

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAN/BEI	
TGL. TERIMA :	23 Februari 2007
NO. JUDUL :	00 2248
NO. INV. :	5120002248001
NO. INDUK :	

TUGAS AKHIR

KUAT TEKAN BETON TERKEKANG DENGAN PENGEKANG JARINGAN KAWAT BENTUK PERSEGI



NOVRIALDI SAPUTRA

01 511 271

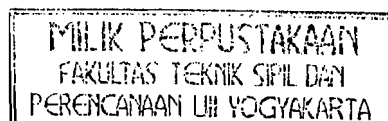
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2006



R.

693 54

Sap

k

1

di. 30. Bel. Lang. 28

Shirley

• Beton bertulang

• Beton terkekang

• Jaring kawat per

segi

LEMBAR PENGESAHAN

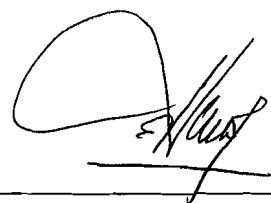
KUAT TEKAN BETON TERKEKANG DENGAN PENGKANG JARINGAN KAWAT BENTUK PERSEGI

Disusun oleh:

Nama : Novrialdi Saputra
No. Mahasiswa : 01 511 271

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dr. Ir. Ade Ilham, MT
Dosen pembimbing


Tanggal : 15-11-'06

KATA PENGANTAR



Assalamu' alaikum Wr.Wb

Syukur Alhamdulillah senantiasa kami panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, karunia serta hidayah-Nya. sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas akhir dengan judul KUAT TEKAN BETON TERKEKANG DENGAN PENGEKANG JARINGAN KAWAT BENTUK PERSEGI tanpa hambatan yang berarti.

Tugas akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Dalam pengerjaan tugas akhir ini penyusun telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Prof. Dr. Edy Suandy Hamid. M.Ec, selaku Rektor Universitas Islam Indonesia,
2. Dr. Ir. Ruzardi, MS selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
3. Ir. H.Faisol AM, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

4. Dr. Ir. Ade Ilham, MT, selaku Dosen Pembimbing yang dengan penuh kesabaran dan ketelitian telah memberikan saran, nasehat, serta bimbingan sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan
5. Ir. H. Suharyatmo, MT dan Ir. H. Susastrawan, MS selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritik yang membangun untuk kebaikan tugas akhir ini.
6. Spesial untuk Bapak, Ibu, serta Keluarga besar kami yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan tidak lupa selalu memberikan doa restu kepada kami sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman-teman Seperjuangan satu **ALMAMATER** dan seprofesi (yang tidak dapat disebutkan satu persatu).
8. Semua pihak maupun instansi yang terkait yang telah banyak memberikan bantuan pada saat penelitian berjalan sampai terselesainya proposal tugas akhir ini.

Dalam penyusunan Laporan ini disadari masih jauh dari sempurna, untuk itu kritik dan saran dari pembaca akan sangat membantu demi perbaikan dikemudian hari. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penyusun dan bagi siapa saja yang membutuhkan.

Wabillahittaufiq wal hidayah

Wassalaamu'alaikum Wr.Wb

Yogyakarta, 2006

Penulis

Novrialdi Saputra

Dan untuk dan alimasterku

Untuk seseorang yang sangat aku sayang,
kau adalah orang yang pernah aku miliki.

Kakakku Siti Mahera dan adik-adikku
Aprinidi dan Aswaidi, kalian adalah
saudara yang sangat aku sayang.

Bapak dan Ibu yang tak pernah berhenti
mendoakan dan memberikan yang terbaik
kepada anaknya, tidak kata lain selalu rasa
syukur dan bangga telah di anugerahi orang
tua yang sangat baik.

Allah SWT sang Khalik yang
mengurniakan segala nya bagi
hambanya.

Karya ini khusus ku persembahkan kepada
mereka yang begitu ku cintai :

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PERSEMBAHAN

Motto Hidup

Jika kau ingin selamat, selalulah ikuti ajaran nabi Muhammad SAW

Jadilah kamu orang-orang yang selalu menegakkan kebenaran karena Allah, menjadi saksi dengan adil. Janganlah sekali-kali kebencianmu terhadap sesuatu kaum, mendorong kamu untuk berlaku tidak adil. Berlaku adillah, karena adil itu lebih dekat kepada takwa. Dan bertakwalah kepada Allah, sesungguhnya Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan. (*Al-Maa'idah*; 8)

Janganlah kamu menjadi seperti orang-orang yang keluar dari kampungnya dengan rasa angkuh dan dengan maksud riya' kepada manusia serta menghalangi orang dari jalan Allah. Dan ilmu Allah meliputi apa yang mereka kerjakan. (*Al-Anfaal*; 47)

Janganlah selalu menjadi puas dengan apa yang didapat dengan cara yang tidak baik. Puaslah dengan apa yang didapat dengan cara yang diridhoi Allah SWT.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Kata Pengantar	iii
Lembar Persembahan	iv
Motto Hidup.....	v
Daftar Isi.....	vii
Daftar Tabel.....	xi
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Lampiran.....	xiv
Intisari	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Kolom.....	7
2.2 Tulangan Jaringan Kawat.....	9

2.3	Hasil-hasil Penelitian.....	12
BAB III	LANDASAN TEORI.....	15
3.1	Beton Terkekang.....	15
3.2	Bahan-bahan Campuran Beton.....	17
3.2.1	Semen Portland.....	17
3.2.2	Air.....	19
3.2.3	Agregat.....	19
3.3	Perencanaan Campuran Beton.....	20
3.4	Kuat Desak Beton.....	24
3.4.1	Mudulus Elastisitas.....	26
3.4.2	Mudulus Kenyal	26
3.4.3	Kekakuan.....	27
3.5	Tegangan Baja Tulangan.....	27
3.6	Kuat Tarik Beton.....	27
3.7	Konversi Umur Beton.....	29
BAB IV	METODE PENELITIAN.....	30
4.1	Prosedur Pelaksanaan Percobaan	30
4.2	Persiapan Bahan dan Alat.....	30
4.2.1	Bahan.....	30
4.2.2	Alat.....	34

4.3	Pemeriksaan Bahan Campuran Beton.....	36
4.4	Perencanaan Campuran Beton.....	36
4.5	Pembuatan Campuran Beton.....	37
4.6	Pengujian <i>Slump</i>	37
4.7	Pembuatan Benda Uji.....	38
4.8	Perawatan Benda Uji.....	42
4.9	Pengujian Benda Uji.....	43
BAB V	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	46
5.1	Hasil Penelitian.....	46
5.2	Uji Material.....	46
5.3	Uji <i>Slump</i>	47
5.4	Berat Volume Beton.....	47
5.5	Kuat Tarik Baja Tulangan.....	48
5.6	Kuat Tarik Jaringan Kawat.....	49
5.7	Kuat Desak Beton.....	49
5.7.1	Hubungan Kuat Desak dengan Umur Beton.....	49
5.7.2	Perbandingan f_{cr} Beton Normal dan Beton Terkekang.....	51
5.7.3	Tegangan-Ragangan.....	52
5.8	Kuat Tarik Beton.....	55
5.9	Konversi Umur Beton.....	56
5.10	Pembahasan.....	57

5.10.1	Pengujian Material.....	57
5.10.2	Pengujian Nilai <i>Slump</i>	57
5.10.3	Berat Volume Beton.....	58
5.10.4	Kuat Tarik Baja Tulangan.....	58
5.10.5	Kuat Tarik Jaringan Kawat.....	59
5.10.6	Kuat Desak Beton	59
5.10.7	Tegangan dan Regangan Beton	62
5.10.8	Kuat Tarik Beton.....	64
5.10.9	Konversi Umur Beton.....	66
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
6.1	Kesimpulan.....	67
6.2	Saran.....	68
	Daftar Pustaka.....	69

DAFTAR TABEL

Tabel	3.1	Nilai Deviasi Standar.....	21
Tabel	3.2	Hubungan Faktor Air Semen dan kuat Desak Silinder Beton umur 28	21
Tabel	3.3	Faktor Air Semen Maksimal.....	21
Tabel	3.4	Nilai <i>Slump</i>	22
Tabel	3.5	Ukuran Maksimum Agregat.....	22
Tabel	3.6	Perkiraan Kebutuhan Air Berdasarkan Nilai <i>Slump</i> dan Ukuran Maksimum Agregat.....	23
Tabel	3.7	Perkiraan Agregat Kasar Per Meter Kubik Beton.....	23
Tabel	3.8	Kuat Desak Karakteristik Beton f'_c	25
Tabel	3.9	Perbandingan Kekuatan Tekan Beton pada Berbagai Umur.....	29
Tabel	4.1	Jumlah Benda Uji.....	38
Tabel	5.1	Hasil Uji Material.....	46
Tabel	5.2	Hasil Pengujian <i>Slump</i> Rata-rata	47
Tabel	5.3	Berat Volume Beton Rata-rata	48
Tabel	5.4	Hasil uji kuat tarik baja tulangan.....	49
Tabel	5.5	Hasil uji Kuat tarik Jaringan Kawat.....	49
Tabel	5.6	Hasil uji kuat desak beton pada umur 3 hari.....	49
Tabel	5.7	Hasil uji kuat desak beton pada umur 7 hari.....	50
Tabel	5.8	Hasil uji kuat desak beton pada umur 14 hari	50

Tabel	5.9	Hasil uji kuat desak beton pada umur 28 hari	50
Tabel	5.10	Persentase kuat desak rata-rata (f'_{cr}) umur 3, 7, 14, dan 28	52
Tabel	5.11	Modulus Elastisitas, Modulus Kenyal, Kekakuan.....	54
Tabel	5.12	Perbandingan modulus elastis.....	55
Tabel	5.13	Persentase Kuat Tarik rata – rata.....	55
Tabel	5.14	Konversi umur beton berdasarkan SNI.....	56
Tabel	5.15	Perbandingan nilai faktor konversi.....	57
Tabel	5.16	Perbandingan Hasil uji dengan pengujian Ilham dan Munip (2006).....	60
Tabel	5.17	Modulus elastisitas Penelitian Ilham dan Munip (2006).....	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Jenis-jenis kolom	8
Gambar 2.2	Kawat Jala Segi Enam (kawat ayam)	9
Gambar 2.3	Kawat Jala Las.....	10
Gambar 2.4	Kawat Anyam Persegi.....	11
Gambar 2.5	Kawat Jala Bentuk Wajik.....	12
Gambar 3.1	Diagram Tegangan-Regangan Beton Terkekang.....	16
Gambar 3.2	Susunan Kimia Semen	18
Gambar 3.3	Uji Tarik Beton.....	28
Gambar 4.1	Bagan Alir Prosedur Penelitian.....	31
Gambar 4.2	Pengukuran Nilai <i>Slump</i>	38
Gambar 4.3	Beton Tanpa Tulangan.....	39
Gambar 4.4	Beton Bertulang dengan Sengkang	40
Gambar 4.5	Beton Bertulang dengan Jaringan Kawat.....	40
Gambar 4.6	Beton Bertulang dengan Sengkang dan Jaringan kawat	41
Gambar 5.1	Hubungan Kuat Desak Rata-rata dengan Umur Beton	51
Gambar 5.2	Tegangan-Regangan Variasi Beton (pengujian langsung).....	53
Gambar 5.3	Tegangan-Regangan Variasi Beton (setelah diregresi)	54
Gambar 5.4	Hubungan Antara Variasi dengan Kuat Tarik Beton Rata-rata.....	56

DAFTAR LAMPIRAN

1. LEMBAR KONSULTASI
2. HASIL UJI MATERIAL
3. HITUNGAN PERBANDINGAN CAMPURAN BETON
4. UJI *SLUMP*
5. BERAT VOLUME
6. KUAT TARIK BAJA TULANGAN DAN JARINGAN KAWAT
7. KUAT TEKAN BETON TERKEKANG
8. KUAT TEKAN RATA-RATA BETON TERKEKANG
9. KUAT TEKAN KARAKTERISTIK BETON TERKEKANG
10. TEGANGAN-REGANGAN
11. MUDULUS ELASTISITAS, MUDULUS KENYAL DAN KEKAKUAN
12. KUAT TARIK BETON TERKEKANG
13. DOKUMENTASI

INTISARI

Beton merupakan salah satu bahan struktur bangunan yang populer di Indonesia, karena disamping bahan baku beton tersedia cukup melimpah dan murah juga karena beton mempunyai kekuatan yang cukup besar pada kuat tekannya. Meskipun demikian, beton mempunyai kelemahan kuat tarik yang sangat lemah dan bersifat getas. Hal ini menyebabkan kuat tarik beton sering diabaikan dalam perancangan struktur teknik sipil. Penggunaan bahan tambah pada komposisi bahan beton diharapkan dapat meningkatkan kemampuan beton dalam menahan gaya tekan dan gaya tarik yang bekerja pada nya.

Untuk keperluan tersebut, dilakukan penelitian eksperimental beton dengan penambahan bahan tambah baja tulangan polos dengan pengekan. Dalam penelitian ini pengekan yang digunakan berupa baja tulangan dan jaringan kawat berbentuk persegi yang dilas. Benda uji berupa silinder berukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm dengan jumlah variasi 4 jenis yaitu beton normal (BN), beton tulangan sengkang (BTS), beton tulangan jaringan kawat (BTWM) dan beton terkekang gabungan sengkang dan jaringan kawat (BTSWM). Setiap benda uji untuk masing-masing umur beton untuk uji kuat tekan sebanyak 3 buah , untuk uji tarik umur 28 hari senyak 3 buah, dan untuk uji tegangan-regangan sebanyak 2 buah.

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa untuk masing-masing variasi beton berpengekan pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari menghasilkan kuat tekan beton yang melebihi atau lebih besar dari beton normal (tanpa tulangan). Pada variasi beton dengan pengekan sengkang (BTS), secara berturut-turut memberikan peningkatan sebesar 21,702 %; 3,522 %; 1,322 % dan 10,353 %. Beton dengan pengekan gabungan tulangan sengkang dan jaringan kawat (BTSWM) meningkat sebesar 19,778 %; 6,421 %; 0,220 %; dan 12,564 %, dan pada beton dengan pengekan jaringan kawat (BTWM) meningkat sebesar 14,708 %; 1,131 %; 0,898 % dan 8,352 %. Untuk kuat tarik, beton terkekang juga mengalami peningkatan pada masing-masing variasi. Untuk variasi beton tulangan sengkang (BTS) meningkat sebesar 38,72 %, untuk variasi beton tulangan jaringan kawat (BTWM) meningkat sebesar 2,95 %, dan untuk variasi beton terkekang gabungan sengkang dan jaringan kawat (BTSWM) meningkat sebesar 11,70 % dari beton normal. Hal ini disebabkan beton terkekang, dikekang oleh gaya ekspansi akibat beban aksial.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan sarana fisik di Indonesia pada saat ini sedang giatnya dilakukan sejalan dengan berkembangnya ilmu pengetahuan, teknologi, perekonomian, tingkat sosial, dan lain sebagainya yang menuntut untuk tersedianya sarana tersebut. Sarana-sarana tersebut seperti gedung pencakar langit, perumahan rakyat, kompleks perkantoran, hotel, jembatan, pabrik-pabrik, bangunan keairan, lapangan terbang, pelabuhan laut, terminal bis, dan lain sebagainya. Sarana-sarana tersebut dalam pembuatannya menggunakan beton sebagai salah satu bahan strukturnya. Beton merupakan salah satu bahan struktur yang sangat diminati di Indonesia. Hal ini disebabkan karena, bahan –bahan baku pembuatan beton tersedia cukup banyak dan relatif murah.

Beton merupakan suatu material yang menyerupai batu yang diperoleh melalui proses pencampuran dari semen, pasir, krikil, dan air yang mempunyai proporsi tertentu. Beton dalam berbagai sifat kekuatan dapat diperoleh dengan pengaturan yang sesuai dari perbandingan komposisi material atau bahan-bahan pembentuknya, sehingga kekuatan yang diinginkan dapat diupayakan. Berbagai cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan sifat-sifat mekanis beton, antara lain sifat mudah dikerjakan (*workability*), *placebility*, kekuatan (*strength*), daya tahan terhadap

penurunan mutu yang disebabkan pengaruh cuaca (*durability*), sifat dapat tembus (*permeability*), *corrosivity* dan lain-lain sebagainya (Nilson, 1973).

Secara struktural, beton mempunyai kekuatan yang cukup besar terutama pada kuat tekannya, sehingga bermanfaat untuk struktur-struktur yang memiliki daya tekan dominan, tetapi beton memiliki kelemahan terhadap kuat tariknya dan bersifat getas (*brittle*), oleh karena itu dalam setiap perencanaan struktur bangunan teknik sipil, kuat tarik beton sering diabaikan. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan penambahan bahan yang dapat membantu beton terhadap kerusakan yang diakibatkan gaya tarik. Salah satu nya dapat dilakukan dengan penambahan baja tulangan, baik baja tulangan ulir, polos maupun profil sehingga dapat menahan gaya tarik yang besar. Gaya geser pada beton umumnya ditahan oleh tulangan geser yang biasanya berupa sengkang atau tulangan miring dengan syarat, lekatan antara beton dengan tulangan baik.

Hasil penelitian Abdullah (1999) menunjukkan jika pada beton yang jumlah tulangan lentur dan tulangan gesernya sedikit atau tidak diberi penguat berupa selubung (*jacket*) pada bagian luarnya, kekuatan kolom akan melemah. Dan jika diberi selubung pada bagian luarnya, kekuatan kolom tersebut akan meningkat dan daktilitasnya juga mengalami peningkatan secara signifikan. Oleh karena itu penggunaan selubung baik dari plat baja, *composite base material* (*carbon fiber sheet*, *aramid* dan lain sebagainya), maupun beton bertulang banyak kita jumpai aplikasinya dalam bentuk yang lebih baik.

Berdasarkan penelitian di atas, pada penelitian ini digunakan jaringan kawat (*wire mesh*) sebagai bahan untuk selubung yang dikenal dengan istilah *Ferrocement*. Jika pada beton bertulang, tulangan yang digunakan adalah baja tulangan, sedang kan pada *Ferrocement* digunakan jaringan kawat (*wire mesh*), misalnya jaringan kawat ayam berbentuk persegi. Penambahan jaringan kawat (*wire mesh*) juga berfungsi sebagai tulangan sengkang yang akan terhindar dari kemungkinan rusak geser atau tekuk panjang, juga berfungsi sebagai pengekang beton terhadap gaya ekspansi akibat beban aksial. Paulay dan Priestley (1992) mengatakan pengekang beton selain meningkatkan kekuatan lentur (*flexural strength*) juga meningkatkan daktilitas atau keliatannya.

Untuk mengetahui kuat tekan silinder beton terkekang, adalah dengan menambah baja tulangan untuk sengkang atau dengan jaringan kawat (*wire mesh*). Penggunaan jaringan kawat (*wire mesh*) sebagai pengekang pada kuat tekan silinder beton selain memperbaiki kekakuan dan kekuatan beton juga merupakan salah satu cara untuk mengurangi proses peretakan. Retak-retak yang terjadi akibat gaya tekan ditahan oleh jaringan kawat (*wire mesh*) tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

Untuk menjaga supaya penelitian ini tidak meluas dan melebar dari masalah yang dihadapi, diambil rumusan masalahnya, yaitu:

1. bagaimana pengaruh jaringan kawat (*wire mesh*) berbentuk persegi yang dilas dengan diameter kawat 0,9 mm dan jarak bukaan antar kawat 25 mm sebagai pengekang terhadap kuat tekan beton,

2. berapa besar peningkatan daktilitas beton setelah diberi pengekang.

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. dapat mengetahui pengaruh jaringan kawat (*wire mesh*) bentuk persegi yang dilas terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton,
2. mengetahui peningkatan daktilitas (*ductility*) beton dengan menggunakan grafik tegangan-regangan silinder beton
3. dapat mengetahui perbandingan kuat tekan beton terkekang yang menggunakan jaringan kawat (*wire mesh*) baik bentuk persegi yang dilas dengan bentuk-bentuk lain yang telah diteliti.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. mengetahui pengaruh penggunaan jaringan kawat (*wire mesh*) terhadap kekuatan beton terkekang,
2. diharapkan dapat menambah pengetahuan yang berharga bagi masyarakat mengenai penggunaan jaringan kawat (*wire mesh*) sebagai pengekang pada kuat tekan beton sehingga dapat diaplikasikan pada suatu proyek konstruksi.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah ini dibuat agar penelitian yang dilakukan lebih terarah.

Adapun batasan-batasan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. agregat yang digunakan adalah batu pecah dengan diameter maksimum 20 mm dari Celereng Kulon Progo,
2. agregat halus menggunakan pasir dari Cangkringan Kaliurang,
3. bahan ikat yang digunakan adalah semen merk Holcim,
4. air yang digunakan adalah air dari Laboraturium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Terknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
5. perhitungan komposisi campuran beton dengan menggunakan metode ACI (*American Concrete Institute*),
6. nilai *slump* direncanakan adalah sebesar 7,5 cm sampai dengan 15 cm,
7. mutu beton yang direncanakan dalam penelitian ini adalah beton dengan f'_c 25 MPa dan dipakai baja tulangan mutu BJTP- 30 dengan diameter tulangan pokok 6 mm, diameter tulangan sengkang 6 mm,
8. jaringan kawat (*wire mesh*) sebagai pelengkap dan pengganti sengkang adalah jaringan kawat (*wire mesh*) berbentuk persegi yang dilas,
9. benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm,
10. jumlah benda uji terdiri dari 4 jenis atau variasi silinder beton,
11. jumlah benda uji untuk masing-masing umur adalah sebanyak 3 buah untuk uji kuat tekan, 3 buah untuk kuat tarik, 2 buah untuk uji tegangan regangan, baik untuk beton tanpa tulangan, baja dengan tulangan, beton bertulang dengan jaringan kawat (*wire mesh*) sebagai pengganti sengkang dan beton bertulang dengan penambahan jaringan kawat (*wire mesh*),

12. uji silinder dilakukan pada umur 3, 7, 14, 28 hari yang dilaksanakan di Laboraturium Bahan Konstruksi Teknik Fakutas Terknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Jogjakarta.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

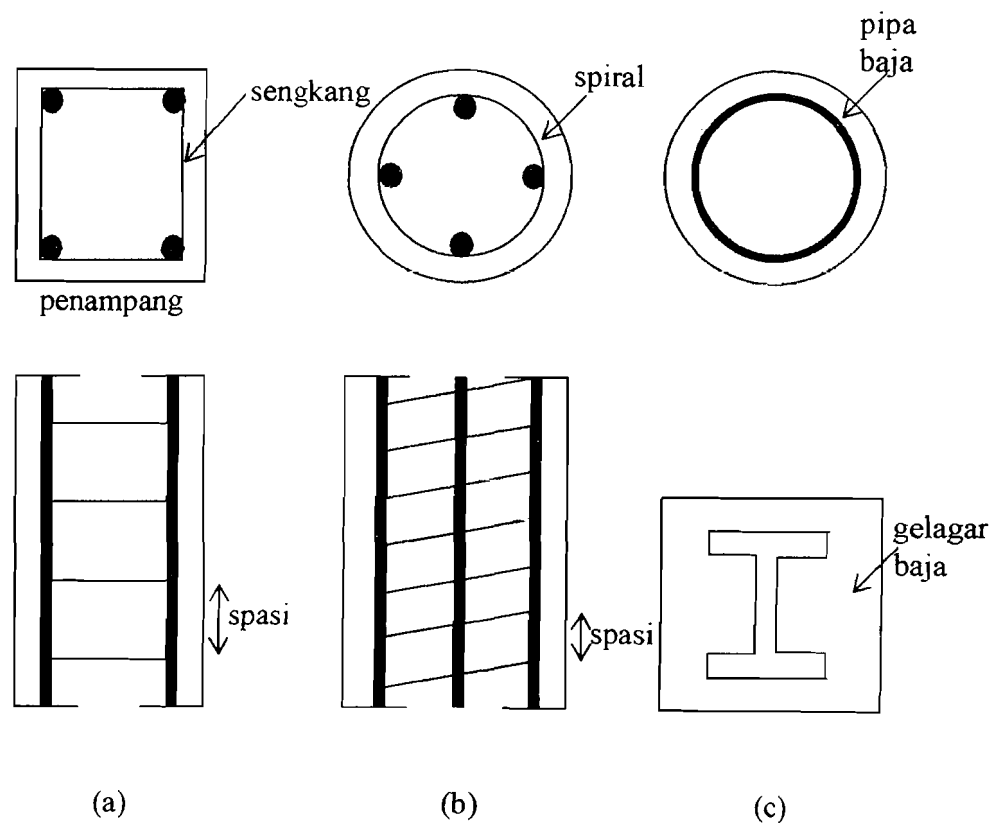
2.1 Kolom

Tugas dan fungsi utama kolom adalah menerima beban horizontal, beban aksial dan momen untuk diteruskan ke kolom di bawahnya atau ke pondasi bangunan. Karena pentingnya komponen kolom, dalam praktiknya bagian struktur yang lain harus saling berhubungan atau menyatu dengan baik dengan kolom. Kegagalan kolom akan berakibat secara langsung terhadap komponen struktur lain yang berhubungan dengannya. Kehancuran atau mode keruntuhan tekan pada umumnya tidak diawali dengan tanda-tanda yang jelas sebagai peringatan, tetapi biasanya bersifat mendadak. Oleh karena itu dalam merencanakan kolom perlu lebih waspada, yaitu dengan memberikan kekuatan cadangan atau faktor aman yang lebih tinggi dari pada untuk komponen struktur lainnya (Istimawan, 1994).

Panjang kolom sangat berpengaruh terhadap kapasitas dan perilaku kolom, karena nilai panjang (tinggi) merupakan salah satu unsur terpenting dalam perhitungan kolom. Berdasarkan kelangsingannya, kolom dibedakan menjadi dua, yaitu kolom pendek dan kolom panjang. Untuk batang tekan dengan angka kelangsingan $kL/r \leq 22$ diklasifikasikan sebagai kolom pendek, sedangkan untuk $kL/r > 22$ diklasifikasikan sebagai kolom panjang atau lazim disebut kolom langsing (Nawy, 1990).

Berdasarkan bentuk dan susunan tulangnya, kolom dibagi menjadi tiga kategori (Istimawan, 1994), yaitu :

1. kolom persegi dengan tulangan pokok memanjang dan pengikat sengkang lateral, seperti terlihat pada gambar 2.1.a,
2. kolom bulat dengan tulangan pokok memanjang dan tulangan lateral berupa sengkang atau spiral seperti terlihat pada gambar 2.1.b,
3. kolom komposit yang terdiri atas beton dan gelagar baja profil atau pipa pada arah memanjang, dengan atau tanpa diberi tulangan pokok memanjang, seperti terlihat pada gambar 2.1.c,

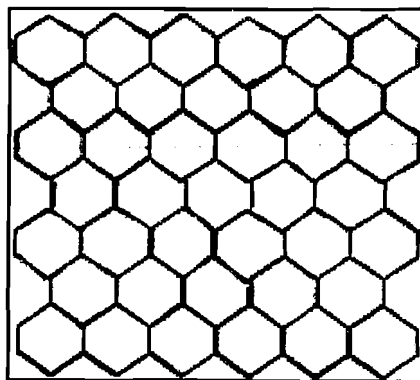


Gambar 2.1 Jenis-jenis kolom

2.2 Tulangan Jaringan Kawat (*wire mesh*)

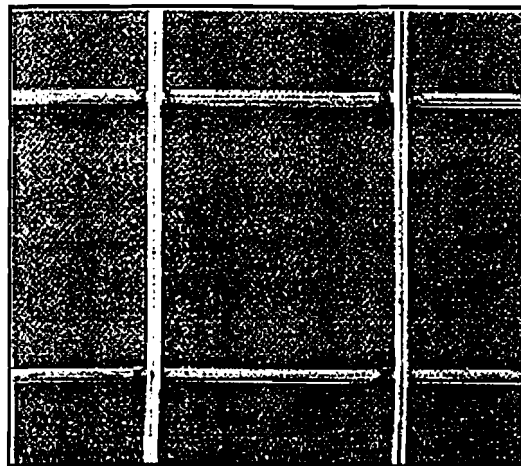
Menurut Abdullah (1999-2000), salah satu bagian yang terpenting dari *Ferrocement* adalah kawat jala. Macam-macam kawat jala bisa didapatkan di pasaran, kawat jala ini terdiri dari kawat halus, diameter tidak lebih dari 1/16 in (1,5 mm) baik dianyam ataupun dilas dalam bentuk jala. Syarat utama adalah mudah dibentuk, cukup lentur untuk ditekukkan pada sudut konstruksi lengkung atau tajam.

Kegunaan kawat jala dan tulangan baja pertama-tama adalah sebagai pelupuh (penahan) yang membentuk rangka dan menahan mortar pada saat basah. Pada keadaan setelah mengeras gunanya untuk menerima gaya tarik dimana mortar sendiri tidak bisa menerimanya. Sifat mekanika *Ferrocement* sangat tergantung pada tipe, jumlah, arah dan kekuatan daripada kawat jala dan baja tulangan. Beberapa tipe utama kawat jala dapat diterangkan di bawah :



Gambar 2.2 Kawat Jala Segi Enam (kawat ayam)

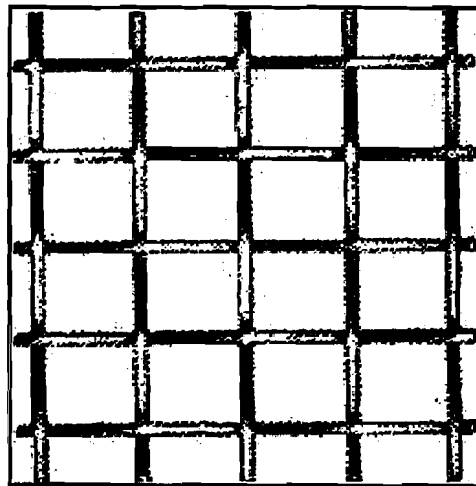
Kawat pada Gambar 2.2 lebih populer digunakan, dan mudah didapat di pasaran negara-negara berkembang. Dikenal sebagai kawat ayam, murah dan mudah dikerjakan. Kawat jala ini dibuat dari kawat halus ke dalam bentuk segi enam. Kawat yang digunakan dalam *Ferrocement* biasanya berdiameter 1/48 in sampai 1/24 in (0.5 mm sampai 1.5 mm), dan jarak bukaan antara kawat antara 0.4 in sampai 1 in (10 mm sampai 25 mm). Dapat digalvanisir sebelum ataupun sesudah dianyam. Kawat yang tidak digalvanisir juga digunakan tetapi masalah karat yang timbul ketika ditempatkan pada tempat terbuka menyebabkan pengurangan kekuatannya.



Gambar 2.3 Kawat Jala Las

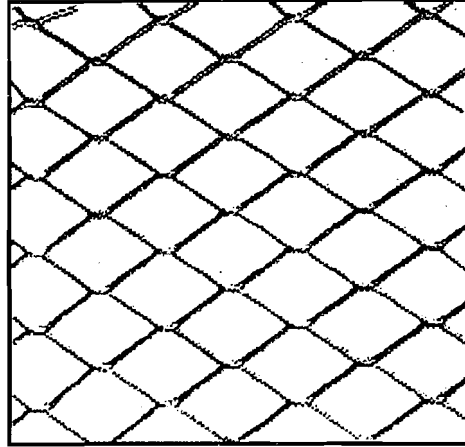
Kawat dengan diameter 18 sampai 19 gauge seperti Gambar 2.3, dianyam dengan bukaan 1/2 in adalah yang biasa digunakan. Kawat jala ini terbuat dari kawat berkekuatan rendah sampai sedang dan lebih kaku daripada kawat jala segi enam. Kawat jala ini mudah juga dibentuk, tetapi pertemuan antara dua kawat yang

bersilangan merupakan bagian yang lemah akibat las yang tidak baik pada waktu pembuatan kawat jala. Beberapa percobaan menunjukkan bahwa kawat jala yang dibuat dari kawat berkekuatan tinggi lebih cenderung luluh daripada jenis kawat lain, ketika sambungan mendapat beban. Untuk kontur konstruksi yang lengkung, kawat jala ini lebih sukar untuk digunakan. Kecenderungan tertekuk atau patah lebih banyak dari pada kawat lain.



Gambar 2.4 Kawat Anyam Persegi

Macam kawat jala seperti Gambar 2.4 dianyam sederhana untuk mendapat lebar bukaan tertentu dan tidak menggunakan las pada pertemuan kawat. Kawat tidak sepenuhnya lurus, tetapi bergelombang. Beberapa percobaan menunjukan kekuatan yang sama ataupun lebih baik dari pada jenis kawat jala lain. Hanya kesukaran pada penggunaan kawat jala ini adalah susah mengikuti bentuk yang diinginkan.



Gambar 2.5 Kawat Jala Bentuk Wajik

Kawat jala seperti Gambar 2.5 lebih dikenal sebagai *expanded metal mesh* yang dibuat dari plat baja yang tipis dikembangkan untuk mendapat bukaan yang berbentuk wajik (*diamond shape*). Tidak sekuat kawat persegi ataupun segi enam. Salah satu kelemahannya adalah timbulnya kecenderungan untuk lepas dari mortar akibat efek "gunting" dari bentuk wajik tersebut.

2.3 Hasil-hasil Penelitian

Penelitian tentang jaringan kawat (*wire mesh*) yang digunakan sebagai pengganti sengkang masih jarang dijumpai. Sebagai analogi terhadap jaringan kawat (*wire mesh*), pada penelitian ini dicantumkan beberapa hasil penelitian serat baja atau fiber kawat strimin yang telah dilakukan yang digunakan sebagai bahan tinjauan pustaka, antara lain:

1. Trihandoko dan Rahayu (1996)

Menyimpulkan bahwa dengan menambah serat kawat baja lurus dengan panjang 60 mm sebesar 2 %, kuat desaknya menjadi 22,0036 % dan 36,1554 % untuk konsentrasi serat kawat baja 3 %.

2. Martopo dan Hadi (1997)

Dalam penelitiannya dengan menggunakan fiber kawat strimin panjang 1,2 mm memberikan kesimpulan bahwa semakin besar konsentrasi kawat strimin maka akan semakin meningkatkan kuat tekan beton fiber. Dengan menggunakan benda uji silinder 15 x 30 cm dan variasi kawat fiber kawat strimin lurus dan silang didapatkan kenaikan kuat tekan untuk fiber kawat strimin silang masing-masing sebesar 1,23 %, 7,23 % dan 7,93 % dengan konsentrasi penambahan 2,0 %, 2,5 % dan 3.0 %.

3. Abdullah (1999-2000)

Menyimpulkan dari hasil pengujian sebanyak sebelas (11) benda uji kolom berukuran 120 mm x 120 mm dengan tinggi 600 mm. Fero semen (*ferrocement*) sebagai bahan alternatif untuk selubung penguat kolom adalah sangat *feasible*. Dengan memasang selubung fero semen (*ferrocement*) yang hanya diperkuat oleh dua lapis jaringan kawat (*volume fraction of about 1,54 %*), kekuatan, kekakuan dan daktilitasnya akan meningkat secara signifikan.

4. Luthfi Zamroni (2004)

Menyimpulkan bahwa beton serat dengan volume serat 2% dan 3%, panjang serat 90 mm memberikan prosentase peningkatan kuat tekan berturut-turut sebesar 29,03%, 36,51% dan peningkatan kuat tarik sebesar 42,90% dan 56,93%.

5. Ilham Ardiansyah dan Akhmad Munip (2006)

Dengan judul tugas akhir “Kuat Tekan Beton Terkekang Dengan Pengekang *Wire Mesh* bentuk wajik (*diamond shope*)” menyimpulkan bahwa untuk masing-masing variasi beton terkekang pada umur 3, 7, 14, dan 28 menghasilkan kuat tekan beton yang lebih besar dari pada beton normal (tanpa pengekang). Pada variasi beton dengan pengekang sengkang (BBS) berturut-turut memberikan peningkatan kuat tekan sebesar 26,73 %; 9,62 %; 6,44 %; dan 14,22 %. Untuk variasi beton dengan pengekang *wire mesh* (BBWM) meningkat sebesar 5,21 %; 4,11 %; 4,60 %; dan 7,72 %. Dan variasi beton dengan pengekang gabungan sengkang dan *wire mesh* (BBSWM) mengalami peningkatan sebesar 28,16 %; 13,95 %; 7,79 %; dan 20,62 %. Sedangkan untuk kuat tarik beton terkekang umur 28 hari untuk masing-masing variasi (BBS, BBWM, BBSWM) secara berturut-turut mengalami peningkatan sebesar 19,47 %; 13,97 %; dan 36,02 % dari beton normal.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton Terkekang

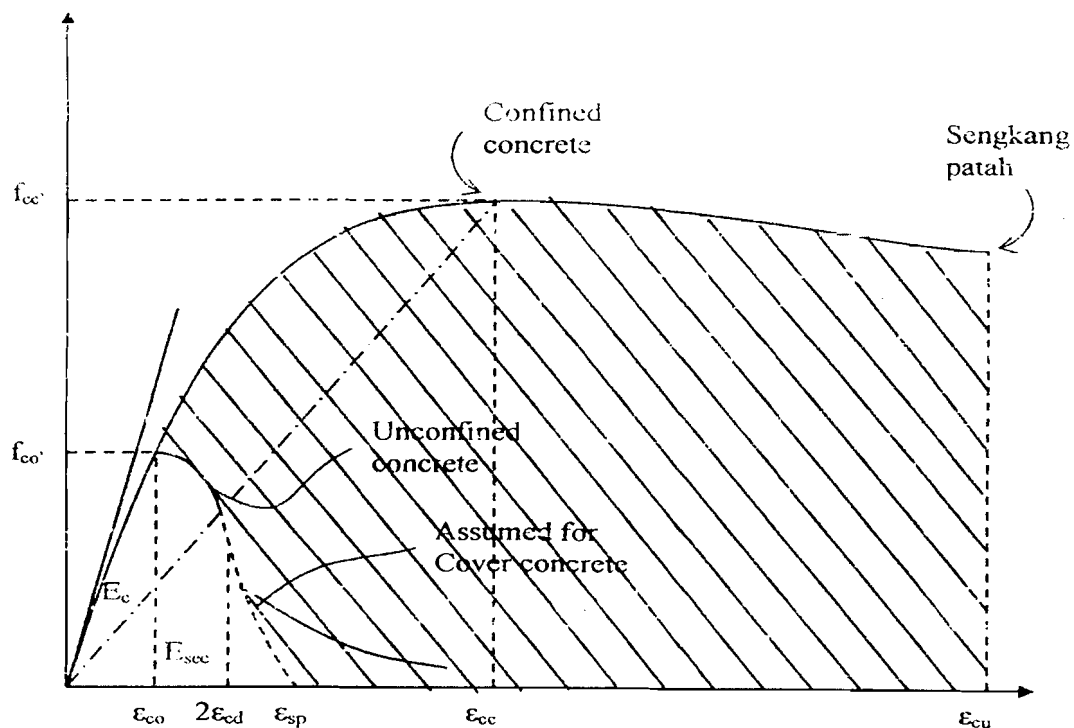
Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (SK SNI T-15-1991-03).

Beton bertulang merupakan konstruksi yang memiliki kerangka baja dan diisi atau ditutup dengan menggunakan campuran beton. Tulangan pengikat berfungsi mengekang inti beton dan mengikat tulangan memanjang agar tetap berada pada posisi yang stabil serta memperpendek tekuk pada tulangan memanjang akibat beban tekan.

Pada saat tercapainya titik luluh kolom, bagian tepi terluar (selimut beton) pecah/mengelupas, kolom berpengikat sengkang akan segera runtuh tiba-tiba disertai dengan kerusakan beton dan tekuk pada tulangan memanjang di antara sengkang, sedangkan pada kolom berpengikat spiral, beton yang terkekang oleh spiral tersebut masih efektif bertahan ke arah lateral dan masih mampu melaksanakan tugasnya menahan beban aksial (Istimawan, 1994). Kehancuran total terjadi apabila selanjutnya terjadi deformasi yang cukup besar pada kolom (bagian inti) diikuti dengan meluluhnya tulangan spiral.

Park, R telah melakukan berbagai studi tentang kekuatan dan daktilitas kolom beton bertulang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penampang yang diberi tulangan melintang atau transversal, dalam bentuk sengkang ataupun spiral, akan

meningkat kekuatan dan daktilitas betonnya. Spiral memberikan tekanan kekang (*confine*) disekeliling penampang. Sedangkan sengkang biasa hanya memberikan gaya kekang (*confine*) didaerah sudut, karena tekanan pada sisi sengkang ini akan cenderung membengkokkan bagian sisi sengkang kearah luar. Meskipun tidak sebaik lilitan spiral, sengkang biasa dapat pula memberikan peningkatan kekuatan dan daktilitas beton. Penempatan sengkang yang relatif rapat dapat memperbaiki sifat beton, karena dapat memberikan pengekan yang lebih baik pada beton. Pada Gambar 3.1 menunjukkan bahwa beton terkekang memiliki regangan yang sangat tinggi bila dibandingkan dengan beton tidak terkekang.



Gambar 3.1 Diagram tegangan-regangan desak beton terkekang
(Mander, Priestley dan Park, 1988)

3.2 Bahan-bahan Campuran Beton

Guna membuat beton yang baik diperlukan bahan-bahan dengan persyaratan khusus dan perhitungan yang tepat.

3.2.1 Semen Portland

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI-1982).

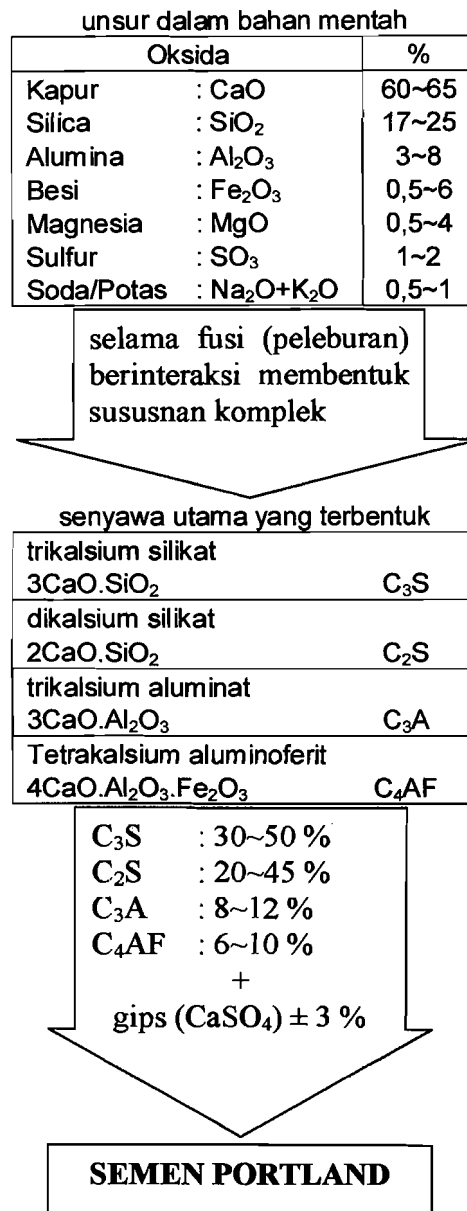
Fungsi semen adalah mengikat butir-butir agregat menjadi satu padat. Semen bila dicampur dengan air membentuk adukan pasta, dicampur dengan pasir dan air menjadi mortar semen.

Semen portland di Indonesia menurut SII 0013-81 dibagi menjadi lima jenis antara lain :

1. jenis I : semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus,
2. jenis II : semen portland yang penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang,
3. jenis III : semen portland yang penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi,
4. jenis IV : semen portland yang penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah,
5. jenis V : semen portland yang penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Jenis semen yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis I.

Semen tersusun oleh unsur kimia seperti yang terlihat dalam Gambar 3.2



Gambar 3.2 Susunan kimia dan proses pembentukan semen
Sumber : (Triono, 2001)

3.2.2 Air

Air yang digunakan dalam pembuatan dan rawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam, zat organik dan bahan-bahan lain yang bersifat merusak baja tulangan dan beton itu sendiri. Dalam hal ini sebaiknya digunakan air bersih yang dapat diminum (Istimawan, 1994).

Air dalam campuran beton diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta menjadi pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan.

3.2.3 Agregat

Agregat adalah material granular yang dipakai bersama-sama dengan satu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidrolik atau adukan (SK SNI T-15-1991-03, 1991). Agregat merupakan komponen yang paling berperan dan menentukan, penggunaan bahan agregat dalam adukan beton mencapai jumlah $\pm 70\%$ - 75% dari jumlah volume massa padat beton (Istimawan, 1994). Suatu agregat, harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen dan rapat, dengan agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar (Nawy, 1990).

Agregat terbagi atas agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus yang terdiri dari pasir atau partikel-partikel yang lewat saringan # 4 atau 5 mm, dan agregat kasar (kerikil) yang tidak lolos saringan tersebut. Agregat yang digunakan harus memenuhi ketentuan SII 0052-80 dan untuk hal-hal yang tidak tercakup dalam standar tersebut juga harus memenuhi ketentuan ASTM (*American Society for*

Testing Materials) C33-86 untuk agregat normal, serta pada ASTM C330-80 untuk agregat ringan (Istimawan, 1994).

3.3 Perencanaan Campuran Beton

Perhitungan rencana adukan beton yang digunakan adalah perencanaan menurut ACI (*American Concrete Institute*). Karena ACI menyarankan suatu cara perencanaan campuran yang memperhatikan nilai ekonomis, kemudahan pengerjaan, keawetan, serta kekuatan yang diinginkan.

Secara garis besar urutan langkah perencanaan dengan cara ACI adalah sebagai berikut :

1. menghitung kuat desak rata-rata berdasarkan kuat desak yang disyaratkan dan nilai margin yang tergantung tingkat pengawasan mutunya (lihat Tabel 3.1). Kuat desak rata-rata dihitung dari kuat desak yang disyaratkan ditambah dengan margin,

$$f'_{cr} = f'_c + m \dots \dots \dots (3.1)$$

Dengan : f'_{cr} = kuat desak rata-rata (MPa)

f'_c = kuat desak yang disyaratkan (MPa)

m = nilai margin (MPa)

$$= 1,64 S_d$$

S_d = *deviasi* standar (lihat Tabel 3.1)

Tabel 3.1 Nilai deviasi standar (kg/cm^2)

Volume Pekerjaan (m^3)		Mutu Pelaksanaan		
		Baik Sekali	Baik	Cukup
Kecil	< 1000	$45 < S_d \leq 55$	$55 < S_d \leq 65$	$65 < S_d \leq 85$
Sedang	1000-3000	$35 < S_d \leq 45$	$45 < S_d \leq 55$	$55 < S_d \leq 75$
Besar	> 1000	$25 < S_d \leq 35$	$35 < S_d \leq 45$	$45 < S_d \leq 65$

Sumber : Tjokrodimulyo (1992)

2. menetapkan faktor air semen berdasarkan kuat desak rata-rata pada umur yang dikehendaki (lihat Tabel 3.2) dan keawetannya (berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan, lihat Tabel 3.3). Dari dua hasil tersebut dipilih yang paling rendah,

Tabel 3.2 Hubungan faktor air semen dan kuat desak silinder beton 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

Sumber : Tjokrodimulyo (1992)

Tabel 3.3 Faktor Air Semen maksimum

Kondisi	FAS
* beton di dalam ruangan bangunan	
a. keadaan keliling non korosif	0,60
b. keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap air	0,52
* beton diluar ruangan bangunan	
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
* beton yang masuk ke dalam tanah	

a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. mendapat pengaruh sifat alkali dari tanah atau air tanah	0,52
* beton yang kontinyu berhubungan dengan air	
a. air tawar	0,57
b. air laut	0,52

Sumber : Tjokrodimulyo (1992)

3. menentukan nilai *slump* dan ukuran maksimum agregat berdasarkan jenis strukturnya (lihat Tabel 3.4 dan 3.5),

Tabel 3.4 Nilai *slump* (cm)

Pemakaian Beton	Maks	Min
Dinding, plat, pondasi & pondasi telapak bertulang	12,50	5,00
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan struktur di bawah tanah	9,00	2,50
Plat, balok, kolom dan dinding	15,00	7,50
Pengerasan jalan	7,50	5,00
Pembetonan masal	7,50	2,50

Sumber : Tjokrodimulyo (1992)

Tabel 3.5 Ukuran maksimum agregat (mm)

Dimensi Minimum	Balok/Kolom	Plat
62,50	12,50	20,00
150,00	40,00	40,00
300,00	40,00	80,00
750,00	80,00	80,00

Sumber : Tjokrodimulyo (1992)

4. menentukan jumlah air yang diperlukan, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai *slump* (lihat Tabel 3.6),

Tabel 3.6 Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat (liter)

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 semen yang dibutuhkan, berdasarkan langkah (2) dan (4) di atas,
6. menetapkan volume agregat kasar yang diperlukan per satuan volume beton berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai *modulus* kehalusan agregat halusnya (lihat Tabel 3.7),

Tabel 3.7 Perkiraan kebutuhan agregat kasar per meter kubik beton berdasarkan ukuran maksimum agregat dan *modulus* halus pasirnya (m^3)

Ukuran Maksimum Agregat (mm)	Modulus Halus Butir Pasir			
	2,40	2,60	2,80	3,00
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

Sumber : Tjokrodimulyo (1992)

7. menghitung volume agregat halus yang diperlukan, berdasarkan jumlah volume air, semen, dan agregat kasar yang diperlukan serta udara yang

terperangkap dalam adukan (Tabel 3.6), dengan cara hitungan volume *absolut* sebagai berikut :

$$\text{Volume agregat halus} = 1 - (V_a + V_k + V_s + V_u) \dots \dots \dots (3.2)$$

Dengan : V_a = volume air

V_k = volume kerikil

V_s = volume semen

V_u = volume udara

3.4 Desak Beton

Desak beton adalah kemampuan beton untuk menahan beban dibagi dengan luasan permukaan beton yang menerima beban tersebut. Untuk mendapatkan kuat desak beton tersebut dari masing-masing benda uji digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kuat desak } f_c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (3.3)$$

$$f_{cr} = \frac{\sum f_c}{N} \dots \dots \dots (3.4)$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (f_{ci} - f_{cr})^2}{N - 1}} \dots \dots \dots (3.5)$$

$$m = k \cdot S_d \dots \dots \dots (3.6)$$

$$f_c = f_{cr} - m \dots \dots \dots (3.7)$$

Sedangkan untuk jumlah sampel yang kurang dari 15 buah dapat dihitung dengan rumus pada Tabel 3.8 di bawah ini

Tabel 3.8 Kuat desak karakteristik beton f'_c

Kuat desak rencana (Psi)	Kuat desak karakteristik beton f'_c
< 3000	$f'_{cr} - (1000 \text{ Psi})$
3000 - 5000	$f'_{cr} - (1200 \text{ Psi})$
>5000	$f'_{cr} - (1400 \text{ Psi})$

1000 Psi = 6,9 MPa

Dengan : P = beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm^2)

f_c = kuat desak beton masing-masing benda uji (MPa)

f'_{cr} = kuat desak beton rata-rata (MPa)

N = jumlah benda uji

S_d = standar deviasi (MPa)

m = nilai margin (MPa)

k = konstanta 1,64

f'_c = kuat desak karakteristik (MPa)

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan desak beton antara lain (Peraturan Pedoman Beton, 1989) :

- faktor air semen (FAS),
- kekerasan agregat halus dan kasar,
- prosedur pemeriksaan mutu untuk pengecoran dan pengangkutan serta pemadatan di lapangan,
- umur beton, dan
- sifat-sifat tegangan beton juga dipengaruhi oleh kecepatan pembebanan.

3.4.1 Modelus Elastis

Modelus Elastis adalah hubungan linier antara tegangan dan regangan yang sangat penting dan banyak digunakan. Kemiringan garis yang melalui titik $0,4 f'_c$ didefinisikan sebagai modulus sekan (*secant modulus*), yang lebih umum diambil sebagai modulus elastis beton (E_c).

$$\text{Modulus Elastis } (E_c) = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots (3.8)$$

Dengan : σ = Tegangan pada $0,4$ kuat tekan uji (kg/cm^2)

ε = regangan yang dihasilkan dari tegangan

SK SNI 03-XXX-2002 menetapkan nilai dari modulus E_c , ini sebagai nilai variable yang tergantung dari mutu beton dan dirumuskan sebagai berikut :

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} \text{ (MPa)} \dots\dots\dots (3.9)$$

Sedangkan ACI menetapkan rumus untuk menghitung modulus elastis dari beton normal dengan berat 2320 kg/m^3 sebagai berikut :

$$E_c = 15100 \sqrt{f'_c} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (3.10)$$

3.4.2 Modulus Kenyal

Luas daerah dibawah garis sebanding dikenal dengan modulus kenyal. Secara matematis dapat ditulis dengan rumus :

$$E_k = \frac{1}{2} \times \sigma \times \varepsilon \dots\dots\dots (3.11)$$

Dengan : σ = Tegangan pada $0,4$ kuat tekan uji (kg/cm^2)

ε = regangan yang dihasilkan dari tegangan

3.4.3 Kekakuan

Kekakuan beton dapat dicari dengan membagi beban pada saat ϵ 0,2 % dengan deformasi yang terjadi. Secara matematis dapat ditulis dengan rumus :

$$K = \frac{P}{\Delta L} \dots\dots\dots (3.12)$$

Dengan : P = Beban pada saat ϵ 0,2 % (kg)

ΔL = Deformasi (cm)

3.5 Tegangan Baja Tulangan

Sifat fisik baja tulangan yang sangat penting diketahui untuk perhitungan struktur beton bertulang selain modulus elastis baja E_s adalah tegangan leleh (f_y). Disamping itu, sifat fisik baja tulangan yang juga dapat diketahui adalah tegangan ultimit (f_u) dan tegangan putus (f_f). Secara matematis dapat ditulis dengan rumus :

$$f_y = \frac{P_{leleh}}{A} \dots\dots\dots (3.13)$$

$$f_u = \frac{P_{Maks}}{A} \dots\dots\dots (3.14)$$

$$f_f = \frac{P_{patah}}{A} \dots\dots\dots (3.15)$$

3.6 Tarik Beton

Kekuatan tarik beton dalam praktek mempengaruhi rambatan terjadinya retak. Kuat tarik beton dapat ditentukan dengan pengujian pecah belah silinder (*Split Cylinder*). Silinder diletakkan pada alat pembebanan dengan posisi rebah. Beban vertikal dikerjakan sepanjang selimut silinder dan secara berangsur-angsur dinaikkan pembebanannya hingga dicapai nilai maksimum dan silinder pecah terbelah oleh gaya tarik horizontal (Gambar 3.3). Kuat tarik beton dapat diketahui dengan

membagi beban ultimit yang dicapai dengan luas permukaan bagian yang didesak yang secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

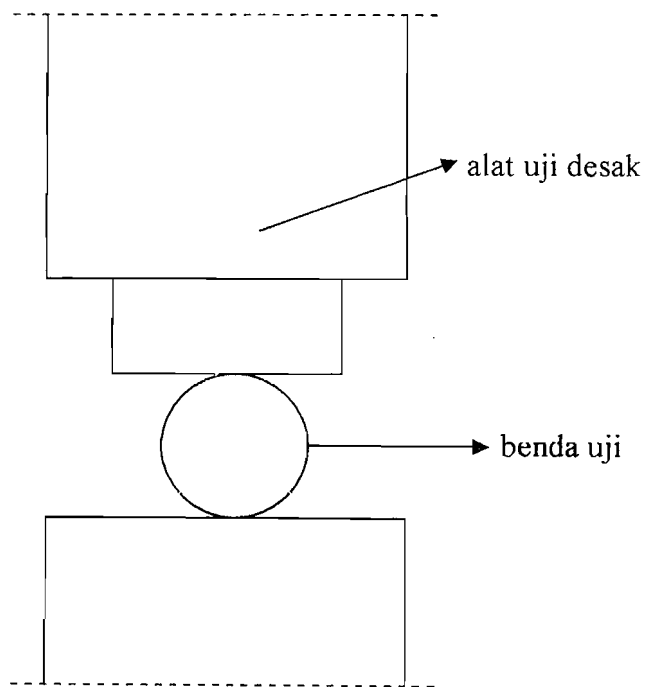
$$f_t = \frac{2P}{\pi DL} \dots\dots\dots (3.7)$$

Dengan : f_t = kuat tarik

P = beban

D = diameter silinder

L = panjang silinder



Gambar 3.3 Uji tarik beton

3.7 Konversi Umur Beton

Kuat tekan pada umur 28 hari dapat dihitung dari data kuat tekan pada umur lainnya, dengan menggunakan angka konversi. Menurut SK SNI T-15-1990-03,1991 menetapkan angka konversi umur beton seperti terlihat pada tabel 3.9.

Tabel 3.9 Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland Biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen portlan dengan kekuatan awal yang tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Prosedur Pelaksanaan Percobaan

Penelitian yang dilakukan adalah studi laboratorium tentang beton terkekang dengan pengekang jaringan kawat (*wire mesh*). Untuk menghasilkan suatu mutu beton yang sesuai dengan tujuan penelitian, dalam pelaksanaan pembuatan harus melalui tahapan-tahapan tertentu. Tahapan-tahapan ini dibuat berdasarkan pada urutan pelaksanaan penelitian sehingga akan memudahkan dalam pelaksanaan penelitian yang dimulai dari pengumpulan bahan sampai dengan pengujian benda uji yang akan diuji. Adapun tahapan yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini adalah seperti terlihat pada Gambar 4.1.

4.2 Persiapan Bahan dan Alat

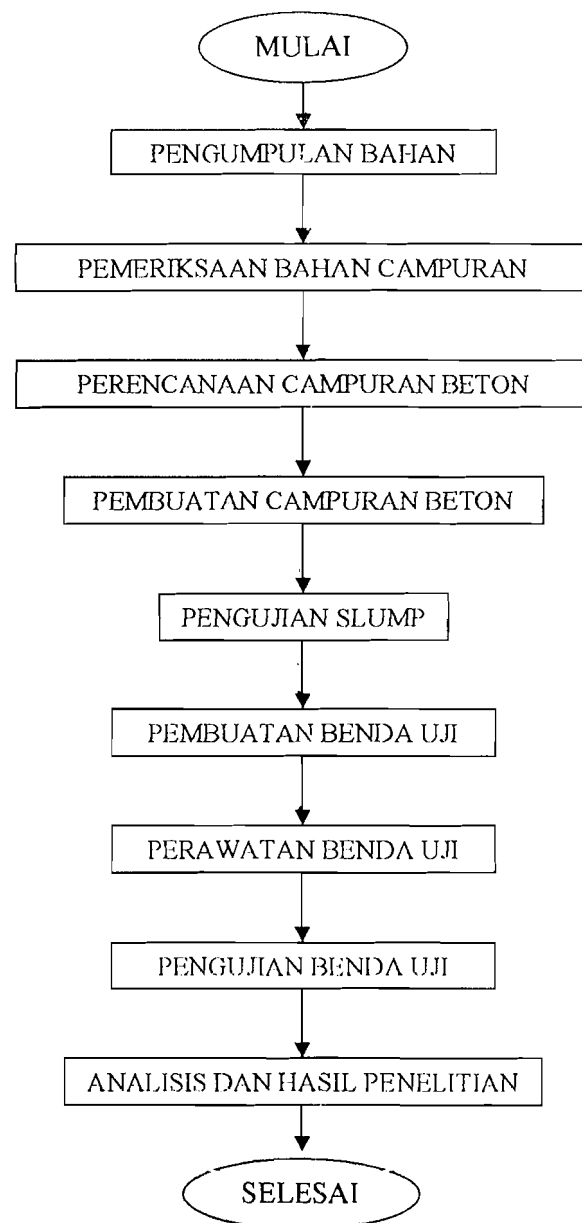
Sebelum melaksanakan penelitian perlu diadakan persiapan bahan dan alat yang akan digunakan sebagai sarana mencapai maksud dan tujuan penelitian.

4.2.1 Bahan

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Semen

Dipakai semen Portland jenis I merk Holcim dalam penelitian ini digunakan sebagai bahan perekat adukan beton (*binder*).



Gambar 4.1 Bagan Alir Prosedur Penelitian

Semen jenis ini dipilih karena paling umum digunakan sebagai perekat adukan beton dan tidak memerlukan persyaratan khusus. Penelitian kualitas semen dalam penelitian ini hanya dilakukan dengan pengamatan secara visual terhadap kemasan dan kehalusan butirannya.

2. Agregat

Dalam penelitian ini digunakan 2 macam agregat, yaitu :

a. Agregat halus (pasir)

Agregat halus yang digunakan adalah pasir yang diambil dari Cangkringan Kaliurang, Sleman, Jogjakarta yang berdiameter lolos saringan 4,75 mm. Pasir sebelum digunakan terlebih dahulu dicuci. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan kotoran yang terkandung di dalam butiran-butiran pasir tersebut. Selain itu dilakukan pula penyelidikan pasir yang bertujuan untuk memperoleh distribusi ukuran butir (gradasi) dan berat volume dalam keadaan jenuh kering muka (SSD).

b. Agregat Kasar (kerikil)

Agregat kasar yang digunakan adalah batuan pecah. Memperhatikan ukuran penampang model dipilih batu pecah dengan ukuran maksimum 20 mm. Penyelidikan batu pecah bertujuan memperoleh data tentang berat jenis dan berat volume dalam keadaan SSD. Batu

pecah sebelum digunakan dicuci dahulu dan untuk mendapatkan batu-batu pecah ukuran maksimum 20 mm, dilakukan pengayakan.

3. Air

Air yang digunakan adalah air yang diambil dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta. Pengamatan dilakukan secara visual, yaitu jernih dan tidak berbau.

4. Besi Tulangan

Dalam pembuatan benda uji penelitian digunakan baja tulangan polos (BJTP) diameter 6 mm baik untuk tulangan memanjang maupun tulangan sengkang, sedangkan jarak sengkang yang dipakai adalah 70 mm. Pengujian tarik baja dilakukan untuk mengetahui kuat leleh dan kuat tarik baja tulangan yang terpasang pada benda uji.

5. Kawat Bendrat

Kawat bendrat diameter 0,8 mm digunakan untuk merangkai tulangan-tulangan baja.

6. Jaringan Kawat (*Wire Mesh*)

Pada penelitian ini menggunakan pengeang berupa jaringan kawat (*wire mesh*) yang berbentuk persegi yang di las.

4.2.2 Alat

Untuk kelancaran penelitian ini diperlukan beberapa peralatan penelitian yang akan digunakan sebagai sarana mencapai maksud dan tujuan penelitian. Adapun alat-alat yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

1. Saringan

Saringan ini digunakan untuk menyaring pasir dan kerikil agar diperoleh diameter yang dibutuhkan.

2. Timbangan

Timbangan yang dipakai untuk menimbang berat bahan ada 2 jenis, yaitu timbangan halus untuk menimbang bahan halus dan timbangan kasar untuk menimbang bahan kasar dan berat. Pada penelitian ini dipakai timbangan halus merk Ohaus dengan kapasitas 20 kg dan 5 kg, sedangkan timbangan kasar merk Fagani dengan kapasitas 500 kg.

3. Mistar dan Kaliper

Mistar dan kaliper digunakan untuk mengukur benda uji. Mistar juga digunakan untuk mengukur penurunan nilai *slump* yang terjadi.

4. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk menakar jumlah air yang diperlukan dalam pembuatan adukan beton atau pasta semen. Kapasitas gelas ukur yang dipakai adalah 1000 cc.

5. Kerucut Abrams

Kerucut ini digunakan untuk mengukur kelecakan pada percobaan *slump*. Kerucut ini mempunyai dua lubang pada ujungnya, dengan diameter atas 100 mm dan diameter bawah 200 mm, serta tinggi 300 mm. Alat ini dilengkapi tongkat pemadat dari baja dengan panjang 600 mm dan berdiameter 16 mm yang ujungnya berbentuk bulat.

6. Cetok, Talam Baja dan Ember.

Cetok digunakan sebagai alat untuk memasukkan benda uji ke dalam kerucut Abrams dan cetakan benda uji. Talam digunakan sebagai alas pengujian *slump* dan menampung adukan beton dari mesin pengaduk (molen). Ember digunakan sebagai wadah pengambilan dan penimbangan bahan-bahan adukan beton.

7. Cetakan Benda Uji

Cetakan benda uji terbuat dari pelat baja. Cetakan yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Cetakan benda uji ini mempunyai baut pada sisi luarnya, sehingga memudahkan pelepasannya.

8. Pengaduk Beton (Molen)

Mesin ini berfungsi untuk mengaduk bahan penyusun beton sehingga menjadi adukan beton yang homogen. Mesin ini digerakkan dengan generator listrik.

9. Mesin Uji Desak Beton

Mesin uji desak beton merk "*Controlls*" digunakan untuk menguji kuat desak beton dengan beban yang dapat dibaca pada skala pembebanan. Kapasitas mesin ini adalah 2000 kN.

10. Mesin Uji Kuat Tarik

Digunakan untuk mengetahui kuat tarik dan kuat leleh tulangan baja. Dalam penelitian ini digunakan *Universal Testing Machine* (UTM) merk *Shimatsu* type UMH 30 dengan kapasitas 30 ton.

4.3 Pemeriksaan Bahan Campuran Beton

Pemeriksaan bahan untuk beton pada umumnya dilakukan pada agregatnya. Agregat yang ada di alam ini tidak serba sama, data-data agregat tentunya berlainan. Dari dasar di atas, pemeriksaan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. modulus halus butir (MHB) pasir,
2. berat jenis pasir (SSD),
3. berat jenis kerikil (SSD), dan
4. berat volume kerikil (SSD).

4.4 Perencanaan Campuran Beton

Setelah pemeriksaan bahan campuran beton, dilakukan perencanaan pencampuran adukan (*Mix Design*) dengan metode ACI untuk mengetahui proporsi perbandingan bahan penyusun yang meliputi perbandingan berat PC : pasir : agregat : air. Adapun langkah-langkah yang ditempuh adalah seperti yang tercantum pada Sub

air. Adapun langkah-langkah yang ditempuh adalah seperti yang tercantum pada Sub Bab 3.3. Perhitungan campuran beton dengan metode ACI ini dapat dilihat pada lampiran.

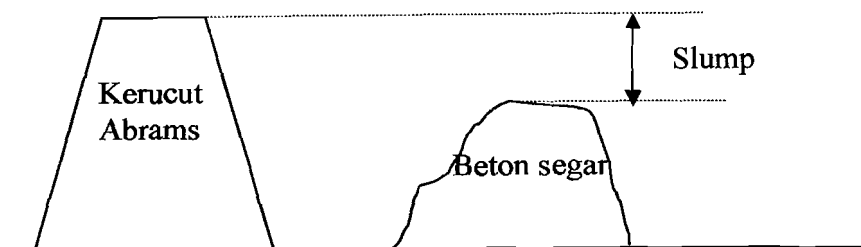
4.5 Pembuatan Campuran Beton

Pembuatan campuran beton dalam penelitian ini berpedoman pada SK-SNI T-28-1991-03 tentang cara pengadukan dan pengecoran beton. Pembuatan campuran dilakukan dengan molen. Cara pembuatan campuran dimulai dari persiapan bahan dan alat sesuai dengan persyaratan dan kebutuhan material pada saat perhitungan campuran beton (*Mix Design*). Apabila nilai *slump* telah memenuhi *slump* yang direncanakan, pelaksanaan pengecoran siap dilaksanakan. Beton yang telah memenuhi persyaratan tersebut ditumpahkan pada bak penampungan adukan beton dan ditampung dengan ember untuk dibawa ke tempat cetakan.

4.6 Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* dilakukan dengan menggunakan kerucut Abrams, pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat workabilitas (kemudahan dalam pengerjaan) dari campuran beton yang telah dibuat. Tabung kerucut Abrams bagian dalam dibasahi dengan air dan disiapkan di atas plat baja. Beton segar dimasukkan ke dalam tabung kerucut dan setiap $\frac{1}{3}$ volumenya ditusuk-tusuk 25 kali dengan penumbuk baja sampai isi kerucut Abrams penuh. Beton diratakan permukaannya dan didiamkan selama 0,5 menit, selanjutnya corong kerucut diangkat pelan-pelan secara vertikal tanpa ada gaya horisontal. Tabung kerucut diletakkan di sebelahnya, pengukuran

slump dilakukan dari bagian tertinggi beton segar sampai ujung atas kerucut Abrams. Nilai yang didapat merupakan nilai *slump*, penggambaran dari pengujian nilai *slump* pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pengukuran nilai slump

4.7 Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini dibuat 68 buah benda uji berbentuk silinder dengan menggunakan cetakan silinder diameter 15 cm dengan ketinggian 30 cm, dengan perincian seperti yang terlihat dalam Tabel 4.1

Tabel 4.1 Jumlah benda uji

Jenis	Uji Kuat Tekan Umur Beton				Uji Teg-reg Umur Beton	Uji Kuat Tarik Umur Beton
	3	7	14	28	28	28
1. Silinder beton tanpa tulangan	3	3	3	3	2	3
2. Silinder beton bertulang dengan sengkang	3	3	3	3	2	3
3. Silinder beton bertulang dengan <i>wire mesh</i> sebagai pengganti sengkang	3	3	3	3	2	3
4. Silinder beton bertulang dengan sengkang dan <i>wire mesh</i>	3	3	3	3	2	3

Luas tulangan komponen struktur tekan dibatasi oleh ketentuan berikut :

1. jumlah minimum batang tulangan longitudinal pada komponen struktur tekan adalah 4 untuk batang tulangan pokok di dalam sengkang lingkaran,
2. panjang tulangan longitudinal tidak sama rata dengan permukaan silinder, tetapi lebih pendek 1 cm atas dan bawah, dan
3. selimut beton direncanakan sebesar 2 cm.

Pada percobaan penelitian ini akan menggunakan 4 (empat) model benda uji, yaitu :

1. Silinder beton tanpa tulangan (BN)

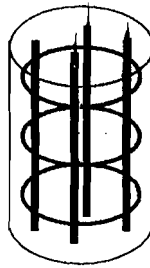
Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya kekuatan tekan dan kuat tarik yang dapat ditahan oleh silinder. Alasan pengujian benda uji tanpa tulangan ini adalah sebagai kontrol terhadap benda uji lainnya seperti terlihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Beton tanpa tulangan

2. Silinder beton bertulang dengan menggunakan sengkang (BTS)

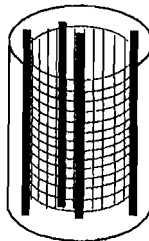
Tujuan penggunaan tulangan dan sengkang ini adalah untuk memperbaiki kelakuan dan kekuatan silinder. Benda uji ini digunakan sebagai kontrol terhadap benda uji pengganti sengkang yang menggunakan jaringan kawat (*wire mesh*) seperti terlihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Beton bertulang dengan sengkang

3. Silinder beton bertulang dengan menggunakan Jaringan Kawat sebagai pengganti sengkang (BTWM)

Tujuan penggunaan tulangan dan jaringan kawat (*wire mesh*) sebagai pengganti sengkang ini adalah untuk memperbaiki kelakuan dan kekuatan silinder, mengatur dan membatasi proses peretakan seperti terlihat pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Beton bertulang dengan jaringan kawat (*wire mesh*)

4. Silinder beton bertulang dengan menggunakan sengkang dan jaringan kawat (BT SWM)

Tujuan dan alasan dari pengujian ini seperti pada Gambar 4.6 adalah untuk memperbaiki kelakuan dan kekuatan silinder, mengatur dan membatasi proses peretakan, memperlambat kegagalan sampai dikerjakan beban yang lebih besar.



Gambar 4.6 Beton bertulang dengan sengkang dan jaringan kawat

Langkah-langkah pembuatan benda uji silinder :

- 1) melakukan penimbangan bahan-bahan, seperti : semen, pasir, kerikil sesuai dengan kebutuhan rencana campuran adukan beton,
- 2) memasukkan semen, pasir, kerikil, air sedikit demi sedikit ke dalam molen, dilanjutkan dengan menghidupkan molen,
- 3) pada saat molen mulai berputar diusahakan selalu dalam keadaan miring sekitar 45° , agar terjadi adukan beton yang merata,
- 4) setelah adukan beton terlihat merata, kemudian dituang secukupnya dan dilakukan pengujian nilai *slump* dengan menggunakan kerucut Abrams,
- 5) mempersiapkan cetakan-cetakan silinder yang akan dipakai untuk mencetak benda uji dengan terlebih dahulu diolesi dengan oli,

- 6) mengeluarkan adukan beton dari molen, dan ditampung pada talam,
- 7) memasukkan adukan beton ke dalam cetakan dengan memakai cetok, dilakukan sedikit demi sedikit sambil ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali supaya tidak keropos. Untuk benda uji yang menggunakan sengkang, tulangan terlebih dahulu dirakit di luar cetakan dan memasang tahu beton untuk menghasilkan selimut beton yang dikehendaki kemudian dimasukkan ke dalam cetakan. Hal serupa juga dilakukan pada benda uji yang menggunakan jaringan kawat (*wire mesh*) dengan ikatan tulangan dengan jaringan kawat (*wire mesh*) tersebar merata sepanjang tulangan,
- 8) adukan yang telah dicetak diletakkan di tempat yang terlindung dari sinar matahari dan hujan, didiamkan selama 24 jam,
- 9) cetakan dapat dibuka dengan memberikan kode atau keterangan pada beton.

4.8 Perawatan Benda Uji

Perawatan beton sangat perlu dilakukan agar permukaan beton tetap dalam keadaan lembab. Penguapan dapat menyebabkan kehilangan air yang cukup berarti sehingga dapat mengakibatkan proses hidrasi berjalan tidak sempurna, dengan konsekuensi berkurangnya kekuatan beton. Penguapan dapat juga menyebabkan penyusutan kering terlalu awal dan cepat, sehingga berakibat timbulnya tegangan tarik yang menyebabkan retak, kecuali bila beton telah mencapai kekuatan yang cukup untuk menahan tegangan ini.

Oleh karena itu direncanakan suatu perawatan untuk mempertahankan beton supaya terus menerus berada dalam keadaan basah selama periode beberapa hari dan bahkan beberapa minggu (Murdock dan Brook, 1986).

Pada penelitian ini, perawatan beton dilakukan dengan cara merendam semua benda uji sampai sehari sebelum benda uji tersebut dilakukan pengujian. Perawatan yang baik terhadap beton akan memperbaiki beberapa segi dari kualitasnya. Di samping lebih kuat dan lebih awet terhadap agresi kimia, beton ini juga lebih tahan terhadap aus dan lebih kedap air.

4.9 Pengujian Benda Uji

Pengujian benda uji bertujuan untuk mengetahui kekuatan beton yang telah dibuat. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian kuat tarik jaringan kawat (*wire mesh*), kuat tarik tulangan, kuat desak beton dan kuat tarik beton dengan menggunakan alat uji yang terdapat di laboratorium BKT, FTSP UII.

1. Pengujian Tarik Jaringan Kawat (*Wire Mesh*)

Pengujian tarik jaringan kawat (*wire mesh*) dilakukan sebelum pengecoran beton. Pengujian ini dilakukan di Laboraturium Bahan Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Adapun tahapan-tahapan pengujian tarik jaringan kawat (*wire mesh*) adalah sebagai berikut :

- a. jaringan kawat (*wire mesh*) diambil satu lembar, kemudian diameter jaringan kawat (*wire mesh*) diukur dengan menggunakan jangka sorong (kaliper),

- b. jaringan kawat (*wire mesh*) dijepitkan kedua ujungnya pada mesin penguji,
- c. mesin penguji dijalankan, kemudian jaringan kawat (*wire mesh*) ditarik dengan penambahan beban secara berangsur-angsur sampai jaringan kawat (*wire mesh*) putus,
- d. Sejalan dengan itu, komputer mencatat penambahan beban, tegangan dan regangan jaringan kawat (*wire mesh*) tersebut sehingga dapat diperoleh data berupa diameter, jenis, beban tarik dan tegangan putus.

2. Pengujian Tarik Tulangan

Pengujian tarik tulangan baja ini dilakukan sebelum pengecoran beton di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Data yang diambil pada pengujian tarik tulangan baja adalah beban maksimum, beban patah dan batas luluh awal. Tegangan tarik tulangan baja dapat diketahui dengan cara membagi batas luluh awal dengan luas rata-rata dari diameter tulangan baja.

3. Pengujian Desak Beton

Pengujian desak beton dilakukan dengan benda uji silinder berukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari. Langkah-langkah pengujian sebagai berikut :

- a. mencatat dimensi benda uji yaitu diameter dan tingginya,
- b. menimbang benda uji,



- c. agar permukaan silinder rata, dilakukan *keeping* dengan menggunakan belerang yang dipanaskan sehingga mencair. Belerang cair tersebut dituangkan pada cetakan dan silinder dimasukkan ujungnya secara vertikal, kemudian setelah mengeras diangkat.
- d. Memasang alat ukur regangan pada posisi yang telah ditentukan.
- e. Meletakkan benda uji di atas mesin penguji desak, lalu dihidupkan dan dilakukan pembebanan setiap 5 kN secara berangsur-angsur sampai silinder runtuh.
- f. Mencatat beban maksimum yang terjadi, ketika benda uji mulai mengalami kehancuran.

4. Pengujian Tarik Beton

Pengujian tarik beton dilakukan dengan uji pecah belah silinder. Silinder diletakkan pada arah memanjang atau rebah di atas alat penguji, dan ditekan. Besar gaya tekan yang menyebabkan benda uji terbelah menjadi dua bagian dicatat. Kekuatan tarik beton dapat diketahui dengan membagi beban ultimit yang dicapai dengan luas permukaan bagian yang ditarik .

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Untuk memperjelas hasil penelitian, berikut akan diuraikan ringkasan hasil pengujian yakni kuat desak beton, kuat tarik beton, konversi umur beton, kuat tarik baja tulangan dan kuat tarik jaringan kawat. Penyajian hasil pengujian yang telah dilakukan dilampirkan dalam bentuk table dan grafik pada sub – sub bab berikut ini.

5.2 Uji Material

Sebelum melakukan pembuatan benda uji dilakukan uji material atau pemeriksaan bahan campuran beton terlebih dahulu, adapun uji material yang dilakukan meliputi:

- 1.modelus halus butir (MHB) pasir,
- 2.berat jenis pasir (SSD),
- 3.berat jenis kerikil (SSD),
- 4.berat volume kerikil (SSD).

Hasil dari pengujian material ini seperti terlihat pada Tabel 5.1

Tabel 5.1 Hasil Uji Material

NO	Uji Material	Nilai Uji Material	Satuan
1	Modelus Halus Butir Pasir	2,450	---
2	Berat Jenis Pasir	2,595	---
3	Berat Jenis Krikil	2,645	---
4	Berat Volume Krikil	1,530	gr/cm ³

5.3 Uji Slump

Nilai *slump* yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar antara 7,5 cm sampai dengan 15 cm. Adapun nilai slump yang dihasilkan merupakan nilai *slump* rata-rata dari masing-masing variasi dan umur beton yang berbeda, seperti terlihat pada Tabel 5.2

Tabel 5.2 Hasil Pengujian *Slump* Rata-rata

Umur Beton 28 hari		
NO	Variasi Beton	Nilai <i>Slump</i> (cm)
1	BN	12,0
2	BTS	13,1
3	BTSWM	9,6
4	BTWM	9,6
Umur Beton 14 hari		
NO	Variasi Beton	Nilai <i>Slump</i> (cm)
1	BN	9,6
2	BTS	11,0
3	BTSWM	13,8
4	BTWM	12,1
Umur Beton 7 hari		
NO	Variasi Beton	Nilai <i>Slump</i> (cm)
1	BN	12,2
2	BTS	13,8
3	BTSWM	12,7
4	BTWM	12,7
Umur Beton 3 hari		
NO	Variasi Beton	Nilai <i>Slump</i> (cm)
1	BN	14,5
2	BTS	14,5
3	BTSWM	14,5
4	BTWM	14,5

5.4 Berat Volume Beton

Dimensi benda uji yang didapat pada penelitian ini, kemudian dapat dihitung besar berat volumenya. Berat volume tersebut merupakan berat volume rata-rata dari variasi beton dan umur beton yang berbeda, seperti dapat dilihat pada Tabel 5.3

Tabel 5.3 Berat Volume Beton Rata-rata

Umur Beton 28 hari						
No	Variasi	Dimensi (m)		Volume	Berat	Berat Volume
		Panjang	Diameter	(m ³)	(ton)	(t/m ³)
1	BN	0,30175	0,15013	0,00534	0,01272	2,38244
2	BTS	0,30098	0,15028	0,00534	0,01319	2,47146
3	BTSWM	0,30091	0,15000	0,00531	0,01305	2,45543
4	BTWM	0,30181	0,15019	0,00534	0,01296	2,42557
Umur Beton 14 hari						
No	Variasi	Dimensi (m)		Volume	Berat	Berat Volume
		Panjang	Diameter	(m ³)	(ton)	(t/m ³)
1	BN	0,30091	0,15010	0,00532	0,01288	2,41927
2	BTS	0,30091	0,15010	0,00532	0,01279	2,40283
3	BTSWM	0,30136	0,14997	0,00532	0,01283	2,41044
4	BTWM	0,30105	0,15010	0,00532	0,01274	2,39229
Umur Beton 7 hari						
No	Variasi	Dimensi (m)		Volume	Berat	Berat Volume
		Panjang	Diameter	(m ³)	(ton)	(t/m ³)
1	BN	0,30211	0,15059	0,00538	0,01284	2,38687
2	BTS	0,30253	0,15072	0,00539	0,01296	2,40278
3	BTSWM	0,30116	0,15019	0,00533	0,01304	2,44492
4	BTWM	0,30169	0,15013	0,00534	0,01298	2,43094
Umur Beton 3 hari						
No	Variasi	Dimensi (m)		Volume	Berat	Berat Volume
		Panjang	Diameter	(m ³)	(ton)	(t/m ³)
1	BN	0,30141	0,15006	0,00533	0,01286	2,41412
2	BTS	0,30186	0,15003	0,00533	0,01284	2,40684
3	BTSWM	0,30238	0,14997	0,00534	0,01284	2,40471
4	BTWM	0,30267	0,15000	0,00535	0,01276	2,38735

5.5 Kuat Tarik Baja Tulangan

Baja tulangan yang diuji adalah baja tulangan polos (BJTP-24) dengan diameter 6 mm. Hasil analisa pengujian tersebut diperoleh dari hasil pengujian yang dilakukan oleh Ilham Ardiansyah dan Akhmad Munip (2006) di Laboraturium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Adapun hasil pengujian tersebut seperti terlihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil uji kuat tarik baja tulangan

No	Tegangan	Nilai (MPa)
1	Teg. Leleh (f_y)	347,2771
2	Teg. Ultimit (f_u)	526,2466
3	Teg. Putus (f_r)	351,8465

5.6 Kuat Tarik Jaringan Kawat

Jaringan kawat yang digunakan adalah jaringan kawat berbentuk persegi yang dilas dengan diameter 0.9 mm. Pengujian dilakukan di Laboraturium Bahan Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Adapun hasil dari pengujian kuat tarik jaringan kawat tersebut seperti terlihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil uji Kuat tarik Jaringan Kawat

No	Tegangan	Nilai f_u (MPa)	Rata-rata (MPa)
1	Tunggal	374,0400	395,8480774
2	Ganda	417,6562	

5.7 Kuat Desak Beton

5.7.1 Hubungan Kuat Desak dan Umur Beton

Nilai kuat desak silinder beton yang dihasilkan pada saat pengujian kemudian dihitung kuat desak rata – ratanya (f_{cr}) dari persamaan (3.4), yang dapat dilihat pada Table 5.6 sampai dengan 5.9

Tabel 5.6 Hasil uji kuat desak beton pada umur 3 hari

No	Variasi	Kuat Desak Rata-rata (f_{cr})
		(MPa)
1	BN	10,497
2	BTS	12,775
3	BTSWM	12,573
4	BTWM	12,041

Tabel 5.7 Hasil uji kuat desak beton pada umur 7 hari

No	Variasi	Kuat Desak Rata-rata (fcr)
		(MPa)
1	BN	18,484
2	BTS	19,135
3	BTSWM	19,671
4	BTWM	18,693

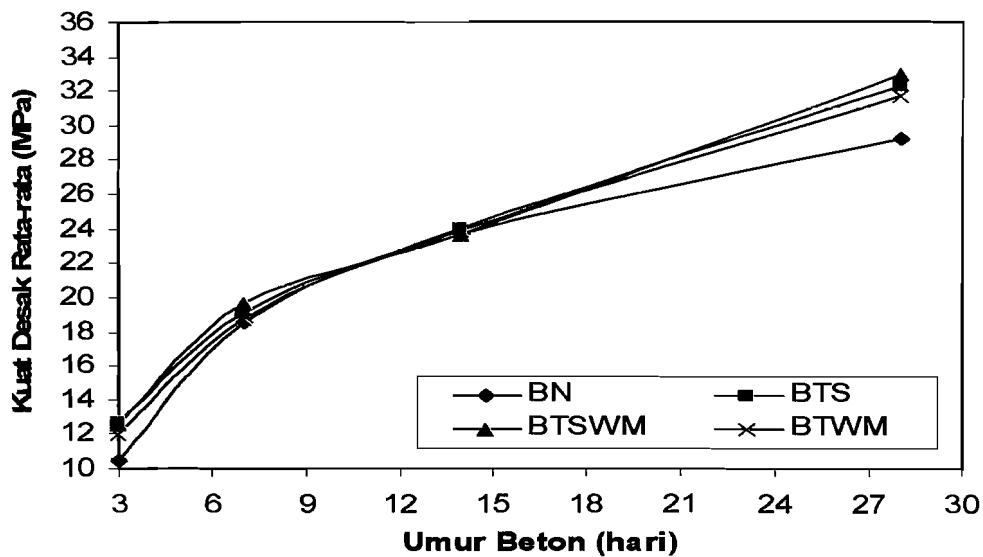
Tabel 5.8 Hasil uji kuat desak beton pada umur 14 hari

No	Variasi	Kuat Desak Rata-rata (fcr)
		(MPa)
1	BN	23,629
2	BTS	23,941
3	BTSWM	23,681
4	BTWM	23,841

Tabel 5.9 Hasil uji kuat desak beton pada umur 28 hari

No	Variasi	Kuat Desak Rata-rata (fcr)
		(MPa)
1	BN	29,209
2	BTS	32,234
3	BTSWM	32,879
4	hari	31,649

Kuat desak rata-rata dari Tabel 5.6 sampai dengan 5.9 ditampilkan dalam bentuk gambar. Seperti pada Gambar 5.1. Seiring dengan lajunya pertumbuhan waktu.



Gambar 5.1 Hubungan kuat desak rata-rata dengan umur beton

5.7.2 Perbandingan f'_{cr} Beton Normal dengan Beton Terkekang

Setelah diperoleh f'_{cr} untuk masing – masing variasi, kemudian masing – masing variasi beton terkekang yakni BTS, BTSWM, BTWM, dibandingkan dengan Beton Normal (BN). Diperoleh persentase kenaikan f'_{cr} , setelah diberi pengekan. Seperti pada Tabel 5.10.

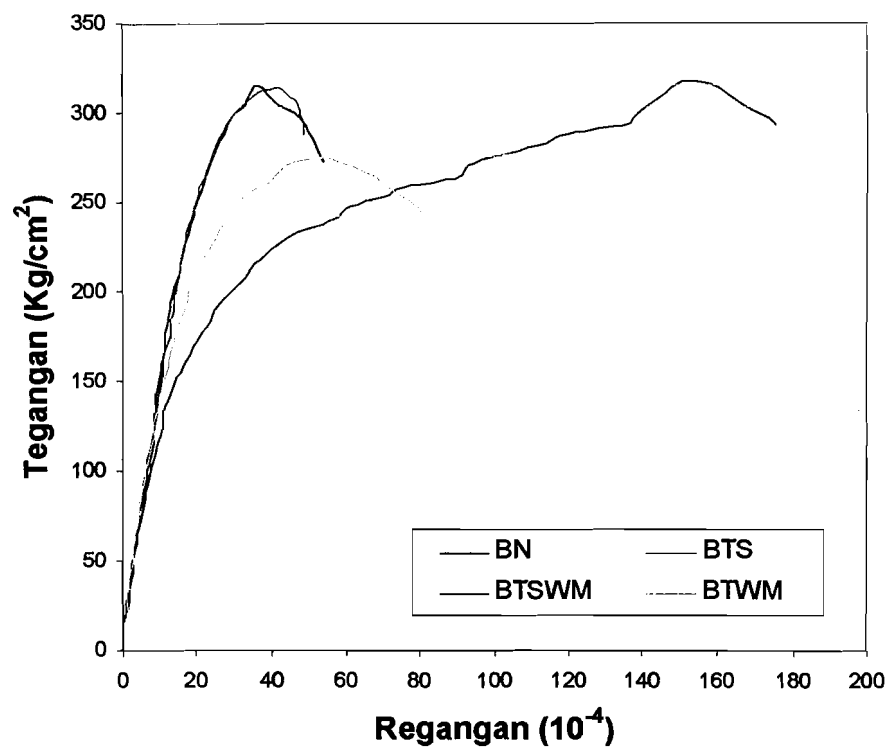
Tabel 5.10 Persentase kuat desak rata-rata (f'_{cr}) umur 3, 7, 14, dan 28 dengan Beton Normal sebagai pembandingan.

Kuat Desak Beton Umur 3 Hari			
No	Variasi	Kuat Desak Rata-rata (f_{cr})	Persentase Kuat Desak Rata-rata
		(MPa)	terhadap BN (%)
1	BN	10,497	100,000
2	BTS	12,775	121,702
3	BTSWM	12,573	119,778
4	BTWM	12,041	114,708
Kuat Desak Beton Umur 7 Hari			
No	Variasi	Kuat Desak Rata-rata (f_{cr})	Persentase Kuat Desak Rata-rata
		(MPa)	terhadap BN (%)
1	BN	18,484	100,000
2	BTS	19,135	103,522
3	BTSWM	19,671	106,421
4	BTWM	18,693	101,131
Kuat Desak Beton Umur 14 Hari			
No	Variasi	Kuat Desak Rata-rata (f_{cr})	Persentase Kuat Desak Rata-rata
		(MPa)	terhadap BN (%)
1	BN	23,629	100,000
2	BTS	23,941	101,322
3	BTSWM	23,681	100,220
4	BTWM	23,841	100,898
Kuat Desak Beton Umur 28 Hari			
No	Variasi	Kuat Desak Rata-rata (f_{cr})	Persentase Kuat Desak Rata-rata
		(MPa)	terhadap BN (%)
1	BN	29,209	100,000
2	BTS	32,234	110,353
3	BTSWM	32,879	112,564
4	BTWM	31,649	108,352

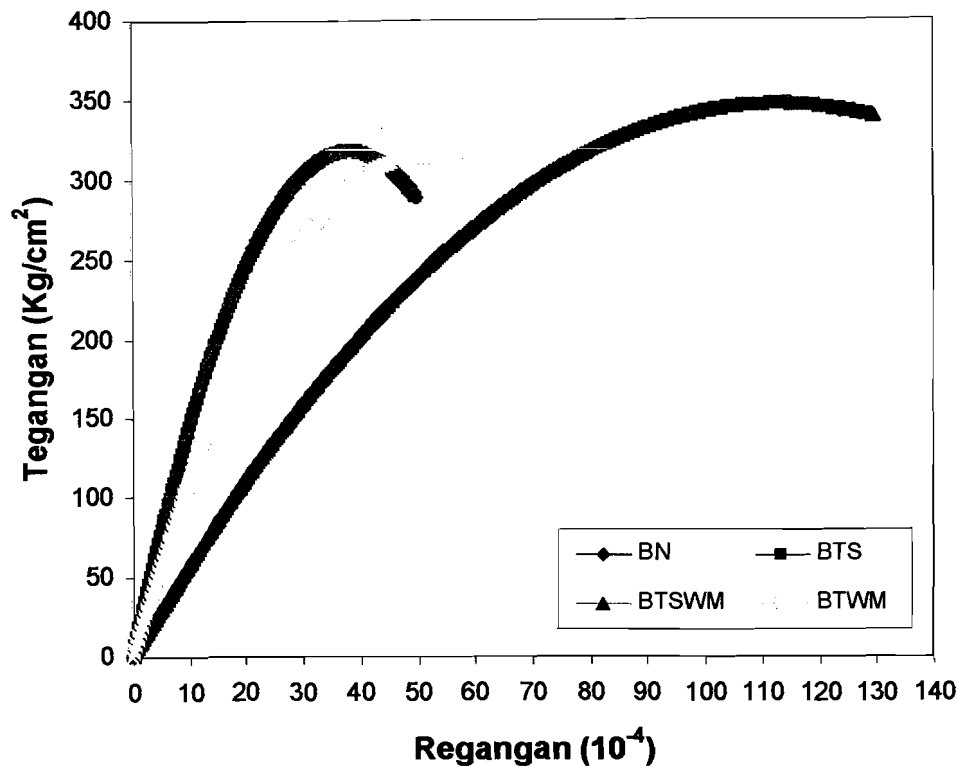
5.7.3 Tegangan dan Regangan

Untuk mengetahui peningkatan daktilitas beton perlu dilakukan pengujian tegangan-regangan. Uji tegangan-regangan ini tidak dilakukan pada semua sample benda uji, tetapi diambil 2 sample benda uji untuk masing – masing variasi. Dari 2 sample tersebut diambil salah satu data pengujian yang relatif lebih baik. Pada perhitungan tegangan-regangan ini, digambar berdasarkan gambar pengujian

langsung dan juga berdasarkan gambar pengujian setelah diregresi. Seperti yang terlihat pada Gambar 5.2 dan Tabel 5.3.



Gambar 5.2 Tegangan-regangan gabungan variasi beton (pengujian langsung)



Gambar 5.3 Tegangan-regangan gabungan variasi beton (setelah diregresi)

Dari gambar-gambar tegangan-regangan tersebut dapat diketahui tingkat daktilitas beton dan diperoleh modulus elastis dari persamaa (3.8), modulus kenyal dari persamaan (3.11), dan kekakuan beton dan persamaan (3.12) seperti pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Modulus Elastis, Modulus Kenyal, Kekakuan

No	Variasi	Modulus Elastisitas (E_c)		Modulus Kenyal (E_k)	Kekakuan (K)
		(Kg/cm^2)	(MPa)	(Kg/cm^2)	(Kg/cm^2)
1	BN	147186.43	14438.99	0.054	1733120.20
2	BTS	140837.54	13816.16	0.056	1658362.02
3	BTSM	113996.10	11183.02	0.071	1346782.20
4	BTWM	149249.81	14641.41	0.041	1757416.52

Sebagai pembanding modulus elastis dari hasil penelitian adalah modulus elastis berdasarkan SNI dari persamaan (3.9) dan modulus elastis berdasarkan ACI dari persamaan (3.10). Perbandingan modulus elastis terlihat pada Tabel 5.12

Tabel 5.12 Perbandingan modulus elastis.

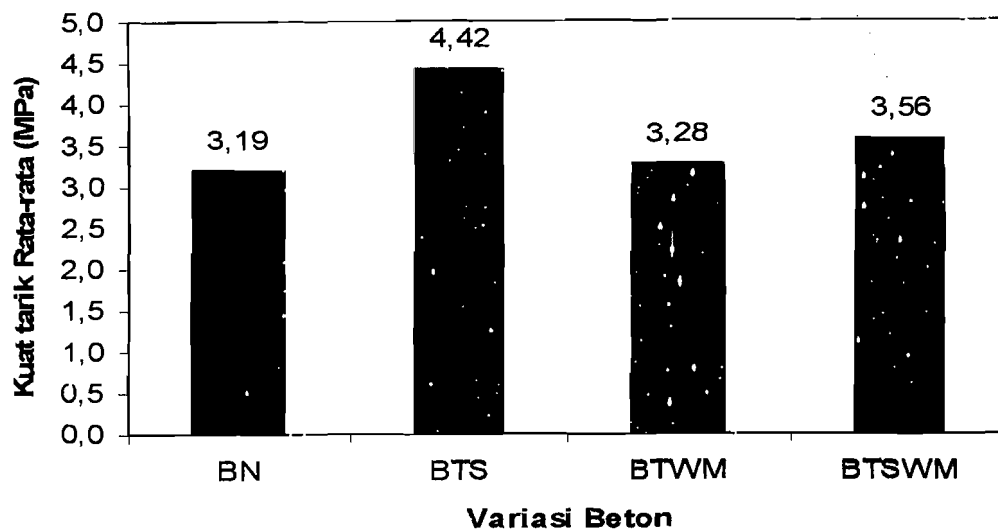
No	Variasi	f _c aktual	E _c (MPa)		
		U-28	SNI	ACI	Penelitian
1	BN	22,5869	22337,0893	22693,7188	147186.43
2	BTS	30,8152	26090,3580	26506,9115	140837.54
3	BTSM	32,4914	26790,5903	27218,3235	113996.10
4	BTWM	28,4711391	25078,4262	25478,8234	149249.81

5.8 Kuat Tarik Beton

Pada penelitian ini, pengujian tarik beton dilakukan setelah beton berumur 28 hari dengan metode pecah belah silinder (*split cylinder*). Hasil pengujian kuat tarik beton tersebut seperti terlihat pada Tabel 5.13 dan Gambar 5.4.

Tabel 5.13 Persentase Kuat Tarik rata – rata.

No	Variasi	Kuat Tarik (MPa)	Persentase Kuat Tarik terhadap (%)	
			Beton Normal	Kuat Desak Rata-rata
1	BN	3,190	100,000	10,919
2	BTS	4,424	138,719	15,147
3	BTWM	3,284	102,949	11,241
4	BTSM	3,563	111,703	12,197



Gambar 5.4 Hubungan antara variasi beton dengan kuat tarik beton rata-rata

5.9 Konversi umur beton

Bila kuat desak beton umur 3,7 dan 14 hari yang telah dikonversi dibandingkan dengan beton umur 28 hari sehingga didapat kekuatan beton yang sesuai dengan rencana, yakni 25 MPa. Berdasarkan SNI diperoleh hasil konversi seperti pada Tabel 5.14 sampai dengan 5.15

Tabel 5.14 Konversi umur beton berdasarkan SNI

No	Variasi	f _{cr} Hasil uji (MPa)			f _{cr} Konversi (MPa)			f _{cr} (MPa)
		U-3	U-7	U-14	U-3	U-7	U-14	U - 28
1	BN	10,50	18,48	23,63	26,24	28,44	26,85	29,21
2	BTS	12,77	19,14	23,94	31,94	29,44	27,21	32,23
3	BTSWM	12,57	19,67	23,68	31,43	30,26	26,91	32,88
4	BTWM	12,04	18,69	23,84	30,10	28,76	27,09	31,65

Tabel 5.15 Perbandingan nilai faktor konversi

No	Variasi	Rasio Umur Beton Hasil Uji		
		3 / 28	7 / 28	14 / 28
1	BN	0,36	0,63	0,81
2	BTS	0,40	0,59	0,74
3	BTSWM	0,38	0,60	0,72
4	BTWM	0,38	0,59	0,75

5.10 Pembahasan

Sebelum ditarik suatu kesimpulan, perlu dilakukan terlebih dahulu pembahasan mengenai pelaksanaan dari hasil yang diperoleh dari penelitian berdasarkan teori yang melandasinya.

5.10.1 Pengujian Material

Pada pengujian material ini dilakukan beberapa pengujian bahan yang akan digunakan untuk menentukan komposisi adukan beton. Adapun pengujian yang dilakukan adalah pengujian modelus halus butir (MHB) pasir yang diperoleh sebesar 2,4499. Gradasi pasir termasuk pada daerah II yaitu jenis pasir agak kasar. Umumnya pasir memiliki nilai MHB berkisar 1,5-3,8 (Tri Mulyono, 2004), jadi nilai MHB yang telah didapat sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan. Pengujian yang dilakukan berikutnya adalah pengujian berat jenis pasir. Pada penelitian ini diperoleh berat jenis pasir sebesar 2,595 . Selanjutnya dilakukan pengujian berat jenis krikil dan diperoleh sebesar 2,645 . Pengujian yang dilakukan berikutnya adalah pengujian berat volume krikil dan diperoleh sebesar 1,53 gr/cm³.

5.10.2 Pengujian Nilai Slump

Nilai *slump* ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituang dan dipadatkan atau memenuhi syarat *workability*. Pada pengujian ini, jenis pekerjaan yang dilakukan masuk dalam jenis pekerjaan kolom, balok, dan plat lantai yang mempunyai nilai *slump* berkisar antara

7,5-15 cm. Dalam pengujian ini diperoleh nilai slump minimum sebesar 9,6 cm dan nilai *slump* maksimum sebesar 14,5 cm. Perbedaan nilai *slump* pada pengujian ini diduga disebabkan oleh tidak homogenya bahan yang digunakan dan kebersihan dari alat pengaduk (molen) yang tidak baik, karena pada alat tersebut terdapat sisa adukan semen yang sudah mengering, dan diduga dapat menyerap air yang telah ditentukan.

5.10.3 Berat Volume Beton

Penentuan berat volume beton ialah dengan membandingkan volume dari beton dengan berat beton tersebut. Pada penelitian ini direncanakan ukuran atau dimensi benda uji yang akan dibuat adalah 30 cm x 15 cm, tapi pada pelaksanaannya dimensi benda uji yang diperoleh beragam. Pada penelitian ini diperoleh berat volume maksimum sebesar 2,455 t/m³ dan berat volume beton minimal sebesar 2,386 t/m³. Perbedaan ini diduga disebabkan oleh proses pemadatan yang kurang sempurna pada saat pembuatan benda uji.

5.10.4 Kuat Tarik Baja Tulangan

Dari pengujian kuat tarik baja tulangan yang dilakukan oleh Ilham dan Munip (2006), diperoleh nilai tegangan leleh baja dari persamaan (3.13), tegangan ultimit dari persamaan (3.14) dan tegangan putus dari persamaan (3.15). Nilai tegangan leleh baja (f_y) rata-rata sebesar 347,28 MPa. Sedangkan tegangan ultimit baja (f_u) rata-rata sebesar 526,25 MPa. Tegangan putus (f_r) rata-rata yang diperoleh adalah sebesar 351,847 Mpa. Jadi berdasarkan SNI baja tulangan yang digunakan termasuk dalam jenis BJTP-30. Baja tulangan yang digunakan pada penelitian ini adalah baja tulangan polos yang berdiameter 6 mm.

5.10.5 Kuat Tarik Jaringan Kawat

Dari pengujian kuat tarik jaringan kawat, diperoleh nilai tegangan putus (f_r) dari persamaan (3.14). nilai tegangan putus tunggal jaringan kawat rata-rata yaitu 374, 040 MPa dan nilai tegangan putus ganda sebesar 417, 656 MPa. Dari nilai tegangan putus ganda dan tunggal diatas diperoleh tegangan putus (f_r) rata-rata jaringan kawat sebesar 395,848 MPa. Pengujian ini dilakukan di laboratorium Bahan Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Jaringan kawat yang digunakan pada pengujian ini adalah jaringan kawat berbentuk persegi yang dilas dengan diameter 0,9 mm. Bila dibandingkan dengan penelitian yang terdahulu, yakni penelitian Ilham dan Munip (2006) yang menggunakan *wire mesh* berbentuk wajik (*diamond shape*) dengan diameter 1,57 mm, diperoleh tegangan putus tunggal nya adalah 366,436 MPa dan tegangan putus untuk *wire mesh* ganda adalah 447,161 MPa. Sehingga diperoleh tegangan putus rata-rata sebesar 406,799 MPa. Pada pengujian tersebut, *wire mesh* berbentuk wajik (*diamond shape*) lebih kuat dalam menahan tegangan putus. Hal ini disebabkan diameter jaringan kawat berbentuk persegi lebih kecil bila dibandingkan dengan *wire mesh* berbentuk wajik (*diamond shape*).

5.10.6 Kuat Desak Beton

Dari gambar Gambar 5.1 terlihat bahwa nilai kuat desak rata-rata secara keseluruhan meningkat dari beton normal (BN) bila diberi pengekan, baik dengan tulangan sengkang maupun dengan gabungan tulangan sengkang dan jaringan kawat. Secara garis besar, kuat desak rata-rata yang paling optimum pada umur 3,7,14, dan 28 hari diperoleh dari variasi beton yang menggunakan pengekan gabungan yakni tulangan sengkang dan jaringan kawat (BTSMW). Hal ini disebabkan oleh, beton dikekang terhadap gaya ekspansi akibat beban aksial. Selain itu, dengan

menambahkan jaringan kawat pada beton dapat memperbaiki kekakuan dan kekuatan beton. Jaga dapat menunda proses peretakan bagian inti dari beton setelah terjadi peretakan pada bagian luar dari beton tersebut.

Sebagai pembanding dari penelitian ini, dibandingkan dengan penelitian Beton terkekang dengan pengekan *wire mesh* berbentuk wajik dengan diameter kawat sebesar 1,57 mm. Penelitian ini dilakukan oleh Ilham Ardiansyah dan Akhmad Munip (2006) dalam penelitian tersebut disimpulkan bahwa untuk masing-masing variasi beton terkekang pada umur 3,7,14 dan 28 menghasilkan kuat tekan beton yang lebih besar dari pada beton normal. Perbandingan antara penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan seperti terlihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16 Perbandingan Hasil uji dengan pengujian Ilham dan Munip (2006)

Umur 28 hari				
No	Hasil Penelitian		Hasil penelitian Ilham dan Munip	
	Variasi	Kuat Desak (MPa)	Variasi	Kuat Desak (MPa)
1	BN	29,21	BTT	30,74
2	BTS	32,23	BBS	33,03
3	BTSWM	32,88	BBSWM	34,96
4	BTWM	31,65	BBWM	32,22
Umur 14 hari				
No	Hasil Penelitian		Hasil penelitian Ilham dan Munip	
	Variasi	Kuat Desak (MPa)	Variasi	Kuat Desak (MPa)
1	BN	23,63	BTT	25,26
2	BTS	23,94	BBS	26,85
3	BTSWM	23,68	BBSWM	27,24
4	BTWM	23,84	BBWM	26,47
Umur 7 hari				
No	Hasil Penelitian		Hasil penelitian Ilham dan Munip	
	Variasi	Kuat Desak (MPa)	Variasi	Kuat Desak (MPa)
1	BN	18,48	BTT	18,60
2	BTS	19,14	BBS	19,76
3	BTSWM	19,67	BBSWM	20,37
4	BTWM	18,69	BBWM	19,21

Umur 3 hari				
No	Hasil Penelitian		Hasil penelitian liham dan Munip	
	Variasi	Kuat Desak (MPa)	Variasi	Kuat Desak (MPa)
1	BN	10,50	BTT	13,96
2	BTS	12,77	BBS	16,08
3	BTSWM	12,57	BBSWM	17,97
4	BTWM	12,04	BBWM	14,77

Dari Tabel 5.16 terlihat bahwa beton terkekang dengan pengekang *wire mesh* yang berbentuk wajik, memiliki kuat desak yang lebih besar dari pada beton terkekang dengan pengekang jaringan kawat berbentuk persegi yang dilas. Hal ini disebabkan diameter *wire mesh* yang digunakan lebih besar yakni 1,57 mm. Sedangkan pada penelitian ini digunakan jaringan kawat dengan diameter 0,9 mm.

Sebagai pembanding yang lain, pada penelitian ini adalah Beton serat baja. Penelitian ini dilakukan oleh Luthfi Zamroni (2004). Menyimpulkan bahwa, beton serat dengan volume serat 2 % dan 3 % dan panjang serat 90 mm, memberikan persentase peningkatan kuat tekan sebesar 29,03 % dan 36,51 %. Balaguru dan Surendra, (1992) mengatakan, penggunaan serat baja dalam konstruksi beton berguna untuk mencegah terjadinya retak-retak, sehingga beton serat lebih daktil dibandingkan dengan beton normal. Selain itu serat juga berfungsi untuk menahan sebagian beban yang diterima oleh beton, baik gaya tarik maupun gaya tekan

Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh Rahayu dan Trihandoko (1996) dengan menggunakan benda uji kubus 15x15x15 cm dan jenis *steel fibers* berupa kawat bendrat yang dipotong sepanjang 5 cm mendapatkan hasil peningkatan kuat tekan sebesar 22,0036 % dan 36,1554 % dari kuat tekan beton normal dengan penambahan *steel fiber* sebesar 2 % dan 3 % dari berat beton.

Dengan membandingkan hasil-hasil penelitian tersebut dengan beton terkekang pada penelitian ini, khususnya beton dengan pengekang tulangan sengkang

(BTS) diperoleh peningkatan kuat desak terbesar yakni sebesar 21,7 %. Pada saat proses penekanan, beton pada bagian luar atau kulit beton mengalami peretakan tetapi pada bagian inti belum terjadi peretakan. Hal ini sama dengan penelitian yang dilakukan Abdullah (1999-2000) jaringan kawat dapat menahan proses peretakan pada inti beton. Maka dapat disimpulkan bahwa beton terkekang dengan pengekan jaringan kawat bentuk persegi yang dilas dapat memberikan kuat tekan yang relatif sama dengan beton-beton dengan variasi yang lain seperti beton terkekang dengan pengekan *wire mesh*, beton dengan serat baja dan beton *fiber*.

5.10.7 Tegangan dan Regangan Beton.

Dari uji tekan beton dapat dibuat suatu kurva yang menyatakan nilai tegangan yang sesuai dengan nilai regangan beton tersebut. Berdasarkan penelitian, beton normal biasanya tegangan maksimum terjadi pada saat regangan desak beton mencapai $\epsilon_c \pm 0,002$ dan setelah titik maksimum tercapai, kurva akan menurun lagi sampai sampel benda uji beton hancur. Tapi pada pengujian ini diperoleh regangan yang sangat tinggi. Hal ini dapat dilihat pada pengujian sampel benda uji beton normal (BN). Terlihat pada Gambar 5.2 bahwa ketika beton mencapai tegangan maksimum 315,427kg/cm² terjadi pada saat regangan beton mencapai 0,0036.

Dari penelitian yang dilakukan Ilham Ardiansyah dan Akhmad Munip (2006) menunjukkan bahwa regangan pada saat tegangan maksimal pada beton terkekang berkisar 0,00189 sampai 0,00353. Selain itu, grafik tegangan regangan menunjukkan bahwa tegangan desak maksimum yang terjadi untuk masing-masing variasi berbeda-beda, hal ini menunjukkan bahwa regangan yang terjadi pada tegangan maksimum tidak tergantung pada besarnya tegangan maksimum yang terjadi, dan penurunan tegangan setelah beton mencapai tegangan maksimum relatif landai untuk masing-masing variasi.

Bila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan Ilham Ardiansyah dan Akhmad Munip (2006) diatas, pada penelitian ini diperoleh regangan yang sangat tinggi untuk beton dengan pengekang sengkang (BTS) dan beton dengan pengekang jaringan kawat (BTWM) yakni sebesar 0,0042 dan 0,0054. Dan untuk variasi beton dengan pengekang gabungan tulangan sengkang dan jaringan kawat (BTSWM) mempunyai nilai regangan yang sangat tinggi yakni sebesar 0,0152 hal ini menunjukkan bahwa variasi ini mempunyai daktilitas yang sangat tinggi.

Apabila diperhatikan, hubungan tegangan-regangan untuk mutu beton sama akan membentuk kurva yang berbeda apabila kondisi pembebanan berbeda. Atau dengan kata lain, dengan kondisi pembebanan berbeda yang berarti nilai regangannya berbeda dan diperoleh kurva yang berbeda pula (Istimawan, 1994).

Modulus elastisitas merupakan sifat dari beton yang berkaitan dengan mudah atau tidaknya beton mengalami deformasi. Dari Tabel 5.11 dapat dilihat bahwa elastisitas beton terkekang relatif lebih rendah bila dibandingkan dengan beton normal. Hal ini disebabkan besarnya regangan yang terjadi pada beton terkekang. Hal yang sama terdapat pada penelitian yang dilakukan oleh Ilham Ardiansyah dan Akhmad Munip (2006), modulus elastisitas yang diperoleh seperti terlihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Modulus elastisitas Penelitian Ilham dan Munip (2006)

No	Tipe	Modulus elastisitas	
		(kg/cm ²)	(MPa)
1	BTT	276936,4777	27167,4685
2	BBS	265236,9318	26019,7430
3	BBWM	225388,0870	22110,5713
4	BBSWM	193837,7709	19015,4853

Modulus elastisitas relatif lebih kecil terjadi pada beton yang terkekang bila dibandingkan dengan beton yang tidak terkekang atau beton normal.

Dari Tabel 5.12 secara keseluruhan dapat dilihat bahwa modulus elastisitas dengan menggunakan rumus SNI sedikit lebih rendah bila dibandingkan dengan modulus elastisitas dengan menggunakan rumus ACI. Dan bila dibandingkan modulus elastisitas dengan menggunakan rumus SNI atau ACI dan modulus elastisitas yang diperoleh melalui hasil penelitian terlihat bahwa modulus elastisitas pada beton terkekang lebih rendah bila dibandingkan dengan modulus elastisitas dengan menggunakan rumus SNI atau ACI. Hal ini dipengaruhi adanya regangan yang cukup besar. Seperti terlihat pada beton terkekang dengan variasi beton terkekang gabungan tulangan sengkang dan jaringan kawat (BTSWM). Jadi dapat disimpulkan bahwa menggunakan rumus SNI atau ACI dalam menentukan modulus elastisitas hanya dapat digunakan pada beton normal.

Dari modulus elastis dapat diketahui berapa besarnya kekakuan beton terkekang tersebut. Pada Tabel 5.11 terlihat bahwa semakin besar modulus elastisitas maka semakin besar pula kekakuan beton tersebut begitu juga sebaliknya. Terlihat bahwa beton normal lebih kaku dari pada beton terkekang. Hal ini disebabkan karena adanya deformasi yang lebih besar pada beton terkekang. Bahan beton bersifat elasto plastis dimana akibat dari beban tetap yang sangat kecil sekali pun, disamping memperlihatkan kemampuan elastis bahan beton juga menunjukkan deformasi permanen (Istimawan, 1994).

5.10.8 Kuat Tarik Beton

Berdasarkan hasil uji belah terlihat dari Tabel 5.13 dan Gambar 5.4 bahwa beton yang diberi pengekanj juga memberikan peningkatan terhadap kuat tarik beton. Untuk variasi beton terkekang dengan pengekanj tulangan sengkang (BTS) mengalami peningkatan sebesar 38.72 % dan variasi beton terkekang dengan pengekanj gabungan tulangan sengkang dan jaringan kawat mengalami peningkatan

sebesar 11,70 % serta variasi beton terkekang dengan pengekang jaringan kawat mengalami peningkatan sebesar 2,95 % dari beton normal. Kuat tarik sangat penting untuk menahan retak. Dari hasil penelitian ini, terlihat bahwa beton dengan variasi beton terkekang dengan pengekang tulangan sengkang (BTS) mengalami peningkatan kuat tarik yang paling besar.

Bila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan Ilham Ardiansyah dan Akhmad Munip (2006) dengan menggunakan pengekang *wire mesh* bentuk wajik sengan diameter kawat sebesar 1,57 mm, untuk masing-masing variasi beton terkekang yakni beton bertulang sengkang (BBS), beton bertulang *wire mesh* (BBWM) dan beton bertulang sengkang dan *wire mesh* (BBSWM) secara berturut-turut memberikan peningkatan sebesar 19,47 %; 13,97 % dan 36,02 % terhadap beton tanpa tulangan (BTT).

Dari perbandingan ini dapat disimpulkan bahwa kuat tarik beton terkekang dengan menggunakan pengekang jaringan kawat bentuk persegi yang dilas dengan diameter 0,9 mm dan beton terkekang dengan pengekang *wire mesh* bentuk wajik dengan diameter 1,57 mm, maka beton terkekang dengan pengekang *wire mesh* bentuk wajik dengan diameter 1,57 mm lebih kuat menahan kuat tarik dari pada dengan menggunakan pengekang jaringan kawat bentuk persegi yang dilas dengan diameter 0,9 mm. Hal ini disebabkan diameter dari jaringan kawat berbentuk persegi lebih kecil dari pada *wire mesh* bentuk wajik (*diamond shope*) dan pada saat terjadi proses pengujian tarik diduga jaringan kawat lebih cepat putus yang mengakibatkan berkurangnya kekuatan tarik dari beton terkekang dengan pengekang jaringan kawat berbentuk persegi yang dilas.

Nilai kuat tarik beton relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan kuat tekannya. Nilai kuat tarik dari beton hanya berkisar 9 % sampai dengan 15 % dari

kuat tekannya (Istimawan, 1994). Pada penggunaannya sebagai komponen struktur, beton diperkuat oleh tulangan sebagai bahan yang dapat menahan beban tarik. Dengan demikian tersusun pembagian tugas, dimana tulangan menahan beban atau gaya tarik sedangkan beton menahan gaya tekan, sehingga diperoleh suatu konstruksi yang bisa menahan gaya tekan dan gaya tarik sekaligus.

5.10.9 Konversi Umur Beton

Dari Tabel 5.14 terlihat bahwa untuk keempat variasi secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa pada umur 3 hari beton mengalami peningkatan kekuatan bila dibandingkan pada umur 7, 14 dan 28 hari. Dan mengalami peningkatan sedikit demi sedikit hingga pada umur maksimum.

Untuk perbandingan nilai faktor konversi seperti terlihat pada Tabel 5.15, terlihat secara keseluruhan umur 3 hari memiliki nilai faktor konversi sedikit lebih tinggi dari nilai yang telah ditetapkan oleh SNI. Secara keseluruhan kekuatan beton pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari setelah dikonversi telah memenuhi syarat yang telah ditentukan oleh SNI yakni sebesar 25 MPa.

Nilai kuat tekan beton beragam sesuai dengan umurnya dan biasanya nilai kuat tekan beton ditentukan pada waktu beton mencapai 28 hari setelah pengecoran. Umumnya pada umur 3 hari kuat tekan beton mencapai 40 %, pada umur 7 hari kuat tekan beton 70 % dan pada umur 14 hari kuat tekan beton mencapai 85 % sampai dengan 90 % dari kuat tekan beton saat umur beton mencapai 28 hari (Istimawan, 1994). Pada kondisi pembebanan tekan tertentu, beton menunjukkan fenomena yang disebut dengan rangkai (*creep*), yakni sifat dimana beton mengalami perubahan bentuk akibat beban yang bekerja padanya.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil-hasil yang diperoleh dalam penelitian ini :

1. masing-masing variasi beton berpengekang pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari menghasilkan kuat tekan beton yang melebihi atau lebih besar dari beton normal (tanpa tulangan). Hal ini disebabkan beton terkekang, dikekang terhadap gaya ekspansi akibat beban aksial yang bekerja padanya, sehingga beton terkekang memiliki kuat tekan yang lebih besar dari pada beton normal (BN). Pada variasi beton dengan pengekang sengkang (BTS), secara berturut-turut memberikan peningkatan sebesar 21,702 %; 3,522 %; 1,322 % dan 10,353 %. Beton dengan pengekang gabungan tulangan sengkang dan jaringan kawat (BTSMW) meningkat sebesar 19,778 %; 6,421 %; 0,220 %; dan 12,564 %, dan pada beton dengan pengekang jaringan kawat (BTWM) meningkat sebesar 14,708 %; 1,131 %; 0,898 % dan 8,352 %. Untuk kuat tarik, beton terkekang juga mengalami peningkatan pada masing-masing variasi. Untuk variasi beton tulangan sengkang (BTS) meningkat sebesar 38,72 %, untuk variasi beton tulangan jaringan kawat (BTWM) meningkat sebesar 2,95 %, dan untuk variasi beton terkekang gabungan sengkang dan jaringan kawat (BTSMW) meningkat sebesar 11,70 % dari beton normal,
2. penggunaan dan penambahan jaringan kawat bentuk persegi yang dilas dengan diameter 0,9 mm pada beton terkekang memberikan

peningkatan daktilitas yang besar pada masing terkekang. Pada variasi beton tulangan sengkang (B1S, sebesar 0,0042, pada variasi beton tulangan jaringan kawat (BTWM) meningkat sebesar 0,0054, dan pada variasi beton terkekang gabungan sengkang dan jaringan kawat (BTSWM) meningkat sebesar 0,0152,

3. secara keseluruhan, beton dengan pengekang gabungan tulangan sengkang dan jaringan kawat (BTSWM) mengalami peningkatan relatif lebih kecil dari pada beton dengan pengekang sengkang dan *wire mesh* (BBSWM) yang dilakukan Ilham Ardiansyah dan Akhmad Munip (2006),
4. kuat tarik beton terkekang dengan menggunakan pengekang jaringan kawat bentuk persegi yang dilas dengan diameter 0,9 mm relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan kuat tarik beton terkekang dengan pengekang *wire mesh* berbentuk wajik dengan diameter 1,57 mm.

6.2 Saran

Saran-saran yang dapat disampaikan berkaitan dengan penelitian ini adalah:

1. dalam pelaksanaan pembuatan benda uji perlu diperhatikan cara pemadatan terutama pada variasi beton yang menggunakan tulangan sengkang dan jaringan kawat dan memperhatikan kualitas bahan apakah sudah sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan,
2. dalam pengujian *slump* harap diperhatikan nilai slumpnya apakah nilai *slump* sudah sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan,
3. perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan mutu beton, perhitungan campuran, diameter tulangan, atau jenis jaringan kawat yang berbeda agar bisa diterapkan pada masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Kadir Aboe, 2000, **STRUKTUR BETON I**, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.
- Abdullah, 1999, **FEROSEMEN SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL UNTUK MEMPERKUAT KOLOM BETON BERTULANG**, Seminar on Air-PPI Tokyo Institute of Technology, No. 4 (Desember), 143-147.
- Anonim, 1979, **PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA 1971 NI 2**, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan Direktorat Jenderal Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Jakarta.
- Ferguson, Phil M., 1986, **DASAR-DASAR BETON BERTULANG**, Terjemahan Budianto dan Kris Setianto, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.
- Istimawan Dipohusodo, 1994, **STRUKTUR BETON BERTULANG**, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Ilham Ardiansyah dan Akhmad Munip, 2006, **TUGAS AKHIR PENELITIAN LABORATORIUM KARAKTERISTIK BETON TERKEKANG DENGAN PENGEKANG *WIRE MESH***, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.
- Kardiono Tjokrodimulyo, 1992, **TEKNOLOGI BETON**, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, UGM, Jogjakarta.
- Martopo dan Yanuar Hadi, 1997, **TUGAS AKHIR PENELITIAN LABORATORIUM PENGARUH PENAMBAHAN *FIBER* KAWAT STRIMIN TERHADAP KUAT LENTUR BETON**, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.
- Murdock, L. J. dan Brook, K. M., 1986, **BAHAN DAN PRAKTEK BETON**, Terjemahan Stephanus Hendarko, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.
- Nawy, Edward G., 1990, **BETON BERTULANG SUATU PENDEKATAN DASAR**, Terjemahan Bambang Suryatmono, PT. Eresco, Bandung.
- Tanjung Rahayu dan M. Nur Trihandoko, 1996, **TUGAS AKHIR PENGARUH KAWAT BAJA LURUS DAN BERKAIT TERHADAP KUAT LENTUR DAN KUAT DESAK BETON *FIBER***, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

Triono Budi Astanto, 2001, **KONSTRUKSI BETON BERTULANG**, Kanisius, Jogjakarta.

Yefta Luthfi Zamroni, 2004, **TUGAS AKHIR PENGARUH FIBER KAWAT BENDRAT DAN SUPERPLASTICIZER PADA KUAT TEKAN, KUAT TARIK, DAN KUAT LENTUR BALOK**, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

LAMPIRAN 1

(DAFTAR KONSULTASI)



KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Novrialdi Saputra	01 511 271	Teknik Sipil
JUDUL TUGAS AKHIR			
Kuat Tekan Beton Terkekang Dengan Pengekang Jaringan Kawat Bentuk Persegi			

PERIODE KE : III (Mar 06 - Agst 06)

TAHUN : 2005 - 2006

Sampai Akhir Agustus 2006

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

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

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



Jogyakarta , 7-Mar-06

a.n. Dekan

(Signature)
Ir.H.Munadhir, MS

Catatan	:
Seminar	:
Sidang	:
Pendadaran	:

LAMPIRAN 2

(UJI MATERIAL)



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

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

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR PASIR

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

Penguji : Novrialdi Saputra Ditest tanggal : 17 Juni 2006
Pasir asal : Cangkringan Kaliurang
Keperluan : Tugas Akhir

URAIAN	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat Pasir Kering Mutlak, gram (Bk)	474	469	471,5
Berat Pasir Kondisi Jenuh Kering Muka, gram	500	500	500
Berat Piknometer Berisi Pasir dan Air, gram (Bt)	982	977	979,5
Berat Piknometer Berisi Air, gram (B)	670	675	672,5
Berat Jenis Curah, gram/cm ³ (1) $Bk / (B + 500 - Bt)$	2,52	2,37	2,445
Berat Jenis Jenuh Kering Muka, gram/cm ³ (2) $500 / (B + 500 - Bt)$	2,66	2,53	2,595
Berat Jenis Semu..... (3) $Bk / (B + Bk - Bt)$	2,93	2,81	2,87
Penyerapan Air..... (4) $(500 - Bk) / Bk \times 100\%$	5,49	6,61	6,05

Keterangan :

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

Kesimpulan : berat jenis jenuh kering muka pasir tersebut = 2,595 gr/cm³

Yogyakarta, Agustus 2006

Disyahkan

Dikerjakan oleh


NOVRIALDI SAPUTRA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
PERENCANAAN



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

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

**HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR
KRICAK/KERIKIL**

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

Penguji : Novrialdi Saputra Ditest tanggal : 18 Juni 2006
Krikil asal : Clereng Kulonprogo
Keperluan : Tugas Akhir

URAIAN	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat Kerikil Kering Mutlak, gram (Bk)	4919	4902	4910,5
Berat Kerikil Kondisi Jenuh Kering Muka, gram (Bj)	5000	5000	5000
Berat Kerikil Dalam Air, gram (Ba)	3104	3113	3108,5
Berat Jenis Curah,.....(1) $Bk / (Bj - Ba)$	2,59	2,60	2,595
Berat Jenis jenuh Kering Muka,..... (2) $Bj / (Bj - Ba)$	2,64	2,65	2,645
Berat Jenis Semu,..... (3) $Bk / (Bk - Ba)$	2,71	2,74	2,73
Penyerapan Air,..... (4) $(Bj - Bk) / Bk \times 100\%$	1,647	1,999	1,823

Kesimpulan : berat jenis jenuh kering muka agregat tersebut = $2,645 \text{ gr/cm}^3$

Yogyakarta, Agustus 2006

Disyahkan

Dikerjakan oleh

deur
LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

HASIL PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT KASAR

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

Penguji : Novrialdi Saputra Ditest tanggal : 19 Juni 2006
Krikil asal : Clereng Kulonprogo
Keperluan : Tugas Akhir

	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat Tabung (W_1), gram	15967	15967	15967
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W_2), gram	31899,67	32868,55	32384,11
Berat Agregat Bersih (W_3), gram	15932,67	16901,55	16417,11
Volume Tabung (V), cm^3	10765,32	10765,32	10765,32
Berat Isi Padat (W_3 / V), gram/cm^3	1,48	1,57	1,53

Yogyakarta, Agustus 2006

Disyahkan

Dikerjakan oleh

Novrialdi Saputra
LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

DATA MODULUS HALUS BUTIR (MHB) AGREGAT HALUS

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

Penguji : Novrialdi Saputra Ditest tanggal : 17 Juni 2006
Pasir asal : Cangkringan Kaliurang
Keperluan : Tugas Akhir

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40.00	0	0	0	100
20.00	0	0	0	100
10.00	0	0	0	100
4.80	7	0,47	0,47	99,53
2.40	72	4,8	5,27	94,73
1.20	273	18,2	23,47	76,53
0.60	416	27,72	51,19	48,81
0.30	331	22,07	73,26	26,74
0.15	271	18,07	91,33	8,67
Sisa	130	8,67		
Jumlah	1500	100	244,99	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{244,99}{100} = 2,4499$$

Yogyakarta, Agustus 2006

Disyahkan

Dikerjakan oleh

Larun
LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

GRADASI PASIR

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

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

Hasil analisa ayakan masuk daerah : 2 (dua)

Jenis pasir : agak kasar

Yogyakarta, Agustus 2006

Disyahkan

Dikerjakan oleh


LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UJI

LAMPIRAN 3

(HITUNGAN PERBANDINGAN CAMPURAN)



Perhitungan Rencana Adukan Beton Dengan Metode ACI

Data-data : $\sim f'_c = 25 \text{ MPa}$

$\sim$ Ukuran maksimal kerikil = 20 mm

$\sim$ MHB pasir = 2,4499

$\sim$ Berat jenis pasir (SSD) = 2,595

$\sim$ Berat jenis kerikil (SSD) = 2,645

$\sim$ Berat volume kerikil (SSD) = $1,53 \text{ gr/cm}^3 = 1,53 \text{ t/m}^3$

$\sim$ Berat jenis semen = $3,15 \text{ t/m}^3$

Volume 1 benda uji = $\frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \times t = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,15^2 \times 0,30 = 0,0053 \text{ m}^3$

Volume 68 benda uji = $68 \times 0,0053 = 0,3605 \text{ m}^3$

1) Menghitung kuat desak rata-rata :

volume pekerjaan total = $0,53 \text{ m}^3 < 1000 \text{ m}^3 \rightarrow$ volume pekerjaan kecil

mutu pelaksanaan baik

berdasarkan Tabel 3.1, diperoleh nilai $S_d = 60 \text{ kg/cm}^2$, maka

$$m = 1,64 \times S_d$$

$$= 1,64 \times 60 = 98,40 \text{ kg/cm}^2$$

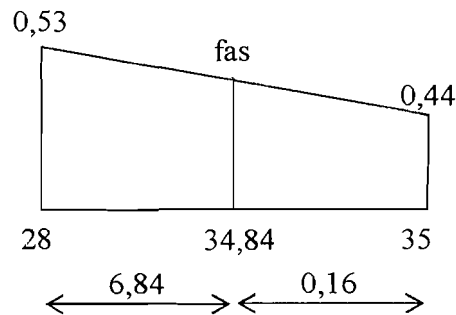
maka kuat desak rata-rata : $f'_{cr} = f'_c + m$

$$= 250 + 98,40$$

$$= 348,4 \text{ kg/cm}^2 = 34,84 \text{ MPa}$$

2) Menetapkan faktor air semen (fas)

berdasarkan Tabel 3.2, untuk $f'_{cr} = 34,84$ MPa dengan interpolasi diperoleh



$$fas = \frac{6,84(0,44) + 0,16(0,53)}{6,84 + 0,16} = \frac{3,0944}{7} = 0,4421$$

dari Tabel 3.3 didapat $fas = 0,60$

* nilai fas dipakai = 0,4421

3) Niali slump

dari Tabel 3.4 didapat slump = 7,5 – 15 cm

4) Jumlah air yang diperlukan per m^3 beton

berdasarkan nilai slump dan ukuran maksimal kerikil 20 mm, dilihat Tabel 3.6

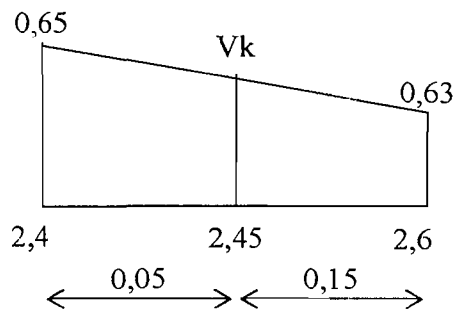
didapatkan : ~ jumlah air = 203 lt = 0,203 m^3

~ udara terperangkap = 2 %

5) Menghitung kebutuhan semen

$$\text{berat semen per } m^3 \text{ beton } (Ws) = \frac{A}{fas} = \frac{0,203}{0,4421} = 0,4592 \text{ t} = 459,2 \text{ kg}$$

- 6) Menghitung volume kerikil dengan Tabel 3.8, berdasarkan ukuran butir maksimal 20 mm dan MHB pasir 2,45, dengan interpolasi didapat :



$$V_k = \frac{0,05(0,63) + 0,15(0,65)}{0,05 + 0,15} = 0,645$$

~ volume kerikil, $V_k = 0,645 \text{ m}^3$

~ berat kerikil (W_k) = berat satuan kerikil x V_k

$$= 1,53 \times 0,645 = 0,987 \text{ t} = 987 \text{ kg}$$

- 7) volume absolut air, $V_a = 0,203 \text{ m}^3$

$$\text{volume absolut semen, } V_s = \frac{W_s}{B_j} = \frac{0,4592}{3,15} = 0,1458 \text{ m}^3$$

$$\text{volume absolut kerikil, } V_k = \frac{W_k}{B_j} = \frac{0,987}{2,645} = 0,373 \text{ m}^3$$

$$\text{volume absolut udara, } V_u = 0,02 \text{ m}^3$$

$$\text{volume absolut pasir, } V_p = 1 - (V_a + V_s + V_k + V_u)$$

$$= 1 - (0,203 + 0,1458 + 0,373 + 0,02)$$

$$= 0,258 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}\sim \text{berat pasir (Wp)} &= V_p \times B_j = 0,258 \times 2,595 \\ &= 0,668 \text{ t} = 668 \text{ kg}\end{aligned}$$

8) Kebutuhan material dalam 1 m³ beton

$$\sim \text{semen} = 459,2 \text{ kg}$$

$$\sim \text{pasir} = 668,2 \text{ kg}$$

$$\sim \text{kerikil} = 987 \text{ kg}$$

$$\sim \text{air} = 203 \text{ lt}$$

Kontrol terhadap berat jenis beton per m³ beton :

$$\text{Berat beton} = W_a + W_s + W_p + W_k$$

$$= 0,203 + 0,4592 + 0,668 + 0,987$$

$$= 2,317 \text{ t, (berat normal } 2,3 \sim 2,4 \text{ t/m}^3) \rightarrow \text{benar}$$

9) Kebutuhan material benda uji

$$\text{volume benda uji total} = 0,3604 \text{ m}^3$$

perkiraan kehilangan material selama pembuatan benda uji 20 %, maka

kebutuhan :

$$\sim \text{semen} = 0,36 \times 1,2 \times 459,2 = 198,374 \text{ kg}$$

$$\sim \text{pasir} = 0,36 \times 1,2 \times 668,2 = 288,662 \text{ kg}$$

$$\sim \text{kerikil} = 0,36 \times 1,2 \times 987 = 426,384 \text{ kg}$$

$$\sim \text{air} = 0,36 \times 1,2 \times 203 = 87,696 \text{ lt}$$

10)Kebutuhan material dalam tiap cetakan silinder beton dengan perkiraan

kehilangan material selama pembuatan sebesar 20 %

volume silinder = $0,0053 \text{ m}^3$

~ semen = $0,0053 \times 1,2 \times 459,2 = 2,921 \text{ kg}$

~ pasir = $0,0053 \times 1,2 \times 668,2 = 4,250 \text{ kg}$

~ kerikil = $0,0053 \times 1,2 \times 987 = 6,277 \text{ kg}$

~ Air = $0,0053 \times 1,2 \times 203 = 1,291 \text{ lt}$

LAMPIRAN 4

(NILAI SLUMP)

Nilai slump

No	Variasi Beton	Nilai Slump (cm)
1	BN-28/1	13,3
2	BN-28/2	13,3
3	BN-28/3	13,3
4	BN-28/4	13,3
5	BN-28/5	13,3
6	BN-28/6	7,8
7	BN-28/7	7,8
8	BN-28/8	14,2
9	BTS-28/1	14,2
10	BTS-28/2	14,2
11	BTS-28/3	14,2
12	BTS-28/4	12,5
13	BTS-28/5	12,5
14	BTS-28/6	12,5
15	BTS-28/7	12,5
16	BTS-28/8	12,5
17	BTSM-28/1	10,2
18	BTSM-28/2	10,2
19	BTSM-28/3	10,2
20	BTSM-28/4	10,2
21	BTSM-28/5	9
22	BTSM-28/6	9
23	BTSM-28/7	9
24	BTSM-28/8	9
25	BTWM-28/1	9,5
26	BTWM-28/2	9,5
27	BTWM-28/3	9,5
28	BTWM-28/4	9,5
29	BTWM-28/5	9,6
30	BTWM-28/6	9,6
31	BTWM-28/7	9,6
32	BTWM-28/8	9,6
33	BN-14/1	9,6
34	BN-14/2	9,6
35	BN-14/3	9,6
36	BTS-14/1	9,6
37	BTS-14/2	9,6
38	BTS-14/3	13,8

39	BTSWM-14/1	13,8
40	BTSWM-14/2	13,8
41	BTSWM-14/3	13,8
42	BTWM-14/1	9,6
43	BTWM-14/2	13,4
44	BTWM-14/3	13,4
45	BN-7/1	9
46	BN-7/2	13,8
47	BN-7/3	13,8
48	BTS-7/1	13,8
49	BTS-7/2	13,8
50	BTS-7/3	13,8
51	BTSWM-7/1	12,7
52	BTSWM-7/2	12,7
53	BTSWM-7/3	12,7
54	BTWM-7/1	12,7
55	BTWM-7/2	12,7
56	BTWM-7/3	12,7
57	BN-3/1	14,5
58	BN-3/2	14,5
59	BN-3/3	14,5
60	BTS-3/1	14,5
61	BTS-3/2	14,5
62	BTS-3/3	14,5
63	BTSWM-3/1	14,5
64	BTSWM-3/2	14,5
65	BTSWM-3/3	14,5
66	BTWM-3/1	14,5
67	BTWM-3/2	14,5
68	BTWM-3/3	14,5

LAMPIRAN 5

(BERAT VOLUME)

Berat volume beton terkekang

NO	KODE	Panjang	Diameter	Berat	Volume	Berat volume
		m		ton	m ³	t/m ³
1	BN-28/1	0,3015	0,1500	0,0129	0,00533	2,4224
2	BN-28/2	0,3034	0,1500	0,01295	0,00536	2,4166
3	BN-28/3	0,3015	0,1495	0,0125	0,00529	2,3630
4	BN-28/4	0,3000	0,1500	0,0126	0,00530	2,3779
5	BN-28/5	0,3047	0,1512	0,0129	0,00547	2,3591
6	BN-28/6	0,3012	0,1497	0,0125	0,00530	2,3591
7	BN-28/7	0,3012	0,1501	0,0125	0,00533	2,3465
8	BN-28/8	0,3005	0,1505	0,0129	0,00534	2,4144
9	BTS-28/1	0,3008	0,1500	0,0132	0,00531	2,4849
10	BTS-28/2	0,3010	0,1508	0,0131	0,00537	2,4396
11	BTS-28/3	0,3020	0,1500	0,0132	0,00533	2,4747
12	BTS-28/4	0,3015	0,1503	0,0132	0,00534	2,4705
13	BTS-28/5	0,3005	0,1505	0,0132	0,00534	2,4705
14	BTS-28/6	0,3010	0,1500	0,0132	0,00532	2,4829
15	BTS-28/7	0,3008	0,1500	0,013	0,00531	2,4473
16	BTS-28/8	0,3003	0,1508	0,0134	0,00536	2,5013
17	BTWM-28/1	0,3020	0,1500	0,0129	0,00533	2,4184
18	BTWM-28/2	0,3020	0,1500	0,0129	0,00533	2,4184
19	BTWM-28/3	0,3020	0,1510	0,0132	0,00541	2,4420
20	BTWM-28/4	0,3030	0,1500	0,0132	0,00535	2,4665
21	BTWM-28/5	0,3010	0,1500	0,0128	0,00532	2,4076
22	BTWM-28/6	0,3020	0,1500	0,0129	0,00533	2,4184
23	BTWM-28/7	0,3005	0,1500	0,0129	0,00531	2,4305
24	BTWM-28/8	0,3020	0,1505	0,0129	0,00537	2,4024
25	BTSM-28/1	0,3000	0,1503	0,0132	0,00532	2,4829
26	BTSM-28/2	0,3020	0,1500	0,0132	0,00533	2,4747
27	BTSM-28/3	0,3020	0,1500	0,0133	0,00533	2,4934
28	BTSM-28/4	0,3000	0,1500	0,0132	0,00530	2,4912
29	BTSM-28/5	0,3020	0,1500	0,013	0,00533	2,4372
30	BTSM-28/6	0,3013	0,1500	0,013	0,00532	2,4432
31	BTSM-28/7	0,3000	0,1503	0,0125	0,00532	2,3512
32	BTSM-28/8	0,3000	0,1495	0,013	0,00526	2,4698
33	BN-14/1	0,3010	0,1503	0,0129	0,00533	2,4184
34	BN-14/2	0,3013	0,1498	0,0126	0,00531	2,3744
35	BN-14/3	0,3000	0,1510	0,0128	0,00537	2,3838
36	BTS-14/1	0,3010	0,1500	0,013	0,00532	2,4453
37	BTS-14/2	0,3010	0,1500	0,0125	0,00532	2,3512

38	BTS-14/3	0,3030	0,1500	0,013	0,00535	2,4291
39	BTWM-14/1	0,3000	0,1500	0,0126	0,00530	2,3779
40	BTWM-14/2	0,3002	0,1500	0,0126	0,00530	2,3767
41	BTWM-14/3	0,3020	0,1500	0,0128	0,00533	2,3997
42	BTSM-14/1	0,3015	0,1498	0,013	0,00531	2,4494
43	BTSM-14/2	0,3010	0,1500	0,013	0,00532	2,4453
44	BTSM-14/3	0,3023	0,1500	0,0131	0,00534	2,4539
45	BN-7/1	0,3050	0,1550	0,0126	0,00575	2,1905
46	BN-7/2	0,3040	0,1500	0,0128	0,00537	2,3839
47	BN-7/3	0,3010	0,1500	0,0128	0,00532	2,4076
48	BTS-7/1	0,3020	0,1500	0,013	0,00533	2,4372
49	BTS-7/2	0,3030	0,1505	0,0132	0,00539	2,4501
50	BTS-7/3	0,3020	0,1503	0,0132	0,00535	2,4664
51	BTWM-7/1	0,3005	0,1500	0,013	0,00531	2,4493
52	BTWM-7/2	0,3010	0,1503	0,0129	0,00533	2,4184
53	BTWM-7/3	0,3000	0,1500	0,0129	0,00530	2,4345
54	BTSM-7/1	0,3020	0,1500	0,013	0,00533	2,4372
55	BTSM-7/2	0,3003	0,1505	0,0131	0,00534	2,4538
56	BTSM-7/3	0,3005	0,1500	0,013	0,00531	2,4493
57	BN-3/1	0,3018	0,1500	0,0128	0,00533	2,4017
58	BN-3/2	0,3018	0,1490	0,0126	0,00526	2,3960
59	BN-3/3	0,3040	0,1508	0,0126	0,00542	2,3233
60	BTS-3/1	0,3016	0,1500	0,0129	0,00533	2,4216
61	BTS-3/2	0,3020	0,1500	0,0128	0,00533	2,3997
62	BTS-3/3	0,3030	0,1500	0,0129	0,00535	2,4104
63	BTWM-3/1	0,3030	0,1500	0,0128	0,00535	2,3917
64	BTWM-3/2	0,3030	0,1500	0,0128	0,00535	2,3917
65	BTWM-3/3	0,3030	0,1500	0,0127	0,00535	2,3731
66	BTSM-3/1	0,3020	0,1500	0,0129	0,00533	2,4184
67	BTSM-3/2	0,3020	0,1500	0,0129	0,00533	2,4184
68	BTSM-3/3	0,3010	0,1500	0,0129	0,00532	2,4264

LAMPIRAN 6

(UJI KUAT TARIK BAJA
TULANGAN DAN JARINGAN
KAWAT)

Kuat tarik jaringan kawat

Diameter kawat : 0,9 mm

Luas : 0,636 mm²

Benda uji	Gaya tarik tunggal (kgf)	Gaya tarik ganda (kgf)	Tegangan putus (f_u)	
			Tunggal (MPa)	Ganda (MPa)
1	23,68	53,12	372,4149	417,7086
2	24,14	52,93	379,6493	416,2145
3	23,53	53,29	370,0558	419,0454
rata-rata			374,0400	417,6562

No	Tegangan	Nilai f_u (MPa)	Rata-rata (MPa)
1	Tunggal	374,0400	395,8480774
2	Ganda	417,6562	

Kuat tarik jaringan kawat

Benda Uji	1	2	3
Diameter (mm)	5,28	5,28	5,28
Luas (cm ²)	0,2188	0,2188	0,2188
P maks (kg)	1005	1200	1250
P leleh (kg)	740	780	760
P patah (kg)	780	770	760
Teg. leleh (f_y) MPa	338,1382	356,4159	347,2771
rata-rata f_y (MPa)	347,2771		
Teg. ultimit (f_u) MPa	459,2282	548,3322	571,1794
rata-rata f_u (MPa)	526,2466		
Teg. putus (f_t) MPa	356,4159	351,8465	347,2771
rata-rata f_t (MPa)	351,8465		

LAMPIRAN 7

(KUAT TEKAN BETON
TERKEKANG)

Tabel kuat tekan Beton terkekang

NO	KODE	Panjang	Diameter	Berat	Kuat tekan
		cm		Kg	Kn
1	BN-28/2	30,34	15	12,95	492,9
2	BN-28/4	30	15	12,6	595,9
3	BN-28/8	30,05	15,05	12,9	462,0
4	BTS-28/2	30,1	15,075	13,1	586,3
5	BTS-28/4	30,15	15,025	13,2	577,5
6	BTS-28/5	30,05	15,05	13,2	555,6
7	BTWM-28/2	30,2	15	12,9	584,9
8	BTWM-28/4	30,3	15	13,2	571,9
9	BTWM-28/5	30,1	15	12,8	520,2
10	BTSWM-28/2	30,2	15	13,2	584,6
11	BTSWM-28/4	30	15	13,2	581,3
12	BTSWM-28/5	30,2	15	13	576,3
13	BN-14/1	30,1	15,025	12,9	419,9
14	BN-14/2	30,125	14,98	12,6	416,4
15	BN-14/3	30	15,1	12,8	421,6
16	BTS-14/1	30,1	15	13	420,7
17	BTS-14/2	30,1	15	12,5	418,5
18	BTS-14/3	30,3	15	13	429,4
19	BTWM-14/1	30	15	12,6	421,3
20	BTWM-14/2	30,015	15	12,6	422,6
21	BTWM-14/3	30,2	15	12,8	419,4
22	BTSWM-14/1	30,15	14,975	13	420,4
23	BTSWM-14/2	30,1	15	13	415,1
24	BTSWM-14/3	30,225	15	13,1	417,9
25	BN-7/1	30,5	15,5	12,6	338,4
26	BN-7/2	30,4	15	12,8	335,3
27	BN-7/3	30,1	15	12,8	327,2
28	BTS-7/1	30,2	15	13	337,7
29	BTS-7/2	30,3	15,05	13,2	339,4
30	BTS-7/3	30,2	15,025	13,2	340,2
31	BTWM-7/1	30,05	15	13	329,7
32	BTWM-7/2	30,1	15,025	12,9	331,2
33	BTWM-7/3	30	15	12,9	330,7
34	BTSWM-7/1	30,2	15	13	348,4
35	BTSWM-7/2	30,025	15,05	13,1	345,8
36	BTSWM-7/3	30,05	15	13	350,4
37	BN-3/1	30,175	15	12,8	185,9
38	BN-3/2	30,175	14,9	12,6	186,6
39	BN-3/3	30,4	15,075	12,6	183,0

40	BTS-3/1	30,16	15	12,9	226,0
41	BTS-3/2	30,2	15	12,8	227,5
42	BTS-3/3	30,3	15	12,9	223,4
43	BTWM-3/1	30,3	15	12,8	211,1
44	BTWM-3/2	30,3	15	12,8	205,9
45	BTWM-3/3	30,3	15	12,7	221,0
46	BTSWM-3/1	30,2	15	12,9	236,2
47	BTSWM-3/2	30,2	15	12,9	218,9
48	BTSWM-3/3	30,1	15	12,9	211,1

LAMPIRAN 8

(KUAT TEKAN RATA-RATA
BETON TERKEKANG)

Tabel perhitungan kuat desak beton rata-rata umur 28 hari

Beton normal (BN)

NO	KODE	Panjang	Diameter	Berat	Luas	Volume	Kuat tekan	Berat volume	Kuat desak
		mm	mm	Kg	mm ²	mm ³	Kn	t/m ³	MPa
1	BN-28/2	303,40	150,00	12,95	17662,50	5358802,50	492,90	2,42	27,91
2	BN-28/4	300,00	150,00	12,60	17662,50	5298750,00	595,90	2,38	33,74
3	BN-28/8	300,50	150,50	12,90	17780,45	5343024,10	462,00	2,41	25,98
									29,21

Beton tulangan sengkang (BTS)

[illegible]

Beton tulangan jaringan kawat (BTWM)

NO	KODE	Panjang	Diameter	Berat	Luas	Volume	Kuat tekan	Berat volume	Kuat desak
		mm	mm	Kg	mm ²	mm ³	Kn	t/m ³	MPa
7	BTWM-28/2	302,00	150,00	12,90	17662,50	5334075,00	584,90	2,42	33,12
8	BTWM-28/4	303,00	150,00	13,20	17662,50	5351737,50	571,90	2,47	32,38
9	BTWM-28/5	301,00	150,00	12,80	17662,50	5316412,50	520,20	2,41	29,45
									31,65

Beton tulangan sengkang dan jaringan kawat (BTSWM)

NO	KODE	Panjang	Diameter	Berat	Luas	Volume	Kuat tekan	Berat volume	Kuat desak
		mm		Kg	mm ²	mm ³	Kn	t/m ³	MPa
10	BTSWM-28/2	302,00	150,00	13,20	17662,50	5334075,00	584,60	2,47	33,10
11	BTSWM-28/4	300,00	150,00	13,20	17662,50	5298750,00	581,30	2,49	32,91
12	BTSWM-28/5	302,00	150,00	13,00	17662,50	5334075,00	576,30	2,44	32,63
									32,88

Tabel perhitungan kuat desak beton rata-rata umur 14 hari

Beton normal (BN)

NO	KODE	Panjang	Diameter	Berat	Luas	Volume	Kuat tekan	Berat volume	Kuat desak
		mm	mm	Kg	mm ²	mm ³	Kn	t/m ³	MPa
13	BN-14/1	301,00	150,25	12,90	17721,42	5334148,64	419,90	2,42	23,69
14	BN-14/2	301,25	149,80	12,60	17615,43	5306648,71	416,40	2,37	23,64
15	BN-14/3	300,00	151,00	12,80	17898,79	5369635,50	421,60	2,38	23,55
									23,63

Beton tulangan sengkang (BTS)

NO	KODE	Panjang	Diameter	Berat	Luas	Volume	Kuat tekan	Berat volume	Kuat desak
		mm	mm	Kg	mm ²	mm ³	Kn	t/m ³	MPa
16	BTS-14/1	301,00	150,00	13,00	17662,50	5316412,50	420,7	2,45	23,82
17	BTS-14/2	301,00	150,00	12,50	17662,50	5316412,50	418,5	2,35	23,69
18	BTS-14/3	303,00	150,00	13,00	17662,50	5351737,50	429,4	2,43	24,31
									23,94

NO	KODE	Panjang	Diameter	Berat	Luas	Volume	Kuat tekan	Berat volume	Kuat desak
		mm		Kg	mm ²	mm ³	Kn	t/m ³	MPa
19	BTWM-14/1	300,00	150,00	12,60	17662,50	5298750,00	421,30	2,38	23,85
20	BTWM-14/2	300,15	150,00	12,60	17662,50	5301399,38	422,60	2,38	23,93
21	BTWM-14/3	302,00	150,00	12,80	17662,50	5334075,00	419,40	2,40	23,75
									23,84

[illegible]

Beton normal (BN)

[illegible]

Beton tulangan sengkang (BTS)

NO	KODE	Panjang	Diameter	Berat	Luas	Volume	Kuat tekan	Berat volume	Kuat desak
		mm	mm	Kg	mm ²	mm ³	Kn	t/m ³	MPa
28	BTS-7/1	302,00	150,00	13,00	17662,50	5334075,00	337,70	2,44	19,12
29	BTS-7/2	303,00	150,50	13,20	17780,45	5387475,21	339,40	2,45	19,09
30	BTS-7/3	302,00	150,25	13,20	17721,42	5351870,07	340,20	2,47	19,20
									19,14

Beton tulangan jaringan kawat (BTWM)

NO	KODE	Panjang	Diameter	Berat	Luas	Volume	Kuat tekan	Berat volume	Kuat desak
		mm		Kg	mm ²	mm ³	Kn	t/m ³	MPa
31	BTWM-7/1	300,50	150,00	13,00	17662,50	5307581,25	329,70	2,45	18,67
32	BTWM-7/2	301,00	150,25	12,90	17721,42	5334148,64	331,20	2,42	18,69
33	BTWM-7/3	300,00	150,00	12,90	17662,50	5298750,00	330,70	2,43	18,72
									18,69

Beton tulangan sengkang dan jaringan kawat (BTSMW)

NO	KODE	Panjang	Diameter	Berat	Luas	Volume	Kuat tekan	Berat volume	Kuat desak
		mm	mm	Kg	mm ²	mm ³	Kn	t/m ³	MPa
34	BTSWM-7/1	302,00	150,00	13,00	17662,50	5334075,00	348,40	2,44	19,73
35	BTSWM-7/2	300,25	150,50	13,10	17780,45	5338578,99	345,80	2,45	19,45
36	BTSWM-7/3	300,50	150,00	13,00	17662,50	5307581,25	350,40	2,45	19,84
									19,67

Tabel perhitungan kuat desak beton rata-rata umur 3 hari

Beton normal (BN)

NO	KODE	Panjang	Diameter	Berat	Luas	Volume	Kuat tekan	Berat volume	Kuat desak
		mm		Kg	mm ²	mm ³	Kn	t/m ³	MPa
37	BN-3/1	301,75	150,00	12,80	17662,50	5329659,38	185,90	2,40	10,53
38	BN-3/2	301,75	149,00	12,60	17427,79	5258834,12	186,60	2,40	10,71
39	BN-3/3	304,00	150,75	12,60	17839,57	5423228,24	183,00	2,32	10,26
									10,50

Beton tulangan sengkang (BTS)

NO	KODE	Panjang	Diameter	Berat	Luas	Volume	Kuat tekan	Berat volume	Kuat desak
		mm		Kg	mm ²	mm ³	Kn	t/m ³	Mpa
40	BTS-3/1	301,60	150,00	12,90	17662,50	5327010,00	226,00	2,42	12,80
41	BTS-3/2	302,00	150,00	12,80	17662,50	5334075,00	227,50	2,40	12,88
42	BTS-3/3	303,00	150,00	12,90	17662,50	5351737,50	223,40	2,41	12,65
									12,77

Beton tulangan jaringan kawat (BTWM)

NO	KODE	Panjang	Diameter	Berat	Luas	Volume	Kuat tekan	Berat volume	Kuat desak
		mm		Kg	mm ²	mm ³	Kn	t/m ³	MPa
43	BTWM-3/1	303,00	150,00	12,80	17662,50	5351737,50	211,10	2,39	11,95
44	BTWM-3/2	303,00	150,00	12,80	17662,50	5351737,50	205,90	2,39	11,66
45	BTWM-3/3	303,00	150,00	12,70	17662,50	5351737,50	221,00	2,37	12,51
									12,04

Beton tulangan sengkang dan jaringan kawat (BTSMW)

NO	KODE	Panjang	Diameter	Berat	Luas	Volume	Kuat tekan	Berat volume	kuat desak
		mm		Kg	mm ²	mm ³	Kn	t/m ³	MPa
46	BTSWM-3/1	302,00	150,00	12,90	17662,50	5334075,00	236,20	2,42	13,37
47	BTSWM-3/2	302,00	150,00	12,90	17662,50	5334075,00	218,90	2,42	12,39
48	BTSWM-3/3	301,00	150,00	12,90	17662,50	5316412,50	211,10	2,43	11,95
									12,57

LAMPIRAN 9

(KUAT TEKAN KARAKTERISTIK
BETON TERKEKANG)

Perhitungan kuat desak karakteristik

Beton umur 28 hari

Beton normal (BN)

No	Kode	Kuat Desak (MPa) (f_{ci})	$f_{ci} - f_{cr}$	$(f_{ci} - f_{cr})^2$
1	BN-28/2	27,9066	-1,3029	1,6974
2	BN-28/4	33,7381	4,5287	20,5092
3	BN-28/8	25,9836	-3,2258	10,4061
$\Sigma =$		87,6283		32,6127

$$\text{Kuat desak rata-rata } (f_{cr}) = \frac{87,628}{3} = 29,209 \text{ MPa}$$

$$\text{Standar deviasi (sd)} = \sqrt{\frac{32,613}{3-1}} = 4,038$$

$$\text{Kuat desak karakteristik } (f_c) = 29,209 - (1,64 \times 4,038) = 22,587 \text{ MPa}$$

Beton tulangan sengkang (BTS)

No	Kode	Kuat Desak (MPa) (f_{ci})	$f_{ci} - f_{cr}$	$(f_{ci} - f_{cr})^2$
4	BTS-28/2	32,8651	0,6316	0,3989
5	BTS-28/4	32,5877	0,3541	0,1254
6	BTS-28/5	31,2478	-0,9857	0,9717
$\Sigma =$		96,7006		1,4960

$$\text{Kuat desak rata-rata } (f_{cr}) = \frac{96,701}{3} = 32,233 \text{ MPa}$$

$$\text{Standar deviasi (sd)} = \sqrt{\frac{1,496}{3-1}} = 0,865$$

$$\text{Kuat desak karakteristik } (f_c) = 32,233 - (1,64 \times 0,865) = 30,815 \text{ MPa}$$

Beton tulangan jaringan kawat (BTWM)

No	Kode	Kuat Desak (MPa) (f_{ci})	$f_{ci} - f_{cr}$	$(f_{ci} - f_{cr})^2$
7	BTWM-28/3	33,1154	1,4664	2,1503
8	BTWM-28/4	32,3793	0,7304	0,5334
9	BTWM-28/5	29,4522	-2,1967	4,8257
$\Sigma =$		94,9469		7,5094

$$\text{Kuat desak rata-rata } (f_{cr}) = \frac{94,947}{3} = 31,649 \text{ MPa}$$

$$\text{Standar deviasi (sd)} = \sqrt{\frac{7,509}{3-1}} = 1,938$$

$$\text{Kuat desak karakteristik } (f_c) = 31,649 - (1,64 \times 1,938) = 28,471 \text{ MPa}$$

Beton tulangan sengkang dan jaringan kawat (BTSWM)

No	Kode	Kuat Desak (MPa) (f_{ci})	$f_{ci} - f_{cr}$	$(f_{ci} - f_{cr})^2$
10	BTSWM-28/2	33,0984	0,2189	0,0479
11	BTSWM-28/4	32,9115	0,0321	0,0010
12	BTSWM-28/5	32,6285	-0,2510	0,0630
$\Sigma =$		98,6384		0,1120

$$\text{Kuat desak rata-rata } (f_{cr}) = \frac{98,638}{3} = 32,880 \text{ MPa}$$

$$\text{Standar deviasi (sd)} = \sqrt{\frac{0,112}{3-1}} = 0,237$$

$$\text{Kuat desak karakteristik } (f_c) = 32,880 - (1,64 \times 0,237) = 32,491 \text{ MPa}$$

Beton umur 14 hari

Beton normal (BN)

No	Kode	Kuat Desak (MPa) (f_{ci})	$f_{ci} - f_{cr}$	$(f_{ci} - f_{cr})^2$
13	BN-14/1	23,6945	0,0653	0,0043
14	BN-14/2	23,6384	0,0092	0,0001
15	BN-14/3	23,5547	-0,0745	0,0056
$\Sigma =$		70,8875		0,0099

$$\text{Kuat desak rata-rata } (f_{cr}) = \frac{70,888}{3} = 23,629 \text{ MPa}$$

$$\text{Standar deviasi (sd)} = \sqrt{\frac{0,099}{3-1}} = 0,0704$$

$$\text{Kuat desak karakteristik } (f_c) = 23,629 - (1,64 \times 0,00704) = 23,514 \text{ MPa}$$

Beton tulangan sengkang (BTS)

No	Kode	Kuat Desak (MPa) (f_{ci})	$f_{ci} - f_{cr}$	$(f_{ci} - f_{cr})^2$
16	BTS-14/1	23,8188	-0,1227	0,0150
17	BTS-14/2	23,6943	-0,2472	0,0611
18	BTS-14/3	24,3114	0,3699	0,1368
$\Sigma =$		71,8245		0,2130

$$\text{Kuat desak rata-rata } (f_{cr}) = \frac{71,825}{3} = 23,942 \text{ MPa}$$

$$\text{Standar deviasi (sd)} = \sqrt{\frac{0,213}{3-1}} = 0,326$$

$$\text{Kuat desak karakteristik } (f_c) = 23,942 - (1,64 \times 0,326) = 23,406 \text{ MPa}$$

Beton tulangan jaringan kawat (BTWM)

No	Kode	Kuat Desak (MPa) (f_{ci})	$f_{ci} - f_{cr}$	$(f_{ci} - f_{cr})^2$
19	BTWM-14/1	23,8528	0,0113	0,0001
20	BTWM-14/2	23,9264	0,0849	0,0072
21	BTWM-14/3	23,7452	-0,0962	0,0093
$\Sigma =$		71,5244		0,0166

$$\text{Kuat desak rata-rata } (f_{cr}) = \frac{71,524}{3} = 23,842 \text{ MPa}$$

$$\text{Standar deviasi (sd)} = \sqrt{\frac{0,017}{3-1}} = 0,091$$

$$\text{Kuat desak karakteristik } (f_c) = 23,842 - (1,64 \times 0,091) = 23,692 \text{ MPa}$$

Beton tulangan sengkang dan jaringan kawat (BTSWM)

No	Kode	Kuat Desak (MPa) (f_{ci})	$f_{ci} - f_{cr}$	$(f_{ci} - f_{cr})^2$
22	BTSWM-14/1	23,8814	0,2002	0,0401
23	BTSWM-14/2	23,5018	-0,1794	0,0322
24	BTSWM-14/3	23,6603	-0,0209	0,0004
$\Sigma =$		71,0434		0,0727

$$\text{Kuat desak rata-rata } (f_{cr}) = \frac{71,043}{3} = 23,681 \text{ MPa}$$

$$\text{Standar deviasi (sd)} = \sqrt{\frac{0,073}{3-1}} = 0,191$$

$$\text{Kuat desak karakteristik } (f_c) = 23,681 - (1,64 \times 0,191) = 23,368 \text{ MPa}$$

Beton umur 7 hari

Beton normal (BN)

No	Kode	Kuat Desak (MPa) (f_{ci})	$f_{ci} - f_{cr}$	$(f_{ci} - f_{cr})^2$
25	BN-7/1	17,9431	-0,5409	0,2926
26	BN-7/2	18,9837	0,4997	0,2497
27	BN-7/3	18,5251	0,0411	0,0017
$\Sigma =$		55,4519		0,5440

$$\text{Kuat desak rata-rata } (f_{cr}) = \frac{55,452}{3} = 18,484 \text{ MPa}$$

$$\text{Standar deviasi (sd)} = \sqrt{\frac{0,544}{3-1}} = 0,522$$

$$\text{Kuat desak karakteristik } (f_c) = 18,484 - (1,64 \times 0,544) = 17,629 \text{ MPa}$$

Beton tulangan sengkang (BTS)

No	Kode	Kuat Desak (MPa) (f_{ci})	$f_{ci} - f_{cr}$	$(f_{ci} - f_{cr})^2$
28	BTS-7/1	19,1196	-0,0154	0,0002
29	BTS-7/2	19,0884	-0,0466	0,0022
30	BTS-7/3	19,1971	0,0621	0,0039
$\Sigma =$		57,4051		0,0063

$$\text{Kuat desak rata-rata } (f_{cr}) = \frac{57,405}{3} = 19,135 \text{ MPa}$$

$$\text{Standar deviasi (sd)} = \sqrt{\frac{0,0063}{3-1}} = 0,056$$

$$\text{Kuat desak karakteristik } (f_c) = 19,135 - (1,64 \times 0,056) = 19,043 \text{ MPa}$$

Beton tulangan jaringan kawat (BTWM)

No	Kode	Kuat Desak (MPa) (f_{ci})	$f_{ci} - f_{cr}$	$(f_{ci} - f_{cr})^2$
31	BTWM-7/1	18,6667	-0,0264	0,0007
32	BTWM-7/2	18,6892	-0,0038	0,0000
33	BTWM-7/3	18,7233	0,0302	0,0009
$\Sigma =$		56,0792		0,0016

$$\text{Kuat desak rata-rata } (f_{cr}) = \frac{56,079}{3} = 18,693 \text{ MPa}$$

$$\text{Standar deviasi (sd)} = \sqrt{\frac{0,002}{3-1}} = 0,029$$

$$\text{Kuat desak karakteristik } (f_c) = 18,693 - (1,64 \times 0,029) = 18,646 \text{ MPa}$$

Beton tulangan sengkang dan jaringan kawat (BTSWM)

No	Kode	Kuat Desak (MPa) (f_{ci})	$f_{ci} - f_{cr}$	$(f_{ci} - f_{cr})^2$
34	BTSWM-7/1	19,7254	0,0546	0,0030
35	BTSWM-7/2	19,4483	-0,2225	0,0495
36	BTSWM-7/3	19,8386	0,1678	0,0282
$\Sigma =$		59,0124		0,0806

$$\text{Kuat desak rata-rata } (f_{cr}) = \frac{59,012}{3} = 19,671 \text{ MPa}$$

$$\text{Standar deviasi (sd)} = \sqrt{\frac{0,0806}{3-1}} = 0,201$$

$$\text{Kuat desak karakteristik } (f_c) = 19,671 - (1,64 \times 0,201) = 19,342 \text{ MPa}$$

Beton umur 3 hari

Beton normal (BN)

No	Kode	Kuat Desak (MPa) (f_{ci})	$f_{ci} - f_{cr}$	$(f_{ci} - f_{cr})^2$
37	BN-3/1	10,5251	0,0284	0,0008
38	BN-3/2	10,7070	0,2103	0,0442
39	BN-3/3	10,2581	-0,2387	0,0570
$\Sigma =$		31,4903		0,1020

$$\text{Kuat desak rata-rata } (f_{cr}) = \frac{31,490}{3} = 10,497 \text{ MPa}$$

$$\text{Standar deviasi (sd)} = \sqrt{\frac{0,102}{3-1}} = 0,226$$

$$\text{Kuat desak karakteristik } (f_c) = 10,497 - (1,64 \times 0,226) = 10,126 \text{ MPa}$$

Beton tulangan sengkang (BTS)

No	Kode	Kuat Desak (MPa) (f_{ci})	$f_{ci} - f_{cr}$	$(f_{ci} - f_{cr})^2$
40	BTS-3/1	12,7955	0,0208	0,0004
41	BTS-3/2	12,8804	0,1057	0,0112
42	BTS-3/3	12,6483	-0,1264	0,0160
$\Sigma =$		38,3241		0,0276

$$\text{Kuat desak rata-rata } (f_{cr}) = \frac{38,324}{3} = 12,775 \text{ MPa}$$

$$\text{Standar deviasi (sd)} = \sqrt{\frac{0,028}{3-1}} = 0,117$$

$$\text{Kuat desak karakteristik } (f_c) = 12,775 - (1,64 \times 0,117) = 12,582 \text{ MPa}$$

Beton tulangan jaringan kawat (BTWM)

No	Kode	Kuat Desak (MPa) (f_{ci})	$f_{ci} - f_{cr}$	$(f_{ci} - f_{cr})^2$
43	BTWM-3/1	11,9519	-0,0887	0,0079
44	BTWM-3/2	11,6575	-0,3831	0,1468
45	BTWM-3/3	12,5124	0,4718	0,2226
$\Sigma =$		36,1217		0,3772

$$\text{Kuat desak rata-rata } (f_{cr}) = \frac{36,122}{3} = 12,041 \text{ MPa}$$

$$\text{Standar deviasi (sd)} = \sqrt{\frac{0,377}{3-1}} = 0,434$$

$$\text{Kuat desak karakteristik } (f_c) = 12,041 - (1,64 \times 0,377) = 11,328 \text{ MPa}$$

Beton tulangan sengkang dan jaringan kawat (BTSWM)

No	Kode	Kuat Desak (MPa) (f_{ci})	$f_{ci} - f_{cr}$	$(f_{ci} - f_{cr})^2$
46	BTSWM-3/1	13,3730	0,8002	0,6403
47	BTSWM-3/2	12,3935	-0,1793	0,0321
48	BTSWM-3/3	11,9519	-0,6209	0,3855
$\Sigma =$		37,7183		1,0580

$$\text{Kuat desak rata-rata } (f_{cr}) = \frac{37,718}{3} = 12,573 \text{ MPa}$$

$$\text{Standar deviasi (sd)} = \sqrt{\frac{1,058}{3-1}} = 0,727$$

$$\text{Kuat desak karakteristik } (f_c) = 12,573 - (1,64 \times 0,727) = 11,380 \text{ MPa}$$

LAMPIRAN 10

(TEGANGAN-REGANGAN)

UJI TEGANGAN - REGANGAN
 KODE BN-28/1
 PANJANG 150 mm
 DIAMETER 15 cm
 LUAS 176,625 cm²
 BERAT 12,9 kg

NO	BEBAN (P)		ΔL	REGANGAN	TEGANGAN
	kN	kg	10^{-3} mm	(10^{-4})	(kg/cm^2)
1	10	1019,368	5	0,33333	5,77137
2	20	2038,736	10	0,66667	11,54274
3	30	3058,104	14	0,93333	17,31411
4	40	4077,472	16	1,06667	23,08547
5	50	5096,84	24	1,60000	28,85684
6	60	6116,208	27	1,80000	34,62821
7	70	7135,576	31	2,06667	40,39958
8	80	8154,944	37	2,46667	46,17095
9	90	9174,312	41	2,73333	51,94232
10	100	10193,68	47	3,13333	57,71369
11	110	11213,048	52	3,46667	63,48506
12	120	12232,416	57	3,80000	69,25642
13	130	13251,784	63	4,20000	75,02779
14	140	14271,152	67	4,46667	80,79916
15	150	15290,52	75	5,00000	86,57053
16	160	16309,888	82	5,46667	92,34190
17	170	17329,256	87	5,80000	98,11327
18	180	18348,624	95	6,33333	103,88464
19	190	19367,992	101	6,73333	109,65601
20	200	20387,36	108	7,20000	115,42737
21	210	21406,728	111	7,40000	121,19874
22	220	22426,096	121	8,06667	126,97011
23	230	23445,464	125	8,33333	132,74148
24	240	24464,832	131	8,73333	138,51285
25	250	25484,2	140	9,33333	144,28422
26	260	26503,568	146	9,73333	150,05559
27	270	27522,936	154	10,26667	155,82696
28	280	28542,304	161	10,73333	161,59832
29	290	29561,672	170	11,33333	167,36969
30	300	30581,04	179	11,93333	173,14106
31	310	31600,408	187	12,46667	178,91243
32	320	32619,776	192	12,80000	184,68380
33	330	33639,144	200	13,33333	190,45517
34	340	34658,512	207	13,80000	196,22654

35	350	35677,88	219	14,60000	201,99791
36	360	36697,248	226	15,06667	207,76927
37	370	37716,616	235	15,66667	213,54064
38	380	38735,984	245	16,33333	219,31201
39	390	39755,352	255	17,00000	225,08338
40	400	40774,72	265	17,66667	230,85475
41	410	41794,088	275	18,33333	236,62612
42	420	42813,456	285	19,00000	242,39749
43	430	43832,824	295	19,66667	248,16885
44	440	44852,192	305	20,33333	253,94022
45	450	45871,56	318	21,20000	259,71159
46	460	46890,928	330	22,00000	265,48296
47	470	47910,296	345	23,00000	271,25433
48	480	48929,664	360	24,00000	277,02570
49	490	49949,032	380	25,33333	282,79707
50	500	50968,4	391	26,06667	288,56844
51	510	51987,768	407	27,13333	294,33980
52	520	53007,136	424	28,26667	300,11117
53	530	54026,504	440	29,33333	305,88254
54	540	55045,872	464	30,93333	311,65391
55	550	56065,24	484	32,26667	317,42528
56	560	57084,608	502	33,46667	323,19665
57	570	58103,976	510	34,00000	328,96802
58	580	59123,344	519	34,60000	334,73939
59	590	60142,712	530	35,33333	340,51075
60	600	61162,08	542	36,13333	346,28212
61	610	62181,448	560	37,33333	352,05349
62	620	63200,816	580	38,66667	357,82486
63	630	64220,184	640	42,66667	363,59623
64	640	65239,552	691	46,06667	369,36760
65	649,9	66248,72632	829	55,26667	375,08125
66	640	65239,552	948	63,20000	369,36760
67	630	64220,184	1025	68,33333	363,59623
68	620	63200,816	1075	71,66667	357,82486
69	610	62181,448	1110	74,00000	352,05349

UJI **TEGANGAN - REGANGAN**
KODE **BN-28/3**
PANJANG 150 mm
DIAMETER 14,95 cm
LUAS 175,4494625 cm²
BERAT 12,5 kg

NO	BEBAN (P)		ΔL	REGANGAN	TEGANGAN
	kN	kg	10 ⁻³ mm	(10 ⁻⁴)	(kg/cm ²)
1	10	1019,368	5	0,33333	5,81004
2	20	2038,736	10	0,66667	11,62008
3	30	3058,104	14	0,93333	17,43011
4	40	4077,472	20	1,33333	23,24015
5	50	5096,84	30	2,00000	29,05019
6	60	6116,208	35	2,33333	34,86023
7	70	7135,576	37	2,46667	40,67026
8	80	8154,944	45	3,00000	46,48030
9	90	9174,312	50	3,33333	52,29034
10	100	10193,68	55	3,66667	58,10038
11	110	11213,048	61	4,06667	63,91042
12	120	12232,416	67	4,46667	69,72045
13	130	13251,784	73	4,86667	75,53049
14	140	14271,152	80	5,33333	81,34053
15	150	15290,52	85	5,66667	87,15057
16	160	16309,888	90	6,00000	92,96060
17	170	17329,256	97	6,46667	98,77064
18	180	18348,624	105	7,00000	104,58068
19	190	19367,992	110	7,33333	110,39072
20	200	20387,36	119	7,93333	116,20075
21	210	21406,728	125	8,33333	122,01079
22	220	22426,096	130	8,66667	127,82083
23	230	23445,464	135	9,00000	133,63087
24	240	24464,832	140	9,33333	139,44091
25	250	25484,2	145	9,66667	145,25094
26	260	26503,568	155	10,33333	151,06098
27	270	27522,936	160	10,66667	156,87102
28	280	28542,304	167	11,13333	162,68106
29	290	29561,672	174	11,60000	168,49109
30	300	30581,04	180	12,00000	174,30113
31	310	31600,408	189	12,60000	180,11117
32	320	32619,776	195	13,00000	185,92121
33	330	33639,144	204	13,60000	191,73125
34	340	34658,512	213	14,20000	197,54128

35	350	35677,88	220	14,66667	203,35132
36	360	36697,248	230	15,33333	209,16136
37	370	37716,616	241	16,06667	214,97140
38	380	38735,984	251	16,73333	220,78143
39	390	39755,352	260	17,33333	226,59147
40	400	40774,72	272	18,13333	232,40151
41	410	41794,088	284	18,93333	238,21155
42	420	42813,456	296	19,73333	244,02159
43	430	43832,824	309	20,60000	249,83162
44	440	44852,192	321	21,40000	255,64166
45	450	45871,56	335	22,33333	261,45170
46	460	46890,928	345	23,00000	267,26174
47	470	47910,296	360	24,00000	273,07177
48	480	48929,664	375	25,00000	278,88181
49	490	49949,032	395	26,33333	284,69185
50	500	50968,4	415	27,66667	290,50189
51	510	51987,768	440	29,33333	296,31193
52	520	53007,136	480	32,00000	302,12196
53	530	54026,504	505	33,66667	307,93200
54	542,9	55341,48872	535	35,66667	315,42695
55	540	55045,872	573	38,20000	313,74204
56	530	54026,504	615	41,00000	307,93200
57	520	53007,136	669	44,60000	302,12196
58	510	51987,768	720	48,00000	296,31193
59	500	50968,4	749	49,93333	290,50189
60	490	49949,032	770	51,33333	284,69185
61	480	48929,664	790	52,66667	278,88181
62	470	47910,296	810	54,00000	273,07177



UJI **TEGANGAN - REGANGAN**
KODE **BTS-28/1**
PANJANG 150 mm
DIAMETER 15 cm
LUAS 176,625 cm²
BERAT 13,2 kg

NO	BEBAN (P)		ΔL	REGANGAN	TEGANGAN
	kN	kg	10 ⁻³ mm	(10 ⁻⁴)	(kg/cm ²)
1	10	1019,368	5	0,33333	5,77137
2	20	2038,736	10	0,66667	11,54274
3	30	3058,104	15	1,00000	17,31411
4	40	4077,472	20	1,33333	23,08547
5	50	5096,84	26	1,73333	28,85684
6	60	6116,208	31	2,06667	34,62821
7	70	7135,576	36	2,40000	40,39958
8	80	8154,944	44	2,93333	46,17095
9	90	9174,312	50	3,33333	51,94232
10	100	10193,68	55	3,66667	57,71369
11	110	11213,048	64	4,26667	63,48506
12	120	12232,416	71	4,73333	69,25642
13	130	13251,784	79	5,26667	75,02779
14	140	14271,152	85	5,66667	80,79916
15	150	15290,52	92	6,13333	86,57053
16	160	16309,888	99	6,60000	92,34190
17	170	17329,256	105	7,00000	98,11327
18	180	18348,624	110	7,33333	103,88464
19	190	19367,992	120	8,00000	109,65601
20	200	20387,36	125	8,33333	115,42737
21	210	21406,728	130	8,66667	121,19874
22	220	22426,096	135	9,00000	126,97011
23	230	23445,464	141	9,40000	132,74148
24	240	24464,832	145	9,66667	138,51285
25	250	25484,2	151	10,06667	144,28422
26	260	26503,568	160	10,66667	150,05559
27	270	27522,936	166	11,06667	155,82696
28	280	28542,304	171	11,40000	161,59832
29	290	29561,672	180	12,00000	167,36969
30	300	30581,04	190	12,66667	173,14106
31	310	31600,408	201	13,40000	178,91243
32	320	32619,776	205	13,66667	184,68380
33	330	33639,144	215	14,33333	190,45517
34	340	34658,512	221	14,73333	196,22654

35	350	35677,88	222	14,80000	201,99791
36	360	36697,248	230	15,33333	207,76927
37	370	37716,616	245	16,33333	213,54064
38	380	38735,984	251	16,73333	219,31201
39	390	39755,352	259	17,26667	225,08338
40	400	40774,72	265	17,66667	230,85475
41	410	41794,088	276	18,40000	236,62612
42	420	42813,456	289	19,26667	242,39749
43	430	43832,824	300	20,00000	248,16885
44	440	44852,192	315	21,00000	253,94022
45	450	45871,56	322	21,46667	259,71159
46	460	46890,928	345	23,00000	265,48296
47	470	47910,296	359	23,93333	271,25433
48	480	48929,664	375	25,00000	277,02570
49	490	49949,032	394	26,26667	282,79707
50	500	50968,4	418	27,86667	288,56844
51	510	51987,768	436	29,06667	294,33980
52	520	53007,136	459	30,60000	300,11117
53	530	54026,504	500	33,33333	305,88254
54	540	55045,872	558	37,20000	311,65391
55	545	55555,556	635	42,33333	314,53960
56	540	55045,872	660	44,00000	311,65391
57	530	54026,504	710	47,33333	305,88254
58	520	53007,136	718	47,86667	300,11117
59	510	51987,768	729	48,60000	294,33980
60	500	50968,4	734	48,93333	288,56844

UJI **TEGANGAN - REGANGAN**
KODE **BTS-28/3**
PANJANG 150 mm
DIAMETER 15 cm
LUAS 176,625 cm²
BERAT 13,2 kg

NO	BEBAN (P)		ΔL	REGANGAN	TEGANGAN
	kN	kg	10 ⁻³ mm	(10 ⁻⁴)	(kg/cm ²)
1	10	1019,368	3	0,20000	5,77137
2	20	2038,736	7	0,46667	11,54274
3	30	3058,104	13	0,86667	17,31411
4	40	4077,472	18	1,20000	23,08547
5	50	5096,84	24	1,60000	28,85684
6	60	6116,208	29	1,93333	34,62821
7	70	7135,576	34	2,26667	40,39958
8	80	8154,944	39	2,60000	46,17095
9	90	9174,312	44	2,93333	51,94232
10	100	10193,68	50	3,33333	57,71369
11	110	11213,048	54	3,60000	63,48506
12	120	12232,416	61	4,06667	69,25642
13	130	13251,784	66	4,40000	75,02779
14	140	14271,152	73	4,86667	80,79916
15	150	15290,52	80	5,33333	86,57053
16	160	16309,888	86	5,73333	92,34190
17	170	17329,256	94	6,26667	98,11327
18	180	18348,624	103	6,86667	103,88464
19	190	19367,992	109	7,26667	109,65601
20	200	20387,36	118	7,86667	115,42737
21	210	21406,728	126	8,40000	121,19874
22	220	22426,096	139	9,26667	126,97011
23	230	23445,464	150	10,00000	132,74148
24	240	24464,832	162	10,80000	138,51285
25	250	25484,2	175	11,66667	144,28422
26	260	26503,568	190	12,66667	150,05559
27	270	27522,936	204	13,60000	155,82696
28	280	28542,304	220	14,66667	161,59832
29	290	29561,672	235	15,66667	167,36969
30	300	30581,04	249	16,60000	173,14106
31	310	31600,408	264	17,60000	178,91243
32	320	32619,776	279	18,60000	184,68380
33	330	33639,144	295	19,66667	190,45517
34	340	34658,512	310	20,66667	196,22654

35	350	35677,88	329	21,93333	201,99791
36	360	36697,248	350	23,33333	207,76927
37	370	37716,616	370	24,66667	213,54064
38	380	38735,984	392	26,13333	219,31201
39	390	39755,352	415	27,66667	225,08338
40	400	40774,72	445	29,66667	230,85475
41	410	41794,088	480	32,00000	236,62612
42	420	42813,456	505	33,66667	242,39749
43	430	43832,824	560	37,33333	248,16885
44	440	44852,192	630	42,00000	253,94022
45	450	45871,56	720	48,00000	259,71159
46	460	46890,928	820	54,66667	265,48296
47	470	47910,296	910	60,66667	271,25433
48	480	48929,664	1070	71,33333	277,02570
49	490	49949,032	1110	74,00000	282,79707
50	500	50968,4	1230	82,00000	288,56844
51	510	51987,768	1290	86,00000	294,33980
52	520	53007,136	1370	91,33333	300,11117
53	530	54026,504	1395	93,00000	305,88254
54	532,6	54291,53968	1510	100,66667	307,38310
55	530	54026,504	1590	106,00000	305,88254
56	520	53007,136	1685	112,33333	300,11117
57	510	51987,768	1720	114,66667	294,33980
58	500	50968,4	1830	122,00000	288,56844
59	490	49949,032	1950	130,00000	282,79707

UJI TEGANGAN - REGANGAN
 KODE BTSWM-28/1
 PANJANG 150 mm
 DIAMETER 15,025 cm
 LUAS 177,2142406 cm²
 BERAT 13,2 kg

NO	BEBAN (P)		ΔL	REGANGAN	TEGANGAN
	kN	kg	$10^{-3} mm$	(10^{-4})	(kg/cm^2)
1	10	1019,368	5	0,33333	5,75218
2	20	2038,736	10	0,66667	11,50436
3	30	3058,104	12	0,80000	17,25654
4	40	4077,472	25	1,66667	23,00872
5	50	5096,84	29	1,93333	28,76089
6	60	6116,208	34	2,26667	34,51307
7	70	7135,576	37	2,46667	40,26525
8	80	8154,944	45	3,00000	46,01743
9	90	9174,312	51	3,40000	51,76961
10	100	10193,68	57	3,80000	57,52179
11	110	11213,048	65	4,33333	63,27397
12	120	12232,416	72	4,80000	69,02615
13	130	13251,784	80	5,33333	74,77832
14	140	14271,152	89	5,93333	80,53050
15	150	15290,52	97	6,46667	86,28268
16	160	16309,888	105	7,00000	92,03486
17	170	17329,256	115	7,66667	97,78704
18	180	18348,624	123	8,20000	103,53922
19	190	19367,992	133	8,86667	109,29140
20	200	20387,36	144	9,60000	115,04358
21	210	21406,728	157	10,46667	120,79576
22	220	22426,096	167	11,13333	126,54793
23	230	23445,464	170	11,33333	132,30011
24	240	24464,832	185	12,33333	138,05229
25	250	25484,2	200	13,33333	143,80447
26	260	26503,568	220	14,66667	149,55665
27	270	27522,936	239	15,93333	155,30883
28	280	28542,304	260	17,33333	161,06101
29	290	29561,672	280	18,66667	166,81319
30	300	30581,04	305	20,33333	172,56536
31	310	31600,408	330	22,00000	178,31754
32	320	32619,776	360	24,00000	184,06972
33	330	33639,144	380	25,33333	189,82190
34	340	34658,512	410	27,33333	195,57408

35	350	35677,88	450	30,00000	201,32626
36	360	36697,248	499	33,26667	207,07844
37	370	37716,616	520	34,66667	212,83062
38	380	38735,984	560	37,33333	218,58279
39	390	39755,352	605	40,33333	224,33497
40	400	40774,72	670	44,66667	230,08715
41	410	41794,088	760	50,66667	235,83933
42	420	42813,456	860	57,33333	241,59151
43	430	43832,824	920	61,33333	247,34369
44	440	44852,192	1050	70,00000	253,09587
45	450	45871,56	1140	76,00000	258,84805
46	460	46890,928	1360	90,66667	264,60023
47	470	47910,296	1400	93,33333	270,35240
48	480	48929,664	1520	101,33333	276,10458
49	490	49949,032	1680	112,00000	281,85676
50	500	50968,4	1810	120,66667	287,60894
51	510	51987,768	2045	136,33333	293,36112
52	520	53007,136	2080	138,66667	299,11330
53	530	54026,504	2130	142,00000	304,86548
54	540	55045,872	2198	146,53333	310,61766
55	550	56065,24	2240	149,33333	316,36983
56	552,7	56340,46936	2278	151,86667	317,92292
57	550	56065,24	2368	157,86667	316,36983
58	540	55045,872	2436	162,40000	310,61766
59	530	54026,504	2498	166,53333	304,86548
60	520	53007,136	2576	171,73333	299,11330
61	510	51987,768	2627	175,13333	293,3611194

UJI TEGANGAN - REGANGAN
 KODE BT SWM-28/3
 PANJANG 150 mm
 DIAMETER 15 cm
 LUAS 176,625 cm²
 BERAT 13,3 kg

NO	BEBAN (P)		ΔL	REGANGAN	TEGANGAN
	kN	kg	10 ⁻³ mm	(10 ⁻⁴)	(kg/cm ²)
1	10	1019,368	4	0,26667	5,77137
2	20	2038,736	9	0,60000	11,54274
3	30	3058,104	14	0,93333	17,31411
4	40	4077,472	21	1,40000	23,08547
5	50	5096,84	26	1,73333	28,85684
6	60	6116,208	35	2,33333	34,62821
7	70	7135,576	41	2,73333	40,39958
8	80	8154,944	49	3,26667	46,17095
9	90	9174,312	55	3,66667	51,94232
10	100	10193,68	64	4,26667	57,71369
11	110	11213,048	73	4,86667	63,48506
12	120	12232,416	81	5,40000	69,25642
13	130	13251,784	89	5,93333	75,02779
14	140	14271,152	90	6,00000	80,79916
15	150	15290,52	91	6,06667	86,57053
16	160	16309,888	93	6,20000	92,34190
17	170	17329,256	99	6,60000	98,11327
18	180	18348,624	107	7,13333	103,88464
19	190	19367,992	115	7,66667	109,65601
20	200	20387,36	125	8,33333	115,42737
21	210	21406,728	135	9,00000	121,19874
22	220	22426,096	145	9,66667	126,97011
23	230	23445,464	156	10,40000	132,74148
24	240	24464,832	167	11,13333	138,51285
25	250	25484,2	181	12,06667	144,28422
26	260	26503,568	195	13,00000	150,05559
27	270	27522,936	210	14,00000	155,82696
28	280	28542,304	310	20,66667	161,59832
29	290	29561,672	320	21,33333	167,36969
30	300	30581,04	335	22,33333	173,14106
31	310	31600,408	350	23,33333	178,91243
32	320	32619,776	365	24,33333	184,68380
33	330	33639,144	382	25,46667	190,45517
34	340	34658,512	403	26,86667	196,22654

35	350	35677,88	424	28,26667	201,99791
36	360	36697,248	450	30,00000	207,76927
37	370	37716,616	455	30,33333	213,54064
38	380	38735,984	475	31,66667	219,31201
39	390	39755,352	501	33,40000	225,08338
40	400	40774,72	524	34,93333	230,85475
41	410	41794,088	550	36,66667	236,62612
42	420	42813,456	580	38,66667	242,39749
43	430	43832,824	610	40,66667	248,16885
44	440	44852,192	620	41,33333	253,94022
45	450	45871,56	660	44,00000	259,71159
46	460	46890,928	705	47,00000	265,48296
47	470	47910,296	760	50,66667	271,25433
48	480	48929,664	815	54,33333	277,02570
49	490	49949,032	890	59,33333	282,79707
50	500	50968,4	990	66,00000	288,56844
51	510	51987,768	1090	72,66667	294,33980
52	520	53007,136	1120	74,66667	300,11117
53	529,4	53965,34192	1345	89,66667	305,53626
54	520	53007,136	1350	90,00000	300,11117
55	510	51987,768	1450	96,66667	294,33980
56	500	50968,4	1460	97,33333	288,56844
57	490	49949,032	1560	104,00000	282,79707
58	480	48929,664	1660	110,66667	277,02570
59	470	47910,296	1810	120,66667	271,25433

UJI TEGANGAN - REGANGAN
 KODE BTWM-28/1
 PANJANG 150 mm
 DIAMETER 15 cm
 LUAS 176,625 cm²
 BERAT 12,9 kg

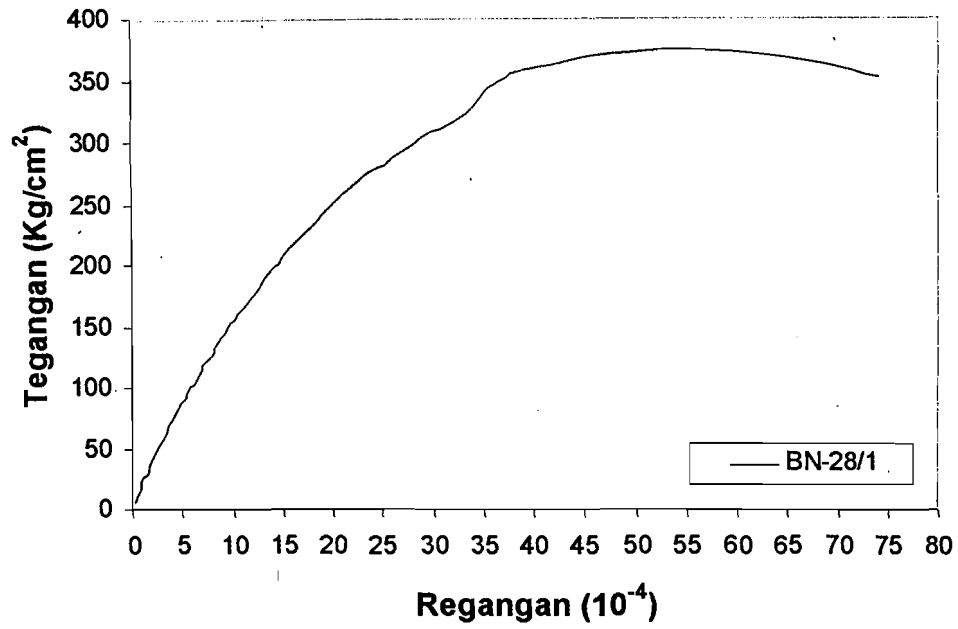
NO	BEBAN (P)		ΔL	REGANGAN	TEGANGAN
	kN	kg	10 ⁻³ mm	(10 ⁻⁴)	(kg/cm ²)
1	10	1019,368	5	0,33333	5,77137
2	20	2038,736	10	0,66667	11,54274
3	30	3058,104	16	1,06667	17,31411
4	40	4077,472	22	1,46667	23,08547
5	50	5096,84	28	1,86667	28,85684
6	60	6116,208	31	2,06667	34,62821
7	70	7135,576	36	2,40000	40,39958
8	80	8154,944	41	2,73333	46,17095
9	90	9174,312	46	3,06667	51,94232
10	100	10193,68	52	3,46667	57,71369
11	110	11213,048	58	3,86667	63,48506
12	120	12232,416	65	4,33333	69,25642
13	130	13251,784	71	4,73333	75,02779
14	140	14271,152	76	5,06667	80,79916
15	150	15290,52	84	5,60000	86,57053
16	160	16309,888	90	6,00000	92,34190
17	170	17329,256	96	6,40000	98,11327
18	180	18348,624	104	6,93333	103,88464
19	190	19367,992	110	7,33333	109,65601
20	200	20387,36	118	7,86667	115,42737
21	210	21406,728	125	8,33333	121,19874
22	220	22426,096	132	8,80000	126,97011
23	230	23445,464	141	9,40000	132,74148
24	240	24464,832	150	10,00000	138,51285
25	250	25484,2	160	10,66667	144,28422
26	260	26503,568	170	11,33333	150,05559
27	270	27522,936	181	12,06667	155,82696
28	280	28542,304	192	12,80000	161,59832
29	290	29561,672	203	13,53333	167,36969
30	300	30581,04	215	14,33333	173,14106
31	310	31600,408	226	15,06667	178,91243
32	320	32619,776	240	16,00000	184,68380
33	330	33639,144	255	17,00000	190,45517
34	340	34658,512	270	18,00000	196,22654

35	350	35677,88	285	19,00000	201,99791
36	360	36697,248	302	20,13333	207,76927
37	370	37716,616	320	21,33333	213,54064
38	380	38735,984	340	22,66667	219,31201
39	390	39755,352	361	24,06667	225,08338
40	400	40774,72	385	25,66667	230,85475
41	410	41794,088	410	27,33333	236,62612
42	420	42813,456	438	29,20000	242,39749
43	430	43832,824	470	31,33333	248,16885
44	440	44852,192	500	33,33333	253,94022
45	450	45871,56	580	38,66667	259,71159
46	460	46890,928	620	41,33333	265,48296
47	470	47910,296	675	45,00000	271,25433
48	477,4	48664,62832	805	53,66667	275,52514
49	470	47910,296	890	59,33333	271,25433
50	460	46890,928	1015	67,66667	265,48296
51	450	45871,56	1050	70,00000	259,71159
52	440	44852,192	1120	74,66667	253,94022
53	430	43832,824	1190	79,33333	248,16885
54	420	42813,456	1220	81,33333	242,39749

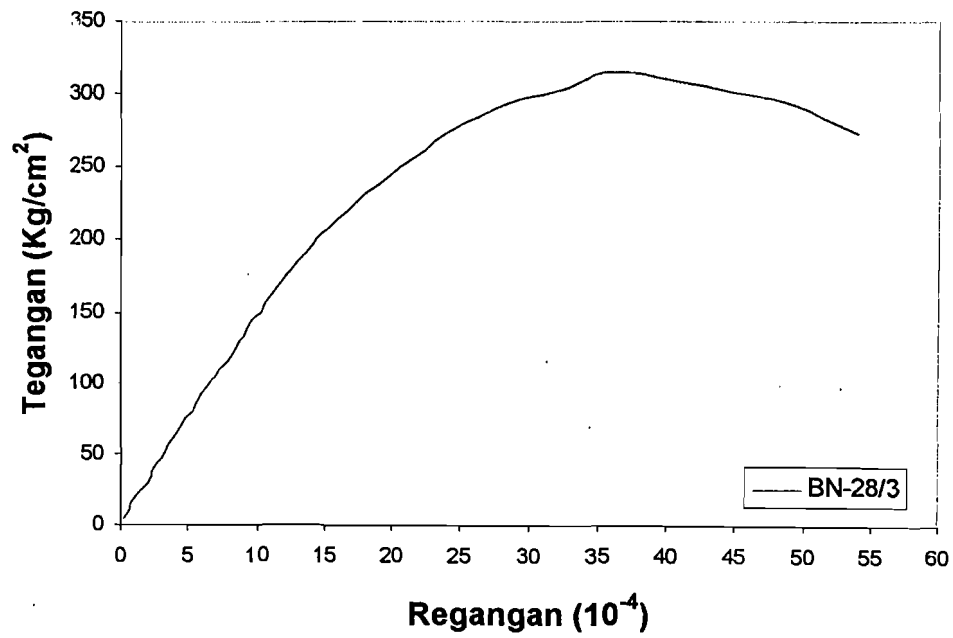
UJI TEGANGAN - REGANGAN
 KODE BTWM-28/3
 PANJANG 150 mm
 DIAMETER 15,1 cm
 LUAS 178,98785 cm²
 BERAT 13,2 kg

NO	BEBAN (P)		ΔL	REGANGAN	TEGANGAN
	kN	kg	10 ⁻³ mm	(10 ⁻⁴)	(kg/cm ²)
1	10	1019,368	6	0,40000	5,69518
2	20	2038,736	12	0,80000	11,39036
3	30	3058,104	18	1,20000	17,08554
4	40	4077,472	25	1,66667	22,78072
5	50	5096,84	31	2,06667	28,47590
6	60	6116,208	40	2,66667	34,17108
7	70	7135,576	46	3,06667	39,86626
8	80	8154,944	56	3,73333	45,56144
9	90	9174,312	60	4,00000	51,25662
10	100	10193,68	65	4,33333	56,95180
11	110	11213,048	74	4,93333	62,64698
12	120	12232,416	80	5,33333	68,34216
13	130	13251,784	86	5,73333	74,03734
14	140	14271,152	94	6,26667	79,73252
15	150	15290,52	102	6,80000	85,42770
16	160	16309,888	110	7,33333	91,12288
17	170	17329,256	116	7,73333	96,81806
18	180	18348,624	125	8,33333	102,51324
19	190	19367,992	134	8,93333	108,20842
20	200	20387,36	141	9,40000	113,90360
21	210	21406,728	151	10,06667	119,59878
22	220	22426,096	159	10,60000	125,29396
23	230	23445,464	163	10,86667	130,98914
24	240	24464,832	177	11,80000	136,68432
25	250	25484,2	186	12,40000	142,37950
26	260	26503,568	198	13,20000	148,07468
27	270	27522,936	207	13,80000	153,76986
28	280	28542,304	221	14,73333	159,46504
29	290	29561,672	235	15,66667	165,16022
30	300	30581,04	245	16,33333	170,85540
31	310	31600,408	261	17,40000	176,55058
32	320	32619,776	275	18,33333	182,24576
33	330	33639,144	290	19,33333	187,94094
34	340	34658,512	305	20,33333	193,63612

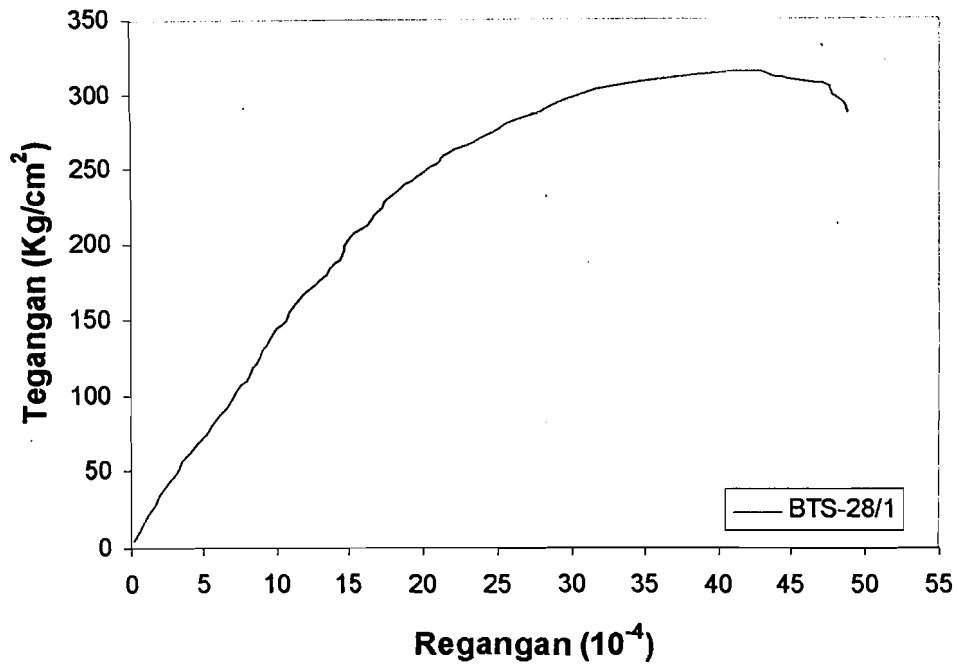
35	350	35677,88	324	21,60000	199,33130
36	360	36697,248	338	22,53333	205,02648
37	370	37716,616	358	23,86667	210,72166
38	380	38735,984	380	25,33333	216,41683
39	390	39755,352	405	27,00000	222,11201
40	400	40774,72	430	28,66667	227,80719
41	410	41794,088	460	30,66667	233,50237
42	420	42813,456	490	32,66667	239,19755
43	430	43832,824	552	36,80000	244,89273
44	440	44852,192	565	37,66667	250,58791
45	450	45871,56	618	41,20000	256,28309
46	460	46890,928	830	55,33333	261,97827
47	466,8	47584,09824	900	60,00000	265,85100
48	460	46890,928	990	66,00000	261,97827
49	450	45871,56	1080	72,00000	256,28309
50	440	44852,192	1120	74,66667	250,58791
51	430	43832,824	1135	75,66667	244,89273
52	420	42813,456	1170	78,00000	239,19755
53	410	41794,088	1185	79,00000	233,50237



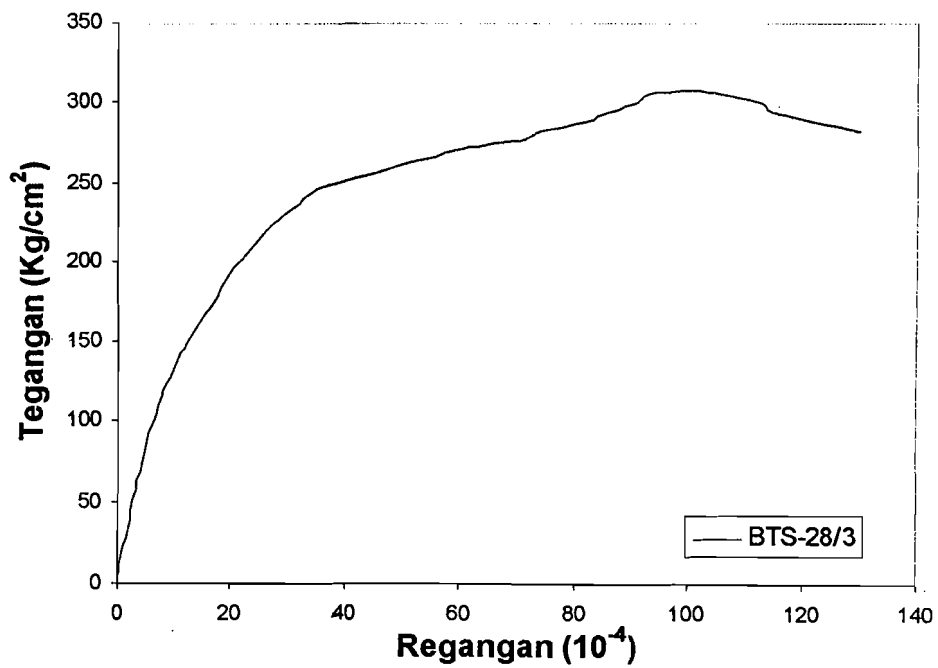
Gambar Tegangan-regangan BN-28/1



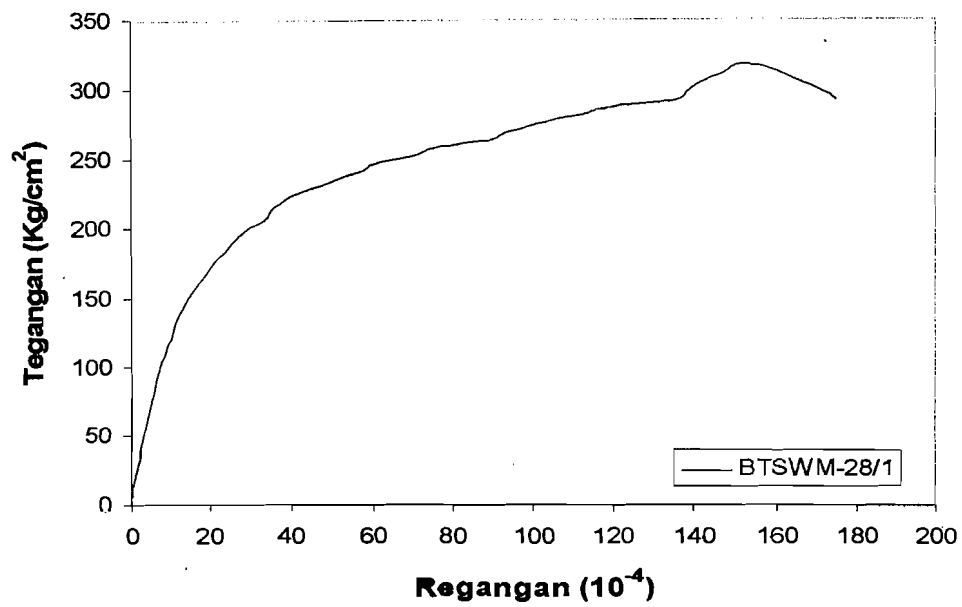
Gambar Tegangan-regangan BN-28/3



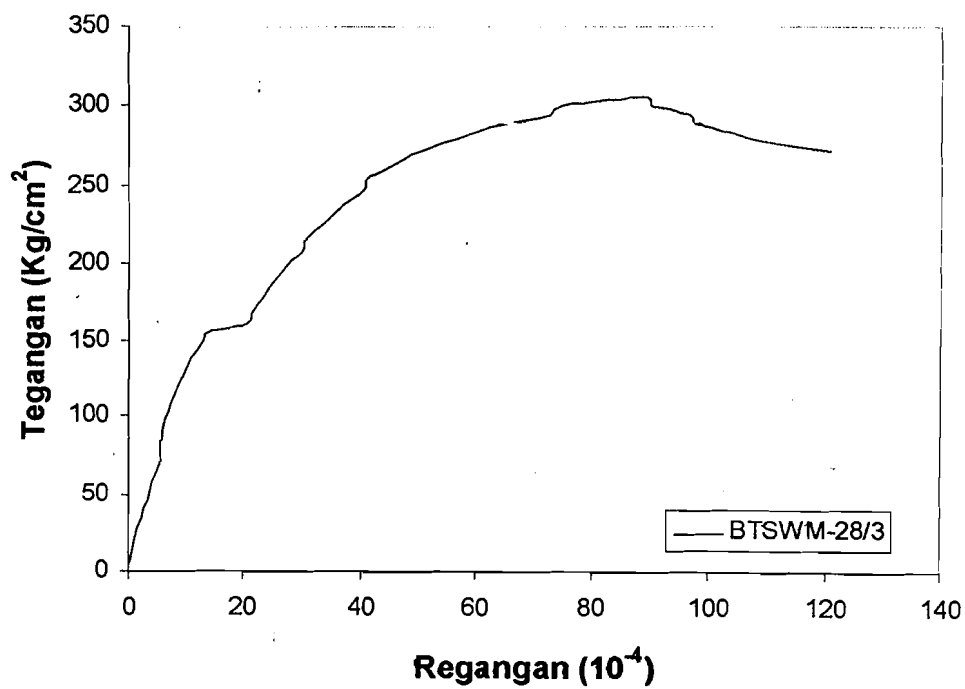
Gambar Tegangan-regangan BTS-28/1



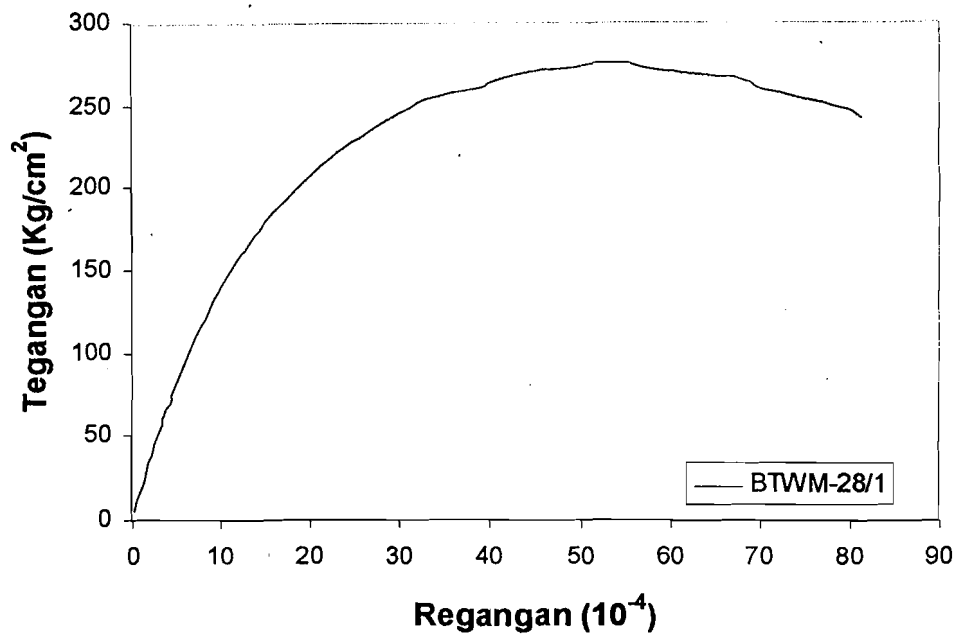
Gambar Tegangan-regangan BTS-28/3



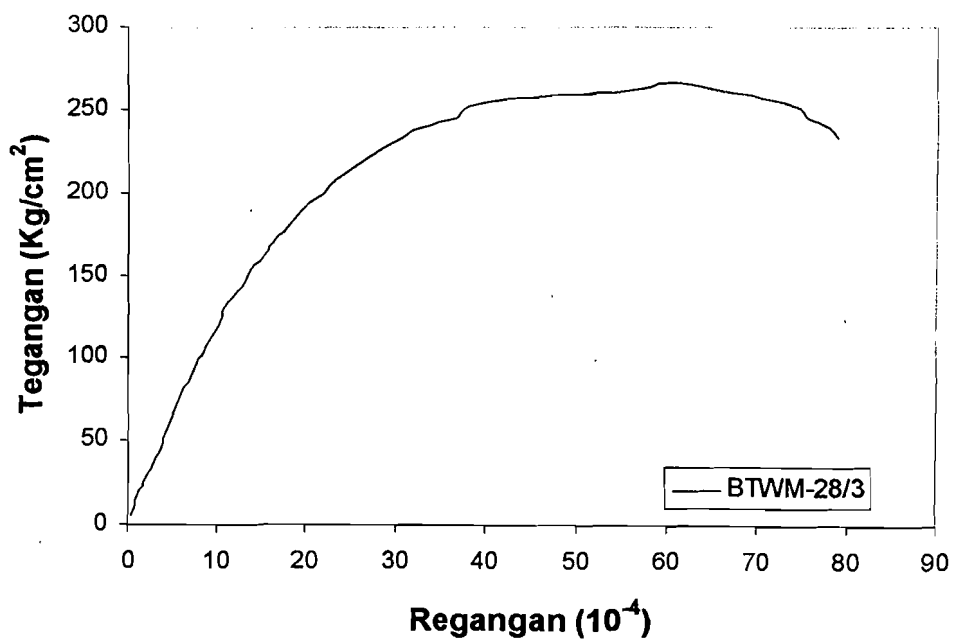
Gambar Tegangan-regangan BTSWM-28/1



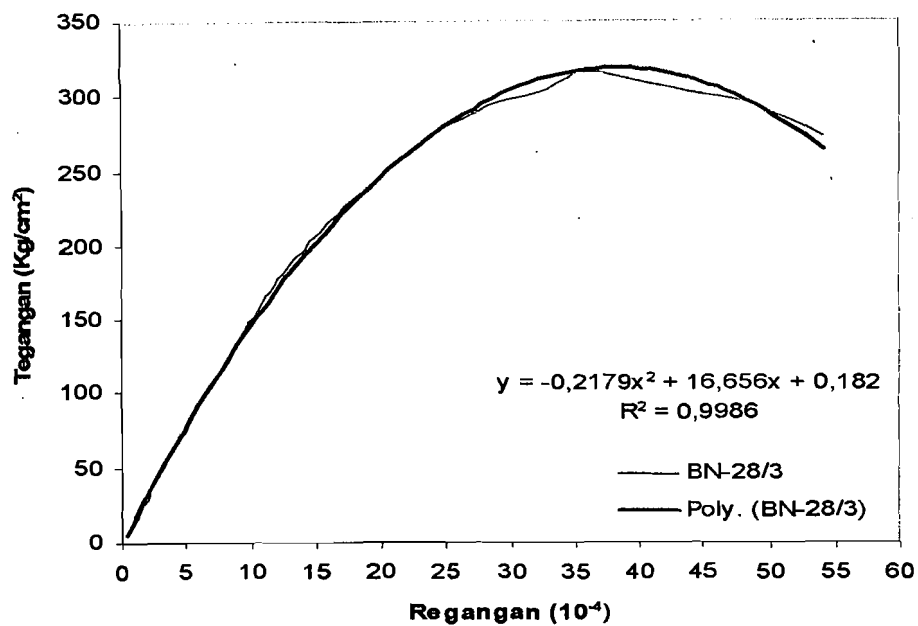
Gambar Tegangan-regangan BTSWM-28/3



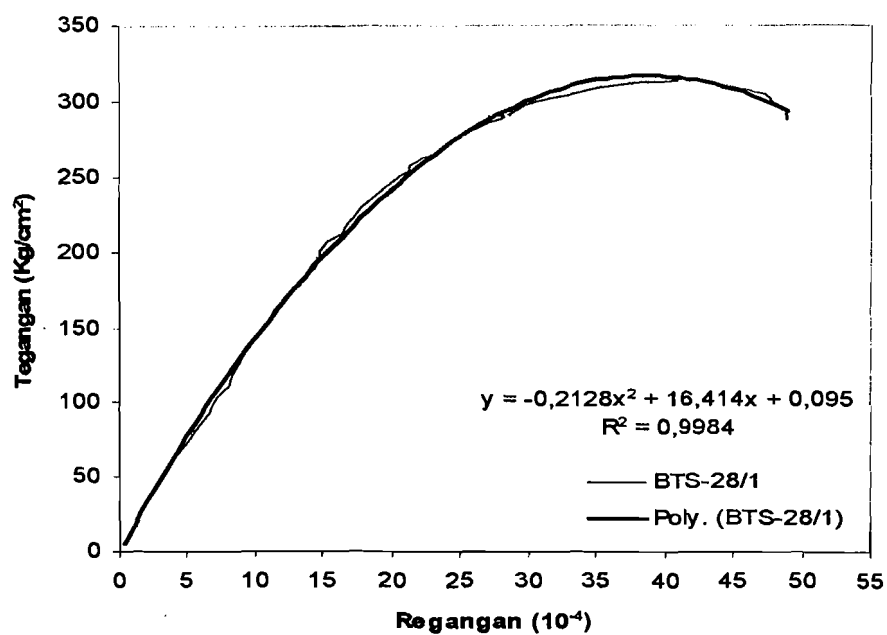
Gambar Tegangan-regangan BTWM-28/1



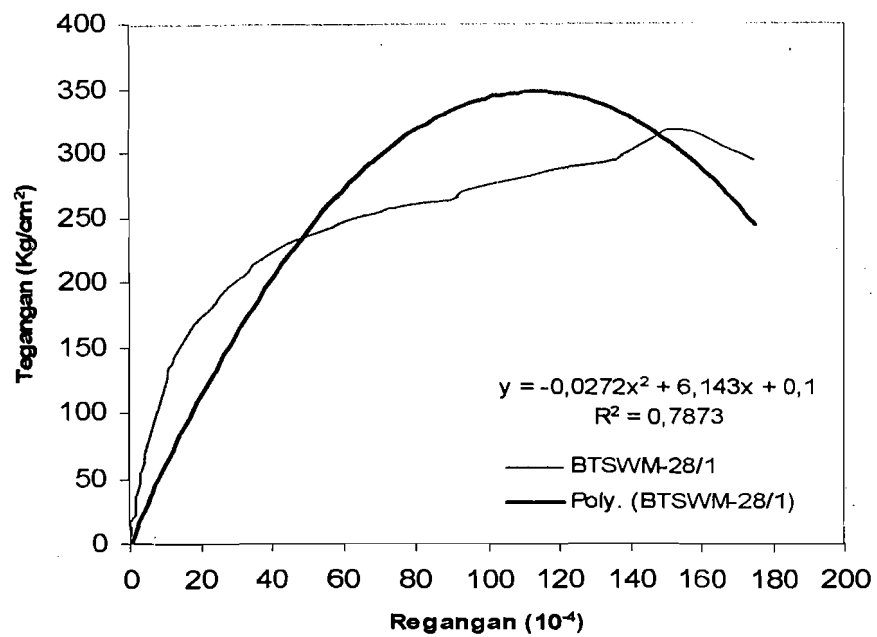
Gambar Tegangan-regangan BTWM-28/3



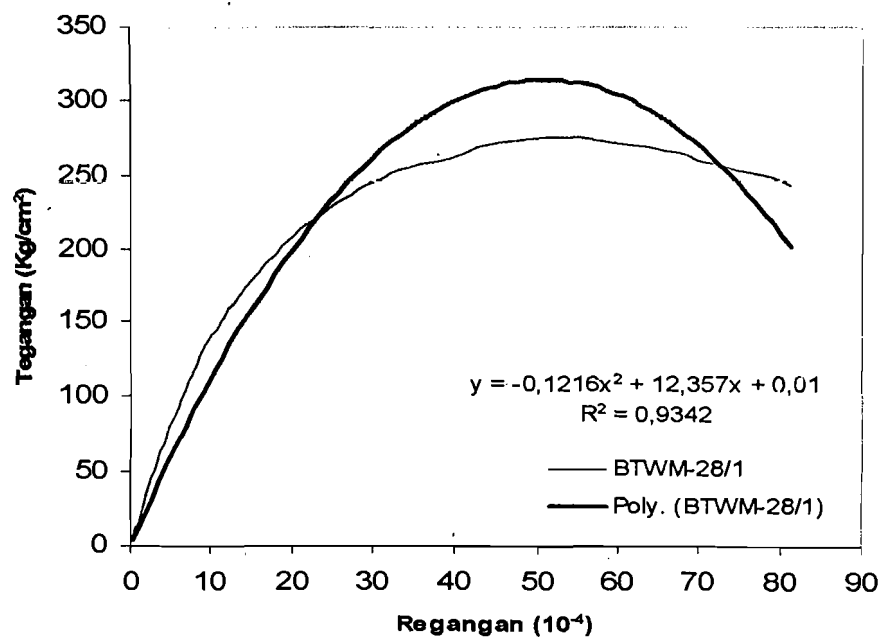
Gambar Tegangan-regangan BN-28/3 setelah diregresi



Gambar Tegangan-regangan BTS-28/1 setelah diregresi



Gambar Tegangan-regangan BTSWM-28/1 setelah diregresi



Gambar Tegangan-regangan BTWM-28/1 setelah diregresi

LAMPIRAN 11

(MODULUS ELASTISITAS,
MODULUS KENYAL DAN
KEKAKUAN)

Mudulus elastisitas, modulus kenyal dan kekakuan beton terkekang

Variasi	Satuan	BN	BTS	BTSWM	BTWM
σ maks	(kg/cm ²)	318,47	316,61	346,94	313,94
0.4 σ maks	(kg/cm ²)	127,39	126,64	138,78	125,58
σ 0.2	(kg/cm ²)	113,08	112,53	123,17	111,41
ϵ maks	(10 ⁻⁴)	38,20	38,60	112,90	50,80
ϵ	(10 ⁻⁴)	8,61	8,69	25,44	11,45
ϵ 0.2 %	(10 ⁻⁴)	7,64	7,72	22,58	10,16
Modulus elastisitas (Ec)	(kg/cm ²)	148015,44	145759,76	54549,44	109652,65
	(MPa)	14520,31	14299,03	5351,30	10756,92
Modulus kenyal (Ek)	(kg/cm ²)	0,055	0,055	0,177	0,072
Beban (P)	(kg)	19973,43	19875,00	21827,95	19677,28
ΔL (10 ⁻³)	(mm)	114,60	115,80	338,70	152,40
Kekakuan (K)	(kg/cm)	1742881,78	1716321,16	644462,56	1291159,91

LAMPIRAN 12

(KUAT TARIK BETON
TERKEKANG)

Kuat tarik beton terkekang

Beton normal (BN)

NO	KODE	Panjang	Diameter	Berat	Luas	Volume	Kuat tarik	Berat volume	Kuat tarik
		mm	mm	Kg	mm ²	mm ³	Kn	t/m ³	MPa
1	BN-28/5	304,70	151,20	12,90	17946,23	5468216,40	269,70	2,3591	3,73
2	BN-28/6	301,20	149,70	12,50	17591,92	5298686,50	190,70	2,3591	2,69
3	BN-28/7	301,20	150,10	12,50	17686,06	5327040,62	223,30	2,3465	3,15
									3,19

Beton tulangan sengkang (BTS)

NO	KODE	Panjang	Diameter	Berat	Luas	Volume	Kuat tarik	Berat volume	Kuat tarik
		mm		Kg	mm ²	mm ³	Kn	t/m ³	MPa
4	BTS-28/6	301,00	150,00	13,20	17662,50	5316412,50	295,60	2,4829	4,17
5	BTS-28/7	300,75	150,00	13,00	17662,50	5311996,88	315,60	2,4473	4,46
6	BTS-28/8	300,30	150,75	13,40	17839,57	5357221,84	330,30	2,5013	4,65
									4,42

NO	KODE	Panjang	Diameter	Berat	Luas	Volume	Kuat tarik	Berat volume	Kuat tarik
		mm	mm	Kg	mm ²	mm ³	Kn	t/m ³	MPa
7	BTWM-28/6	302,00	150,00	12,90	17662,50	5334075,00	218,70	2,4184	3,08
8	BTWM-28/7	300,50	150,00	12,90	17662,50	5307581,25	227,30	2,4305	3,21
9	BTWM-28/8	302,00	150,50	12,90	17780,45	5369694,77	254,30	2,4024	3,56
									3,28

NO	KODE	Panjang	Diameter	Berat	Luas	Volume	Kuat tarik	Berat volume	Kuat tarik
		mm	mm	Kg	mm ²	mm ³	Kn	t/m ³	MPa
10	BTSWM-28/6	301,25	150,00	13,00	17662,50	5320828,13	231,10	2,4432	3,26
11	BTSWM-28/7	300,00	150,25	12,50	17721,42	5316427,22	272,50	2,3512	3,85
12	BTSWM-28/8	300,00	149,50	13,00	17544,95	5263483,88	252,10	2,4698	3,58
									3,56

LAMPIRAN 13

(DOKUMENTASI)



Proses pengadukan benda uji



Proses pengadukan benda uji



Proses pengujian slump

Proses pembuatan benda uji



Pengujian slamp

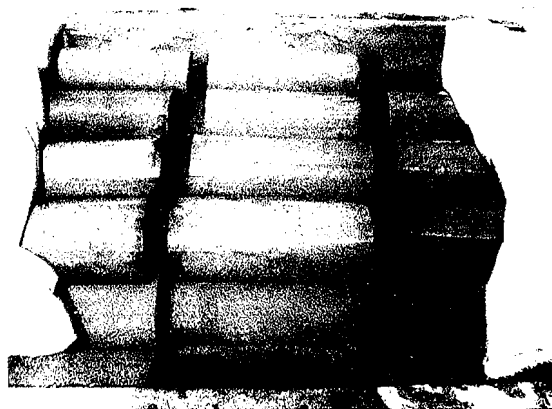


Proses pengujian slamp

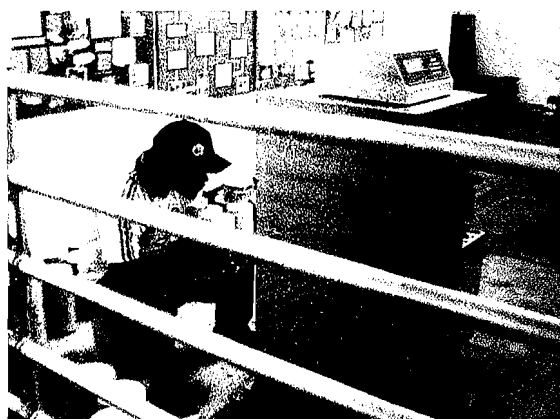




Proses akhir pembuatan benda uji



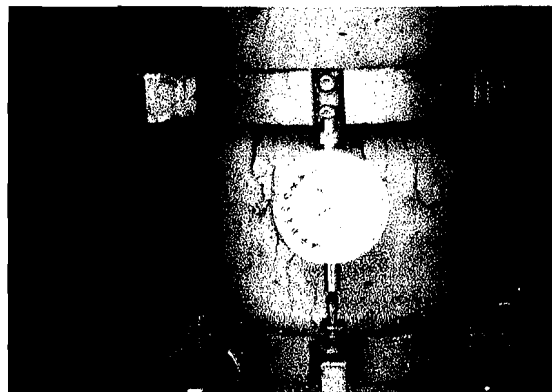
Proses perawatan benda uji



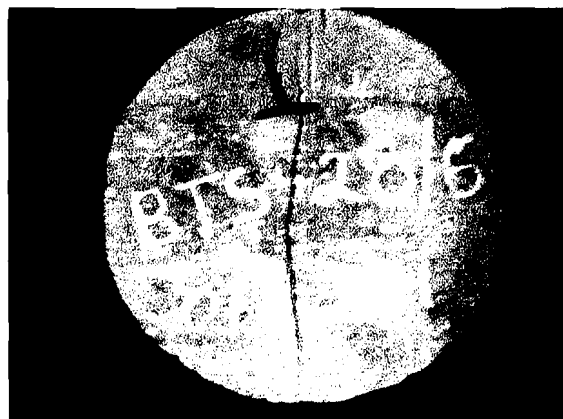
Proses pengujian benda uji



Proses pengujian Tegangan Regangan

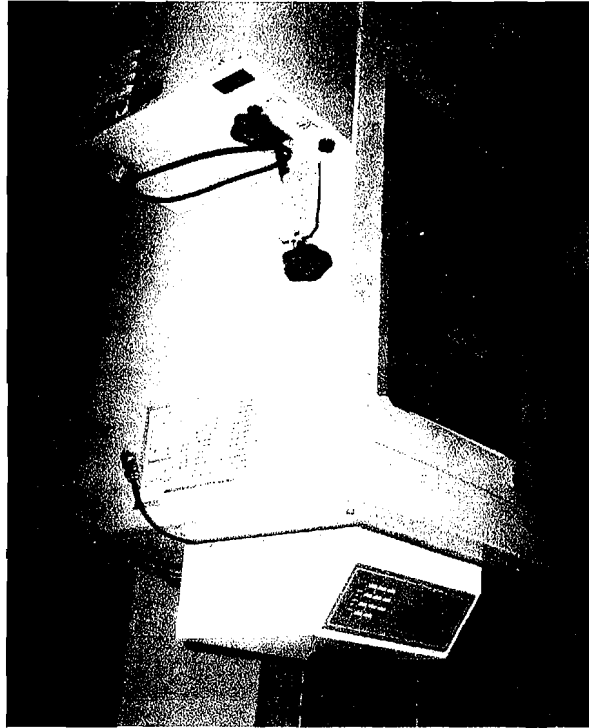


Pengujian Tegangan Regangan Beton



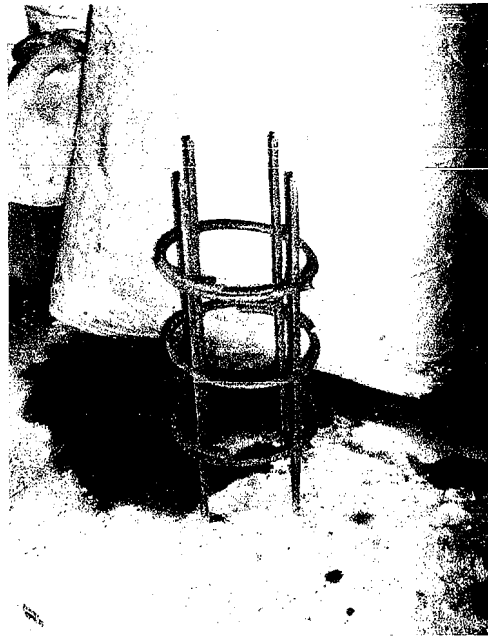
Pengujian Tarik Beton

Mesin uji Tekan Beton

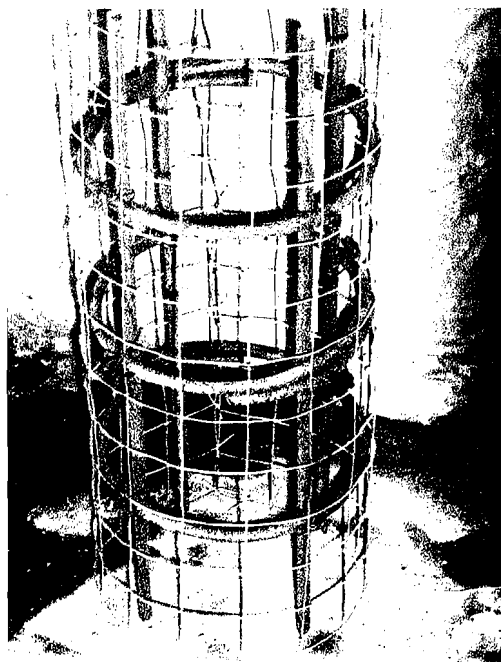


Benda uji setelah pengujian

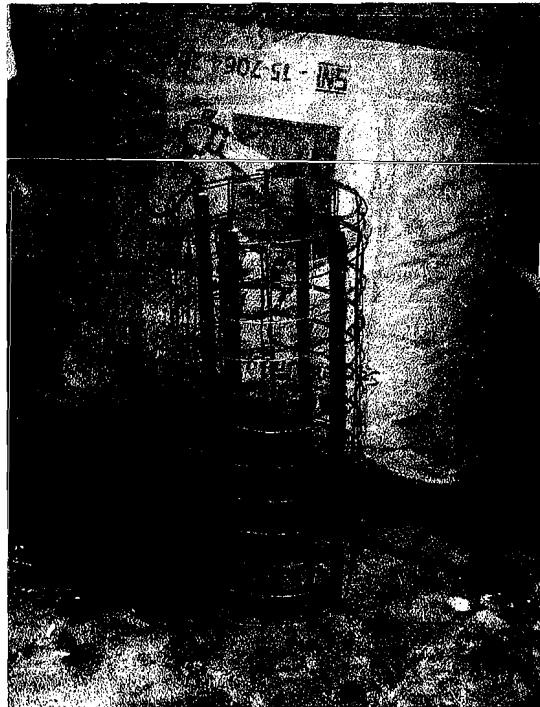




Tulangan pengekan sengkang



Tulangan pengekan sengkang dan jaringan kawat



Tulangan pengekang jaringan kawat