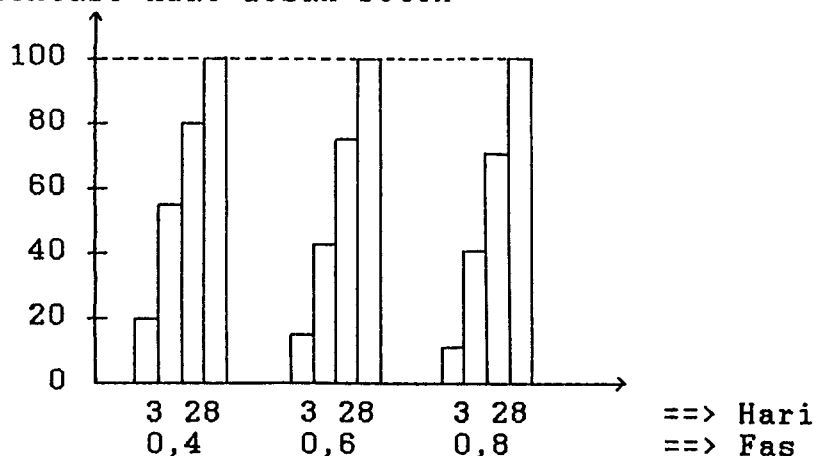


Gambar 2.1 Hubungan kuat desak beton dengan faktor air semen

2. Umur Beton

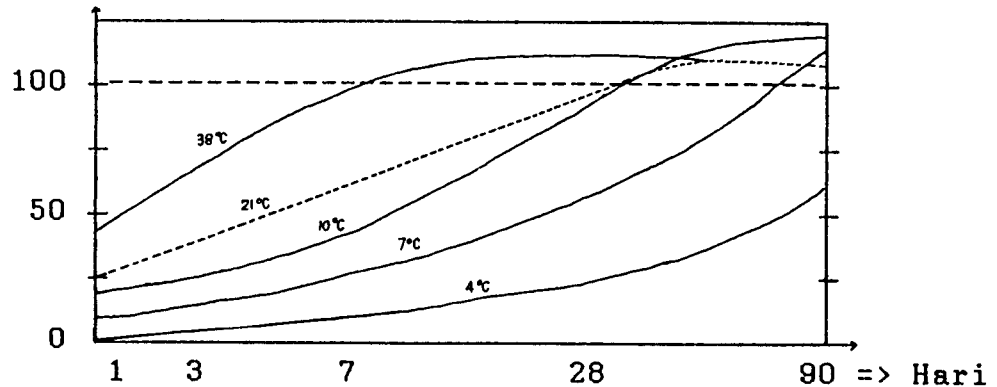
Kuat desak beton bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain, faktor air semen dan suhu perawatan. Semakin tinggi faktor air semen semakin lambat kenaikan kekuatan beton dan semakin tinggi suhu perawatan semakin cepat kenaikan kekuatannya, seperti pada gambar 2.2 dan gambar 2.3. (Kardiyono Tj., 1992)

Prosentase kuat desak beton



Gambar 2.2 Pengaruh fas terhadap laju kenaikan kuat desak beton

Prosentase kuat desak beton

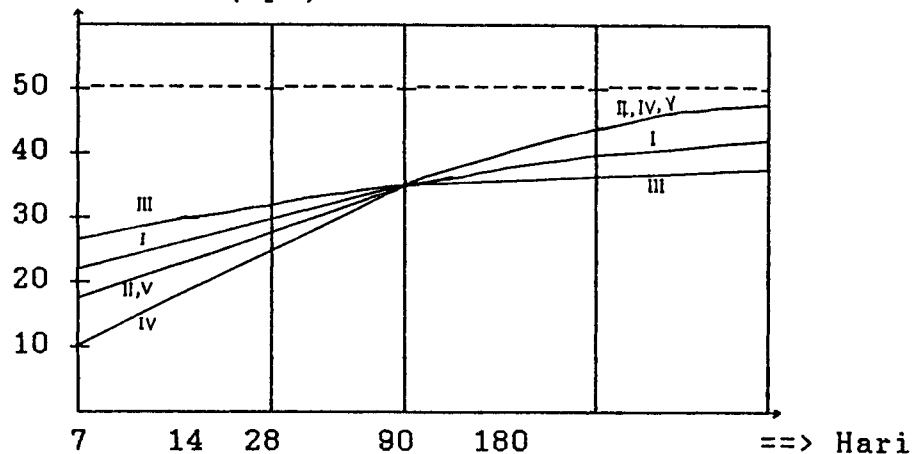


Gambar 2.3 Pengaruh suhu pada laju
kenaikan kuat desak beton

3. Jenis Semen

Beberapa macam jenis semen telah dijelaskan pada bagian awal, yaitu meliputi semen jenis I, II, III, dan jenis IV. Kecepatan penambahan kekuatan semen dan beton, tergantung dari senyawa yang terkandung dalam jenis semen dan penggunaan jenis semen dipengaruhi oleh tujuan konstruksi beton yang akan dipakai. Hubungan kuat desak beton dengan jenis semen, lihat gambar 2.4. (Kardiyono Tjokrodinulyo, 1982)

Kuat desak beton (Mpa)

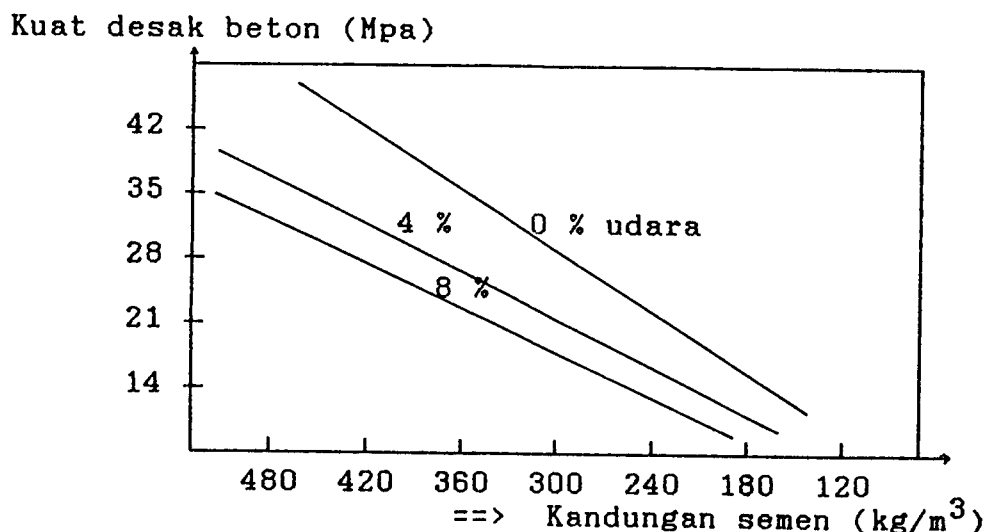


Gambar 2.4 Kuat desak beton untuk
berbagai jenis semen

4. Jumlah Semen

Jika faktor air semen sama, beton dengan kandungan semen lebih sedikit mempunyai kekuatan yang lebih sedikit karena dengan jumlah semen lebih sedikit berarti jumlah air juga sedikit, pastinya juga sedikit. Ini berarti kandungan pori lebih sedikit daripada beton dengan kandungan semen banyak. Jika faktor air semen sama dan kandungan semen lebih sedikit maka akan terjadi adukan yang kental sehingga pengadukannya lebih sulit.

Apabila nilai slump sama, (nilai faktor air semen berubah) beton akan mempunyai kekuatan lebih tinggi jika kandungan semen lebih banyak. Hal ini karena nilai slump banyak ditentukan oleh jumlah air dalam adukan, sehingga variasi hanya terjadi pada jumlah semen dan agregat saja. Jika jumlah semen banyak maka akan mengurangi nilai faktor air semen, berarti penambahan kekuatan beton. Untuk kondisi seperti ini jumlah semen per meter kubik beton mempengaruhi kekuatan beton. Pengaruh jumlah semen terhadap kuat desak pada nilai slump sama, lihat gambar 2.5. (Kardiyono Tj., 1992)



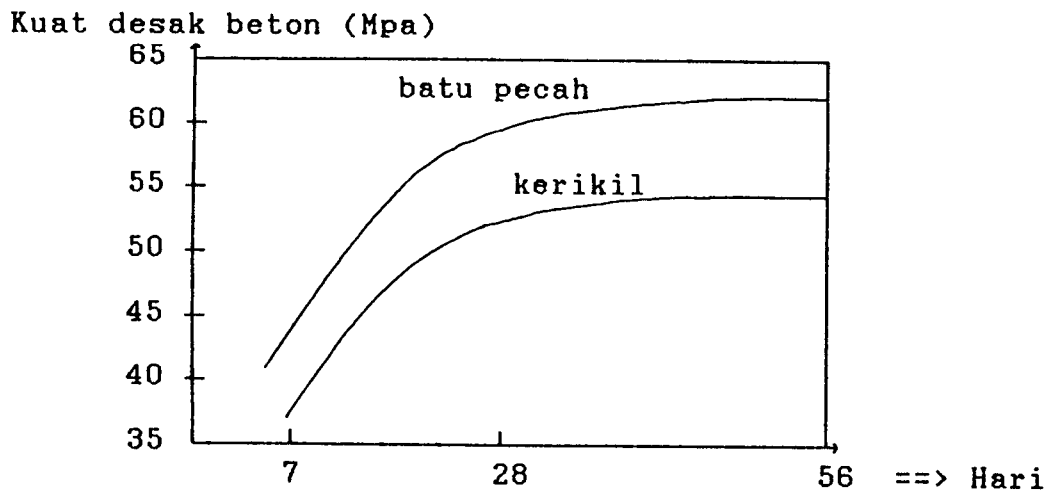
Gambar 2.5 Pengaruh jumlah semen terhadap kuat desak pada nilai slump sama

5. Sifat Agregat

Sifat agregat akan mempengaruhi kekuatan beton, agar kekuatan beton tinggi diperlukan agregat yang kuat yang melebihi kekuatan pastanya. Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton ialah kekasaran permukaan dan ukuran maksimumnya.

Permukaan yang halus pada kerikil dan kasar pada batu pecah berpengaruh pada lekatan dan besar tegangan saat retak-retak beton mulai terbentuk. Pengaruh itu akan berkurang jika adukan beton didasarkan pada nilai slump yang sangat besar, karena agregat yang permukaannya halus memerlukan air yang sedikit.

Semakin besar ukuran maksimum agregat yang dipakai akan berakibat semakin tinggi kekuatannya. Hal ini karena pada pemakaian butiran agregat besar, menyebabkan pemakaian pasta yang lebih sedikit berarti porinya sedikit pula. Namun karena butir-butirnya besar mengakibatkan luas permukaannya lebih sempit, dan ini berakibat lekatan antara pasta semen dan agregatnya kurang kuat. Selain itu karena butiran besar menghalangi susutnya pasta, dan ini mengakibatkan terjadi retak-retak kecil pada pasta disekitar butirannya. Kedua hal terakhir ini memperlemah kekuatan beton. Hubungan antara jenis agregat terhadap kkuat desak beton dapat dilihat pada gambar 2.6. (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992)



Gambar 2.6 Pengaruh jenis agregat terhadap kuat desak beton

2.2.4 Pengujian Slump

Pengujian slump adalah suatu cara untuk mengukur kelecakan adukan beton segar, yaitu tingkat kecairan atau kepadatan adukan beton yang berguna dalam pengerjaan beton.

Jumlah air dalam campuran mempengaruhi kekuatan dan kemudahan pengerjaan beton. Pada dasarnya pengujian slump di lapangan tujuannya adalah untuk menghasilkan beton yang seragam, untuk mempertahankan faktor air semen yang tetap, dan untuk menentukan jumlah air dalam campuran.

Alat-alat yang dipergunakan dalam pengujian slump sebagai berikut:

1. sebuah corong kerucut baja dengan diameter lubang atas 10 cm, diameter lubang bawah 20 cm dan tinggi 30 cm,
2. tongkat baja dengan diameter 16 mm dan panjang 60 cm, pada bagian ujung baja dibulatkan.

Cara pelaksanaan pengujian slump, sebagai berikut ini. Mula-mula corong kerucut diletakkan diatas tempat yang rata dan tidak menghisap air, dengan posisi diameter yang besar dibawah dan diameter yang kecil diatas. Adukan beton dimasukkan ke dalam corong tersebut dengan hati-hati dan corong dipegang agar tidak bergerak. Kerucut diisi dengan adukan beton dalam tiga lapisan yang kira-kira sebanyak sepertiga volume corong, setiap lapisan ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali dengan tongkat baja, lalu permukaan adukan beton diratakan sama dengan permukaan corong. Setelah selesai didiamkan selama 60 detik, kemudian corong kerucut ditarik vertikal keatas dengan hati-hati, ukurlah penurunan permukaan atas adukan beton setelah corong ditarik. Besar penurunan adukan beton tersebut disebut nilai slump.

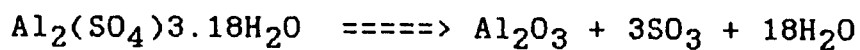
2.2.5 Kajian Tawas Sebagai Bahan Tambah

Bahan kimia tawas yang ditambahkan kedalam campuran beton, berfungsi sebagai bahan tambah pemercepat ("accelerating admixture"), yaitu mempercepat proses pengikatan awal dan pengerasan beton.

Salah satu senyawa kimia yang dapat mempercepat proses pengerasan adukan beton adalah bahan yang mengandung alumina (Al_2O_3), karena fungsi alumina dalam semen adalah memberikan daya ikat. Hal ini sesuai dengan kenyataan bahwa semen tipe III (semen alumina) yang mempunyai kadar alumina tinggi, merupakan semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi. Akan tetapi semen

tipe III ini sulit didapatkan dipasaran dan harganya mahal, maka dipakai bahan tambah yang dapat mempercepat pengerasan beton yang menggunakan semen tipe I.

Salah satu bahan kimia yang dapat menampilkan alumina adalah tawas, yang mempunyai rumus kimia $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$. Dalam campuran beton, tawas akan terurai menjadi alumina (Al_2O_3), sulfur trioksida (SO_3) dan air (H_2O) menurut reaksi:



selanjutnya senyawa Al_2O_3 dan SO_3 yang terurai tersebut akan berikatan dengan senyawa Al_2O_3 dan SO_3 yang terdapat dalam semen portland, yang mempunyai konsentrasi yang lebih tinggi.

Menurut SII-0013-1981, kandungan SO_3 di dalam semen portland tipe I dibatasi jumlahnya sebesar 3,0 %, untuk kondisi $\text{C}_3\text{A} \leq 8$ % dan sebesar 3,5 % untuk kondisi $\text{C}_3\text{A} > 8$ %. Kandungan SO_3 dalam semen portland tipe I produksi PT. Semen Nusantara adalah 2,2 % dan C_3A sebesar 11 %, maka penambahan tawas hanya dibatasi sampai dengan diperoleh tambahan SO_3 sebesar 1,3 %, yaitu dengan menambah tawas sebesar 4 % terhadap berat semen.

Dengan adanya tambahan tawas yang mampu menampilkan alumina maka kandungan alumina dalam semen portland tipe I yang sebelumnya sebesar 6,1 % akan ditingkatkan sampai 6,7 %. Dengan demikian proses pengerasan beton akan dapat dipercepat dengan kandungan SO_3 masih dalam batas yang diijinkan.

2.2.6 Metode Perancangan Campuran Beton

Pada penelitian ini digunakan metode ACI ("American concrete Institute") sebagai metode perancangan campuran beton. Metode ini digunakan karena menyarankan suatu cara perancangan campuran yang 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 beton menentukan tingkat konsistensi/kekentalan (slump) adukan beton.

Tahapan perhitungan perancangan campuran beton berdasarkan metode ACI (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992) adalah sebagai berikut ini.

1. Menghitung kuat desak beton rata-rata berdasarkan kuat desak karakteristik beton dan nilai margin.

$$f'_{cr} = f'_c + m$$

dengan :

$$f'_{cr} = \text{kuat desak beton rata-rata (Mpa)}$$

$$f'_c = \text{kuat desak karakteristik beton (Mpa)}$$

$$m = \text{nilai margin (Mpa)}$$

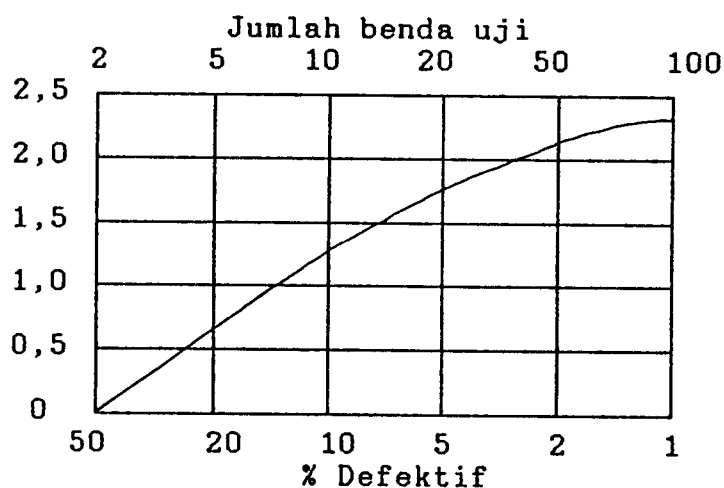
Nilai margin tergantung pada tingkat pengawasan mutu dan didefinisikan sebagai : $m = k.Sd$, dengan Sd adalah nilai deviasi standar yang diambil dari tabel 2.1. Sedangkan k adalah konstanta untuk mengalikan kekuatan desak karakteristik agar nilai rata-rata dapat memenuhi spesifikasi tertentu, lihat tabel 2.2 dan gambar grafik 2.7.

Tabel 2.1 Nilai deviasi standar (kg/cm^2)

volume pekerjaan (M^3)	mutu pekerjaan		
	baik sekali	baik	cukup
kecil : < 1000	45<sd<=55	55<sd<=65	65<sd<=85
sedang: 1000-3000	35<sd<=45	45<sd<=55	55<sd<=75
besar : > 3000	25<sd<=35	35<sd<=45	45<sd<=65

Tabel 2.2 Nilai k untuk beberapa keadaan

k untuk 10 % defektif	1,28
k untuk 5 % defektif	1,64
k untuk 2,5 % defektif	1,96
k untuk 1 % defektif	2,33



Gambar 2.7 Grafik hubungan antara faktor k dan bagian hasil pemeriksaan yang diperkirakan dibawah kekuatan desak minimum

- Menetapkan faktor air semen berdasarkan kuat desak rata-rata pada umur beton yang dikehendaki tertera pada tabel 2.3, dan keawetan berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan tertera pada tabel 2.4, dari keduanya dipilih yang paling rendah.

Tabel 2.3 Hubungan faktor air semen dengan kuat tekan silinder beton pada umur 28 hari

Faktor air semen	Perkiraan kuat desak (Mpa)
0,35	42
0,44	35
0,53	28
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

Tabel 2.4 Faktor air semen maksimum

Beton di dalam ruang bangunan :	
a. Keadaan keliling non korosif	0,60
b. Keadaan keliling korosif, atau disebabkan disebabkan oleh kondensasi atau uap air	0,52
Beton di luar ruang bangunan :	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,6
Beton yang masuk kedalam tanah :	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. Mendapatkan pengaruh sulfat alkali dari tanah atau dari air tanah	0,52
Beton yang kotinu berhubungan dengan air :	
a. air tawar	0,57
b. air laut	0,52

3. Berdasarkan jenis strukturnya, tetapkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat (dari tabel 2.5 dan 2.6).

Tabel 2.5 Nilai slump (cm)

Pemakaian beton	Maksimum	Minimum
Dinding, plat fondasi dan fondasi bertulang	12,5	5,0
Fondasi telapak tidak bertulang, kaison dan struktur 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

Tabel 2.6 Ukuran maksimum agregat (mm)

Dimensi minimum,mm	Balok/Kolom	Plat
62,5	12,5	20
150	40	40
300	40	80
750	80	80

4. Menetapkan jumlah air yang diperlukan berdasarkan dari ukuran maksimum agregat dan nilai slump (tabel 2.7).

Tabel 2.7 Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump

Slump (mm)	Ukuran maksimum agregat,mm		
	10	20	40
25 - 50	206	182	162
75 - 100	226	203	177
150 - 175	240	212	188
Udara terperangkap	3 %	2 %	1 %

5. Menghitung berat semen yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (2) dan (4) diatas.
6. Menetapkan volume agregat kasar yang diperlukan per-satuan volume beton, berdasarkan ukuran maksimum dari agregat dan nilai modulus halus agregat halusnya (lihat tabel 2.8).

Tabel 2.8 Perkiraan kebutuhan kerikil per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan mhb pasir, pada bj. kerikil 2,68 (M³)

Ukuran maksimum agregat, mm	Modulus halus pasir (mhb)			
	2,4	2,6	2,8	3,0
10	0,46	0,44	0,42	0,40
20	0,65	0,63	0,61	0,59
40	0,76	0,74	0,72	0,70
80	0,84	0,82	0,80	0,78
150	0,90	0,88	0,86	0,84

Modulus halus didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir-butir agregat yang tertinggal di atas satu set ayakan dan kemudian dibagi seratus. Susunan pada lubang ayakan adalah 38 mm, 19 mm, 9,6 mm, 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, dan 0,15 mm. Makin besar nilai modulus halus menunjukkan makin besar butir agregatnya. Pada umumnya pasir mempunyai modulus halus butiran antara 1,5 sampai 3,8, sedangkan kerikil antara 5 sampai 8. Modulus halus campuran kerikil dengan pasir berkisar antara 5 sampai 6,5.

7. Menghitung volume agregat halus yang diperlukan, berdasarkan jumlah air, semen, dan agregat kasar yang diperlukan, serta udara yang terperangkap dalam adukan (dari tabel 2.7), dengan cara hitungan volume absolut.

$$\text{Volume agregat halus} = 1 - (\text{Volume air} + \text{Volume kerikil} + \text{Volume semen} + \text{Volume udara terperangkap}).$$
8. Hitung berat masing-masing bahan susun beton.

2.2.7 Hipotesis

Dalam penelitian tinjauan nilai slump dan kuat desak beton terhadap variasi pemakaian tawas sebagai bahan tambah, berdasarkan tinjauan pustaka dan landasan teori maka dapat rumuskan suatu hipotesa sebagai berikut ini.

1. Makin besar prosentase tawas yang ditambahkan ke dalam adukan beton maka nilai slump akan semakin kecil.
2. Makin besar prosentase tawas yang ditambahkan ke dalam adukan beton maka kuat desak beton akan semakin tinggi.

BAB III
PELAKSANAAN DAN HASIL PENELITIAN

3.1 Persiapan Bahan dan Peralatan

Bahan dan peralatan yang dipergunakan dalam pelaksanaan pembuatan campuran beton sebaiknya dipersiapkan terlebih dahulu, hal ini agar dalam pelaksanaan berjalan lancar. Pemilihan bahan sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton, seperti pemilihan semen dipilih semen yang belum mengeras dan pasir dipilih yang tidak banyak mengandung lumpur sehingga dari warnanya terlihat kecoklatan. Penempatan bahan hendaknya dijaga dari hal-hal yang dapat mengurangi kualitas bahan.

3.1.1 Bahan Penelitian

Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Semen portland tipe I merk Nusantara, kemasan 50 kg.
2. Agregat kasar (split) dari PT. Waskita Karya.
3. Agregat halus (pasir) dari sungai Progo.
4. Bahan tambah berupa tawas $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O]$ dari toko bahan kimia, Yogyakarta.
5. Air dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

3.1.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Molen, untuk pencampuran adukan beton.
2. Mesin siever, sebagai pengayak mekanik.
3. Mesin uji desak, untuk pengujian desak beton.
4. Timbangan, untuk menimbang bahan.
5. Ayakan, untuk menyaring agregat.
6. Gelas ukur, untuk menakar air.
7. Kerucut Abrams, untuk pengujian slump.
8. Tongkat penumbuk, untuk memadatkan adukan beton.
9. Cetakan kubus, ukuran $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$.
10. Bak peredaman, tempat perawatan benda uji.
11. Kaliper, untuk mengukur benda uji.
12. Alat bantu lain : ember, sekop, cetok dan kereta dorong.

3.2 Pemeriksaan Bahan

Pemeriksaan laboratorium terhadap bahan yang digunakan, meliputi pemeriksaan modulus halus butir (mhb) pasir dan pemeriksaan berat jenis agregat halus dan agregat kasar.

3.2.1 Pemeriksaan Modulus Halus Butir (MHB) Pasir

Modulus halus butir ialah suatu indek yang dipakai untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Nilai modulus halus butir diperoleh dengan cara analisis saringan, dari analisis saringan akan didapat jumlah prosen kumulatif dari butir-butir agregat yang tertinggal

di atas suatu set ayakan dan kemudian dibagi seratus. Modulus halus butir selain untuk menjadi ukuran kehalusan butir juga dapat dipakai untuk mencari nilai perbandingan antara berat pasir dan kerikil pada pembuatan campuran beton. Perhitungan modulus halus butir (mhb) pasir, sebagai berikut:

Tabel 3.1 Perhitungan modulus halus butir (mhb) pasir

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertahan		Berat Tertahan Kumulatif (%)
	Gram	%	
4,75	0	0	0
2,36	163,8	8,19	8,19
1,18	376,5	18,82	27,01
0,60	714,5	35,70	62,71
0,30	454,2	22,71	84,42
0,15	228,0	11,40	96,82
sisa	63	3,15	-
		100 %	280,15

$$\text{Modulus halus butir (mhb), pasir} = \frac{280,15}{100} = 2,8015$$

3.2.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Berat Satuan

Berat jenis agregat ialah rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume sama pada suhu yang sama. Karena butiran agregat umumnya mengandung pori-pori yang ada dalam butiran dan tertutup/tidak saling berhubungan, maka berat jenis agregat dibedakan menjadi dua istilah, yaitu :

1. berat jenis mutlak, jika volume benda padatnya tanpa pori,
2. berat jenis semu (berat jenis tampak), jika volume benda padatnya termasuk pori-pori tertutupnya.

Untuk agregat tertentu yang pori tertutupnya kecil, sering kedua istilah diatas disamakan, dan disebut berat jenis saja.

Berat satuan agregat ialah berat agregat dalam satu satuan volume, dinyatakan dalam kg/liter atau ton/m³. Jadi berat satuan dihitung berdasarkan berat agregat dalam suatu tempat tertentu, sehingga yang dapat dihitung volumenya adalah volume padat (meliputi pori tertutup) dan volume pori terbuka. Dengan bentuk rumus dapat ditulis sebagai berikut.

$$\text{Berat jenis} = \frac{W}{V_b} \quad (\text{ton/m}^3)$$

$$\text{Berat satuan} = \frac{W}{V_b + V_p} \quad (\text{ton/m}^3)$$

Keterangan:

W = berat agregat (ton)

V_b = volume butiran, termasuk pori tertutup (m³)

V_p = volume pori terbuka (m³)

Pada penelitian ini berat jenis agregat dan berat satuan agregat adalah sebagai berikut.

1. Berat jenis agregat halus (pasir), (SSD) = 2,660 gr/cc,
2. Berat jenis agregat kasar (split), (SSD) = 2,670 gr/cc,
3. Berat satuan agregat kasar (split) = 1,680 gr/cc.

3.3 Perhitungan Campuran Beton

Perhitungan campuran beton dimaksudkan untuk mengetahui proporsi bahan susun beton. Perhitungan proporsi bahan susun beton pada penelitian ini dengan menggunakan metode ACI, yang tahapan perencanaannya telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Perhitungan campuran beton didasarkan pada data bahan susun

beton sebagai berikut :

1. diameter maksimum agregat kasar (split) = 40 mm,
2. modulus halus butir (mhb), pasir = 2,8015,
3. berat jenis pasir (SSD) = 2,660 t/m³,
4. berat jenis split (SSD) = 2,670 t/m³,
5. berat satuan split = 1,680 t/m³,
6. kuat desak beton rencana = 22,5 Mpa,
7. berat jenis semen = 3,15 t/m³.

Tahapan perhitungan campuran beton dengan metode ACI adalah sebagai berikut ini.

1. Menghitung kuat desak rata-rata berdasarkan kuat desak yang direncanakan dan nilai margin,

- a. menentukan nilai margin (m)

$$m = k \cdot S_d$$

berdasarkan tabel 2.1, untuk volume pekerjaan < 1000 m³ dan mutu pelaksanaan baik, didapat nilai $S_d = 60 \text{ kg/cm}^2$ dan dari gambar grafik 2.7 nilai k untuk jumlah benda uji 20 buah, didapat nilai $k = 1,64$.

$$m = 1,64 \times 60 = 98,4 \text{ kg/cm}^2$$

- b. menghitung kuat desak rata-rata

$$\begin{aligned} f'_{cr} \text{ kubus} &= f'c + m \\ &= 225 + 98,4 \\ &= 323,4 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

2. Menetapkan faktor air semen,

- berdasarkan tabel 2.3, untuk $f'_{cr} = 323,4 \text{ kg/cm}^2$ didapat nilai $f_{as} = 0,4742$,

- berdasarkan tabel 2.4, untuk beton yang terlindung dari hujan dan terik matahari langsung didapat $f_{as} = 0,60$,



- dari kedua nilai fas diatas, diambil yang terendah yaitu
fas = 0,4742.

3. Menetapkan nilai slump,

berdasarkan tabel 2.5, untuk jenis struktur pelat, balok, kolom dan dinding didapat nilai slump = 7,5 - 15 cm.

4. Menetapkan kebutuhan air,

berdasarkan tabel 2.7, untuk nilai slump = 7,5 - 15 cm dan ukuran agregat maksimum = 40 mm didapat :

- kebutuhan air = 177 liter
- udara terperangkap = 1 %

5. Menghitung kebutuhan semen,

$$\begin{aligned}
 \text{- berat semen (C)} &= \frac{\text{berat air}}{\text{fas}} \\
 &= \frac{177}{0,4742} \\
 &= 373,2602 \text{ kg} = 0,3732602 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- volume semen} &= \frac{C}{\text{bj. semen}} \\
 &= \frac{0,3732602}{3,15} \\
 &= 0,11850 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

6. Menentukan volume agregat kasar per meter kubik beton,

- berdasarkan tabel 2.8, untuk diameter maksimum agregat kasar = 40 mm dan modulus halus pasir = 2,8015 dengan berat jenis agregat kasar = 2,68 t/m³, didapat volume agregat kasar (VKc) = 0,720 m³,
- untuk berat jenis agregat kasar = 2,67 t/m³, didapat VKc = (2,67/2,68) x 0,720 = 0,7173 m³,

$$\begin{aligned}
 - \text{berat agregat kasar (split)} &= VKc \times \text{Berat satuan split} \\
 &= 0,7173 \times 1,680 \\
 &= 1,205064 \text{ ton,}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{volume padat agregat kasar (VK)} &= \frac{\text{berat agregat kasar}}{\text{bj. split}} \\
 &= \frac{1,205064}{2,670} \\
 &= 0,45130 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

7. Menghitung volume pasir,

a. volume beton tanpa pasir

$$\begin{aligned}
 - \text{volume air (VA)} &= 0,1770 \text{ m}^3 \\
 - \text{volume semen (VS)} &= 0,1185 \text{ m}^3 \\
 - \text{volume agregat kasar (VK)} &= 0,4513 \text{ m}^3 \\
 \hline
 &+ \\
 &(\text{VA+VS+VK}) = 0,7468 \text{ m}^3 \\
 - 1 \% \text{ udara terperangkap (VU)} &= 0,0100 \text{ m}^3 \\
 \hline
 &+ \\
 &(\text{VA+VS+VK+VU}) = 0,7568 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$b. \text{ volume pasir (VP)} = 1 - (\text{VA+VS+VK+VU})$$

$$= 1 - 0,7568$$

$$= 0,2432 \text{ m}^3$$

$$c. \text{ berat pasir} = 0,2432 \times 2,660$$

$$= 0,646912 \text{ ton}$$

8. Kebutuhan bahan susun beton, dalam 1 m³ beton.

$$- \text{Semen} = 373,2602 \text{ kg}$$

$$- \text{Pasir} = 646,9120 \text{ kg}$$

$$- \text{Split} = 1205,064 \text{ kg}$$

$$- \text{Air} = 177 \text{ kg}$$

3.4 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Tahapan pelaksanaan pembuatan benda uji adalah sebagai berikut ini.

1. Mempersiapkan bahan dan peralatan yang digunakan untuk pembuatan benda uji.
2. Bahan susun beton, yaitu agregat halus, agregat kasar, semen, air dan bahan tambah (tawas) ditimbang berdasarkan proporsi campuran beton yang dibutuhkan.
3. Bahan susun beton dimasukkan ke dalam mesin pengaduk atau molen, di campur dan diaduk sampai homogen.
4. Setelah adukan beton tercampur homogen, kemudian dilakukan pengujian slump.
5. Adukan beton diisikan ke dalam cetakan kubus beton secara bertahap, setiap tahap diisikan adukan beton sebanyak $1/3$ tinggi cetakan kemudian dipadatkan dengan cara ditusuk-tusuk menggunakan tongkat baja. Begitu pula pada tahap berikutnya sampai cetakan penuh.
6. Benda uji dibiarkan dalam cetakan selama 24 jam dan diletakkan pada tempat yang lembab dan bebas dari getaran.
7. Setelah 24 jam cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan terhadap benda uji, dengan cara merendap benda uji kubus beton kedalam bak perendaman yang berisi air.

3.5 Pengujian Kuat Desak Beton

Untuk mengetahui kekuatan beton yang telah dibuat, dilakukan pengujian kuat desak terhadap benda uji beton yang telah mengeras pada saat benda uji berumur 7 hari, 14 hari,

21 hari dan 28 hari. Kuat desak beton dapat dihitung dengan cara membagi beban maksimum yang diterima dengan luas bidang desak benda uji, yang dirumuskan sebagai berikut.

$$f_c = \frac{P_{mak}}{A}$$

Keterangan:

- f_c = kuat desak beton (Mpa)
- P_{mak} = beban desak maksimum (kN)
- A = luas bidang desak (cm²)

Tahapan pelaksanaan pengujian kuat desak beton adalah sebagai berikut ini.

1. Benda uji di keluarkan dari bak perendaman, sehari sebelum dilaksanakan pengujian dan dibersihkan dari kotoran.
2. Benda uji diukur panjang, lebar dan tingginya.
3. Benda uji dipasang/ditempatkan pada alat uji desak beton dengan sentris.
4. Mesin desak dihidupkan/dijalankan, maka mesin desak beton akan melakukan pembebanan pada benda uji beton. Mesin uji desak dijalankan terus sampai benda uji beton hancur dan dicatat beban maksimum yang terjadi.

3.6 Hasil Pengujian

3.6.1 Hasil Pengujian Slump

Hasil pengujian slump untuk berbagai variasi penambahan prosentase tawas terhadap berat semen, yaitu 0 % ; 1 % ; 2 % ; 3 % dan 4 % dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.2 Nilai slump terhadap prosentase penambahan tawas

Prosentase Tawas	Nilai Slump (cm)	Nilai Slump Rata-Rata (cm)
0 %	11,0	11,25
	11,5	
1 %	7,5	7,6
	7,7	
2 %	5,1	5,35
	5,6	
3 %	3,8	4,05
	4,2	
4 %	2,7	2,9
	3,1	

3.6.2 Hasil Pengujian Kuat desak Beton

Hasil pengujian kuat desak beton untuk berbagai variasi penambahan prosentase tawas, yaitu 0 % ; 1 % ; 2 % ; 3 % dan 4 % dapat dilihat pada tabel-tabel berikut ini.

Tabel 3.3 Kuat desak beton dengan penambahan tawas 0 %
(beton normal)

No.	Kode	Slump	Umur	Panjang	Lebar	Tinggi	Luas Bidang Desak	Pmak	Kuat Desak
	Prod.	(cm)	(hari)	(cm)	(cm)	(cm)	(A = P x L), (cm ²)	(kg)	(kg/cm ²)
1	A0.1	11	7	15,1	15,0	15,15	226,5	54536,5	240,6909
2	A0.2	11	7	15,25	15,2	15,3	231,8	62159	268,1578
3	A0.3	11	7	15,2	15,0	15,15	228	61649,5	270,3925
4	A0.4	11	7	15,2	15,2	15,23	231,04	69292	299,9134
5	A0.5	11	7	15,3	15,2	15,12	232,56	58083	249,7549
6	B0.1	11	14	15,3	15,3	15,2	234,09	88143,5	376,5368
7	B0.2	11	14	15,35	15,1	15,17	231,785	87124,5	375,8850
8	B0.3	11	14	15,25	15,15	15,3	231,0375	72349	313,1483
9	B0.4	11	14	15,5	15,2	15,36	235,6	75406	320,0594
10	B0.5	11	14	15,55	15,05	15,25	234,0275	78463	335,2726
11	C0.1	11,5	21	15,4	15,1	15,35	232,54	100371,5	431,6331
12	C0.2	11,5	21	15,2	15,0	15,0	228	86615	379,8904
13	C0.3	11,5	21	15,45	15,1	15,34	233,295	94257,5	404,0271
14	C0.4	11,5	21	15,2	15,15	15,15	230,28	84577	367,2790
15	C0.5	11,5	21	15,3	15,25	15,4	233,325	79482	340,6493
16	D0.1	11,5	28	15,15	15,05	15,2	228,0075	100881	442,4460
17	D0.2	11,5	28	15,35	15,15	15,24	232,5525	98333,5	422,8443
18	D0.3	11,5	28	15,35	15,0	15,25	230,25	99862	433,7112
19	D0.4	11,5	28	15,2	15,15	15,3	230,28	91200,5	396,0418
20	D0.5	11,5	28	15,55	15,35	15,33	238,6925	92729	388,4873

Tabel 3.4 Kuat desak beton dengan penambahan tawas 1 %

No.	Kode Prod.	Slump (cm)	Umur (hari)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Luas Bidang Desak (A = P x L), (cm ²)	Pmak (kg)	Kuat Desak (kg/cm ²)
1	A1.1	7,5	7	15,15	14,85	15,05	224,9775	70311	312,5246
2	A1.2	7,5	7	15,3	15,15	15,2	231,795	74387	320,9172
3	A1.3	7,5	7	15,3	15,25	15,35	233,325	77444	331,9147
4	A1.4	7,5	7	15,55	15,1	15,4	234,805	59611,5	253,8766
5	A1.5	7,5	7	15,4	15,2	15,32	234,08	68273	291,6652
6	B1.1	7,5	14	15,3	15,15	15,4	231,795	85596	369,2746
7	B1.2	7,5	14	15,3	15,15	15,23	231,795	78463	338,5017
8	B1.3	7,5	14	15,3	15,2	15,35	232,56	86615	372,4415
9	B1.4	7,5	14	15,6	15,4	15,55	240,24	77953,5	324,4818
10	B1.5	7,5	14	15,5	14,95	15,2	231,725	89672	386,9759
11	C1.1	7,7	21	15,3	15,0	15,25	229,5	94767	412,9281
12	C1.2	7,7	21	15,15	15,0	15,0	227,25	87634	385,6282
13	C1.3	7,7	21	15,35	15,2	15,1	233,32	89162,5	382,1468
14	C1.4	7,7	21	15,3	15,0	15,35	229,5	88653	386,2876
15	C1.5	7,7	21	15,4	15,4	15,36	237,16	99862	421,0744
16	D1.1	7,7	28	15,25	14,85	15,1	226,4625	102919	454,4638
17	D1.2	7,7	28	15,40	15,1	15,15	232,54	99862	429,4401
18	D1.3	7,7	28	15,35	15,3	15,24	234,855	99352,5	423,0376
19	D1.4	7,7	28	15,2	15,15	15,37	230,28	90691	393,8293
20	D1.5	7,7	28	15,25	15,15	15,2	231,0375	98843	427,8223

Tabel 3.5 Kuat desak beton dengan penambahan tawas 2 %

No.	Kode Prod.	Slump (cm)	Umur (hari)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Luas Bidang Desak (A = P x L), (cm ²)	Pmak (kg)	Kuat Desak (kg/cm ²)
1	A2.1	5,1	7	15,35	15,0	15,2	230,25	78463	340,7731
2	A2.2	5,1	7	15,2	15,05	15,0	228,76	77444	338,5382
3	A2.3	5,1	7	15,15	15,15	15,2	229,5525	76425	322,9304
4	A2.4	5,1	7	15,4	15,1	15,25	232,54	79991,5	343,9903
5	A2.5	5,1	7	15,15	15,05	15,1	228,0075	76425	335,1863
6	B2.1	5,1	14	15,45	15,15	15,25	234,0675	91710	391,8101
7	B2.2	5,1	14	15,45	15,25	15,4	235,6125	92219,5	391,4033
8	B2.3	5,1	14	15,45	15,2	15,37	234,84	97314,5	414,3864
9	B2.4	5,1	14	15,25	15,2	15,3	231,80	91710	395,6428
10	B2.5	5,1	14	15,1	15,0	15,15	226,5	90691	400,5018
11	C2.1	5,6	21	15,4	15,05	15,31	231,77	96295,5	415,4787
12	C2.2	5,6	21	15,2	15,1	15,25	229,52	101900	443,9700
13	C2.3	5,6	21	15,5	15,35	15,45	237,925	97314,5	409,0133
14	C2.4	5,6	21	15,2	15,0	15,15	228	94767	415,6447
15	C2.5	5,6	21	15,35	15,15	15,2	232,5525	98843	425,0352
16	D2.1	5,6	28	15,35	15,05	15,05	231,0175	104447,5	452,1194
17	D2.2	5,6	28	15,5	15,2	15,45	253,6	105466,5	447,6507
18	D2.3	5,6	28	15,45	15,2	15,3	234,84	102919	438,2516
19	D2.4	5,6	28	15,25	15,2	15,3	231,8	100881	435,2071
20	D2.5	5,6	28	15,3	15,2	15,35	232,56	101900	438,1665

Tabel 3.6 Kuat desak beton dengan penambahan tawas 3 %

No.	Kode Prod.	Slump (cm)	Umur (hari)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Luas Bidang Desak (A = P x L), (cm ²)	Pmak (kg)	Kuat Desak (kg/cm ²)
1	A3.1	3,9	7	15,4	15,15	15,3	233,31	55026	235,8493
2	A3.2	3,9	7	15,25	14,75	15,15	224,9375	59102	262,7485
3	A3.3	3,9	7	15,3	15,1	15,27	231,03	55026	238,1769
4	A3.4	3,9	7	15,5	15,45	15,39	239,475	59102	246,7982
5	A3.5	3,9	7	15,2	15,15	15,3	230,28	56045	243,3776
6	B3.1	3,9	14	15,2	15,1	15,15	229,52	76934,5	335,1974
7	B3.2	3,9	14	15,2	14,95	15,2	227,24	71330	313,8972
8	B3.3	3,9	14	15,15	15,1	15,2	228,765	69801,5	305,1232
9	B3.4	3,9	14	15,3	15,2	15,25	232,56	73386	315,4799
10	B3.5	3,9	14	15,5	15,25	15,43	236,375	74896,5	316,8546
11	C3.1	4,2	21	15,45	15,15	15,33	234,0675	73877,5	315,6248
12	C3.2	4,2	21	15,45	15,15	15,27	234,0675	89162,5	380,9264
13	C3.3	4,2	21	15,4	15,1	15,3	232,54	85596	368,0915
14	C3.4	4,2	21	15,3	15,25	15,34	233,325	76425	327,5474
15	C3.5	4,2	21	15,45	15,15	15,2	234,0675	83558	356,9825
16	D3.1	4,2	28	15,15	15,15	15,0	229,5225	88143,5	384,0299
17	D3.2	4,2	28	15,4	15,2	15,25	234,08	87124,5	372,1997
18	D3.3	4,2	28	15,4	15,1	15,15	232,54	91200,5	392,1927
19	D3.4	4,2	28	15,5	15,3	15,38	237,15	100371,5	423,2406
20	D3.5	4,2	28	15,35	15,15	15,2	232,5525	93238,5	400,9353

Tabel 3.7 Kuat desak beton dengan penambahan tawas 4 %

No.	Kode Prod.	Slump (cm)	Umur (hari)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Luas Bidang Tekan (A = P x L), (cm ²)	Pmak (kg)	Kuat Desak (kg/cm ²)
1	A4.1	2,7	7	15,4	15,15	15,33	233,31	48402,5	207,4600
2	A4.2	2,7	7	15,25	15,05	15,17	229,5125	48912	213,1101
3	A4.3	2,7	7	15,45	15,15	15,4	234,0675	51969	222,0257
4	A4.4	2,7	7	15,3	15,05	15,28	230,265	45855	199,1401
5	A4.5	2,7	7	15,4	15,05	15,3	231,77	47383,5	204,4419
6	B4.1	2,7	14	15,25	15,15	15,3	231,0375	63178	273,4534
7	B4.2	2,7	14	15,25	15,1	15,25	230,275	64197	278,7841
8	B4.3	2,7	14	15,2	15,15	15,1	230,28	66235	287,6281
9	B4.4	2,7	14	15,25	15,15	15,3	231,0375	68273	295,5061
10	B4.5	2,7	14	15,25	15,2	15,05	231,8	61140	263,7619
11	C4.1	3,1	21	15,35	14,85	15,1	227,9475	74896,5	328,5691
12	C4.2	3,1	21	15,2	15,0	15,15	228	73368	321,7895
13	C4.3	3,1	21	15,35	15,2	15,2	233,32	69292	296,9827
14	C4.4	3,1	21	15,4	15,3	15,3	235,62	83558	354,6303
15	C4.5	3,1	21	15,5	15,05	15,45	233,275	62159	266,4623
16	D4.1	3,1	28	15,3	15,05	15,1	230,265	75915,5	329,6875
17	D4.2	3,1	28	15,45	15,2	15,32	234,84	93748	399,1995
18	D4.3	3,1	28	15,3	15,1	15,27	231,03	86615	374,9080
19	D4.4	3,1	28	15,3	15,1	15,3	231,03	86105,5	372,7027
20	D4.5	3,1	28	15,5	15,4	15,4	238,7	80501	337,2476

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN

4.1 Analisis Nilai Slump

Pengujian yang dilakukan pada beton segar, yaitu pengujian slump. Pengujian ini dilakukan pada saat campuran telah diaduk dan dalam keadaan homogen.

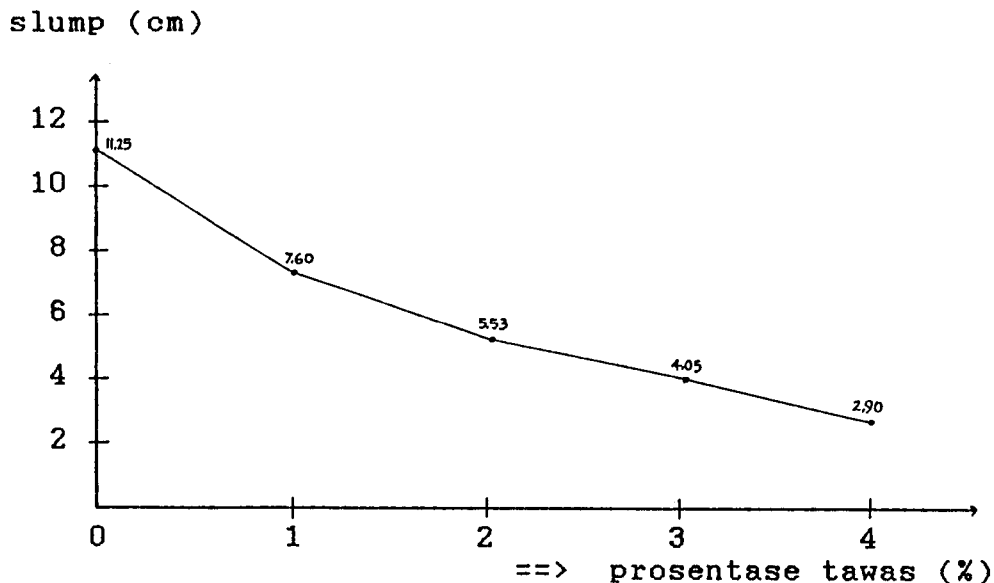
Pada penelitian ini pencampuran adukan beton dilakukan dalam dua kali pencampuran untuk satu variasi penambahan tawas, tiap campuran masing-masing untuk 10 benda uji.

Hasil pengujian nilai slump rata-rata dan prosentase penurunan nilai slump untuk berbagai variasi penambahan tawas dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Nilai slump rerata untuk berbagai prosentase penambahan tawas

Prosentase tawas	Nilai slump rerata (cm)	Prosentase penurunan nilai slump
0 %	11,25	0
1 %	7,60	32,4 %
2 %	5,53	52,4 %
3 %	4,05	64,0 %
4 %	2,80	74,2 %

Hasil pengujian nilai slump pada tabel 4.1 diatas, dapat dibuat suatu grafik hubungan antara nilai slump terhadap prosentase tawas, sebagai berikut.



Gambar 4.1 Grafik hubungan nilai slump dengan prosentase tawas

4.2 Analisis Kuat Desak Beton

Pada penelitian ini, metode perancangan adukan beton dan benda uji standar yang digunakan dalam pengujian kuat desak beton mengikuti ketentuan SK SNI M-14-1989-F dan ACI ("American Concrete Institute"). Benda uji standar yang digunakan menurut ketentuan diatas adalah silinder, sedangkan pada penelitian ini digunakan kubus. Karena itu, dalam menghitung kuat desak kubus harus dikonversikan, faktor konversi tersebut sebagai berikut.

$$f_c \text{ silinder} = 0,83 \times f_c \text{ kubus}$$

Dalam menghitung kuat desak karakteristik beton, perbandingan kuat desak beton pada berbagai umur terhadap

beton yang berumur 28 hari, diambil menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI, 1971) seperti pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur beton

Umur Beton (hari)	7	14	21	28
Semen portland biasa	0,65	0,88	0,95	1,00

Dalam perhitungan kuat desak karakteristik beton dan menganalisis hubungan kuat desak terhadap pengaruh variasi penambahan tawas, digunakan rumus-rumus sebagai berikut.

1. Rumus menghitung kuat desak

$$f_c = \frac{P_{mak}}{A}$$

$$f'_{cr} = \frac{\sum_{1}^N f_{c28}}{N}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{1}^N (f_{c28} - f'_{cr})^2}{N - 1}}$$

$$m = k \cdot S_d$$

$$f'_c = f'_{cr} - m$$

Keterangan :

P_{mak} : Beban maksimum (kN), (1 kN = 101,9 kg)

A : Luas bidang desak (cm²)

- f_c : Kuat desak beton dari masing-masing benda uji (Mpa)
 f'_{cr} : Kuat desak beton rata-rata (Mpa)
 f_{c28} : Kuat desak beton yang dikonversikan ke umur 28 hari (Mpa)
 N : Jumlah benda uji
 S_d : Standar deviasi (Mpa)
 m : Nilai margin (Mpa)
 k : Konstanta ($k = 1,64$ untuk 20 benda uji)
 f'_c : Kuat desak karakteristik beton (Mpa)

2. Rumus analisis statistik regresi dan korelasi

a. Regresi model parabola kuadrat

$$\begin{aligned} \sum Y_i &= na + b\sum X_i + c\sum X_i^2 \\ \sum X_i Y_i &= a\sum X_i + b\sum X_i^2 + c\sum X_i^3 \\ \sum X_i^2 Y_i &= a\sum X_i^2 + b\sum X_i^3 + c\sum X_i^4 \end{aligned}$$

b. Koefisien korelasi (r)

$$r = \frac{n\sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{\sqrt{[(n\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2] [(n\sum Y_i^2) - (\sum Y_i)^2]}}$$

Analisis perhitungan kuat desak beton rata-rata dan kuat desak karakteristik beton, untuk berbagai variasi penambahan tawas dapat dilihat pada tabel-tabel sebagai berikut ini.

Tabel 4.3 Kuat desak rata-rata untuk berbagai prosentase tawas pada umur 7 hari

No	Kode	Prosentase tawas	fc kubus (kg/cm ²)	fc silinder (Mpa)	fc rata-rata (Mpa)
1	A0.1	0 %	240,6909	19,9773	22,0599
2	A0.2		268,1578	22,2571	
3	A0.3		270,3925	22,4426	
4	A0.4		299,9134	24,8928	
5	A0.5		249,7549	20,7297	
6	A1.1	1 %	312,5246	25,9395	25,0809
7	A1.2		320,9172	26,6361	
8	A1.3		331,9147	27,5489	
9	A1.4		253,8766	21,0718	
10	A1.5		291,6652	24,2082	
11	A2.1	2 %	340,7731	28,2842	28,0776
12	A2.2		338,5382	28,0987	
13	A2.3		332,9304	27,6332	
14	A2.4		343,9903	28,5512	
15	A2.5		335,1863	27,8205	
16	A3.1	3 %	235,8483	19,5755	20,3674
17	A3.2		262,7485	21,8081	
18	A3.3		238,1769	19,7687	
19	A3.4		246,7982	20,4843	
20	A3.5		243,3776	20,2003	
21	A4.1	4 %	207,4600	17,2192	17,3665
22	A4.2		213,1101	17,6881	
23	A4.3		222,0257	18,4281	
24	A4.4		199,1401	16,5286	
25	A4.5		204,4419	16,9687	

Tabel 4.4 Kuat desak rata-rata untuk berbagai prosentase tawas pada umur 14 hari

No	Kode	Prosentase tawas	fc kubus (kg/cm ²)	fc silinder (Mpa)	fc rata-rata (Mpa)
1	B0.1	0 %	376,5368	31,2526	28,5670
2	B0.2		375,8850	31,1984	
3	B0.3		313,1483	25,9913	
4	B0.4		320,0594	26,5649	
5	B0.5		335,2726	27,8276	
6	B1.1	1 %	369,2746	30,6498	29,7418
7	B1.2		338,5017	28,0956	
8	B1.3		372,4415	30,9126	
9	B1.4		324,4818	26,9320	
10	B1.5		386,9759	32,1190	
11	B2.1	2 %	391,8101	32,5202	33,0945
12	B2.2		391,4033	32,4865	
13	B2.3		414,3864	34,3941	
14	B2.4		395,6428	32,8384	
15	B2.5		400,4018	33,2333	
16	B3.1	3 %	335,1974	27,8214	26,3368
17	B3.2		313,8972	26,0535	
18	B3.3		305,1232	25,3252	
19	B3.4		315,4799	26,1848	
20	B3.5		316,8546	26,2989	
21	B4.1	4 %	273,4534	22,8731	23,2608
22	B4.2		278,7841	23,1391	
23	B4.3		287,6281	23,8731	
24	B4.4		295,5061	24,5270	
25	B4.5		263,7619	21,8922	

Tabel 4.5 Kuat desak rata-rata untuk berbagai prosentase tawas pada umur 21 hari

No	Kode	Prosentase tawas	fc kubus (kg/cm ²)	fc silinder (Mpa)	fc rata-rata (Mpa)
1	C0.1	0 %	431,6311	35,8254	31,9297
2	C0.2		379,0271	31,5309	
3	C0.3		404,0271	33,5342	
4	C0.4		367,2790	30,4842	
5	C0.5		340,6493	28,2739	
6	C1.1	1 %	412,9281	34,2730	33,0018
7	C1.2		385,6282	31,5309	
8	C1.3		382,1468	31,7182	
9	C1.4		386,2876	32,0619	
10	C1.5		421,0744	34,9492	
11	C2.1	2 %	415,4787	34,4847	35,0118
12	C2.2		443,9700	36,8495	
13	C2.3		409,0133	33,9481	
14	C2.4		415,6447	34,4985	
15	C2.5		425,0352	35,2779	
16	C3.1	3 %	315,6248	26,1969	29,0363
17	C3.2		380,9264	31,6169	
18	C3.3		368,0915	30,5516	
19	C3.4		327,5474	27,1864	
20	C3.5		356,9825	29,6295	
21	C4.1	4 %	328,5691	27,2712	26,0360
22	C4.2		321,7895	26,7085	
23	C4.3		296,9827	24,6496	
24	C4.4		354,9827	29,4343	
25	C4.5		266,4623	22,1164	

Tabel 4.6 Kuat desak rata-rata untuk berbagai prosentase tawas pada umur 28 hari

No	Kode	Prosentase tawas	fc kubus (kg/cm ²)	fc silinder (Mpa)	fc rata-rata (Mpa)
1	D0.1	0 %	442,4460	36,7230	34,5866
2	D0.2		422,8443	35,0961	
3	D0.3		433,7112	35,9980	
4	D0.4		396,0418	32,8715	
5	D0.5		388,4873	32,2444	
6	D1.1	1 %	454,4638	37,7205	35,3346
7	D1.2		429,0376	35,6435	
8	D1.3		423,0376	35,1121	
9	D1.4		393,8293	32,6878	
10	D1.5		427,8223	35,5093	
11	D2.1	2 %	452,1194	37,5259	36,7091
12	D2.2		447,6507	37,1550	
13	D2.3		438,2516	36,3748	
14	D2.4		435,2071	36,1222	
15	D2.5		438,1665	36,3678	
16	D3.1	3 %	384,0299	31,8745	32,7451
17	D3.2		372,1997	30,8926	
18	D3.3		392,1927	32,5520	
19	D3.4		423,2406	35,1290	
20	D3.5		400,9353	33,2776	
21	D4.1	4 %	329,8675	27,3641	30,1082
22	D4.2		399,1995	33,1336	
23	D4.3		374,9080	31,1174	
24	D4.4		372,7027	30,9343	
25	D4.5		337,2476	27,9916	

Tabel 4.7 Kuat desak karakteristik beton dengan penambahan tawas 0 % (beton normal)

No	Umur (hr)	fc (Mpa)	fc28 (Mpa)	(fc28-f'cr) (Mpa)	(fc28-f'cr) ² (Mpa)
1	7	19,9773	30,7343	- 2,9151	8,4978
2	7	22,2571	34,2417	0,5923	0,3508
3	7	22,4426	34,5271	0,8777	0,7704
4	7	24,8928	38,2966	4,6472	21,5965
5	7	20,7297	31,8918	- 1,7576	3,0892
6	14	31,2526	35,5143	1,8649	3,4778
7	14	31,1984	35,4527	1,8033	3,2519
8	14	25,9913	29,5356	- 4,1138	16,9233
9	14	26,5649	30,1874	- 3,4620	11,9854
10	14	27,8276	31,6223	- 2,0271	4,1091
11	21	35,8254	37,7109	4,0615	16,4958
12	21	31,5309	33,1904	- 0,4590	0,2107
13	21	33,5342	35,2992	1,6498	2,7218
14	21	30,4842	32,0886	- 1,5608	2,4361
15	21	28,2739	29,7620	- 3,8874	15,1119
16	28	36,7230	36,7230	3,0736	9,4470
17	28	35,0961	35,0961	1,4467	2,0929
18	28	35,9980	35,9980	2,3486	5,5159
19	28	32,8715	32,8715	- 0,7779	0,6051
20	28	32,2444	32,2444	- 1,4050	1,9740
			672,9879		130,6634

$$f'_{cr} = \frac{672,9879}{20} = 33,6494 \text{ Mpa}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{130,6634}{20 - 1}} = 2,6224 \text{ Mpa}$$

$$m = 1,64 \times 2,6224 = 4,3007 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} f'_c &= f'_{cr} - m \\ &= 33,6494 - 4,3007 \\ &= 29,3487 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Tabel 4.8 Kuat desak karakteristik beton dengan penambahan tawas 1 %

No	Umur (hr)	fc (Mpa)	fc ₂₈ (Mpa)	(fc ₂₈ -f'cr) (Mpa)	(fc ₂₈ -f'cr) ² (Mpa)
1	7	25,9395	39,9069	4,2927	18,4273
2	7	26,6391	40,9786	5,3644	28,7768
3	7	27,5489	42,3829	6,7687	45,8153
4	7	21,0718	32,4182	- 3,1960	10,2144
5	7	24,2082	37,2434	1,6292	2,6543
6	14	30,6498	34,8293	- 0,7849	0,6161
7	14	28,0956	31,9268	- 3,6874	13,5969
8	14	30,9126	35,1280	- 0,4862	0,2364
9	14	26,9320	30,6045	- 5,0097	25,0971
10	14	32,1190	36,4989	0,8847	0,7827
11	21	34,2730	36,0768	0,4626	0,2140
12	21	32,0071	33,6917	- 1,9225	3,6960
13	21	31,7182	33,3876	- 2,2266	4,9677
14	21	32,0619	33,7494	- 1,8648	3,4775
15	21	34,9492	36,7886	1,1744	1,3792
16	28	37,7205	37,7205	2,1063	4,4365
17	28	35,6436	35,6436	0,0294	0,0009
18	28	35,1121	35,1121	- 0,5021	0,2521
19	28	32,6878	32,6878	- 2,9264	8,5638
20	28	35,5093	35,5093	- 0,1049	0,0110
			712,2849		173,2060

$$f'_{cr} = \frac{712,2849}{20} = 35,6142 \text{ Mpa}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{173,2060}{20 - 1}} = 3,0193 \text{ Mpa}$$

$$m = 1,64 \times 3,0193 = 4,9517 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} f'_c &= f'_{cr} - m \\ &= 35,6142 - 4,9517 \\ &= 30,6625 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Tabel 4.9 Kuat desak karakteristik beton dengan penambahan tawas 2 %

No	Umur (hr)	f_c (Mpa)	f_{c28} (Mpa)	$(f_{c28} - f'_{cr})$ (Mpa)	$(f_{c28} - f'_{cr})^2$ (Mpa)
1	7	28,2842	43,5142	4,9200	24,2064
2	7	28,0987	43,2288	4,6346	21,4795
3	7	27,6332	42,5126	3,9184	15,3539
4	7	28,5512	43,9248	5,3307	28,4164
5	7	27,8205	42,8008	4,2066	17,6955
6	14	32,5202	36,9548	- 1,6394	2,6876
7	14	32,4865	36,9650	- 1,6292	2,6543
8	14	34,3941	39,0842	0,4900	0,2401
9	14	32,8384	37,3164	- 1,2778	1,6328
10	14	33,2333	37,7651	- 0,8291	0,6874
11	21	34,4847	36,2997	- 2,2945	5,2647
12	21	36,8495	38,7889	0,1947	0,0379
13	21	33,9481	35,7384	- 2,8594	8,1762
14	21	34,4985	36,3142	- 2,2800	5,1984
15	21	35,2779	37,1346	- 1,4592	2,1304
16	28	37,5259	37,5259	- 1,0683	1,1413
17	28	37,1550	37,1550	- 1,4392	2,0713
18	28	36,3749	36,3749	- 2,2193	4,9253
19	29	36,1222	36,1222	- 2,4720	6,1108
20	28	36,3678	36,3678	- 2,2264	4,9568
			771,8848		155,0671

$$f'_{cr} = \frac{782,5756}{20} = 38,5942 \text{ Mpa}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{155,0671}{20 - 1}} = 2,8568 \text{ Mpa}$$

$$m = 1,64 \times 2,8568 = 4,6851 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} f'_c &= f'_{cr} - m \\ &= 38,5942 - 4,6851 \\ &= 33,9091 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Tabel 4.10 Kuat desak karakteristik beton dengan
penambahan tawas 3 %

No	Umur (hr)	f_c (Mpa)	f_{c28} (Mpa)	$(f_{c28}-f'_{cr})$ (Mpa)	$(f_{c28}-f'_{cr})^2$ (Mpa)
1	7	19,5755	30,1162	- 1,0269	1,0545
2	7	21,8081	33,5510	2,4079	5,7980
3	7	19,7687	30,4134	- 0,7297	0,5325
4	7	20,4843	31,5143	0,3712	0,1378
5	7	20,2003	31,0774	- 0,0657	0,0043
6	14	27,8214	31,6152	0,4721	0,2229
7	14	26,0535	29,6063	- 1,5368	2,3618
8	14	25,3252	28,7786	- 2,3645	5,5808
9	14	26,1848	29,7555	- 1,3876	1,9254
10	14	26,2989	29,8851	- 1,2580	1,5826
11	21	26,1969	27,5757	- 3,5674	12,7263
12	21	31,6169	33,2809	2,1378	4,5702
13	21	30,5516	32,1596	1,0165	1,0333
14	21	27,1864	28,6173	- 2,5258	6,3797
15	21	29,6295	31,1889	0,0458	0,0021
16	28	31,8745	31,8745	0,7314	0,5349
17	28	33,1336	30,8926	- 0,2505	0,0627
18	28	32,5520	32,5520	1,4089	1,9850
19	28	30,9343	35,1290	3,9859	15,8874
20	28	27,9916	33,2776	2,1345	4,5561
			622,8611		66,9484

$$f'_{cr} = \frac{622,8611}{20} = 31,1431 \text{ Mpa}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{66,9484}{20 - 1}} = 1,8771 \text{ Mpa}$$

$$m = 1,64 \times 1,8771 = 3,0784 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} f'_c &= f'_{cr} - m \\ &= 31,1431 - 3,0784 \\ &= 28,0647 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Tabel 4.11 Kuat desak karakteristik beton dengan penambahan tawas 4 %

No	Umur (hr)	f_c (Mpa)	f_{c28} (Mpa)	$(f_{c28} - f'_{cr})$ (Mpa)	$(f_{c28} - f'_{cr})^2$ (Mpa)
1	7	17,2192	26,4911	- 1,1752	1,3811
2	7	17,6881	27,2125	- 0,4538	0,2059
3	7	18,4281	28,3508	0,6846	0,4687
4	7	16,5286	25,4286	- 2,2377	5,0073
5	7	16,9687	26,1057	- 1,5606	2,4355
6	14	22,8731	25,9922	- 1,6741	2,8026
7	14	23,1391	26,2944	- 1,3719	1,8821
8	14	23,8731	27,1286	- 0,5377	0,2891
9	14	24,5270	27,8716	0,2053	0,0421
10	14	21,8922	24,8775	- 2,7888	7,7774
11	21	27,2712	28,7065	1,0402	1,0820
12	21	26,7085	28,1142	0,4479	0,2006
13	21	24,6496	25,9469	- 1,7194	2,9563
14	21	29,4343	30,9835	3,3172	11,0038
15	21	22,1164	23,4623	- 4,3859	19,2361
16	28	27,3641	27,3641	- 0,3022	0,0913
17	28	33,1336	33,1336	5,4673	29,8914
18	28	31,1174	31,1174	3,4511	11,9101
19	28	30,9343	30,9343	3,2680	10,6798
20	28	27,9916	27,9916	0,3253	0,1058
			533,3256		109,4480

$$f'_{cr} = \frac{553,3256}{20} = 27,6663 \text{ Mpa}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{109,4490}{20 - 1}} = 2,4001 \text{ Mpa}$$

$$m = 1,64 \times 2,4001 = 3,9362 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} f'_c &= f'_{cr} - m \\ &= 27,6663 - 3,9362 \\ &= 23,7301 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

4.3 Pembahasan Nilai Slump Terhadap Penambahan Tawas

Dalam proses pencampuran adukan beton, digunakan faktor air semen tetap, kondisi agregat dibuat sama yaitu dalam kondisi kering udara dan proporsi agregat kasar dibuat sama dalam tiap pencampuran. Hal ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan tawas pada adukan beton segar, yang dapat diketahui dengan pengujian slump.

Pada tabel 4.1 dan gambar grafik 4.1, dapat dilihat bahwa penambahan tawas ke dalam adukan beton akan menurunkan nilai slump. Pada penambahan tawas 0 % (beton normal) nilai slump yang dihasilkan berkisar antara 11 cm sampai dengan 11,5 cm, hal ini sesuai dengan nilai slump yang direncanakan sehingga proses pencampuran adukan beton mudah dikerjakan. Dengan penambahan tawas sebesar 1 % dan 2 % dari berat semen, nilai slump yang dihasilkan mengecil yaitu berkisar antara 5,1 cm sampai dengan 7,5 cm, hal ini menyebabkan kelecakan adukan beton berkurang akan tetapi adukan beton segar masih bisa dikerjakan. Pada penambahan tawas 3 % dan 4 % terhadap berat semen, nilai slump yang dihasilkan semakin mengecil yaitu berkisar antara 2,7 cm sampai dengan 4,2 cm, pada kondisi ini terlihat sebagian agregat kasar memisahkan diri dari pasta semennya, hal ini menyebabkan proses pencampuran, pencetakan dan pemadatan adukan beton sulit untuk dikerjakan.

Dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa dengan adanya penambahan tawas ke dalam adukan beton, akan menurunkan nilai slump yang berarti mengurangi kelecakan

adukan beton dan mengurangi workability. Dari kesimpulan diatas maka hipotesis yang menyatakan makin besar prosentase tawas maka nilai slump semakin turun, terbukti.

4.4 Pembahasan Kuat Desak Beton Terhadap Penambahan Tawas

Hasil analisis perhitungan kuat desak beton rata-rata, kuat desak karakteristik beton serta prosentase kenaikan dan penurunan kuat desak beton terhadap kuat desak beton normal akibat penambahan tawas pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari, dapat dilihat pada tabel-tabel berikut ini.

Tabel 4.12 Kuat desak beton rata-rata pada umur 7 hari

No	Prosentase tawas	f'cr (Mpa)	Prosentase kenaikan	Prosentase penurunan
1	0 %	22,0599	0 %	0 %
2	1 %	25,0809	13,6945 %	-
3	2 %	28,0776	27,2789 %	-
4	3 %	20,3674	-	7,6723 %
5	4 %	17,3665	-	21,2757 %

Tabel 4.13 Kuat desak beton rata-rata pada umur 14 hari

No	Prosentase tawas	f'cr (Mpa)	Prosentase kenaikan	Prosentase penurunan
1	0 %	28,5670	0 %	0 %
2	1 %	29,7418	4,1124 %	-
3	2 %	33,0945	15,8487 %	-
4	3 %	26,3368	-	7,8069 %
5	4 %	23,2608	-	18,5746 %

Tabel 4.14 Kuat desak beton rata-rata pada umur 21 hari

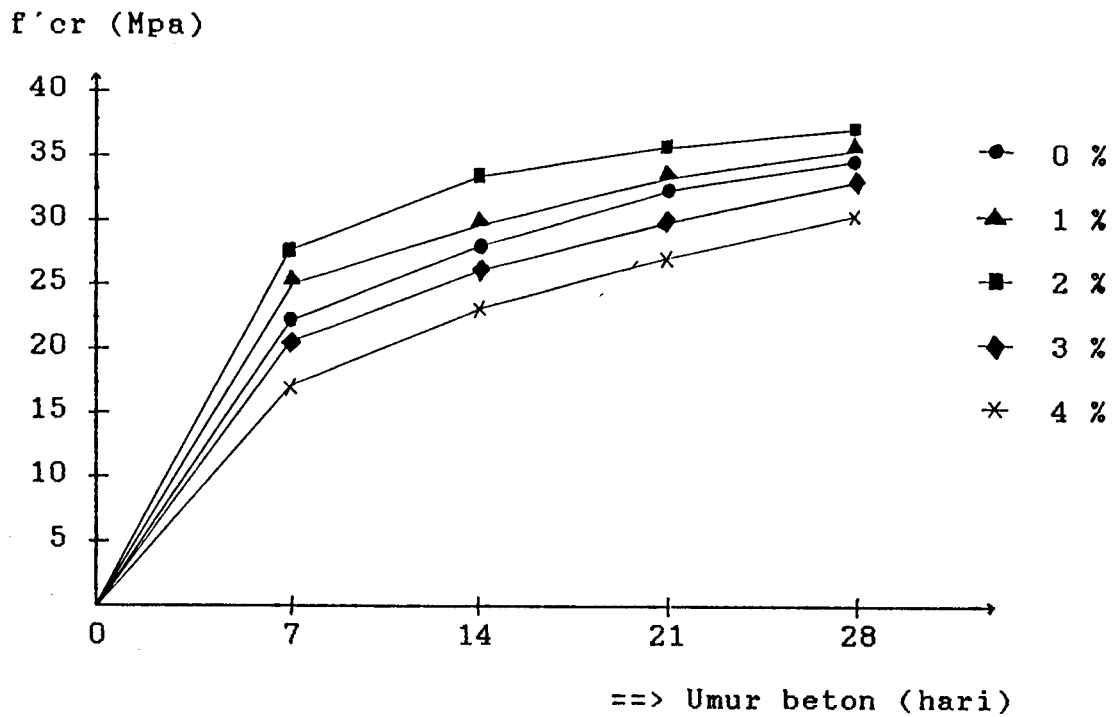
No	Prosentase tawas	f'cr (Mpa)	Prosentase kenaikan	Prosentase penurunan
1	0 %	31,9297	0 %	0 %
2	1 %	33,0019	3,3580 %	-
3	2 %	35,0118	8,6528 %	-
4	3 %	29,0363	-	9,0618 %
5	4 %	26,0360	-	18,4584 %

Tabel 4.15 Kuat desak beton rata-rata pada umur 28 hari

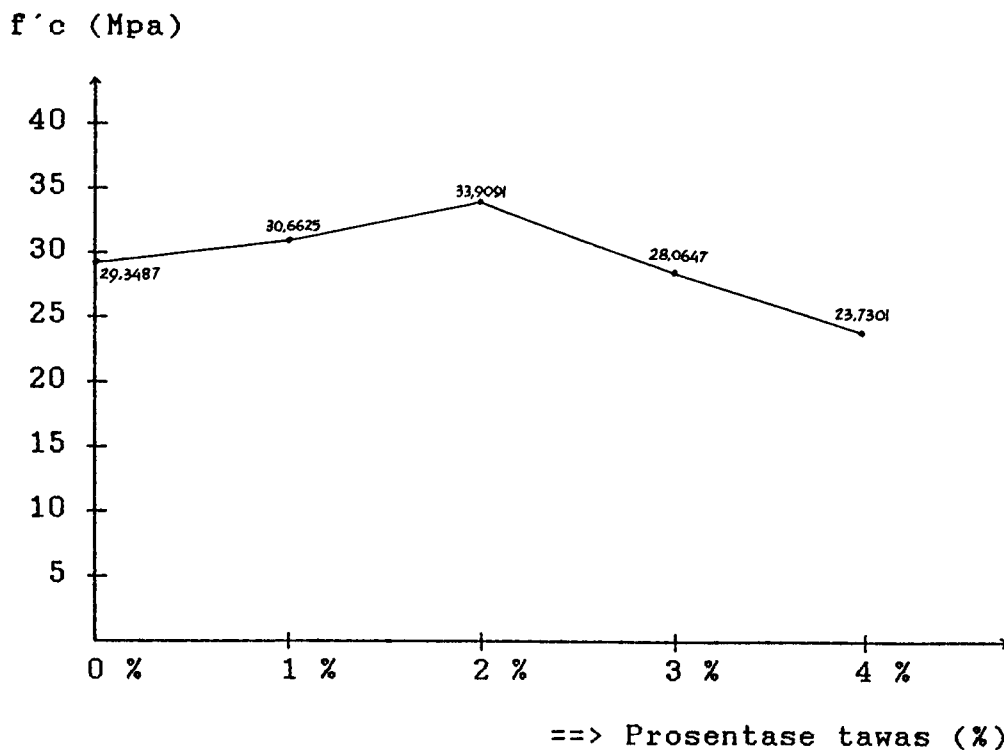
No	Prosentase tawas	f'cr (Mpa)	Prosentase kenaikan	Prosentase penurunan
1	0 %	34,5866	0 %	0 %
2	1 %	35,3346	2,1627 %	-
3	2 %	36,7091	6,1368 %	-
4	3 %	32,7451	-	5,3243 %
5	4 %	30,1082	-	12,9484 %

Tabel 4.16 Kuat desak karakteristik beton pada umur 28 hari

No	Prosentase tawas	f'cr (Mpa)	Prosentase kenaikan	Prosentase penurunan
1	0 %	29,3487	0 %	0 %
2	1 %	30,6625	4,4765 %	-
3	2 %	33,9091	15,5387 %	-
4	3 %	28,0647	-	4,3750 %
5	4 %	23,7301	-	19,1443 %



Gambar 4.2 Grafik hubungan kuat desak beton rata-rata terhadap umur beton



Gambar 4.3 Grafik hubungan kuat desak karakteristik beton terhadap prosentase tawas

Untuk menentukan kemungkinan hubungan antara kuat desak beton terhadap prosentase penambahan tawas, dapat dianalisis dengan metode statistik yaitu dengan menggunakan analisis regresi dan korelasi. Tujuannya adalah untuk memprediksikan atau meramalkan suatu nilai dari satu variabel dalam hubungannya dengan variabel lain, hubungan tersebut dinyatakan dalam bentuk persamaan. Dalam hal ini prosentase tawas adalah variabel yang mempengaruhi (variabel X) dan kuat desak beton adalah variabel yang dipengaruhi (variabel Y).

Perhitungan analisis regresi dan korelasi, dapat dilihat pada lampiran. Hasil analisis regresi dan korelasi hubungan antara kuat desak beton rata-rata terhadap prosentase penambahan tawas pada umur beton 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari, sebagai berikut.

1. Kuat desak beton rata-rata terhadap prosentase tawas pada umur 7 hari.

- Persamaan regresi : $Y = 22,1603 + 5,0904 X - 1,6251 X^2$

- Koefisien korelasi: $r = - 0,54$

2. Kuat desak beton rata-rata terhadap prosentase tawas pada umur 14 hari.

- Persamaan regresi : $Y = 28,3450 + 3,9158 X - 1,3294 X^2$

- Koefisien korelasi: $r = - 0,60$

3. Kuat desak beton rata-rata terhadap prosentase tawas pada umur 21 hari.

- Persamaan regresi : $Y = 31,8493 + 3,0335 X - 1,1522 X^2$

- Koefisien korelasi: $r = - 0,71$

4. Kuat desak beton rata-rata terhadap prosentase pada tawas umur 28 hari.

- Persamaan regresi : $Y = 34,4757 + 2,3058 X - 0,8651 X^2$

- Koefisien korelasi: $r = - 0,71$

Dari hasil analisis regresi dan korelasi, nilai koefisien regresi (r) pada umur beton 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari ternyata cukup besar. Hal ini dapat diprediksikan bahwa penambahan tawas berpengaruh terhadap kuat desak beton. Pada penambahan tawas tawas 1 % dan 2 % terjadi kenaikan kuat desak beton, sedangkan pada penambahan tawas 3 % dan 4 % terjadi penurunan kuat desak beton.

Pada tabel 4.12 sampai dengan tabel 4.15, dapat dilihat bahwa pada umur beton 7 hari dengan penambahan tawas 2 %, prosentase kenaikan kuat desak beton terhadap beton normal cukup tinggi dibandingkan pada umur beton lainnya, dengan prosentase kenaikan kuat desak sebesar 27,2789 %. Pada gambar 4.2 dapat dilihat bahwa pada penambahan tawas 2 %, kuat desak beton rata-rata untuk berbagai umur beton lebih tinggi, bila dibandingkan dengan penambahan prosentase tawas yang lain. Dari kenyataan tersebut terlihat bahwa penambahan tawas 2 %, sangat efektif untuk mempercepat proses pengikatan dan pengerasan adukan beton.

Pada tabel 4.16 dan gambar grafik 4.3, memperlihatkan bahwa kuat desak karakteristik beton telah memenuhi mutu beton yang direncanakan, yaitu sebesar 22,5 Mpa. Hasil

penelitian menunjukkan bahwa kuat desak karakteristik beton maksimum dicapai pada penambahan tawas 2 %, yaitu sebesar 33,9091 mpa dengan prosentase kenaikan kuat desak beton 15,5387 % terhadap beton normal.

Dari pernyataan diatas dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan tawas 2 %, akan didapat kuat desak beton yang maksimum dengan campuran beton masih bisa dikerjakan. Pemakaian tawas lebih besar dari 2 % kuat desak beton yang dihasilkan makin kecil, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, misalnya proses pengerjaan yang sulit karena nilai slump yang dihasilkan cukup kecil, proses pemadatan yang kurang baik karena kelecakkan adukan beton rendah sehingga beton yang dihasilkan berongga (keropos), serta terjadinya unsur sulfat sebagai hasil dari peruraiaan tawas yang makin besar, sehingga untuk jenis semen portland tipe I yang termasuk jenis semen yang tidak tahan sulfat, menjadi lemah daya ikatnya. Dari pernyataan diatas dapat diambil kesimpulan secara umum bahwa pada penambahan tawas tertentu, hipotesis yang menyatakan bahwa makin besar persentase tawas maka kuat desak beton semakin tinggi, terbukti. Sedangkan pada penambahan tawas yang melewati nilai tertentu tersebut, hipotesis yang timbul adalah hipotesis lawan atau kebalikannya.

4.5 Pembahasan Perbandingan Prosentase Kuat Desak Beton

Prosentase kuat desak beton untuk berbagai penambahan tawas pada umur 7 hari, 14 hari dan 21 hari terhadap kuat desak beton umur 28 hari, dapat dilihat pada tabel-tabel berikut ini.

Tabel 4.17 Prosentase kuat desak beton pada umur 7 hari
terhadap beton umur 28 hari

No	Prosentase tawas	f'cr 7 hari (Mpa)	f'cr 28 hari (Mpa)	Prosentase kuat desak
1	0 %	22,0599	34,5866	63,7816 %
2	1 %	25,0809	35,3346	70,9811 %
3	2 %	28,0776	36,7091	76,4868 %
4	3 %	20,3674	32,7451	62,1998 %
5	4 %	17,3665	30,1082	57,6803 %

Tabel 4.18 Prosentase kuat desak beton pada umur 14 hari
terhadap beton umur 28 hari

No	Prosentase tawas	f'cr 14 hari (Mpa)	f'cr 28 hari (Mpa)	Prosentase kuat desak
1	0 %	28,5670	34,5866	82,5956 %
2	1 %	29,7418	35,3346	84,1719 %
3	2 %	32,6880	36,7091	89,0460 %
4	3 %	26,3368	32,7451	80,4297 %
5	4 %	23,2608	30,1082	77,2574 %

Tabel 4.19 Prosentase kuat desak beton pada umur 21 hari
terhadap beton umur 28 hari

No	Prosentase tawas	f'cr 21 hari (Mpa)	f'cr 28 hari (Mpa)	Prosentase kuat desak
1	0 %	31,9297	34,5866	92,3181 %
2	1 %	33,0019	35,3346	93,3983 %
3	2 %	35,0118	36,7091	95,3764 %
4	3 %	29,0360	32,7451	88,6737 %
5	4 %	26,0360	30,1082	86,4748 %

Prosentase kuat desak beton umur 7 hari, 14 hari dan 21 hari terhadap beton umur 28 hari pada penambahan tawas 1 % dan 2 %, terjadi kenaikan prosentase kuat desak bila dibandingkan terhadap prosentase kuat desak beton normal.

Sedangkan pada penambahan tawas 3 % dan 4 %, terjadi penurunan prosentase kuat desak beton.

Pada tabel 4.17, menunjukkan bahwa prosentase kuat desak beton umur 7 hari terhadap beton umur 28 hari, pada penambahan tawas 1 % dan 2 % terjadi kenaikan prosentase kuat desak yang cukup besar sedangkan pada penambahan tawas 3 % dan 4 % terjadi penurunan prosentase kuat desak yang relatif kecil. Pada penambahan tawas 2 % didapatkan prosentase kuat desak maksimum, sebesar 76,911 %. Hal ini apabila dibandingkan terhadap prosentase kuat desak beton normal, yaitu sebesar 63,7816 % dan Peraturan Beton Bertulang Indonesia, 1971 sebesar 65 % maka terlihat adanya kenaikan yang cukup tinggi. Dari kondisi tersebut, dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan tawas 2 % pada umur beton 7 hari akan didapatkan beton yang cepat mengeras dan kenaikan kuat desak beton.

Pada tabel 4.18 memperlihatkan bahwa prosentase kuat desak beton umur 14 hari terhadap beton umur 28 hari, pada penambahan tawas 1 % dan 2 % terjadi kenaikan prosentase kuat desak yang relatif besar sedangkan pada penambahan tawas 3 % dan 4 % terjadi penurunan prosentase kuat desak yang relatif kecil. Pada penambahan tawas 2 % didapatkan prosentase kuat desak beton maksimum sebesar 89,0460 %. Hal ini apabila dibandingkan terhadap prosentase kuat desak beton normal, yaitu sebesar 82,5956 % maka terlihat adanya kenaikan yang cukup tinggi. Sedangkan terhadap Peraturan Beton Bertulang Indonesia, 1971 yaitu sebesar 88 % maka prosentase kuat desak beton mengalami sedikit kenaikan. Dari kondisi tersebut dapat

diambil kesimpulan bahwa penambahan tawas 2 % pada umur beton 14 hari didapatkan prosentase kuat desak beton yang memenuhi ketentuan Peraturan Beton Bertulang Indonesia, 1971.

Pada tabel 4.19 memperlihatkan bahwa prosentase kuat desak beton umur 21 hari terhadap beton umur 28 hari, pada penambahan tawas 1 % dan 2 % terjadi kenaikan prosentase kuat desak yang cukup kecil sedangkan pada penambahan tawas 3 % dan 4 % terjadi penurunan prosentase kuat desak yang cukup besar. Pada penambahan tawas 2 %, didapatkan prosentase kuat desak beton maksimum sebesar 95,3784 %. Hal ini apabila dibandingkan terhadap prosentase kuat desak beton normal, yaitu sebesar 92,3181 % dan Peraturan Beton Bertulang Indonesia, 1971 sebesar 95 % maka terlihat adanya kenaikan prosentase kuat desak beton yang cukup kecil. Dari kondisi tersebut, dapat diambil suatu kesimpulan bahwa penambahan tawas 2 % pada umur 21 hari, didapatkan prosentase kuat desak beton yang telah memenuhi ketentuan Peraturan Beton Bertulang Indonesia, 1971.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada hasil penelitian dan pembahasan tentang tinjauan nilai slump dan kuat desak beton terhadap pemakaian tawas sebagai bahan tambah, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Penambahan tawas ke dalam adukan beton akan menurunkan nilai slump, hal ini berarti akan mengurangi kelecakan dan workability adukan beton.
2. Penambahan tawas ke dalam adukan beton berpengaruh pada kuat desak beton.
 - a. Pada penambahan tawas 1 % dan 2 % terjadi peningkatan kuat desak karakteristik beton, dengan prosentase kenaikan sebesar 4,4765 % dan 15,5387 %.
 - b. Pada penambahan tawas 3 % dan 4 % terjadi penurunan kuat desak karakteristik beton, dengan prosentase penurunan sebesar 4,3750 % dan 19,1443 %.
 - c. Pada penambahan tawas 2 % akan diperoleh kuat desak beton yang maksimum.
3. Perbandingan prosentase kuat desak beton umur 7 hari, 14 hari dan 21 hari terhadap beton umur 28 hari, adalah

sebagai berikut ini.

- a. Pada penambahan tawas 1 % dan 2 % terjadi kenaikan prosentase kuat desak beton, sedangkan penambahan tawas 3 % dan 4 % terjadi penurunan prosentase kuat desak beton.
- b. Pada penambahan tawas 2 % diperoleh prosentase kuat desak yang maksimum. Pada umur 7 hari, prosentase kuat desak maksimum sebesar 76,4868 % hal ini bila dibandingkan terhadap prosentase kuat desak beton normal dan Peraturan Beton Bertulang Indonesia, 1971, maka terlihat adanya kenaikan prosentase kuat desak beton yang cukup besar. Sedangkan pada umur 14 hari dan 21 hari, yaitu sebesar 89,0460 % dan 95,3764 % terjadi kenaikan yang cukup kecil.

5.2 Saran

1. Cetakan yang digunakan sebaiknya simetris, karena jika benda uji tidak simetris dapat mengurangi luas permukaan beton sehingga kuat desak beton yang dihasilkan kurang baik.
2. Perlu diadakan penelitian pengaruh pemakaian tawas sebagai bahan tambah terhadap kuat desak untuk umur beton lebih dari 28 hari.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kardiyono Tjokrodinulyo, Ir. ME, 1992, TEKNOLOGI BETON, Penerbit Jurusan Teknik Sipil Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
2. Murdock, L.J. dan Brook, K.M., 1986, BAHAN DAN PRAKTEK BETON, Erlangga, Jakarta.
3. Nawy E.G., 1990, BETON BERTULANG SUATU PENDEKATAN DASAR, PT. Eresco, Bandung.
4. ———, 1971, PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA (N.I. - 2), Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Ditjen Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
5. ———, 1989, METODE PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON (SK SNI M-14-1989-F), Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
6. ———, 1989, DRAF KONSENSUS PEDOMAN BETON 1989, Badan Penelitian Dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
7. Abdulrahman Ritonga, 1987, STATISTIK TERAPAN UNTUK PENELITIAN, Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta.

LAMPIRAN

1. Analisis regresi dan korelasi hubungan kuat desak beton dengan prosentase tawas pada umur 7 hari.

Keterangan :

Y = Kuat desak beton rata-rata (Mpa)

X = Prosentase tawas (%)

Y	Y ²	X	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
22,0599	486,6392	0	0	0	0	0	0
25,0809	629,0515	1	1	1	1	25,0809	25,0809
28,0776	788,3516	2	4	8	16	56,1552	112,3104
20,3674	414,8310	3	9	27	81	61,1022	183,3066
17,3665	301,5953	4	16	64	256	69,4660	277,8640
112,9523	2620,4686	10	30	100	354	211,8043	598,5619

$$\begin{aligned} 112,9523 &= 5a + 10b + 30c \\ 211,8043 &= 10a + 30b + 100c \\ 598,5579 &= 30a + 100b + 354c \end{aligned}$$

Didapat :

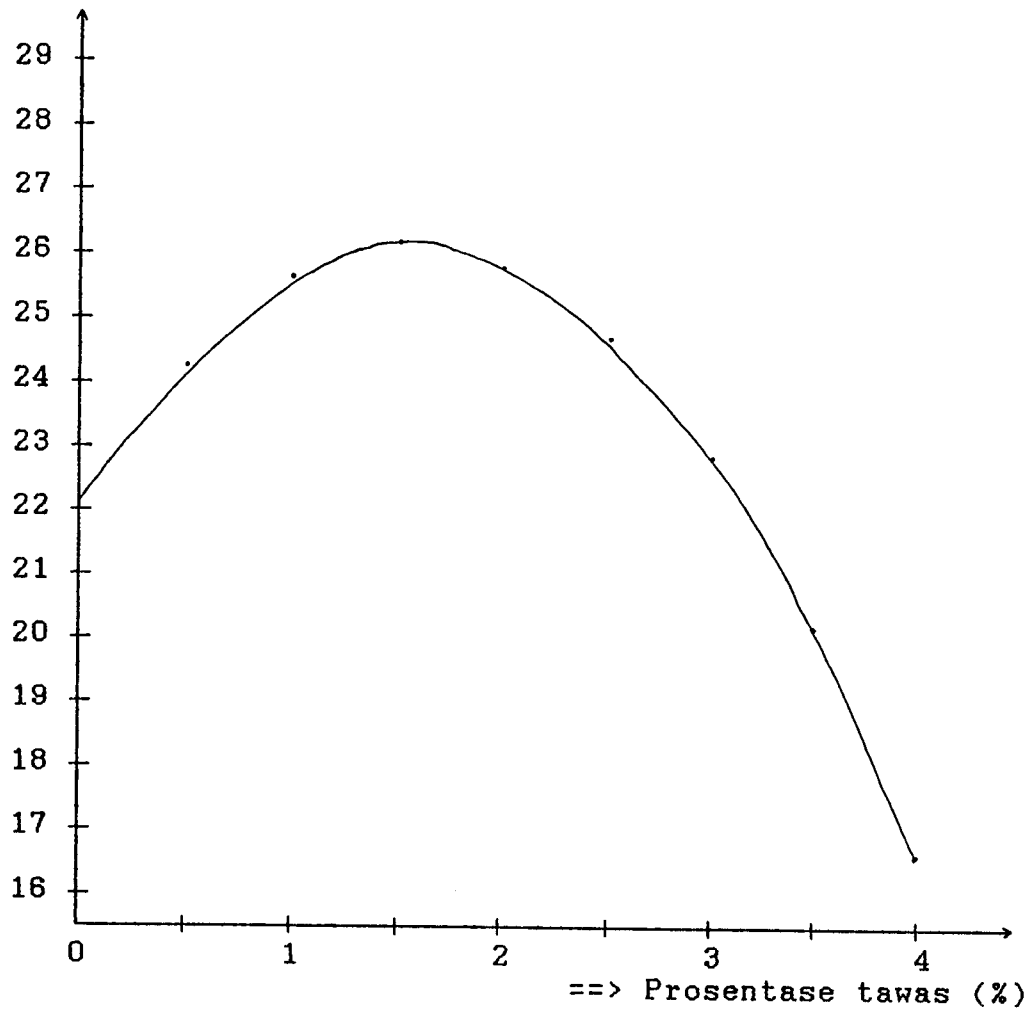
$$\begin{aligned} a &= 22,1603 \\ b &= 5,0904 \\ c &= -1,6251 \end{aligned}$$

Persamaan regresi : $Y = 22,1603 + 5,0904 X - 1,6251 X^2$

Koefisien korelasi :

$$\begin{aligned} r &= \frac{(5 \times 211,8043) - (10) \cdot (112,9523)}{\sqrt{[(5 \times 30) - (10)^2] [(5 \times 2620,4686) - (112,9523)^2]}} \\ &= - 0,54 \end{aligned}$$

f_{cr} (Mpa)



Gambar 1 Grafik hubungan kuat desak beton rata-rata dengan prosentase tawas pada umur 7 hari

2. Analisis regresi dan korelasi hubungan kuat desak beton dengan prosentase tawas pada umur 14 hari.

Keterangan :

Y = Kuat desak beton rata-rata (Mpa)

X = Prosentase tawas (%)

Y	Y ²	X	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
28,5670	816,0735	0	0	0	0	0	0
29,7418	884,5747	1	1	1	1	29,7418	29,7418
33,0945	1095,2459	2	4	8	16	66,1890	132,3780
26,3368	693,6270	3	9	27	81	79,0104	237,0312
23,2608	541,0648	4	16	64	256	93,0432	372,1728
141,0009	4030,5859	10	30	100	354	267,9844	771,3238

$$\begin{aligned} 141,0009 &= 5a + 10b + 30c \\ 267,9844 &= 10a + 30b + 100c \\ 771,3238 &= 30a + 100b + 354c \end{aligned}$$

Didapat :

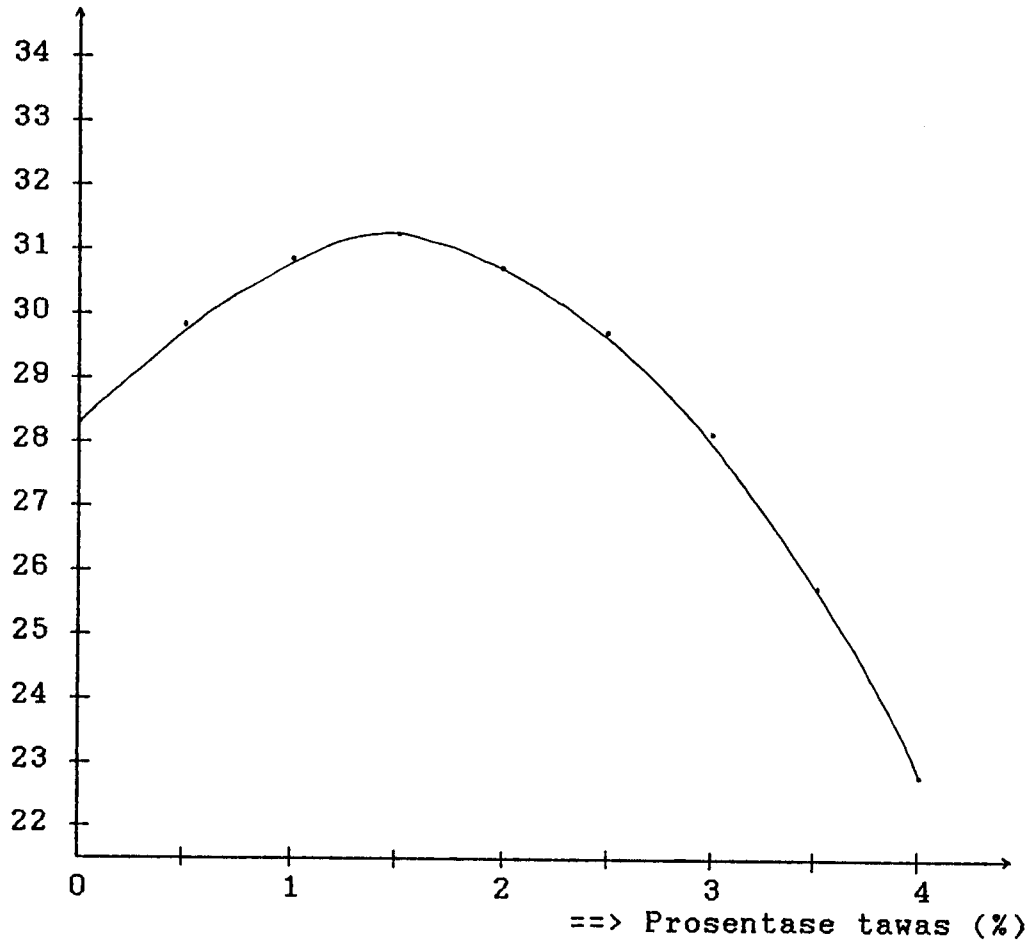
$$\begin{aligned} a &= 28,3450 \\ b &= 3,9158 \\ c &= -1,3294 \end{aligned}$$

Persamaan regresi : $Y = 28,3450 + 3,9158 X - 1,3294 X^2$

Koefisien korelasi :

$$\begin{aligned} r &= \frac{(5 \times 267,9844) - (10) \cdot (141,0009)}{\sqrt{[(5 \times 30) - (10)^2] [(5 \times 4030,5859) - (141,0009)^2]}} \\ &= - 0,60 \end{aligned}$$

f_{cr} (Mpa)



Gambar 2 Grafik hubungan kuat desak beton rata-rata dengan prosentase tawas pada umur 14 hari

3. Analisis dan korelasi regresi hubungan kuat desak beton dengan prosentase tawas pada umur 21 hari.

Keterangan :

Y = Kuat desak beton rata-rata (Mpa)

X = Prosentase tawas (%)

Y	Y ²	X	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
31,9297	1019,5057	0	0	0	0	0	0
33,0019	1089,1254	1	1	1	1	33,0019	33,0019
35,0118	1225,8261	2	4	8	16	70,0236	140,0472
29,0363	843,1067	3	9	27	81	87,1089	261,3267
26,0360	677,8733	4	16	64	256	104,1440	416,5760
155,0157	4855,4372	10	30	100	354	294,2784	850,9518

$$\begin{aligned}
 155,0157 &= 5a + 10b + 30c \\
 294,2784 &= 10a + 30b + 100c \\
 850,9518 &= 30a + 100b + 354c
 \end{aligned}$$

Didapat :

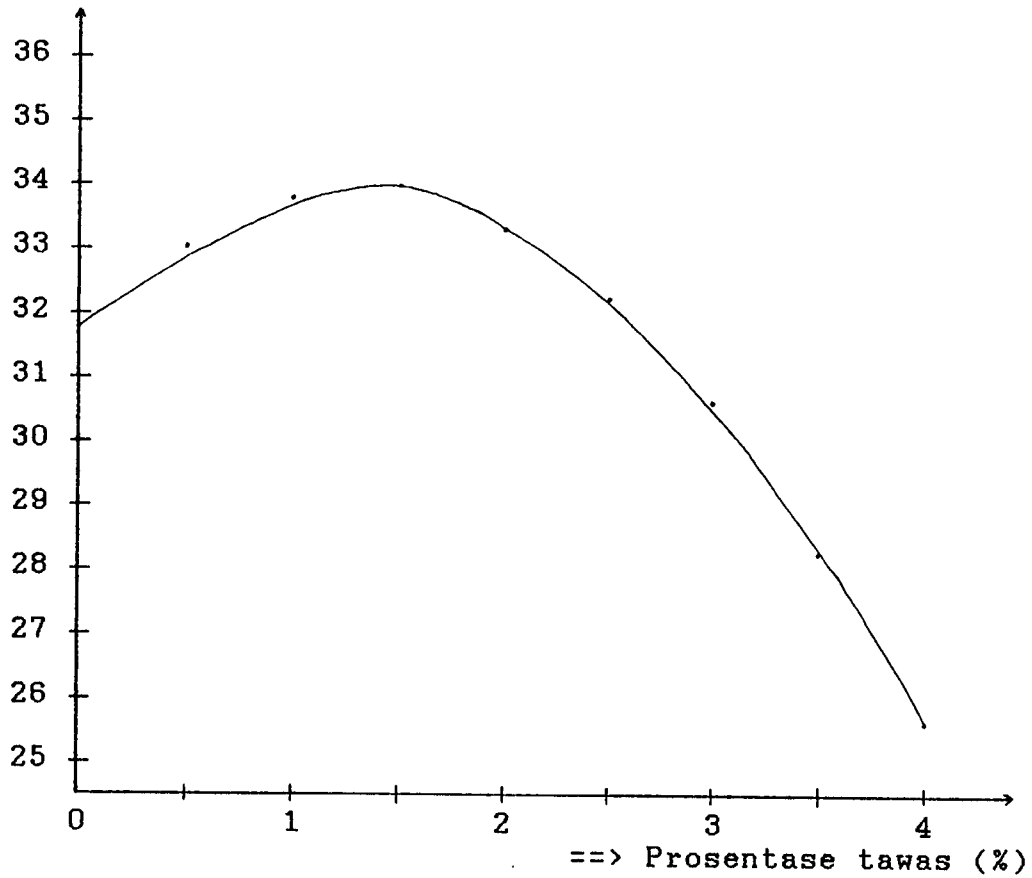
$$\begin{aligned}
 a &= 31,8493 \\
 b &= 3,0335 \\
 c &= -1,1522
 \end{aligned}$$

Persamaan regresi : $Y = 31,8493 + 3,0335 X - 1,1522 X^2$

Koefisien korelasi :

$$\begin{aligned}
 r &= \frac{(5 \times 294,2784) - (10) \cdot (155,0157)}{\sqrt{[(5 \times 30) - (10)^2] [(5 \times 4855,4372) - (155,0157)^2]}} \\
 &= - 0,71
 \end{aligned}$$

f_{cr} (Mpa)



Gambar 3 Grafik hubungan kuat desak beton rata-rata dengan prosentase tawas pada umur 21 hari

4. Analisis dan korelasi regresi hubungan kuat desak beton dengan prosentase tawas pada umur 28 hari.

Keterangan :

Y = Kuat desak beton rata-rata (Mpa)

X = Prosentase tawas (%)

Y	Y ²	X	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
34,5866	1196,2329	0	0	0	0	0	0
35,3346	1248,5340	1	1	1	1	35,3346	35,3346
36,7091	1347,5580	2	4	8	16	73,4182	146,8364
32,7451	1072,2416	3	9	27	81	98,2353	294,7059
30,1082	906,0702	4	16	64	256	120,4328	481,7312
169,4836	5771,0702	10	30	100	354	327,4215	958,6081

$$\begin{aligned} 169,4836 &= 5a + 10b + 30c \\ 327,4215 &= 10a + 30b + 100c \\ 958,6081 &= 30a + 100b + 354c \end{aligned}$$

Didapat :

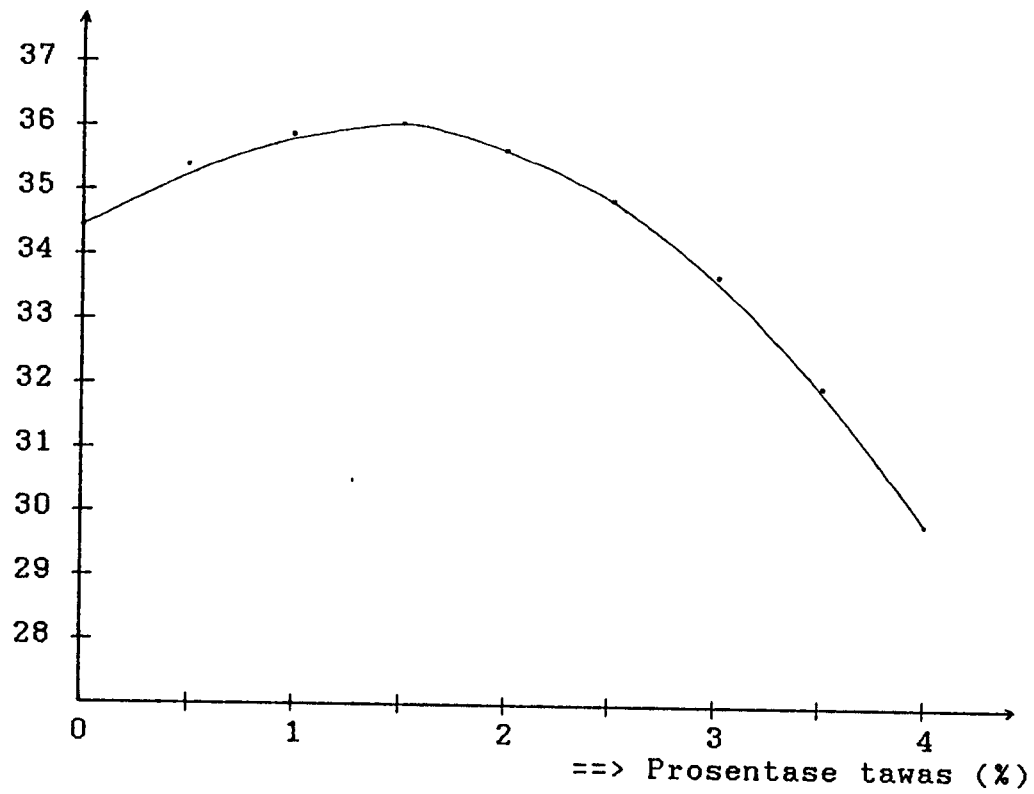
$$\begin{aligned} a &= 34,4757 \\ b &= 2,3058 \\ c &= -0,8651 \end{aligned}$$

Persamaan regresi : $Y = 34,4757 + 2,3058 X - 0,8651 X^2$

Koefisien korelasi :

$$\begin{aligned} r &= \frac{(5 \times 327,4215) - (10) \cdot (169,4836)}{\sqrt{[(5 \times 30) - (10)^2] [(5 \times 5771,0702) - (169,4836)^2]}} \\ &= -0,71 \end{aligned}$$

f_{cr} (Mpa)



Gambar 4 Grafik hubungan kuat desak beton rata-rata dengan prosentase tawas pada umur 28 hari



Foto 1 Pengambilan bahan material penyusun beton



Foto 2 Menimbang bahan penyusun beton

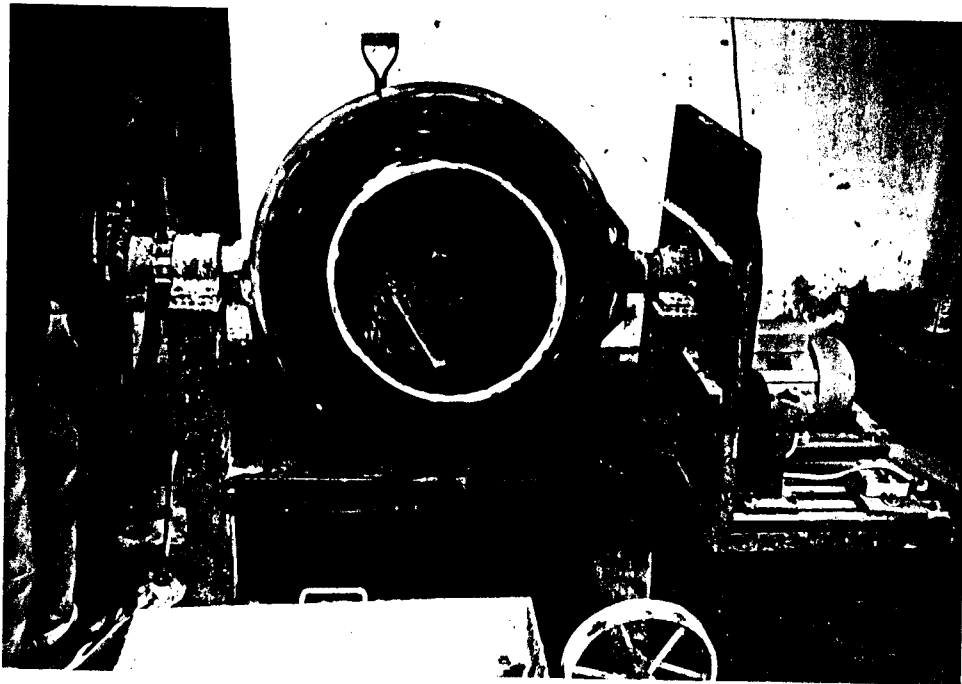


Foto 3 Pengadukan bahan susun beton dengan mesin molen

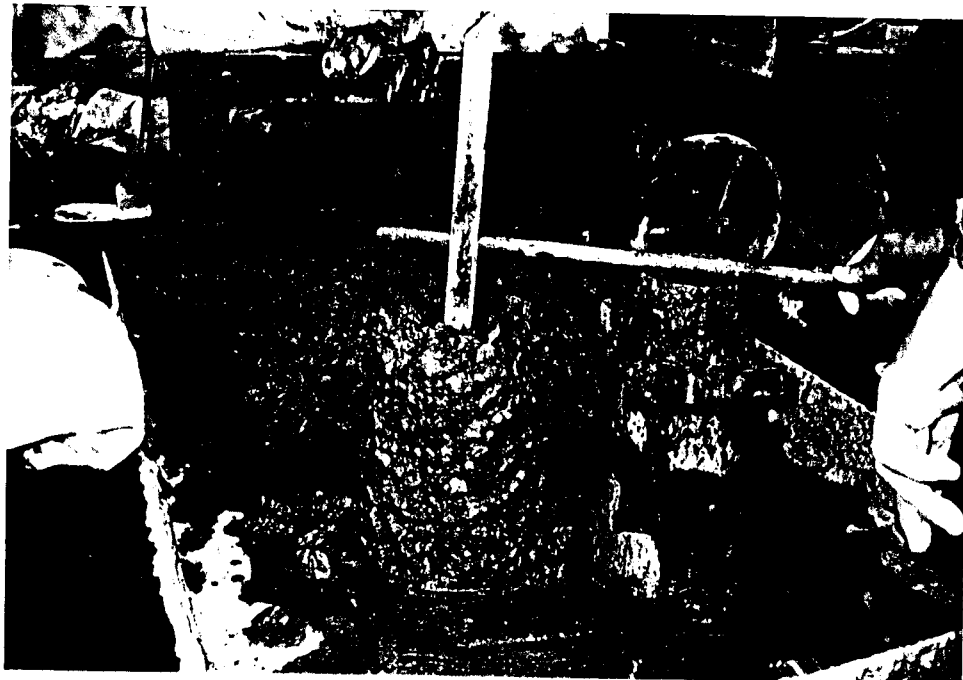


Foto 4 Pengujian slump



Foto 5 Pemasangan adukan beton



Foto 6 Benda uji kubus beton yang telah dicetak



Foto 7 Pembukaan cetakan

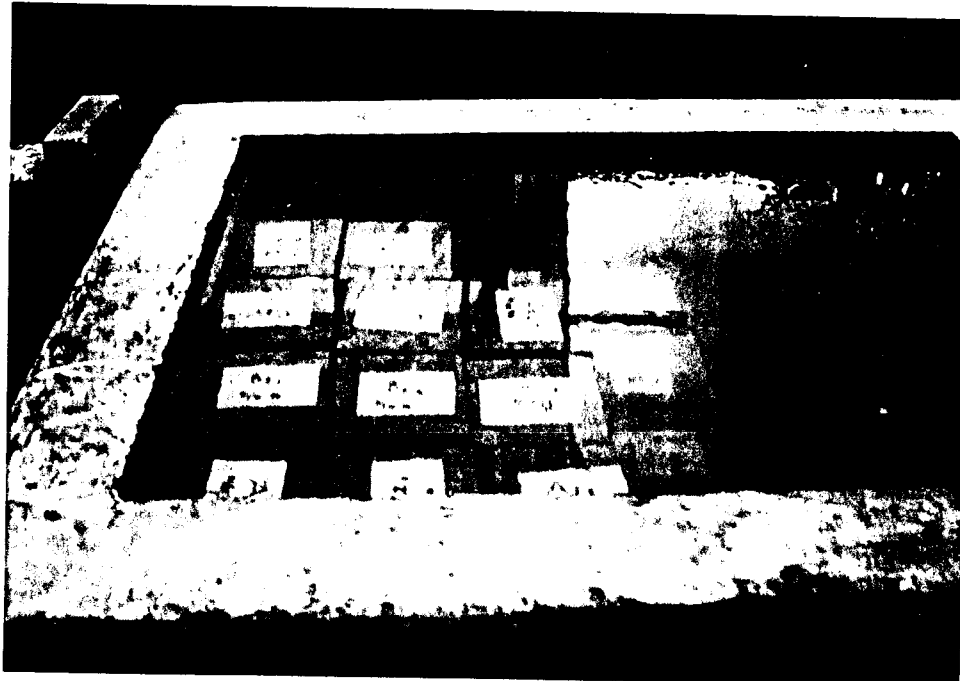


Foto 8 Perawatan benda uji kubus beton



Foto 8 Pengujian kuat desak beton