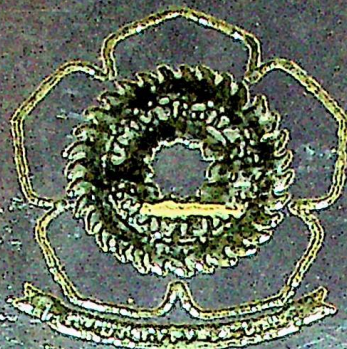


STUDI KEMERDIAAN MELATI BENTON TELANANG, PASIR DAN
TULANGS BAWA AT KASA SUSUN LAPIS MELANG



PERAN TUGAS AKHIR

Ditulis Oleh: Alexiadi, S. S. dan Handayani, C. dan S. S. dan S. S. dan S. S.
Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Gleb :

ALEXIADI
0253110036

Diese Pembimbing :

Ir. H. Imren Fitri Asdra, M.S

UNIVERSITAS SRIWJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL

2010

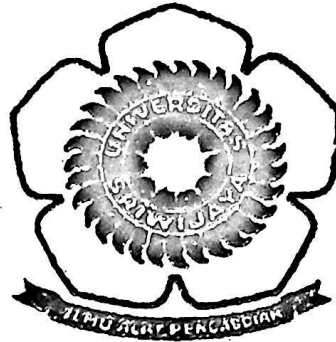
S
624.177 607

Ale

8

2010

**STUDI EKSPERIMENTAL PELAT BETON TULANGAN BIASA DAN
TULANGAN KAWAT KASA SUSUN LAPIS SILANG**



LAPORAN TUGAS AKHIR

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

Oleh :

**ALEX RIADI
03053110046**

Dosen Pembimbing :

Ir. H. Imron Fikri Astira, M.S

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

2010



**UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

TANDA PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**NAMA : ALEX RIADI
NIM : 03053110046
JURUSAN : TEKNIK SIPIL
JUDUL LAPORAN : STUDI EKSPERIMENTAL PELAT BETON
TULANGAN BIASA DAN TULANGAN KAWAT
KASA SUSUN LAPIS SILANG**

Indralaya, Agustus 2010

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya



Ir. H. Yakni Idris, Msc, MSCE

NIP. 195812111987031002



**UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

TANDA PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

NAMA : ALEX RIADI
NIM : 03053110046
JURUSAN : TEKNIK SIPIL
**JUDUL LAPORAN : STUDI EKSPERIMENTAL PELAT BETON
TULANGAN BIASA DAN TULANGAN KAWAT
KASA SUSUN LAPIS SILANG**

Indralaya, Agustus 2010

Dosen Pembimbing

Ir. H. Imron Fikri Astira, M.S

NIP. 195402241985031001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT, karena berkat anugrah dan berkat-Nya lah Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Studi Eksperimental Pelat Beton Tulangan Biasa Dan Tulangan Kawat Kasa Susun Lapis Silang” dengan baik dan tepat waktu.

Selama melakukan penelitian dan penyusunan laporan tugas abutukhir ini, Penulis sangat banyak mendapat bimbingan, arahan dan pertolongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. **Ibu tersayang (.....kau pergi saat ku butuhkan), Bapak, K’edi, Y’nur, K’Andi, Y’ani, Syarief dan Raffi** dengan semua curahan kasih sayang kepada Penulis. Baik itu dukungan doa, moral dan materil yang didapatkan Penulis selama melaksanakan perkuliahan.
2. **Bapak Ir. Imron Fikri Astira, MS**, selaku pembimbing skripsi yang dengan penuh kesabaran membimbing Penulis selama melaksanakan Tugas Akhir ini.
3. **Bapak Prof. DR. Ir. Taufik Toha, DEA**, selaku Dekan Fakultas Teknik
4. **Bapak Ir. Yakni Idris, Msc, MSCE**, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil
5. **Bapak Budhi Setiawan, S.T, MT, PhD**,selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil.
6. **Bapak Ir.Indra Chusaini San, M.S**, selaku Pembimbing Akademik.
7. **Seluruh staf dan Dosen Teknik Sipil (yuk tini, k’aang, k’jun)**, untuk semua bimbingan dan pertolongan yang diterima oleh Penulis.
8. **Deri, Agus, Idul T, Adiaman Situmorang**, selaku tim Penulis dalam melaksanakan penelitian dari awal hingga akhir penelitian.
9. **Dicky Azwar Rangkuti**, atas bantuan mengangkat pelat.

Akhir kata, penulis berharap laporan penelitian ini dapat bermanfaat untuk banyak orang.

Inderalaya, Juli 2010

Penulis

STUDI EKSPERIMENTAL PELAT BETON TULANGAN BIASA DAN TULANGAN KAWAT KASA SUSUN LAPIS SILANG

Oleh
Alex Riadi
03053110046

Abstrak

Pada saat ini inovasi dalam bidang teknik sipil sangat dibutuhkan untuk mendukung keefektifan penggunaan material yang nantinya dapat bermanfaat bagi lingkungan. Penelitian ini pada awalnya didasarkan pada kesadaran di atas, dimana bertujuan mencoba kemungkinan variasi tulangan yang pada umumnya menggunakan tulangan besi biasa diganti dengan tulangan kawat kasa. Sedangkan material lainnya seperti agregat kasar, agregat halus dan semen berasal dari sekitar wilayah yang ada di Sumatera Selatan.

Penelitian ini menggunakan metode SNI 03-2834-2000 untuk perhitungan desain campuran (*mix design*) dan metode SNI 03-2847-2002 untuk pengujian pembebanan. Mutu beton yang direncanakan adalah $f_c' 30$ Mpa. Sedangkan sampel yang digunakan adalah pelat dengan dimensi 200 cm x 200 cm x 6 cm sebanyak dua buah. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton dan Laboratorium Struktur Universitas Sriwijaya.

Data yang didapat dari penelitian ini bersumber dari pengujian pembebanan (*loading test*) melalui pembacaan *dial gauge* dan juga perhitungan secara teoritis melalui metode Navier. Data yang didapat melalui bacaan *dial gauge* kemudian disajikan dalam bentuk grafik sehingga akan jelas perbandingan besar lendutan maksimum dari masing-masing dial. Di samping itu, penggunaan tulangan kawat kasa kemudian dihitung nilai ekonomisannya jika dibandingkan dengan penggunaan tulangan biasa yang umum digunakan.

Dari pengujian pembebanan (*loading test*) yang dilakukan dengan kuat tekan beton $f_c' 26,32$ Mpa terhadap pelat dengan dimensi 200 cm x 200 cm x 6 cm, untuk pelat tulangan biasa didapat nilai lendutan maksimum rata-ratanya adalah 0,826 mm sedangkan untuk tulangan kawat kasa lapis penuh nilai lendutan maksimumnya adalah 0,63 mm. Sedangkan menurut perhitungan teoritis dengan metode Navier lendutan maksimumnya adalah 0,744 mm. Nilai ekonomis dari harga tiap pelat tulangan kawat kasa terhadap tulangan biasa adalah sebesar 18,1 % dan jika di tinjau dari tulangan yang digunakan saja, tulangan kawat kasa lebih ekonomis 48,06 % terhadap tulangan biasa.

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Persetujuan.....	ii
Halaman Persembahan.....	iv
Kata Pengantar.....	v
Abstrak.....	vii
Daftar isi.....	viii
Daftar Tabel.....	
Daftar Gambar.....	
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.5 Metode Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pengertian Pelat.....	5
2.2 Material Pembentuk Pelat.....	7
2.2.1 Semen.....	8
2.2.1.1 Kehalusan butiran semen.....	9
2.2.1.2 Waktu pengikatan dan pengerasan semen.....	10
2.2.1.3 Hubungan kadar semen dengan kekuatan beton dan faktor air semen (FAS).....	10
2.2.4.1 Panas Hidrasi Semen.....	11
2.2.2 Agregat.....	12
2.2.2.1 Jenis-jenis agregat.....	13
2.2.2.2 Gradasi agregat.....	16
2.2.2.3 Kekuatan agregat.....	21
2.2.2.4 Sifat termal agregat.....	21
2.2.3 Air.....	21
2.2.4 Tulangan.....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	24
3.1 Persiapan Bahan-bahan Penelitian.....	25
3.2 Persiapan Peralatan.....	25
3.3 Pengujian Bahan.....	26
3.3.1 Pengujian agregat halus.....	26
3.3.2 Pengujian agregat kasar.....	27

3.4	Pembuatan Bekisting, Bak Penampung Air dan Perakitan Tulangan.....	28
3.5	Pembuatan Benda Uji.....	29
3.6	Pengujian Benda Uji.....	30
3.6.1	Pengujian Kuat Tekan Beton	30
3.6.2	Pengujian dengan Metode <i>Loading Test</i>	30
3.7	Analisa Data dan Pembahasan	32
3.8	Perhitungan besar lendutan maksimum secara teoritis	33
BAB IV HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....		34
4.1	Data Hasil Pengujian Material.....	34
4.2	Desain Campuran atau <i>Job Mix Formula (JMF)</i>	34
4.3	Perhitungan Pembebanan Pelat	37
4.4	Perhitungan tulangan biasa dan konversinya terhadap tulangan Kawat kasa.....	38
4.4.1	Tulangan biasa / normal	38
4.4.2	Tulangan kawat kasa.....	39
4.5	Perhitungan lendutan maksimum secara teoritis.....	40
4.6	Data hasil bacaan dial terhadap pelat normal 200 cm x 200 cm	43
4.7	Data hasil bacaan dial terhadap pelat tulangan kawat kasa lapis silang.....	50
4.8	Perbandingan lendutan maksimum antara pelat tulangan normal dan tulangan kawat kasa susun lapis silang.....	57
4.9	Perbandingan lendutan antara pelat tulangan normal/biasa dengan pelat tulangan kawat kasa susun lapis.....	61
4.10	Perbandingan nilai momen nominal (Mn)	66
4.11	Perbandingan nilai keekonomisan pelat tulangan normal dengan pelat kawat kasa	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		
5.1	Kesimpulan.....	72
5.2	Saran.....	73
Daftar Pustaka		74
Lampiran		75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Batas gradasi agregat halus (SNI).....	17
Tabel 2.2	Persen butir lewat ayakan (%) untuk agregat dengan butir Maksimum 10 mm	18
Tabel 2.3	Persen butir lewat ayakan (%) untuk agregat dengan butir Maksimum 20 mm	19
Tabel 2.4	Persen butir lewat ayakan (%) untuk agregat dengan butir Maksimum 40 mm	20
Tabel 4.1	Hasil pengujian material.....	34
Tabel 4.2	Perencanaan campuran beton $f_c' = 30$ Mpa dengan benda uji silinder Menurut metode SNI 03-2834-2000.....	35
Tabel 4.3	Hasil pengujian kuat tekan beton	36
Tabel 4.4	Hasil perhitungan lendutan maksimum dengan metode Navier	42
Tabel 4.5	Pembacaan dial untuk pelat tulangan normal 200 cm x 200 cm sampel 1 (pertama).....	43
Tabel 4.6	Pembacaan dial untuk pelat normal 200 cm x 200 cm sampel 2 (kedua).....	45
Tabel 4.7	Rata-rata pembacaan dial tulangan normal sampel 1 (pertama)	47
Tabel 4.8	Rata-rata pembacaan dial tulangan normal sampel 2 (kedua).....	48
Tabel 4.9	Pembacaan dial untuk pelat tulangan kawat kasa lapis penuh sampel 1 (pertama).....	50
Tabel 4.10	Pembacaan dial untuk pelat tulangan kawat kasa lapis penuh sampel 2 (kedua).....	52
Tabel 4.11	Rata-rata pembacaan dial kawat kasa sampel 1 (pertama)	54
Tabel 4.12	Rata-rata pembacaan dial kawat kasa sampel 2 (kedua)	56
Tabel 4.13	Perbandingan lendutan yang terjadi pada masing-masing pelat	61
Tabel 4.14	Rata-rata besar lendutan sampel 1 dan sampel 2 tulangan biasa (A) dan tulangan kawat kasa (B)	61
Tabel 4.15	Tabel besar lendutan maksimum antara pelat tulangan normal dan tulangan kawat kasa secara teoritis dan eksperimental.....	66
Tabel 4.16	Selisih tinggi air dan Mn antara pelat tulangan normal dengan pelat tulangan kawat kasa	70
Tabel 4.17	Perbandingan keekonomisan pelat tulangan biasa dan pelat tulangan kawat kasa	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik Daerah Gradasi Standard Agregat dengan butiran Maksimum 10 mm	18
Gambar 2.2	Grafik Daerah Gradasi Standard Agregat dengan butiran Maksimum 20 mm	19
Gambar 2.3	Grafik Daerah Gradasi Standard Agregat dengan butiran Maksimum 40 mm	20
Gambar 3.1	Bagan Alir Penelitian	24
Gambar 3.2	Rangkaian tulangan kawat kasa	28
Gambar 3.3	Ilustrasi perbandingan tulangan biasa dan tulangan kawat kasa.....	29
Gambar 3.4	Skema pembebanan benda uji	31
Gambar 3.5	Alur proses pengujian pembebanan	32
Gambar 4.1	Grafik penambahan dan pengurangan beban untuk pelat tulangan normal sampel 1 (pertama)	58
Gambar 4.2	Grafik penambahan dan pengurangan beban untuk pelat tulangan normal sampel 2 (kedua).....	59
Gambar 4.3	Grafik penambahan dan pengurangan beban untuk pelat tulangan kawat kasa sampel 1 (pertama).....	60
Gambar 4.4	Grafik lendutan titik tepi, titik tengah dan titik sudut tulangan biasa.....	64
Gambar 4.5	Grafik lendutan titik tepi, titik tengah dan titik sudut tulangan kawat kasa susun lapis	65
Gambar 4.6	Grafik perbandingan ketinggian air saat lendutan yang sama	68

DAFTAR LAMPIRAN

Pemeriksaan kadar organik	76
Pemeriksaan kadar lumpur.....	77
Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus	78
Pemeriksaan Berat Volume Agregat Halus.....	79
Analisa saringan agregat halus.....	80
Pemeriksaan specific gravity & penyerapan agregat halus.....	81
Pemeriksaan kadar air agregat kasar	82
Pemeriksaan berat volume agregat kasar	83
Pemeriksaan analisa saringan agregat kasar	84
Pemeriksaan specific gravity & penyerapan agregat kasar.....	85
Dokumentasi Pengujian Material	86
Dokumentasi Persiapan dan Pengujian Material	87
Perhitungan dengan metode Navier.....	88



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan, akhir-akhir ini banyak sekali dijumpai berbagai macam inovasi. Dalam bidang teknik sipil juga sangat diharapkan berbagai macam pemikiran yang nantinya diharapkan dapat menjadi suatu solusi dari sebuah masalah yang dihadapi sekarang. Khusus untuk bidang konstruksi, ada banyak hal yang dapat menjadi bahan penelitian yang memerlukan banyak inovasi yang lebih efisien misalnya dalam hal perancangan gedung, jembatan dan jenis pekerjaan konstruksi yang lainnya.

Untuk bidang konstruksi yang berupa kolom, balok ataupun pelat, telah banyak dilakukan penelitian sebelumnya. Penelitian tersebut umumnya membahas penggantian atau penambahan suatu bahan yang bertujuan untuk memperkuat struktur, misalnya penggunaan baja profil sebagai tulangan ataupun penambahan bahan-bahan kimia semisal *fly ash* dan *conplast*. Dalam kesempatan ini, yang menjadi pusat perhatian adalah dalam hal penggunaan tulangan pada elemen pelat pada umumnya. Penggunaan besi/baja yang umum dijumpai adalah besi polos maupun besi ulir.

Penggunaan tulangan pada beton akan meningkatkan kuat tarik beton, hal ini disebabkan sifat beton yang memiliki kuat tekan yang besar tetapi kuat tariknya yang relatif kecil. Oleh karena itu, penambahan besi sebagai tulangan pada beton akan dapat menambah kuat tarik beton itu sendiri. Namun belakangan ini, nilai jual besi sendiri mulai naik, hal ini tentu saja membuat biaya pembangunan semakin tinggi. Untuk mengimbangi harga besi yang mulai tinggi, dalam penelitian ini akan digunakan kawat kasa sebagai pengganti tulangan biasa.

Pemilihan kawat kasa sendiri didasarkan pada harga jual kawat kasa yang lebih rendah dari besi, selain itu kawat kasa yang berbentuk seperti jala memudahkan dalam perangkaian tulangan dan berat kawat kasa yang lebih ringan dibandingkan besi. Kawat kasa juga mudah didapat, karena masyarakat mengenal kawat kasa sebagai bahan

pembuat kandang burung ataupun ayam. Dalam penelitian ini akan dibuat pelat lantai dengan tulangan biasa dan pelat lantai dengan tulangan kawat kasa susun silang.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan utama yang dibahas dalam penelitian ini adalah membandingkan lendutan yang terjadi pada pelat lantai dengan tulangan polos diameter 6 mm dengan pelat lantai tulangan kawat kasa diameter 0,7 mm susun lapis silang, dengan mutu beton yang sama.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

- Mengetahui besarnya lendutan yang dihasilkan oleh pelat tulangan besi polos/biasa dengan tulangan kawat kasa.
- Membandingkan besarnya lendutan antara tulangan besi polos/biasa dan tulangan kawat kasa secara eksperimental dan secara teoritis dengan menggunakan metode Navier.
- Membandingkan keekonomisan antara pelat beton tulangan besi polos/biasa dan tulangan kawat kasa.
- Mengetahui keefektifan antara penggunaan tulangan besi polos/biasa dan tulangan kawat kasa.

1.4 Ruang Lingkup Penulisan

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya. Benda uji berbentuk pelat berukuran (200 x 200x 6) cm sebanyak 4 buah, dengan pembagian masing-masing 2 buah pelat untuk tulangan polos diameter 6 mm dan 2 buah pelat lagi untuk tulangan kasa diameter 0,7 mm. Pelat beton diuji setelah berumur 28 hari dengan menggunakan metode SNI 03-2847-2002. Mutu beton yang digunakan dalam eksperimen ini adalah $F_c' 30$ Mpa. Material yang digunakan berasal dari kawasan Sumatera Selatan, sedangkan semen yang digunakan semen tipe I.

Metode pembebanan yang diujikan pada pelat beton dalam penelitian ini adalah *loading test*, dengan menggunakan air sebagai beban merata yang membebani pelat. Dibagian tertentu dibawah pelat, dipasang dial *gauge* untuk mengetahui lendutan pada pelat. Perletakan pelat yang menumpu diatas meja uji dianggap sendi.

Data yang diperoleh dari hasil penelitian akan dianalisis dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, sehingga akan didapat suatu gambaran mengenai hubungan pembebanan dan lendutan. Dari analisa data, didapat suatu kesimpulan serta saran-saran yang diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap ilmu pengetahuan khususnya bidang struktur.

1.5 Metode Penelitian

Keseluruhan langkah dalam penelitian ini disesuaikan dengan pedoman yang digunakan. Dalam hal ini adalah SNI 03-2834-2000 untuk perhitungan desain campuran (*mix design*) dan SNI 03-2847-2002 tentang tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung dimana didalamnya telah tercantum mengenai tata cara uji beban yang baku digunakan.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan tugas akhir ini dapat diuraikan sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Menguraikan secara umum tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan tentang dasar-dasar teori yang menunjang gagasan dilakukan eksperimen.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memberikan gambaran mengenai metode pelaksanaan eksperimen secara keseluruhan serta gambaran umum benda uji yang dibuat.

BAB IV : PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil dari pengujian yang didapat selama eksperimen berlangsung dalam bentuk tabel dan grafik. Dalam bab ini juga akan dilakukan pembahasan terhadap hasil yang diperoleh dari pengujian.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil penelitian dan pembahasannya sebagai hasil dari penelitian secara keseluruhan. Serta saran dari penulis mengenai topik yang diambil untuk kemungkinan diadakannya penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA**DAFTAR LAMPIRAN**

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Pelat

Dalam konstruksi bangunan, ada beberapa elemen kaku yang umum digunakan yakni berupa balok, kolom, pelengkung atau cangkang, dan pelat. Dalam laporan ini, yang menjadi kajian utama dari elemen-elemen utama struktur tersebut adalah pelat.

Pelat merupakan struktur bidang (permukaan) yang lurus, (datar atau tidak melengkung) yang tebalnya jauh lebih kecil dibanding dengan dimensinya yang lain. Geometri suatu pelat bisa dibatasi oleh garis lurus atau garis lengkung. Ditinjau dari segi statika, konstruksi tepi pelat bisa bebas, bertumpuan sederhana, dan jepit, termasuk tumpuan titik / terpusat.

Berdasarkan aksi strukturalnya, pelat umumnya dibedakan atas kategori utama yakni :

- a. Pelat kaku, yang merupakan pelat tipis yang memiliki ketegaran lentur, dan memikul beban dengan aksi dua dimensi, terutama dengan momen dalam dan gaya geser transversal, yang umumnya sama dengan balok.
- b. Membran, yang merupakan pelat tipis tanpa ketegaran lentur dan memikul beban lateral dengan gaya geser aksial dan gaya geser terpusat. Aksi pemikul beban seperti ini bisa didekati dengan jaringan kabel yang tegang karena ketebalannya yang sangat tipis membuat daya tahan dapat diabaikan.
- c. Pelat fleksibel, yang merupakan gabungan dari pelat kaku dan membran, dan memikul beban luar dengan gabungan aksi momen dalam, gaya geser transversal dan gaya geser pusat, serta gaya aksial. Pelat seperti ini sering dipakai dalam industri ruang angkasa, karena perbandingan berat dengan bebannya menguntungkan.

Disamping pembagian jenis pelat di atas, ada juga pembagian jenis pelat yang lainnya yakni pembagian berdasarkan struktur penopangnya. Jenis pelat menurut struktur penopangnya dibagi atas beberapa macam, yakni :

a. Sistem pelat slab

Adalah pelat beton bertulang yang langsung ditumpu oleh kolom-kolom tanpa balok. Sistem ini dipakai bila bentangan tidak besar dan intensitas beban tidak terlalu besar. Tebal pelat slab pada umumnya adalah 125 mm hingga 250mm untuk bentangan 4m sampai 7,5 m. Sistem pelat inibanyak digunakan pada bangunan beresiko rendah terhadap beban angin dan gempa.

b. Sistem pelat dan balok

Sistem ini dari slab menerus yang ditumpu balok-balok monolit yang umumnya ditempatkan pada jarak 3-6 meter. Tebal pelat ditetapkan berdasarkan pertimbangan struktur yang mencakup aspek keamanan terhadap bahaya kebakaran, sistem ini banyak dipakai. aplikasi ketinggian balok dibatasi oleh jarak langit-langit yang tersedia. Sistem bersifat kokoh dan sering digunakan untuk menunjang sistem lantai yang tidak beraturan.

c. Sistem lajur balok

Sistem ini serupa dengan balok pelat, tetapi balok yang menggunakan balok – balok dangkal yang lebih besar. Sistem ini semakin banyak diterapkan pada bangunan yang memperhitungkan tinggi antara langit-langit dan lantai. Pada sistem ini balok lajur tidak perlu dihubungkan dengan kolom interior atau kolom eksterior. Pelat diantara balok lajur dapat didesain sebagai elemen yang memiliki momen inersia yang bervariasi dengan memperhitungkan penebalan balok. Alternatif lain adalah dengan menepatkan balok-balok anak membentang diantara balok – balok lajur.

Langkah Perhitungan Tulangan Pelat

Direncanakan suatu pelat dengan ukuran penampang lebar b cm, tinggi h cm, panjang l cm, dengan jumlah tulangan n dan diameter tulangan D . Menggunakan mutu beton f_c' dan mutu baja f_y . Kemudian dianalisa berapa beban yang dapat dipikul dan momen resistannya.

1. Menghitung tinggi efektif pelat

$$d = h - (s + \frac{1}{2}D) \dots\dots\dots(2.1)$$

2. Menghitung As yang dipakai

$$A_s = n \times \frac{1}{4}\pi d^2 \dots\dots\dots(2.2)$$

3. Menentukan rasio tulangan

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\rho = \frac{A_s}{b.d} \dots\dots\dots(2.4)$$

Rasio penulangan dalam keadaan seimbang regangan

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \frac{600}{600 + f_y} \text{ dimana } \beta_1 = 0,85 (f_c' \leq 30 \text{ Mpa}) \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\text{Syarat : } \rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{maks}$$

4. Menghitung momen ultimit yang dapat dipikul pelat

$$M_u = A_s \cdot f_y \cdot z$$

$$\text{Dimana : } z = d - \frac{a}{2} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$A = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \dots\dots\dots(2.8)$$

Disamping pendalaman mengenai pelat di atas, kita juga perlu untuk tahu apa saja material – material pembentuk dari pelat tersebut. Secara umum material pembentuk pelat itu adalah agregat kasar, agregat halus, semen dan tulangan, namun untuk memperkuat mutu beton tersebut kadang kala ditambah dengan bahan campuran yang biasanya berupa zat kimia sering disebut dengan zat additive.

2.2 Material Pembentuk Pelat

Secara umum material pembentuk dari pelat beton adalah air, agregat (agregat kasar dan agregat halus), semen dan tulangan. Macam-macam material pembentuk pelat bton tersebut harus memenuhi ketentuan yang digunakan, dalam hal ini adalah standard nasional Indonesia (SNI).

Pengertian dari material-material pembentuk tulangan tersebut menurut standard acuan penelitian ini adalah :

2.2.1 Semen

Semen merupakan bagian terpenting dalam pembuatan beton. Jika dicampur dengan air, semen akan menjadi pasta, sedangkan jika dicampur dengan air kemudian ditambah pasir menjadi mortar semen dan jika ditambah lagi dengan kerikil atau batu pecah disebut beton.

Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butiran agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting. Dengan proses waktu dan panas, reaksi kimia terjadi dengan menghasilkan sifat perkerasan pada pasta semen.

Semen yang biasa digunakan adalah semen Portland (PC). Pada tahun 1824, seorang ahli bernama Joseph Aspdin berkebangsaan Inggris menemukan suatu bahan tanah liat yang dapat menghasilkan suatu perekat agregat bila dicampur dengan air. Dinamakan PC karena semen yang dihasilkan mempunyai warna serupa dengan tanah liat alam di Pulau Portland. Semen portland di dalam ilmu bahan-bahan termasuk dalam golongan bahan perekat hidrolis, yaitu suatu bahan yang akan mengeras bila dicampur dengan air.

Semen Portland dapat dibedakan menjadi lima tipe. Adapun pembagian tipe dalam semen portland adalah :

1. Semen Portland Tipe I (*Ordinary Portland Cement*)

Semen biasa (normal) digunakan untuk beton yang tidak dipengaruhi oleh lingkungan, seperti sulfat, perbedaan suhu yang ekstrim. Semen jenis ini paling banyak diproduksi karena digunakan untuk hampir semua jenis konstruksi.

2. Semen Portland Tipe II (*Modified Portland Cement*)

Digunakan untuk pencegahan terhadap serangan sulfat dari lingkungan, seperti untuk struktur bawah tanah. Semen tipe II ini lebih tahan terhadap serangan sulfat dari pada semen tipe I

3. Semen Portland Tipe III (*Rapid-Hardening Portland Cement*)

Beton yang dihasilkan mempunyai waktu perkerasan yang cepat (*high early strength*). Kekuatan 28 hari umumnya dicapai dalam 1 minggu. Semen jenis ini umumnya dipakai ketika acuan harus dibongkar secepat mungkin atau ketika struktur harus dapat cepat dipakai, biasanya digunakan pada pembuatan jalan yang harus cepat dibuka untuk kepentingan umum. Panas hidrasinya 50 % lebih tinggi dari yang ditimbulkan oleh semen tipe I.

4. Semen Portland Tipe IV (*Low-Heat Portland Cement*)

Beton yang dibuat akan memberikan panas hidrasi rendah, cocok untuk pekerjaan beton massa. Semen ini tidak diproduksi lagi dalam jumlah besar tetapi di ganti dengan semen tipe II.

5. Semen Portland Tipe V (*Sulphate-Resisting Portland Cement*)

Semen ini cocok untuk beton yang menahan serangan sulfat dengan kadar tinggi. Semen jenis ini umumnya dipakai di daerah dimana tanah atau airnya memiliki kandungan sulfat yang tinggi.

Selain itu dikenal pula beberapa semen khusus, seperti : Semen putih, semen pozolan, semen untuk sumur minyak (*oil well cement*), semen plastik (*plastic cement*), semen ekspansif, *regulated set cement*.

2.2.1.1 Kehalusan butiran semen

Ukuran partikel semen mempunyai pengaruh yang besar terhadap kelajuan reaksi antara semen dengan air. Untuk suatu berat tertentu semen halus, luas permukaan partikel lebih besar daripada semen yang kasar. Ini menyebabkan kecepatan reaksi antara semen dengan air lebih tinggi, yang artinya proses pengerasan akan lebih cepat untuk yang luas permukaannya lebih besar. Inilah yang merupakan salah-satu sebab mengapa semen yang berkekuatan awal tinggi (semen tipe III) mencapai kekuatannya kurang dari 7 hari. Juga kekuatan yang dicapai dalam 7 hari oleh semen jenis III sama dengan kekuatan yang dicapai dalam 28 hari oleh semen jenis I.

2.2.1.2 Waktu Pengikatan dan Pengerasan Semen

Waktu ikat adalah waktu yang diperlukan untuk mengeras, terhitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan. Waktu ikat semen dibagi menjadi 2 macam yaitu waktu ikat awal dan waktu ikat akhir. Waktu ikat awal (*Initial setting time*) yaitu waktu dari pencampuran semen dengan air menjadi pasta hingga hilangnya sifat keplastisan. Sedangkan waktu ikatan akhir (*Final setting time*) adalah waktu antara terbentuknya pasta semen hingga beton mengeras.

Suatu perubahan semen dari keadaan lunak hingga menjadi keras disebut dengan waktu pengerasan dan waktu diperlukan untuk pengikatan itu sendiri disebut waktu ikat. Batas waktu pengikatan ada dua yaitu waktu pengikatan awal dan pengikatan akhir. Waktu pengikatan awal minimum 45 menit. Beton yang dibuat dengan semen Portland, pada umumnya membutuhkan sekitar 14 hari untuk mencapai kekuatan yang cukup besar agar acuan dapat dibongkar dan agar beban-beban dari konstruksi dapat dipikul. Kekuatan rencana dari beton yang demikian dicapai dalam waktu 28 hari.

Salah satu sifat yang penting dari semen adalah kekerasannya. Kekerasan ini dapat kurang sempurna apabila disebabkan pemuaihan yang tidak merata pada senyawa-senyawa atau bagian-bagian dari semen. Setelah selesai pengikatan maka dimulai proses membatu, yang semakin sempurna setelah beberapa tahun. Penentuan waktu ikat bertujuan untuk mengetahui jumlah air yang dibutuhkan agar menghasilkan pasta campuran beton dengan konsistensi yang normal.

2.2.1.3 Hubungan kadar semen dengan kekuatan beton dan Faktor Air Semen (FAS)

Pada umumnya orang mengetahui bahwa kekuatan beton akan bertambah bila pemakaian semen juga bertambah, padahal bahwa bila penambahan proporsi semen dapat memperbesar penyusutan, sehingga untuk campuran-campuran yang mempunyai perbandingan antara air dengan semen adalah sama. Hal ini, pemakaian air dan semen yang terlalu banyak dapat menyebabkan penyusutan yang biasa dengan mengikat kecenderungan slump untuk retak-retak

Beton yang memiliki *workability* didefinisikan sebagai beton yang dapat dengan mudah dikerjakan atau dituangkan (*poured*) kedalam cetakan (*forms, molds*) dan dapat dengan mudah dibentuk (Ilsley Hewes, 1942). Kekuatan beton akan turun jika air yang ditambahkan kedalam campuran semakin banyak. Karena itu penambahan air harus dilakukan sedikit demi sedikit sampai nilai maksimum dalam rencana tercapai.

Faktor air semen (FAS) atau *water cement ratio* (*wcr*) adalah indikator yang penting dalam perancangan campuran beton. Faktor air semen adalah berat air dibagi dengan berat semen yang dituliskan sebagai :

$$\text{FAS} = \text{berat air} / \text{berat semen}$$

FAS yang rendah menyebabkan air yang berada diantara bagian-bagian semen sedikit dan jarak antar butiran-butiran semen menjadi pendek. Akibatnya, massa semen lebih menunjukkan keterkaitannya (kekuatan awal lebih berpengaruh).

Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Ada batas-batas dalam hal ini. Nilai FAS yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Umumnya nilai FAS minimum diberikan sekitar 0,4 dan maksimum 0,65. Pada prakteknya, untuk mengatasi kesulitan pengerjaan karena rendahnya nilai FAS ini, ditambahkan bahan tambah "*Admixture Concrete*" yang bersifat menambah keenceran "*Plasticity or Plasticizer Admixture*".

2.2.1.4 Panas Hidrasi Semen

Panas hidrasi semen adalah panas yang timbul pada saat berlangsung reaksi antara semen dan air. Jumlah panas yang dikeluarkan terutama bergantung pada susunan kimia, kehalusan butiran semen serta suhu pada waktu dilaksanakan perawatan.

Karena berbagai jenis semen menghasilkan panas yang berbeda-beda, juga dengan kelajuan pelepasan panas yang berbeda-beda, maka sangat perlu diketahui untuk struktur apakah semen tersebut digunakan. Semakin besar dan berat penampang struktur beton, semakin sedikit panas hidrasi yang diinginkan. Untuk struktur-struktur pasif

seperti bendungan, pondasi sumuran, dan dermaga, semen yang paling menguntungkan untuk digunakan adalah semen jenis tipe IV.

Jenis struktur, cuaca dan kondisi lainnya ditempat struktur tersebut akan dibangun merupakan faktor-faktor yang menentukan dalam memilih jenis semen yang akan dipakai.

2.2.2 Agregat

Agregat merupakan bahan campuran beton yang diikat oleh perekat semen. Sifat yang paling penting dari suatu agregat adalah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu dingin. Agregat yang umum yang dipakai adalah pasir, koral dan batu pecah (*split*).

Agregat merupakan komponen yang sangat berperan dalam pekerjaan desain campuran. Agregat biasanya menempati sekitar 60 sampai 80% dari volume total beton, sehingga sifat dari agregat ini mempunyai pengaruh besar terhadap perilaku dari beton yang sudah mengeras. Sifat agregat bukan hanya mempengaruhi sifat beton, akan tetapi juga mempengaruhi daya tahan terhadap kemunduran mutu akibat penyusutan, pemuaihan dan pengaruh luar (*durability*).

Mengingat agregat lebih murah daripada semen maka akan ekonomis bila agregat dimasukkan sebanyak mungkin dalam pembuatan beton selama secara teknis memungkinkan, dan kandungan semennya minimum. Agregat yang digunakan dalam campuran beton biasanya berukuran lebih kecil dari 40 mm. agregat yang ukurannya lebih besar dari 40 mm dapat digunakan untuk pekerjaan sipil lainnya, seperti pekerjaan jalan-jalan, tanggul-tanggul penahan tanah, bendungan, dan lainnya. Agregat halus biasanya dinamakan pasir dengan ukuran butiran lebih kecil dari 4,80 mm (menurut *British standard*) atau 4,75 mm (menurut standard *ASTM*) dan agregat kasar dinamakan kerikil, batu pecah, kricak, dan lainnya dengan ukuran butiran lebih besar dari 4,80 mm (menurut *British standard*) atau 4,75 mm (menurut standard *ASTM*).

Adapun penggunaan agregat dalam beton adalah untuk:

1. Menghemat penggunaan semen Portland.
2. Menghasilkan kekuatan yang besar pada beton.
3. Mengurangi susut pengerasan beton.
4. Mencapai susunan yang padat pada beton. Dengan gradasi agregat yang baik, maka akan didapatkan beton yang padat.
5. Mengontrol "*workability*" atau sifat dapat dikerjakan aduk beton. Dengan gradasi agregat yang baik, maka akan didapatkan beton yang mudah dikerjakan atau memiliki "*workability*" yang baik.

Agregat yang dapat dipakai untuk beton harus memenuhi syarat antara lain :

1. Bersih dari zat organik.
2. Tidak bercampur dengan tanah / lumpur.
3. Bebas dari sifat penyerapan secara kimia.
4. Mempunyai ikatan yang baik dengan pasta.
5. Distribusi / gradasi ukuran agregat memenuhi ketentuan yang berlaku.

2.2.2.1 Jenis-Jenis Agregat

Berdasarkan ukurannya, agregat yang digunakan sebagai pembentuk beton dibagi dalam dua jenis, yaitu :

A. Agregat Halus

Agregat halus adalah Pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara 'alami' dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 4,8 mm. Agregat halus dapat digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu :

1. Pasir galian, dapat diperoleh langsung dari permukaan tanah, atau dengan cara menggali dari dalam tanah.
2. Pasir sungai, diperoleh langsung dari dasar sungai. Pasir sungai pada umumnya berbutir halus dan berbentuk bulat, diakibatkan karena proses gesekan yang terjadi.
3. Pasir laut, adalah pasir yang diambil dari pantai. Bentuk butirannya halus dan bulat, karena proses gesekan. Pasir jenis ini banyak mengandung garam, oleh karena itu kurang baik untuk bahan bangunan.

Dalam pemakaian agregat halus/ pasir untuk beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 75 micron (ayakan no 200) dalam % berat, maksimum sebesar :
 - a. untuk beton yang mengalami abrasi : 3 %
 - b. untuk jenis beton lainnya : 5%
- b. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik atau sisa hewan dan tumbuhan yang terlalu banyak. Bila diuji dengan larutan natrium sulfat dibandingkan dengan warna standard atau pembanding tidak telalu tua dari warna standard atau pembanding.
- c. Pasir harus terdiri dari butiran-butiran yang beraneka ragam dan apabila diayak dengan susunan sebagai berikut :
 - sisa ayakan 40 mm minimum 0-2% berat total
 - sisa ayakan 1 mm minimum 80-90% berat total
 - sisa ayakan 0,25 mm maksimum 100% berat total
- d. Pasir laut tidak boleh dipakai, karena mengandung kadar garam.
- e. Sifat kekal yang diuji dalam larutan jenuh garam sulfat :
 - a. jika dipakai natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 10%
 - b. jika dipakai magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 15%.

Pemilihan dalam persentase agregat halus memiliki peranan yang penting dalam membuat suatu beton. Terlalu sedikit pasir dapat menghasilkan beton yang *segresi/keropos* karena kelebihan agregat kasar. Terlalu banyak pasir yang dipakai juga akan menghasilkan beton dengan kepadatan rendah dan kebutuhan air yang tinggi. Pada umumnya pasir menempati 25% - 65% volume dari total agregat.

B. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi secara 'alami' dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir 5 – 40 mm.

Adapun jenis-jenis agregat kasar adalah sebagai berikut :

1. Batu pecah alami (*natural crushed stone*)

Diperoleh dari pemecahan batuan alam seperti dari jenis endesit, basalt, sedimen, metamorphic atau lainnya. Beton yang memakai agregat ini akan memberikan kekuatan yang lebih tinggi, namun lebih sulit dalam pengadukannya (*workability*).

2. Batu kerikil (*natural gravel*)

Jenis batuan ini merupakan hasil pengikisan oleh air yang mengalir. Kekuatan beton yang dihasilkan akan lebih rendah, namun lebih mudah dalam pengerjaannya.

3. Agregat kasar buatan (*artificial coarse aggregate*)

Jenis agregat ini antara lain adalah slag (terak) yaitu limbah pabrik baja dan nikel. Selain itu ada pula yang namanya ALWA (*Artificial Light Weight Aggregate*) dibuat dari *expanded shale* atau dari abu terbang (*fly ash* – limbah batubara).

4. *Heavy weight and nuclear shielding aggregate*

Untuk keperluan beton tahan radiasi seperti sinar X, sinar gamma dan neutron, maka faktor ekonomis dan *workability* tidak menjadi perhatian / pertimbangan. Jenis agregat ini antara lain dari barites, magnetites dan limonites.

Agregat kasar beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. agregat kasar beton dapat berupa kerikil (koral) sebagai hasil disintegrasi atau pembentukan alami dari batuan atau berypa batuan pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Agregat kasar memiliki ukuran minimum lebih besar dari 5 mm.
2. agregat kasar tidak boleh berpori dan terdiri atas butiran yang keras. Agregat kasar yang mengandung butiran-butiran pipih, dapat dipakai asalkan jumlahnya tidak melebihi 20% dari berat total. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh matahari atau hujan.
3. agregat kasar tidak boleh mengandung Lumpur lebih dari 1% terhadap berat kering dan tidak mengandung zat-zat yang merusak beton. Apabila kadar Lumpur lebih dari 1% maka agregat harus dicuci.
4. agregat kasar harus terdiri dari butiran-butiran yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
 - Sisa di atas ayakan 31,5 mm lebih kurang 10% dari berat total.

- Sisa di atas ayakan 1 mm lebih kurang (90-96)% dari berat total.
- Selisih antara sisa kumulatif diatas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% berat total, minimum 10% berat total. Besar butir agregat maksimum tidak boleh lebih dari 1,5 jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, 1/3 dari tebal pelat, 3/4 dari jarak besi minimum antara tulangan-tulangan.
- Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.

Semakin banyak bahan batuan yang digunakan dalam beton, maka akan semakin hemat dalam penggunaan semen portland, sehingga semakin murah harganya. Tentu saja dalam penggunaan bahan batuan tersebut ada batasnya, sebab pasta semen diperlukan untuk pelekatan butir-butir dalam pengisian rongga-rongga halus dalam adukan beton. Karena bahan batuan tidak susut, maka susut pengerasan hanya disebabkan oleh adanya pengerasan pasta semen. Semakin banyak agregatnya, semakin berkurang susut pengerasan betonnya. Dalam penelitian beton ini agregat kasar yang digunakan split 1/2 dari lahat dan koral jagung dari komering.

2.2.2.2 Gradasi agregat

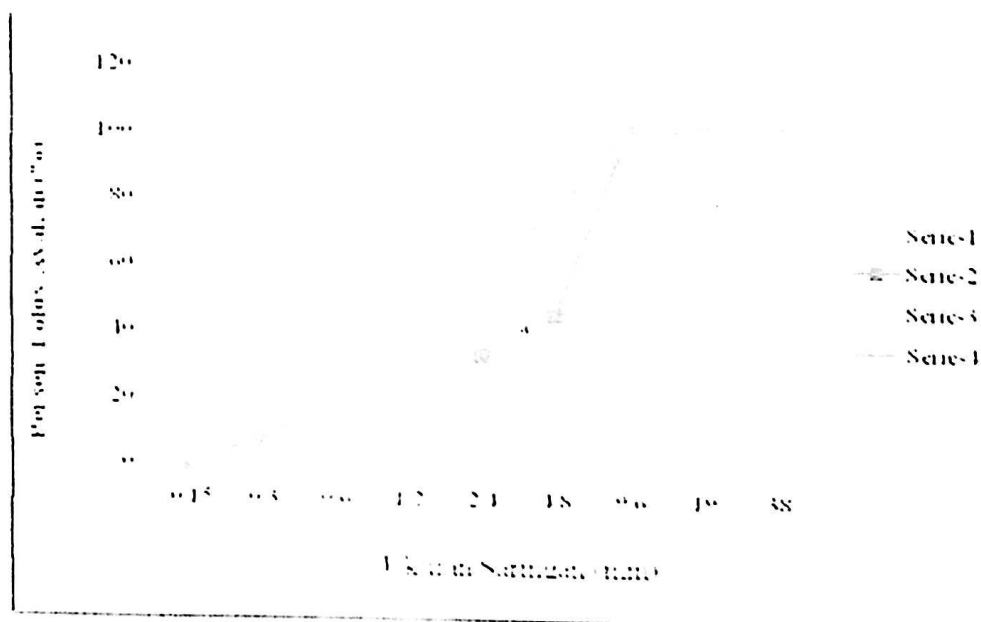
Gradasi suatu agregat adalah distribusi dari ukuran butiran agregat. Agregat diayak berurutan menurut ayakan standar, yang disusun mulai dari ayakan terbesar dibagian paling atas. Agregat diletakkan dibagian teratas tersebut. Setelah digetarkan cukup lama, berat agregat yang tertahan pada setiap ayakan dicatat, dihitung persentasenya.

Gradasi (*grading*) dapat mempengaruhi *workability* dan kepadatan beton dengan demikian gradasi mempengaruhi karakteristik kekuatan. Pada gradasi baik, agregat dengan ukuran yang lebih kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat yang lebih besar. Untuk itu gradasi agregat halus sebaiknya dikontrol dan diperhatikan. Gradasi dari suatu sumber umumnya tidak sesuai dengan gradasi yang disyaratkan, dalam hal ini dapat dilakukan pencampuran dari beberapa sumber untuk dilakukan penyaringan.

Tabel 2.2 Persen Butir yang Lewat Ayakan (%) untuk Agregat dengan Butir Maksimum 10 mm

Lubang Ayakan (mm)	Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3	Kurva 4
38	100	100	100	100
19	100	100	100	100
9.6	100	100	100	100
4.8	30	45	60	75
2.4	20	33	46	60
1.2	16	26	37	46
0.6	12	19	28	34
0.3	4	8	14	20
0.15	0	1	3	6

Sumber : Teknologi Beton, Ir. Tri Mulyono, MT, 2004.

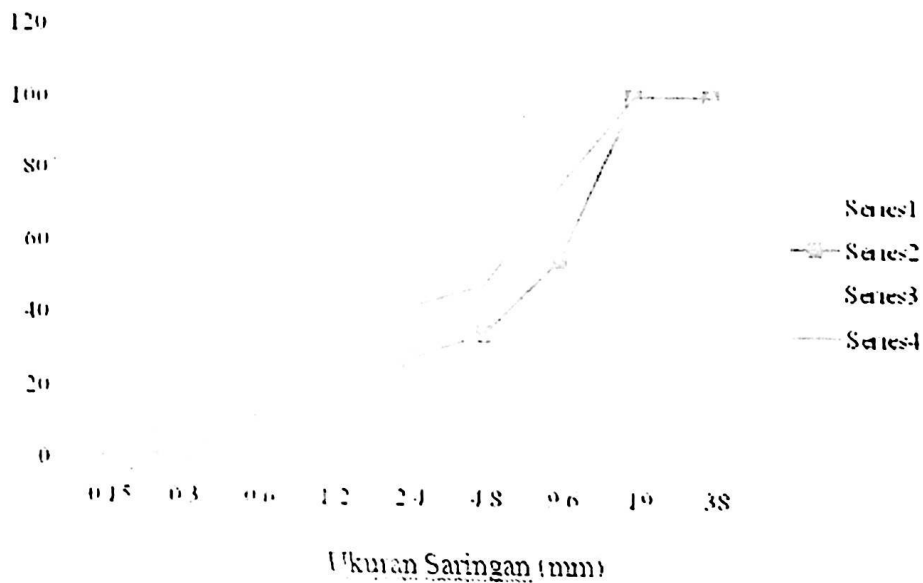


Gambar 2.1 Grafik Daerah Gradasi Standard Agregat dengan Butiran Maksimum 10 mm

Tabel 2.3 Persen Butir yang Lewat Ayakan (%) untuk Agregat dengan Butir Maksimum 20 mm

Lubang Ayakan (mm)	Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3	Kurva 4
38	100	100	100	100
19	100	100	100	100
9.6	45	55	65	75
4.8	30	35	42	48
2.4	23	28	35	42
1.2	16	21	28	34
0.6	9	14	21	27
0.3	2	3	5	12
0.15	0	0	0	2

Sumber . Teknologi Beton, Ir. Tri Mulyono, MT, 2004

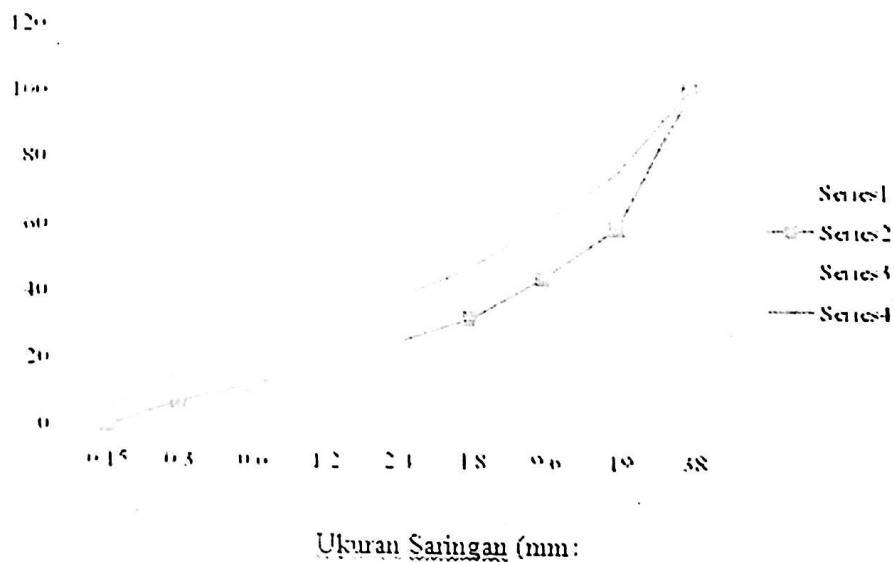


Gambar 2.2 Daerah Gradasi Standard Agregat dengan Butiran Maksimum 20 mm

Tabel 2.4 Persen Butir yang Lewat Ayakan (%) untuk Agregat dengan Butir Maksimum 40 mm

Lubang Ayakan (mm)	Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3	Kurva 4
38	100	100	100	100
19	50	59	67	75
9.6	36	44	52	60
4.8	24	32	40	47
2.4	18	25	31	38
1.2	12	17	24	30
0.6	7	12	17	23
0.3	3	7	11	15
0.15	0	0	2	5

Sumber : Teknologi Beton, Ir. Tri Mulyono, MT, 2004.



Gambar 2.3 Grafik Daerah Gradasi Standard Agregat dengan Butiran Maksimum 40 mm

2.2.2.3 Kekuatan Agregat

Kekuatan beton tidak lebih tinggi dari kekuatan agregat, oleh karena itu sepanjang kekuatan tekan agregat lebih tinggi dari beton yang akan dibuat maka agregat tersebut masih cukup aman digunakan sebagai campuran beton. Pada kasus-kasus tertentu, beton mutu tinggi yang mengalami konsentrasi tegangan lokal cenderung mempunyai tegangan lebih tinggi dibandingkan kekuatan seluruh beton. Dalam hal ini kekuatan agregat menjadi kritis.

Kekerasan atau kekuatan butir-butir agregat tergantung dari bahannya dan tidak dipengaruhi oleh tekanan antar butir satu dengan lainnya. Agregat yang lebih kuat biasanya mempunyai modulus elastis (sifat dalam pengujian beban uniaxial) yang lebih tinggi. Butir-butir yang lemah (lebih rendah dari pasta semen) tidak dapat menghasilkan kekuatan beton yang diharapkan. Kekerasan sedang mungkin justru lebih menguntungkan, karena dapat mengurangi konsentrasi tegangan yang terjadi, atau pembasahan dan pengeringan, atau pemanasan dan pendinginan sehingga membantu mengurangi kemungkinan terjadinya retakan dalam beton.

2.2.2.4. Sifat Thermal Agregat

Karakteristik panas dari agregat akan sangat mempengaruhi keawetan dan koalitas dari beton. Sifat utamanya adalah koefisien muai, panas jenis dan penghantar panas. Koefisien muai dari beton bertambah dengan bertambahnya sifat termal agregat yang dipakai. Jika koefisiennya besar, maka perubahan suhu dapat mengakibatkan perbedaan gerakan sehingga dapat melepaskan lekatan antara agregat dan pasta semen.

Agregat tidak kekal apabila volume atau bentuk yang terjadi oleh perubahan fisik tersebut mengakibatkan kerusakan pada beton. Kerusakan yang terjadi pada beton berupa kerutan-kerutan setempat dan retak-retak pada permukaan. Apabila dikemudian hari beton mendapatkan suhu yang tinggi dan tidak terduga maka perlu dilakukan penelitian terhadap pemuaian agregatnya.

2.2.3 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi proses hidrasi yaitu reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan melumas campuran agar mudah

6. Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat yang disebutkan di atas, air tidak boleh mengandung klorida lebih dari 50 ppm.
7. Air tawar yang tidak dapat diminum tidak boleh dipakai untuk pembuatan beton, kecuali dapat memenuhi ketentuan sebagai berikut :
 - a. Pemilihan campuran beton yang dipakai berdasarkan pada campuran beton yang mempergunakan air dari sumber yang sama yang telah menunjukkan bahwa mutu beton yang diisyaratkan dapat dipenuhi.
 - b. Dilakukan pengujian bandingan antara mortar yang memakai air tersebut dengan mortar yang memakai air yang dapat diminum atau air suling.

Secara umum air yang dapat dipakai untuk campuran beton adalah air yang dapat diminum, tidak mengandung rasa, tidak berbau, dan tidak mengandung warna. Namun demikian, air yang tidak dapat diminum pun dapat digunakan sebagai beton campuran beton, asalkan memenuhi syarat mutu yang diisyaratkan.

2.2.4 Tulangan

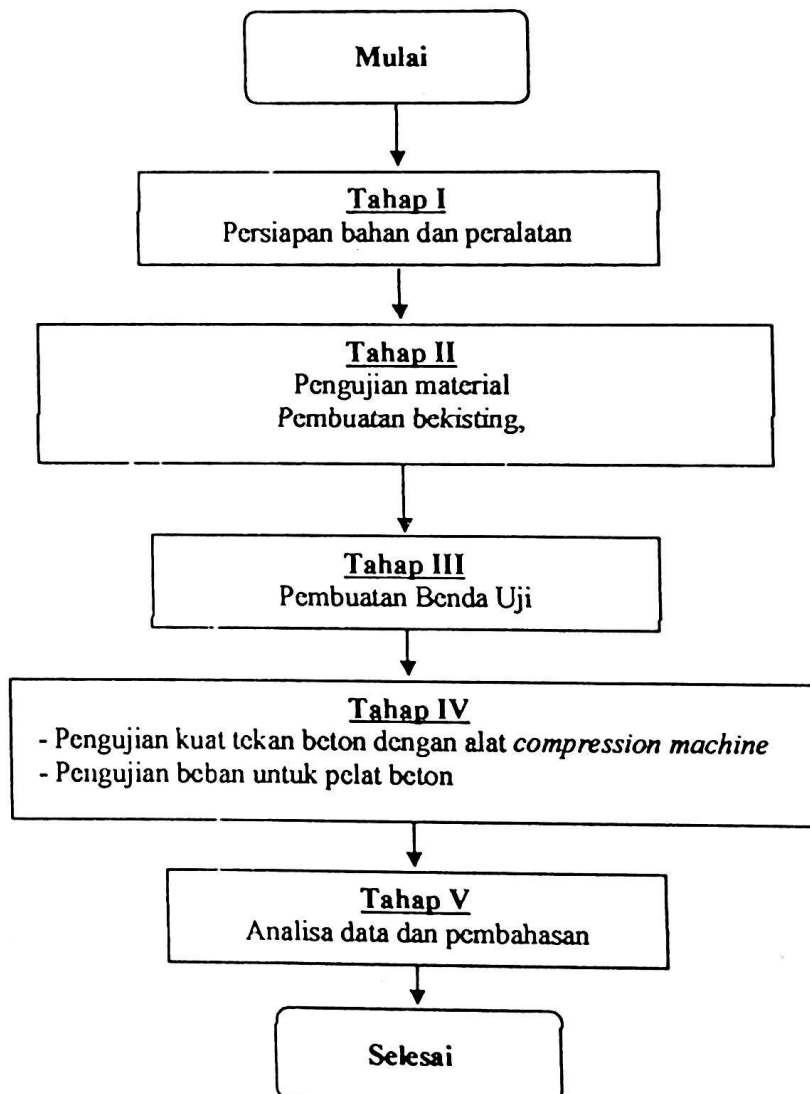
Umumnya yang dimaksud dengan tulangan adalah batang baja berbentuk ulir maupun polos atau berbentuk pipa yang berguna untuk menahan gaya tarik pada komponen struktur beton, tidak termasuk tendon prategang kecuali bila secara khusus diikut sertakan.

Sifat fisik batang tulangan yang penting untuk digunakan dalam perhitungan perencanaan pelat adalah tegangan luluh (f_y) dan modulus elastisitas (E_s). Untuk menentukan masing-masing variabel tulangan tersebut didapat dengan pengujian yang standard. Misalnya untuk mendapatkan nilai dari tegangan luluh harus melalui standard SNI 0136 – 68 dengan ketentuan bahwa tegangan luluh adalah tegangan baja pada saat mana meningkatkan tegangan tidak disertai lagi dengan peningkatan regangannya.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini berupa metode eksperimental yang keseluruhannya dilakukan di laboratorium. Pelat beton yang merupakan benda uji, menggunakan tulangan polos berdiameter 6 mm dengan variasi tulangan kawat kasa berdiameter 0,7 mm. Berikut adalah tahapan penelitian :



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

3.1 **Persiapan Bahan-bahan Penelitian**

Berikut ini adalah bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian:

1. Semen
Jenis semen yang digunakan adalah semen Portland biasa yang diproduksi oleh PT. Baturaja. Semen Baturaja yang digunakan adalah semen tipe I.
2. Agregat Kasar
Agregat kasar yang digunakan berupa batu pecah (*split 1-2*), batu ini mempunyai ukuran butirannya yang berkisar antara 1 sampai dengan 2 cm. Batu pecah yang digunakan berasal dari daerah Lahat, Sumatera Selatan.
3. Agregat Halus
Pasir yang dipergunakan untuk penelitian ini adalah pasir yang berasal dari daerah Tanjung Raja – Ogan Ilir – Sumatera Selatan. Dari hasil pengujian, pasir ini bermutu baik karena kandungan organiknya rendah (golongan 2).
4. Tulangan
Jenis tulangan normal yang digunakan adalah jenis tulangan biasa/polos diameter 6 mm, untuk tulangan kawat kasa, digunakan kawat kasa yang berdiameter 0,7 mm.
5. Air
Air yang digunakan adalah air yang bebas dari bahan-bahan yang merugikan seperti lumpur, tanah liat, bahan organik, asam organik, alkali dan garam-garam lainnya. Air yang digunakan merupakan air yang berada didalam bak penampungan yang ada di dekat Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.

3.2 **Persiapan Peralatan**

Berikut ini adalah peralatan yang dipakai saat penelitian berlangsung:

1. Mesin molen beton, digunakan untuk mengaduk bahan-bahan menjadi beton
2. *Compression Machine*, digunakan untuk pengujian kuat tekan beton.
3. *Dial Gauge*, untuk mengukur lendutan
4. Timbangan, digunakan untuk menimbang bahan-bahan yang digunakan.
5. kawat ikat, untuk pengikat tulangan.
6. Gergaji besi, gunting kawat, catut/pembengkok, untuk merangkai tulangan.

7. Plastik, untuk alas bekisting
8. Cangkul dan sendok semen, untuk memasukkan meratakan adukan beton.
9. Linggis, untuk membongkar bekisting.
10. *Manual forklift*, untuk membantu mengangkat pelat.
11. Selang air, untuk mengalirkan air.
12. Bak penampung air, sebagai media beban.

3.3 Pengujian Bahan

Pengujian material ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat dasar material. Untuk material pembentuk beton, data yang diperoleh akan digunakan untuk menentukan proporsi campuran. Pengujian material dilakukan dengan persyaratan yang dianjurkan.

3.3.1 Pengujian agregat halus

Berikut adalah pengujian laboratorium yang dilakukan terhadap agregat halus:

1 Berat volume agregat halus

Bertujuan untuk mengetahui berat isi agregat halus yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat material kering dan volumenya.

2 Analisa agregat halus

Bertujuan untuk menentukan pembagian butiran (gradasi) agregat. Data distribusi butiran pada agregat diperlukan dalam perencanaan adukan beton. Alat yang digunakan seperangkat saringan dengan jari-jari tertentu

3 Pemeriksaan zat organik agregat halus

Bertujuan untuk menentukan adanya kandungan bahan organik dalam agregat halus. Kandungan bahan organik yang berlebih pada unsur bahan beton dapat mempengaruhi kualitas beton.

4 Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus

Analisa ini bertujuan untuk menentukan persentase kadar lumpur dalam agregat halus. Kandungan lumpur $< 5\%$ merupakan ketentuan dalam peraturan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton.

5 Pemeriksaan kadar air agregat halus

Didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air yang terkandung dalam agregat dengan berat dalam keadaan kering. Nilai kadar air digunakan untuk koreksi tekanan air untuk beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat lapangan.

6 Analisa *specific gravity* dan penyerapan air agregat halus

Untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*), berat jenis semu (*apparent*) dan penyerapan (*absorption*) dari agregat halus.

3.3.2 Pengujian Agregat Kasar

Adapun pengujian terhadap agregat kasar pada penelitian ini terdiri dari :

1. Berat volume agregat kasar

Bertujuan untuk mengetahui berat isi agregat kasar yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat material kering dan volumenya dari agregat kasar.

2. Analisa saringan agregat kasar

Analisa ini bertujuan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat. Data distribusi pada agregat ini diperlukan dalam perencanaan adukan beton.

3. Kadar air agregat kasar

Untuk mengetahui persentase air yang terkandung dalam agregat terhadap berat kering agregat kasar.

4. Analisa *specific gravity* dan penyerapan air agregat kasar

Untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*), berat jenis semu (*apparent*) dan penyerapan (*absorption*) dari agregat kasar.

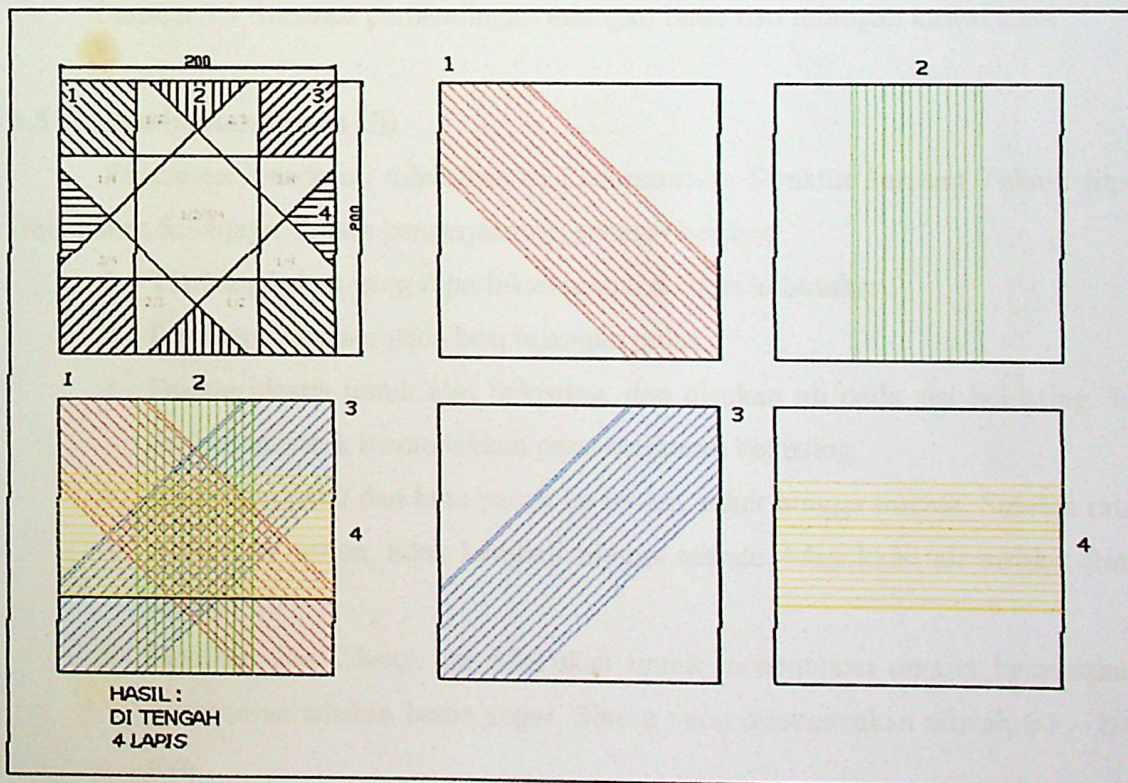
3.4 Pembuatan Bekisting, Bak Penampung Air dan Perakitan Tulangan

a) Pembuatan bekisting dan bak penampung air

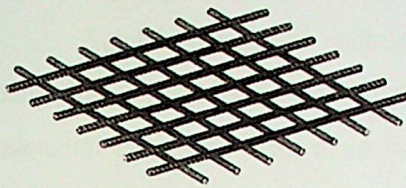
Untuk menjamin kerapian dan ketepatan ukuran, bekisting dan bak penampung air dipesan dari tukang kayu.

b) Perakitan tulangan

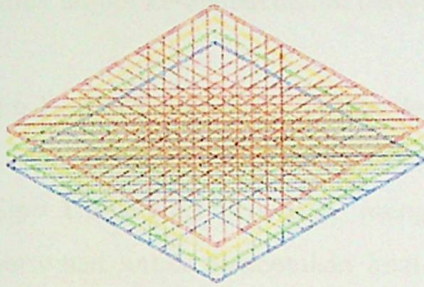
Untuk perakitan besi polos diameter 6 mm, potong besi dengan menggunakan gergaji besi sesuai dengan yang direncanakan. Dengan menggunakan kawat, ikat potongan besi dengan jarak spasi 180 mm. Untuk perakitan kawat kasa, dengan menggunakan gunting, potong kawat kasa dengan ukuran yang sudah direncanakan. Susun potongan kawat kasa berdasarkan gambar, lalu ikat dengan kawat dan kencangkan dengan catut.



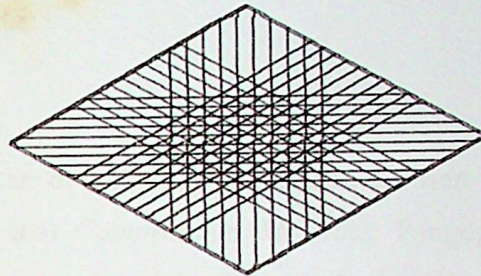
Gambar 3.2 Rangkaian tulangan kawat kasa



a. tulangan biasa/normal



b. rangkaian kawat kasa



c. tulangan kawat kasa

Gambar 3.3 Ilustrasi perbandingan tulangan biasa dan tulangan kawat kasa

3.5 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan di Laboratorium Struktur Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya. Proses pengerjaannya sebagai berikut :

1. Timbang bahan yang diperlukan sesuai dengan kebutuhan.
2. Ikat beton *decking* pada besi tulangan polos.
3. Pasang plastik untuk alas bekisting, dan oleskan oli pada sisi bekisting. Ini dilakukan untuk memudahkan pembongkaran bekisting.
4. Masukkan pasir dan batu pecah ke molen, aduk hingga merata. Setelah rata, masukkan semen, aduk kembali hingga merata. Masukkan air sedikit demi sedikit.
5. Lakukan *Test Slump*, ini dilakukan untuk menentukan derajat kemudahan pengecoran adukan beton segar. Slump yang direncanakan adalah 60 – 100 mm.
6. Setelah memenuhi *test slump*, masukkan adukan beton segar ke bekisting. Dengan menggunakan cangkul, padatkan adukan sehingga tidak ada lagi rongga.
7. Dengan menggunakan sendok semen, ratakan adukan dengan bekisting.

3.6 Pengujian Benda Uji

Setelah benda uji mencapai umur 28 hari, langkah selanjutnya adalah tahap pengujian. Yang perlu diperhatikan adalah menyiapkan tabel yang bertujuan untuk mencatat data-data yang akan dihasilkan dari pengujian. Hal ini perlu dilakukan agar tidak terjadi kesalahan dalam pengolahan data.

3.6.1 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya, menggunakan alat *Compression Machine*. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kuat tekan dari benda uji beton yang berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, spesimen yang akan diuji sebanyak 2 buah. Pengujian ini menggunakan sebuah alat tekan yang membebani benda uji sampai hancur. Berikut adalah langkah-langkah pengujian kuat tekan beton:

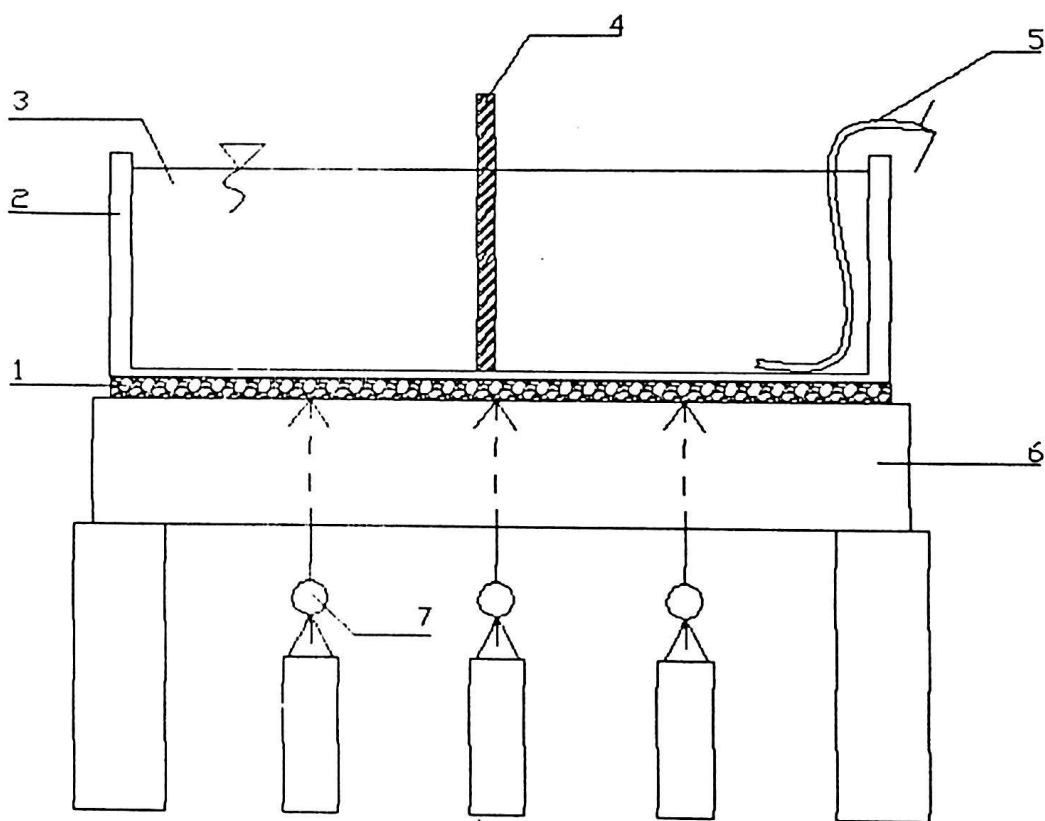
1. Timbang berat benda uji
2. Posisikan benda uji sedemikian rupa sehingga berada tepat ditengah-tengah alat uji tekan
3. Letakkan pelat baja pada bagian atas benda uji
4. Atur jarum manometer tepat posisi nol. Kemudian hidupkan alat, sehingga alat akan menekan benda uji. Matikan mesin saat jarum manometer tidak dapat naik lagi
5. Catat hasil pengujian dalam tabel yang telah disiapkan sebelumnya.

3.6.2 Pengujian dengan Metode *Loading Test*

Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Struktur Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai lendutan yang diterima oleh benda uji. Media yang digunakan berupa sebuah meja beton yang di *desain* sedemikian rupa, dan digunakan air sebagai beban, air ini ditampung dalam suatu bak yang diletakkan diatas pelat. Berikut adalah langkah pengujian dengan metode *loading test*:

- a. Dengan bantuan *forklift*, naikkan pelat uji keatas meja uji yang telah disiapkan sebelumnya.

- b. Naikkan bak penampung air ke atas pelat, lapisi dengan terpal plastik untuk mencegah kebocoran.
- c. Pasang *dial gauge* pada titik yang telah direncanakan sebelumnya.
- d. Catat angka yang ditunjukkan jarum *dial gauge* untuk setiap kenaikan 1 cm air pada tabel yang telah disediakan sebelumnya.



Gambar 3.4 Skema pembebanan benda uji

Keterangan:

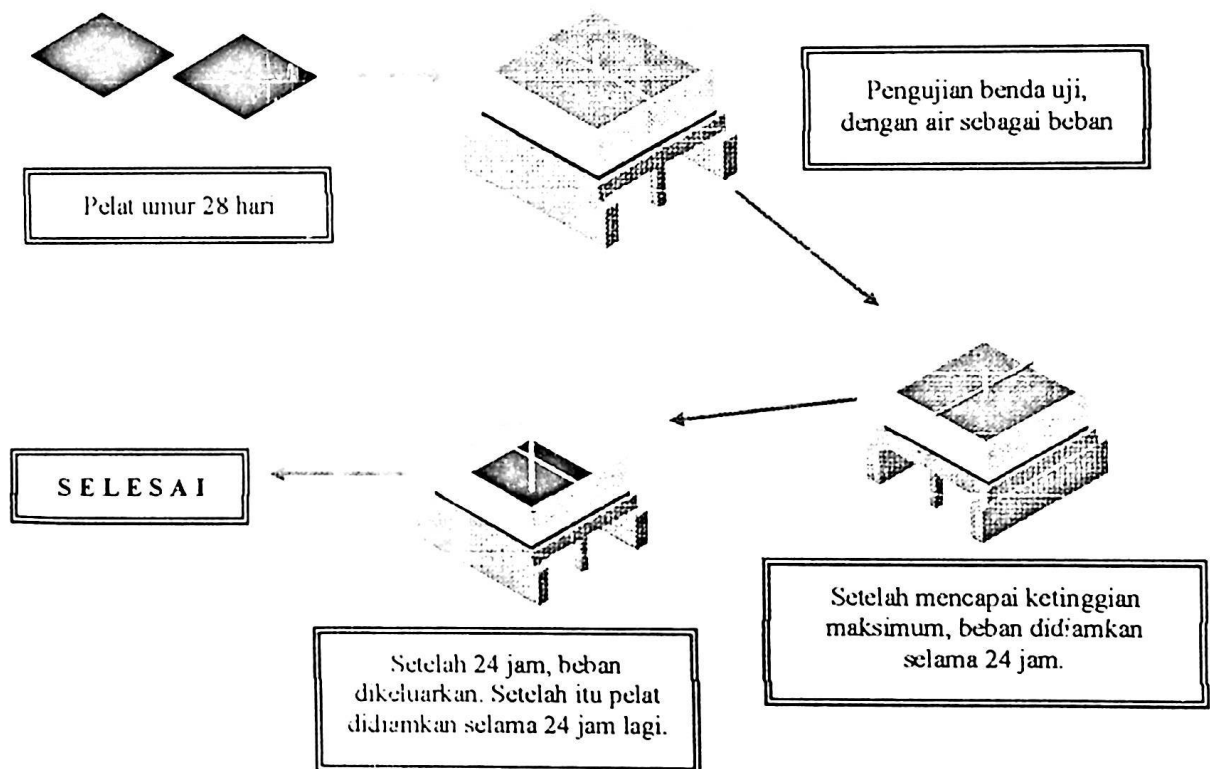
- | | |
|----------------------|----------------|
| 1. pelat uji | 4. mistar ukur |
| 2. bak penampung air | 5. selang air |
| 3. air | 6. meja uji |

- e. Terus lakukan pengisian air sampai ketinggian rencana, diamkan beban selama 24 jam.



- f. Setelah 24 jam, catat angka *dial gauge*. Keluarkan air dengan bantuan selang, sambil dicatat pergerakan *dial gauge*, khusus untuk pengurangan beban, angka *dial gauge* yang dicatat adalah setiap pengurangan 5 cm air. Setelah air benar-benar kosong, diamkan lagi pelat selama 24 jam.
- g. Keesokan harinya dicatat angka *dial gauge* untuk keadaan pelat tanpa beban.

Berikut adalah gambaran percobaan pembebanan metode *loading test* yang dilakukan:



Gambar 3.2 Alur proses pengujian pembebanan

3.7 Analisa Data dan Pembahasan

Data yang telah diperoleh dari eksperimen yang telah dilakukan, dianalisis dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, sehingga didapat suatu gambaran yang jelas mengenai hubungan suatu perbandingan antara variabel yang diteliti.

3.8 Perhitungan besar lendutan maksimum secara teoritis

Dalam percobaan ini, dilakukan juga perhitungan lendutan secara teoritis. Dimana metode yang digunakan adalah dengan menggunakan prinsip Navier. Namun seluruh penggunaan rumus dalam perhitungan ini telah diaplikasikan pada program *mikrosoft excel*. Untuk menghitung lendutan menggunakan rumus Navier, rumus yang dipergunakan adalah :

$$W = C \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b}$$

$$C = \frac{q_0}{D \pi^4 \left(\frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2} \right)^2}$$

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$$

$$W = \frac{q_0}{D \pi^4 \left(\frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2} \right)^2} \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b}$$

Dimana :

W = besar lendutan maksimum

C = konstanta, atau faktor numerik

D = ketegangan lentur dan puntir

E = modulus elastisitas beton

BAB IV HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian Material

Material-material pembentuk pelat yang digunakan dalam penelitian ini telah melalui pengujian terlebih dahulu. Acuan yang digunakan dalam setiap pengujian material, merujuk kepada SNI 03-2834-2000. Seluruh hasil pengujian dari material dalam penelitian ini dapat dilihat dalam tabel di bawah ini.

Tabel 4.1 Hasil pengujian material

No	Jenis Pengujian	Jenis Pengujian	
		Pasir	Batu Pecah
1	Kadar Organik (No)	2	-
2	Kadar Lumpur (%)	1,70	-
3	Berat Volume Padat	1,462	1,590
4	Berat Volume Gembur	1,336	1,453
5	Modulus Kekhalusan	3,398	2,556
6	Kadar air (%)	10,571	2,69
7	Apperent Specific Grafity (kering)	2,338	2,583
8	Bulk Spesific Grafity	2,422	2,506
9	Spesific Grafity	2,273	2,536
10	Persentasi Absorpsi Air (%)	1,488	1,195

4.2 Desain Campuran atau *Job Mix Formula* (JMF)

Data hasil pengujian lab di atas kemudian diolah menjadi JMF, dengan mutu beton 30 Mpa dengan faktor air semen 0,460 dengan menggunakan metode SNI 03-2834-2000 dalam setiap perhitungannya.

Dibawah ini akan ditunjukkan tabel yang memuat semua data dari *Job Mix Formula* yang dimaksud.

Tabel 4.2 Perencanaan campuran beton mutu $f_c' = 30\text{Mpa}$ dengan benda uji silinder menurut metode SNI 03-2834-2000

NO.	URAIAN	TABEL/GRAFIK/ PERHITUNGAN	NILAI BETON
1	Kuat tekan rencana	$f_c' . 30$	30 MPa
2	Deviasi Standar	Tabel 3.1	7 MPa
3	Nilai tambah	$K = 1.64 \times \text{No.2}$	11,48 MPa
4	Kekuatan rata yang ditargetkan	No.(1 + 3)	41,48 MPa
5	Jenis semen tipe I	Ditentukan	Semen Batu Raja
6	Jenis agregat	Kasar	BP ½ Lahat
		Halus	Pasir Tj. Raja
7	Faktor air semen bebas	Tabel 2 / Grafik 2	0,460
8	Faktor air semen maksimum	Tabel 3	0,55
9	Slump	Maximum	100
10	Ukuran agregat maksimum	Uji material	25
11	Kadar air bebas	Tabel 6	215 Kg/m ³
12	Kadar semen	No. (11/7)	467,39 Kg/m ³
13	Kadar semen maksimum	11/8 atau 12	467,39 Kg/m ³
13	Kadar semen minimum	Tabel 3.3	325 Kg/m ³
14	Susunan butir agregat halus	Gambar 2.1b	Zone 2
15	Persen bahan agregat halus	Gambar 12	41 %
16	Berat jenis agregat permukaan kering	(BJ. Pasir (SSD) x No.15) + (BJ. Agregat Kasar (SSD) x (100-No.15)	2478
17	Berat jenis beton	Gambar 3.7	2225 Kg/m ³
18	Kadar agregat gabungan	No.(17 - 12 - 11)	1587,61 Kg/m ³
19	Kadar agregat halus	No.(15 x 18)	587,42 Kg/m ³
20	Kadar agregat kasar	No.(18 - 19)	1000,19 Kg/m ³

Hasil :

Proporsi desain campuran beton	Kwantitas (Kg/m ³)	Rasio
Semen Tipe I (Baturaja)	467,39	1,00
Pasir Tanjung Raja	587,42	1,26
B. Pecah ½ Lahat	1000,19	2,14
Air	215,00	0,46

Data sifat fisik agregat:

Sifat	Agregat	Agregat Halus	Agregat Kasar
		Pasir	Batu Pecah
Berat jenis (SSD)		2,273	2,539
Penyerapan (%)		1,488	1,879
Kadar air (%)		10,571	2,69

Jumlah air yang terdapat dalam agregat halus dan agregat kasar

- Pasir = $(10,571 - 1,488) \times 587,42/100 = 53,355 \text{ kg/m}^3$
- Batu pecah = $(2,69 - 1,879) \times 1000,19/100 = 8,111 \text{ kg/m}^3$

Jadi, perhitungan proporsi campuran:

- Semen = $467,39 \text{ kg/m}^3$
- Air = $215 - (53,35) - (8,11) = 153,53 \text{ kg/m}^3$
- Pasir = $587,42 - 53,35 = 640,77 \text{ kg/m}^3$
- B.Pecah = $1000,19 - 8,11 = 1008,31 \text{ kg/m}^3$

Koreksi :

Proporsi desain campuran beton	Kwantitas (Kg/m^3)	Rasio
Semen Tipe I (Baturaja)	467,39	1,00
Pasir Tanjung Raja	640,77	1,37
BP ½ Lahat	1008,31	2,16
Air	153,53	0,33

Berikut ini adalah data pengujian kuat tekan beton yang diuji saat berumur 28 hari:

Tabel 4.3 Hasil pengujian kuat tekan beton

No benda Uji	Tanggal Cetak	Tanggal Test	Umur (hari)	Slump rata-rata (mm)	Berat (kg)	Beban		Luas (cm^2)	Kuat tekan (Mpa)
						KN	Kg		
SL ₁	22/02/10	22/03/10	28	80	12,075	490	49000	176,625	27,742
SL ₂	22/02/10	22/03/10	28	80	12,091	440	44000	176,625	24,911
Rata - rata					12,083	Kuat tekan rata-rata			26,326

Dari data pengujian di atas, dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 26,326 Mpa maka mutu beton yang direncanakan telah terpenuhi dengan syarat bahwa mutu beton hasil percobaan lebih besar atau sama dengan 85% mutu beton target.

$$\text{Mutu beton} = 85 \% \times 30 \text{ Mpa} = 25,5 \text{ Mpa} < 26,32 \text{ Mpa (mutu beton tercapai)}$$

4.3 Perhitungan Pembebanan Pelat

Perhitungan sistem pembebanan pada pelat didasarkan pada syarat kombinasi pembebanan menurut SNI 03-2847-2002 yaitu tidak boleh kurang dari 0,85 (1,2 DL + 1,6LL). Maka dari itu, kombinasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah (1,2DL + 1,6LL). Di bawah ini adalah perhitungan beban total pelat dan konversinya terhadap tinggi air.

❖ Beban mati

• Berat pelat	= $0,06 \times 2400 \times 1$	= 144 kg/m'
• Berat keramik lantai	= 24×1	= 24 kg/m'
• Spesi	= $0,03 \times 2100 \times 1$	= 63 kg/m'
Total beban mati		DL = 231 kg/m'
		1,2 DL = 277,20 kg/m'
• Beban hidup		= 250 kg/m'
		1,6 LL = 400 kg/m'

$$\text{❖ SNI UJI PEMBEBANAN LU} = 1,2\text{DL} + 1,6 \text{ LL} \quad \text{LU} = 677,20 \text{ kg/m'}$$

$$\text{Pelat Ukuran } 200 \text{ cm X } 200 \text{ cm} \quad \text{Lx} = 1,88 \text{ cm}$$

$$\text{Ly} = 1,88 \text{ cm}$$

$$\text{Lx/Ly} = 1 \text{ cm}$$

❖ Lapangan

$$\text{• MU} = 0,041 \times \text{LU} \times \text{Lx}^2 = 98,13 \text{ kg.m'}$$

❖ Tumpuan

$$\text{• MU} = 0,041 \times \text{LU} \times \text{Lx}^2 \times 0,5 = 49,07 \text{ kg.m'}$$

❖ Gaya Lintang

$$\text{• QU} = (1/2) \times \text{LU} \times \text{L} = 636,57 \text{ kg}$$

Dari perhitungan di atas, maka tinggi air pengganti adalah (LU – Berat Pelat) =

- beban 100 % = 0,53 m
- beban 85 % = 0,45 m

4.4 Perhitungan tulangan biasa dan konversinya terhadap tulangan kawat kasa

Data-data yang digunakan dari tulangan kawat kasa dan tulangan biasa untuk menghitung pembesian pada pelat adalah :

4.4.1 Tulangan biasa / normal

Data tulangan normal yang digunakan adalah :

- Diameter tulangan biasa = 6 mm
- f_c' = 30 Mpa

Dari data yang ada di atas, maka dapat dihitung pembesiannya :

- Lapangan arah X

$$M_u = 98,13 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 636,57 \text{ kg}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 60 \text{ mm}$$

$$d' = 13 \text{ mm}$$

$$d = 47 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{1000}{200} \times \frac{r^2 \times \pi}{4} = 141,37 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 0 \text{ mm}^2$$

- Kapasitas momen

$$M_r = 1,26 \text{ kNm}$$

$$M_r = 125,77 \text{ kg.m} > 98,13 \text{ kg.m (Aman)}$$

- Lapangan arah Y

$$M_u = 98,13 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 636,57 \text{ kg}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 60 \text{ mm}$$

$$d' = 13 \text{ mm}$$

$$d = 47 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{1000}{2(0)} \times \frac{r^2 \times \pi}{4} = 141,37 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 0 \text{ mm}^2$$

- Kapasitas momen

$$M_r = 1,26 \text{ kNm}$$

$$M_r = 125,77 \text{ kg.m} > 98,13 \text{ kg.m (Aman)}$$

4.4.2 Tulangan kawat kasa

Data –data tulangan kawat kasa yang digunakan adalah :

- Diameter tulangan biasa = 0,7 mm
- Jarak antar jaring dalam kawat = 12 mm
- F_c' = 30 Mpa

Dari data-data yang ada di atas, maka dapat dihitung pembesannya :

- Lapangan arah X

$$M_u = 98,13 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 636,57 \text{ kg}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 60 \text{ mm}$$

$$d' = 11,60 \text{ mm}$$

$$d = 48,40 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{r^2 \times \pi}{4} \times \frac{1000}{12} \times 4 \text{ lapis} = 128,28 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 0 \text{ mm}^2$$

- Kapasitas momen

$$M_r = 1,18 \text{ kNm}$$

$$M_r = 117,72 \text{ kg.m} > 98,13 \text{ kg.m}$$

- Lapangan arah Y

$$M_u = 98,13 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 636,57 \text{ kg}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 60 \text{ mm}$$

$$d' = 11,60 \text{ mm}$$

$$d = 48,40 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{r^2 \times \pi}{4} \times \frac{1000}{12} \times 4 \text{ lapis} = 128,28 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 0 \text{ mm}^2$$

- Kapasitas momen

$$M_r = 1,18 \text{ kNm}$$

$$M_r = 117,72 \text{ kg.m} > 98,13 \text{ kg.m}$$

4.5 Perhitungan Lendutan maksimum secara teoritis

Metode yang digunakan dalam perhitungan lendutan maksimum dalam penelitian ini adalah metode Navier. Rumus metode Navier untuk menghitung lendutan adalah :

$$W = C \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b}$$

$$C = \frac{q_0}{D \pi^4 \left(\frac{m}{a^2} + \frac{n}{b^2} \right)^2}$$

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$$

$$W = \frac{q_0}{D \pi^4 \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right)^2} \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b}$$

Dimana :

W = besarnya lendutan

C = konstanta, atau faktor numerik

D = ketegangan lentur dan puntir

Variabel – variabel yang terdapat dalam penelitian ini adalah :

$$L_x = a = 1,88 \text{ m}$$

$$L_y = b = 1,88 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 x &= 0,94 \text{ m} \\
 y &= 0,94 \text{ m} \\
 E &= 2411242003 \text{ Kg/m}^2 \\
 q_0 &= 748,40 \text{ Kg/m}^2 \\
 h &= 0,06 \text{ m} \\
 v &= 0,2 \\
 \pi &= 3,1416 = 180^\circ \\
 m,n &= \text{bilangan bulat } (1,3,5,7,\dots)
 \end{aligned}$$

A. Pencarian Beban

$$\begin{aligned}
 a_{mn} &= \frac{4}{ab} \int_0^a \int_0^b q_0 \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} dx dy \\
 &= \frac{4q_0}{mn\pi^2} \left(-\cos \frac{n\pi y}{b} + \cos \frac{n\pi x}{b} \right) \left(-\cos \frac{m\pi x}{a} + \cos \frac{m\pi y}{a} \right) \\
 a_{mn} &= \frac{4q_0}{mn\pi^2} (-\cos n\pi + 1)(-\cos m\pi + 1)
 \end{aligned}$$

Jika $m = 1$

$n = 1$

$$\begin{aligned}
 a_{mn} &= \frac{4q_0}{mn\pi^2} (-\cos n\pi + 1)(-\cos m\pi + 1) \\
 a_{11} &= \frac{4q_0}{\pi^2} (-\cos 3,1416 + 1)(-\cos 3,1416 + 1) \\
 &= \frac{(4) \cdot (677,20)}{3,1416^2} (2)(2) = 1097,84 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

B. Menghitung Lendutan

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{1}{\pi^4 D} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_{mn}}{\left(\frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2} \right)^2} \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} \\
 E &= 4700 \sqrt{fc'}
 \end{aligned}$$

$$F_c' = 26,32 \text{ Mpa}$$

$$E = 2411242003 \text{ Kg/m}^2$$

$$D = \frac{E h^3}{12(1-\nu^2)} = \frac{2,4 \cdot 10^9 \cdot 0,006^3}{12(1-0,2^2)}$$

$$D = 45211 \text{ kg/m}^2$$

Jika : $m = 1$ dan $n=1$

$$W_{11} = \frac{1}{\pi^4 D} \left\{ \frac{a_{11}}{\left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right)^2} \sin \frac{1\pi x}{a} \sin \frac{1\pi y}{b} \right\}$$

$$= \frac{1}{(3,1416)^4 \times (45211)} \left\{ \frac{109784}{\left(\frac{1}{1,88^2} + \frac{1}{1,88^2} \right)^2} \sin \frac{\pi \cdot 0,92}{1,88} \sin \frac{\pi \cdot 0,92}{1,88} \right\}$$

$$= 0,000778515 \text{ m}$$

$$= 0,778515 \text{ mm}$$

Tabel 4.4 Hasil perhitungan lendutan maksimum dengan metode Navier

No	m, n	Nilai W	Besar Lendutan Maksimum (mm)
1	1, 1	W_{11}	0,778515
2	3, 1	W_{31}	0,768135
3	5, 1	W_{51}	0,769056
4	7, 1	W_{71}	0,768878
5	9, 1	$W_{9,1}$	0,76893
--	--	--	-----
24	15,5	$W_{15,5}$	0,744439

Dari pengulangan perhitungan lendutan di atas, maka lendutan maksimum yang dipakai adalah $W = 0,744 \text{ mm}$

4.6 Data hasil bacaan dial terhadap pelat normal 200 cm x 200 cm

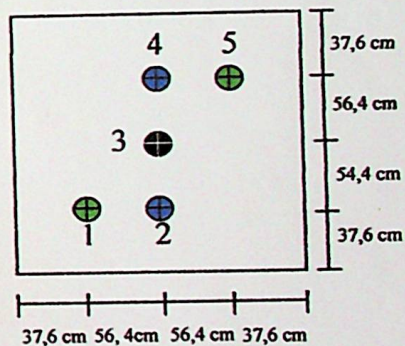
Ada lima buah dial yang diletakkan di bawah pelat yang diletakkan berdasarkan bagian yang akan dikaji. Dari kelima dial tersebut kemudian akan dibagi menjadi 3 bagian pokok pembahasan yakni dial bagian tepi, bagian tengah, dan bagian sudut.

Di bawah ini yang ditunjukkan pembacaan dial yang didapat selama penelitian, keseluruhan data yang diperoleh akan dicari rata-ratanya dan juga dianalisa data-data yang dapat digunakan.

Tabel 4.5 Pembacaan dial untuk pelat normal 200 cm x 200 cm sampel 1 (pertama)

TINGGI AIR (cm)	BACAAN DIAL ($\times 10^2 \text{ mm}$)				
	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0
1	6,2	7	6	5	4
2	10	9,5	8	5,5	4,5
3	11,8	9,9	8,7	6,7	5,2
4	13,2	10,8	9,5	7,1	6
5	14,6	12,1	11,1	7,6	7,1
6	16,6	13,8	12,1	8,6	7,6
7	19,5	15,8	13,7	10,2	8,2
8	22,8	18,5	16,3	12,3	9,8
9	23,3	20,3	18,1	13,1	11,1
10	24,2	21,8	20	14	12
11	24,8	22,5	20,6	14,6	12,6
12	26	23,8	21,8	15,8	13,8
13	29,9	26,3	24,1	18,1	15,6
14	31,7	28,2	26,2	19,2	17,2
15	33,8	30,9	29,3	22,8	18,3
16	35,8	32	30,9	22,9	18,9
17	36,5	32,8	31,3	24,3	20,3
18	38,3	34,4	33	25,5	21,5
19	40,6	36,2	35,2	27,2	23,2
20	42,6	37,6	36,4	28,4	24,4
21	43,3	38,9	37,6	30,1	25,5
22	43,6	39,1	37,5	30,8	25,6
23	45,6	41,1	39,6	30,9	27,1
24	47,7	42,6	40,7	31,6	28,2
25	48,5	44	42,5	32,7	29,5
26	50,9	46,1	44,3	34,5	31,3
27	52,6	47,6	46,5	36,3	32,4

Ket:



- = dial sudut
- = dial tepi
- = dial tengah

Lanjutan tabel 4.5

28	53,9	47,9	47,4	38	32,7
29	56,4	50	49,8	40,3	34,3
30	57,9	52,4	52,3	42,3	36,3
31	58,8	53,5	53,1	44,1	37,1
32	60,2	54,7	53,7	44,7	37,9
33	60,7	56,1	55,5	46	39
34	62,7	57	56,2	47,2	39,7
35	63,9	58,2	57,6	48,1	40,6
36	65,1	59,1	58,9	49,9	41,4
37	66,3	60,7	59,8	50,8	41,8
38	67,5	61,9	61,5	51,5	43
39	68,7	62,7	62,7	52,2	43,2
40	69,7	63,7	63,8	53,3	44,8
41	72	66	66	55,5	46,2
42	73	66,9	66,9	56,4	46,4
43	73,5	67,4	68	56,5	46,7
44	74,9	68,6	68,4	57,4	47,6
45	76,8	70,7	70,8	59,8	49,3
46	78,1	72,1	72,2	61,2	50,3
47	80	74	74,3	62,8	52
48	81,5	75,5	76	64	53
49	81,9	75,4	76,5	64,9	53,9
50	84,4	78,8	79,2	66,2	55,2
51	85,9	79,6	80,1	67,6	56,1
52	87,1	81	82	69	57
53	88,7	82,7	83,7	70,2	58,2
54	90,3	84,3	85,4	71,4	59,4
55	92,1	85,4	87,3	73,3	60,3
56	93	86,2	88	74,2	61,2
57	94,5	88,2	90	76,1	62,3

SETELAH 24 JAM DIBEKANI

57	69,2	59,1	59,8	49,2	60,2
----	------	------	------	------	------

PENURUNAN BEBAN

TINGGI AIR (cm)	BACAAN DIAL ($\times 10^{-2}$ mm)				
	1	2	3	4	5
55	69,2	57,2	55,2	49,2	-27,3
50	65	53	54,5	46	-11,3
45	57,5	44	45,5	38,5	-2
40	52,7	39,7	41,7	34,7	25,4
35	47,2	34,7	35,2	28,2	33,7
30	41	28	29	23	37,6
25	34	20,5	21	19	39,2
20	27,6	13,1	14,1	13,1	41,2
15	18,3	4,3	5,7	7,2	47,6
10	7,2	-6,6	-5	-2	49,1
5	-2,5	-18	-10	-18	54
0	-13,8	-25,8	-15,3	-24,5	59,2

Lanjutan tabel 4.5

SETELAH KERING 24 JAM

0	-36,3	-40,2	-20,2	-46	-30
---	-------	-------	-------	-----	-----

Tabel 4.6 Pembacaan dial untuk pelat normal 200 cm x 200 cm sampel 2 (kedua)

TINGGI AIR (cm)	BACAAN DIAL ($\times 10^{-2}$ mm)				
	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0
1	5,2	5	4	3	2
2	9,8	8	6,5	4	3
3	10,1	8,2	7	5	3,5
4	10,2	8,8	7,5	5,1	4
5	12,6	10	9	5,5	5
6	14,9	12,2	10,5	7	6
7	17	14,1	12	8,5	6,5
8	20,1	16,2	14	10	7,5
9	22,5	18,2	16	11	9
10	24,1	19,8	18	12	10
11	23,2	20,9	19	13	11
12	24,2	22	20	14	12
13	27	24,2	22	16	13,5
14	29,5	26	24	17	15
15	32	29,1	27,5	21	16,5
16	33,9	30,1	29	21	17
17	35	31,5	30	23	19
18	36,9	32,9	31,5	24	20
19	38	34	33	25	21
20	40,2	35,2	34	26	22
21	40,9	36,8	35,5	28	23,5
22	42,2	38,1	36,5	29	24,5
23	44	39,5	38	30	25,5
24	45,1	40,9	39	31	26,5
25	47	42,5	41	33	28
26	48,6	43,8	42	34	29
27	50,1	45,1	44	35,5	30
28	51,9	46,5	46	37	31
29	54,6	48,2	48	38,5	32,5
30	55,6	50,1	50	40	34
31	56,2	50,9	50,5	41,5	34,5
32	57,5	52	51	42	35,2
33	58,2	53,6	53	43,5	36,5
34	60,5	54,8	54	45	37,5
35	61,8	56,1	55,5	46	38,5
36	63,2	57,2	57	48	39,5
37	64,5	58,9	58	49	40
38	66	60,4	60	50	41,5
39	67,5	61,5	61,5	51	42
40	68,9	62,9	63	52,5	44

Lanjutan tabel 4.6

41	70	64	64	53,5	44,2
42	71,6	65,5	65,5	55	45
43	73	66,9	67,5	56	46,2
44	74,5	68,2	68	57	47,2
45	76	69,9	70	59	48,5
46	76,9	70,9	71	60	49,1
47	78,2	72,2	72,5	61	50,2
48	79,5	73,5	74	62	51
49	80,9	74,8	75,5	63	52
50	82,2	76,2	77	64	53
51	83,8	77,5	78	65,5	54
52	85,1	79	80	67	55
53	86,5	80,5	81,5	68	56
54	87,9	81,9	83	69	57
55	89,8	83,1	85	71	58
56	90,6	84,2	86	72	59
57	92	85,8	88	73	60

SETELAH 24 JAM BEBAN PENUH

57	67	65,2	58,5	47	56,2
----	----	------	------	----	------

PENGURANGAN BEBAN

TINGGI AIR (cm)	BACAAN DIAL ($\times 10^2$ mm)				
	1	2	3	4	5
55	65	53	51	45	55
50	61	49	50,5	42	50
45	57	43,5	45	38	48,6
40	52	39	41	34	46,9
35	46	33,5	34	27	40
30	40	27	28	22	38,2
25	32	18,5	19	17	35,6
20	24,5	10	11	10	30,6
15	15,1	1,1	2,5	4	22,2
10	5,2	-8,6	-7	-4	-4
5	-3,5	-19	-11	-19	-12,3
0	-15,8	-35,8	-23,3	-44	-29,3

SETELAH 24 JAM BEBAN KOSONG

0	-16,7	-38,5	-25,3	-47,2	-41,3
---	-------	-------	-------	-------	-------

Data bacaan dial untuk pelat tulangan normal di atas kemudian dirata-ratakan untuk dapat menyimpulkan karakteristik dari pelat tulangan biasa / normal dari masing-masing posisi dial. Sebagian data yang didapat, tidak dapat digunakan karena keakuratannya diragukan, oleh karena itu data yang dipakai bersumber dari titik yang lain dari posisi yang sama pada pelat. Di bawah ini adalah rata-rata besar lendutan yang kemudian dibagi menjadi 3 bagian yakni dial bagian tepi, dial bagian tengah dan dial bagian sudut.

Tabel 4.7 Rata-rata pembacaan dial tulangan normal sampel 1 (pertama)

TINGGI AIR (cm)	BACAAN DIAL ($\times 10^{-2}$ mm)		
	TEPI	TENGAH	SUDUT
0	0	0	0
1	6	6	5,1
2	7,5	8	7,25
3	8,3	8,7	8,5
4	8,95	9,5	9,6
5	9,85	11,1	10,85
6	11,2	12,1	12,1
7	13	13,7	13,85
8	15,4	16,3	16,3
9	16,7	18,1	17,2
10	17,9	20	18,1
11	18,55	20,6	18,7
12	19,8	21,8	19,9
13	22,2	24,1	22,75
14	23,7	26,2	24,45
15	26,85	29,3	26,05
16	27,45	30,9	27,35
17	28,55	31,3	28,4
18	29,95	33	29,9
19	31,7	35,2	31,9
20	33	36,4	33,5
21	34,5	37,6	34,4
22	34,95	37,5	34,6
23	36	39,6	36,35
24	37,1	40,7	37,95
25	38,35	42,5	39
26	40,3	44,3	41,1
27	41,95	46,5	42,5
28	42,95	47,4	43,3
29	45,15	49,8	45,35
30	47,35	52,3	47,1
31	48,8	53,1	47,95
32	49,7	53,7	49,05
33	51,05	55,5	49,85
34	52,1	56,2	51,2
35	53,15	57,6	52,25
36	54,5	58,9	53,25
37	55,75	59,8	54,05
38	56,7	61,5	55,25
39	57,45	62,7	55,95
40	58,5	63,8	57,25
41	60,75	66	59,1
42	61,65	66,9	59,7
43	61,95	68	60,1
44	63	68,4	61,25

Lanjutan tabel 4.7

45	65,25	70,8	63,05
46	66,65	72,2	64,2
47	68,4	74,3	66
48	69,75	76	67,25
49	70,15	76,5	67,9
50	72,5	79,2	69,8
51	73,6	80,1	71
52	75	82	72,05
53	76,45	83,7	73,45
54	77,85	85,4	74,85
55	79,35	87,3	76,2
56	80,2	88	77,1
57	82,15	90	78,4

SETELAH 24 JAM DIBEBANI

57	54,15	59,8	72
----	-------	------	----

PENGURANGAN BEBAN

TINGGI AIR (cm)	BACAAN DIAL ($\times 10^{-2}$ mm)		
	TEPI	TENGAH	SUDUT
55	53,2	55,2	69,2
50	49,5	54,5	65
45	41,25	45,5	57,5
40	37,2	41,7	52,7
35	31,45	35,2	47,2
30	25,5	29	41
25	19,75	21	34
20	13,1	14,1	27,6
15	5,75	5,7	18,3
10	-4,3	-5	7,2
5	-18	-10	-2,5
0	-25,15	-15,3	-13,8

SETELAH 24 JAM BEBAN KOSONG

0	-43,1	-20,2	-36,3
---	-------	-------	-------

Tabel 4.8 Rata-rata pembacaan dial tulangan normal sampel 2 (kedua)

TINGGI AIR (cm)	BACAAN DIAL ($\times 10^{-2}$ mm)		
	TEPI	TENGAH	SUDUT
0	0	0	0
1	4	4	3,6
2	6	6,5	6,4
3	6,6	7	6,8
4	6,95	7,5	7,1
5	7,75	9	8,8
6	9,6	10,5	10,45
7	11,3	12	11,75
8	13,1	14	13,8
9	14,6	16	15,75
10	15,9	18	17,05

Lanjutan tabel 4.8

11	16,95	19	17,1
12	18	20	18,1
13	20,1	22	20,25
14	21,5	24	22,25
15	25,05	27,5	24,25
16	25,55	29	25,45
17	27,25	30	27
18	28,45	31,5	28,45
19	29,5	33	29,5
20	30,6	34	31,1
21	32,4	35,5	32,2
22	33,55	36,5	33,35
23	34,75	38	34,75
24	35,95	39	35,8
25	37,75	41	37,5
26	38,9	42	38,8
27	40,3	44	40,05
28	41,75	46	41,45
29	43,35	48	43,55
30	45,05	50	44,8
31	46,2	50,5	45,35
32	47	51	46,35
33	48,55	53	47,35
34	49,9	54	49
35	51,05	55,5	50,15
36	52,6	57	51,35
37	53,95	58	52,25
38	55,2	60	53,75
39	56,25	61,5	54,75
40	57,7	63	56,45
41	58,75	64	57,1
42	60,25	65,5	58,3
43	61,45	67,5	59,6
44	62,6	68	60,85
45	64,45	70	62,25
46	65,45	71	63
47	66,6	72,5	64,2
48	67,75	74	65,25
49	68,9	75,5	66,45
50	70,1	77	67,6
51	71,5	78	68,9
52	73	80	70,05
53	74,25	81,5	71,25
54	75,45	83	72,45
55	77,05	85	73,9
56	78,1	86	74,8
57	79,4	88	76
SETELAH 24 JAM DIBEBANI			
57	56,1	58,5	75

Lanjutan tabel 4.8

PENGURANGAN BEBAN

TINGGI AIR (cm)	BACAAN DIAL ($\times 10^{-2}$ mm)		
	TEPI	TENGAH	SUDUT
55	49	51	60
50	45,5	50,5	55,5
45	40,75	45	52,8
40	36,5	41	49,45
35	30,25	34	43
30	24,5	28	39,1
25	17,75	19	33,8
20	10	11	27,55
15	2,55	2,5	18,65
10	-6,3	-7	0,6
5	-19	-11	-7,9
0	-39,9	-23,3	-22,55

SETELAH 24 JAM BEBAN KOSONG

0	-42,85	-25,3	-29
---	--------	-------	-----

4.7 Data hasil bacaan dial terhadap pelat tulangan kawat kasa susun lapis silang

Seperti halnya dengan pelat tulangan normal/biasa, di bawah ini akan diuraikan bacaan dial untuk pelat tulangan kawat kasa. Seperti tulangan biasa, yang menjadi acuan pembacaan dial adalah bacaan dial pada bagian tengah. Karena menurut prinsipnya, lendutan di titik tengah harus lebih besar dari dial bagian lainnya.

Tabel 4.9 Pembacaan dial untuk pelat tulangan kawat kasa susun lapis silang sampel 1 (pertama)

TINGGI AIR (cm)	BACAAN DIAL ($\times 10^{-2}$ mm)				
	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0
1	3	2,5	4,5	4,5	4
2	5	3,5	6	6	5
3	5	4,5	7,5	8	6,5
4	5,8	5,5	9,1	10	8
5	6,2	7	11	12	9
6	6,8	7,5	12	13	10
7	7,1	8,5	13,2	15	11
8	7,8	9	15	16,5	12
9	8	9,8	16,1	18	13
10	8,5	10,5	18	20	14
11	9	11,5	19	21,5	15
12	9,5	12	20,2	23	16
13	10	13	22	25	17
14	10,8	14	23	26,5	18

Lanjutan tabel 4.9

15	11	14,5	24	28	19
16	11,5	15,5	25	29,5	19,5
17	12	16	26	30,5	20
18	12,5	17	27,2	32	21
19	13	17,5	28,5	33,5	21,5
20	13,5	18,2	29,8	35	22
21	14	19	30,5	36	23
22	14,6	19,6	31,5	37,5	23,5
23	15,2	20	32,2	38,5	24
24	15,5	20,9	33	40	25
25	16,1	21,5	34	41	25,2
26	16,8	22	35	42	26
27	17	22,5	36	43	26,5
28	17,4	23	36,5	43,5	27
29	17,9	23,5	37,5	45	27,2
30	18,2	24	38,5	45,5	27,5
31	18,9	24,5	39	46	28
32	19,1	25	39,5	47	28
33	19,6	25,5	40,5	48	28,5
34	20	26	42	49	29
35	20,4	26,5	42,5	49,5	29,2
36	21,1	27,2	43,5	50,5	30
37	21,5	28	44,5	51,5	30,5
38	22	28,5	45	52,5	31
39	22,4	29	46	53,5	32
40	23	29,5	47	54,5	32,5
41	23,4	30	51,2	56	33
42	24	30,5	52,5	57	34
43	24,2	31,2	53,5	59	35
44	24,8	32	54,5	60	35,5
45	25,1	32,5	55,5	61	36,5
46	25,9	33	56	62	37
47	26,2	33,5	57	63,5	38
48	26,9	34	58	65	39
49	27,5	34,9	59,2	66	40
50	28	35,2	60	67,5	41
51	28,8	36	61	69	41,5
52	29,2	36,5	62	70	42
53	29,8	37	63	71	42,5
54	30,1	37,6	63,5	71,5	43
55	30,9	38	64,2	72	43,5
56	31,1	38,1	65,1	73,5	44
57	32	39,2	66	75	45

SETELAH 24 JAM BEBAN PENUH

57	25	19,5	28,5	62,5	30
----	----	------	------	------	----

Lanjutan tabel 4.8

PENGURANGAN BEBAN

TINGGI AIR (cm)	BACAAN DIAL ($\times 10^{-2}$ mm)				
	1	2	3	4	5
55	24,2	18	27	61	29
50	22,5	16,5	24	58,5	28,5
45	20,8	14	20	54	25,5
40	18	11	16	49	23
35	15,6	8,5	11	44	20
30	13,2	5	6	37	16
25	10,2	1,5	-0,5	29,5	11
20	8	-2	-7	21	5
15	5,2	-5,5	-13,5	9	0
10	2,4	-9,5	-20,5	2	-6
5	0	-13,5	-28	-8	-12
0	-3,8	-19	-37	-20	-20

SETELAH 24 JAM BEBAN KOSONG

0	-9	-24	-38,5	-20	-18
---	----	-----	-------	-----	-----

Tabel 4.10 Pembacaan dial untuk pelat tulangan kawat kasa susun lapis silang sampel 2 (kedua)

TINGGI AIR (CM)	BACAAN DIAL ($\times 10^{-2}$ mm)				
	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0
1	4,5	7	6	3,5	1,5
2	9	12	10	6	3
3	12	16	13	8	4
4	14,5	19	15,5	9	4,5
5	18,5	23,8	19	11	5
6	21,2	27	21,5	12	6
7	25	32	25	15	6,5
8	28	35	28	17	7
9	30,5	38	30	18	7,5
10	32,5	41	32	19	8
11	35,2	44	34	21	8,5
12	38	47,5	37	22,5	9
13	40,5	50,5	39,5	23	10
14	42,5	53	41,2	25	10,5
15	45,5	56,8	44	26,5	11
16	48,2	59	46,5	28	11,5
17	52	64,6	50	30,5	12,5
18	55	68,5	53	32	13
19	58	72,5	56	34	14
20	62	76,8	59,5	36	15
21	65,5	81	63	38	16
22	70,9	87	67	40,5	17



Lanjutan tabel 4.10

23	73,5	90,5	70	42	17,5
24	77,2	94,5	73	44	18
25	80,9	98,5	76	46	19
26	84,5	102	79	47,5	20
27	87,5	106	81,5	49	21
28	91	109,5	84	51	21,5
29	94,2	113,5	87	53	22
30	97,2	117,5	90	54	23
31	100	120,5	92	55,5	23,5
32	104	125,5	95,2	57,5	25
33	107	129,5	98	59,5	25,5
34	112,5	135	102	62	26
35	115,2	139	105	63,5	27
36	119	144	108	65,5	28
37	122,5	148	112	67,5	29
38	126	152	115	69,5	30
39	129	156	118	71	30,5
40	132	159,5	120,2	72,5	31
41	136	164,9	124	75	32
42	139,5	168	127	76	33
43	143	171,9	129,5	77,5	33,5
44	147	176	133	80	34
45	151	181	136	82	35
46	155	185,8	140	84	36
47	159,5	190,5	144	86,5	37,5
48	163,5	195	147	88,5	38

SETELAH 24 JAM DIBEBANI

48	301	264	270,8	90	133
----	-----	-----	-------	----	-----

PENGURANGAN BEBAN

TINGGI AIR (cm)	BACAAN DIAL ($\times 10^{-2}$ mm)				
	1	2	3	4	5
45	300	262,6	268,8	85	132
40	298	260	265,2	84	130
35	296	257	261,8	81,5	128
30	294	253	258	79	126,5
25	291,2	249	253,5	76	124,5
20	288	243	248	72,5	122,5
15	278	227	238	67	119
10	267	210	227,5	61	116,5
5	252	189,5	214,5	54	113
0	229	162,2	195	43	108

SETELAH 24 JAM BEBAN KOSONG

0	16	-12	18,7	12	15
---	----	-----	------	----	----

Setelah data dari bacaan dial di atas dianalisa, kemudian datanya dibagi menjadi 3 bagian utama yakni dial bagian tepi, dial bagian tengah dan dial bagian sudut. Persis

seperti tulangan biasa yang menjadi prinsip data bacaan dial dapat diterima adalah dial bagian tepi dan dial bagian sudut harus lebih kecil dari dial bagian tengah.

Hal ini merupakan prinsip pembebanan dimana sisi bagian tengah adalah bagian dari pelat yang paling banyak dan paling besar menerima reaksi dari pembebanan yang dilakukan.

Tabel 4.11 Rata-rata pembacaan dial kawat kasa sampel 1 (pertama)

TINGGI AIR (cm)	BACAAN DIAL ($\times 10^{-2}$ mm)		
	TEPI	TENGAH	SUDUT
0	0	0	0
1	2,5	4,5	3,5
2	3,5	6	5
3	4,5	7,5	5,75
4	5,5	9,1	6,9
5	7	11	7,6
6	7,5	12	8,4
7	8,5	13,2	9,05
8	9	15	9,9
9	9,8	16,1	10,5
10	10,5	18	11,25
11	11,5	19	12
12	12	20,2	12,75
13	13	22	13,5
14	14	23	14,4
15	14,5	24	15
16	15,5	25	15,5
17	16	26	16
18	17	27,2	16,75
19	17,5	28,5	17,25
20	18,2	29,8	17,75
21	19	30,5	18,5
22	19,6	31,5	19,05
23	20	32,2	19,6
24	20,9	33	20,25
25	21,5	34	20,65
26	22	35	21,4
27	22,5	36	21,75
28	23	36,5	22,2
29	23,5	37,5	22,55
30	24	38,5	22,85
31	24,5	39	23,45
32	25	39,5	23,55
33	25,5	40,5	24,05
34	26	42	24,5

Lanjutan tabel 4.11

35	26,5	42,5	24,8
36	27,2	43,5	25,55
37	28	44,5	26
38	28,5	45	26,5
39	29	46	27,2
40	29,5	47	27,75
41	30	51,2	28,2
42	30,5	52,5	29
43	31,2	53,5	29,6
44	32	54,5	30,15
45	32,5	55,5	30,8
46	33	56	31,45
47	33,5	57	32,1
48	34	58	32,95
49	34,9	59,2	33,75
50	35,2	60	34,5
51	36	61	35,15
52	36,5	62	35,6
53	37	63	36,15
54	37,6	63,5	36,55
55	38	64,2	37,2
56	38,1	65,1	37,55
57	39,2	66	26,6

SETELAH 24 JAM DIBEBANI

57	19,5	28,5	27,5
----	------	------	------

PENGURANGAN BEBAN

TINGGI AIR (cm)	BACAAN DIAL ($\times 10^{-2}$ mm)		
	TEPI	TENGAH	SUDUT
55	18	27	26,6
50	16,5	24	25,5
45	14	20	23,15
40	11	16	20,5
35	8,5	11	17,8
30	5	6	14,6
25	1,5	-0,5	10,6
20	-2	-7	6,5
15	-5,5	-13,5	2,6
10	-9,5	-20,5	-1,8
5	-13,5	-28	-6
0	-19	-37	-11,9

SETELAH 24 JAM BEBAN KOSONG

0	-24	-38,5	-13,5
---	-----	-------	-------

Tabel 4.12 Rata-rata pembacaan dial kawat kasa sampel 2 (kedua)

TINGGI AIR (cm)	BACAAN DIAL ($\times 10^{-2}$ mm)		
	TEPI	TENGAH	SUDUT
0	0	0	0
1	5,25	6	1,5
2	9	10	3
3	12	13	4
4	14	15,5	4,5
5	17,4	19	5
6	19,5	21,5	6
7	23,5	25	6,5
8	26	28	7
9	28	30	7,5
10	30	32	8
11	32,5	34	8,5
12	35	37	9
13	36,75	39,5	10
14	39	41,2	10,5
15	41,65	44	11
16	43,5	46,5	11,5
17	47,55	50	12,5
18	50,25	53	13
19	53,25	56	14
20	56,4	59,5	15
21	59,5	63	16
22	63,75	67	17
23	66,25	70	17,5
24	69,25	73	18
25	72,25	76	19
26	74,75	79	20
27	77,5	81,5	21
28	80,25	84	21,5
29	83,25	87	22
30	85,75	90	23
31	88	92	23,5
32	91,5	95,2	25
33	94,5	98	25,5
34	98,5	102	26
35	101,25	105	27
36	104,75	108	28
37	107,75	112	29
38	110,75	115	30
39	113,5	118	30,5
40	116	120,2	31
41	119,95	124	32
42	122	127	33
43	124,7	129,5	33,5
44	128	133	34

Lanjutan tabel 4.14

45	131,5	136	35
46	134,9	140	36
47	138,5	144	37,5
48	141,75	147	38
49	189,25	288,8	145,5

SETELAH 24 JAM DIBEBANI

49	177	270,8	133
----	-----	-------	-----

PENGURANGAN BEBAN

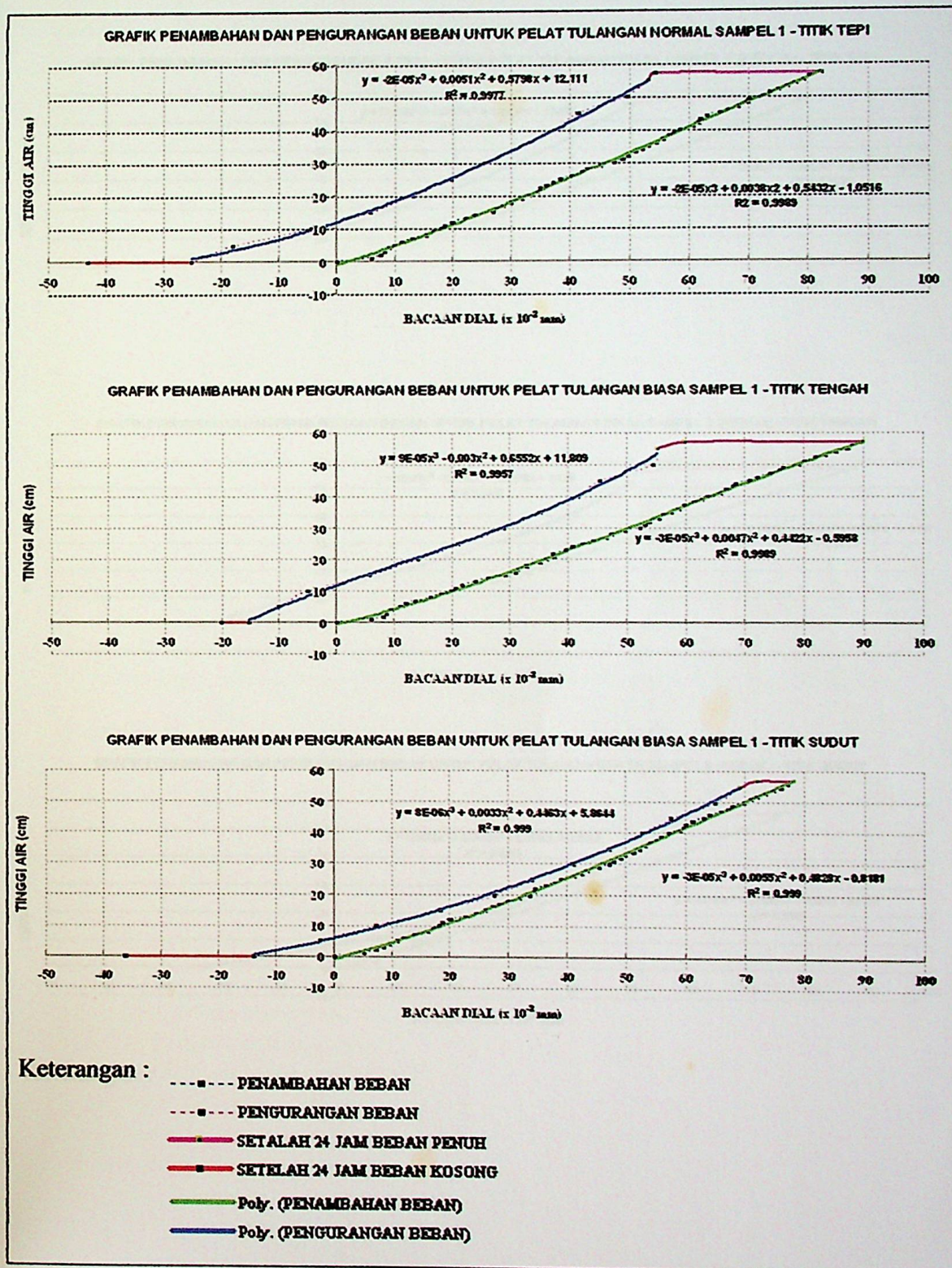
TINGGI AIR (cm)	BACAAN DIAL ($\times 10^{-2}$ mm)		
	TEPI	TENGAH	SUDUT
45	173,8	268,8	132
40	172	265,2	130
35	169,25	261,8	128
30	166	258	126,5
25	162,5	253,5	124,5
20	157,75	248	122,5
15	147	238	119
10	135,5	227,5	116,5
5	121,75	214,5	113
0	102,6	195	108

SETELAH 24 JAM BEBAN KOSONG

0	0	6	15
---	---	---	----

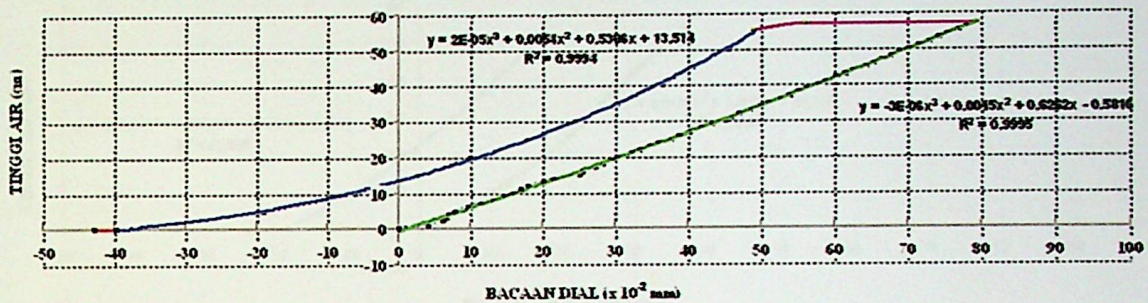
4.8 Perbandingan lendutan antara pelat tulangan normal dan tulangan kawat kasa susun lapis silang

Setelah data-data hasil bacaan dial dirata-ratakan maka akan disajikan pengolahan datanya dalam bentuk grafik.

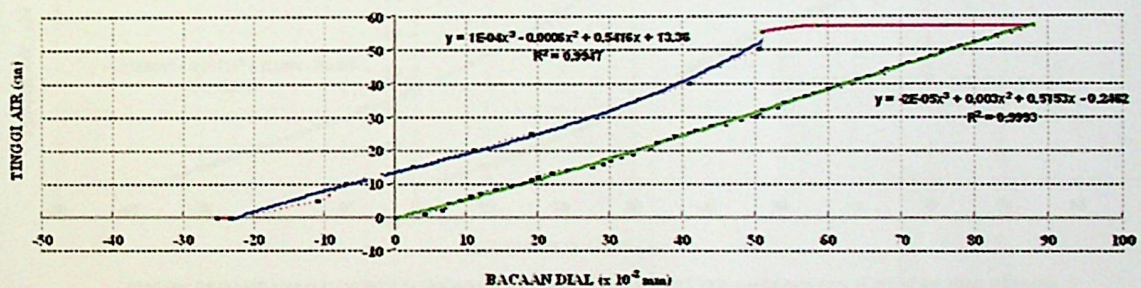


Gambar 4.1 Grafik penambahan dan pengurangan beban untuk pelat tulangan normal sampel 1 (pertama)

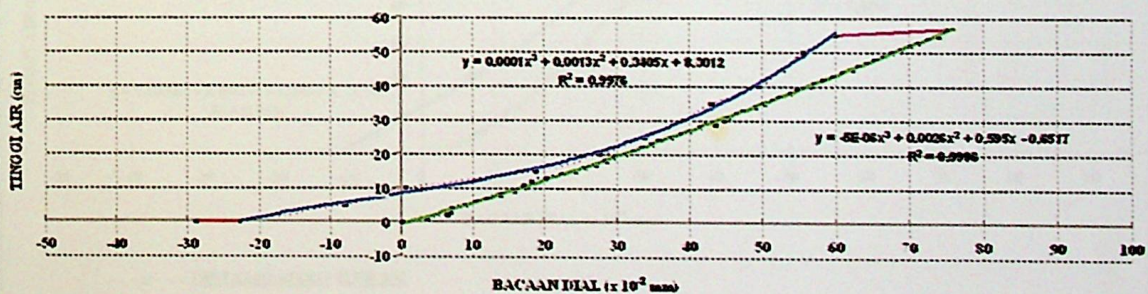
GRAFIK PENAMBAHAN DAN PENGURANGAN BEBAN UNTUK PELAT TULANGAN BIASA SAMPEL 2 (KEDUA) - TITIK TEPI



GRAFIK PENAMBAHAN DAN PENGURANGAN BEBAN UNTUK PELAT TULANGAN BIASA SAMPEL 2 (KEDUA) - TITIK TENGAH



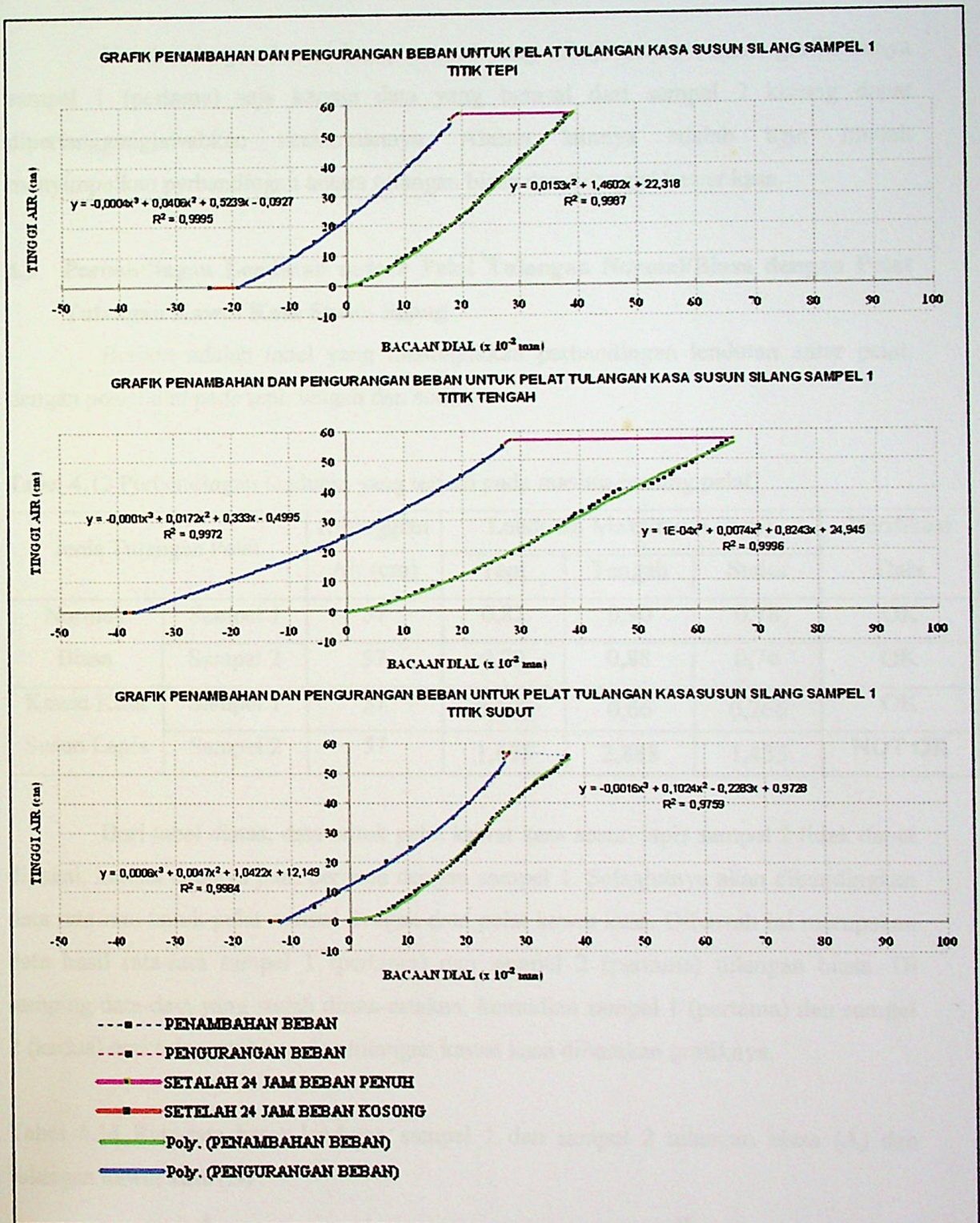
GRAFIK PENAMBAHAN DAN PENGURANGAN BEBAN UNTUK PELAT TULANGAN BIASA SAMPEL 2 (KEDUA) - TITIK SUDUT



Keterangan :

- ■ --- PENAMBAHAN BEBAN
- ○ --- PENGURANGAN BEBAN
- SETELAH 24 JAM BEBAN PENUH
- SETELAH 24 JAM BEBAN KOSONG
- Poly. (PENAMBAHAN BEBAN)
- Poly. (PENGURANGAN BEBAN)

Gambar 4.2 Grafik penambahan dan pengurangan beban untuk pelat tulangan normal sampel 2 (kedua)



Gambar 4.3. Grafik penambahan dan pengurangan beban untuk pelat tulangan kawat kasa susun lapis silang sampel 1 (pertama)

Untuk tulangan kawat kasa, sampel yang dikaji dalam bentuk grafik hanya sampel 1 (pertama) saja karena data yang berasal dari sampel 2 kurang dapat dipertanggungjawabkan keakuratannya. Alasan lainnya adalah agar mudah menyimpulkan perbandingan antara tulangan biasa dan tulangan kawat kasa.

4.9 Perbandingan Lentutan antara Pelat Tulangan Normal/Biasa dengan Pelat Tulangan Kawat Kasa Susun Silang

Berikut adalah tabel yang menunjukkan perbandingan lentutan antar pelat, dengan posisi dial pada tepi, tengah dan sudut:

Tabel 4.13 Perbandingan lentutan yang terjadi pada masing-masing pelat

Jenis Tulangan Pelat		Ketinggian Air (cm)	Lentutan Maksimum (mm)			Verifikasi Data
			Tepi	Tengah	Sudut	
Normal/ Biasa	Sampel 1	57	0,82	0,90	0,78	OK
	Sampel 2	57	0,79	0,88	0,76	OK
Kawat Kasa Susun Lapis	Sampel 1	57	0,392	0,66	0,266	OK
	Sampel 2	57	1,893	2,888	1,455	NOT OK

Dari tabel diatas, data untuk pelat kawat kasa susun lapis sampel 2 tidak dapat dipakai, karena datanya jauh berbeda dengan sampel 1. Selanjutnya akan dibandingkan data rata-rata untuk pelat normal dengan data pelat kawat kasa. Dibawah ini merupakan data hasil rata-rata sampel 1 (pertama) dan sampel 2 (pertama) tulangan biasa. Di samping data-data yang sudah dirata-ratakan, kemudian sampel 1 (pertama) dan sampel 2 (kedua) dari tulangan biasa dan tulangan kawat kasa dibuatkan grafiknya.

Tabel 4.14 Rata-rata besar lentutan sampel 1 dan sampel 2 tulangan biasa (A) dan tulangan kawat kasa (B)

A

TINGGI AIR (cm)	BACAAN DIAL ($\times 10^{-2}$ mm)		
	TEPI	TENGAH	SUDUT
0	0	0	0
1	4,8	5	4,35
2	6,95	7,25	6,83
3	7,55	7,85	7,65

B

TINGGI AIR (cm)	BACAAN DIAL ($\times 10^{-2}$ mm)		
	TEPI	TENGAH	SUDUT
0	0	0	0
1	2,5	4,5	3,5
2	3,5	6	5
3	4,5	7,5	5,75

Lanjutan tabel 4.14

4	8,025	8,5	8,35
5	9,325	10,05	9,825
6	10,83	11,3	11,28
7	12,38	12,85	12,8
8	14,6	15,15	15,05
9	16,23	17,05	16,48
10	17,48	19	17,58
11	17,83	19,8	17,9
12	18,95	20,9	19
13	21,23	23,05	21,5
14	22,98	25,1	23,35
15	25,55	28,4	25,15
16	26,45	29,95	26,4
17	27,78	30,65	27,7
18	29,2	32,25	29,18
19	30,6	34,1	30,7
20	32,05	35,2	32,3
21	33,35	36,55	33,3
22	34,15	37	33,98
23	35,38	38,8	35,55
24	36,45	39,85	36,88
25	37,93	41,75	38,25
26	39,55	43,15	39,95
27	41	45,25	41,28
28	42,2	46,7	42,38
29	44,35	48,9	44,45
30	46,08	51,15	45,95
31	47,08	51,8	46,65
32	48,03	52,35	47,7
33	49,2	54,25	48,6
34	50,55	55,1	50,1
35	51,65	56,55	51,2
36	52,93	57,95	52,3
37	54	58,9	53,15
38	55,23	60,75	54,5
39	56,1	62,1	55,35
40	57,48	63,4	56,85
41	58,93	65	58,1
42	59,98	66,2	59
43	60,78	67,75	59,85
44	61,93	68,2	61,05
45	63,75	70,4	62,65
46	64,83	71,6	63,6
47	66,3	73,4	65,1
48	67,5	75	66,25
49	68,3	76	67,18
50	70,05	78,1	68,7
51	71,25	79,05	69,95

4	5,5	9,1	6,9
5	7	11	7,6
6	7,5	12	8,4
7	8,5	13,2	9,05
8	9	15	9,9
9	9,8	16,1	10,5
10	10,5	18	11,25
11	11,5	19	12
12	12	20,2	12,75
13	13	22	13,5
14	14	23	14,4
15	14,5	24	15
16	15,5	25	15,5
17	16	26	16
18	17	27,2	16,75
19	17,5	28,5	17,25
20	18,2	29,8	17,75
21	19	30,5	18,5
22	19,6	31,5	19,05
23	20	32,2	19,6
24	20,9	33	20,25
25	21,5	34	20,65
26	22	35	21,4
27	22,5	36	21,75
28	23	36,5	22,2
29	23,5	37,5	22,55
30	24	38,5	22,85
31	24,5	39	23,45
32	25	39,5	23,55
33	25,5	40,5	24,05
34	26	42	24,5
35	26,5	42,5	24,8
36	27,2	43,5	25,55
37	28	44,5	26
38	28,5	45	26,5
39	29	46	27,2
40	29,5	47	27,75
41	30	51,2	28,2
42	30,5	52,5	29
43	31,2	53,5	29,6
44	32	54,5	30,15
45	32,5	55,5	30,8
46	33	56	31,45
47	33,5	57	32,1
48	34	58	32,95
49	34,9	59,2	33,75
50	35,2	60	34,5
51	36	61	35,15

Lanjutan table 4.14

52	72,53	81	71,05
53	73,85	82,6	72,35
54	75,15	84,2	73,65
55	76,63	86,15	75,05
56	77,5	87	75,95
57	79,08	89	77,2

52	36,5	62	35,6
53	37	63	36,15
54	37,6	63,5	36,55
55	38	64,2	37,2
56	38,1	65,1	37,55
57	39,2	66	26,6

SETELAH 24 JAM BEBAN PENUH

57	57,88	59,15	63,15
----	-------	-------	-------

SETELAH 24 JAM DIBEBANI

57	19,5	28,5	27,5
----	------	------	------

PENGURANGAN BEBAN

TINGGI AIR (cm)	BACAAN DIAL ($\times 10^{-2}$ mm)		
	TEPI	TENGAH	SUDUT
55	56,6	53,1	40,48
50	52,5	52,5	41,18
45	47,03	45,25	40,28
40	43,33	41,35	44,25
35	37,23	34,6	41,73
30	32,3	28,5	39,2
25	26,78	20	35,2
20	20,33	12,55	30,98
15	12,2	4,1	25,8
10	-1,85	-6	14,38
5	-12,95	-10,5	8,93
0	-23,85	-19,3	0,08

PENGURANGAN BEBAN

TINGGI AIR (cm)	BACAAN DIAL ($\times 10^{-2}$ mm)		
	TEPI	TENGAH	SUDUT
55	18	27	26,6
50	16,5	24	25,5
45	14	20	23,15
40	11	16	20,5
35	8,5	11	17,8
30	5	6	14,6
25	1,5	-0,5	10,6
20	-2	-7	6,5
15	-5,5	-13,5	2,6
10	-9,5	-20,5	-1,8
5	-13,5	-28	-6
0	-19	-37	-11,9

SETELAH 24 JAM DALAM BEBAN KOSONG

0	-36,05	-22,75	-31,08
---	--------	--------	--------

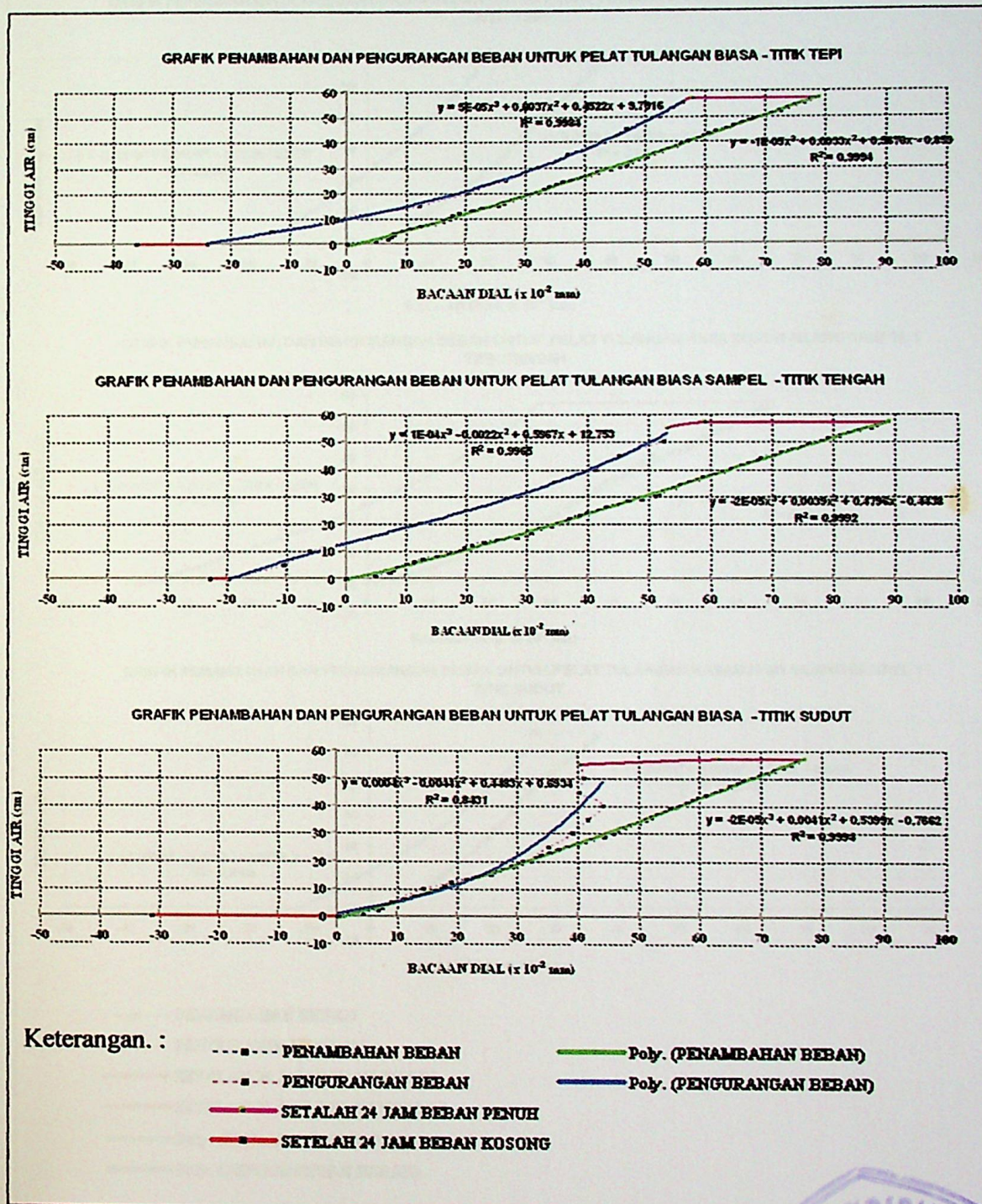
SETELAH 24 JAM DALAM KEADAAN KOSONG

0	-24	-38,5	-13,5
---	-----	-------	-------

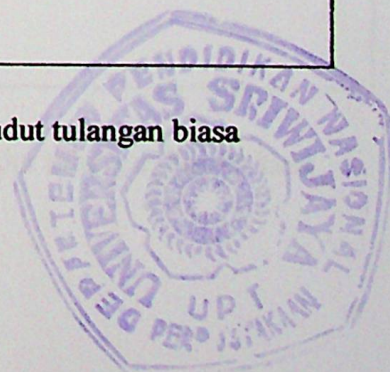
Tabel 4.15 Selisih lendutan setelah beban terisi penuh dan setelah 24 jam beban penuh

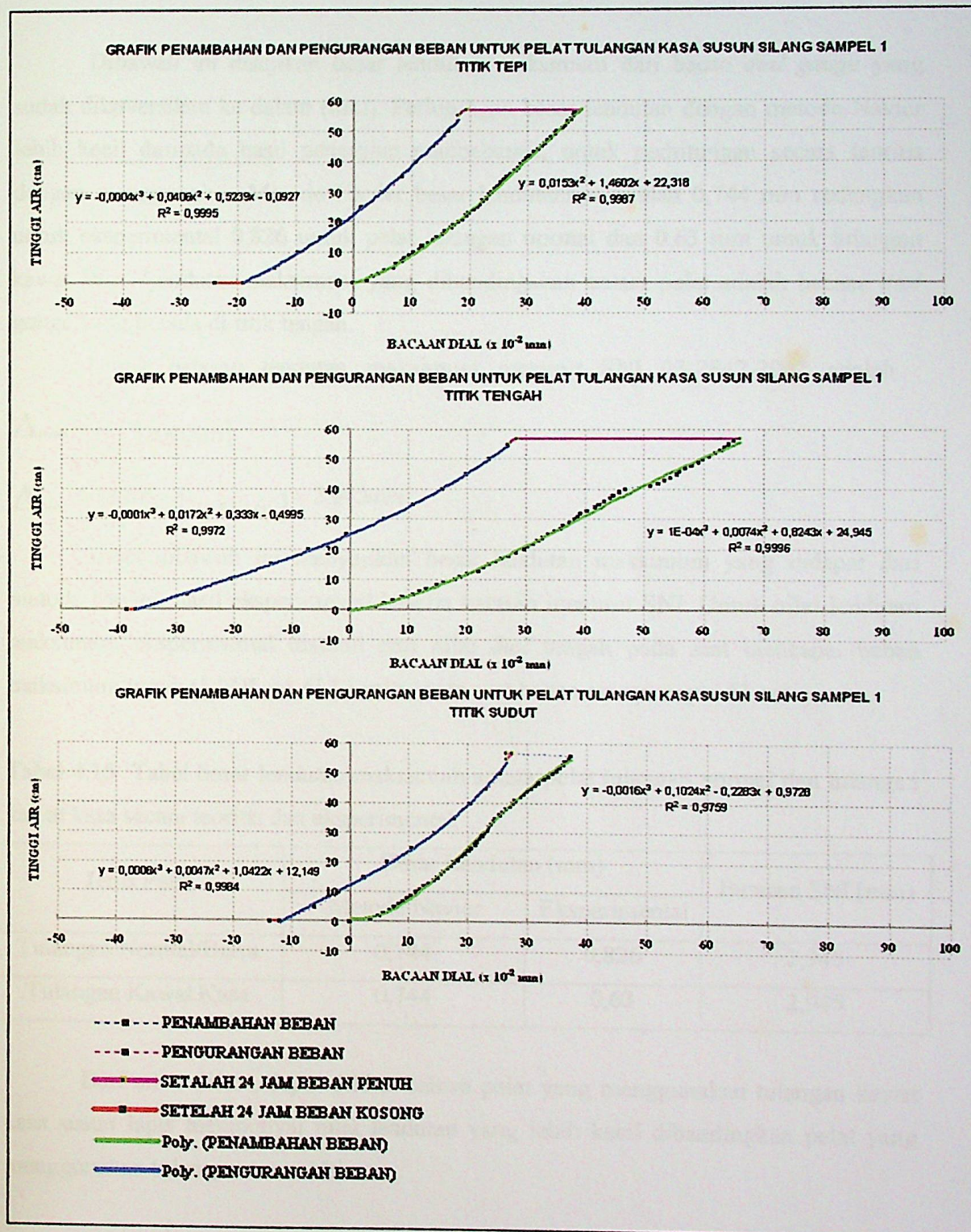
Pelat	Tinggi Air (cm)	Lendutan setelah beban terisi penuh ($\times 10^{-2}$)mm			Lendutan setelah 24 jam beban penuh ($\times 10^{-2}$)mm			Selisih (%)		
		Tepi	Tengah	Sudut	Tepi	Tengah	Sudut	Tepi	Tengah	Sudut
Normal	57	79,08	89	77,2	57,88	59,15	63,15	26,8	33,5	18,2
Kasa	57	39,2	66	26,5	19,5	28,5	27,5	50,2	56,8	3,77

Setelah bacaan dial dirata-ratakan, selanjutnya membandingkan lendutan antara pelat dengan tulangan normal/biasa dan pelat dengan tulangan kawat kasa susun lapis.



Gambar 4.4 Grafik lendutan titik tepi, titik tengah dan titik sudut tulangan biasa





Gambar 4.5 Grafik lendutan titik tepi, titik tengah dan titik sudut tulangan kawat kasa susun silang

Dibawah ini disajikan besar lendutan maksimum dari bacaan *dial gauge* yang sudah dikoversikan ke dalam (mm). Perhitungan besar lendutan dengan metode Navier lebih kecil daripada hasil pengujian pembebanan, untuk perhitungan secara teoritis dengan menggunakan Metode Navier besar lendutannya adalah 0,744 mm sedangkan untuk eksperimental 0,826 untuk pelat tulangan normal dan 0,63 mm untuk tulangan kawat kasa. Lendutan maksimum yang dibandingkan antara pelat adalah bacaan *dial gauge* yang berada di titik tengah.

Untuk batasan lendutan maksimum menurut SNI 03-2847-2002 adalah :

$$\Delta_{maks} \leq l_t^2 / [20000.h]$$

$$\Delta_{maks} \leq 1880^2 / [20000.60] = 2,945mm$$

Tabel dibawah ini menyajikan besar lendutan maksimum yang didapat dari metode Navier, hasil eksperimental beserta batasan menurut SNI. Untuk nilai lendutan maksimum eksperimental diambil dari nilai *dial* tengah pada saat mencapai beban maksimum untuk (1,2DL + 1,6LL) yaitu pada saat beban air mencapai 53 cm.

Tabel 4.15 Tabel besar lendutan maksimum antara pelat tulangan normal dan tulangan kawat kasa secara teoritis dan eksperimental.

Jenis Pelat	Besar Lendutan (mm)		Batasan SNI (mm)
	Metode Navier	Eksperimental	
Tulangan Normal/Biasa	0,744	0,826	2,945
Tulangan Kawat Kasa	0,744	0,63	2,945

Dari tabel diatas, dapat dilihat bahwa pelat yang menggunakan tulangan kawat kasa susun lapis mempunyai nilai lendutan yang lebih kecil dibandingkan pelat yang menggunakan tulangan normal/biasa.

4.10 Perbandingan Nilai Momen Nominal (Mn)

1. Mencari Mn untuk keadaan 1,2DL + 1,6LL

Ketinggian air = 53 cm

$$\text{Berat pelat} = 1 \times 0,06 \times 2270 \text{ kg/m}^3 = 136,2 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat air} &= 0,53 \times 1 \times 1000 \text{ kg/m}^3 && = 530 \text{ kg/m} \\ \text{Total beban} &&& = 666,2 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Rumus Mn untuk } L_x/L_y = 1,88/1,88 = 1$$

Pelat dengan tumpuan sendi pada keempat sisinya :

$$\begin{aligned} \text{Mn} &= 0,041 \times \text{LU} \times L_x^2 \\ &= 0,041 \times 666,2 \times 1,88^2 && = 96,54 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Data eksperimental < Data teoritis

$$\text{Pelat normal} \quad 96,54 \text{ kg.m} < 125,77 \text{ kg.m}$$

$$\text{Pelat kasa} \quad 96,54 \text{ kg.m} < 117,72 \text{ kg.m}$$

2. Mencari Mn untuk keadaan 0,85(1,2DL + 1,6LL)

$$\begin{aligned} 1,2\text{DL} + 1,6\text{LL} &= 666,2 \text{ kg/m} \\ 85\%(1,2\text{DL} + 1,6\text{LL}) &= 566,27 \text{ kg/m} \\ \text{Berat pelat} &= 1 \times 0,06 \times 2270 \text{ kg/m}^3 = 136,2 \text{ kg/m} \\ \text{Berat air} &= 566,27 - 136,2 \\ &= 430,07 \text{ kg/m} \\ \text{Tinggi air} &= 43 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{Rumus Mn untuk } L_x/L_y = 1,88/1,88 = 1$$

Pelat dengan tumpuan sendi pada keempat sisinya :

$$\begin{aligned} \text{Mn} &= 0,041 \times \text{LU} \times L_x^2 \\ &= 0,041 \times 566,27 \times 1,88^2 && = 82,06 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

3. Mencari Mn untuk keadaan elastis (DL + LL)

$$\begin{aligned} \text{Berat spesi + keramik} &= 87 \text{ kg/m} \\ \text{Berat pelat} &= 1 \times 0,06 \times 2270 \text{ kg/m}^3 = 136,2 \text{ kg/m} \\ \text{DL} &= 223,2 \text{ kg/m} \\ \text{LL} &= 250 \text{ kg/m} \\ \text{DL + LL} &= 473,2 \text{ kg/m} \\ \text{Berat air} &= 473,2 - 136,2 \\ &= 337 \text{ kg/m} \\ \text{Tinggi air} &= 33,7 \text{ cm} \end{aligned}$$

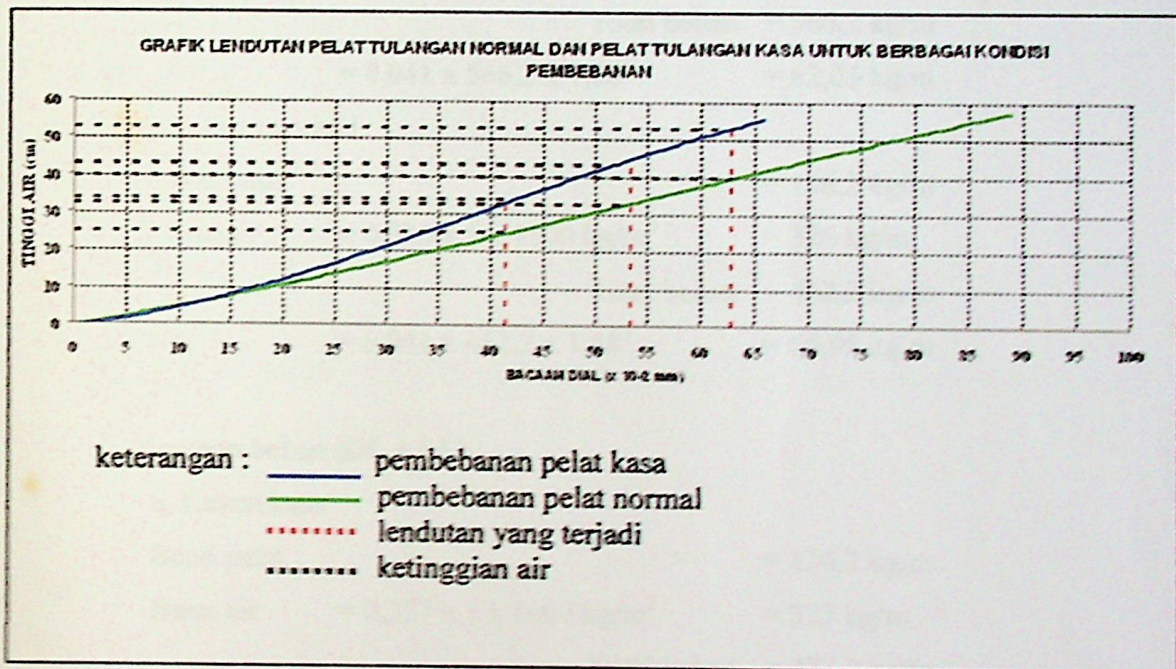
Rumus M_n untuk $L_x/L_y = 1,88/1,88 = 1$

Pelat dengan tumpuan sendi pada keempat sisinya :

$$\begin{aligned} M_n &= 0,041 \times LU \times L_x^2 \\ &= 0,041 \times 473,2 \times 1,88^2 &= 68,57 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Mencari M_n untuk nilai lendutan yang sama,

Berikut adalah grafik yang menunjukkan lendutan pada 3 macam pembebanan:



Gambar 4.6 Grafik perbandingan ketinggian air saat lendutan yang sama

Ketiga macam pembebanan yang dimaksud adalah :

1. Keadaan beban maksimum (1,2DL + 1,6LL)

a. Kawat kaca

$$\text{Berat pelat} = 136,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat air} = 0,53 \times 1 \times 1000 \text{ kg/m}^3 = 530 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total beban} = 666,2 \text{ kg/m}$$

$$M_n = 0,041 \times 666,2 \times 1,88^2 = 96,54 \text{ kg.m}$$

b. Kawat normal

$$\text{Berat pelat} = 136,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat air} = 0,397 \times 1 \times 1000 \text{ kg/m}^3 = 397 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Total beban} &= 533,2 \text{ kg/m} \\ \text{Mn} &= 0,041 \times 533,2 \times 1,88^2 = 77,27 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

2. Keadaan 85% beban maksimum, 0,85(1,2DL + 1,6LL)

a. Kawat kasa

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} &= 136,2 \text{ kg/m} \\ \text{Berat air} &= 0,43 \times 1 \times 1000 \text{ kg/m}^3 = 430 \text{ kg/m} \\ \text{Total beban} &= 566,2 \text{ kg/m} \\ \text{Mn} &= 0,041 \times 566,2 \times 1,88^2 = 82,05 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

b. Kawat normal

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} &= 136,2 \text{ kg/m} \\ \text{Berat air} &= 0,326 \times 1 \times 1000 \text{ kg/m}^3 = 326 \text{ kg/m} \\ \text{Total beban} &= 462,2 \text{ kg/m} \\ \text{Mn} &= 0,041 \times 462,2 \times 1,88^2 = 66,98 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

2. Keadaan beban (DL + LL)

a. Kawat kasa

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} &= 136,2 \text{ kg/m} \\ \text{Berat air} &= 0,337 \times 1 \times 1000 \text{ kg/m}^3 = 337 \text{ kg/m} \\ \text{Total beban} &= 473,2 \text{ kg/m} \\ \text{Mn} &= 0,041 \times 473,2 \times 1,88^2 = 68,57 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

b. Kawat normal

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} &= 136,2 \text{ kg/m} \\ \text{Berat air} &= 0,249 \times 1 \times 1000 \text{ kg/m}^3 = 249 \text{ kg/m} \\ \text{Total beban} &= 385,2 \text{ kg/m} \\ \text{Mn} &= 0,041 \times 385,2 \times 1,88^2 = 55,82 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Tabel dibawah ini menunjukkan nilai Mn dan ketinggian pada lendutan yang sama:

Tabel 4.17 Selisih tinggi air dan Mn antara pelat tulangan normal dengan pelat tulangan kawat kasa

Lendutan (mm)	Pelat	Tinggi Air (cm)	Selisih Tinggi Air (%)	Mn (kg.m)	Selisih Mn (%)
0,415	Kasa	53	25,1	96,54	19,96
	Normal	39,7		77,27	
0,535	Kasa	43	24,2	82,05	18,37
	Normal	32,6		66,98	
0,415	Kasa	33,7	26,7	68,57	18,58
	Normal	24,9		55,83	

4.11 Perbandingan nilai keekonomisan pelat tulangan normal dengan pelat tulangan kasa

Berikut ini adalah rincian biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan satu sampel pelat beton berukuran $(2 \times 2 \times 0,06) \text{m}^3$

Batu pecah (*split*)

Berat volume	: 1447 kg/m ³
Harga per m ³	: Rp. 350.000,-
Harga per kg	: Rp. 242,-
Kebutuhan per 1 m ³ beton	: 1008,31 kg/m ³
Kebutuhan untuk 1 plat	: 1008,31 x 0,24 = 242 kg
Harga <i>split</i> untuk 1 pelat	: 242 x 242 = Rp. 58.600,-

Pasir

Berat volume	: 1337 kg/m ³
Harga per m ³	: Rp. 150.000,-
Harga per kg	: Rp. 113,-
Kebutuhan per 1 m ³ beton	: 640,77 kg/m ³
Kebutuhan untuk 1 plat	: 640,77 x 0,24 = 154 kg
Harga pasir untuk 1 pelat	: 113 x 154 = Rp. 17.500,-

Semen

Harga per sak (50 kg)	: Rp. 52.000,-
Harga per kg	: Rp. 1040,-
Kebutuhan per 1 m ³ beton	: 467,39 kg/m ³
Kebutuhan untuk 1 plat	: 467,39 x 0,24 = 112,2 kg
Harga semen untuk 1 pelat	: 1040 x 112,2 = Rp. 117.000,-

Tulangan besi polos Ø 6 mm

Harga perbatang (8m)	: Rp. 23.000,-
Harga per (m)	: Rp. 2.875,-
Kebutuhan untuk 1 plat	: 22 x 2 m = 44 m
Harga besi untuk 1 pelat	: 44 x 2.875 = Rp. 126.500,-

Tulangan kawat kasa

Harga kawat (25m x 90cm)	: Rp. 170.000,-
Harga per (m)	: Rp. 6.800,-
Kebutuhan untuk 1 plat	: 9,66 m
Harga besi untuk 1 pelat	: 9,66 x 6.800 = Rp. 65.700,-

Tabel 4.18 Perbandingan keekonomisan pelat tulangan biasa dan pelat tulangan kawat kasa

No	Jenis Material	Jenis Tulangan	
		Tulangan Biasa / Normal (Rp.)	Tulangan Kawat Kasa (Rp.)
1	Agregat Kasar	58.600	58.600
2	Agregat Halus	17.500	17.500
3	Tulangan	126.500	65.700
4	Semen	117.000	117.000
5	Kawat ikat	16.000	16.000

Lanjutan tabel 4.18

6	Air	0	0
Jumlah		335.600	274.800

Dari tabel di atas, maka tulangan kawat kasa lebih ekonomis dibanding tulangan biasa / normal. Nilai keekonomisan antara pelat tulangan kawat kasa dan pelat tulangan normal / biasa adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Persen keekonomisan} &= \frac{\text{Harga pelat biasa} - \text{harga pelat kawat kasa}}{\text{Harga pelat biasa}} \times 100 \% \\
 &= \frac{\text{Rp. 335.600} - \text{Rp. 274.800}}{\text{Rp. 335.600}} \times 100 \% \\
 &= 18,1 \%
 \end{aligned}$$

Sedangkan jika ditinjau dari keekonomisan tulangan yang dipakai, maka persen keekonomisannya adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Persen keekonomisan} &= \frac{\text{Harga tulangan biasa} - \text{harga tulangan kawat kasa}}{\text{Harga tulangan biasa}} \times 100 \% \\
 &= \frac{\text{Rp. 126.500} - \text{Rp. 65.700}}{\text{Rp. 126.500}} \times 100 \% \\
 &= 48,06 \%
 \end{aligned}$$

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan terhadap pelat tulangan biasa dan pelat tulangan kawat kasa, dengan kuat tekan rencana yang sama sebesar $f_c'30$ Mpa kesimpulan yang didapat adalah :

1. Lendutan maksimum menurut perhitungan dengan metode Navier adalah 0,744 mm. Hasil pengujian pembebanan (*loading test*) dengan beban 1,2DL + 1,6LL terhadap pelat tulangan normal, lendutan maksimum yang didapat adalah sebesar 0,826 mm. Sedangkan pengujian pembebanan (*loading test*) terhadap pelat tulangan kawat kasa, lendutan maksimumnya adalah sebesar 0,63 mm. Hal ini menunjukkan bahwa besar lendutan maksimum tulangan biasa lebih besar 0,196 mm dari tulangan kawat kasa.
2. Nilai ekonomis dari harga tiap pelat, jika dibandingkan antara pelat normal dan pelat tulangan kawat kasa adalah sebesar 18,1 %. Pelat tulangan kawat kasa cenderung lebih ekonomis daripada pelat tulangan normal.
3. Dari segi pembesian jika dibandingkan antara tulangan normal dan tulangan kawat kasa, kawat kasa jauh lebih ekonomis 48,06 %.
4. Pada proses pembebanan (*loading test*) terjadi fenomena yang antagonis, maksudnya adalah ketika pelat telah dibebani / didiamkan selama 24 jam, pelat cenderung melakukan perlawanan terhadap beban yang diterima. Hal ini membuktikan pelat memiliki kemampuan untuk bereaksi lebih terhadap beban yang diterima.
5. Dari segi keefektifan pelaksanaan penggunaan tulangan, tulangan kawat kasa dianggap lebih singkat masa perangkaannya daripada tulangan biasa/normal.

5.2 Saran

Sepanjang pelaksanaan penelitian ini, ada beberapa pelajaran yang dapat diambil untuk dapat digunakan kemudian harinya dalam penelitian sejenis ataupun penerapan penelitian ini di lapangan.

1. Untuk lebih cepat dan akuratnya pembacaan dial, perlu digunakannya dial gauge digital, karena perubahan yang timbul terhadap pelat selama pengujian pembebanan tidak perlu diamati secara manual.
2. Pematatan adonan beton segar sangat perlu diperhatikan, hal ini untuk mencegah adanya rongga yang terjadi pada pelat
3. Untuk penelitian di lingkungan laboratorium struktur, peralatannya diharapkan dapat memberikan jaminan keamanan bagi praktikan karena pada umumnya penelitian yang dilaksanakan di laboratorium ini memiliki ukuran sampel yang berukuran besar sehingga mempunyai resiko yang tinggi.
4. Dengan lendutan yang lebih kecil dibanding pelat yang menggunakan tulangan biasa, pelat dengan tulangan kasa susun lapis ini layak untuk diproduksi massal. Pelat ini dapat diaplikasikan untuk lantai rumah maupun untuk gedung.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, Sjafei, *Teknologi Beton A-Z*. Penerbit Yayasan Jhon Hi.Tech Idetama, Jakarta, 2005
- Dipohusodo, Istimawan, *Struktur Beton Bertulang*. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1999
- Lubis, Mawardi, *Pengujian Struktur Beton Dengan Metode Hammer Test Dan Metode Uji Pembebanan (Load Test)*, Universitas Sumatera Utara, 2003
- Mosley, W.H dan J.H. Bungey, *Perencanaan Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta, 1989.
- Szillard, Rudolph, *Teori dan Analisa Pelat*. Penerbit Erlangga, Jakarta, 1974
- Vis, W.C. dan R. Sagel, *perhitungan Perencanaan Sederhana untuk Beton Bertulang*, Stuvo, Nederland, 1987.

LAMPIRAN

PEMERIKSAAN KADAR ORGANIK

Pengujian nomor : 1 Benda Uji : Agregat Halus (pasir)

Tgl. Pengujian : 2 Ferbruari 2010 Sumber Benda Uji : Tanjung Raja (OI)

PELAPORAN :

1. Dari hasil observasi dengan menggunakan alat standar warna (*Hallage Tester*) didapat warna cairan no. 2. Hasil ini menunjukkan bahwa kadar organik di dalam agregat halus (pasir Tanjung Raja) ini rendah atau tidak berlebihan.
2. Memenuhi syarat untuk proporsi campuran beton.

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR

Pengujian nomor : 2 Benda Uji : Agregat Halus (pasir)

Tgl. Pengujian : 6 Januari 2009 Sumber Benda Uji : Tanjung Raja (OI)

OBSERVASI 1

Jenis Pemeriksaan	Observasi
V1 = Tinggi Pasir	83,30 ml
V2 = Tinggi Lumpur	1,70 ml
Kadar Lumpur = $\frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\% = 2.00\%$	

OBSERVASI 2

Jenis Pemeriksaan	Observasi
V1 = Tinggi Pasir	83.30 ml
V2 = Tinggi Lumpur	1.20 ml
Kadar Lumpur = $\frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\% = 1,40\%$	

Sumber: Hasil Tes Laboratorium

$$\text{Kadar Lumpur Rata - rata} = \frac{KL_1 + KL_2}{2} = 1.70 \% \dots\dots\dots < 5 \%$$

Jadi pasir yang digunakan masih memenuhi syarat.

PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT HALUS

Pengujian nomor : 3 Benda Uji : Agregat Halus (pasir)

Tgl. Pengujian : 6 Januari 2009 Sumber Benda Uji : Tanjung Raja (OI)

OBSERVASI I			
A. Berat Wadah	=	285	gram
B. Berat wadah + Benda uji (sebelum di oven)	=	2785	gram
C. Berat wadah + Benda uji (sesudah di oven)	=	2546	gram
D. Berat Benda Uji (B - A)	=	2500,00	gram
E. Berat Benda Uji kering (setelah di oven)	=	2261	gram

$$\text{Kadar air} = \frac{D - E}{E} \times 100 \% = \frac{2500,00 - 2261}{2251} \times 100 \% = 10,571 \%$$

ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS

Pengujian nomor : 5

Benda Uji : Agregat Halus (pasir)

Tgl. Pengujian : 10 Januari 2009

Sumber Benda Uji : Tanjung Raja (OI)

Ukuran Saringan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Jumlah Berat Tertahan	Persentase Tertahan Kumulatif	Persentase Lolos Kumulatif	SPEC SK SNI T-15-1990-03
9,5	0,00	0,00	0,000	100,000	100
4,75	0,10	0,10	0,000	100	90-100
2,36	0,55	0,55	0,055	99,945	75-100
1,18	103,45	104	10,35	89,65	55-90
0,6	331,48	435,18	43,31	56,69	35-59
0,3	490,10	925,28	92,57	7,43	8-30
0,15	10,99	936,27	93,56	6,49	0-10
PAN	63,73	1000	100,000	0,000	-
$\text{Modulus Kehalusan} = \frac{\text{Jml Persen Tertahan}}{100} = \frac{339,845}{100} = 3,398$					

PEMERIKSAAN SPECIFIC GRAVITY & PENYERAPAN AGREGAT HALUS

Pengujian nomor : 6

Benda Uji : Agregat Halus (pasir)

Tgl. Pengujian : 10 Januari 2009

Sumber Benda Uji : Tanjung Raja (OI)

OBSERVASI	I	II
A. Berat Piknometer	208,18 gr	193,76 gr
B. Berat Contoh Tanah SSD	500,00 gr	500,00 gr
C. Berat Piknometer + air + contoh SSD	950,93 gr	923,60 gr
D. Berat Piknometer diisi air	659,08 gr	636,93 Gr
E. Berat Contoh Kering di Udara	492,98 gr	492,36 gr
<i>Apparent Specific Gravity</i> = $\frac{E}{(B + D - C)}$	2,368	2,308
<i>Bulk Spec. Kondisi Kering</i> = $\frac{E}{(E + D - C)}$	2,451	2,394
<i>Bulk Spec. Kondisi SSD</i> = $\frac{B}{(B + D - C)}$	2,402	2,344
Persentase absorpsi air = $\frac{B - E}{E} \times 100 \%$	1,424%	1,552 %
RATA-RATA		
<i>Apparent Specific Gravity</i>	2,338	
<i>Bulk Spec. Kondisi Kering</i>	2,422	
<i>Bulk Spec. Kondisi SSD</i>	2,273	
Persentase Absorpsi Air	1,488 %	

Sumber: Hasil Tes Laboratorium

PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT KASAR

Pengujian No. : 1

Benda Uji : Batu Pecah

Tgl. Pengujian : 6 Januari 2009

Sumber Benda Uji : Lahat

OBSERVASI I		
A. Berat Wadah	=	287 gram
B. Berat wadah + Benda uji (sebelum di oven)	=	5287 gram
C. Berat wadah + Benda uji (sesudah di oven)	=	5156 gram
D. Berat Benda Uji (B -- A)	=	5000 gram
E. Berat Benda Uji kering (setelah di oven)	=	4869 gram
$\text{Kadar air} = \frac{D - E}{E} \times 100 \% = \frac{5000 - 4869}{4869} \times 100 \% = 2,69 \%$		

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT KASAR

Pengujian No. : 2

Benda Uji : Batu Pecah

Tgl. Pengujian : 6 Januari 2009

Sumber Benda Uji : Lahat

OBSERVASI I			
No.	Perhitungan	Padat	Gembur
A.	Volume wadah	9,435 ltr	9,435 ltr
B.	Berat wadah	8,418 kg	8,418 kg
C.	Berat wadah dan benda uji	22,646 kg	22,070 kg
D.	Berat benda uji (C - D)	14,228 kg	13,652 kg
E.	Berat volume ($\frac{D}{A}$)	1,508 kg/ltr	1,447 kg/ltr

Berat Volume Rata-rata :

Kondisi Padat = 1,508 kg/ltr

Kondisi Gembur = 1,447 kg/ltr

PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

Pengujian No. : 3

Benda Uji : Batu Pecah

Tgl. Pengujian : 6 Januari 2009

Sumber Benda Uji : Lahat

Ukuran Saringan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Jumlah Berat Tertahan	Persentase Tertahan Kumulatif	Persentase Lolos Kumulatif	SPEC ASTM C33 - 93
38.00	0.00	0.00	0.00	0	100
25.00	114,9	114,9	4,596	95,404	90 - 100
19.00	372,36	487,26	19,49	80,51	40 - 85
12.50	810,35	1297,61	51,9	48,1	10 - 40
9.50	1118,8	2416,41	96,66	3,4	0 - 15
4.75	32,5	2448,91	97,96	2,04	0 - 5
PAN	51,09	2500	100,00	0,000	-

$$\text{Modulus Kehalusan} = \frac{\text{Jml Persen Tertahan}}{100} = \frac{270,606}{100} = 2,70606$$

PEMERIKSAAN SPECIFIC GRAVITY & PENYERAPAN AGREGAT KASAR

Pengujian No. : 4

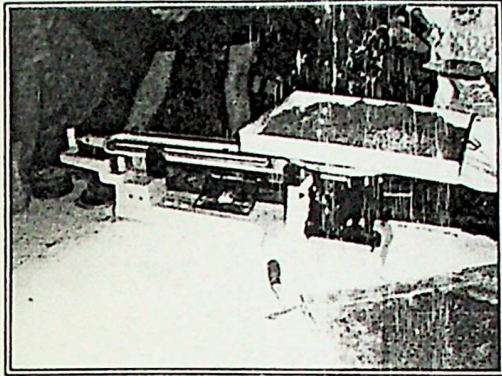
Benda Uji : Batu Pecah

Tgl. Pengujian : 20 Januari 2009

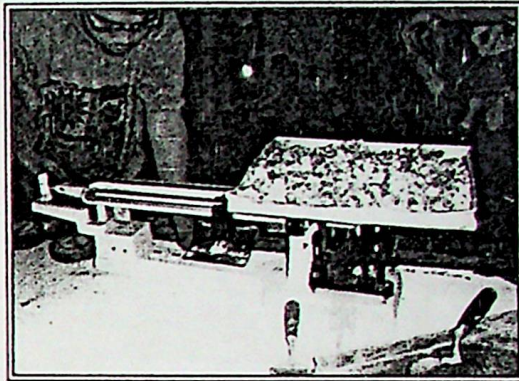
Sumber Benda Uji : Lahat

OBSERVASI		I
A. Berat Contoh Tanah SSD	5000	gr
B. Berat Contoh Dalam Air	3031	gr
C. Berat Contoh Kering di Udara	4907,8	gr
<i>Apparent Specific Gravity</i> = $\frac{C}{(C-B)}$		2,493
<i>Bulk Spec. Kondisi Kering</i> = $\frac{C}{(A-B)}$		2,615
<i>Bulk Spec. Kondisi SSD</i> = $\frac{A}{A-B}$		2,539
Persentase absorpsi air = $\frac{A-C}{C} \times 100 \%$		1,879 %
<i>Apparent Specific Gravity</i>		2,493
<i>Bulk Spec. Kondisi Kering</i>		2,615
<i>Bulk Spec. Kondisi SSD</i>		2,539
Persentase Absorpsi Air		1,879 %

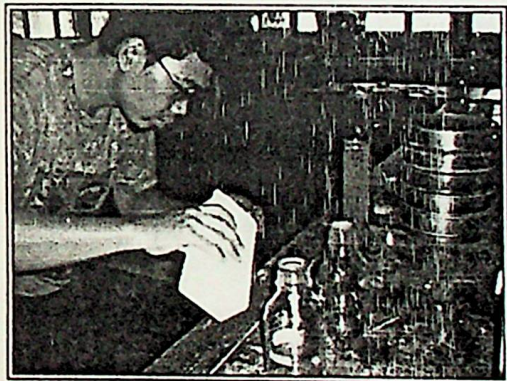
A. PENGUJIAN MATERIAL



a.1 Persiapan pasir yang akan diuji



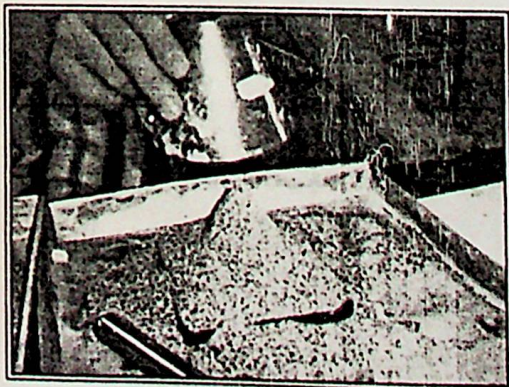
a.2 Persiapan koral yang akan diuji



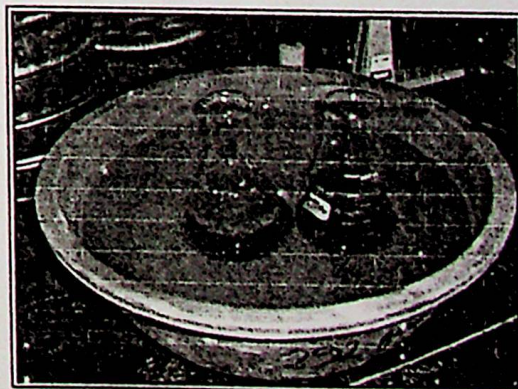
a.3 Pengujian kadar organik dan kadar lumpur



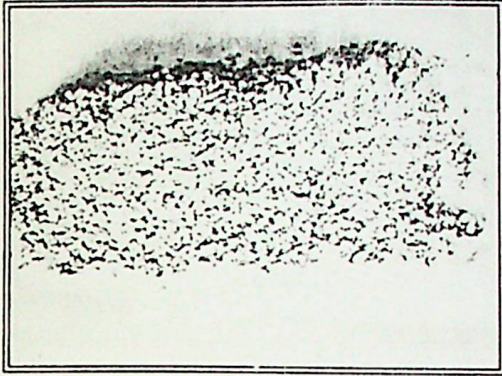
a.4 Pengujian berat jenis koral



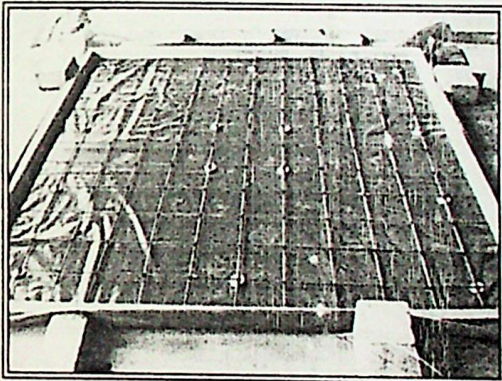
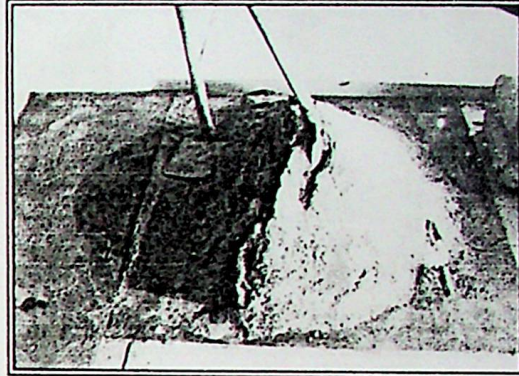
a.5 Pengujian specific-gravity dan penyerapan agregat halus



B. PERSIAPAN DAN PENGUJIAN PEMBEBANAN



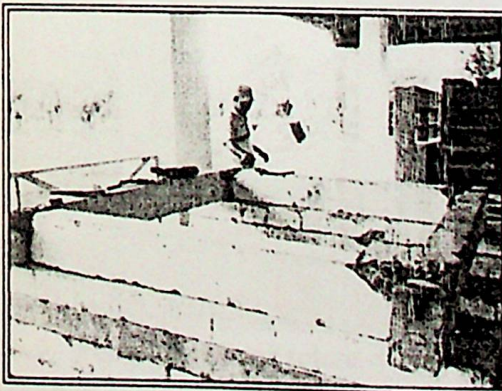
b.1 Material yang sudah ditimbang sesuai JMF



b.2 Tulangan dalam cetakan/bekisting



b.3 Uji Slump



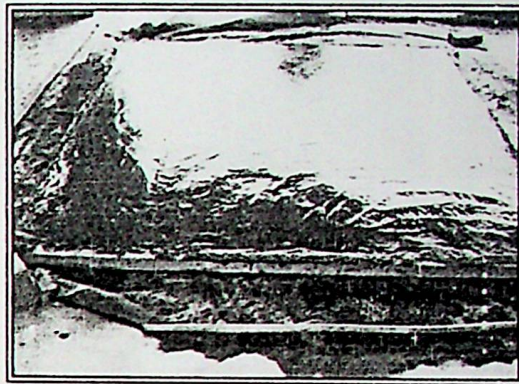
b.4 Persiapan meja pengujian



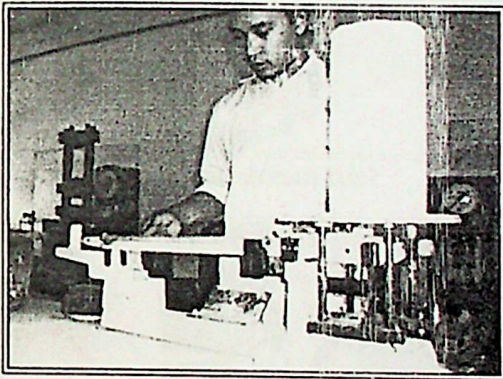
b.5 Pematatan lapisan kedua



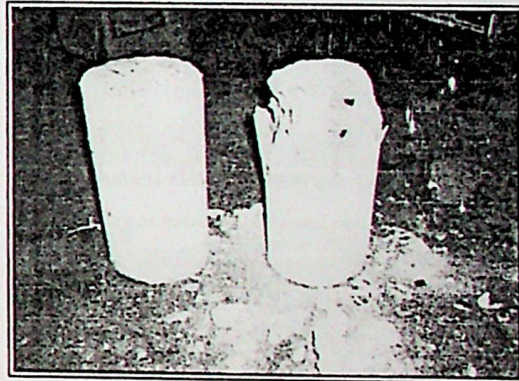
b.6. Bentuk lapisan dan adonan semen



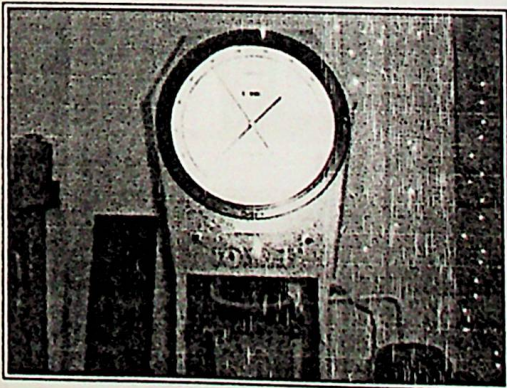
b.7. Pelat yang telah selesai di cetak



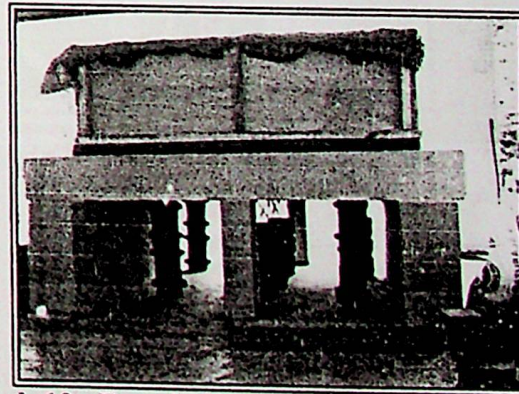
b.7. Proses pengujian kuat tekan



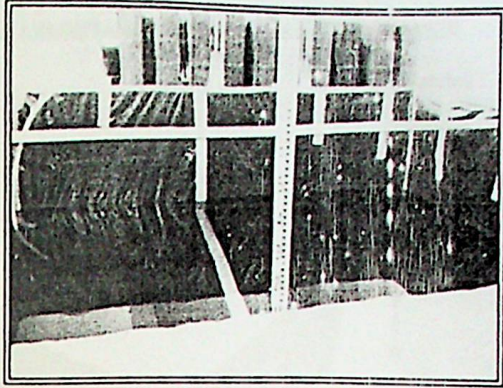
b.8. Sampel yang baru selesai diuji



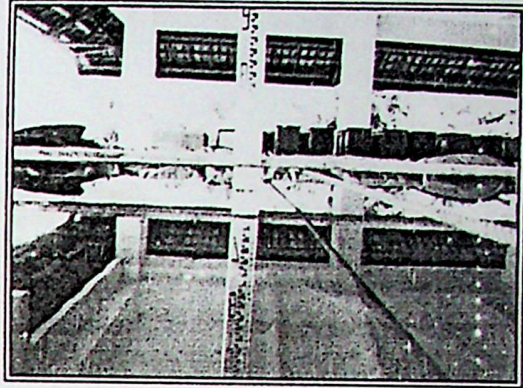
b.9. Pengujian kuat tekan dengan UTM beban



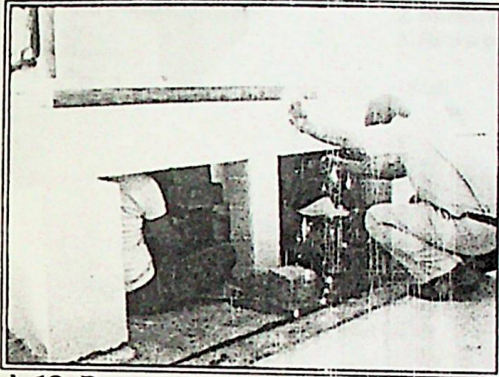
b.10. Rangkaian alat pengujian



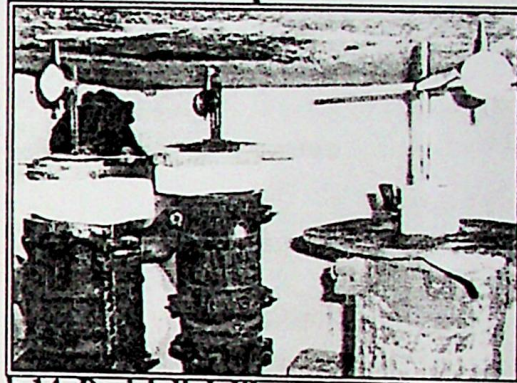
b.11. Pengisian beban



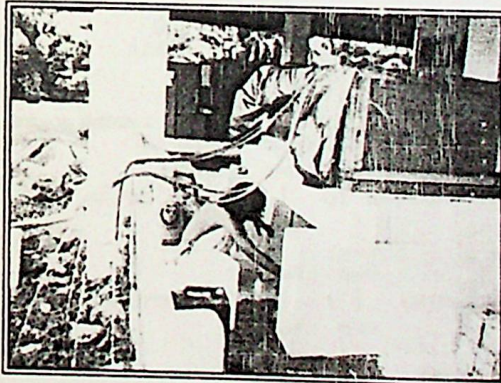
b.12 Beban terisi penuh



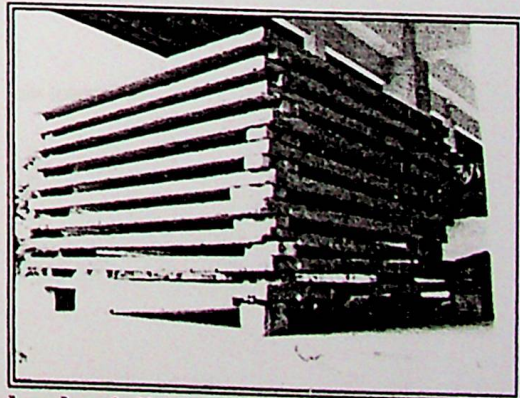
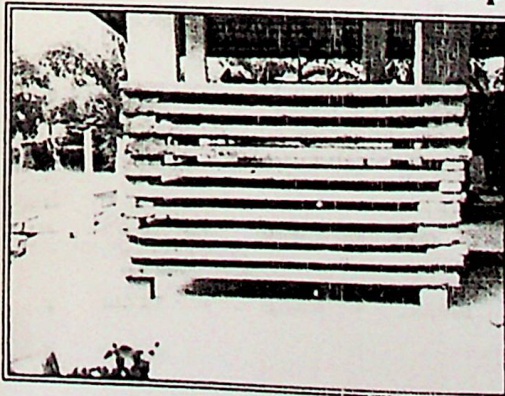
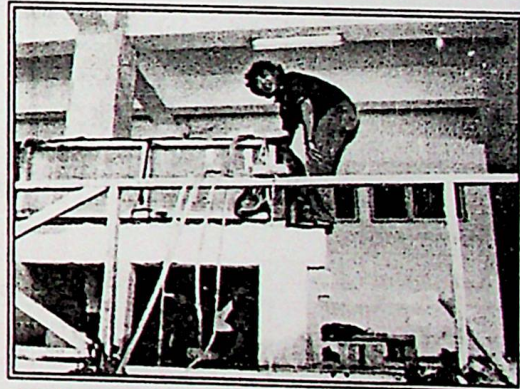
b.13 Proses pembacaan dial



b.14 Posisi dial dibawah pelat

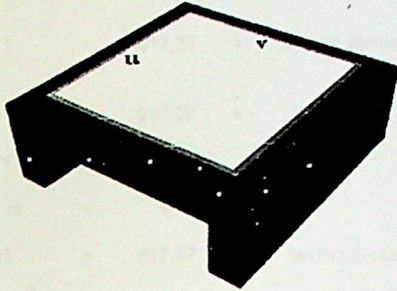


b.15 Proses pengurangan beban / air



b.16 sampel yang telah selesai di uji

PERHITUNGAN LENDUTAN PELAT DENGAN METODE NAVIER



Diketahui :

Struktur Pelat spt gbr

Tumpuan sendi pada 4 sisi

$$L_x = a = 1,880 \text{ m}$$

$$L_y = b = 1,880 \text{ m}$$

Beban q_0 pada bagian diarsir (setempat)

$$q_0 = 677,2 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{tebal} = 0,06 \text{ m}$$

$$u = 1 \text{ a} = 1,880 \text{ m}$$

$$v = 1 \text{ b} = 1,880 \text{ m}$$

$$\xi = 0,5 \text{ a} = 0,940 \text{ m}$$

$$\eta = 0,5 \text{ b} = 0,940 \text{ m}$$

Diminta

1. Lendutan di tengah (mm)

2. Momen max

3. Reaksi perletakan

Untuk

$$x = 0,940 \text{ m}$$

$$y = 0,940 \text{ m}$$

$$E = 2E+09 \text{ kg/m}^2 \quad f_c' = 26,32 \quad E = 4700 \cdot f_c' \cdot 0,5$$

$$h = 0,06 \text{ m}$$

$$v = 0,2$$

$$D = 45211 \text{ kg.m}^2$$

$$\pi = 3,1416 \text{ m}$$

Penyelesaian :

Perhitungan dengan cara Navier dengan beban setempat ($u \times v$) :

Perhitungan jarak :

$$\xi - u/2 = 0 \text{ m}$$

$$\xi + u/2 = 1,88 \text{ m}$$

$$\eta - v/2 = 0 \text{ m}$$

$$\eta + v/2 = 1,88 \text{ m}$$

Mencari amn dengan rumus :

$$\begin{aligned} a_{mn} &= \frac{4}{(a \cdot b)} \int_{\xi-u/2}^{\xi+u/2} \int_{\eta-v/2}^{\eta+v/2} q_0 \cdot \sin(m\pi x/a) \cdot \sin(n\pi y/b) \, dx \, dy \\ &= \frac{4}{(a \cdot b)} \cdot q_0 \cdot \int_{\xi-u/2}^{\xi+u/2} \int_{\eta-v/2}^{\eta+v/2} \sin(m\pi x/a) \cdot \sin(n\pi y/b) \, dx \, dy \\ &= \frac{4}{(a \cdot b)} \cdot q_0 \cdot \left(\frac{b}{n\pi} \right) \cdot \left[\frac{1,88}{0} \right] \cdot \int_{\xi-u/2}^{\xi+u/2} \sin(m\pi x/a) \, dx \end{aligned}$$

$$n = 1$$

$$a_{m1} = 766,41 \cdot 0,5984 \cdot 2,0000 \cdot \int_0^{1,88} \sin(m\pi x/a) \, dx$$

$$m = 1$$

$$a_{11} = 917,27 \cdot \left(\frac{a}{m\pi} \right) \left[\frac{1,88}{0} \right]$$

$$= 917,27 \cdot 0,5984 \cdot 2,0000$$

$$a_{11} = 1097,84$$

$$m = 3$$

$$a_{31} = 917,27 \cdot \left(\frac{a}{m\pi} \right) \left[\frac{1,88}{0} \right]$$

$$= 917,27 \cdot 0,1995 \cdot 2,0000$$

m	=	5			
a51	=	917,27	•	$(a/m\pi) [(-\cos(m\pi y/a))_0^{1,88}]$	
	=	917,27	•	0,1197	• 2,0000
a51	=	219,567			
m	=	7			
a71	=	917,27	•	$(a/m\pi) [(-\cos(m\pi y/a))_0^{1,88}]$	
	=	917,27	•	0,0855	• 2,0000
a71	=	156,834			
m	=	9			
a91	=	917,27	•	$(a/m\pi) [(-\cos(m\pi y/a))_0^{1,88}]$	
	=	917,27	•	0,0665	• 2,0000
a91	=	121,982			
m	=	11			
a111	=	917,27	•	$(a/m\pi) [(-\cos(m\pi y/a))_0^{1,88}]$	
	=	917,27	•	0,0544	• 2,0000
a111	=	99,8032			
m	=	13			
a131	=	917,27	•	$(a/m\pi) [(-\cos(m\pi y/a))_0^{1,88}]$	
	=	917,27	•	0,0460	• 2,0000
a131	=	84,4489			
m	=	15			
a151	=	917,27	•	$(a/m\pi) [(-\cos(m\pi y/a))_0^{1,88}]$	
	=	917,27	•	0,0399	• 2,0000
a151	=	73,189			

$$n = 3$$

$$am3 = 766,41 \cdot 0,1995 \cdot 2,0000 \cdot \int_0^{1,88} \sin(m\pi x/a) dx$$

$$m = 1$$

$$a13 = 917,27 \cdot (a/m\pi) \left[\frac{-\cos(m\pi x/a)}{0} \right]^{1,88}$$

$$= 917,27 \cdot 0,5984 \cdot 2,0000$$

$$a13 = 1097,84$$

$$m = 3$$

$$a33 = 917,27 \cdot (a/m\pi) \left[\frac{-\cos(m\pi x/a)}{0} \right]^{1,88}$$

$$= 917,27 \cdot 0,1995 \cdot 2,0000$$

$$a33 = 365,945$$

$$m = 5$$

$$a53 = 917,27 \cdot (a/m\pi) \left[\frac{-\cos(m\pi x/a)}{0} \right]^{1,88}$$

$$= 917,27 \cdot 0,1197 \cdot 2,0000$$

$$a53 = 219,567$$

$$m = 7$$

$$a73 = 917,27 \cdot (a/m\pi) \left[\frac{-\cos(m\pi x/a)}{0} \right]^{1,88}$$

$$= 917,27 \cdot 0,0855 \cdot 2,0000$$

$$a73 = 156,834$$

$$m = 9$$

$$a93 = 917,27 \cdot (a/m\pi) \left[\frac{-\cos(m\pi x/a)}{0} \right]^{1,88}$$

$$= 917,27 \cdot 0,0665 \cdot 2,0000$$

$$a93 = 121,982$$

$$m = 11$$

$$a113 = 917,27 \cdot (a/m\pi) \left[\frac{-\cos(m\pi x/a)}{0} \right]^{1,88}$$

$$= 917,27 \cdot 0,0544 \cdot 2,0000$$

$$a113 = 99,8032$$

$$m = 13$$

$$a133 = 917,27 \cdot (a/m\pi) \left[\frac{-\cos(m\pi x/a)}{0} \right]^{1,88}$$

$$= 917,27 \cdot 0,0460 \cdot 2,0000$$

$$a133 = 84,4489$$

$$m = 15$$

$$a153 = 917,27 \cdot (a/m\pi) \left[\frac{-\cos(m\pi x/a)}{0} \right]^{1,88}$$

$$= 917,27 \cdot 0,0399 \cdot 2,0000$$

$$a153 = 73,189$$

$$n = 5$$

$$am5 = 766,41 \cdot 0,1197 \cdot 2,0000 \cdot \int_0^{1,88} \sin(m\pi x/a) dx$$

$$m = 1$$

$$a15 = 917,27 \cdot \frac{(a/m\pi) [(-\cos(m\pi x/a))]_0^{1,88}}{0}$$

$$= 917,27 \cdot 0,5984 \cdot 2,0000$$

$$a15 = 1097,84$$

$$m = 3$$

$$a35 = 917,27 \cdot \frac{(a/m\pi) [(-\cos(m\pi x/a))]_0^{1,88}}{0}$$

$$= 917,27 \cdot 0,1995 \cdot 2,0000$$

$$a35 = 365,945$$

$$m = 5$$

$$a55 = 917,27 \cdot \frac{(a/m\pi) [(-\cos(m\pi x/a))]_0^{1,88}}{0}$$

$$= 917,27 \cdot 0,1197 \cdot 2,0000$$

$$a55 = 219,567$$

$$m = 7$$

$$a75 = 917,27 \cdot \frac{(a/m\pi) [(-\cos(m\pi x/a))]_0^{1,88}}{0}$$

$$= 917,27 \cdot 0,0855 \cdot 2,0000$$

$$a75 = 156,834$$

$$m = 9$$

$$a95 = 917,27 \cdot \frac{(a/m\pi) [(-\cos(m\pi x/a))]_0^{1,88}}{0}$$

$$= 917,27 \cdot 0,0665 \cdot 2,0000$$

$$a95 = 121,982$$

$$m = 11$$

$$a115 = 917,27 \cdot \frac{(a/m\pi) [(-\cos(m\pi x/a))]_0^{1,88}}{0}$$

$$= 917,27 \cdot 0,0544 \cdot 2,0000$$

$$a115 = 99,8032$$

$$m = 13$$

$$a135 = 917,27 \cdot \frac{(a/m\pi) [(-\cos(m\pi x/a))]_0^{1,88}}{0}$$

$$= 917,27 \cdot 0,0460 \cdot 2,0000$$

$$a135 = 84,4489$$

$$m = 15$$

$$a155 = 917,27 \cdot \frac{(a/m\pi) [(-\cos(m\pi x/a))]_0^{1,88}}{0}$$

$$= 917,27 \cdot 0,0399 \cdot 2,0000$$

$$a155 = 73,189$$

Mencari w dengan rumus :

$$w = \frac{1}{(x^4 \cdot D)} \sum_{m=1,3}^{\infty} \sum_{n=1,3}^{\infty} \frac{a m n}{((m^2/a^2 + n^2/b^2)^2)} \cdot (\sin(m\pi x/a) \cdot \sin(n\pi y/b))$$

1	w11	=	0,0008 m	0,000778515 m	0,778515 mm
2	w31	=	-1E-05 m	0,0008	0,768135 mm
3	w51	=	9E-07 m	0,0008	0,769056 mm
4	w71	=	-2E-07 m	0,0008	0,768878 mm
	w91	=	5E-08 m	0,0008	0,76893 mm
	w111	=	-2E-08 m	0,0008	0,768911 mm
	w131	=	8E-09 m	0,0008	0,768919 mm
	w151	=	-4E-09 m	0,0008	0,768915 mm
	w13	=	-3E-05 m	0,0007	0,737774 mm
	w33	=	3E-06 m	0,0007	0,740978 mm
	w53	=	-5E-07 m	0,0007	0,740439 mm
	w73	=	1E-07 m	0,0007	0,740572 mm
	w93	=	-4E-08 m	0,0007	0,740529 mm
	w113	=	2E-08 m	0,0007	0,740546 mm
	w133	=	-8E-09 m	0,0007	0,740538 mm
	w153	=	4E-09 m	0,0007	0,740542 mm
	w15	=	5E-06 m	0,0007	0,745148 mm
	w35	=	-9E-07 m	0,0007	0,74425 mm
	w55	=	2E-07 m	0,0007	0,7445 mm
	w75	=	-8E-08 m	0,0007	0,744418 mm
	w95	=	3E-08 m	0,0007	0,744449 mm
	w115	=	-1E-08 m	0,0007	0,744436 mm
	w135	=	6E-09 m	0,0007	0,744442 mm
	w155	=	-3E-09 m	0,0007	0,744439 mm



JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Jl. Raya Palembang-Prabumulih KM.32 Inderalaya (30662)

Telp. 0711.580139 – 0711.580062 Fax. 0711.580139

SURAT TUGAS

Nomor : 453/H9.1.3/TS/KR/2009

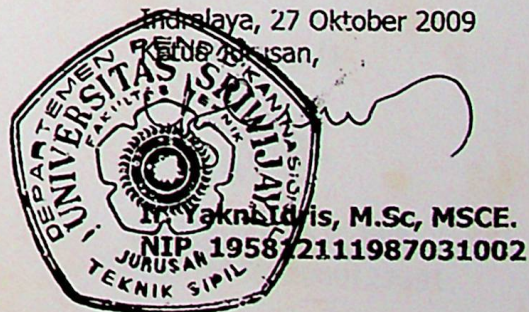
Setelah mempelajari daftar kemajuan Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya periode Semester Ganjil 2009/2010 dan mengevaluasi beberapa persyaratan lainnya, maka ada beberapa mahasiswa angkatan 2005 yang tidak termasuk dalam daftar pembimbing TA secara kolektif tetapi telah memenuhi syarat untuk diberikan Tugas Akhir.

Pimpinan Jurusan dengan ini mengharapkan kiranya Saudara bersedia memberikan judul sekaligus menjadi **Dosen Pembimbing Utama** bagi mahasiswa yang tersebut dalam daftar dibawah ini berikut Dosen Pembimbingnya :

NO	NAMA MAHASISWA	NIM	DOSEN PEMBIMBING
1.	Agus Dwi Irawan	03053110030	Ir. H. Imron Fikri Astira, MS.
2.	Alex Riadi	03053110046	Ir. H. Imron Fikri Astira, MS.
3.	Idul Putra Tampubolon	03053110104	Ir. H. Imron Fikri Astira, MS.
4.	Adiaman Situmorang	03053110105	Ir. H. Imron Fikri Astira, MS.

Demikian Surat Tugas ini untuk dapat dimaklumi dan dilaksanakan sebagaimana mestinya.-

Inderalaya, 27 Oktober 2009



TEMBUSAN :

1. Yth. Dekan Fakultas Teknik UNSRI;
2. Yth. Dosen Pembimbing TA;
3. Mahasiswa ybs;
4. Arsip.



UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL

SURAT KETERANGAN PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini, Dosen Penguji Sidang Sarjana Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya menerangkan bahwa :

Nama : Alex Riadi
NIM : 03053110046
Jurusan : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Studi Eksperimental Pelat Beton Tulangan Biasa dan Tulangan Kawa Susun Lapis Silang

Adalah benar telah menyelesaikan Perbaikan Laporan Tugas Akhir. Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Inderalaya, Agustus 2010

Penguji I

Ir. H. Yakni Idris, MSc, MSCE
NIP. 195812111987031002

Penguji II

Rosidawani, ST, MT
NIP. 197605092000122001

Penguji III

Melawaty Agustien, SSi, MT
NIP. 197408151999031003

Dosen Pembimbing

Ir. H. Imron Fikri Astira, MS
NIP. 195402241985031001

S

624.177 650-7
Ale

PERPUSTAKAAN UNSRI

S

NO. INVENTARIS : 101927

PENGARANG : Alex Riadi

JUDUL : Studi eksperimental pelat
beton tulangan biasa...

TGL. KEMBALI	NAMA/NRP/NIP	PARAF

101927

A. Gradasi Agregat Halus

Agregat halus yang diadopsi dari *British Standar* di Inggris. Agregat halus dikelompokkan dalam empat zone (daerah) seperti yang ditunjukkan pada table dan gambar berikut.

Tabel 2.1 Batas Gradasi Agregat Halus (SNI)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
	I	II	III	IV
10	100	100	100	100
4.8	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2.4	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1.2	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0.6	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0.3	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0.15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

Sumber: Tri Mulyono, Teknologi Beton, 2003

Keterangan:

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

B. Gradasi Agregat Campuran

Gradasi yang baik kadang sangat sulit didapatkan langsung dari suatu tempat (*quarry*). Dalam praktek, biasanya dilakukan pencampuran agar didapatkan gradasi yang baik antara agregat kasar dan agregat halus. Batasan gradasi yang diadopsi dari *British Standar* berdasarkan ukuran maksimum dari agregat seperti yang tercantum dalam tabel dibawah ini :

pengerjaannya. Proses hidrasi ini menyebabkan peningkatan kekuatan beton. Air untuk perawatan dan pembuatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garaman serta bahan-bahan organik atau bahan-bahan lain yang dapat merusak beton. Dalam hal ini sebaiknya air bersih yang dapat diminum dipakai untuk perencanaan beton.

Apabila terdapat keraguan mengenai air, dianjurkan untuk mengirimkan contoh itu ke lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui untuk diselidiki sampai seberapa jauh air ini mengandung zat-zat yang dapat merusak beton dan atau tulangan. Tujuan penggunaan air adalah agar terjadi poses kimia antara semen dengan air yang akan menyebabkan campuran beton menjadi mengeras setelah beberapa waktu tertentu. Air juga digunakan untuk merawat beton (*curing*).

Jumlah air yang digunakan untuk proses hidrasi secara teoritis berkisar antara 35% - 37% dari berat semen. Namun pemakaian air dalam adukan beton harus dibatasi karena dapat menyebabkan kekuatan beton. Hal utama yang harus diperhatikan dengan teliti adalah perbandingan air/semen (W/C) karena mempengaruhi:

1. Kemudahan pekerjaan (*workability*).
2. Kestabilan volume (*volume stability*).
3. Kekuatan beton (*strength of concrete*).
4. Keawetan beton (*durability of concrete*).

Beberapa ketentuan dalam SNI untuk air yang akan dipakai dalam perencanaan beton adalah :

1. Tidak mengandung lumpur, minyak, benda-benda terapung yang dapat terlihat mata.
2. tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 g/l.
3. Tidak mengandung garam-garam yang terlarut (asam, zat organik) lebih dari 15 g/l. Kandungan klorida tidak lebih dari 500 ppm dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 ppm sebagai SO_3 .
4. Bila dibandingkan kekuatan tekannya dengan menggunakan air suling sebagai pencampur maka persentase penurunan kekuatan yang terjadi tidak boleh lebih dari 10%.
5. Semua air yang meragukan mutunya harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi mutunya menurut pemakaiannya.