

**TUGAS AKHIR
PENELITIAN LABORATORIUM**

**BETON KAWAT AYAM SEBAGAI
ALTERNATIF DINDING**



MILIK PERPUSTAKAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UII YOGYA

Penulis :

IRFIN LUBIS

No. Mhs. : 88 310 094

N I R M : 885014330086

EDI INDRAYANI

No. Mhs. : 86 310 224

N I R M : 865014330203

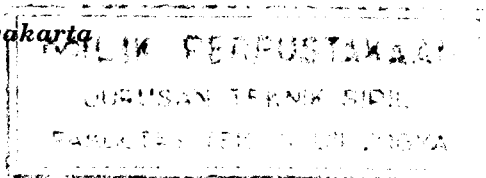
**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

1995

TUGAS AKHIR
PENELITIAN LABORATORIUM
BETON KAWAT AYAM SEBAGAI
ALTERNATIF DINDING

*Diajukan Guna Melengkapi Persyaratan Untuk Memperoleh
Derajat Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Islam Indonesia*

Yogyakarta



Penulis :

IRFIN LUBIS

No. Mhs. : 88 310 094
N I R M : 885014330086

EDI INDRAYANI

No. Mhs. : 86 310 224
N I R M : 865014330203

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

1995



ABSTRAKSI

Perumahan pada umumnya dibangun dengan menggunakan struktur beton bertulang dan pasangan batu bata sebagai dindingnya. Hal ini dikarenakan bahan alternatif dinding pengganti batu bata belum ditemukan.

Batako yang diharapkan sebagai dinding pengganti batu bata belum banyak digunakan, karena masyarakat masih beranggapan bahwa batako yang ketebalannya lebih tipis dibanding dinding batu bata identik dengan perumahan murah.

Beton kawat ayam adalah campuran antara semen portland, agregat kasar, agregat halus, dan air dengan menggunakan kawat ayam sebagai tulangan yang diletakkan ditengahnya.

Dari hasil penelitian, diperoleh bahwa beton kawat ayam jenis III memberikan hasil yang terbaik, karena dapat menahan momen lentur paling besar. Pada pengujian kuat lentur dilakukan hingga beban maksimum, tetapi benda uji tersebut tidak mengalami keruntuhan. Hal ini disebabkan beton masih ditahan oleh tulangan kawat ayam. Pada penelitian ini juga dicoba beton genteng kawat ayam, dengan hasil pengujian $\pm 50\%$ dibawah beton kawat ayam.

Dengan demikian beton kawat ayam dan beton genteng kawat ayam dapat digunakan sebagai alternatif pengganti dinding batu bata pada perumahan.

PRAKATA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur Alhamdulillah hanya bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, hingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul, "BETON KAWAT AYAM SEBAGAI ALTERNATIF DINDING".

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh derajat Kesarjanaan Teknik Sipil pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dengan selesainya Tugas Akhir ini, yang sudah tentu tidak terlepas dari berbagai pihak yang telah memberikan bimbingan, bantuan serta saran, maka dalam kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Susastrawan, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta dan selaku Dosen Pembimbing I.
2. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
3. Bapak Ir. A. Kadir Aboe, MS, selaku Dosen Pembimbing II.
4. Bapak Pimpinan beserta segenap karyawan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
5. Seluruh staf pengajar di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
6. Seluruh karyawan dan rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

7. Papa dan Mama, kakak serta adik-adik tercinta yang telah memberikan bantuan moril maupun spirituil sehingga terwujudnya laporan Tugas Akhir ini.
8. Semua pihak yang telah membantu hingga selesainya Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, karena keterbatasan kemampuan penulis. Walaupun demikian penulis telah berusaha melakukan yang terbaik. Untuk itu dengan hati terbuka penulis menerima saran serta kritik yang membangun sebagai koreksi untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Semoga buah dari bimbingan, dorongan moril, bantuan dan kerja sama ini mendapat berkat dan rahmat dari Allah SWT.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi mahasiswa Teknik Sipil pada khususnya dan para pembaca pada umumnya.

Wabillahitaufiq Walhidayah,

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

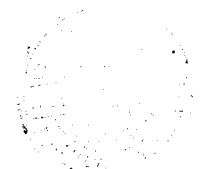
Yogyakarta, Oktober 1995

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	2
1.3. Rumusan dan Batasan Masalah.....	2
1.4. Metodologi Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Dinding	4
2.2. Beton.....	4
2.3. Material Penyusun Beton.....	5

2.3.1. Semen.....	5
2.3.2. Agregat.....	7
1. Ukuran maksimum butiran.....	9
2. Gradasi	10
3. Bentuk butiran	10
4. Kebersihan	12
5. Kekerasan	13
6. Tekstur permukaan butiran	14
7. Berat jenis	15
8. Kadar air	16
9. Berat satuan	17
2.3.3. Air	17
2.4. Kekentalan	19
2.5. Perencanaan Campuran.....	20
2.6. Kuat Tekan	27
2.7. Kuat Lentur	30
BAB III. PELAKSANAAN dan HASIL PENELITIAN.....	33
3.1. Umum.....	33
3.2. Persiapan Material.....	33



3.2.1. Pemeriksaan agregat halus.....	34
1. Pemeriksaan Kadar Lumpur.....	34
2. Analisa saringan dan Modulus kehalusan.....	34
3. Pemeriksaan berat jenis.....	34
3.2.2. Pemeriksaan agregat kasar.....	35
1. Analisa saringan.....	35
2. Pemeriksaan berat jenis.....	35
3.2.3. Kawat.....	35
3.3. Rencana Campuran Beton.....	36
3.4. Pembuatan dan Perawatan Benda Uji.....	40
3.5. Pengujian Kuat Lentur.....	41
3.6. Pengujian Kuat Tekan.....	43
3.7. Pengujian Kuat Tarik Kawat.....	48
BAB IV. PEMBAHASAN	49
4.1. Umum.....	49
4.2. Kuat Lentur.....	49
4.3. Momen Lentur.....	50
4.4. Perbandingan Momen Lentur Cara Analisis Dengan Hasil Pengujian.....	51
4.5. Perbandingan Kuat Tekan Yang Direncanakan Dengan Hasil Pengujian	54

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	57
5.1. Kesimpulan.....	57
5.2. Saran.....	58

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Susunan unsur semen	6
Tabel 2.2	Senyawa yang terdapat pada semen portland	6
Tabel 2.3.	Nilai deviasi standar	22
Tabel 2.4.	Faktor kekompakan butiran (faktor “granulair”)	23
Tabel 2.5.	Harga-harga K, Ks, Kp	26
Tabel 2.6.	Harga-harga koefisien kekompakan γ	27
Tabel 2.7.	Konversi kuat tekan beton dari bentuk kubus ke bentuk silinder	29
Tabel 3.1.	Beban lentur benda uji beton kawat ayam	42
Tabel 3.2.	Beban lentur benda uji beton genteng kawat ayam	42
Tabel 3.3.	Momen lentur beton kawat ayam berdasarkan hasil pengujian	43
Tabel 3.4.	Momen lentur beton genteng kawat ayam berdasarkan hasil pengujian	43
Tabel 3.5.	Beban tekan beton kawat ayam	44
Tabel 3.6.	Beban tekan beton genteng kawat ayam	45
Tabel 3.7.	Kuat tekan beton kawat ayam	45
Tabel 3.8.	Kuat tekan beton genteng kawat ayam	46
Tabel 3.9.	Kuat tekan rata-rata beton kawat ayam hasil pengujian	46
Tabel 3.10.	Kuat tekan rata-rata beton genteng kawat ayam hasil pengujian	46
Tabel 3.11.	Beban tekan maksimum kubus kerikil.....	47
Tabel 3.12.	Beban tekan maksimum kubus genteng	47
Tabel 3.13.	Kuat tekan kubus kerikil	47
Tabel 3.14.	Kuat tekan kubus genteng	47
Tabel 3.15.	Beban maksimum pengujian tarik kawat.....	48
Tabel 3.16.	Tegangan putus kawat (f_{maks})	48
Tabel 4.1.	Momen lentur rata-rata beton kawat ayam	50
Tabel 4.2.	Momen lentur rata-rata beton genteng kawat ayam	50
Tabel 4.3.	Momen lentur secara analitis dan hasil pengujian beton kawat ayam.....	52
Tabel 4.4.	Momen lentur secara analitis dan hasil pengujian beton genteng kawat ayam	52
Tabel 4.5.	Kuat tekan beton kawat ayam yang direncanakan dan hasil pengujian	54
Tabel 4.6.	Kuat tekan beton genteng kawat ayam yang direncanakan dan hasil pengujian	55

DAFTAR GAMBAR

2.1. Alat Uji "Slump".....	20
2.2. Grafik Hubungan Antara Kadar Semen dengan "Slump".....	24
2.3. Distribusi Tegangan dan Regangan.....	31
2.4. Sket Pembebanan Dua Titik.....	32
3.1. Grafik "Granulometri".....	39
4.1. Grafik Momen Lentur Beton Kawat Ayam dan Beton Genteng Kawat Ayam	51
4.2. Diagram Momen Lentur Beton Kawat Ayam.....	53
4.3. Diagram Momen Lentur Beton Genteng Kawat Ayam	53
4.4. Grafik Kuat Tekan Beton Kawat Ayam dan Beton Genteng Kawat Ayam Yang Direncanakan Dengan Hasil Pengujian	56

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Lembar Konsultasi
- Lampiran II - Pemeriksaan Kadar Lumpur
 - Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus
 - Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar (kerikil)
 - Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar (genteng)
- Lampiran III Analisa Pembagian Butiran Agregat Halus
- Lampiran IV Analisa Pembagian Butiran Agregat Kasar (kerikil)
- Lampiran V Jenis Kawat
- Lampiran VI Perhitungan Momen Lentur Secara Analitis
- Lampiran VII Hasil Uji Tarik Kawat Ayam
- Lampiran VIII Photo Benda Uji dan Alat

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Dewasa ini, khususnya di Indonesia pembangunan dibidang perumahan meningkat dengan pesatnya. Perkembangan tersebut dapat dilihat dengan banyaknya dibangun kota-kota baru dan daerah-daerah perumahan oleh para developer. Sehingga terjadi perubahan fungsi lahan dari agraris menjadi daerah pemukiman.

Selain itu animo masyarakat terhadap bidang perumahan begitu besar. Hal ini ditandai dengan besarnya minat beli terhadap setiap unit rumah yang ditawarkan. Bahkan ada calon pembeli yang memesan terlebih dahulu kepada developer untuk pembangunan perumahan tahap berikutnya.

Perumahan yang ditawarkan umumnya dibangun dengan menggunakan struktur beton bertulang dan pasangan batu bata sebagai dindingnya. Penggunaan batu bata sebagai dinding rumah masih sangat dominan, karena belum ditemukan bahan alternatif untuk dinding sebagai pengganti batu bata.

Batako merupakan campuran semen dan pasir yang diharapkan sebagai dinding pengganti batu bata belum banyak digunakan, karena masih indetik dengan perumahan murah. Selain itu masih banyak orang yang menyangsikan kekuatan dinding batako melihat ketebalannya yang lebih tipis dibanding dinding batu bata.

Melihat perkembangan tersebut kebutuhan batu bata akan terus meningkat, menyebabkan eksploitasi besar-besaran terhadap bahan dasar pembuatan batu bata berupa tanah liat ("clay") akan terjadi. Hal ini nantinya dikhawatirkan akan membawa dampak negatif bagi lingkungan. Bekas-bekas pengambilan tanah liat tersebut akan

membentuk cekungan-cekungan yang dalam, selanjutnya menjadi lahan keritis apabila dibiarkan begitu saja. Pada musim hujan akan terjadi pergeseran lapisan tanah yang menyebabkan kestabilan tanah-tanah sekitarnya terganggu.

Untuk mencari alternatif bahan dinding pengganti batu bata, kami bermaksud mengadakan penelitian dengan judul "BETON KAWAT AYAM SEBAGAI ALTERNATIF DINDING"

Beton kawat ayam merupakan gabungan antara beton dengan kawat ayam sebagai tulangnya. Pemilihan beton kawat ayam sebagai dinding pengganti batu bata karena materialnya yang mudah didapat dipasaran, mudah dalam pembentukannya, dan kita dapat menentukan kualitas beton yang diinginkan.

1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun tujuan dan manfaat penelitian yang akan dilaksanakan adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan bahan alternatif dinding sebagai pengganti batu bata.
2. Untuk mengetahui kuat lentur dan tekan beton kawat ayam dengan variasi Jenis kawat ayam dan agregat kasar.
3. Sesuai dengan besar dimensi yang diteliti, diharapkan pemasangan dinding kawat ayam tersebut akan lebih cepat dibanding pasangan bata.

1.3. Rumusan dan Batasan Masalah

Mengingat terlalu luasnya masalah yang berkaitan dengan penelitian ini, maka permasalahan yang akan ditinjau dan dilaksanakan dibatasi sebagai berikut:

1. Pengujian kekuatan beton kawat ayam terhadap lentur, dengan menggunakan variasi tiga jenis kawat ayam yang terdapat dipasaran dan variasi agregat kasar.
2. Mutu beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah mutu beton K-175.
3. Mengenai sambungan, baik itu kekuatan sambungan maupun cara penyambungannya diabaikan.

1.4. Metodologi Penelitian

Metodologi yang dilakukan dalam penelitian ini dan urutan pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian Tugas Akhir merupakan studi eksperimental di laboratorium .
2. Acuan benda uji terbuat dari kayu dan tripleks.
3. Benda uji untuk tiap variasi kawat ayam dan agregat, masing-masing dibuat 3 (tiga) buah sampel berbentuk plat dengan ukuran 100 x 30 x 5 cm.
4. Perencanaan campuran beton dilaksanakan dengan metode "DREUX".
5. Pembuatan kubus beton sebanyak 3 (tiga) buah dengan ukuran (15 x 15 x 15) cm.
6. Pengujian kekuatan lentur dilakukan dengan pembebanan pada dua titik, dan jarak antara titik diambil 30 cm, serta umur benda uji telah mencapai 14 dan 28 hari.
7. Pengujian desak terhadap benda uji beton kawat ayam dan kubus beton.
8. Setiap jenis kawat ayam, diuji kuat tariknya.
9. Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Dinding

Dinding merupakan pembatas rumah dengan halaman dan sebagai pembatas antar ruang di dalam rumah. Untuk dinding luar bangunan di Indonesia, harus dibuat dari bahan yang mampu menahan panas dengan baik dan juga tahan terhadap air hujan, mengingat kondisi iklim yang ada di Indonesia. Dinding minimal harus mampu menahan beban sendiri dan beban angin.

2.2. Beton

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan yang membentuk masa padat ^[3]. Seorang perencana harus mampu membuat perencanaan yang ekonomis dalam menentukan jumlah bahan pembentuk campuran beton untuk mencapai kekuatan yang disyaratkan dan kemudahan pelaksanaan serta keawetannya. Untuk itulah terlebih dahulu harus diketahui sifat-sifat beton yang akan dibuat dan karakteristik dari bahan-bahan penyusunnya.

2.3. Material Penyusun Beton

2.3.1. Semen

Semen Portland merupakan bubuk halus, yang diperoleh dengan menggiling klinker (yang didapat dari pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur, silika, alumina, dan besi), dengan batu gips sebagai bahan tambah dalam jumlah yang cukup. Bubuk tadi bila dicampur dengan air, selang beberapa waktu dapat menjadi keras dan digunakan sebagai bahan ikat hidrolis. Susunan unsur-unsur semen Portland ditunjukkan pada (tabel 2.1).^[8]

Tabel 2.1. Susunan unsur semen Portland

Bahan dasar	Rumus Kimia	% Dalam PC
Kapur	CaO	60 - 65
Silika	SiO ₂	17 - 25
Alumina	Al ₂ O ₃	3 - 8
Besi	Fe ₂ O ₃	0,5 - 6

Dari proses pembakaran dan pencampuran bahan-bahan dasar menurut perbandingan tertentu didapat senyawa baru yaitu, seperti terlihat pada tabel 2.2 berikut ini.^[8]

Tabel 2.2. Senyawa yang terdapat pada semen Portland

Senyawa	Rumus Kimia
Trikalsium silikat (C ₃ S)	3CaO SiO ₂
Dikalsium silikat (C ₂ S)	2CaO SiO ₂
Trikalsium aluminat (C ₃ A)	3CaO Al ₂ O ₃
Tetrakalsium aluminat (C ₄ AF)	4CaO Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃

Semen Portland yang dipakai untuk struktur harus mempunyai kualitas tertentu yang telah ditetapkan agar dapat berfungsi secara efektif. Pemeriksaan secara berkala perlu dilakukan, baik yang masih berbentuk bubuk kering maupun pasta semen yang sudah mengeras, juga beton yang dibuat dari semen tersebut. Sifat-sifat semen yang penting yaitu: ^[8]

1. Kehalusan butir ("finenes")
2. Waktu ikatan ("setting time"),
3. Kekentalan ("soundness"),
4. Kekuatan ("strength"),
5. Panas hidrasi ("heat of hydration").

Perubahan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara merubah persentase empat komponen utama semen dapat menghasilkan beberapa jenis semen sesuai dengan tujuan pemakaiannya.

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen Portland di Indonesia (PUBI - 1982) dibagi menjadi lima jenis ^[1], yaitu:

- Jenis I : Semen Portland untuk kegunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada tipe lain.
- Jenis II : Semen Portland yang pada penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.

- Jenis III : Semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
- Jenis IV : Semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
- Jenis V : Semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

2.3.2. Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami atau buatan yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70 % volume mortar atau beton. Walaupun hanya sebagai bahan pengisi, agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton. ^[1]

Cara membedakan agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan didasarkan pada ukuran butir-butirnya. Agregat yang mempunyai ukuran butir-butir besar disebut agregat kasar, sedang yang berbutir kecil disebut agregat halus. Dalam teknologi beton agregat yang butir-butirnya lebih besar dari 4,8 mm disebut agregat kasar, dan yang butir-butirnya lebih kecil dari 4,8 mm disebut agregat halus.

Agregat diperoleh dari sumber daya alam yang telah mengalami pengecilan ukuran secara alamiah atau dapat pula diperoleh dengan cara memecah batu alam, dan

atau buatan. Agregat buatan umumnya dibuat dari pecahan bata atau genteng yang bersih atau terak dingin dari tanur tinggi.

Menilai jenis agregat yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton, tergantung kepada:

1. mutu bahan;
2. tersedianya bahan;
3. harga bahan;
4. Jenis konstruksi yang akan menggunakan bahan tersebut.

Agregat yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton terlebih dahulu harus diketahui antara lain adalah: ^[1]

1. Ukuran maksimum butir.
2. Gradasi.
3. Bentuk butiran.
4. Kebersihan.
5. Kekerasan.
6. Tekstur permukaan butir.
7. Berat jenis.
8. Kadar air. .
9. Berat satuan.



1. Ukuran maksimum butiran

Adukan beton dengan tingkat kemudahan pengerjaan yang sama, atau beton dengan kekuatan yang sama, akan membutuhkan semen lebih sedikit apabila dipakai butir-butir kerikil yang besar-besar. Oleh karena itu untuk mengurangi jumlah semen sehingga biaya pembuatan beton berkurang dibutuhkan ukuran butir-butir yang sebesar-besarnya. Pengurangan jumlah semen juga berarti pengurangan panas hidrasi, dan ini berarti mengurangi kemungkinan beton untuk retak akibat susut atau perbedaan panas yang terlalu besar. Walaupun demikian, besar butir maksimum agregat tidak dapat terlalu besar, karena ada faktor faktor lain yang membatasi. Faktor-faktor tersebut adalah:

- a. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari $\frac{3}{4}$ kali jarak bersih antara baja tulangan atau antara baja tulangan dengan cetakan.
- b. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari $\frac{1}{3}$ kali tebal pelat.
- c. Ukuran butir agregat maksimum tidak boleh lebih dari pada $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antar bidang-bidang samping dari cetakan.

Dengan pertimbangan tersebut di atas, maka ukuran maksimum agregat dipakai pada penelitian ini adalah 12,7 mm.

2. Gradasi

Gradasi agregat ialah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama volume pori akan besar, sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran

butir-butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit, dengan kata lain keampatannya tinggi. Pada agregat untuk pembuatan mortar atau beton diingini suatu butiran yang keampatannya tinggi, karena volume porinya sedikit dan ini berarti hanya membutuhkan bahan ikat yang sedikit pula. Sebagai pernyataan gradasi dipakai nilai persentase dari berat butiran yang tertinggal atau lolos didalam suatu susunan ayakan. Susunan ayakan itu ialah ayakan dengan lubang, 76 mm, 38 mm, 19 mm, 9,60 mm, 4,80 mm, 2,40 mm, 1,20 mm, 0,60 mm, 0,30 mm dan 0,15 mm.

3. Bentuk butiran

Bentuk butiran agregat lebih berpengaruh pada beton segar dari pada setelah beton mengeras. Berdasarkan bentuk butirannya agregat dapat dibedakan menjadi:^[1]

- a. Agregat bulat, mempunyai rongga udara minimum 33 % hal ini berarti mempunyai rasio luas permukaan volume kecil, sehingga hanya memerlukan pasta semen yang sedikit untuk menghasilkan beton yang baik, namun ikatan antara butir-butirnya kurang kuat sehingga kekuatannya lemah, agregat bentuk ini tidak cocok untuk beton mutu tinggi maupun perkerasan jalan raya.
- b. Agregat bulat sebagian, mempunyai rongga lebih tinggi, berkisar antara 35 sampai 38 persen. Dengan demikian membutuhkan lebih banyak pasta semen untuk

mendapatkan beton segar yang baik. Ikatan antara butir-butirnya juga lebih baik dari pada agregat bulat, namun belum cukup baik untuk dibuat beton mutu tinggi.

c. Agregat bersudut, mempunyai rongga berkisar antara 38 sampai 40 persen. Pasta semen yang digunakan lebih banyak untuk membuat adukan beton. Ikatan antara butir-butirnya dan daya lekatnya baik, sehingga agregat bersudut ini sangat cocok untuk beton mutu tinggi dan lapis perkerasan jalan.

d. Agregat pipih, ukuran terkecil butirannya kurang dari $3/5$ ukuran rata-ratanya. Ukuran rata-rata agregat ialah rata-rata ukuran ayakan yang meloloskan dan menahan butiran agregat, misalnya agregat lolos pada ayakan 20 mm dan tertahan pada lubang ayakan 10 mm, maka ukuran agregat rata-rata sebesar 15 mm. Agregat tersebut dikatakan pipih jika ukuran terkecil butirannya kurang dari $3/5 \times 15 \text{ mm} = 9 \text{ mm}$.

e. Butiran agregat disebut memanjang apabila ukuran terbesar (yang paling panjang) lebih dari $9/5$ ukuran rata-ratanya.

✓ Dengan demikian agregat dengan butir-butir bulat umumnya lebih baik dari pada agregat dengan butir-butir yang berbentuk pipih atau panjang jika dipakai untuk membuat beton, karena:

- lebih mudah memindahkan butir satu terhadap butir yang lain dalam beton segar,
- dapat mengurangi air dan pasta semen pada tingkat kemudahan yang sama dibanding butir yang berbentuk tajam atau bersudut.

4. Kebersihan

Agregat pada umumnya tidak bebas dari bahan-bahan yang keberadaannya mungkin memberi pengaruh yang merugikan terhadap:

- a. Kekuatan beton.
- b. Keawetan dan memperlihatkan permukaan beton yang jelek.
- c. Kemudahan pengerjaan.

Ditinjau dari aksi zat-zat berpengaruh buruk tersebut, maka dapat dibedakan menjadi tiga macam ^[1,8], yaitu:

1. Zat yang mengganggu proses hidrasi semen, yaitu bahan-bahan organik seperti sisa-sisa tumbuhan dalam bentuk humus, bagian tanaman dan asam-asam organik.
2. Zat yang melapisi agregat sehingga mengganggu terbentuknya lekatan yang baik antara agregat dengan pasta semen, yaitu tanah liat, lempung dan debu sisa pecahan batu.
3. Butiran yang kurang tahan cuaca, yang bersifat lemah akan menimbulkan reaksi kimia antara agregat dan pastanya, yaitu mika, butir-butir yang mengandung garam, arang batu dan tanah yang mengandung belerang.

5. Kekerasan

Kekuatan beton tidak lebih tinggi dari pada kekuatan agregatnya. Oleh karena itu sepanjang kekuatan agregat lebih tinggi dari pada beton yang dibuat dari agregat tersebut maka agregat tersebut dianggap masih kuat.

Butir-butir agregat yang lemah yaitu butir-butir yang kekuatannya lebih rendah daripada pasta semen yang telah mengeras, tidak dapat menghasilkan beton yang kekuatannya dapat diandalkan. Akan tetapi, untuk butir-butir agregat yang kekuatannya sedang atau cukup akan dapat lebih menguntungkan, karena dapat mengurangi konsentrasi tegangan yang terjadi pada pasta beton selama pembebanan, pembasahan atau pengeringan, pemanasan dan pendinginan, dengan demikian membantu mengurangi bahaya akibat terjadi retakan dalam beton.

Butir-butir dapat bersifat kurang kuat karena dua sebab, yaitu karena terdiri dari bahan yang lemah dan terdiri dari partikel-partikel yang kuat tetapi tidak terikat dengan baik, jadi ikatannya yang kurang kuat.

Jumlah butiran yang lemah dan lunak perlu dibatasi jika ketahanan terhadap abrasi yang kuat dari betonnya diperlukan. juga modulus elastisitas dari agregat penting jika diinginkan modulus elastisitas betonnya baik. Pengujian kekuatan agregat kasar dapat dilakukan dengan mesin uji aus Los Angeles. Pada cara uji ini contoh butir-butir agregat dimasukkan kedalam silinder logam, dengan bola-bola baja untuk memukul, kemudian silinder diputar sehingga butir-butir agregat tersebut terpukul-pukul dan terabrasi. Persentase jumlah agregat yang hancur selama pengujian merupakan ukuran

dari sifat-sifat agregat yaitu keuletan, kekerasan, dan ketahanan aus diharapkan merupakan sifat langsung yang berhubungan dengan kekuatan. Cara uji dengan mesin aus Los Angeles ini juga dapat digunakan untuk memeriksa adanya bagian butir-butir yang lunak dalam agregat. Caranya dengan mengukur banyaknya butiran yang pecah pada akhir putaran ke-100 kali yang pertama dibandingkan dengan pada akhir putaran ke-500. Umumnya bila butiran yang pecah pada akhir ke-100 sudah lebih dari 20 % dari pada akhir ke-500 dianggap bagian butir lunak sudah terlalu banyak.

6. Tekstur permukaan butiran

Tekstur permukaan ialah suatu sifat permukaan yang tergantung pada ukuran apakah permukaan butir termasuk halus atau kasar, mengkilap atau kusam. Pada umumnya permukaan butirannya hanya disebut kasar, agak kasar, agak licin, dan licin. Tapi berdasarkan pada pemeriksaan visual butiran agregat, tekstur permukaan butiran agregat ^[1], dapat dibedakan menjadi:

- a. sangat halus ("glassy"),
- b. halus,
- c. kasar,
- d. berkilat ("crystalline"),
- e. berpori,
- f. berlobang-lobang.

Tekstur permukaan tergantung pada kekerasan, ukuran molekul, tekstur batuan, dan juga tergantung pada besar gaya yang bekerja pada permukaan butiran yang telah membuat licin atau kasar permukaan tersebut.

Bentuk dari tekstur permukaan sangat berpengaruh terhadap:

1. Daya serapan terhadap air.
2. Kemudahan pengerjaan dari beton segarnya.
3. Daya lekat antara agregat dengan pastanya.

Suatu agregat dengan permukaan yang berpori dan kasar lebih disukai dari permukaan agregat yang halus, karena agregat dengan tekstur kasar dapat meningkatkan rekatannya dengan semen sampai 1,75 kali, dan kuat tekan betonnya dapat meningkat sekitar 20 persen. ^[1]

7. Berat Jenis

Berdasarkan berat jenis, agregat dapat dibedakan menjadi tiga macam ^[1], yaitu:

a. Agregat normal

Agregat yang berat jenisnya antara 2,5 sampai 2,7 ton/m³. Agregat ini biasanya berasal dari granit, basalt, dan kuarsa. Beton yang dihasilkan dari agregat ini mempunyai berat jenis sekitar 2,3 ton/m³ dengan kuat tekan antara 15 MPa sampai 40 Mpa.

b. Agregat berat

Agregat berat mempunyai berat jenis lebih dari $2,8 \text{ ton/m}^3$. Misalnya magnetik ($\text{Fe}_3 \text{O}_4$), barytes (Ba So_4), atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan juga berat jenisnya tinggi sampai 5 ton/m^3 . Agregat jenis ini efektif sebagai dinding radiasi sinar X.

c. Agregat ringan

Agregat ringan mempunyai berat jenis kurang dari $2,0 \text{ ton/m}^3$ yang biasanya digunakan untuk beton non struktural, akan tetapi dapat juga digunakan untuk beton struktural atau blok dinding beton.

8. Kadar air

Kadar air yang ada pada agregat (di lapangan) perlu diketahui, untuk menghitung jumlah air yang akan dipakai dalam campuran adukan beton dan juga untuk mengetahui berat satuan agregat.

Keadaan kandungan air didalam agregat dibedakan menjadi beberapa tingkat ^[1], yaitu:

- a. Kering tungku, benar-benar tidak mengandung air, dan ini berarti dapat secara penuh menyerap air.
- b. Kering udara, butir-butir agregat kering permukaannya tetapi mengandung sedikit air didalam porinya.
- c. Jenuh kering muka, pada tingkat ini tidak ada air dipermukaan tetapi butir-butirnya berisi air sejumlah yang dapat diserap. Dengan demikian

butir-butir agregat pada tahap ini tidak menyerap dan juga tidak menambah jumlah air bila dipakai dalam campuran adukan beton.

d. Basah, pada tingkat ini butir-butir mengandung banyak air, baik dipermukaan maupun didalam butiran, sehingga bila dipakai untuk campuran akan memberi air. Dari keempat keadaan tersebut keadaan jenuh kering muka ("Saturated Surface Dry, SSD") lebih disukai sebagai standar, karena:

- Merupakan keadaan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah maupun mengurangi air dari pastinya.
- Kadar air dilapangan lebih banyak mendekati keadaan "SSD".

9. Berat satuan

Berat satuan agregat ialah berat agregat dalam satu satuan volume, dinyatakan dalam Kg/liter atau ton/m³. Jadi berat satuan dihitung berdasarkan berat agregat dalam satu tempat tertentu, sehingga yang dihitung volume padat dan volume pori terbukanya.

2.3.3. Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 30 % berat semen saja, namun dalam kenyataannya sulit dikerjakan betonnya apabila nilai faktor air semen

yang dipakai kurang dari 0,35. Kelebihan air ini yang dipakai sebagai pelumas. Tetapi perlu dicatat bahwa tambahan air pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan rendah serta betonnya porous. Selain itu, kelebihan air akan bersama-sama dengan semen bergerak kepermukaan adukan beton segar yang baru saja dituang ("bleeding") yang kemudian menjadi buih dan merupakan suatu lapisan tipis yang dikenal dengan "laitance" (selaput tipis). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah. Apabila ada kebocoran cetakan, air bersama-sama semen juga dapat keluar, sehingga terjadilah rongga-rongga kecil. ^[1,8]

Dalam hal terdapat kesulitan air didaerah terpencil misalnya yang tidak terdapat air minum atau air untuk kegunaan umum, dan kualitas air yang ada dikhawatirkan, maka perlu dilakukan pengujian terhadap:

1. kadar lumpur,
2. kadar garam,
3. kadar asam atau alkali,
4. sisa-sisa tumbuhan,
5. kandungan gula mungkin juga terdapat dalam air.

Kualitas air yang digunakan untuk campuran beton sebaiknya air yang memenuhi syarat ^[1,8].

1. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.

Kualitas air yang digunakan untuk campuran beton sebaiknya air yang memenuhi syarat [1,8].

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

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

2.4. Kekentalan

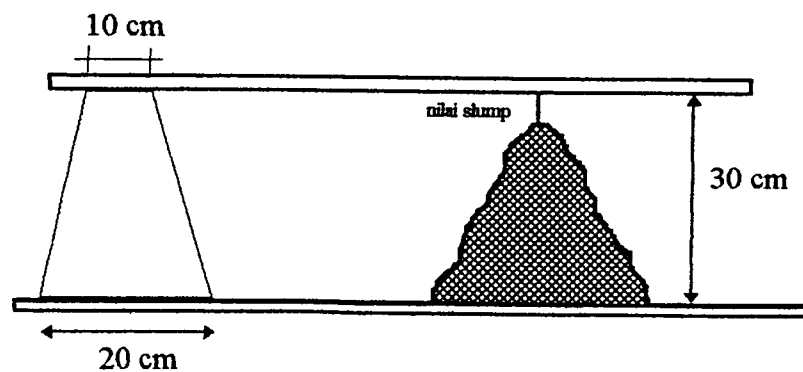
Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan [1] adalah:

1. Jumlah air yang dipakai dalam campuran adukan beton.
2. Penambahan semen kedalam campuran beton, karena pasti diikuti dengan penambahan air untuk mempertahankan nilai fas yang diinginkan.
3. Gradasi campuran pasir dan kerikil.
4. Pemakaian butir-butir yang bulat.
5. Pemakaian butir maksimum kerikil.
6. Cara pemadatan adukan beton (alat yang digunakan)

Untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan biasanya dilakukan dengan percobaan "slump". Makin besar nilai "slump" berarti adukan beton makin encer dan ini berarti semakin mudah dikerjakan, tetapi untuk dinding nilai "slump" maksimum sebesar 12,5 cm dan minimum 5 cm.

Untuk menentukan besarnya nilai "slump", digunakan alat kerucut "Abrams" yang terdiri dari:

1. Corong baja berbentuk kerucut yang berlubang pada kedua ujungnya. Bagian bawah berdiameter 20 cm, atas berdiameter 10 cm, dan tinggi 30 cm, (lihat Gbr. 2.1)
2. Tongkat baja dengan diameter 16 mm dan panjang 60 cm, dengan bagian ujungnya dibulatkan



Gbr. 2.1. Alat uji "slump"

2.5. Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton yang dipakai dalam penelitian ini memakai metode "DREUX". Dengan metode ini kekuatan beton tidak mutlak ditentukan oleh banyaknya jumlah semen saja, tetapi ada faktor-faktor lain yang mempengaruhinya, yaitu perbandingan berat semen dengan berat air dan kekompakan butiran (faktor "granulair").

Dengan demikian, ada korelasi antara kekuatan beton, kekuatan semen, kekompakan butiran, jumlah air dan semen yang dipakai

Secara garis besar urutan perencanaan campuran beton menurut "DREUX" adalah:

1. Hitung berat jenis semua bahan dengan dasar data dari percobaan laboratorium, antara lain :
 - a. Berat jenis pasir ("SSD").
 - b. Berat jenis kerikil ("SSD").
 - c. Berat jenis semen (data dari pabrik semen)
 - d. Diameter maksimum agregat.
 - e. Kekuatan semen ($\sigma'c = \text{kg/m}^3$) dari Balai Penyelidikan Bahan

2. Rumus-rumus yang dipakai:

$$\sigma'_{28} = G \times \sigma'c (C/E - 0,5) \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

σ'_{28} = Kekuatan tekan rata-rata pada umur beton 28 hari, berdasarkan benda uji silinder.

- G = Faktor kekompakan butiran (faktor "granulair"), yaitu angka yang menunjukkan bagian volume yang diisi oleh butiran kasar. Angka yang umum dipakai 0,5 (lihat tabel 2.3).
- $\sigma'c$ = Kekuatan semen berdasarkan dari pabrik semen yang dipakai atau juga informasi dari Lembaga Penelitian Bahan.
- C = Berat semen/ m^3 beton
- E = Berat air/ m^3 beton

Dalam rumus diatas σ merupakan kekuatan tekan rata-rata, sedangkan yang direncanakan adalah kekuatan beton karakteristik ($\sigma'bk$).

Korelasi antara $\sigma'28$ dengan $\sigma'bk$ sebagai berikut:

$$\sigma'28 = \sigma'bk + 1,64 Sd \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

Sd = Deviasi standar (kg/cm^2).

Deviasi standar digunakan untuk mengukur mutu pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan PBI - 1971 pasal 4.5. ayat (1), seperti terlihat pada tabel 2.3. ^[3]

Tabel. 2.3. Nilai deviasi standar

Volume Pekerjaan (m^3)	Mutu Pelaksanaan		
	baik sekali	baik	cukup
kecil < 1000	$45 < s \leq 55$	$55 < s \leq 65$	$65 < s \leq 85$
sedang 1000 - 3000	$35 < s \leq 45$	$45 < s \leq 55$	$55 < s \leq 75$
besar > 3000	$25 < s \leq 35$	$35 < s \leq 45$	$45 < s \leq 65$

Disamping itu σ'_{28} tersebut didasarkan atas benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, sedangkan tegangan σ'_{bk} didasarkan atas benda uji kubus dengan sisi 15 cm. Hal ini dapat diatasi dengan mengambil konversi menurut PBI 1971 pasal 4.1 ayat (3) :

$$\sigma'_{\text{silinde } 15 \times 30 \text{ cm}} = 0,83 \sigma'_{\text{kubus } 15 \text{ cm}} \dots\dots\dots(3)$$

Tabel. 2.4. Faktor kekompakan butiran (faktor "granulair")

Kualitas butiran	Ukuran diameter butiran		
	Kecil ($D \leq 16 \text{ mm}$)	Sedang ($25 \leq D < 40 \text{ mm}$)	Besar ($D < 63 \text{ mm}$)
Baik	0,55	0,60	0,64
Cukup	0,45	0,50	0,55
Buruk	0,35	0,40	0,45

3. Dengan rumus

$$\sigma'_{28} = G \times \sigma'_{\text{c}} (C/E - 0,5)$$

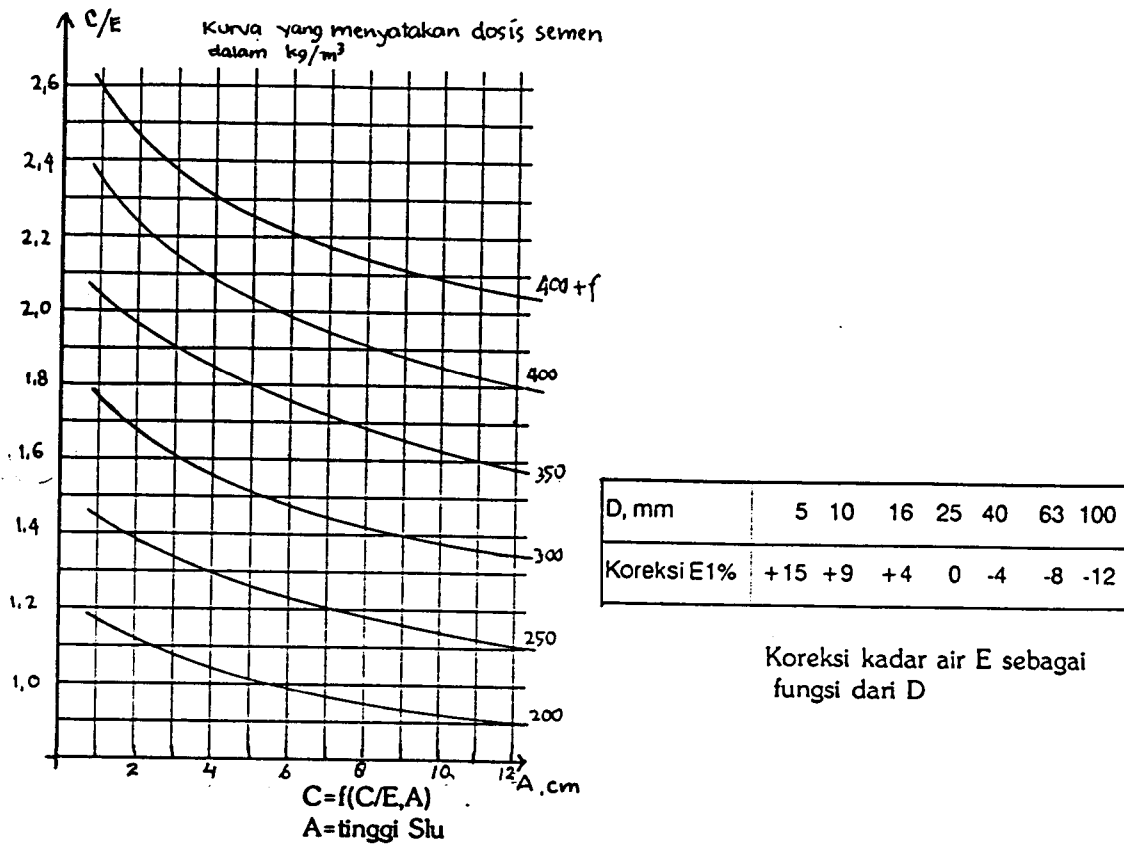
$$C/E = [(0,5 G \times \sigma'_{\text{c}}) + \sigma'_{28}] / (G \times \sigma'_{\text{c}}) \dots\dots\dots (4)$$

Agar suatu campuran beton harus dapat dikerjakan ("workable") dan jumlah semen tidak boleh kurang dari harga minimum, maka rumus diatas berlaku untuk:

- a. harga C/E berkisar antara 1,5 sampai 2,5
- b. Jumlah semen (C) $\geq 300 \text{ kg/m}^3$ beton



Setelah C/E didapat, dan nilai slump ditetapkan maka dengan melihat dan menyesuaikan Gbr. 2.2 didapat dosis semen dalam kg/m^3 , dengan demikian dosis air diperoleh.



Gbr.2.2. Grafik hubungan antara kadar semen dengan "slump"

4. Tentukan perbandingan antara pasir dan kerikil dengan langkah-langkah sebagai berikut: [9]

- 1). Distribusi butiran digambar dalam sebuah kurva "granulometri".
- 2). Dibuat kurva patokan ("reference") yaitu kurva yang sedapat mungkin harus didekati oleh "granulometri" gabungan. Kurva "reference" ini

merupakan bilinear yang menghubungkan titik 0 % pada diameter 0,1 mm dan titik 100 % pada diameter maksimum (D) dengan titik patah (A).

3). Titik patah $A = (X, Y)$ ^[9] didapat dari:

a. absis: (X)

- jika diameter maksimum butiran (D) = 25 mm, maka X diambil =
 $D/2 = 12,5$ mm

- jika diameter maksimum butiran (D) > 25 mm maka X diambil absis
 tengah antara $\varnothing = 5,0$ mm dan $\varnothing = D$

b. ordinat: (Y)

Y merupakan ordinat dalam %

$$Y = 50 - \sqrt{D + K + K_s} \dots\dots\dots (5)$$

dengan:

D = diameter maksimum butiran

K = angka koreksi yang tergantung dari jumlah semen/m³ beton, bentuk butiran dan cara pemadatan. harga-harga ini dapat diambil dari tabel 2.5.

K_s = angka koreksi jika modulus kehalusan pasir

$$M_{fs} \neq 2,5, \text{ maka } K_s = 6 M_{fs} - 15 \dots\dots\dots (6)$$

Tabel 2.5. Harga-harga K, Ks, Kp

Pemadatan		Lemah		Normal		Kuat	
Macam butiran		alam	pecah	alam	pecah	alam	pecah
400 + fluid		-2	0	-4	-2	-6	-4
Dosis	400	0	+2	-2	0	-4	-2
semen	350	+2	+4	0	+2	-2	0
(kg/m ³)	300	+4	+6	+2	+4	0	+2
	250	+6	+8	+4	+6	+2	+4
	200	+8	+10	+6	+8	+4	+6
Koreksi ---Ks : Jika Mfs \neq 2,5				Ks = 6 Mfs - 15			
Koreksi ---Kp : Untuk beton yang dipompa				Kp = + 5 a + 10			

Dari kurva "granulometri" yang dibuat diatas dengan menarik garis lurus yang menghubungkan titik 95 % pada kurva pasir dan titik 5 % pada kurva kerikil. Ordinat titik potong antara garis tersebut dengan kurva "reference" merupakan persentase pasir, dan dari titik potong ini sampai 100 % merupakan persentase kerikil.

5. Menentukan proporsi pasir dan kerikil untuk tiap m³ beton, tergantung pada kekompakan butiran. Dengan melihat tabel 2.6 didapat harga koefisien kekompakan (γ), tabel 2.6 ini berlaku untuk pasir dan kerikil alam, serta jumlah semen sama dengan 350 kg/m³ beton. Jika memakai campuran lain, maka angka-angka tersebut harus dikoreksi sebagai berikut :

- a. untuk campuran pasir alam dan batu pecah, dikoreksi dengan - 0,01.
- b. untuk campuran pasir pecah dengan batu pecah, dikoreksi dengan -0,03.

- c. untuk jumlah semen yang tidak sama dengan 350 kg/m^3 beton, dikoreksi dengan $(C - 350)/5000$.
- d. untuk bahan butiran ringan dikoreksi dengan $-0,03$.
6. Dengan langkah (5) didapat volume absolut semen ditambah volume absolut bahan butiran untuk 1 m^3 beton.
7. Dari langkah (6) untuk mendapatkan berat pasir dan kerikil dalam tiap m^3 beton, maka tinggal dikalikan dengan berat jenis masing-masing

Tabel 2.6. Harga-harga koefisien kekompakan γ

Kekentalan beton	Cara pemadatan	koefisien kekompakan γ						
		D=5	D=10	D=16	D=25	D=40	D=63	D=100
lembek	tusukan	0,750	0,780	0,795	0,805	0,810	0,815	0,820
	pemadatan lemah	0,755	0,785	0,800	0,810	0,815	0,820	0,825
	pemadatan normal	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
plastis	tusukan	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
	pemadatan lemah	0,765	0,795	0,810	0,820	0,825	0,830	0,835
	pemadatan normal	0,770	0,800	0,815	0,820	0,825	0,830	0,835
	pemadatan kuat	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
kental	pemadatan lemah	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
	pemadatan normal	0,780	0,810	0,825	0,835	0,840	0,845	0,850
	pemadatan kuat	0,785	0,810	0,830	0,840	0,845	0,850	0,855

a. Harga-harga diatas berlaku untuk butiran alam, jika tidak γ dikoreksi :
 - 0,01 untuk pasir alam + batu pecah
 - 0,03 untuk butiran dari batu pecah

b. butiran ringan : dikurangi dengan 0,03

c. untuk $C \neq 350 \text{ kg/m}^3$, koreksi dengan $(C - 350)/5000$

2.6. Kuat Tekan

Kekuatan tekan beton terutama dipengaruhi oleh perbandingan air semennya. Semakin rendah perbandingan air-semennya semakin tinggi kekuatan betonnya. Walaupun demikian, kekuatan tekan beton selain dipengaruhi perbandingan air semen masih sangat dipengaruhi oleh: ^[4]

1. Sifat bahan-bahan pembentuknya.
2. Nilai perbandingan bahan-bahannya.
3. Cara pengadukan atau penuangan adukannya.
4. Cara pemadatan.
5. Cara perawatan selama proses pengerasan.
6. Umur betonnya.

Pengujian pada kubus beton terhadap kuat desaknya telah diterima secara meluas sebagai cara yang paling mudah untuk mengontrol kualitas beton yang dihasilkan, baik dilapangan maupun pada instalasi beton pracampur ("ready mix"). Meskipun demikian, pengujian kubus tak lain hanyalah merupakan pengukuran kualitas beton yang dihasilkan pada mesin campur, dan karena jumlah beton yang dipakai untuk membuat kubus hanyalah merupakan proporsi sangat kecil dari kuantitas beton yang dicor pada bangunan, dan hanya diambil dari beberapa takaran campuran, maka pengujian secara individu memberikan petunjuk umum kualitas beton. Meskipun kuat tekan kubus dapat diterima maupun ditolak berdasarkan pada lolos atau gagalnya

kuat tekan kubus dapat diterima maupun ditolak berdasarkan pada lolos atau gagalnya memenuhi batasan tertentu, apakah ini dihubungkan dengan kuat karakteristik atau kekuatan minimum, kubus ini juga harus diperiksa dalam hubungannya dengan kuat rata-rata yang diharapkan dari perhitungan desain campuran. Bila mana kekuatan kubus berada dalam daerah kekuatan rata-rata, maka dinyatakan bahwa beton yang diproduksi pada mesin campur berada didalam standar yang baik.

Di Indonesia pengujian kuat desak biasanya dilaksanakan pada kubus ukuran 150 mm, dan benda uji berbentuk silinder yang tingginya 300 mm dan diameternya 150 mm telah dipakai sebagai standar.

Ukuran benda uji dan bentuknya berpengaruh terhadap kekuatannya. Bila tidak ada ketentuan lain, konversi kuat tekan beton dari bentuk kubus ke bentuk silinder, maka gunakan perbandingan kuat tekan seperti pada (tabel 2.7) ^[3].

Tabel 2.7. Konversi Kuat tekan beton dari bentuk kubus ke bentuk silinder

Bentuk benda uji	Perbandingan
Kubus : 15 cm x 15 cm x 15 cm	1,0
: 20 cm x 20 cm x 20 cm	0,95
Silinder : 15 cm x 30 cm	0,83

Kekuatan tekan beton dihitung dengan menggunakan rumus:

$$f_c = P/A \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(7)$$

dimana:

P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang benda uji (cm²)

2.7. Kuat Lentur

Beban-beban yang bekerja pada struktur, baik yang berupa beban grafitasi maupun beban angin dan gempa, menyebabkan terjadinya lentur pada elemen struktur. Lentur pada pelat merupakan akibat dari adanya regangan yang timbul karena adanya beban luar yang bekerja. Apabila bebannya bertambah, maka pada pelat terjadi regangan tambahan yang mengakibatkan timbulnya retak lentur disepanjang balok. Bila bebannya semakin bertambah sampai mencapai kapasitas dari elemennya, pada akhirnya dapat terjadi keruntuhan.

Momen lentur adalah besaran yang menunjukkan besarnya kekuatan elemen struktur dalam menahan momen lentur akibat beban luar yang bekerja. Pemeriksaan elemen struktur terhadap lentur, dimaksudkan untuk mengetahui apakah elemen tersebut apakah memiliki kekuatan (momen lentur) yang cukup didalam memikul beban luar.

Perhitungan kekuatan lentur, didasarkan atas distribusi tegangan. Rumus-rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

beban luar. Perhitungan kekuatan lentur, didasarkan atas distribusi tegangan.

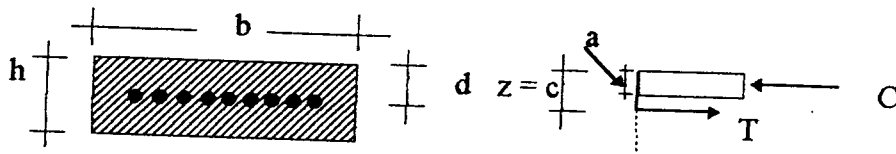
Rumus-rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$C = T \dots\dots\dots (8)$$

$$C = 0,85 f_c' b a \dots\dots\dots (9)$$

$$T = A_s f_y \dots\dots\dots (10)$$

Distribusi tegangan yang terjadi pada penampang, mempunyai bentuk seperti gambar sebagai berikut ini :



Gbr. 2.3. Distribusi tegangan dan regangan

dimana :

- b = Lebar pelat yang tertekan
- d = Tinggi pelat dari tepi serat tekan ketitik berat luas baja
- h = Tinggi total pelat
- A_s = Luas tulangan tarik
- f_c' = Kekuatan tekan beton
- f_s = Tegangan pada tulangan baja yang tertarik
- f_y = Kekuatan leleh tulangan tarik
- c = Jarak garis netral diukur dari tepi serat tekan
- a = β x c
- z = d - a/2

Momen tahanan penampang, yaitu kekuatan momen nominal (M_n) yang dapat ditahan penampang, dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut

$$M_n = C \times z \dots\dots\dots (11)$$

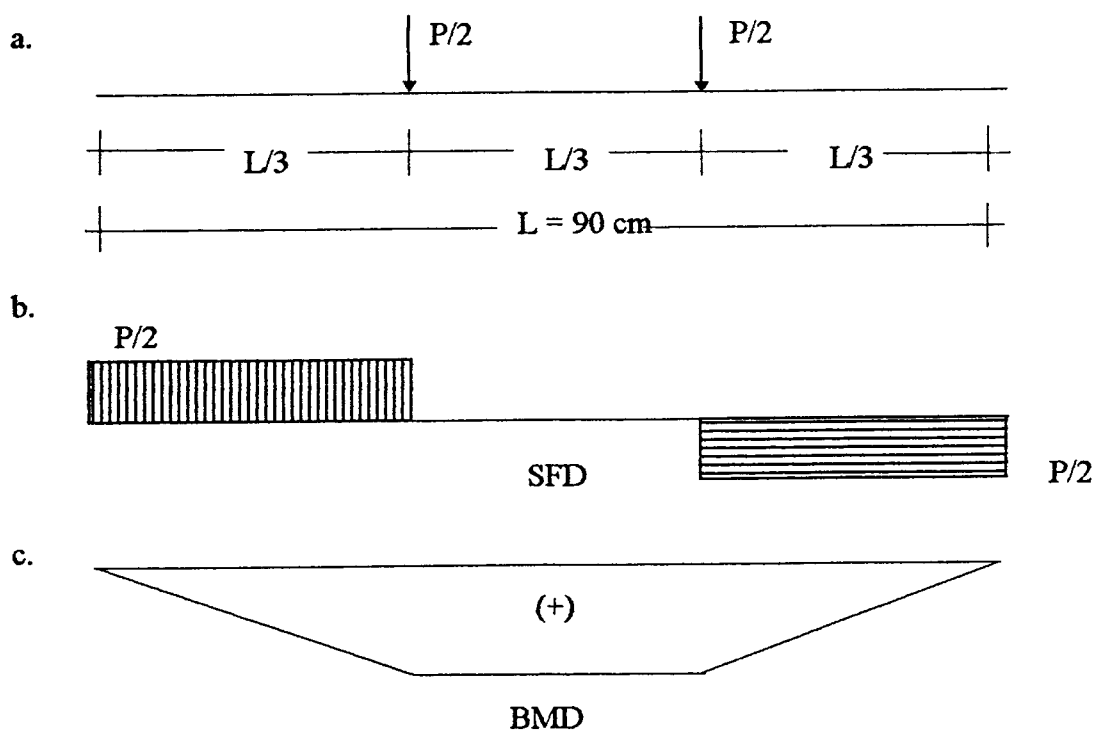
$$M_n = 0,85 f_c' b a (d - a/2) \dots\dots\dots (12)$$



Dalam penelitian ini, digunakan pengujian lentur dengan menggunakan metode pembebanan pada dua titik yang mengacu ASTM C 78 - 59, dengan benda uji berukuran 100 x 30 x 5 cm seperti ditunjukkan pada Gbr. 2.4.

Momen rencana atau momen nominal adalah momen yang terjadi akibat gaya luar yang bekerja pada balok. Momen ini dapat diperoleh dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$M_n = (1/6) P L \dots\dots\dots(13)$$



Gbr. 2.4. Sket pembebanan Dua Titik

- (a) pembebanan dua titik
- (b) diagram SFD
- (c) diagram BMD

BAB III

PELAKSANAAN DAN HASIL PENELITIAN

3.1. Umum

Penelitian tugas akhir ini merupakan studi eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium. Hasilnya dibandingkan dengan hasil analisis hitungan. Dalam pelaksanaan penelitian ini kami menggunakan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Hal-hal yang akan dibahas dalam bab ini adalah pelaksanaan penelitian yang meliputi persiapan material, pemeriksaan agregat halus, pemeriksaan agregat kasar, perencanaan campuran, pembuatan dan perawatan benda uji, uji lentur, uji desak, uji tarik kawat dan hitungan secara analitis.

3.2. Persiapan Material

Material dinding beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Semen Portland jenis I merek Nusantara.
2. Air dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Agregat halus (pasir) dari Kali Progo.
4. Agregat kasar (krikil) dari kali Progo dan pecahan genteng bekas.
5. Kawat ayam (yang ada dipasaran).

3.2.1. Pemeriksaan Agregat Halus

Pemeriksaan agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. pemeriksaan kadar lumpur,
2. analisa saringan dan modulus kehalusan,
3. pemeriksaan berat jenis.

1. Pemeriksaan kadar lumpur

Pemeriksaan ini berguna untuk mengetahui kadar lumpur yang terkandung dalam agregat yang akan digunakan sebagai bahan adukan beton. Dari hasil penelitian terhadap pasir yang akan digunakan, didapat kandungan lumpur sebanyak 3,3 %. Dengan demikian pasir tersebut memenuhi syarat karena kandungan lumpur $< 5\%$ sehingga tidak perlu dicuci lagi.

2. Analisa saringan dan modulus kehalusan

Analisa saringan bertujuan untuk mengetahui distribusi butiran (gradasi) agregat halus dengan menggunakan saringan. Dari analisa saringan yang dilakukan diperoleh modulus kehalusan butir $M_{fs} = 2,40$

3. Pemeriksaan berat jenis

Pemeriksaan berat jenis ini penting dilaksanakan, dari hasil penelitian terhadap agregat halus didapat berat jenis pasir = 2,667 gram/cc.

3.2.2. Pemeriksaan Agregat Kasar

Pemeriksaan agregat kasar (kerikil dan genteng) yang berdiameter maksimal 12,7 mm dan minimum 4,75 mm yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

1. Analisa saringan
2. Pemeriksaan berat jenis

1. Analisa saringan

Analisa saringan bertujuan untuk mengetahui distribusi butir (gradasi) agregat kasar dengan menggunakan saringan.

2. Pemeriksaan berat jenis

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis kondisi SSD.

Dari hasil penelitian terhadap agregat ini didapat:

- Berat jenis kondisi SSD (kerikil) = 2,50 gram/cc
- Berat jenis kondisi SSD (genteng) = 2,1053 gram//cc

3.2.3. Kawat

Pada penelitian ini digunakan 3 (tiga) jenis "kawat ayam" yang ada di pasaran. "Kawat Ayam" tersebut diukur sesuai dengan kebutuhan dan dihitung banyaknya jumlah tulangan kawat pada setiap sampel, (lihat lampiran V).

3.3. Rencana Campuran Beton

Untuk mendapatkan beton yang sesuai dengan yang direncanakan atau yang disyaratkan, terlebih dahulu beton tersebut direncanakan campurannya sedemikian

rupa, sehingga didapat komposisi masing-masing campuran secara tepat, baik semen, agregat dan air.

Perencanaan adukan beton dimaksudkan untuk mendapatkan beton yang sebaik-baiknya, antara lain diuraikan sebagai berikut:

1. Kuat tekannya tinggi
2. Mudah dikerjakan
3. Tahan lama (awet)
4. Murah (ekonomis)

Metode yang digunakan dalam perencanaan campuran beton untuk penelitian ini adalah metode "DREUX".

Adapun data-data bahan yang diperlukan untuk perencanaan campuran adalah sebagai berikut:

- | | |
|--------------------------------|--------------------------|
| a. ukuran butir maksimal | = 12,7 mm |
| b. modulus halus butir pasir | = 2,40 |
| c. berat jenis pasir ("SSD") | = 2,667 gram/cc |
| d. berat jenis kerikil ("SSD") | = 2,50 gram/cc |
| e. Berat jenis genteng | = 2,1053 gram/cc |
| f. berat jenis semen | = 3,15 gram/cc |
| g. kekuatan semen | = 500 kg/cm ² |

(data dari pabrik semen Nusantara)

Secara garis besar, urutan langkah perancangan dengan metode "DREUX" adalah sebagai berikut:

1. Menghitung perbandingan berat semen dengan air dari rumus (1), (2) dan (3) dengan mengambil deviasi standar 60 (lihat tabel 2.3.), faktor kekompakan butiran 0,5 (lihat tabel 2.4.) dan kekuatan semen 500 kg/cm² didapat nilai perbandingan antara berat semen dengan berat air sebesar 1,6.

2. Menentukan kebutuhan semen.

Dari hasil langkah (1) yaitu perbandingan antara berat semen dengan berat air sebesar 1,6 dan mengambil nilai slump sebesar 10 cm, maka dari gambar 2.3. didapat kebutuhan semen sebesar 334,62 kg/m³.

3. Menentukan perbandingan antara pasir dengan kerikil. Dari rumus (5) dan faktor koreksi dari tabel 2.5, didapat ordinat $Y = 47,78$. Besar absis (X) berdasarkan agregat maksimum. Diameter agregat maksimum yang kita pakai adalah 12,7 mm maka absis didapat dari 0,5 diameter agregat maksimum yaitu sebesar $X = 6,35$ mm. Maka didapat titik patah $A = (6,35 ; 47,78)$. Dari kurva granulometri dengan menarik garis lurus yang menghubungkan titik 95% pada kurva pasir dan titik 5% pada kurva kerikil, maka ordinat titik potong antara garis tersebut dengan kurva reference merupakan prosentase pasir, dan dari titik potong ini sampai 100% merupakan prosentase kerikil.

Jadi didapat :

a. pasir = 39 %

b. kerikil = 61 %

Lihat grafik granulometri (gambar 3.1)

4. Menentukan koefisien kekompakan γ

Kekentalan beton = lembek

Cara pemadatan = tusukan



$$\begin{aligned} \text{Ukuran maksimal butiran (alam)} &= 12,7 \text{ mm} \\ \text{Dosis semen} &= 334,62 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

didapat $\gamma = 0,7782$ (termasuk faktor koreksi)

Jadi volume absolut bahan butiran ditambah dengan volume absolut semen sama dengan 778,2 liter untuk satu m^3 beton.

$$\begin{aligned} \text{Volume absolut semen} &= \frac{\text{berat semen}}{\text{B.D. semen}} = \frac{778,20}{3,15} \text{ liter} \\ &= 113,4 \text{ liter} \end{aligned}$$

Volume absolut (pasir + agregat kasar)

$$= (778,2 - 113,4) = 664,8 \text{ liter}$$

Volume absolut pasir

$$= 39 \% \times 664,8 = 259,272 \text{ liter/m}^3 \text{ beton}$$

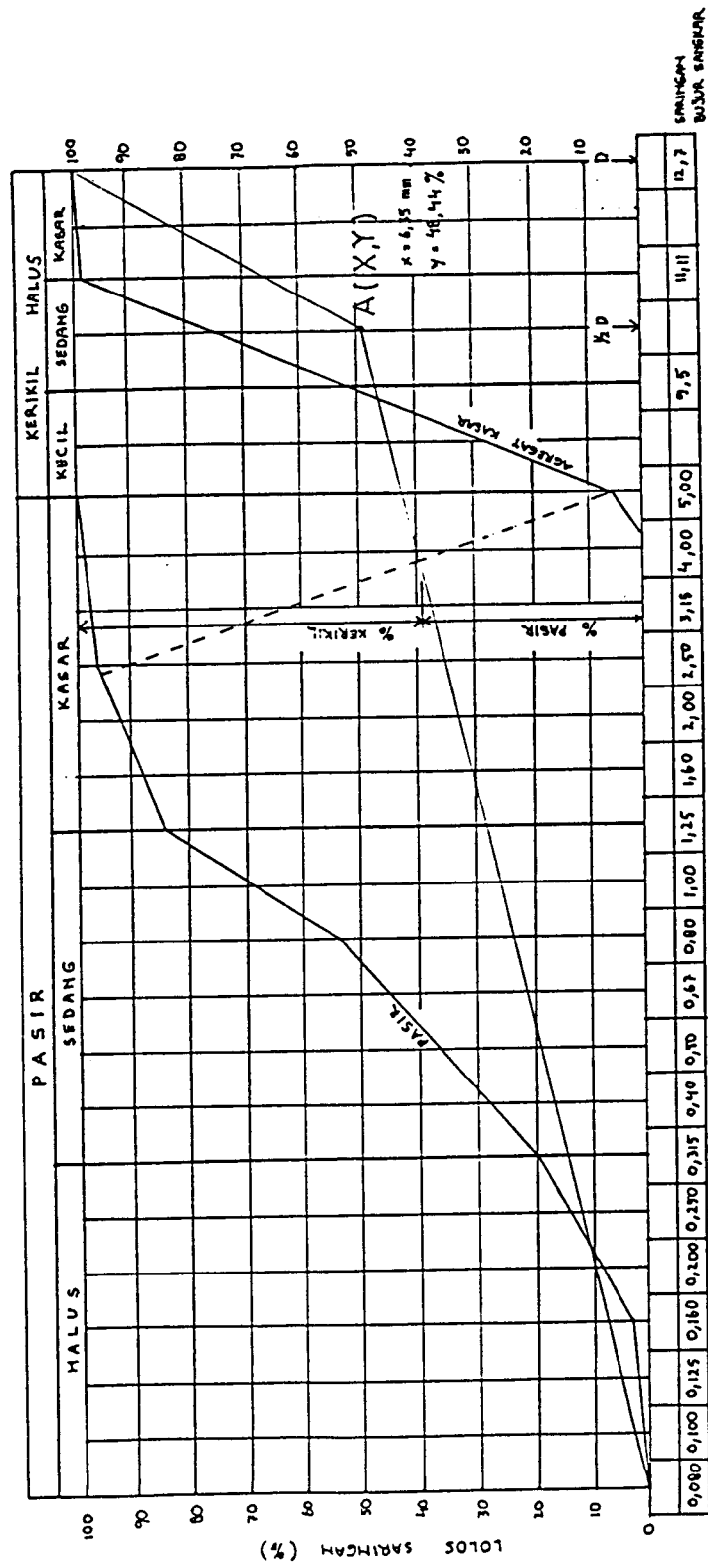
Volume absolut agregat kasar

$$= 61 \% \times 664,8 = 405,528 \text{ liter/m}^3 \text{ beton}$$

Untuk mengetahui berat pasir dan agregat kasar dalam tiap m^3 , maka tinggal dikalikan dengan berat jenis masing-masing material.

Dengan demikian komposisi untuk satu m^3 beton menjadi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{a. Berat pasir} &= 259,272 \times 2,667 = 691,4784 \text{ kg} \\ \text{b. Berat agregat kasar} &= 405,528 \times 2,5 = 1013,82 \text{ kg} \\ \text{c. Berat semen} &= 357,21 \text{ kg} \\ \text{d. Berat air} &= 357,21 : 1,6 = 223,25 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar. 3.1. Grafik Granulometri

3.4. Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Langkah-langkah yang dilakukan untuk pembuatan beton dan pemeriksaan slump dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan dan alat yang diperlukan untuk pembuatan beton dipersiapkan sebelumnya.
2. Bahan-bahan yang akan dipakai ditimbang beratnya, kemudian dimasukkan kemesin pengaduk (molen) berturut-turut agregat kasar, agregat halus, semen dan air sedikit demi sedikit.
3. Setelah semua bahan benar-benar bercampur, kemudian diperkirakan apakah kekentalannya sudah sesuai dengan "slump" 5 - 12,5 cm.
4. Pengukuran "slump" segera dilakukan setelah beton tercampur dengan rata.

Adapun cara untuk mendapatkan nilai slump, adalah sebagai berikut:

- a. Corong Abraham diletakkan pada tempat yang datar dengan posisi seperti terlihat pada gambar 2.1.
 - b. Adukan beton dimasukkan kedalam kerucut tersebut sebanyak $\frac{1}{3}$ bagiannya, kemudian ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali.
Hal ini dilakukan berulang sampai kerucut Abraham penuh terisi.
 - c. Setelah permukaan diratakan, kerucut ditarik vertikal secara perlahan.
 - d. Kerucut diletakkan disebelah adukan tersebut dan diukur penurunannya
 - e. Besar penurunan, disebut nilai "slump".
5. Kemudian pengisian adukan kedalam cetakan yang sudah diolesi dengan oli dan telah terkunci dengan rapat. Pengisian adukan ini dilakukan secara bertahap yaitu setiap $\frac{1}{2}$ bagian cetakan. Tiap bagian ini ditusuk-tusuk, untuk pemadatan adukan.

6. Setelah selesai melakukan pemadatan, ratakan permukaan beton dan ketuklah sisi-sisi cetak perlahan sampai rongga bekas tusukan tertutup. Biarkan beton didalam cetakan selama 24 jam dan diletakkan ditempat yang bebas getaran.
7. Setelah 24 jam, benda uji dikeluarkan dari cetakan, lalu ditutupi dengan goni basah yang berguna untuk pematangan ("curing"), sampai benda uji tersebut akan diuji.

3.5. Pengujian kuat lentur

Pengujian lentur terhadap benda uji dilakukan pada umur benda uji 14 hari dan 28 hari. Adapun tahap pengujian lentur adalah sebagai berikut:

1. Benda uji dikeluarkan dari tempat perawatan beton, sebelum diuji, benda uji terlebih dahulu didiamkan diudara terbuka \pm 24 jam.
2. Kemudian ditimbang dan diukur sisi-sisi benda uji.
3. Memberi tanda pada benda uji, yaitu pada titik sentuh benda uji dengan dukungannya dan pada titik sentuh benda uji dengan beban yang bekerja.
4. Setelah benda uji diletakkan pada tumpuan dan alat sebagai beban titik yang akan menekan benda uji didua tempat, kemudian mesin uji "hidraulik jack" dijalankan yang secara berangsur-angsur akan membebani benda uji sampai mencapai beban maksimum saat benda uji mengalami patah lentur.

Hasil pengujian benda uji ditunjukkan pada tabel. 3.1. dan tabel. 3.2. Sedangkan momen lentur berdasarkan rumus (13) akan terlihat pada tabel. 3.3. dan tabel. 3.4.

Tabel 3.1. Beban lentur benda uji beton kawat ayam

Benda Uji	Ukuran (cm)			Berat (kg)	Beban Maksimum (kg)	
	panjang	lebar	tinggi		14 hari	28 hari
BK - IA	100,05	30,15	5,02	35,90	235,00	270,00
BK - IB	100,08	30,18	5,02	35,95	250,00	267,50
BK - IC	100,00	30,17	5,02	34,95	257,00	252,50
BK - IIA	100,17	30,30	5,03	35,90	225,00	337,50
BK - IIB	100,08	30,75	5,08	37,15	232,00	302,50
BK - IIC	99,50	30,27	5,10	34,50	247,50	287,50
BK - IIIA	99,97	29,92	5,22	37,25	215,00	285,00
BK - IIIB	100,20	30,28	5,22	37,70	200,00	390,00
BK - IIIC	100,20	30,38	5,12	37,85	200,00	310,00

Tabel 3.2. Beban lentur benda uji beton genteng kawat ayam

Benda Uji	Ukuran (cm)			Berat (kg)	Beban Maksimum (kg)	
	panjang	lebar	tinggi		14 hari	28 hari
GK - IA	99,67	30,17	5,00	31,10	125,00	185,00
GK - IB	99,92	30,23	5,17	33,30	170,00	175,00
GK - IC	100,23	30,17	5,23	33,70	175,00	182,50
GK - IIA	100,33	30,17	5,28	32,25	130,00	157,50
GK - IIB	99,90	30,47	5,38	32,70	143,00	160,00
GK - IIC	100,08	30,48	5,18	32,35	145,00	217,00
GK - IIA	100,32	30,28	5,10	31,90	112,50	225,00
GK - IIIB	99,63	29,98	4,87	30,35	130,00	150,00
GK - IIIC	100,00	29,93	5,08	32,40	150,00	170,00

Tabel 3.3. Momen lentur beton kawat ayam berdasarkan hasil pengujian

Benda Uji	Momen Lentur (kg cm)	
	14 hari	28 hari
BK - IA	3525,00	4050,00
BK - IB	3750,00	4012,50
BK - IC	3855,00	3787,50
BK - IIA	3375,00	5062,50
BK - IIB	3480,00	4537,50
BK - IIC	3712,50	4312,50
BK - IIIA	3225,00	4275,00
BK - IIIB	3000,00	5850,00
BK - IIIC	3000,00	4650,00

Tabel 3.4. Momen lentur beton genteng kawat ayam berdasarkan hasil pengujian

Benda Uji	Momen Lentur (kg cm)	
	14 hari	28 hari
GK - IA	1875,0	2775,0
GK - IB	2550,0	2625,0
GK - IC	2625,0	2737,0
GK - IIA	1950,0	2362,5
GK - IIB	2145,0	2400,0
GK - IIC	2175,0	3255,0
GK - IIIA	1687,5	3375,0
GK - IIIB	1950,0	2250,0
GK - IIIC	2250,0	2550,0

3.6. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian tekan dilakukan terhadap benda uji beton kawat ayam dan kubus beton. Pada beton kawat ayam, pengujian setelah pengujian kuat lentur. Adapun tahapan pelaksanaan pengujian kuat tekan adalah sebagai berikut:

1. Hasil patahan pengujian kuat lentur pada benda uji beton kawat ayam diambil sebagian, Kemudian digarisi selebar 10 cm kearah melintang, dimaksudkan agar gaya akibat pembebanan berada pada satu garis lurus.
2. Benda uji kubus beton ditimbang dan diukur sisi-sisinya.
3. Benda uji dimasukkan kedalam mesin tekan. Bagi benda uji beton kawat ayam dimasukkan dalam posisi tegak, kemudian bagian atas dan bawah diletakkan plat baja dengan sisi 10 cm pada daerah yang telah ditandai.
4. Mesin uji tekan dijalankan, secara perlahan membebani benda uji hingga menjadi retak dan pecah. Kuat tekan maksimum benda uji tersebut adalah kuat tekan yang tercatat setelah benda uji menjadi retak dan pecah.

Hasil pengujian kuat tekan dan hasil perhitungan tegangan karakteristik beton, dapat dilihat pada tabel tabel 3.5.

Tabel. 3.5. Beban tekan beton kawat ayam

Benda Uji	Beban Tekan (kg)	
	14 hari	28 hari
BK - IA	7642,50	10903,30
BK - IB	8050,10	15081,20
BK - IC	8355,80	10801,40
BK - IIA	9986,20	14266,00
BK - IIB	9680,50	13145,10
BK - IIC	8661,50	11616,60
BK - IIIA	10393,80	9986,20
BK - IIIB	10291,90	12737,50
BK - IIIC	9171,00	14469,80

Tabel. 3.6. Beban tekan beton genteng kawat ayam

Benda Uji	Beban Tekan (kg)	
	14 hari	28 hari
GK - IA	4381,70	7642,50
GK - IB	4891,20	7133,00
GK - IC	5400,70	7336,80
GK - IIA	4076,70	7336,80
GK - IIB	4381,70	6827,30
GK - IIC	4585,50	7948,20
GK - IIIA	3057,00	5044,05
GK - IIIB	4076,00	6164,95
GK - IIIC	4585,50	5910,20

Tabel. 3.7. Kuat tekan beton kawat ayam

Benda Uji	Kuat Tekan (kg/cm ²)	
	14 hari	28 hari
BK - IA	152,20	217,20
BK - IB	160,20	300,42
BK - IC	166,45	215,17
BK - IIA	198,53	283,62
BK - IIB	190,56	258,76
BK - IIC	169,83	227,78
BK - IIIA	199,11	191,31
BK - IIIB	197,16	244,01
BK - IIIC	179,12	282,61

Tabel. 3.8. Kuat tekan beton genteng kawat ayam

Benda Uji	Kuat Tekan (Kg/cm ²)	
	14 hari	28 hari
GK - IA	87,63	152,85
GK - IB	94,61	137,97
GK - IC	103,26	140,28
GK - IIA	77,21	138,95
GK - IIB	81,44	126,90
GK - IIC	88,52	153,44
GK - IIIA	59,94	98,90
GK - IIIB	83,70	126,90
GK - IIIC	90,27	116,34

Tabel. 3.9. Kuat tekan rata-rata beton kawat ayam hasil pengujian

Benda Uji	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)	
	14 hari	28 hari
BK - I	153,760	206,880
BK - II	174,760	223,880
BK - III	182,760	194,740

Tabel. 3.10 Kuat tekan rata-rata beton genteng kawat ayam hasil pengujian

Benda Uji	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)	
	14 hari	28 hari
GK - I	88,700	137,160
GK - II	77,700	128,870
GK - III	64,890	102,460

Tabel 3.11. Beban tekan maksimum kubus kerikil

Benda Uji	Dimensi (cm)	Beban tekan (kg) Umur 28 hari
KK - I	15,0 x 15,2	81520
KK - II	15,1 x 15,3	83558
KK - III	15,4 x 15,2	80501

Tabel 3.12. Beban tekan maksimum kubus genteng

Benda Uji	Dimensi (cm)	Beban tekan (kg) Umur 28 hari
KG - I	15,4x 15,2	31487,10
KG - II	15,1 x 15,1	33525,10
KG - III	15,0 x 15,4	37193,50

Tabel 3.13. Kuat tekan kubus kerikil

Benda Uji	Kuat tekan (kg/cm ²) Umur 28 hari
KK - I	359,91
KK - II	361,68
KK - III	343,90

Tabel 3.14. Kuat tekan kubus genteng

Benda Uji	Kuat tekan (Kg/cm ²) Umur 28 hari
KG - I	134,51
KG - II	147,03
KG - III	161,01

3.7. Pengujian Kuat Tarik Kawat

Pengujian kuat tarik kawat ini dimaksudkan untuk mengetahui mutu atau tegangan leleh kawat (f_y). Karena kawat uji yang ditarik langsung putus, sehingga tegangan leleh tidak terbaca, maka yang didapat adalah tegangan maksimum (f_{maks}) seperti yang terlihat pada tabel.3.15. dan tabel. 3.16. Adapun tahapan pengujian kuat tarik kawat adalah sebagai berikut:

1. Kawat diambil (1) satu batang, kemudian diameter kawat diukur dengan menggunakan jangka sorong (kaliper).
2. Kawat tersebut dijepitkan kedua ujungnya pada mesin "Universal Testing Mechine" (UTM).
3. Mesin uji tersebut dijalankan, kemudian kawat ditarik secara berangsur-angsur hingga putus.

Sejalan dengan itu komputer mencatat pertambahan beban, tegangan dan regangan kawat tersebut.

Tabel 3.15. Beban maksimum pengujian tarik kawat

Jenis Kawat	Beban Tarik (kg)	Dimensi (mm)
I	31,0	1,2
II	19,5	0,8
III	85,0	1,6

Tabel 3.16. Tegangan putus kawat (f_{maks})

Jenis Kawat	Tegangan Putus (f_{maks}) (kg/cm ²)
I	2741,0
II	3879,4
III	4227,6

BAB IV PEMBAHASAN

4.1. Umum

Hasil penelitian yang diperoleh dari pengujian di laboratorium dan hasil perhitungan, dibahas pada bab ini. Pembahasan didasarkan pada kuat rata-rata, rumus-rumus, dan syarat-syarat yang berlaku.

Adapun pembahasan yang akan dilakukan meliputi:

- a. Pembahasan terhadap kuat lentur yang terjadi.
- b. Pembahasan terhadap momen lentur yang terjadi.
- c. Membanding antara momen lentur hasil dari percobaan dengan hasil hitungan analitis.
- d. Membanding antara tegangan desak karakteristik dari percobaan dengan tegangan karakteristik yang disyaratkan.

4.2. Kuat Lentur

Hasil pengujian kuat lentur seperti terlihat pada tabel. 3.1. dan tabel. 3.2. Menunjukkan beban lentur yang dapat ditahan oleh benda uji beton kawat ayam lebih besar dibanding benda uji beton genteng kawat. Hal ini disebabkan tingkat kekerasan kerikil lebih tinggi dibanding pecahan genteng.

Jenis kawat tipe III memberi kekuatan beton lebih besar dibanding jenis kawat lainnya pada umur beton 28 hari, karena jenis kawat ini mempunyai tegangan putus dan diameter yang lebih besar dibanding lainnya.

4.3. Momen Lentur

Momen lentur rata-rata seperti yang terlihat pada tabel 4.1 dan tabel 4.2, kemudian dilukiskan pada gambar 4.1 dan gambar 4.2, menunjukkan bahwa momen lentur yang terjadi untuk kawat ayam jenis III pada umur beton 28 hari lebih besar dibanding lainnya.

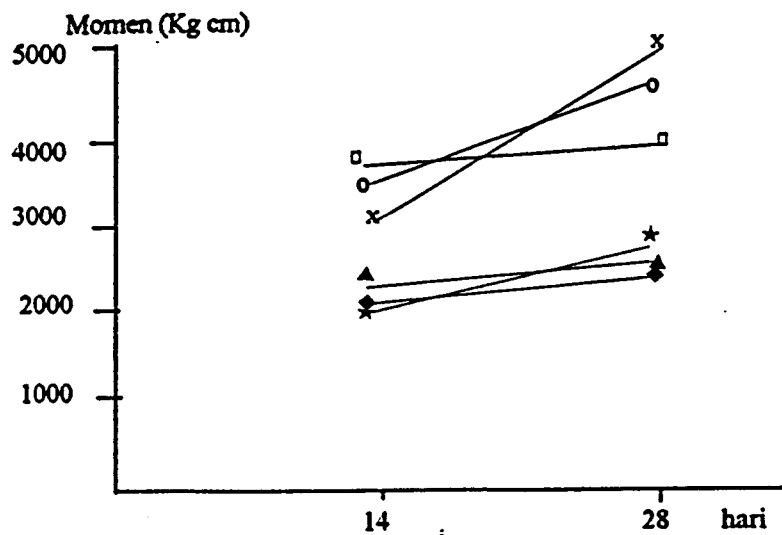
Hal ini berarti beton kawat ayam jenis III lebih kuat menahan beban lentur.

Tabel 4.1. Momen lentur rata-rata beton kawat ayam

Benda Uji	Momen lentur (kg cm)		Kenaikan %
	14 hari	28 hari	
BK - I	3710,0	3950,0	6,5
BK - II	3522,5	4637,5	31,7
BK - III	3075,0	4925,0	60,2

Tabel 4.2. Momen lentur rata-rata beton genteng kawat ayam

Benda Uji	Momen lentur (kg cm)		Kenaikan %
	14 hari	28 hari	
GK - I	2350,0	2712,5	15,4
GK - II	2090,0	2672,5	27,9
GK - III	1962,5	2725,0	38,9



Gambar 4.1. Grafik momen lentur beton kawat ayam dan beton genteng kawat ayam

Keterangan :

□ = BK - I
 ○ = BK - II
 X = BK - III

▲ = GK - I
 ◆ = GK - II
 ★ = GK - III

4.4. Perbandingan Momen Lentur Cara Analitis Dengan Hasil Pengujian

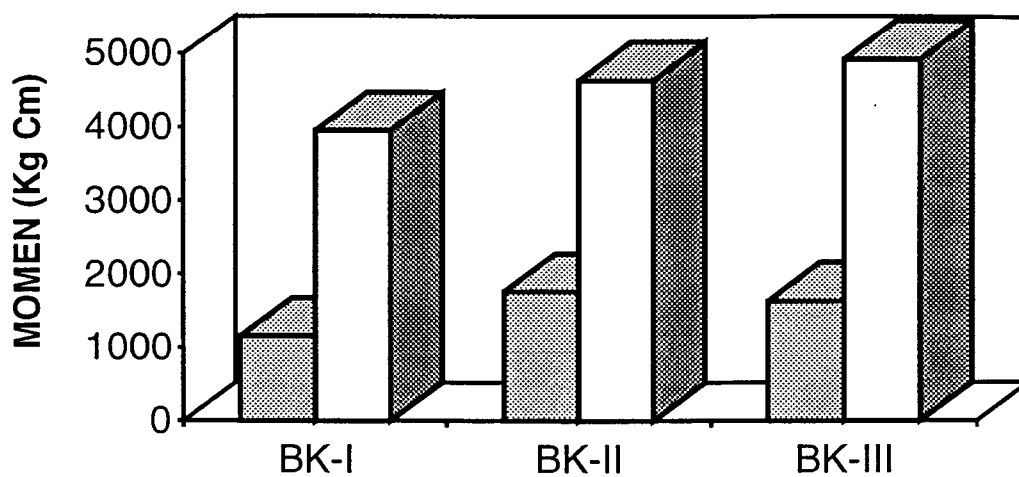
Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar perbedaan yang terjadi dari hasil pengujian terhadap hasil perhitungan secara analitis. Untuk lebih jelasnya, perbedaan momen lentur hasil pengujian terhadap perhitungan dengan cara analitis dapat dilihat pada tabel 4.3 dan tabel 4.4 serta gambar 4.2 dan gambar 4.3.

Tabel 4.3. Momen lentur rata-rata hasil pengujian dan hasil analitis beton kawat ayam

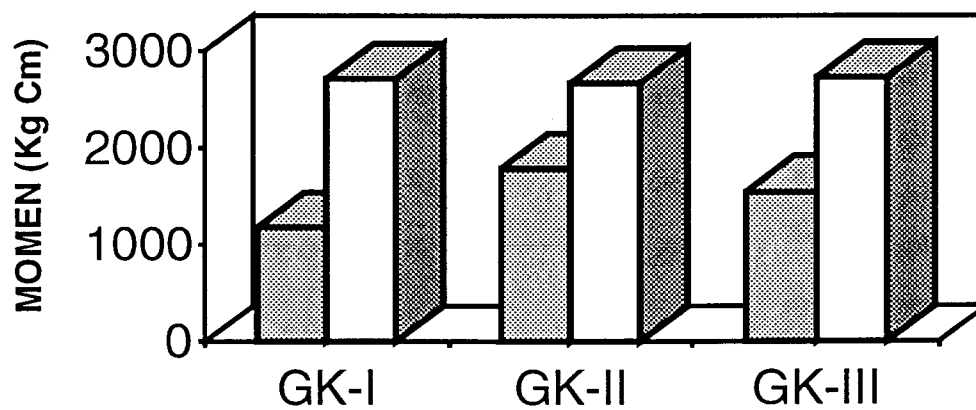
Benda	Momen lentur (kg cm)		
	Uji	Hasil analitis	Hasil pengujian
BK - I		1160,8461	3950,0
BK - II		1756,4410	4637,5
BK - III		1641,0191	4925,0

Tabel 4.4. Momen lentur rata-rata hasil pengujian dan hasil analitis beton genteng kawat ayam

Benda	Momen lentur (kg cm)		
	Uji	Hasil analitis	Hasil pengujian
GK - I		1179,9584	2712,5000
GK - II		1788,8832	2672,5000
GK - III		1551,9126	2725,2000



Gambar 4.2 Diagram momen lentur beton kawat ayam



Gambar 4.3 Diagram momen lentur beton genteng kawat ayam

Keterangan :

■ Hasil Hitungan

□ Hasil Pengujian

Dari tabel dan gambar diatas terlihat perbedaan yang sangat besar antara hasil pengujian dan hasil perhitungan, dimana momen lentur hasil pengujian lebih besar dibanding momen lentur hasil perhitungan. Perbedaan momen lentur ultimit hasil pengujian dengan hasil perhitungan untuk beton kawat ayam sebesar 3,5 kali dan untuk beton genteng kawat ayam sebesar 1,8 kali. Keadaan ini dikarenakan hasil perhitungan secara analitis didasarkan atas kekuatan batas dan hasil pengujian dilakukan sampai keadaan luluh.

4.5. Perbandingan Kuat Tekan Yang Direncanakan Dengan Hasil Pengujian

Perencanaan benda uji pelat beton kawat ayam dalam penelitian ini didasarkan pada kuat tekan yang direncanakan sebesar 175 kg/cm².

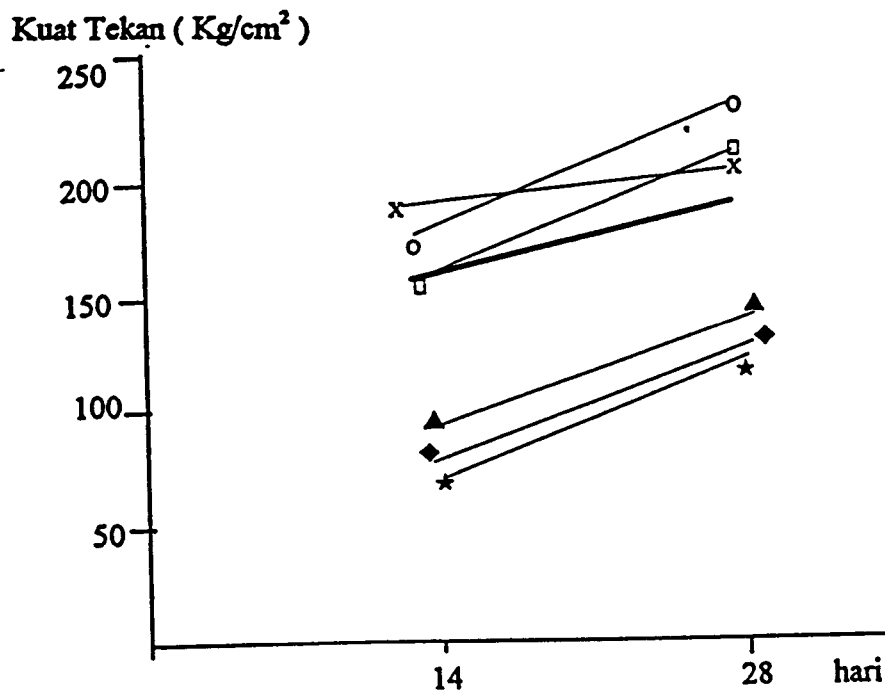
Perbedaan kuat tekan yang direncanakan dan kuat tekan hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.5 dan tabel 4.6 , serta gambar 4.4 dan gambar 4.5.

Tabel 4.5. Kuat tekan rata-rata beton kawat ayam yang direncanakan dan hasil pengujian

Benda	Tegangan tekan (kg/cm ²)			
	Hasil pengujian		Rencana	
Uji	14 hari	28 hari	14 hari	28 hari
BK - I	153,76	204,37	154	175
BK - II	174,16	223,78	154	175
BK - III	182,76	194,74	154	175

Tabel 4.6. Kuat tekan rata-rata beton genteng kawat ayam yang direncanakan dan hasil pengujian

Benda Uji	Tetapan tekan (kg/cm ²)			
	Hasil pengujian		Rencana	
	14 hari	28 hari	14 hari	28 hari
GK - I	88,75	137,16	154	175
GK - II	77,70	128,87	154	175
GK - III	64,89	102,46	154	175



Gambar 4.4. Grafik kuat tekan beton kawat ayam dan beton genteng kawat ayam yang direncanakan dengan hasil pengujian

Keterangan :

□ = BK - I	▲ = GK - I
○ = BK - II	◆ = GK - II
X = BK - III	★ = GK - III
— = Yang direncanakan	

Hasil dari tabel dan gambar diatas menunjukkan bahwa kuat tekan beton kawat ayam hasil pengujian, diatas kuat tekan yang direncanakan. Hal ini menggambarkan bahwa pelaksanaan pembuatan benda uji tersebut benar-benar baik dan komposisi campurannya memenuhi syarat, sesuai dengan apa yang kita rencanakan.

Sedangkan kuat tekan beton genteng kawat ayam berada dibawah kuat tekan yang direncanakan. Keadaan ini tidak bisa kita simpulkan bahwa pelaksanaan dan komposisi campuran tidak memenuhi syarat, karena adanya perbedaan kekerasan antara pecahan genteng dan kerikil. Selain itu dalam perencanaan campurannya menggunakan kerikil sebagai agregat kasar.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pelaksanaan penelitian dilaboratorium dan dibandingkan dengan hasil analisa perhitungan , dapat kita tarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Momen lentur yang diperoleh dari hasil pengujian lebih besar dibanding momen lentur hasil analisa perhitungan, baik itu benda uji beton kawat ayam maupun benda uji beton genteng kawat ayam.
2. Jenis kawat ayam III lebih baik dibanding lainnya, karena dapat menahan beban lentur dan momen lentur paling besar, serta tegangan putus kawatnya juga lebih besar ($f_y = 3978,87 \text{ kg/cm}^2$).
3. Kuat tekan yang terjadi pada benda uji beton kawat ayam lebih besar dari pada kuat tekan yang disyaratkan. Keadaan ini menunjukkan pelaksanaan pembuatan benda uji dan komposisi campurannya sesuai dengan "standart" yang disyaratkan / direncanakan.
4. Benda uji beton kawat ayam, pada saat mencapai beban maksimum tidak mengalami keruntuhan, karena masih ditahan oleh tulangan kawat ayam.

5. Pecahan genteng dapat digunakan sebagai alternatif pengganti kerikil, jika dalam perencanaan campurannya faktor kekerasan pecahan genteng tersebut diperhitungkan.
6. Beton dengan tulangan kawat ayam dapat digunakan sebagai alternatif pengganti dinding batu bata pada perumahan.

5.2. Saran

1. Untuk mendapatkan benda uji yang lebih baik, maka pada saat pembuatan benda uji perlu diperhatikan baik-baik komposisi campuran, cara pencampuran/ pengadukan dan pemadatan, serta perawatan benda uji.
2. Perlu diadakan penelitian selanjutnya mengenai sambungan, baik itu kekuatan sambungan maupun cara penyambungannya.
3. Dari hasil penelitian, penyusun menyarankan penggunaan beton dengan penulangan kawat ayam sebagai dinding rumah. Selain faktor keamanan dan kekuatannya, kita juga dapat menyelamatkan / mengurangi kerusakan lingkungan yang ditimbulkan akibat "eksplorasi" tanah liat ("Clay").

DAFTAR PUSTAKA

1. Kardiyono T, Ir. ME., Teknologi Beton, Buku ajar pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil UGM, Yogyakarta, 1992.
2. Murdock L.J, Brook K. M, Bahan dan Praktek Beton, terjemahan Ir. Stephanus Hendarko, penerbit Erlangga, Jakarta, 1986.
3. ————, PBTI N.I. - 2 1971, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan DPU, Bandung, 1977.
4. ————, SK SNI - 14 - 1989 - F, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta, 1989.
5. ————, SK SNI - M - 13 - 1989 - F, Metode Pengujian Berat Isi Beton, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakkarta, 1989.
6. ————, SK SNI - 28 - 1991 - 03, Tata Cara Pengadukan dan Pengecoran Beton, Yayasan LPMB departemen PU Bandung, 1991.
7. Jurnal Teknik Sipil, terbitan ITB tahun 1, No. 002 .

LAMPIRAN



LAMPIRAN I



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	EDI INDRAYANI	86310224		KONSTRUKSI
2.	IRFIN L.	88310094		KONSTRUKSI

Dosen Pembimbing I : : IR. SUSASTRAWAN, MS.
Dosen Pembimbing II : : IR. A. KADIR ABOE, MS.
1 2

Yogyakarta 28 JULI 1995
Dekan.

AN.
KETUA JURUSAN TEKNIK SIPIL,



(IR. BAMBANG SULISTIONO, MSCE).

LAMPIRAN II

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR

Berat pasir kering oven A (gram)	100
Berat pasir setelah dicuci di atas ayakan 0,075 & di oven B(gram)	96,7
Kadar lumpur = $(A-B)/B \times 100 \%$	3,3 %

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Gelas ukur diisi air (cc) (BA)	500
Berat benda uji "SSD" (gram) (BJ)	400
Gelas ukur diisi benda uji, kenaikan air (cc) (BK)	150
Berat jenis kondisi "SSD" = $BJ/(BK - BA)$	2,667

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR (KERIKIL)

Gelas ukur diisi air (cc) (BA)	500
Berat benda uji "SSD" (gram) (BJ)	400
Gelas ukur diisi benda uji, kenaikan air (cc) (BK)	160
Berat jenis kondisi "SSD" = $BJ/(BK - BA)$	2,5

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR (GENTENG)

Gelas ukur diisi air (cc) (BA)	500
Berat benda uji "SSD" (gram) (BJ)	400
Gelas ukur diisi benda uji, kenaikan air (cc) (BK)	190
Berat jenis kondisi "SSD" = $BJ/(BK - BA)$	2,1053

LAMPIRAN III

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN AGREGAT HALUS

Ukuran Saringan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)
4,75	0	0	0
2,36	43,89	4,39	4,39
1,18	107,30	10,73	15,12
0,85	314,95	31,50	46,62
0,30	340,10	34,01	80,63
0,15	169,10	16,91	97,54
sisa	4,66	3,18	-----
Jumlah	1000,00	100,00	244,30

$$\text{Modulus halus butir (mfs)} = \frac{244,30}{100} = 2,4430$$

LAMPIRAN IV

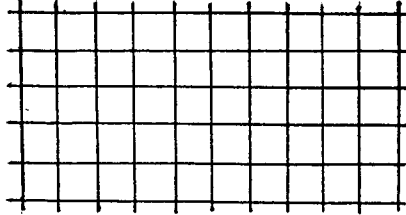
ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN AGREGAT KASAR (KERIKIL)

Ukuran saringan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)
12,70	0	0	0
11,11	10,80	0,540	0,540
9,50	855,30	42,765	43,305
4,75	1098,10	54,905	98,210
2,36	21,70	1,085	99,295
1,18	10,30	0,515	99,810
0,85	3,8	0,19	100
0,30	0	0	100
0,15	0	0	100
Jumlah	2000,00	100,00	736

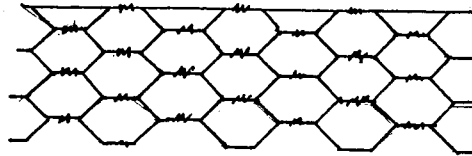
$$\text{Modulus halus butir (mfs)} = \frac{736}{100} = 7,36$$

LAMPIRAN
JENIS KAWAT

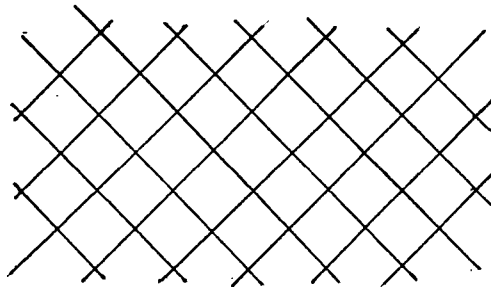
Jenis I :



Jenis II :



Jenis III :



Tabel data kawat

Jenis Kawat	Jumlah tulangan		Diameter tulangan (mm)
	Arah memanjang	Arah melebar	
I	50	15	1,2
II	64	36	0,8
III	29	8	1,6

LAMPIRAN VI

PERHITUNGAN MOMEN LENTUR SECARA ANALISA

Agar keseimbangan gaya horizontal terpenuhi, maka gaya tekan (C) kadar beton dan gaya tarik (T) pada tulangan harus saling mengimbangi.

- Beton kawat ayam (tipe III)

$$\begin{aligned} f_c &= 355,16 \text{ Kg/cm}^2 & ; f_y &= 3978,87 \text{ kg/cm}^2 \\ h &= 5,19 \text{ cm} \\ d &= 2,60 \text{ cm} \\ b &= 30,19 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= 0,85 f_c \times b \times a \\ &= 0,85 \times 355,16 \times 30,19 \times a \\ &= 9113,90 a \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= A \times f_y \\ &= 0,1608 \times 3978,87 = 639,8023 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 9113,90 a &= 639,8023 \\ a &= 0,0702 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C (d - a/2) \\ &= 0,85 \times 355,16 \times 30,19 \times 0,0702 \times (2,6 - 0,0702/2) \\ &= 1641,0191 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

Untuk kawat tipe I dan II diambil $f_y = f_{maks}$.

Dengan cara yang sama, momen nominal untuk jenis beton dan kawat lainnya dihitung dan hasilnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel momen lentur beton kawat ayam secara analitis

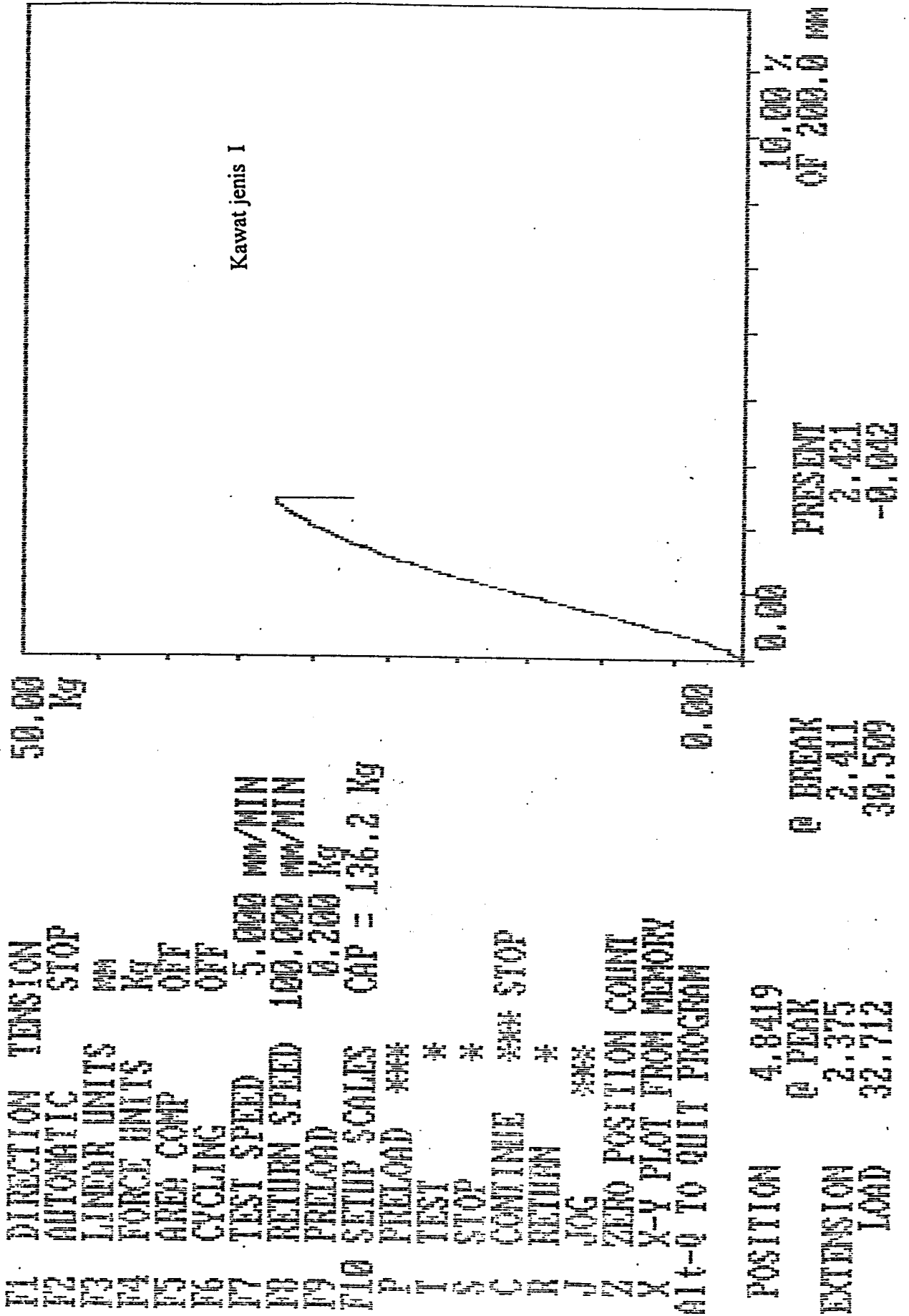
Benda Uji	Momen lentur (kg cm)
BK - I	1160,8461
BK - II	1756,4410
BK - III	1641,0191

Tabel momen lentur beton genteng kawat ayam secara analitis

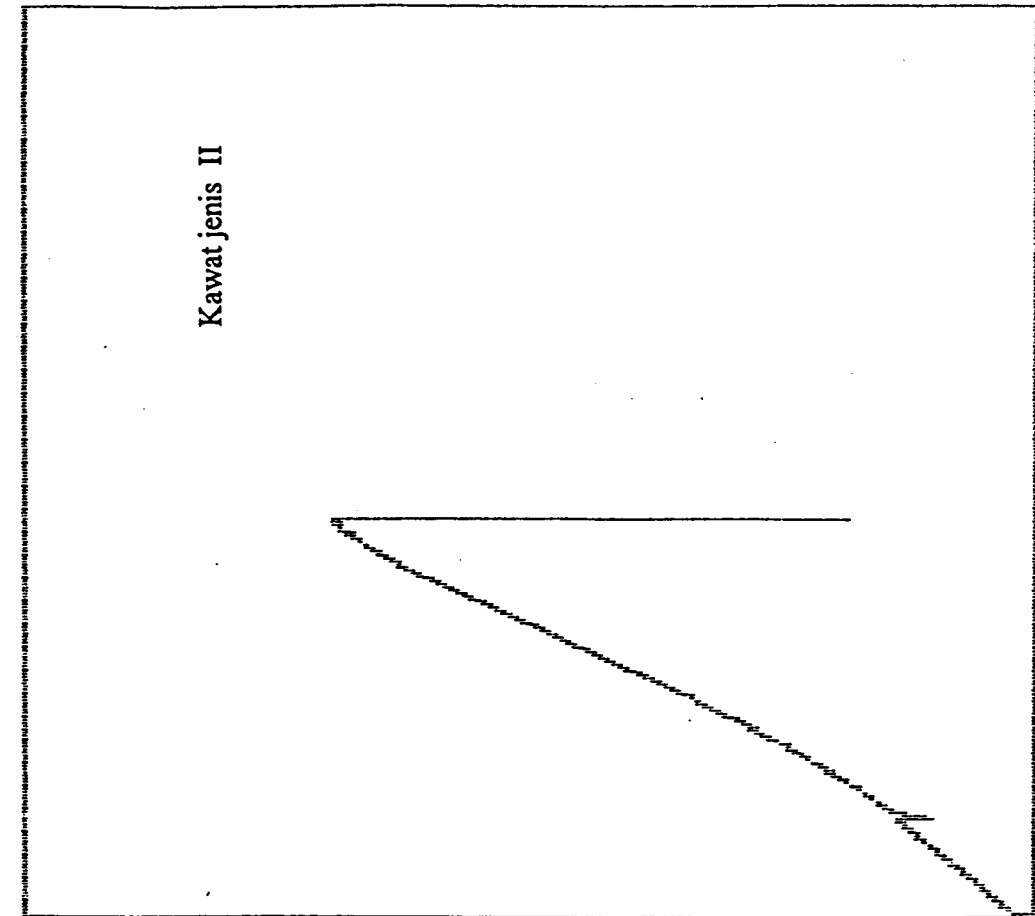
Benda Uji	Momen lentur (kg cm)
GK - I	1179,9584
GK - II	1788,8832
GK - III	1551,9126

LAMPIRAN VII

HASIL UJI TARIK KAWAT AYAM



F1 DIRECTION TENSION 25.00 Kg
 F2 AUTOMATIC STOP
 F3 LINEAR UNITS MM
 F4 FORCE UNITS Kg
 F5 AREA COMP OFF
 F6 CYCLING OFF
 F7 TEST SPEED 5.000 MM/MIN
 F8 RETURN SPEED 100.000 MM/MIN
 F9 PRELOAD 0.200 Kg
 F10 SETUP SCALES CAP = 136.2 Kg



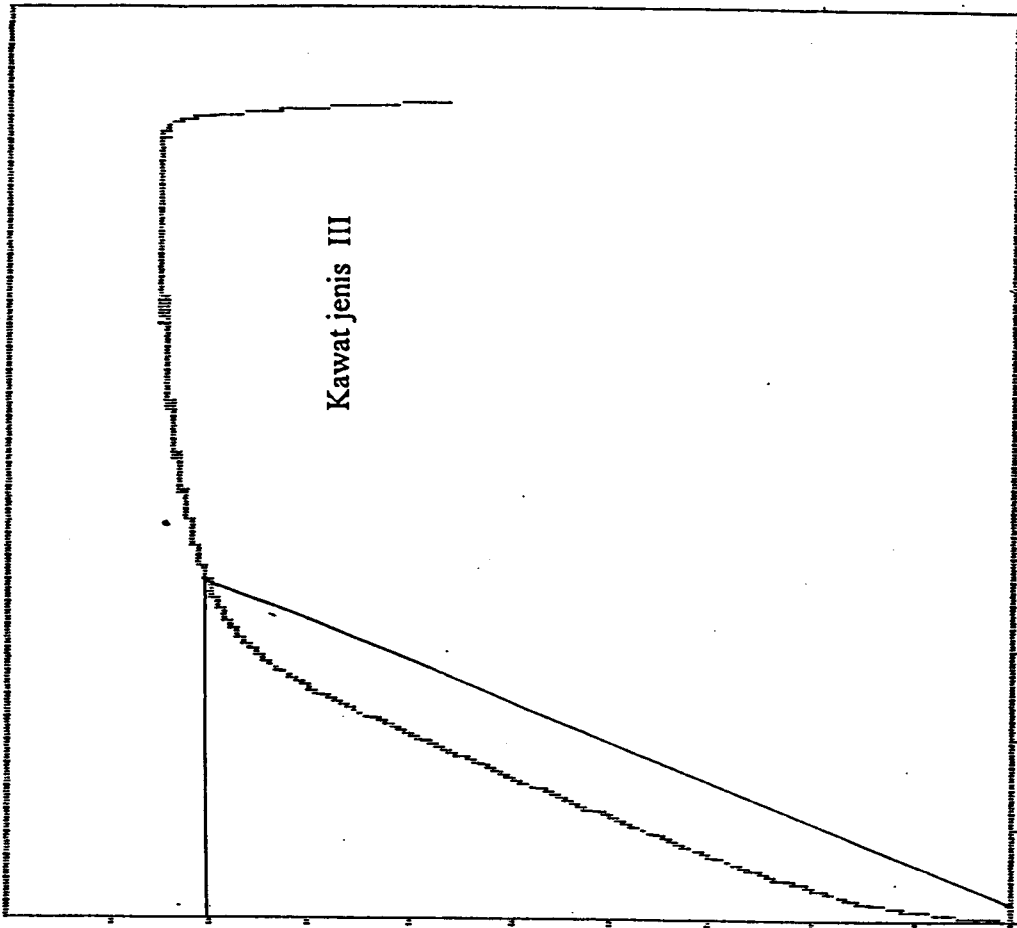
POSITION 8.7726 @ BREAK 10.00 %
 @ PEAK 4.373 OF 200.0 MM
 EXTENSION 17.399 PRESENT 4.385
 LOAD -6.403

P PRELOAD ***
 T TEST *
 S STOP *
 C CONTINUE *** STOP
 R RETURN *
 J JOG ***
 Z ZERO POSITION COUNT
 X X-Y PLOT FROM MEMORY
 Alt-Q TO QUIT PROGRAM

100.0
Kg

F1 DIRECTION TENSION
 F2 AUTOMATIC STOP
 F3 LINEAR UNITS MM
 F4 FORCE UNITS Kg
 F5 AREA COMP OFF
 F6 CYCLING OFF
 F7 TEST SPEED 5.0000 MM/MIN
 F8 RETURN SPEED 100.0000 MM/MIN
 F9 PRELOAD 0.2000 Kg
 F10 SETUP SCALES CAP = 136.2 Kg
 P PRELOAD ***
 T TEST *
 S STOP *
 C CONTINUE *** STOP
 N RETURN *
 J JOG ***
 Z ZERO POSITION COUNT
 X X-Y PLOT FROM MEMORY
 Alt-Q TO QUIT PROGRAM

8

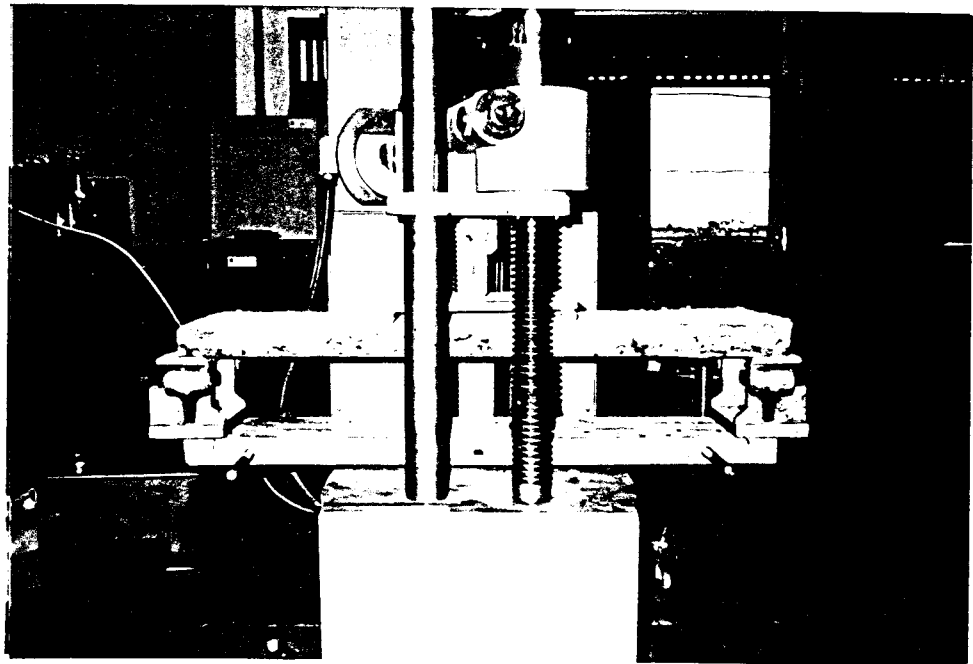


0.00
 PRESENT
 8.953
 -8.105
 10.00 %
 OF 200.0 MM

@ BREAK
 8.944
 58.316

POSITION 17.9051
 @ PEAK
 8.238
 85.208
 EXTENSION
 LOAD

LAMPIRAN
GAMBAR BENDA UJI dan ALAT



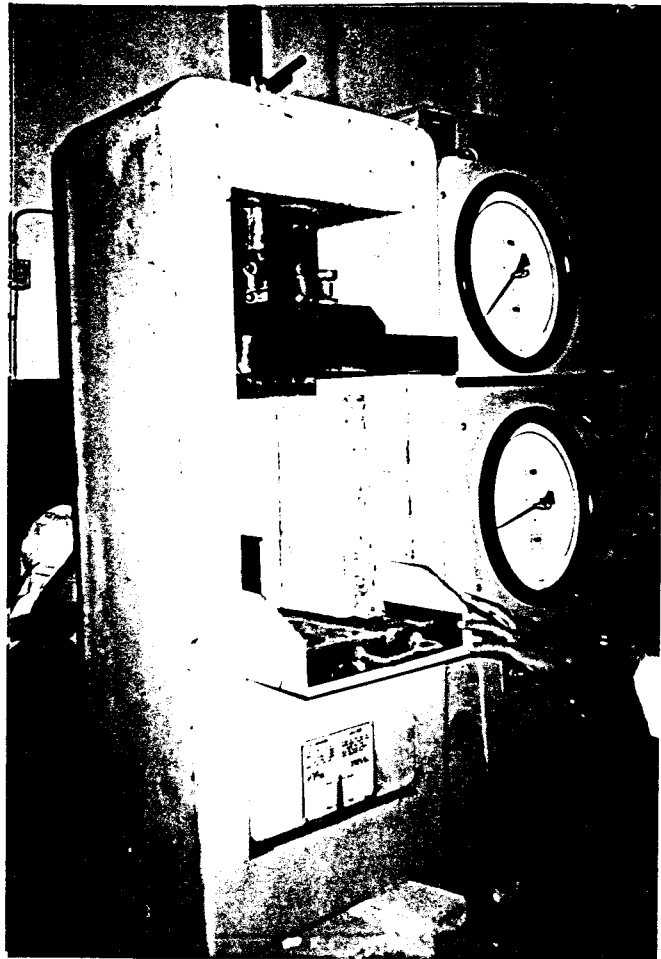
Gambar Uji Kuat Lentur Pelat Beton Kawat Ayam



Gambar Alat Uji Tarik Kawat Ayam (UTM)



Gambar Benda uji Pelat Beton Kawat Ayam



Gambar Uji Tekan Pelat Beton Kawat Ayam