

PERPUSTAKAAN FTSIP 051
HADIAH/B: 5-12-2007
TGL. TERIMA : 2677
NO. JUDUL : 5120002677001
NO. PIV. : 002677
NO. INDUK. :

**TUGAS AKHIR**

**DESAIN SAMBUNGAN PELAT DAN BALOK  
PADA BANGUNAN PRECAST**

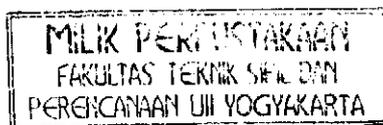
*PLATE AND BEAM EXTENTION DESIGN AT BUILDING PRECAST*

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil



**JOHAN BUDIANTO**  
03 511 050

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2007**



**TUGAS AKHIR**  
**DESAIN SAMBUNGAN PELAT DAN BALOK**  
**PADA BANGUNAN PRECAST**

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil



Disusun oleh:

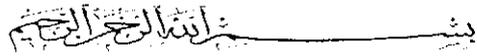
**Johan Budianto**  
03 511 050

Disetujui:  
Pembimbing

**Ir. H. A. Kadir Aboe, MS**

Tanggal: 02/05 - 2007

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya laporan tugas akhir dengan judul **“DESAIN SAMBUNGAN PELAT DAN BALOK PADA BANGUNAN PRECAST”** dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabatnya. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu prasyarat untuk menyelesaikan jenjang strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Tugas akhir merupakan sarana bagi mahasiswa untuk dapat mengaplikasikan ilmu dan pengetahuan yang telah didapat selama mengikuti perkuliahan di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil.

Selama pelaksanaan tugas akhir dan penyelesaian laporan tugas akhir ini, tak lepas dari hambatan, rintangan dan tantangan. Namun berkat motivasi, informasi, dan konsultasi akhirnya, Alhamdulillah, semua dapat teratasi. Untuk itu, tidak berlebih kiranya, jika ada kesempatan untuk menyampaikan rasa hormat sebagai rasa ungkapan rasa terima kasih kepada:

1. Mama yang selalu memberikan doa
2. Mama yang selalu memberikan doa
3. Mama yang selalu memberikan doa
4. Papa yang selalu memberikan doa
5. Kakakku Arief Oktava yang selalu memberikan doa
6. Prof. DR. Edi Suandi Hamid, M.Ec, selaku Rektor Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
7. Bapak DR. Ir. H. Ruzardi, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

8. Bapak Ir H Faisol AM, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
9. Bapak Ir. II. Suharyatmo, MT selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
10. Bapak Ir. H. A. Kadir Aboc, MS, selaku Dosen Pembimbing yang banyak memberikan arahan-arahan dan motivasi sehingga laporan ini dapat terselesaikan.
11. Seluruh dosen serta karyawan FTSP-UH. Pak Santoro, Pak Heri, Pak Pardi, dan Pak Hartono, dan tidak lupa kepada Pak Warno, Pak Darus, dan Pak Aris dalam bimbingan di Laboratorium.
12. Rekan-rekan Teknik Sipil UH, khususnya angkatan 2003 yang selalu memberi *support* dan dorongannya
13. Farid, Tisa (guru EYD-ku), Rifki, Sandi, Untung, Aji, Anin, Prima, Rendy, Putri, Didi, Vembri yang selalu mendukungku dan menemaniku sejak aku kenal kalian.
14. Teman-teman KP (Kerja Praktek) di RUSUNAWA; Danu, Danur, Adi, Fikri, Alam, Ricky, sehingga teretus ide Tugas Akhir tentang *PRECAST*.
15. Teman-teman yang membantuku pada saat di laboratorium: teman-temanku yang aku sudah sebutkan di no 13 (Angka keramat cah!!!!) dan no.14, Yogi, Agus, Mirwan, Surya, Lalu, dan saya lupa siapa lagi yang membantuku????????? karena banyaknya yang bantu...
16. Mas-mas angkatan atas (sori lupa nama sampeyan mas!!!) dan Pak Aris yang membawa saya ke klinik UH ketika kakiku terluka di laboratorium.
17. Kost-kostan di tempatnya kakakku, Mas Yudha, Mas arief TL, Mas Pungki
18. Angkatan 2005, Novy (atas informasinya mengenai pemilik pabrik *precast* di Jawa Timur), Fitri, Aan, Andrey, kalian udah aku anggap kayak adikku.
19. Teman-teman KKN angkatan 33 unit 29 khususnya pokja 1: Anton, Asa, Mia, Rizki, dan Rizal atas ijin kalian aku bisa dapat waktu luang untuk mengerjakan TA-ku ini.
20. Semua pihak yang tidak dapat kusebutkan satu per satu.

Akhirnya besar harapan penyusunan laporan ini dapat berguna bagi pembaca pada umumnya. Jika ada kesalahan-kesalahan dalam penulisan laporan mohon dimaafkan. Besar harapan penyusun dari pembaca untuk memberikan kritik dan saran untuk kesempurnaan laporan ini.

*Wassalamu'alaikum Wr.Wb*

Yogyakarta, April 2007

Penulis

**Johan Budianto**



*MOTFO*

*"... Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan suatu kaum sehingga mereka  
mengubah keadaan diri mereka sendiri..." (Q.P. Ar-Ra'du: 11)*





*Persembahkan untuk yang tersayang :*

*~ Papa*

*~ Mama*

*~ Kakakku Arief Oktava*

## DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Kata Pengantar	iii
Lembar Motto	vi
Lembar Persembahan	vii
Daftar Isi	viii
Daftar Notasi	xi
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xiii
Daftar Lampiran	xv
Abstraksi	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN	2
1.4 MANFAAT PENELITIAN	3
1.5 BATASAN MASALAH	3
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 UMUM	5
2.2 BAHAN SUSUN BETON	5
2.3 HASIL-HASIL PENELITIAN TERDAHULU	10
2.4 KEASLIAN PENELITIAN	10
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b>	
3.1 KARAKTERISTIK DESAIN	11
3.1.1 Perencanaan pelat satu arah	11

3.1.2	Desain Balok	17
3.1.3	Sambungan Tulangan	27
3.1.4	Sistem Pengujian	30
3.2	HIPOTESIS	32

## **BAB IV METODE PENELITIAN**

4.1	UMUM	34
4.2	BAHAN YANG DIGUNAKAN	34
4.2.1	Beton	34
4.2.2	Besi Tulangan	35
4.3	ALAT YANG DIGUNAKAN	35
4.3.1	Ayakan atau Saringan	35
4.3.2	Cetok	36
4.3.3	Gayung	36
4.3.4	Kaliper atau Jangka Sorong	36
4.3.5	Timbangan Kapasitas 50 Kg	36
4.3.6	Cat dan Kuas	37
4.3.7	Papan Penyiku	37
4.3.8	Mesin Pengaduk	37
4.3.9	Mesin tekan lentur dan tarik Uji	37
4.3.10	Corong Abraham	38
4.4	PEMBUATAN BENDA UJI DAN PENGUJIAN	38
4.4.1	Proses Pembuatan Bekesting Balok Dan Pelat	38
4.4.2	Proses Pembuatan " Mix Beton "	39
4.4.3	Proses Pembuatan tulangan	39
4.4.4	Proses pembuatan sample balok	40
4.4.5	Proses pembuatan sample Pelat	40
4.4.6	Pengujian Sampel Balok dan Pelat	41
4.5	RAWATAN BENDA UJI	42
4.6	PENGOLAHAN DATA	42
4.7	BAGAN ALIR PENELITIAN	43

4.8	WAKTU PELAKSANAAN	44
<b>BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>		<b>45</b>
5.1	HASIL PENGUJIAN TARIK BAJA	45
5.2	HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK BETON	44
5.3	HASIL UJI KUAT LENTUR DAN KUAT GESER PELAT	46
5.4	HASIL UJI KUAT LENTUR DAN KUAT GESER BALOK	47
5.5	PEMBAHASAN	49
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>		<b>53</b>
6.1	KESIMPULAN	53
6.2	SARAN	53
	Daftar Pustaka	54
	Lampiran	55



## DAFTAR NOTASI

$f_c$	=	kekuatan tekan beton
$f_y$	=	kekuatan leleh tulangan tarik
$\phi$	=	<i>over strength factor</i>
<i>BJTD</i>	=	baja tulangan deform
<i>BJTP</i>	=	baja tulangan polos
$A_s$	=	luas tulangan tarik
$A_s'$	=	luas tulangan desak
$A_{sst}$	=	luas tulangan susut
$\epsilon_c$	=	regangan pada tepi serat yang tertekan
$\epsilon_s$	=	regangan pada taraf tulangan baja tertarik
$C_c$	=	<i>Compression concrete</i>
$C_s$	=	<i>Compression steel</i>
$T_s$	=	<i>Tension steel</i>
$M_n$	=	momen nominal
$M_u$	=	momen ultimat
$V_c$	=	geser beton
$V_u$	=	geser ultimate
$V_s$	=	geser baja



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Jadwal kegiatan penelitian	44
Tabel 5.1 Hasil pengujian kuat tarik baja	45
Tabel 5.2 Hasil pengujian kuat desak beton	45
Tabel 5.3 Perhitungan kekuatan pelat	47
Tabel 5.4 Perhitungan kekuatan balok	48



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>construction cost Index</i>	1
Gambar 2.1 Hubungan umur dan kuat tekan pada unsur-unsur semen	6
Gambar 3.1 Lajur dan defleksi pelat satu arah	11
Gambar 3.2 Tinjauan beban pelat satu arah	12
Gambar 3.3 Penulangan pelat satu arah	12
Gambar 3.4 Distribusi Tegangan Regangan Beton Bertulang Pelat	13
Gambar 3.5 <i>Flow Chart</i> Perhitungan Plat	15
Gambar 3.6 <i>Flow Chart</i> Momen Tersedia Pada Pelat	16
Gambar 3.7 Distribusi Tegangan Regangan Balok Bertulangan Sebelah	17
Gambar 3.8 Distribusi Tegangan Regangan Balok Bertulangan Rangkap	19
Gambar 3.9 macam - macam cara penulangan geser	22
Gambar 3.10 <i>Flow Chart</i> Perhitungan Balok Bertulangan Sebelah	23
Gambar 3.11 <i>Flow Chart</i> Perhitungan Balok Bertulangan Rangkap	24
Gambar 3.12 <i>Flow Chart</i> Momen Tersedia Pada Balok	25
Gambar 3.13 <i>Flow Chart</i> Penulangan Sengkang	26
Gambar 3.14 <i>sambungan (SKSNI-T-15-1981-03)</i>	27
Gambar 3.15 Luas las	28
Gambar 3.16 Model sambungan pertama	28
Gambar 3.17 Model sambungan kedua	29
Gambar 3.18 Model sambungan ketiga	29
Gambar 3.19 Model sambungan keempat	29
Gambar 3.20 Model sambungan lewatan	29
Gambar 3.21 Diagram momen yang terjadi pada balok dan pelat	31
Gambar 3.22 Diagram momen pada system " <i>Simple Beam</i> "	32
Gambar 3.23 Detail A pada diagram momen balok	32
Gambar 3.24 Detail B pada diagram momen " <i>Simple Beam</i> "	32
Gambar 4.1 Saringan #8	35
Gambar 4.2 Talam baja dan cetok	36
Gambar 4.3 Timbangan	36

Gambar 4.4 Mesin pengaduk	37
Gambar 4.5 mesin Lentur	37
Gambar 4.6 Corong Abraham	38
Gambar 4.7 Bekesting	38
Gambar 4.8 tulangan Balok	39
Gambar 4.9 detail sambungan tulangan	39
Gambar 4.10 Sambungan Tulangan Plat	40
Gambar 4.10 <i>Flow chart</i> penelitian	42
Gambar 5.1 Kasus pada ketiga sampel	46
Gambar 5.2 Kasus pada ketiga sampel	48
Gambar 5.3 Sambungan dengan permukaan yang kasar	51
Gambar 5.4 Sambungan dengan <i>interlocking</i>	51



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Kartu Peserta Tugas Akhir
- Lampiran 2 Laporan Sementara Uji Desak Beton
- Lampiran 3 Laporan Sementara Tarik Baja
- Lampiran 4 Perhitungan Sambungan Las
- Lampiran 5 Perhitungan Bahan
- Lampiran 6 Dokumentasi Pelaksanaan Pengujian



## ABSTRAK

*Biaya konstruksi cenderung terus meningkat setiap tahun. Peningkatan biaya secara signifikan dimulai pada tahun 1970. Salah satu penyebab terjadinya hal tersebut adalah tingginya upah tenaga lapangan dan metode konstruksi yang dilakukan secara tradisional.*

*Masalah proses konstruksi bisa dipecahkan dengan metode precast. Precast adalah suatu cara metode konstruksi dimana komponen tiap struktur dan non struktur dibuat terpisah secara pabrikasi atau dilokasi proyek kemudian digabungkan menjadi satu pada lokasi proyek. Metode ini sangat berbeda dengan metode tradisional (konvensional). Kelebihan yang dimiliki oleh metode precast adalah sedikit membutuhkan tenaga kerja di lapangan, sedikit memakan waktu pelaksanaan. Kekurangan metode ini adalah diperlukan tenaga lapangan yang lebih ahli daripada metode konvensional.*

*Tugas akhir ini merupakan studi eksperimen mengenai mendesain sebuah sambungan pada pelat dan balok supaya sambungan tersebut mempunyai kekuatan yang sama dengan metode konvensional. Penyambungan penulangan pada pelat menggunakan sambungan lewatan sedang penyambungan penulangan pada balok menggunakan sambungan las. Sampel benda uji dibuat sedemikian rupa sehingga pada saat pengujian dapat menghitung kuat lentur dan kuat geser.*

*Berdasarkan hasil penelitian, kehancuran pada sampel terjadi akibat kegagalan pada lekatan antara beton lama dengan beton baru (grouting). Pembebanan pada sampel benda uji juga tidak sesuai dengan rencana. Lepasnya beton lama dengan beton baru ini terjadi karena jenis betonnya seharusnya homogen tetapi berupa heterogen.*

*Kata kunci : Pelat, balok, kuat lentur, kuat geser, kuat lekat.*

## ABSTRACTION

*Expense of construction tend to increase every year. Increasing of expense is signifikan by 1970. One of the cause of the happening of the mentioned is the height of construction cost and traditional construction method.*

*Problem of construction process can be broken with precast method. Precast is a way of construction method where component every separate Create structures and non structures in pabrikasi or location of project then merged to become at project location. This method hardly differ from traditional method (conventional). Excess owned by method precast is a few requiring labour in fields, a few executions time. lacking of This method is be required by field energy which more expert than conventional method.*

*This final task is experiment study concerning design a joint at beam and plate so that the joint have same strength with conventional method. Tacking on restating at plate apply medium pass joint tacking on restating at beam menggunakan weld joint. Specimen sample is made in such a manner so that at the (time) of calculate assaying can be strong flexed and shear strength.*

*Based on research result, ruination at sample happened failure after table at tack between old concretes with new concretes ( grouting). Encumbering at specimen sample nor as according to plan. The disjoint of old concrete with this new concrete happened because the concrete type ought to be homogeneous but in the form of heterogene.*

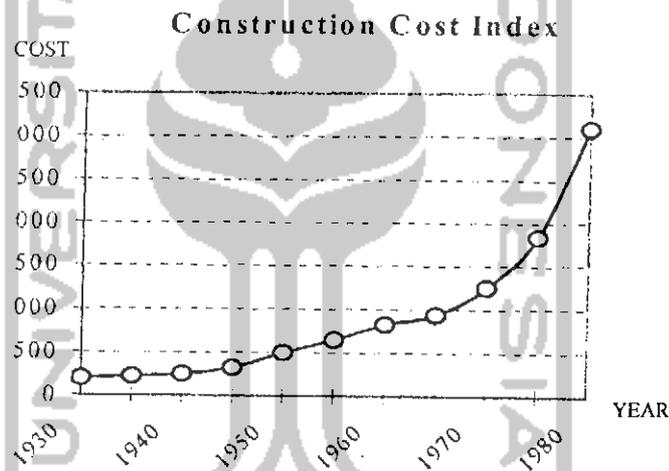
*Keyword : plate, elastic strong beam, shear strength, strong sticked.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Biaya konstruksi cenderung terus meningkat, seperti ditunjukkan oleh hasil pengamatan yang dilakukan sejak tahun 1930 sampai dengan tahun 1980 (Gambar 1.1). Bila dibandingkan dengan biaya pada industri manufaktur, biaya konstruksi telah melesat jauh ke depan. Salah satu penyebab terjadinya hal tersebut adalah tingginya upah tenaga lapangan dan proses konstruksi yang dilakukan secara tradisional.



**Gambar 1.1** *Construction Cost Index*  
(Sumber: Larry W, Glen D.H., 1982)

Untuk menjawab tantangan tersebut, maka dikembangkan teknologi pracetak yang mengarah pada industrialisasi, yaitu produk dihasilkan dengan produksi massal dan bersifat pengulangan. Dalam pabrik komponen beton pracetak, tenaga yang digunakan adalah tenaga yang didik agar dapat mengoperasikan mesin-mesin yang digunakan untuk proses produksi sehingga upah yang diterima oleh pekerja adalah upah tenaga kasar. Dengan mengaplikasikan teknologi beton pracetak maka dengan sendirinya akan mengurangi jumlah tenaga kerja di lapangan.

Salah satu material yang digunakan dalam teknologi pracetak adalah beton, yang dapat berupa komponen struktural seperti untuk tangga, balok, kolom, bantalan rel kereta api, konsol, plat lantai, plat atap, dinding, dan lain-lain. Produksi komponen-komponen ini dapat dilaksanakan di lokasi lingkungan pabrik yang kemudian dikirim ke lokasi proyek. Atau bila produksi dalam jumlah besar atau pertimbangan lain, maka produksi dapat dilaksanakan di lingkungan lokasi proyek.

Proyek Rumah Susun bagi Mahasiswa (RUSUNAWA), yang dibangun di kompleks Universitas Islam Indonesia, menganut sistem *precast*. Ditinjau dari sistem kerjanya, proyek tersebut hanya membutuhkan tenaga kerja dan waktu pelaksanaan lebih sedikit dari pada proyek lain yang diasumsikan tipe bangunannya relatif sama.

Dunia *precast* di kalangan pendidikan S1 di Universitas Islam Indonesia belum begitu familiar. Laporan tugas akhir di perpustakaan juga masih sedikit mengangkat tentang *precast*, meskipun ada hanya membahas tentang manajemen dan belum ada yang mengangkat atau menyentuh tentang desain atau perencanaan *precast*.

## 1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah dikemukakan diatas, maka masalah yang dapat dirumuskan adalah:

1. Bisakah bangunan tingkat didesain dengan menggunakan sistem *precast* yang efisien, ekonomis, aman?
2. Seberapa besar keamanan desain *precast* nantinya bila dilaksanakan dalam proyek?

## 1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendesain suatu konstruksi di bidang *precast* terutama pada sambungan *joint* plat dan balok untuk mendapatkan desain yang aman ekonomis dan efisien.

#### 1.4 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat dari penelitian ini adalah diharapkan kita bisa mendesain sebuah bangunan *precast* berdasarkan uji-uji yang akan dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan desain-desain yang aman, efisien, dan ekonomis yang nantinya akan diterapkan dalam bangunan yang nyata.

#### 1.5 BATASAN MASALAH

Sesuai dengan tujuan penelitian, maka agar ruang lingkup penelitian lebih jelas dan terarah diperlukan adanya batasan-batasan masalah, yaitu:

1. benda uji menggunakan standar ACI (*American Concrete Institute*)
2. semen yang digunakan adalah *Portland Pozzoland Cement (PPC)* merk Semen Gresik,
3. air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
4. agregat halus (pasir) yang digunakan berasal dari lereng Gunung Merapi,
5. digunakan saringan #8, yaitu saringan dengan diameter 2,36 mm,
6. pengujian sampel joint balok dengan dimensi balok 150/250, tebal selimut beton 20 mm, tulangan atas berupa 2 buah besi diameter 12 mm, tulangan bawah terdiri 2 buah besi tulangan 12 mm, sengkang diameter 8 mm jarak 150 mm,
7. pengujian sampel plat dengan tebal plat 120 mm dengan tulangan atas berupa besi diameter 8 mm dengan jarak 40 mm,
8. pengaruh suhu, udara, dan faktor lain diabaikan,
9. penyebaran sampel dalam campuran dianggap homogen dan merata,
10. sistem penyambungan tulangan berupa sistem lekatan dan sistem las,
11. perawatan terhadap benda uji dilaksanakan dengan cara menyiram benda uji,

12. pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

## 1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Tugas akhir ini terdiri dari enam bab dengan sistematika penulisan adalah sebagai berikut ini.

1. Bab pertama mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.
2. Bab kedua berisi kajian pustaka yang berisikan tentang penelitian-penelitian terdahulu maupun buku-buku referensi yang memuat pokok bahasan yang dimaksud yang sekiranya dapat menjadi acuan penelitian yang dilakukan.
3. Bab ketiga mencakup landasan teori yang membahas mengenai sifat-sifat material yang akan digunakan untuk uji di lab dan beberapa pengertian istilah-istilah dalam pokok bahasan, serta teori-teori yang relevan.
4. Bab keempat merupakan metode penelitian yang mengemukakan tentang tinjauan umum, penentuan variabel, metode analisis, dan tata cara pelaksanaan penelitian dari persiapan bahan dan alat hingga pengujian benda uji.
5. Bab kelima merupakan hasil penelitian dan pembahasan dari penelitian yang dilakukan di laboratorium.
6. Bab keenam mencakup kesimpulan dan saran yang didapat dari hasil penelitian di laboratorium.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 UMUM

Bahan struktur bangunan yang sering dipakai adalah beton. Beton terdiri atas campuran semen, pasir, dan kerikil. Apabila ketiga bahan tersebut dicampur jadi satu kemudian ditambah air untuk membantu reaksi kimia maka campuran tersebut akan mengeras.

#### 2.2 BAHAN SUSUN BETON

##### 2.2.1 Semen

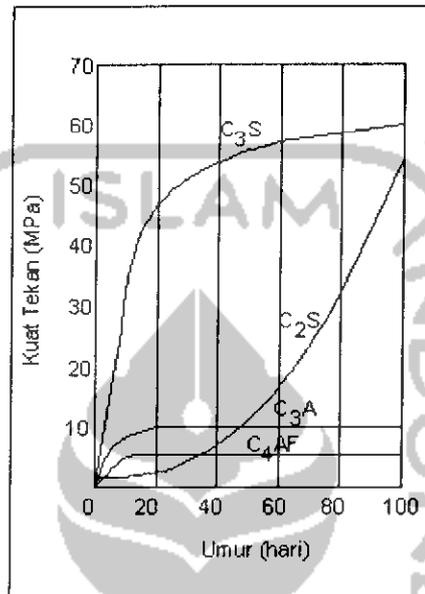
Semen Portland (PC) dibuat dari semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terbuat dari batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) yang jumlahnya amat banyak serta tanah liat dan bahan dasar berkadar besi, terutama dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis ditambah dengan bahan yang mengatur waktu ikat. (SK SNI 03 - 2847 – 2002).

Semen Portland ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan *gips* sebagai bahan tambahan. (PUBI, 1992).

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. (ASTM/Vol.04.05/C-150, 2003).

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara membakar secara bersama-sama: kapur, silika, dan alumina pada suhu  $\pm 1500^\circ\text{C}$  yang kemudian menjadi klinker. Selanjutnya klinker-klinker ini didinginkan dan dihaluskan sampai seperti bubuk. Biasanya ditambahkan *gips* atau kalsium sulfat sebagai bahan pengontrol waktu ikat. (Ahmad Antono, 1985).

Unsur utama Semen Portland terdiri dari: Trikalsium silikat ( $C_3S$  atau  $3CaO.SiO_2$ ), Dikalsium silikat ( $C_2S$  atau  $2CaO.SiO_2$ ), Trikalsium aluminat ( $C_3A$  atau  $3CaO.Al_2O_3$ ), dan Tetrakalsium aluminoforit ( $C_4AF$  atau  $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$ ). (Neville, 1975).



**Gambar 2.1** Hubungan umur dan kuat tekan pada unsur-unsur semen  
(Sumber: Kardiyono Tjokrodimoeljo, 1992)

Semen Portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Penambahan air ini menyebabkan komponen kapur dilepaskan dari senyawanya, banyaknya kapur yang dilepaskan sekitar 20% dari berat semen. Ukuran partikel semen mempunyai pengaruh yang besar terhadap kelajuan reaksi antara semen dan air. Bahan baku pembentuk semen adalah kapur ( $CaO$ ) dari batu kapur, silika ( $SiO_2$ ) dari lempung, Alumina ( $Al_2O_3$ ) dari lempung, sedikit persentase Magnesia ( $MgO$ ) dan terkadang terdapat Alkali. Oksida besi terkadang ditambahkan untuk mengontrol komposisinya. (Nawy, 1990).

Semen Portland Pozzoland (PPC) adalah campuran semen Portland dan bahan-bahan yang bersifat Pozzoland seperti terak tanur tinggi dan hasil residu PLTU. (Tri Mulyono, 2003).

Semen Portland Pozzoland (PPC) dihasilkan dengan mencampurkan bahan semen Portland dan Pozzoland (15-40% dari berat total campuran), dengan kandungan  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  dalam Pozzoland minimum 70%. (SK-SNI T-15-1991-03:2).

Semen Portland Pozzoland (PPC) menghasilkan panas hidrasi lebih sedikit daripada semen biasa. PPC dapat diproduksi dengan menggiling bersama klinker semen dan Pozzoland dengan bahan tambah gips atau kalsium sulfat. Cara kedua dengan mencampur sampai rata gerusan semen dan Pozzoland halus. (Kardiyono Tjokrodimoeljo, 1992).

Hampir dua pertiga bagian semen terbentuk dari zat kapur yang proporsinya berperan penting terhadap sifat-sifat semen. Faktor terpenting yang mempengaruhi sifat-sifat semen adalah komposisi kimiawi, sesudahnya baru faktor dominan lain yaitu kehalusan penggilingan. Penggilingan yang halus mempercepat reaksi dari bermacam-macam bahan pembentuk semen dengan air, tetapi tidak mengubah sifat-sifatnya yang *inherent* (tidak dapat dipisahkan). (Murdock dan Brook, 1986).

Fungsi semen ialah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat. (Kardiyono Tjokrodimoeljo, 1992).

### 2.2.2 Agregat Halus (Pasir)

Agregat didefinisikan sebagai material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku besi yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidraulik. (SK SNI 03-2847-2002).

Agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil disintegrasi 'alami' batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm. (SK SNI 03-2847-2002).

Pasir adalah bahan batuan berukuran kecil dengan ukuran diameter butirnya antara 0,15 mm sampai 5 mm. (Kardiyono Tjokrodimoeljo, 1992).

Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% terhadap berat keringnya. Apabila kadar lumpur melebihi 5%, maka pasirnya harus dicuci. Lumpur pada pasir dapat menghalangi ikatan dengan pasta semen. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak, yang harus dibuktikan dengan pengujian warna dari Abrams-Harder. Pasir yang tidak memenuhi pengujian warna ini dapat juga dipakai asal kuat desak adukan dengan pasir tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% kuat desak adukan dengan pasir yang sama, tetapi telah dicuci dalam larutan NaOH 3% yang kemudian dicuci dengan air hingga bersih. Bahan-bahan organik itu dapat mengadakan reaksi dengan senyawa-senyawa dari semen Portland, hingga berakibat berkurangnya kualitas adukan. (Gideon Kusuma, 1993).

### 2.2.3 Air

Air untuk campuran beton harus tidak mengandung minyak, larutan asam, garam alkali, material organik, maupun bahan-bahan lain yang dapat mengurangi kekuatan beton. (PBI, Pasal 3.6, 1971).

Proporsi air yang sedikit akan memberikan kekuatan yang tinggi pada beton, tetapi kelemasan beton atau daya kerjanya akan berkurang. Sedangkan proporsi air yang agak besar akan memberikan kemudahan pada waktu pelaksanaan pengecoran, tetapi kekuatan hancur beton menjadi rendah. Proporsi air ini dinyatakan dalam rasio air-semen (*water-cement ratio*), yaitu angka yang menyatakan perbandingan antara berat air (kg) dibagi dengan berat semen (kg) dalam adukan beton tersebut. (L. Wahyudi dan Syahril A. Rahim, 1997).

Air pada campuran mortar berfungsi sebagai media untuk mengaktifkan pada reaksi semen, pasir, dan kapur agar saling menyatu. Air juga berfungsi sebagai pelumas antara butir-butir pasir yang berpengaruh pada sifat mudah dikerjakan (*workability*) adukan mortar. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya 30% berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor

air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air ini dipakai sebagai pelumas. (Kardiyono Tjokrodimoeljo, 1992).

#### **2.2.4 Agregat Kasar (Kerikil)**

Agregat didefinisikan sebagai material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku besi yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidraulik. (SK SNI 03-2847-2002).

Agregat (batuan) adalah butiran-butiran material sebagai bahan pengisi dalam beton. Ada dua macam agregat, yaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil dan batu pecah). Fungsi agregat dalam beton merupakan pengisi beton yang jumlahnya antara 70% - 75% dari massa beton.

Agregat yang akan dipakai dalam uji ini harus memiliki syarat sebagai berikut:

1. "*Spesifikasi agregat untuk beton*" (ASTM C 33).
2. "*Spesifikasi agregat ringan untuk beton struktur*" (SNI 03-2461-1991).

Ukuran maksimum nominal agregat kasar harus tidak melebihi:

1. 1/5 jarak terkecil antara sisi-sisi cetakan,
2. 1/3 ketebalan pelat lantai, maupun
3. 3/4 jarak bersih minimum antara tulangan-tulangan atau kawat-kawat, bundel tulangan, atau tendon-tendon prategang atau selongsong-selongsong.

#### **2.2.5 Baja Tulangan**

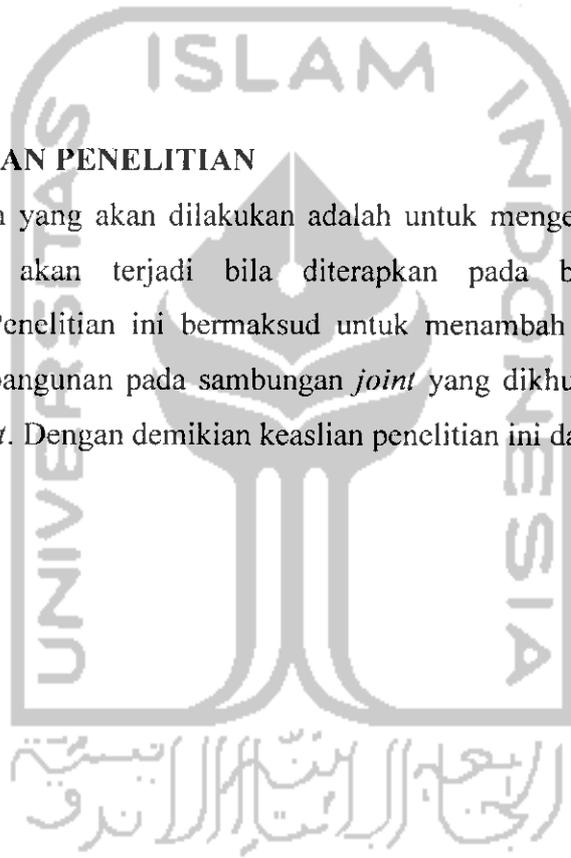
Baja tulangan merupakan bahan yang digunakan sebagai tulangan pada konstruksi beton bertulang dan merupakan bahan utama yang dihitung untuk memikul kekuatan tarik pada konstruksi beton bertulang.

### 2.3 HASIL-HASIL PENELITIAN TERDAHULU

Beberapa penelitian yang menyangkut bangunan bertingkat sistem *precast* sampai saat ini masih sedikit. Penelitian mengenai *precast* yang sudah ada di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia baru mengenai manajemen waktu dan biaya sedangkan penelitian mengenai struktur bangunan terutama tentang desain sambungan bangunan *precast* sampai saat ini belum ada (berdasarkan *data base* tugas akhir di perpustakaan Universitas Islam Indonesia).

### 2.4 KEASLIAN PENELITIAN

Penelitian yang akan dilakukan adalah untuk mengetahui seberapa besar kekuatan yang akan terjadi bila diterapkan pada bangunan bertingkat sesungguhnya. Penelitian ini bermaksud untuk menambah informasi mengenai desain struktur bangunan pada sambungan *joint* yang dikhususkan untuk desain bangunan *precast*. Dengan demikian keaslian penelitian ini dapat dijaga.



## BAB III

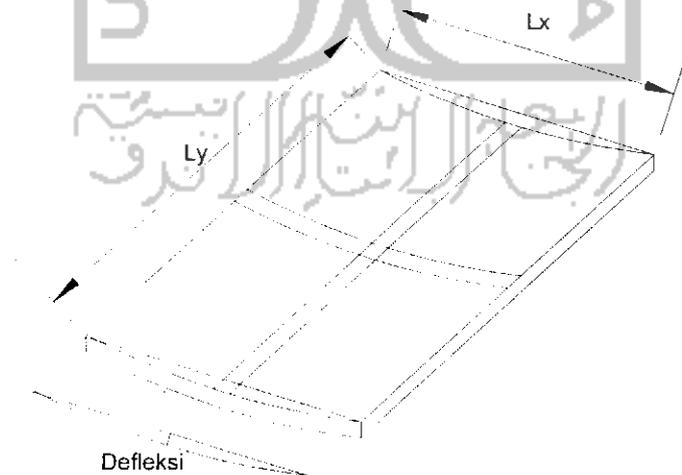
### LANDASAN TEORI

#### 3.1 KARAKTERISTIK DESAIN

Dalam perencanaan ini akan memakai beberapa teori yaitu desain pelat satu arah, balok, dan sambungan *joint*.

##### 3.1.1 Perencanaan Pelat Satu Arah

Pelat satu arah adalah pelat yang hanya ditumpu pada dua sisi yang saling berhadapan atau pelat yang ditumpu pada keempat sisinya tetapi  $L_y/L_x > 2$ . Akibat beban merata yang bekerja pada pelat satu arah, maka akan mengakibatkan kelengkungan, demikian juga momen lentur yang akan terdistribusi pada lajur pendek (arah  $x$ ) yang akan membentang diantara sisi-sisi yang ditumpu. Pada sisi panjang (sumbu  $y$ ), dapat dianggap tidak terjadi kelengkungan, yang berarti tidak terdapat momen lentur. Bentuk permukaan/defleksi akibat beban yang bekerja adalah silinder.



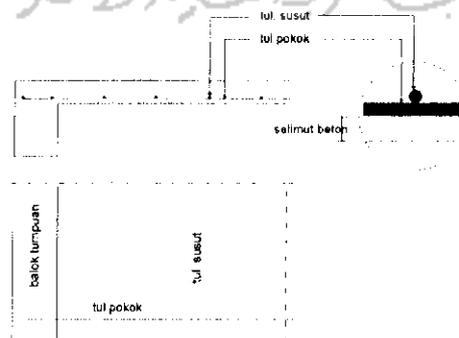
**Gambar 3.1** Lajur dan defleksi pelat satu arah

Analisis dan perencanaan pelat satu arah dilakukan dengan meninjau satu lajur pelat dengan satu-satuan (umumnya diambil selebar 1000 mm) yang membentang diantara tumpuan.



**Gambar 3.2** Tinjauan beban pelat satu arah

Karena momen lentur, maka tulangan lentur dipasang tegak lurus tumpuan (membentang diantara tumpuan), selain itu, sesuai SK SNI, diberi juga tulangan susut/pembagi yang dipasang tegak lurus dengan tulangan lentur/pokok.



**Gambar 3.3** Penulangan pelat satu arah

Beban merata yang bekerja pada pelat mempunyai satuan beban per satu-satuan luas ( $\text{kN/m}^2$ ). Karena perhitungan perancangan dan analisis dilakukan untuk satu lajur dengan lebar satu-satuan panjang, maka maka satuan beban disesuaikan dengan beban per satu-satuan panjang ( $\text{kN/m}$ ).

Tebal satuan pelat satu arah ( $h$ ) tergantung besar momen lentur, defleksi, dan kuat geser yang dituntut. SK-SNI memberikan tebal minimum pelat satu arah yang dikaitkan dengan bentang pelat dan dalam rangka membatasi lendutan yang dapat mengganggu kemampuan layan. Untuk beton normal ( $W_c = 23 \text{ KN/m}^3$ ) dan BJTD – 40 sebagai berikut:

1.  $L/20$  untuk pelat terletak diatas 2 tumpuan
2.  $L/24$  untuk pelat dengan salah satu ujung menerus
3.  $L/28$  untuk kedua pelat dengan kedua ujung menerus
4.  $L/10$  untuk kantilever

Jika mutu baja bukan BJTD – 40 maka dikalikan faktor:  $\left[ 0.4 + \frac{f_y}{700} \right]$

**a. Perhitungan perencanaan pelat**

Perhitungan perencanaan pelat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:



**Gambar 3.4** Distribusi Tegangan Regangan Beton Bertulang Pelat

$$\frac{Mu}{\phi} = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots(3.1)$$

$$As = \frac{0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b}{fy} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$As_{min} = \frac{1,4}{fy} \cdot b \cdot d \dots\dots\dots(3.3)$$

As pakai apabila:

1.  $A_{s_{min}} > A_{s_{hitung}}$  dipakai  $A_{s_{min}}$
2.  $A_{s_{min}} < A_{s_{hitung}} < A_{s_{max}}$  dipakai  $A_{s_{hitung}}$

Perhitungan jarak antar tulangan pokok dengan persamaan sebagai berikut:

$$s = \frac{A_{1\phi} \cdot b}{A_s} \dots\dots\dots (3.4)$$

Jarak antar tulangan susut dengan persamaan sebagai berikut :

$$s = \frac{A_{1\phi} \cdot b}{A_s \cdot s_{susut}} \dots\dots\dots (3.5)$$

dengan:

$$A_s \text{ susut} = 0,002 \cdot b \cdot h \text{ bila BJTD} - 30 \dots\dots\dots (3.6)$$

$$A_s \text{ susut} = 0,018 \cdot b \cdot h \text{ bila BJTD} - 40 \dots\dots\dots (3.7)$$

$$A_s \text{ susut} = 0,018 \cdot b \cdot h \frac{400}{f_y} > 0,0014 \cdot b \cdot h \text{ bila BJTD} > 40 \dots\dots\dots (3.8)$$

dimana:

$$A_s > A_{st} \dots\dots\dots (3.9)$$

**b. Perhitungan momen tersedia pada pelat**

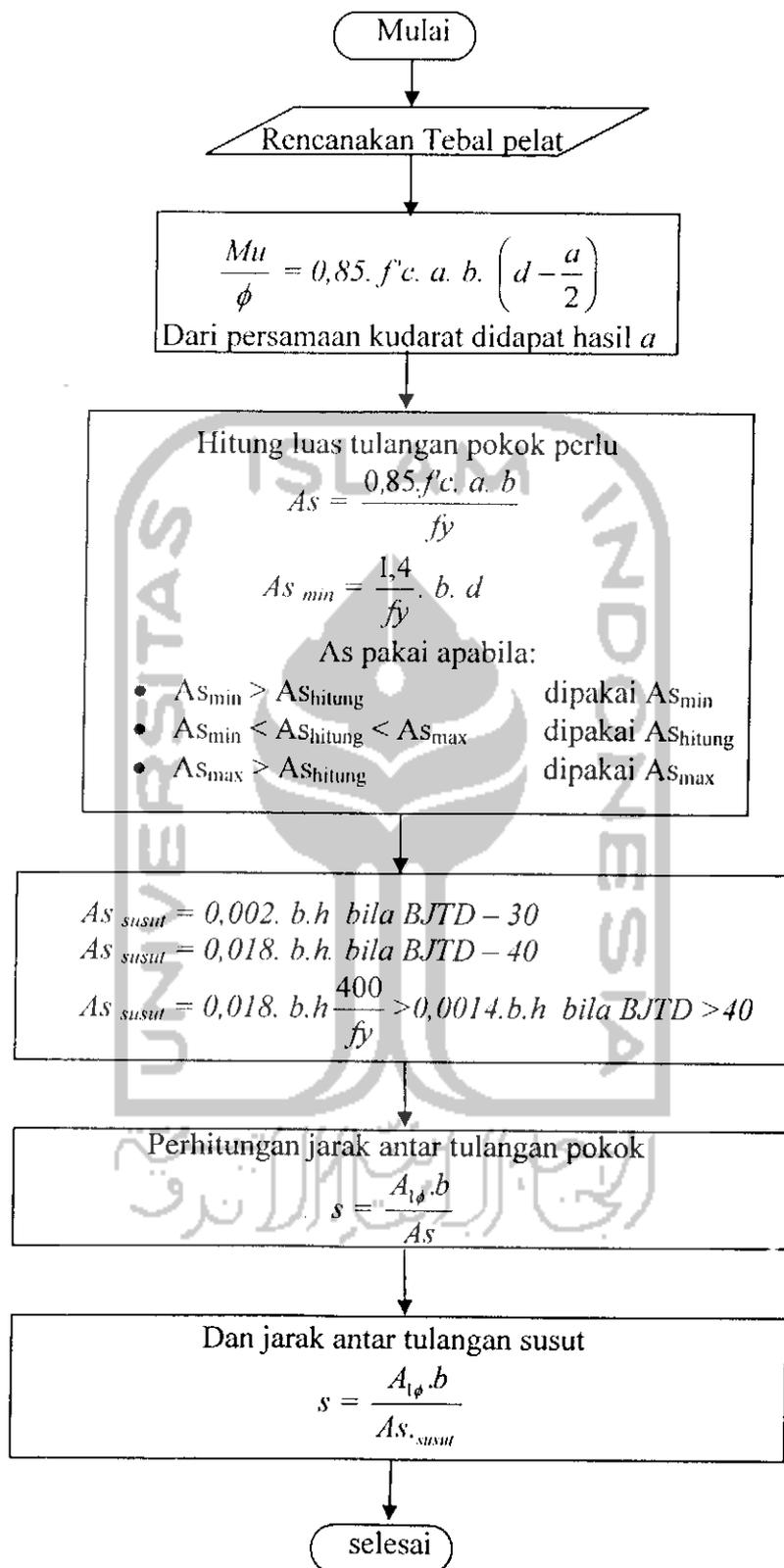
Perhitungan momen tersedia pada pelat dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$A_s \text{ ada} = \frac{A_{1\phi} \cdot b}{s \cdot \text{pakai}} \dots\dots\dots (3.10)$$

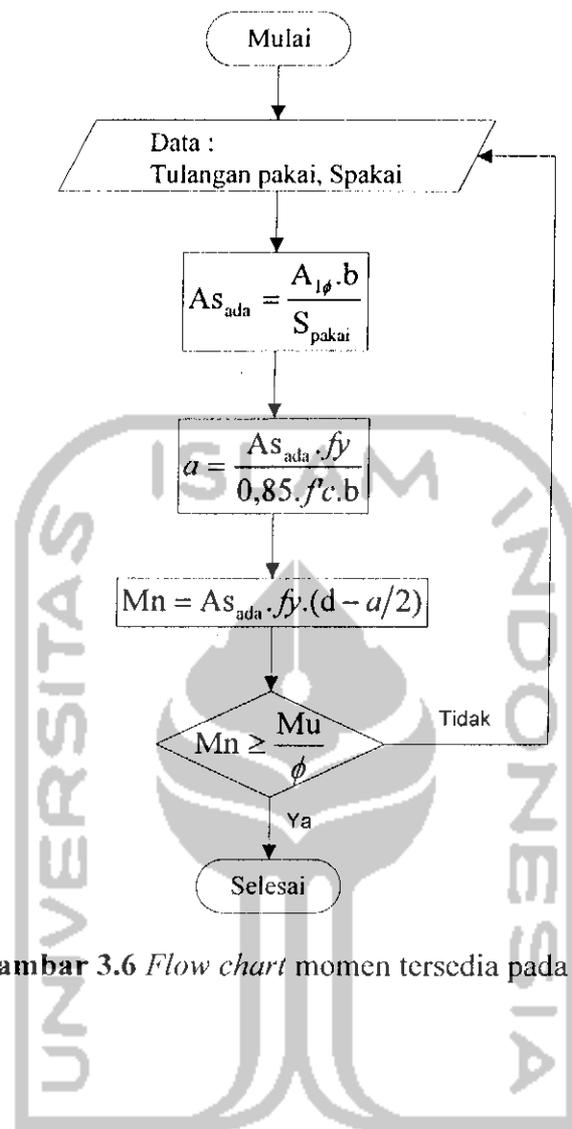
$$a = \frac{A_s \text{ ada} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b} \dots\dots\dots (3.11)$$

$$Mn = A_s \text{ ada} \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots (3.12)$$

$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi} \dots\dots\dots (3.13)$$



Gambar 3.5 Flow chart perhitungan pelat



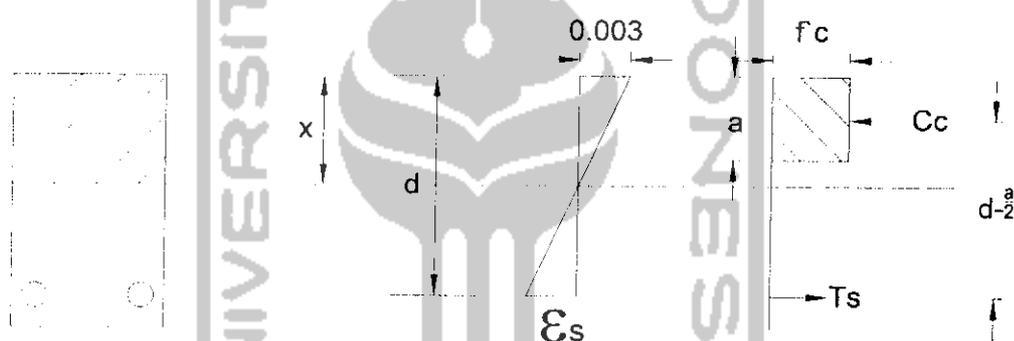
Gambar 3.6 Flow chart momen tersedia pada pelat

### 3.1.2 Desain Balok

#### a. Balok bertulangan sebelah (tarik)

Beban luar akan menyebabkan balok melentur. Tegangan internal suatu serat penampang akan tetap sebesar tegangan karakteristiknya, dan retak pada serat atas tidak terjadi karena adanya distribusi tegangan ke serat sebelah dalamnya. Distribusi tegangan dan regangan beton bisa diasumsikan berbentuk persegi, trapesium, parabola, atau bentuk lainnya, asal menghasilkan perkiraan yang cukup baik bila dibandingkan dengan hasil pengujian (SKSNI).

Secara teoritis balok bertulangan sebelah ini digunakan bila hanya dengan tulangan tarik saja mampu menghasilkan gaya dalam yang dapat menahan momen yang terjadi.



**Gambar 3.7** Distribusi Tegangan Regangan Balok Bertulangan Sebelah

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \quad (3.14)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \quad (3.15)$$

$$\rho_{\text{mak}} = 0,75 \cdot \rho_b \quad (3.16)$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} \quad (3.17)$$

$$R_n = \rho \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \rho \cdot m\right) \quad (3.18)$$

SKSNI menetapkan nilai  $\beta$  sebesar 0,85 untuk  $f'c \leq 30$  MPa, dan berkurang sebesar 0,008 untuk setiap kenaikan 1 MPa kuat beton, serta tidak boleh kurang dari 0,65.

$$Mn = Rn \cdot b \cdot d^2 \dots\dots\dots(3.19)$$

Berdasarkan keseimbangan gaya,

$$Cc = Ts \dots\dots\dots(3.20)$$

$$Cc = 0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot a \dots\dots\dots(3.21)$$

$$Ts = As \cdot fy \dots\dots\dots(3.22)$$

$$a = \frac{Ts}{Cc} = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c} \dots\dots\dots(3.23)$$

$$Mn = As \cdot fy \cdot (d - \frac{1}{2} \cdot a) = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \cdot (d - \frac{1}{2} \cdot a) \dots\dots\dots(3.24)$$

**b. Balok bertulangan rangkap**

Dalam praktek, sistem tulangan tunggal hampir tidak pernah dimanfaatkan untuk balok, karena pemasangan tulangan tambahan di daerah tekan, misalnya di tepi atas penampang tengah lapangan akan mempermudah pengaitan sengkang. Secara struktural, tulangan tekan ini diperlukan antara lain untuk:

1. Meningkatkan momen tahanan penampang karena dimensi penampang yang terbatas secara arsitektural.
2. Meningkatkan kapasitas rotasi penampang yang berkaitan dengan peningkatan daktilitas penampang.
3. Meningkatkan kekakuan penampang, sehingga mengurangi defleksi struktur.
4. Dapat mencakup kemungkinan momen yang berubah tanda. Gaya luar yang bekerja pada struktur tidaklah selalu tetap, misalnya gaya horizontal akibat gempa yang mengakibatkan momen-momen internal berubah tanda (Wahyudi dan Rahim, 1997).

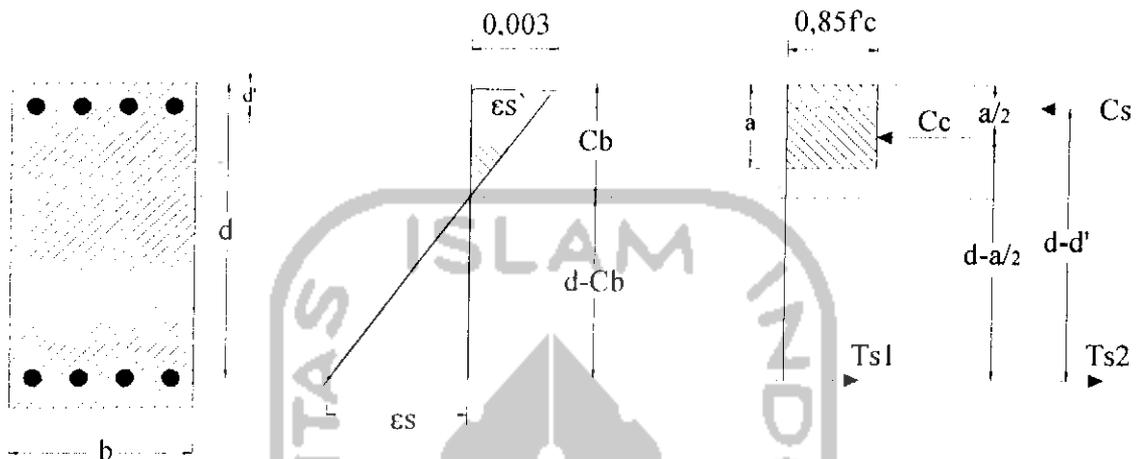
Dalam perencanaan balok tulangan sebelah digunakan:

$$Rn1 = (0,3 \text{ s/d } 0,8) \cdot Rn \dots\dots\dots(3.25)$$

$$Mn1 = Rn1 \cdot b \cdot d^2 \dots\dots\dots(3.26)$$

$$Mn2 = \frac{Mu}{\phi} - Mn1 \dots\dots\dots (3.27)$$

$$Mn = Mn1 + Mn2 \dots\dots\dots (3.28)$$



**Gambar 3.8** Distribusi Tegangan Regangan Balok Bertulangan Rangkap

**c. Balok bertulangan rangkap dengan tulangan tekan telah luluh**

Pada kondisi ini diasumsikan tulangan tarik dan desak telah luluh paling tidak pada saat regangan beton mencapai 0,003, dengan mengangap  $f_s = f_s' = f_y$ . Untuk kondisi ini,  $A_s = A_{s1} + A_{s2}$ , sedangkan  $A_{s2} = A_{s'}$ , sehingga tinggi blok tegangan tekan:

$$a = \frac{(A_s - A_{s'}) \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \dots\dots\dots (3.29)$$

atau,

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \dots\dots\dots (3.30)$$

Sebagai kontrol bahwa asumsi yang dipakai benar, maka dilakukan pemeriksaan regangan sebagai berikut:

$$a_{leleh} = \frac{600 \cdot d' \cdot \beta_1}{600 - f_y} \dots\dots\dots (3.31)$$

bila  $a$  lebih besar sama dengan dari  $a_{leleh}$  maka asumsi benar bahwa tulangan tarik dan tulangan desak telah luluh, selanjutnya menghitung momen tahanan nominalnya dengan persamaan:

$$Mn = Mn1 + Mn2 \dots \dots \dots (3.32)$$

$$Mn1 = 0,85.f'c'.a.b.(d - \frac{1}{2}.a) \dots \dots \dots (3.33)$$

atau:

$$Mn1 = As.fy.(d - \frac{1}{2}.a) \dots \dots \dots (3.34)$$

$$Mn2 = As'.fy.(d - d') \dots \dots \dots (3.35)$$

**d. Balok bertulangan dengan tulangan tekan belum luluh**

Anggapan pada kondisi ini bahwa tulangan baja tarik telah luluh, sedangkan tulangan baja desak belum luluh pada saat regangan beton mencapai 0,003. Jika  $a$  kurang dari  $a_{leleh}$  ( $a < a_{leleh}$ ), maka untuk mendapatkan nilai C digunakan persamaan:

$$As.fy = As'.\left(\frac{a - \beta_1 d'}{a}\right)600 + 0,85.f'c.a.b \dots \dots \dots (3.36)$$

Dari persamaan kuadrat diatas, maka didapat nilai  $a$  dengan:

$$C = \frac{a}{0,85} \dots \dots \dots (3.37)$$

$$fs' = \left(\frac{a - \beta_1 d'}{a}\right)600 = \frac{C - d'}{C}600 \dots \dots \dots (3.38)$$

Kuat momen tahanan ideal dari pasangan kopel tulangan baja tekan dengan baja tarik tambahan serta kopel gaya beton tekan dengan tulangan baja tarik dihitung dengan persamaan:

$$Mn1 = 0,85.f'c'.a.b.(d - \frac{1}{2}.a) \dots \dots \dots (3.39)$$

$$Mn2 = As.fs.(d - d') \dots \dots \dots (3.40)$$

$$Mn = Mn1 + Mn2 \dots \dots \dots (3.41)$$

SKSNI T-15-1991-03 mensyaratkan bahwa untuk beton bertulangan tahan gempa, kuat momen positif pada sisi muka *joint* tidak boleh kurang dari 50% kuat momen negatif yang disediakan pada sisi muka *joint* tersebut.

**e. Penulangan geser balok terlentur**

Selain menahan beban lentur, balok pada saat yang sama juga menahan beban geser akibat lentur. Untuk komponen struktur beton bertulang, apabila gaya geser yang bekerja sedemikian besar diluar kemampuan beton untuk menahannya maka perlu dipasang tulangan tambahan untuk menahan geser tersebut.

Dasar pemikiran perencanaan penulangan geser adalah usaha menyediakan sejumlah tulangan baja untuk menahan tarik arah tegak lurus terhadap retak tarik diagonal sehingga mampu mencegah bukaan retak yang lebih besar. Perencanaan geser untuk komponen-komponen struktur lentur dilaksanakan berdasarkan anggapan bahwa beton menahan sebagian gaya geser, sedangkan selebihnya dilimpahkan ke tulangan baja. SKSNI T-15-1991-03 menyatakan bahwa kuat geser yang disumbangkan beton ditentukan dengan persamaan:

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \dots\dots\dots(3.42)$$

Kriteria perencanaan:

1. Bila  $V_u \leq \frac{1}{2} \Phi V_c$  maka tidak memerlukan tulangan geser.
2. Bila  $\frac{1}{2} \Phi V_c < V_u \leq \Phi V_c$  maka diperlukan tulangan geser minimum dengan luas tulangan geser minimum  $A_v = \frac{1}{3} \frac{b_w \cdot s}{f_y}$  dan jarak spasi minimum  $s = \frac{3 \cdot A_v \cdot f_y}{b_w}$  dan harus memenuhi  $s \leq \frac{d}{2}$  atau  $s \leq 600$  mm.
3. Bila  $\Phi V_c < V_u \leq \Phi \cdot 3 \cdot V_c$  maka diperlukan tulangan geser minimum dengan luas tulangan geser kelebihan  $V_s = V_u - \Phi V_c$  dengan spasi  $s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$  atau  $s \leq \frac{d}{2}$  atau  $s \leq 600$  mm.

4. Bila  $3\Phi V_c < V_u \leq 5\Phi V_c$  maka diperlukan tulangan geser minimum dengan luas tulangan geserkelebihan  $V_s = V_u - \Phi V_c$  dengan spasi

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \text{ atau } s \leq \frac{d}{2} \text{ atau } s \leq 300 \text{ mm.}$$

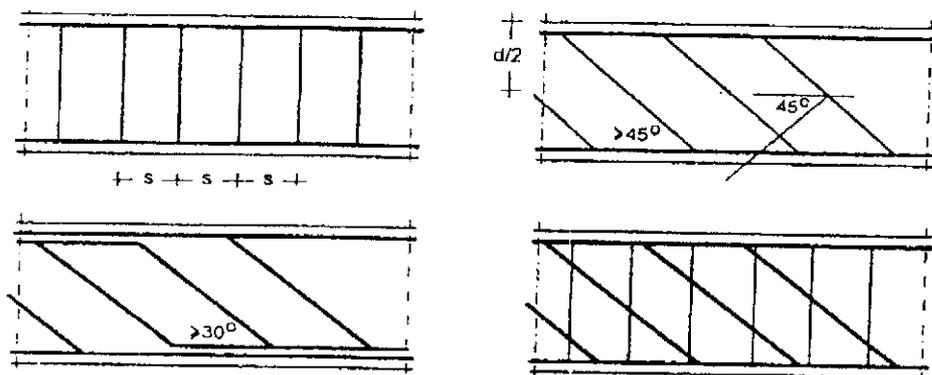
5. Bila  $V_u > 5\Phi V_c$  maka penampang balok perlu diperbesar.

SKSNI T-15-1991-03 mensyaratkan bahwa untuk komponen struktur tahan gempa sengkang tertutup harus dipasang dalam daerah sejauh dua kali tinggi komponen struktur pendukung kearah tengah bentang. Sengkang pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm diukur dari sisi muka suatu komponen struktur pendukung. Spasi maksimum tulangan sengkang tidak boleh melebihi:

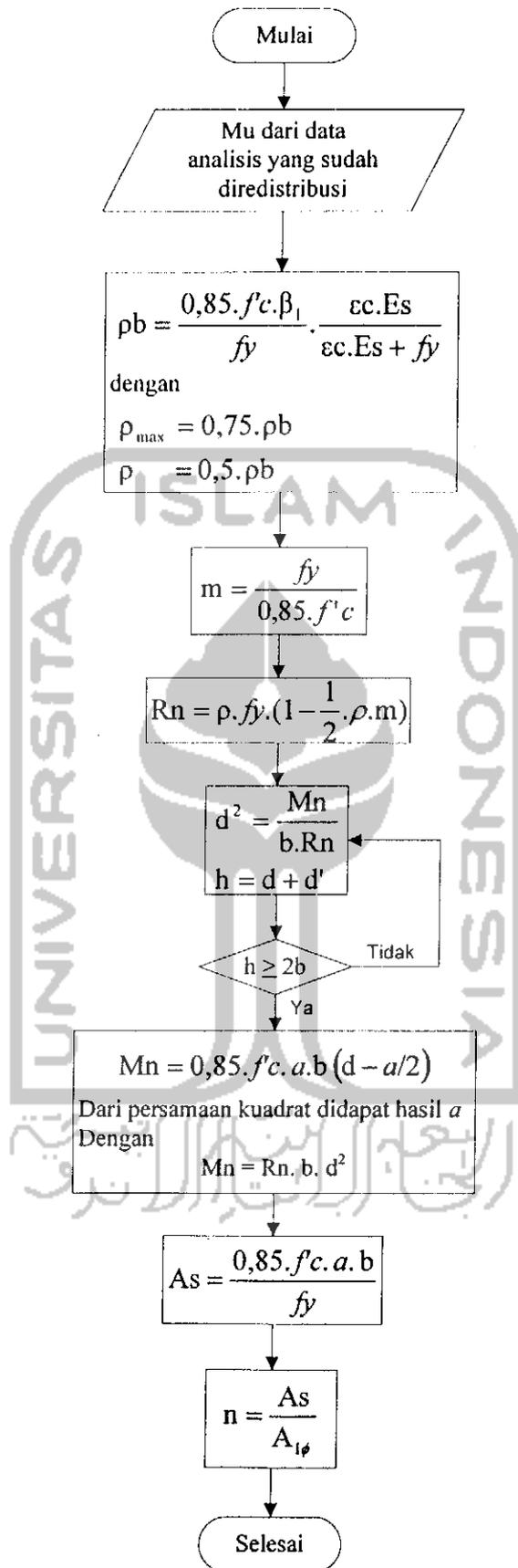
1.  $\frac{1}{4}$  tinggi efektif balok.
2. Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil.
3. 24 kali diameter tulangan sengkang.
4. 200 mm.

Penulangan geser dapat berupa:

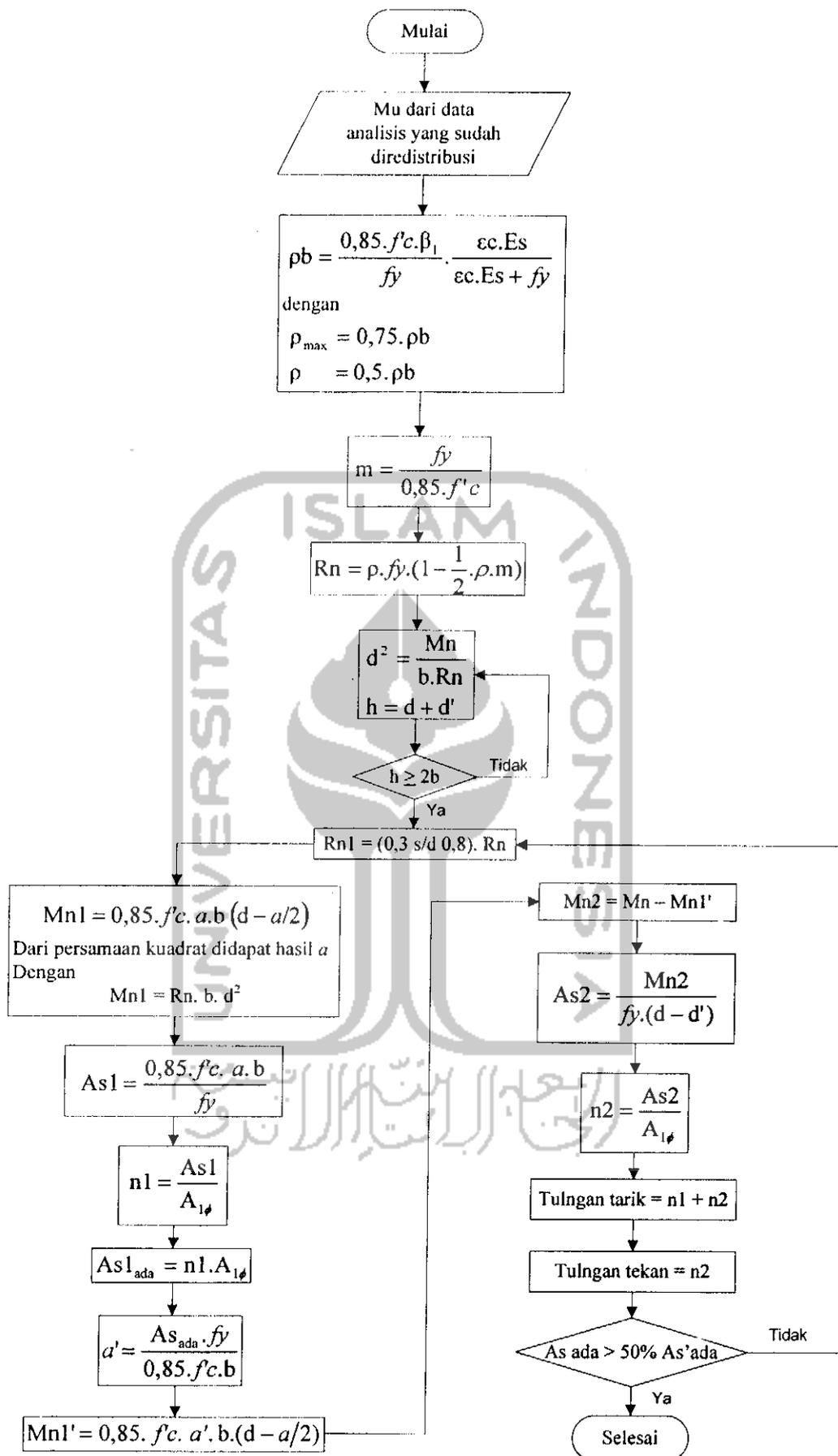
- a. sengkang vertikal, dipasang tegak lurus sumbu struktur,
- b. jaringan kawat baja las, dipasang tegak lurus sumbu aksial,
- c. sengkang miring yang membuat sudut  $>45^\circ$  terhadap tulangan tarik longitudinal,
- d. tulangan tarik yang dibengkokkan dengan sudut  $>30^\circ$ , umumnya disebut tulangan miring,
- e. kombinasi sengkang dengan tulangan miring,
- f. tulangan spiral,



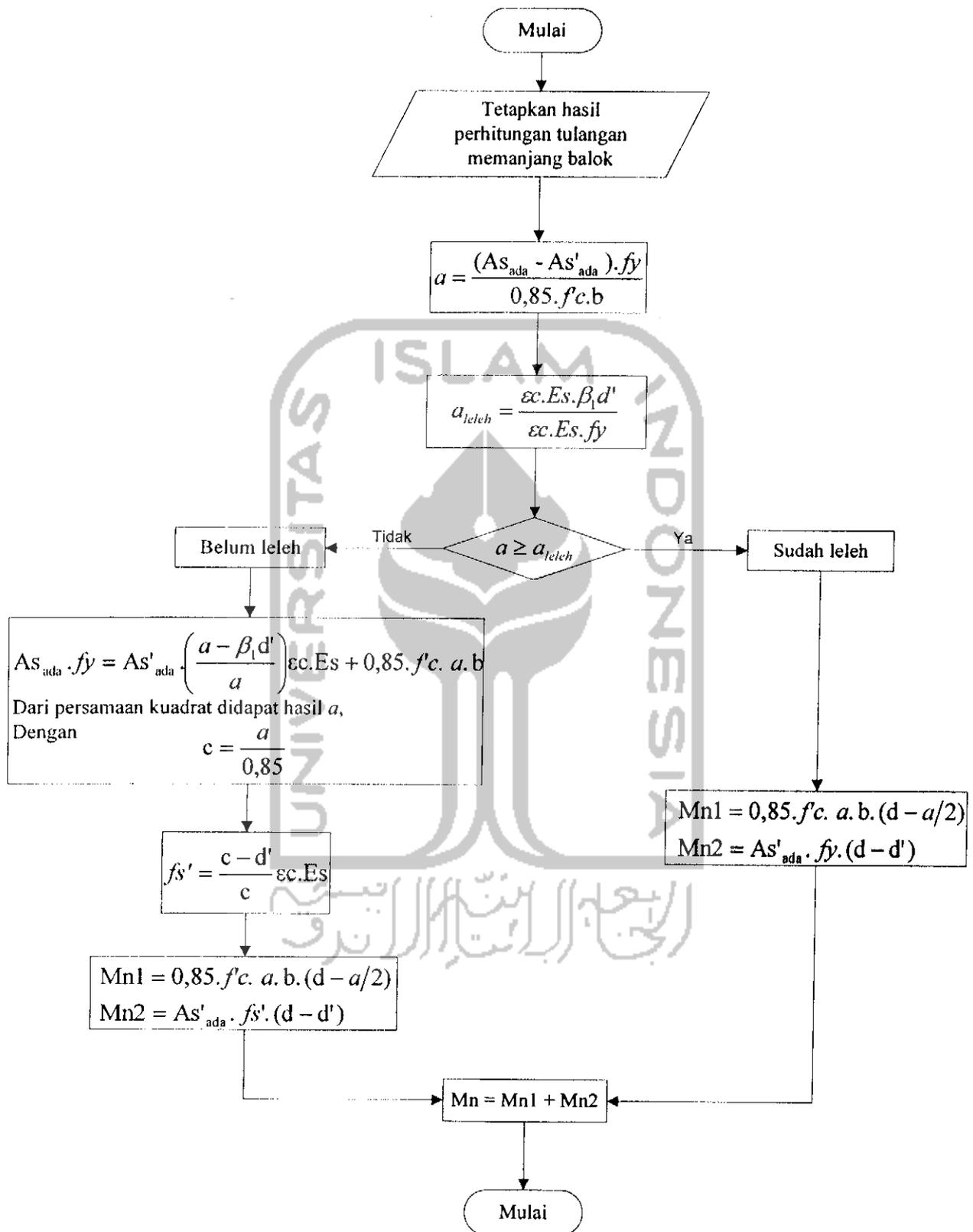
Gambar 3.9 Macam-macam cara penulangan geser



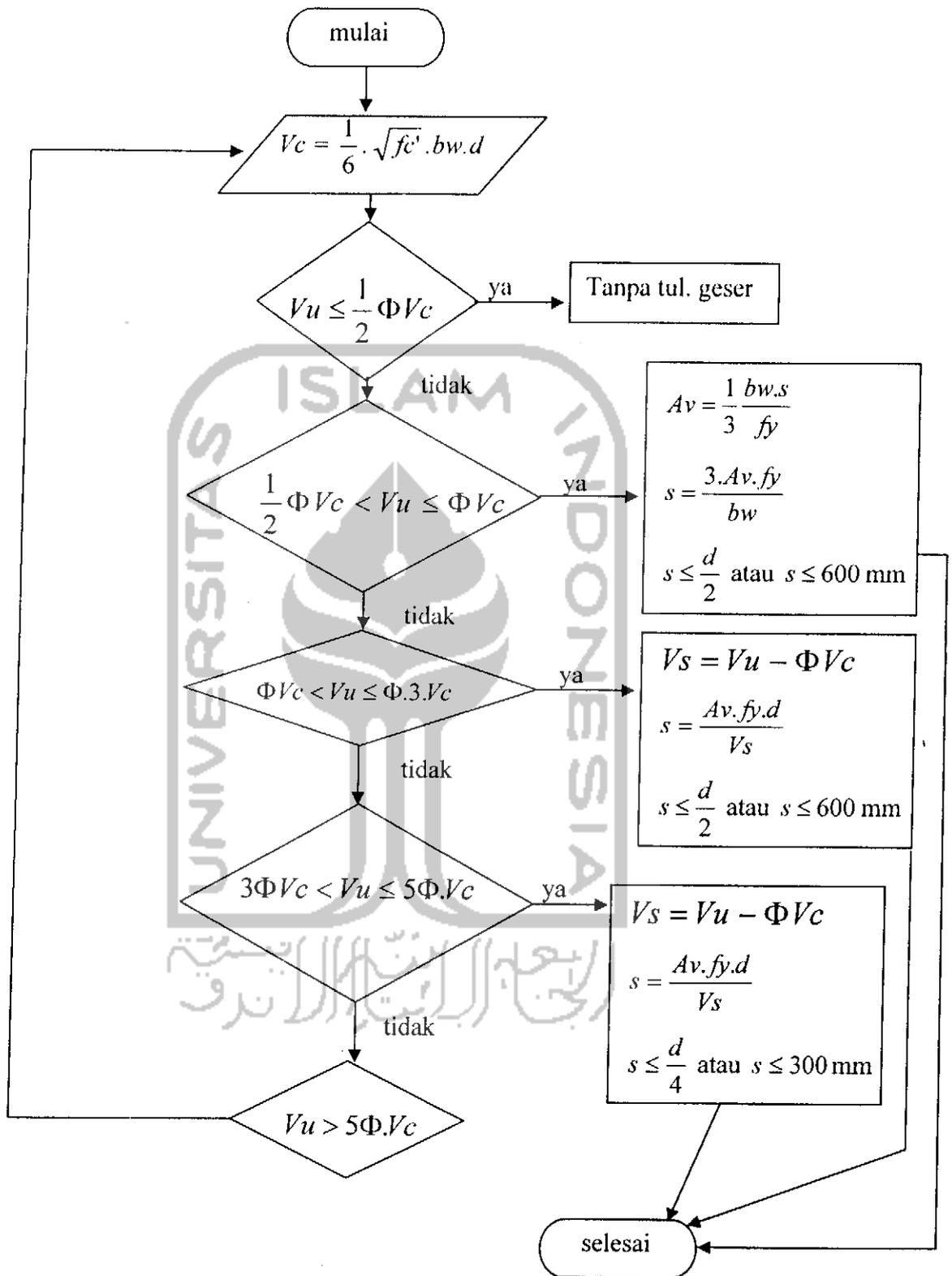
Gambar 3.10 Flow chart perhitungan balok bertulangan sebelah



Gambar 3.11 Flow chart perhitungan balok bertulangan rangkap



Gambar 3.12 Flow chart momen tersedia pada balok



Gambar 3.13 Flow chart penulangan sengkang

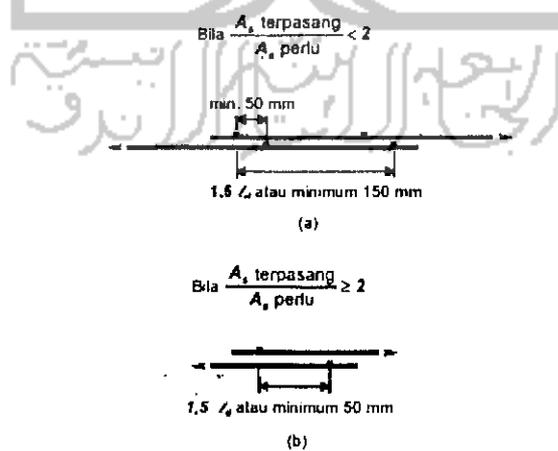
### 3.1.3 Sambungan Tulangan

Sambungan tulangan bisa dipakai beberapa macam metode. Metode yang sering dipakai adalah sambungan lewatan dan sambungan las.

#### a. Sambungan lewatan

Panjang lewatan minimum untuk sambungan lewatan jaring kawat polos ditetapkan sebagai berikut:

- 1) Bila luas tulangan terpasang pada lokasi sambungan kurang dari dua kali luas yang diperlukan berdasarkan analisis, maka panjang lewatan yang diukur antara persilangan kawat terluar pada masing-masing lembar jaringan kawat yang disambung tidak boleh kurang dari satu jarak silang ditambah 50 mm, dan tidak boleh kurang dari  $1,5 l_d$ , ataupun 150 mm.  $l_d$  adalah panjang penyaluran untuk kuat leleh  $f_y$  yang ditentukan berdasarkan SK-SNI pasal 14.8 (Gambar 3.14 a).
- 2) Bila luas tulangan terpasang pada lokasi sambungan lebih dari dua kali jumlah yang dibutuhkan berdasarkan analisis, maka panjang lewatan yang diukur antara persilangan terluar pada masing-masing lembar jaringan kawat yang disambung tidak boleh kurang dari  $1,5 l_d$ , ataupun 50 mm.  $l_d$  adalah panjang penyaluran untuk kuat leleh  $f_y$  yang ditentukan berdasarkan SK-SNI pasal 14.8 (Gambar 3.14 b).

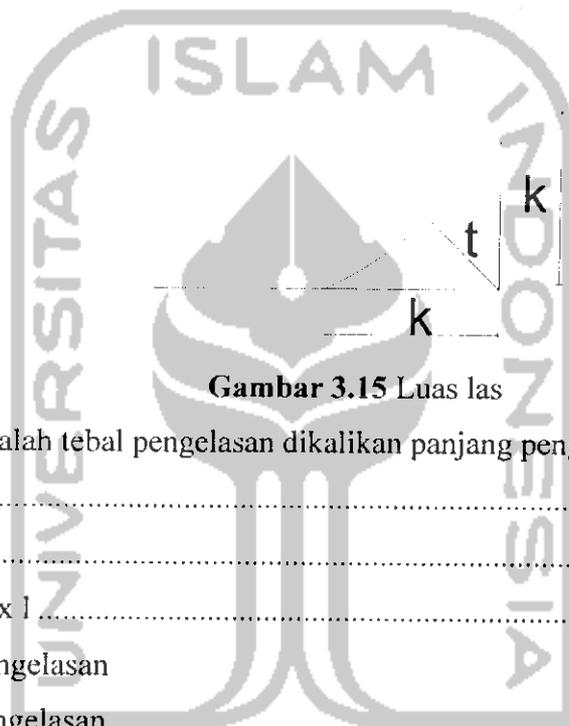


Gambar 3.14 Sambungan (SKSNI-T-15-1981-03)

**b. Sambungan Las**

AISC boleh memakai sambungan las dengan tegangan ijin yang direduksi sampai 70%. Jadi, tegangan ijin las adalah tegangan maksimum yang terjadi pada bahan las dikalikan koefisien sebesar 30% atau 0,3.

Apabila las ditarik, akan mengalami kegagalan geser (bidang geser dari keruntuhan las membentuk 45°).



**Gambar 3.15** Luas las

Jadi luas geser adalah tebal pengelasan dikalikan panjang pengelasan.

$$t = 0.707 k \dots\dots\dots(3.43)$$

$$A = T \times l \dots\dots\dots(3.44)$$

$$A = 0.707 k \times l \dots\dots\dots(3.45)$$

k = lebar pengelasan

t = tebal pengelasan

l = panjang pengelasan

A = luas penampang las paling kecil

Gaya adalah tegangan dikalikan dengan luas.

$$F = A \times 0.3fu \dots\dots\dots(3.46)$$

$$F = 0.707 k \times l \times 0.3fu \dots\dots\dots(3.47)$$

Model sambungan las dapat dilihat dibawah ini:



**Gambar 3.16** Model Sambungan Pertama

Model pertama mempunyai keuntungan berupa mudahnya pemasangan, tetapi kelemahannya berupa bila diuji tarik akan mengalami putus pada bagian las, karena panjang pengelasan terbatas oleh keliling besinya.



**Gambar 3.17** Model sambungan kedua

Model kedua mempunyai kelemahan berupa terjadinya suatu eksentrisitas. Eksentrisitas terjadi karena tidak lurus suatu titik pusat berat antara besi satu dengan besi lain.



**Gambar 3.18** Model sambungan ketiga

Model ketiga mempunyai kelemahan yang sama dengan model kedua yaitu terjadinya suatu eksentrisitas.

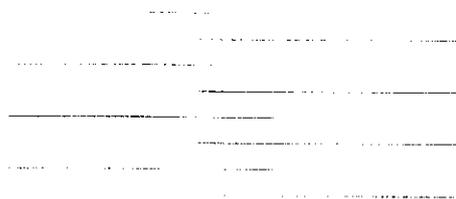


**Gambar 3.19** Model Sambungan keempat

Model keempat mempunyai keuntungan berupa tidak terjadinya suatu eksentrisitas.

Penelitian ini memakai:

1. Sambungan lewatan dipakai untuk sambungan tulangan pada pelat.



**Gambar 3.20** Model sambungan lewatan

2. Sambungan las dengan model kecmpt dipakai untuk sambungan pada balok (Gambar 3.19).

Dalam sambungan ini dipakai las listrik yang material bahan lasnya berupa elektroda E60 yang berarti elektroda yang mempunyai  $F_u$  sebesar 60 ksi.

Tegangan geser yang diperbolehkan oleh AISC adalah sebesar  $0,3 F_u$ , jadi digunakan persamaan:

$$\text{Gaya} = 0,707 \times l \times 0,3 F_u \dots \dots \dots (3.48)$$

sedangkan tegangan terjadi pada besi sebesar  $0,6 F_y$  digunakan persamaan:

$$\text{Gaya} = \frac{1}{4} \pi d^2 \times 0,6 f_y \dots \dots \dots (3.49)$$

Dari kedua persamaan dapat diketahui panjang las yang akan direncanakan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat sebagai berikut ini:

$$\begin{aligned} \text{Tegangan besi} &= \text{tegangan las} \\ \frac{1}{4} \pi d^2 \times 0,6 F_y &= 0,707 \times b \times l \times 0,3 F_u \dots \dots \dots (3.50) \end{aligned}$$

$$l = \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 \times 0,6 F_y}{0,707 \times b \times 0,3 F_u} \dots \dots \dots (3.51)$$

### 3.1.4 Sistem Pengujian

Pengujian yang dipakai dalam penelitian ini memakai metode kuat lentur pada balok *simple beam*. Pengujian ini paling mendekati dengan perilaku balok yang mengalami reaksi gaya pada struktur bangunan.

Gambar 3.21 merupakan momen yang diakibatkan oleh beban mati dan beban hidup pada suatu struktur bangunan. Momen pada tumpuan merupakan momen negatif yang berarti serat bagian atas mengalami tarik dan serat bagian bawah mengalami desak.

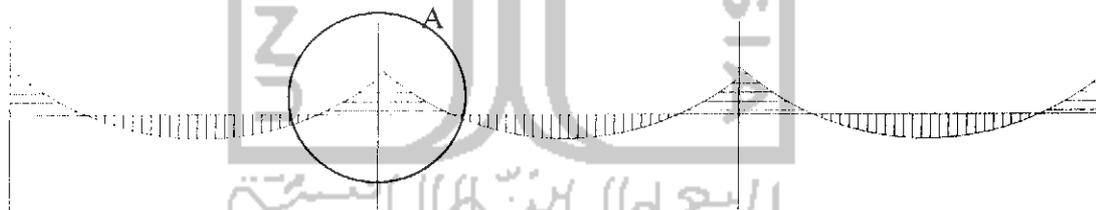
Gambar 3.22 merupakan momen yang diakibatkan oleh beban P dan Q.  $M_1$  merupakan momen yang dihasilkan akibat berat sampel sendiri (Q), sedangkan  $M_2$  merupakan momen yang dihasilkan akibat beban P (beban luar) dan M total adalah penjumlahan  $M_1$  ditambah  $M_2$ .

Dilihat dari Gambar 3.23 yang berasal dari detail A dan Gambar 3.21 yang berasal dari detail B memang tampak berbeda diagram momennya tetapi bila dilihat dari adanya momen maksimum dan momen nol kasus kedua tersebut bisa diasumsikan sama.

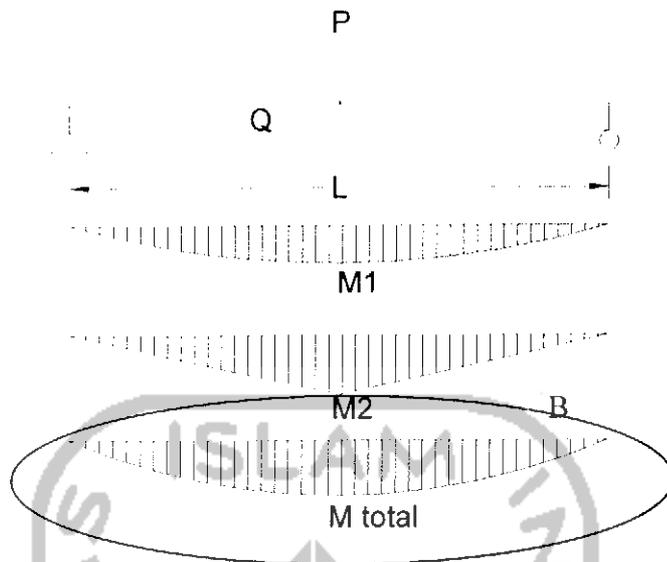
Dengan demikian pengujian sampel uji menggunakan beban titik satu titik. Pengujian dengan beban satu titik ini akan menimbulkan gaya lentur dan gaya geser.

Pada sampel pelat, serat yang atas mengalami tarik dipasang tulangan. Sedang serat yang bawah mengalami desak tidak dipasang tulangan. Pengujian sampel dibalik posisinya sehingga serat desak berada di posisi atas sedang serat tarik berada di posisi bawah. Pasang sampel tersebut ke dalam mesin uji dengan beban dari atas.

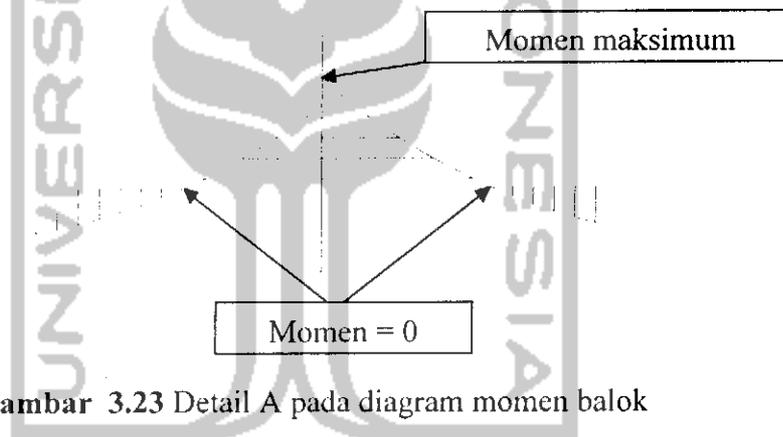
Pada sampel balok, serat yang atas mengalami tarik dipasang tulangan utuh sedangkan serat bawah mengalami desak dipasang tulangan sehingga dipakai sambungan las. Pengujian sampel dibalik posisinya sehingga serat desak berada di posisi atas sedang serat tarik berada di posisi bawah. Sampel tersebut dipasang ke dalam mesin uji dengan beban dari atas.



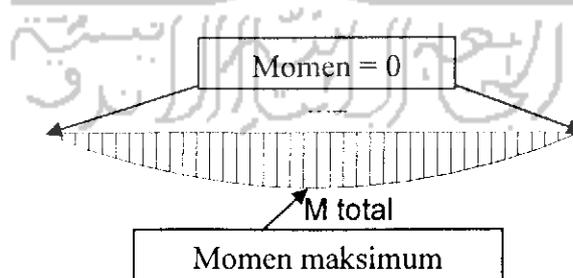
**Gambar 3.21** Diagram momen yang terjadi pada balok dan plat



Gambar 3.22 Diagram momen pada sistem *simple beam*



Gambar 3.23 Detail A pada diagram momen balok



Gambar 3.24 Detail B pada diagram momen *simple beam*

### 3.2 HIPOTESIS

Dalam penelitian ini, direncanakan sampel mampu menerima beban minimal sama dengan beban rencana. Sistem sambungan pada balok direncanakan

menggunakan dua balok yang akan disambung di dalam *joint* sebelum di-*grouting*, besi tulangan lentur disambung las terlebih dahulu. Sambungan besi tulangan tersebut diharapkan akan mempunyai kekuatan atau tegangan yang sama dengan besi tulangan yang tidak mengalami pemotongan.

Sistem sambungan pada pelat direncanakan menggunakan dua pelat yang akan disambung dengan cara di-*grouting*, sehingga besi mengalami lekatan penuh pada beton.

Semua pengujian tersebut diharapkan bisa mendesain *joint* dan pelat pada bangunan bertingkat dengan metode *precast*.



## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 UMUM**

Penelitian yang dilaksanakan adalah studi laboratorium dengan mengambil kasus di lapangan Pelaksanaan penelitian ini dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama, yaitu proses pembuatan benda uji. Kemudian tahap kedua, yaitu proses pengujian benda uji. Kedua tahap tersebut dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dari data yang didapat dari pengujian, dibuat analisis mengenai seberapa besar kekuatan pada sambungan bila diterapkan dalam metode precast.

#### **4.2 BAHAN YANG DIGUNAKAN**

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

##### **4.2.1 Beton**

Penggunaan beton untuk uji kuat lentur dengan besi tulangan, terdiri dari:

1. Semen

Penelitian ini menggunakan semen PPC (*Portland Pozzoland Cement*) merk Semen Holcim. Semen jenis ini dipilih karena sudah umum digunakan dan tidak memerlukan persyaratan khusus. Sedangkan dalam penelitian ini penilaian kualitas semen hanya dilakukan dengan pengamatan secara visual terhadap kekuatan kemasan dan kehalusan butirnya.

2. Pasir

Penelitian ini menggunakan pasir yang berasal dari lereng Gunung Merapi, yang lolos saringan #8, yaitu saringan dengan diameter 2,36 mm. Pasir daerah lereng Gunung Merapi telah banyak digunakan sebagai bahan konstruksi oleh masyarakat Kota Yogyakarta dan sekitarnya.

### 3. Air

Air yang digunakan berdasarkan pengamatan visual tampak jernih, tidak berbau, dan tidak berwarna. Air dalam pengujian ini adalah air dari PDAM Sleman, yang ada di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

### 4. Kerikil

Kerikil yang digunakan berdasarkan pengamatan visual, tidak mengandung lumpur, bersih dari kotoran. Kerikil yang digunakan berasal dari daerah lereng Gunung Merapi telah banyak digunakan sebagai bahan konstruksi oleh masyarakat Kota Yogyakarta dan sekitarnya.

#### 4.2.2 Besi Tulangan

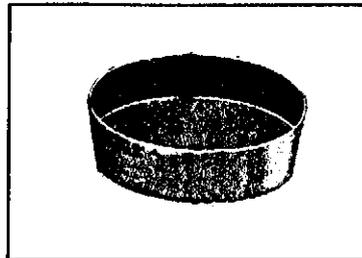
Besi tulangan yang digunakan untuk uji lentur dan tarik perlu diperhatikan dimensinya, teksturnya dan tegangan lelehnya ( $f_y$ ). Besi tulangan ini berasal dari toko besi yang berada di Jalan Wates km.2.

### 4.3 ALAT YANG DIGUNAKAN

Setelah bahan-bahan disiapkan, diperlukan persiapan beberapa peralatan yang dapat mengakomodasi maksud dan tujuan dari penelitian ini.

#### 4.3.1 Ayakan atau Saringan

Ayakan (disebut pula saringan) digunakan untuk menyaring agregat. Saringan yang digunakan adalah saringan #8, yaitu saringan dengan diameter 2,36 mm.



**Gambar 4.1** Saringan #8

#### 4.3.2 Cetok

Cetok berfungsi sebagai pengaduk dan perata campuran, serta untuk memindahkan adukan ke dalam cetakan.



Gambar 4.2 Talam baja dan cetok

#### 4.3.3 Gayung

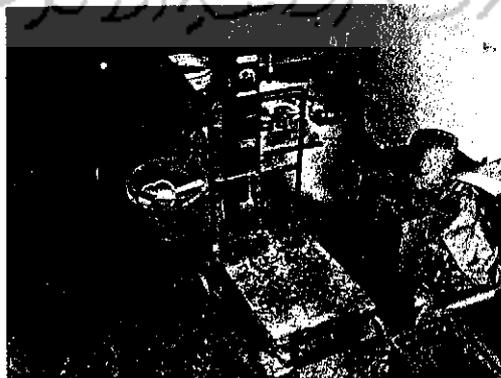
Gayung dalam pengujian ini berfungsi untuk mengambil air dari sumber air (kran) ke tempat pengujian akan dilaksanakan.

#### 4.3.4 Kaliper atau Jangka Sorong

Kaliper adalah alat ukur dengan ketelitian 0,05 mm yang berfungsi untuk mengukur dimensi benda uji.

#### 4.3.5 Timbangan Kapasitas 50 Kg

Timbangan kapasitas 50 kg, berfungsi untuk menimbang bahan-bahan susun beton.



Gambar 4.3 Timbangan

#### 4.3.6 Cat dan Kuas

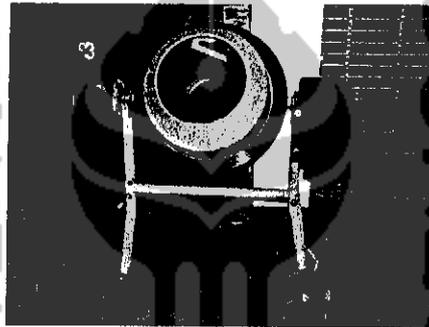
Cat dan kuas dalam pengujian ini adalah untuk memberi tanda/nama sampel (benda uji).

#### 4.3.7 Papan Penyiku

Untuk membuat pasangan siku/tegak lurus, maka dibutuhkan papan penyiku.

#### 4.3.8 Mesin Pengaduk

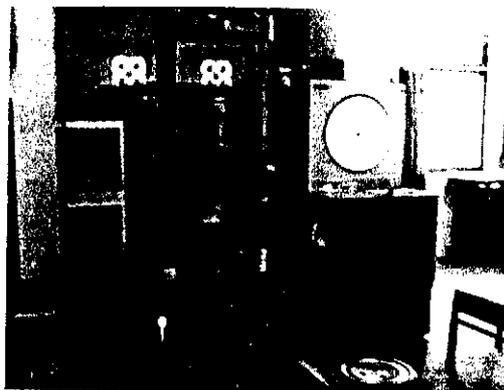
Mesin pengaduk menggunakan alat Molen yang ada di Laboratorium Bahan Konstruksi.



Gambar 4.4 Mesin pengaduk

#### 4.3.9 Mesin Tekan Lentur dan Tarik Uji

Universal Testing Machine (UTM) merk shimatzu type UMH 30. Mesin tekan/tarik dengan bidang tumpuan dari baja, digunakan untuk uji kuat lentur mempunyai kekuatan tekan/tarik maksimum 20 ton.



Gambar 4.5 Mesin lentur

#### 4.3.10 Corong Abrhams

Corong Abrhams digunakan untuk mengetahui nilai *slump* pada saat *mix* beton.



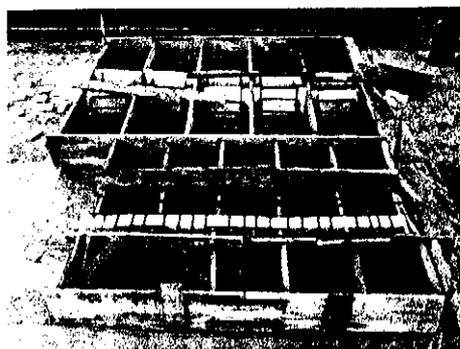
Gambar 4.6 Corong Abrhams

#### 4.4 PEMBUATAN BENDA UJI DAN PENGUJIAN

Benda uji yang akan digunakan dalam penelitian ini terlebih dahulu dibuat, kemudian dilakukan pengujian di laboratorium.

##### 4.4.1 Proses Pembuatan Bekisting Balok dan Pelat

Sebelum pembuatan benda uji, didesain dahulu tempat cetakan (bekisting), dengan bahan papan setebal 1 cm. Cetakan benda uji terbuat dari papan kayu yang dibentuk seperti balok dan pelat (seperti bekisting pada proyek bangunan). Dimensi cetakan balok adalah lebar 250 mm, tinggi 150 mm, dan panjang 1000 mm; sedangkan dimensi cetakan pelat adalah lebar 200 mm, tinggi 120 mm, dan panjang 650 mm.



Gambar 4.7 Bekisting

#### 4.4.2 Proses *Mix* Beton

Metode yang dipakai dalam proses *Mix* beton adalah metode ACI. Proses perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Jenis semen biasa (semen Tipe I).
2. Butiran kerikil 40 mm berupa batu pecah.
3. Pasir golongan 2.
4. Mutu pengerjaan adalah jelek.
5.  $f_c$  yang dipakai adalah 20 MPa.
6. Didapat perbandingan semen : pasir : krikil adalah 1 : 1,98 : 3,2.

#### 4.4.3 Proses Pembuatan Tulangan

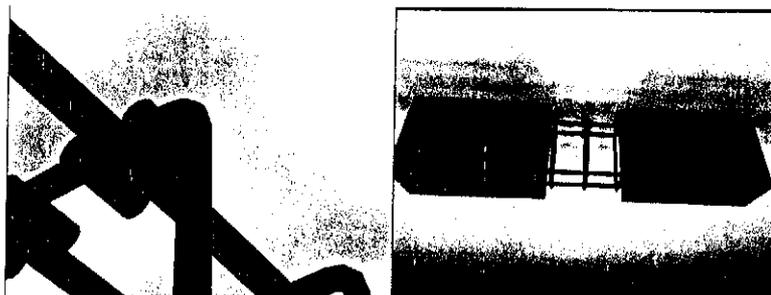
Pembuatan sampel uji untuk tulangan balok dan tulangan pelat dibuat berbeda.

a. Tulangan Balok

Desain tulangan ini menganut sistem sambungan tulangan las. Untuk memperjelas dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.8 Tulangan balok



Gambar 4.9 Detail sambungan tulangan

b. Tulangan Pelat

Tulangan pada pelat ini digunakan sistem lekatan antara beton dengan besi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 4.10** Sambungan tulangan pelat

#### **4.4.4 Proses Pembuatan Sampel Balok**

Pengujian kekuatan lentur balok dilakukan melalui tahap berikut ini:

1. Buat cetakan beton bekisting yang telah ditentukan dimensinya.
2. Pasang besi tulangan dan sengkang kedalam bekisting.
3. Buat adukan beton sesuai perbandingan campurannya, masukkan ke dalam cetakan tersebut, setelah 1 hari beton tersebut dilepas dari cetakannya, beri nomor dan tanggal pembuatannya.
4. Pada usia 7 hari, pasangkan lagi kedua balok tersebut dengan sistem las pada tulangan bawah, kemudian dicor lagi dengan mutu beton yang sama. Setelah satu hari, cetakan dilepas lagi.
5. Beton tersebut disiram setiap hari.

#### **4.4.5 Proses Pembuatan Sampel Pelat**

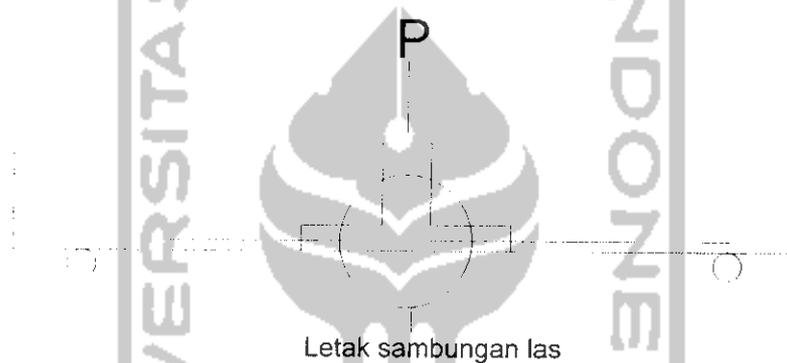
Pengujian kekuatan lentur balok dilakukan melalui tahap berikut ini:

1. Buat cetakan beton bekisting yang telah ditentukan dimensinya.
2. Pasang besi tulangan dan sengkang kedalam bekisting.
3. Buat adukan beton sesuai perbandingan campurannya, masukkan ke dalam cetakan tersebut, setelah 1 hari beton tersebut dilepas dari cetakannya, beri nomor dan tanggal pembuatannya.

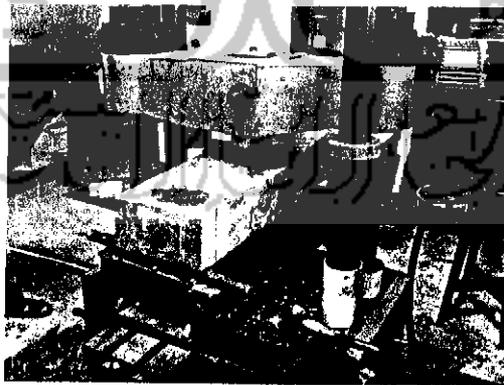
4. Pada usia 7 hari, pasangkan lagi kedua pelat tersebut dengan sistem lekatan, kemudian dicor lagi dengan mutu beton yang sama. Setelah satu hari, cetakan dilepas lagi.
5. Beton tersebut disiram setiap hari.

#### 4.4.6 Pengujian Sampel Balok dan Pelat

Pada usia 28 hari, benda uji dipasang pada mesin desak kemudian diuji lentur. Dalam proses uji ini dibaca besarnya gaya tekan sampai sampel mengalami hancur. *Set up* alat untuk menguji sampel pelat dapat dilihat dibawah ini:

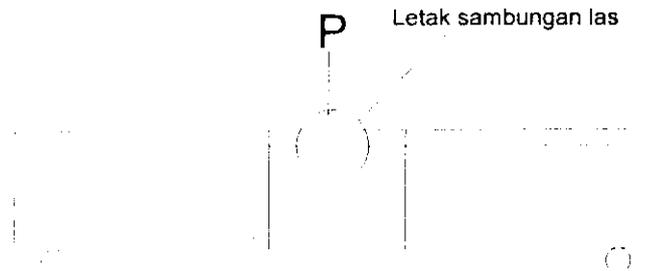


Gambar 4.11 *Set up* pengujian pelat



Gambar 4.12 Pelaksanaan pengujian pelat pada laboratorium

*Set up* alat untuk menguji sampel balok dapat dilihat dibawah ini:



**Gambar 4.13** *Set up* pengujian balok



**Gambar 4.14** Pelaksanaan pengujian balok pada laboratorium

#### **4.5 RAWATAN BENDA UJI**

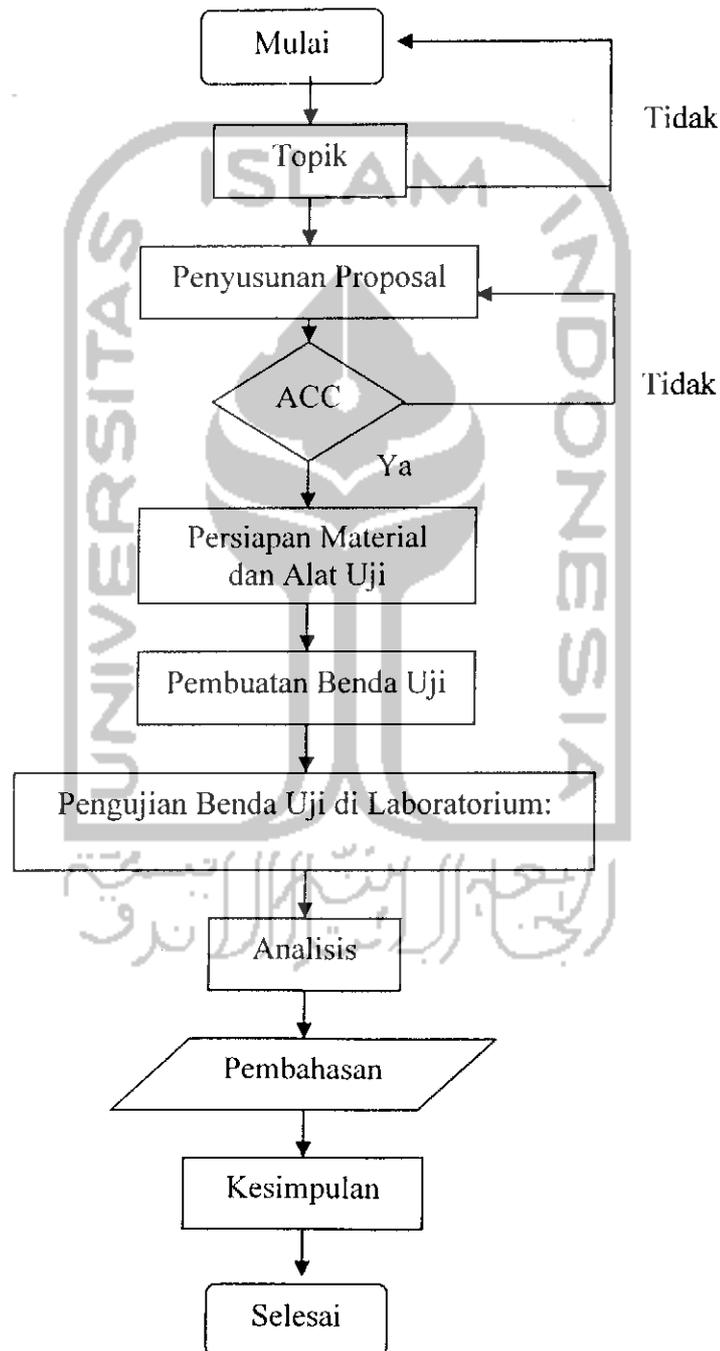
Maksud dilakukannya rawatan benda uji adalah untuk mengurangi dan mencegah terjadinya penguapan yang terlalu cepat, yang dapat mengakibatkan terhentinya proses hidrasi, sehingga menimbulkan konsekuensi berkurangnya peningkatan kekuatan. Penguapan dapat juga menyebabkan penyusutan kering terlalu awal dan cepat, sehingga timbul tegangan tarik yang menyebabkan retak, kecuali bila beton telah mencapai kekuatan yang cukup untuk menahan tegangan ini. Karena hal-hal tersebut diatas, maka beton harus dijaga agar selalu berada pada suhu yang dikehendaki.

#### **4.6 PENGOLAHAN DATA**

Setelah bahan dan alat uji siap, serta sampel telah dibuat, maka sampel siap untuk diuji sesuai prosedur penelitian. Hasil dari pengujian tersebut dibaca seberapa besar gaya yang digunakan untuk mencapai benda uji sampai hancur.

Data yang diperoleh dari hasil penelitian ini akan dibandingkan kekuatan momen lenturnya berdasarkan perhitungan secara matematis dari rumus-rumus beton bertulang dengan hasil uji di laboratorium.

#### 4.7 BAGAN ALIR PENELITIAN



**Gambar 4.10** Flow chart penelitian

#### 4.8 WAKTU PELAKSANAAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2006 sampai dengan bulan Mei 2007. Kegiatan penelitian secara umum ditunjukkan pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1.** Jadwal Kegiatan Penelitian

No.	KEGIATAN	BULAN KE:																
		I		II		III		IV		V		VI						
		3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	
1	Pengumpulan Referensi																	
2	Pembuatan Proposal																	
3	Seminar Proposal																	
4	Persiapan Benda Uji dan Pembuatan Benda Uji																	
5	Pelaksanaan Uji Laboratorium																	
6	Analisis																	
7	Penyusunan Laporan dan Konsultasi/Bimbingan																	
8	Sidang																	
9	Revisi																	
10	Pendadaran																	



## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 HASIL PENGUJIAN TARIK BAJA

Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat Universal Testing Machine (UTM) merk shimatzu type UMH 30 dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dari pengujian tersebut didapatkan data hasil kuat tarik baja pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1.** Hasil pengujian kuat tarik baja

No	Benda Uji	$f_y$ (MPa)
1	Diameter 10 mm	320
2	Diameter 8 mm	250

Hasil perhitungan kuat tarik baja dapat dilihat pada lampiran 2.

#### 5.2 HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK BETON

Pengujian kuat tarik las dilakukan dengan menggunakan Universal Testing Machine (UTM) merk shimatzu type UMH 30 dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Hasil pengujian kuat desak beton ditunjukkan pada Tabel 5.2.

**Tabel 5.2** Hasil pengujian kuat desak beton

	P Maksimum (N)	$f_c$ (MPa)
Beton pada Pelat	261,634	25,13
Beton pada balok	585,540	26,20
Beton pada sambungan	588,900	26,35

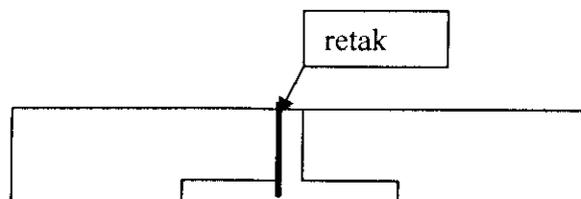
Dari hasil pengujian didapatkan bahwa nilai kuat desak beton pelat, beton balok, dan beton sambungan melebihi dari  $f_c$  rencana yaitu sebesar 20 MPa. Hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran 2.

### 5.3 HASIL UJI KUAT LENTUR DAN KUAT GESER PELAT

Pengujian kuat lentur pelat dilakukan dengan menggunakan Universal Testing Machine (UTM) merk shimatzu type UMH 30 dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Kesimpulan dari hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium adalah bahwa sampel pelat mengalami kegagalan pada lekatan antara beton lama dengan beton baru (beton *grouting*). Kesimpulan ini ditinjau dari analisis visual dan analisis matematisnya.

1. Berdasarkan analisis visual, sampel mengalami kehancuran dengan ditandai adanya retakan-retakan. Dari tiga sampel yang diuji di laboratorium, semua sampel mengalami retak pada perbatasan antara beton pelat dengan beton sambungan pada tengah bentang (Gambar 5.1). Kuat lekat beton lama dengan beton baru sudah mengalami kehancuran terlebih dahulu sebelum besi putus. Hal ini bisa diketahui pada saat sampel menerima beban maksimum, sampel tidak terbelah menjadi dua melainkan masih jadi satu. Hal ini terjadi karena ada sesuatu yang masih mengikat yaitu besi tulangan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.1 dibawah ini:



**Gambar 5.1** Kasus pada ketiga sampel

2. Berdasar analisis matematika, beban luar yang diterima oleh sampel pelat lebih kecil dari beban rencana. Perhitungan beban rencana dapat dilihat

pada lampiran 2. Hasil total dari perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.3 dibawah ini:

**Tabel 5.3** Perhitungan kekuatan pelat

No. Sampel	Teori		Pengujian	
	Kapasitas momen ( kNm )	Gaya Geser (kN)	Momen Lentur ( kNm )	Gaya Geser (kN)
1	2,744	43,017	0,365	1,023
2	2,242	35,848	0,357	0,9991
3	2,7445	43,017	0,350	0,987

Dari tabel diatas, dapat dikerahui bahwa kuat geser sampel yang bekerja 2,1% lebih besar dari kuat geser teoritis, sedangkan kuat lenturnya 13,3% lebih besar dari kuat lentur rencana. Jadi, persentase gaya geser lebih kecil daripada gaya lentur. Kegagalan geser ini bisa dikatakan kegagalan lekatan antara beton lama dengan beton baru karena sampel beton tersebut seharusnya berjenis beton homogen, melainkan berjenis beton heterogen.

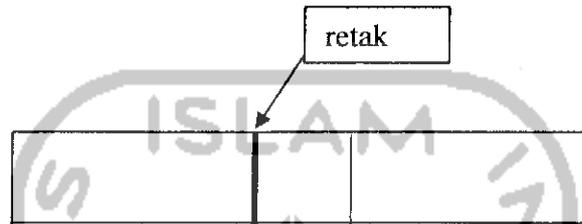
#### 5.4 HASIL UJI KUAT LENTUR DAN KUAT GESER BALOK

Pengujian kuat lentur balok dilakukan dengan menggunakan Universal Testing Machine (UTM) merk shimatzu type UMH 30 dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Kesimpulan dari hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium adalah bahwa sampel balok mengalami kegagalan pada lekatan antara beton lama dengan beton baru (beton *grouting*) Kesimpulan ini ditinjau dari analisis visual dan analisis matematisnya.

1. Berdasarkan analisis visual, sampel mengalami kehancuran dengan ditandai adanya retakan-retakan. Dari tiga sampel yang diuji di laboratorium, semua sampel mengalami retak pada perbatasan antara beton balok dengan beton sambungan pada tengah bentang (Gambar 5.1). Kuat lekat beton lama dengan beton baru sudah mengalami kehancuran terlebih

dahulu sebelum besi putus. Hal ini bisa diketahui pada saat sampel menerima beban maksimum, sampel tidak terbelah menjadi dua melainkan masih menjadi satu. Hal ini terjadi karena ada sesuatu yang masih mengikat yaitu besi tulangan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.2 dibawah ini:



**Gambar 5.2** Kasus pada ketiga sampel

2. Berdasarkan analisis matematisnya, beban luar yang diterima oleh sampel pelat lebih kecil dari beban rencana. Perhitungan beban rencana dapat dilihat pada lampiran 2. Hasil total dari perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.4 dibawah ini:

**Tabel 5.4** Perhitungan kekuatan

No. Sampel	Teori		Pengujian	
	Kapasitas momen ( kNm )	Gaya Geser (kN)	Momen Lentur ( kNm )	Gaya Geser (kN)
1	8,175	89,961	1,111	3,609
2	8,638	86,035	1,151	3,751
3	8,607	79,889	1,050	3,408

Dari perhitungan tabel diatas, kuat geser sampel yang bekerja 4% lebih besar dari kuat geser teoritis, sedangkan kuat lenturnya 12,5% lebih besar dari kuat lentur rencana jadi persentase gaya geser lebih kecil dari pada gaya lentur. Kegagalan geser ini dapat dikatakan sebagai kegagalan lekatan antara beton lama dengan beton baru karena sampel beton tersebut seharusnya berjenis beton heterogen, melainkan berjenis beton homogen.

## 5.5 PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian, dapat diketahui bahwa cara sambungan pada *joint* belum memenuhi syarat karena beban yang diterima oleh sampel kurang dari beban rencana.

Dilihat secara visual, keenam sampel (tiga sampel beton pelat dan tiga sampel beton balok) sudah mengalami kehancuran terlebih dahulu sebelum besi leleh. Hal ini bisa diketahui pada saat sampel menerima beban maksimum, sampel tidak terbelah menjadi dua tetapi masih menjadi satu. Hal ini terjadi karena ada sesuatu yang masih mengikat yaitu besi tulangan. Dilihat secara matematis, persentase kuat geser yang bekerja lebih kecil dari pada persentase kuat lentur. Dilihat dari jenis betonnya (beton homogen dengan beton heterogen) dapat dikatakan bahwa kegagalan yang terjadi adalah gagal lekatan bukannya kegagalan geser.

Kapasitas geser desain pada sampel berupa:

1. Kapasitas geser pelat berupa  $V_c$  (geser beton)
2. Kapasitas geser balok berupa  $V_c$  (geser beton) ditambah  $V_s$  (geser sengkang)

Kapasitas geser pada pelat hanya berupa  $V_c$  (geser beton) karena dalam desain sampel tersebut tidak ada tulangan menahan geser (tulangan sengkang) dan di asumsikan kapasitas geser beton masih mencukupi untuk menahan gaya geser luar. Rumus yang dipakai dalam geser adalah:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c} b_w d \dots\dots\dots(5.1)$$

Kapasitas geser pada balok tidak hanya gaya geser beton saja tetapi didukung dengan kapasitas geser sengkang. Rumus gaya geser yang dipakai dalam desain balok adalah:

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \dots\dots\dots(5.2)$$

Hasil penelitian sampel benda uji balok yang diuji di laboratorium mengabaikan gaya geser sengkang karena kegagalan pada sampel terletak pada lekatan antara beton lama dengan beton baru.

Asumsi dukungan pada sambungan beton sampel berupa dukungan jepit karena sambungan penulangan mempunyai kekuatan yang sama dengan bahan penulangan yaitu besi.

Kasus-kasus yang dapat diambil dari penjelasan di atas, dapat disimpulkan dibawah ini:

1. Bagaimana cara meningkatkan kuat lekatan antara beton lama (pelat atau balok) dengan beton baru (beton *grouting*)?
2. Bagaimana cara untuk membuat beton heterogen menjadi beton homogen?

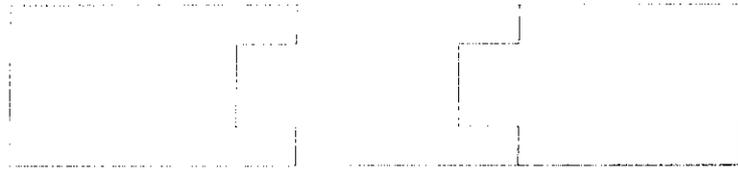
Kasus pertama dapat dipecahkan dengan cara memperbesar *friksi* atau gesekan antara beton lama dengan beton baru. *Friksi* dapat diperbesar dengan cara:

1. Membuat sampel yang tidak merata pada daerah lekatan antara beton lama dengan beton baru (*grouting*). Permukaan ujung sampel yang rata mempunyai *friksi* kecil dapat dikatakan koefisien *friksi* adalah 0 (nol). Hal ini berarti suatu benda yang menempel pada permukaan tersebut mudah mengalami *slip* (sukar menempel) tetapi bila permukaan tidak merata akan memperbesar koefisien *friksi*. Suatu benda yang menempel pada suatu permukaan yang mempunyai koefisien *friksi* besar akan semakin erat lekatannya dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat Gambar 5.3 dibawah ini.



**Gambar 5.3** Sambungan dengan permukaan yang kasar

2. Membuat sampel yang ada *interlocking*nya. *Interlocking* adalah suatu cara yang sedemikian rupa sehingga sampel akan mengalami suatu kunci dari bentuk sampel itu sendiri. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Gambar 5.4 dibawah ini.



**Gambar 5.4** Sambungan dengan *interlocking*

Kasus kedua dapat dipecahkan dengan memberikan zat additif yang bisa juga seperti lem beton. Bahan ini perlu analisis atau penelitian lebih lanjut bila akan dipakai untuk bahan *grouting*.

Pembahasan inilah yang dapat disimpulkan dari penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini.



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai uji sambungan pada *joint precast* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian dari sampel balok dan sampel pelat belum memenuhi syarat untuk dipakai di lapangan karena beban yang diterima lebih kecil dari beban rencana.
2. Lemahnya lekatan antara beton lama dengan beton baru mengakibatkan kegagalan pada pengujian di laboratorium.

#### 6.2 SARAN

Supaya penelitian mengenai uji sambungan pada *joint precast* lebih akurat maka diharapkan lebih banyak menambahkan variasi-variasi pada penelitian selanjutnya. Adapun saran-saran yang dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Proses pelaksanaan dalam pembuatan sampel perlu diperhatikan karena sampel yang kurang sesuai dengan rencana akan mengurangi presisi perhitungan dan akan membuat toleransi semakin membesar.
2. Penelitian mengenai perlunya peningkatan mutu beton yang akan dipakai untuk bahan *grouting*.
3. Mencari bahan alternatif yang lain untuk sambungan pada *joint*.
4. Pemodelan sampel perlu diperbanyak agar data yang dihasilkan lebih akurat.
5. Penelitian mengenai kuat lekat beton yang terjadi pada daerah sambungan terutama pada batas antara beton lama dengan beton *grouting*.
6. Penelitian mengenai bahan yang cocok untuk membuat beton lama dan beton baru (*grouting*) menjadi homogen.



# LAMPIRAN 1

Kartu Peserta Tugas Akhir



**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
.	Johan Budianto	03 511 050	Teknik Sipil
<b>JUDUL TUGAS AKHIR</b>			
Desain Bangunan Precast			

<b>PERIODE KE</b>	: II ( Des.06- Mei.07 )
<b>TAHUN</b>	: 2006 - 2007
Sampai Akhir Mei 2007	

o.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		Des.	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei.
1	Pendaftaran						
2	Penentuan Dosen Pembimbing						
3	Pembuatan Proposal						
4	Seminar Proposal						
5	Konsultasi Penyusunan TA.						
6	Sidang - Sidang						
7	Pendadaran						

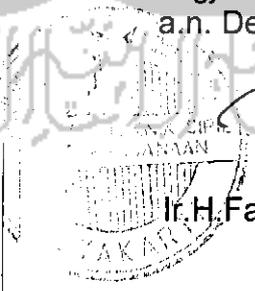
Dosen Pembimbing I : A Kadir Aboe,Ir,H,MS

Dosen Pembimbing II : A Kadir Aboe,Ir,H,MS



Jogjakarta ,27-Dec-06  
 a.n. Dekan

Ir. H. Faisol AM, MS



<b>catatan</b>	:	
seminar	:	
sidang	:	
pendadaran	:	



# LAMPIRAN 2

Laporan Sementara Uji Desak Beton



## PERHITUNGAN DAN ALAT MIX DESIGN

### I. Benda Uji

#### a. Semen Portland

- a.1 Merk : Gresik
- a.2 Berat : 7,2 Kg
- a.3 Berat jenis : 3,15 3 t/m<sup>3</sup>

#### b. Pasir

- b.1 Asal : Kaliurang
- b.2 Berat : 11,2 Kg
- b.3 Berat jenis : 2,7 t/m<sup>3</sup>

#### c. Kerikil

- c.1 asal : Kulonprogo
- c.2 Berat : 17,4 Kg
- c.3 Berat jenis : 2,6 t/m<sup>3</sup>

#### d. Air

- d.1 Asal : PAM Lab. Bahan Konstruksi Teknik UII
- d.2 Berat : 3,9 Kg
- d.3 Berat jenis : 1 t/m<sup>3</sup>

### II. Alat yang digunakan

#### I. Untuk menentukan nilai "slump" adukan beton

##### a. Corong kerucut ABRAMS

- a.1 Diameter atas : 10 cm
- a.2 Diameter bawah : 20 cm
- a.3 Tinggi : 30 cm

##### b. Tongkat penumbuk

- b.1 Diameter : 16 mm
- b.2 panjang : 60 cm

##### c. Mistar

##### d. Cetakan kubus

- d.1 Panjang : 15 cm
- d.2 Lebar : 15 cm
- d.3 Tinggi : 15 cm
- e. Untuk membuat pasta semen
  - e.1 Cetok
  - e.2 Tempat Pasta semen
- f. Timbangan
- g. Tempat aduakan Beton
- h. Sekop
- i. Ember, pipet, gelas ukur, molen.

### III. PERHITUNGAN

- a. Jenis semen : Biasa
- b. Ukuran Maksimum butir kerikil : 40 mm
- c. Agregat halus ( Pasir ) golongan : 2
- d. Mutu pengerjaan : Jelek
- e. Agregat kasar (kerikil) : Batu pecah
- f. Digunakan untuk : Plat Lantai
- g. Kuat tekan ( $f'c$ ) : 20 Mpa

Penyelesaian:

- a. dari tabel deviasi standar : 7 Mpa

$$f'_{cr} = f'c + 1,64 s$$

$$= 20 + 1,64 \times 7$$

$$= 31,48 \text{ Mpa}$$

- b. Cara I dari grafik dapat didapat nilai factor air semen ( FAS ) : 0,5

Cara II dari tabel dan grafik didapat nilai FAS 0,55

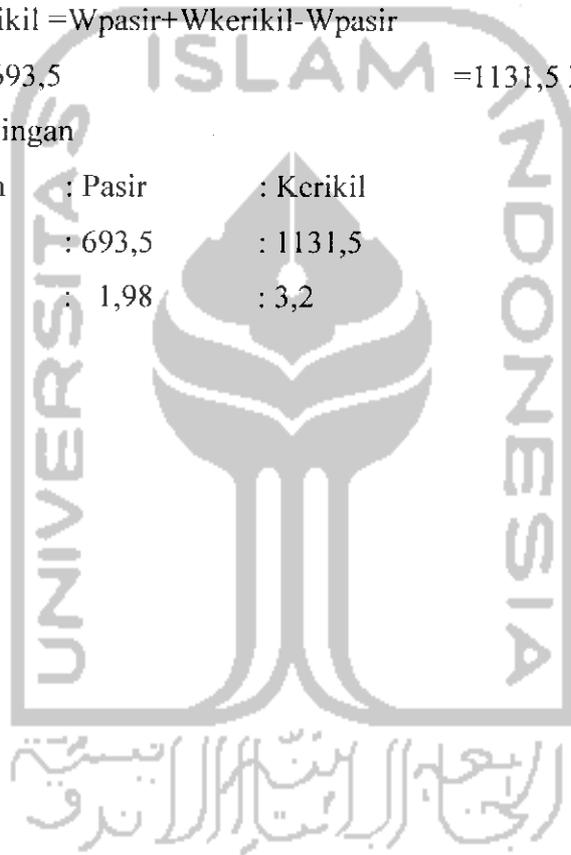
Cara III dari tabel FAS maximum 0,6.

jadi yang dipakai FAS : 0,5

- c. Dari tabel didapat nilai slump : 100 mm
- d. Dari tabel didapat nilai kebutuhan air : 175 Liter
- e. Kebutuhan semen 205/0,5 : 350 Kg



- f. Dari grafik prosentase pasir didapat : 38%
- g. berat jenis campuran pasir dan krikil diambil : 2,6
- a. Dari grafik berat beton : 2350 kg
- b. berat pasir+krikil =  $W_{\text{beton}} - W_{\text{air}} - W_{\text{semen}}$   
 $= 2350 - 175 - 350 = 1825 \text{ kg}$
- h. berat pasir =  $38\% * 1825 = 693,5 \text{ kg}$
- i. berat krikil =  $W_{\text{pasir+krikil}} - W_{\text{pasir}}$   
 $= 1825 - 693,5 = 1131,5 \text{ kg}$
- j. Perbandingan
- |       |         |          |
|-------|---------|----------|
| Semen | : Pasir | : Krikil |
| 350   | : 693,5 | : 1131,5 |
| 1     | : 1,98  | : 3,2    |





## LAPORAN SEMENTARA HASIL UJI KUAT DESAK BETON UMUR 28 HARI

### I. BENDA UJI

1. Rasio = 1 : 1,92 : 3,2
2. Jumlah Sampel = 3 buah

### II. ALAT – ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper

### III. PENGUJIAN

Sampel	H (cm)	L (cm)	B (cm)	A	P max (KN)	P/A (Mpa)
1	15,11	15,12	15,11	228.46	261,63	25,13
2	15,10	15,11	14.98	226,34	585.40	26,20
3	14.98	15,12	19.95	301.64	588,90	26,35



# LAMPIRAN 3

Laporan Sementara Tarik Baja



## LAPORAN SEMENTARA HASIL UJI KUAT TARIK BAJA

### I. BENDA UJI

1. Jumlah Sampel = 1 buah

### II. ALAT – ALAT

1. Alat Uji tarik
2. Kaliper

### III. PENGUJIAN

1. Diameter = 10,3 mm
2. Lo = 56,5 mm
3. Li = 77 mm
4. Leleh = 3710 Kgf
5. Maximum = 5555 Kgf
6. Putus = 4860 Kgf

### IV. PERHITUNGAN

$$f_y = \frac{\text{leleh}}{A}$$

$$f_y = \frac{3710}{\frac{1}{4} \pi \times 10,3^2} = 32,68 \text{ Kgf/mm}^2 = 320 \text{ Mpa}$$



# LAMPIRAN 4

Perhitungan Sambungan Las

الجامعة الإسلامية  
الابن سينا الاندونيسية

## SAMBUNGAN LAS

- Diameter besi = 10 mm
- Tegangan leleh besi ( $F_y$ ) = 320 Mpa
- Tegangan besi = tegangan leleh las ( $F_u$ ) = 60 Ksi = 490 Mpa

$$\frac{1}{4} \pi d^2 \times 0,6 F_y = 0,707 \cdot k \times l \times 0,3 F_u$$

$$l = \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 \times 0,6 f_y}{0,707 \times k \times 0,3 f_u}$$

$$l = \frac{\frac{1}{4} \pi 10^2 \times 0,6 \times 320}{0,707 \times 2,5 \times 0,3 \times 490} = 58,038 \text{ mm} = 5,8 \text{ cm}$$

karena pengelasan dibagi jadi 4 area jadi panjang lasnya =  $5,8/4 = 1,45$  cm  
dipakai panjang las 3 cm



# LAMPIRAN 5

Perhitungan Bahan

## KEKUATAN BAHAN

### A. PERHITUNGAN LENTUR

- Jumlah besi = 2 buah
- Diameter tulangan = 10 mm
- Lebar balok = 155 mm
- Tinggi balok = 240 mm
- $f_c = 26.2 \text{ Mpa}$
- $f_y = 320 \text{ Mpa}$

$$E_y = \frac{f_y}{200000}$$

$$E_y = \frac{320}{200000} = 0.0016$$

- Luas tulangan

$$A_s = n \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$A_s = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 157 \text{ mm}$$

- Tegangan besi

$$T = A_s \times f_y$$

- Tegangan beton

$$C = 0.85 \times f_c \times b \times a$$

- Tegangan besi = Tegangan beton

$$T = C$$

$$A_s \times f_y = 0.85 \times f_c \times b \times a$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b}$$

$$a = \frac{157 \times 320}{0.85 \times 26.2 \times 155}$$

$$a = 14.55 \text{ mm}$$

- Cek tulangan leleh atau belum

- $x = \frac{a}{0.85}$

$$x = \frac{14.55}{0.85} = 17.12 \text{ mm}$$

- $d = h - 60$

$$d = 240 - 70 = 170 \text{ mm}$$

- $E_s = \frac{d - x}{\epsilon_x} \times E_c$

$$E_s = \frac{170 - 17.12}{17.12} \times 0.003 = 0.0268 > E_y \text{ berarti sudah leleh}$$

- Tegangan Besi

$$T = A_s \times f_y$$

$$T = 157 \times 320 = 50240 \text{ N}$$

- $z = d - \frac{a}{2}$

$$z = 170 - \frac{14.55}{2} = 162.725 \text{ mm}$$

- $M_n = T \times z$

$$M_n = \frac{50240 \times 162.725}{10^6} = 8.175 \text{ KNm}$$

## B. PERHITUNGAN GESER

- $V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$

- $V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{26.2} \times 155 \times 170 \times \frac{1}{10^3} = 89.96 \text{ KN}$

Untuk perhitungan sampel lain dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

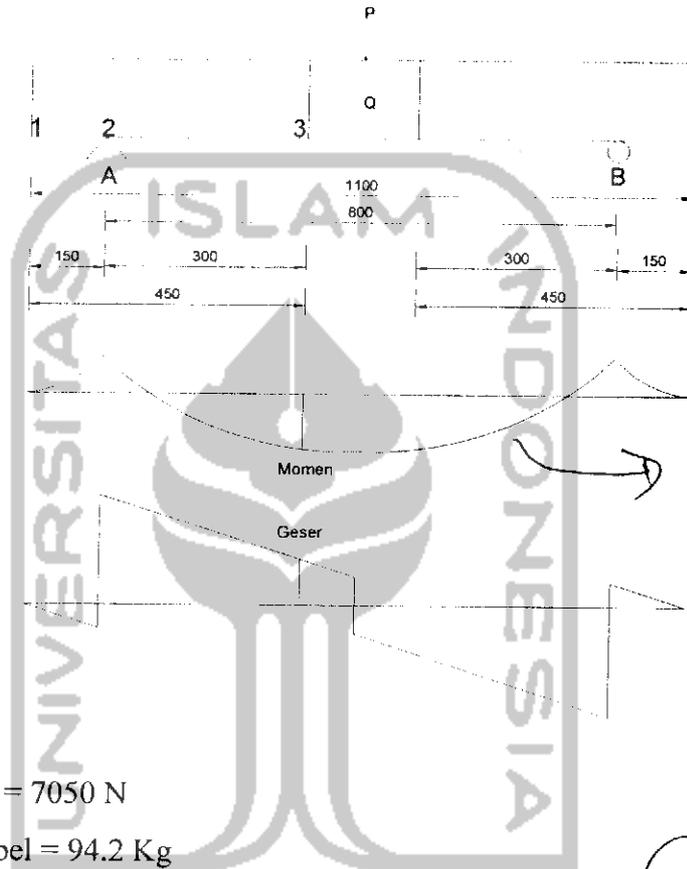
<b>KAPASITAS LENTUR</b>			
	<b>Balok 1</b>	<b>Balok 2</b>	<b>Balok 3</b>
jumlah besi	2	2	2
diameter (mm)	10	10	10
lebar balok (mm)	155	140	130
tinggi balok (mm)	240	250	250
f'c (Mpa)	26.2	26.2	26.2
fy (Mpa)	320	320	320
Ey	0.0016	0.0016	0.0016
As (mm <sup>2</sup> )	157	157	157
	T = C	T = C	T = C
a (mm)	14.55451425	16.11392649	17.35345929
cek tulangan leleh			
x (mm)	17.12295794	18.95756057	20.41583446
d (mm)	170	180	180
Es	0.026784574	0.025484678	0.023450058
jadi besi	SUDAH LELEH	SUDAH LELEH	SUDAH LELEH
T (N)	50240	50240	50240
Mn (KNm)	8.175190602	8.638418167	8.607281103
<b>GAYA GESER</b>			
Vc (KN)	89.96158513	86.03536794	79.88998452

<b>KAPASITAS LENTUR</b>			
	<b>Pelat 1</b>	<b>Pelat 2</b>	<b>Pelat 3</b>
jumlah besi	4	4	4
diameter (mm)	8	8	8
lebar plat (mm)	210	210	210
tinggi plat (mm)	130	120	130
f'c (Mpa)	26.2	26.2	26.2
fy (Mpa)	250	250	250
Ey	0.00125	0.00125	0.00125
As (mm <sup>2</sup> )	200.96	200.96	200.96
	T = C	T = C	T = C
a (mm)	10.74261766	10.74261766	10.74261766
cek tulangan leleh			
x (mm)	12.63837372	12.63837372	12.63837372
d (mm)	60	50	60
Es	0.011242339	0.008868616	0.011242339
jadi besi	SUDAH LELEH	SUDAH LELEH	SUDAH LELEH
T (N)	50240	50240	50240
Mn (KNm)	2.744545444	2.242145444	2.744545444
<b>GAYA GESER</b>			
Vc (KN)	43.01768397	35.84806998	43.01768397

## KEKUATAN LAPANGAN

### A. PERHITUNGAN LENTUR

#### BALOK



→ Ganti luas  
Bukan leng

Steel  
bukan ~~999~~  
999

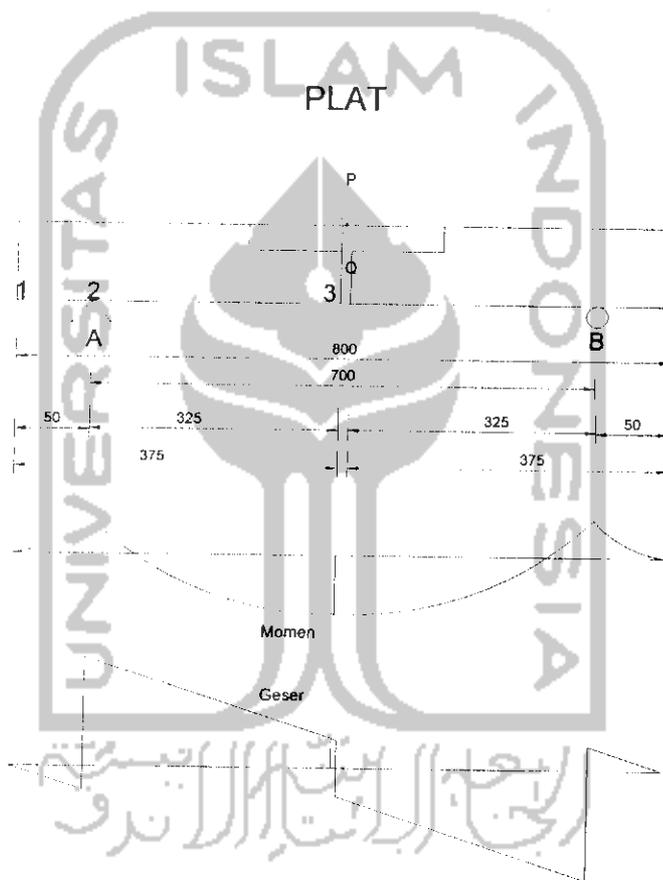
- Gaya ( P ) = 7050 N
- Berat sampel = 94.2 Kg
- Bentang = 1.1 m
- Jarak antar sendi = 0.8 m
- Beban merata =  $\frac{94.2 \times 9.81}{1.1} = 840.093 \text{ N/m}$
- $R_{av} = \frac{P}{2} + \frac{Q \times L}{2}$
- $R_{av} = \frac{7050}{2} + \frac{840.093 \times 1.1}{2} = 3987.051 \text{ N}$
- Momen di titik 3 =  $(R_{av} \times 0.3) - \left( \frac{1}{2} \times Q \times 0.45^2 \right)$

$$= [(3987.051 \times 0.3) - \left( \frac{1}{2} \times 840.09 \times 0.45^2 \right)] \times \frac{1}{10^3} = 1.111 \text{ KNm}$$

- Geser di titik 3 =  $-Q \times 0.015 + R_{av} - Q \times 0.3$

$$= -Q \times 0.015 + R_{av} - Q \times 0.3 \times \frac{1}{10^3} = 3.6 \text{ KN}$$

Untuk perhitungan pelat sama caranya dengan balok untuk ilustrasi gambar dapat dilihat dibawah ini:



<b>MOMEN LENTUR</b>			
	<b>Balok 1</b>	<b>Balok 2</b>	<b>Balok 3</b>
P (N)	7050	7350	6650
Berat Sampel (Kg)	94.2	86.2	93.2
Bentang (m)	1.1	1.1	1.1
jarak antar sendi (m)	0.8	0.8	0.8
Beban merata (N/m)	840.0927273	768.7472727	831.1745455
RA.V (N)	3987.051	4097.811	3782.146
panjang sambungan (m)	0.2	1.2	2.2
jarak hancur dari sendi kiri (m)	0.3	0.3	0.3
Momen (KNm)	1.111055911	1.151507639	1.050487377
<b>GAYA GESER</b>			
Vc (KN)	3.609009273	3.751874727	3.408117455

<b>MOMEN LENTUR</b>			
	<b>Pelat 1</b>	<b>Pelat 2</b>	<b>Pelat 3</b>
P (N)	1825	1780	1775
Berat Sampel (Kg)	51.8	51.1	46.7
Bentang (m)	0.8	0.8	0.8
jarak antar sendi (m)	0.7	0.7	0.7
Beban merata (N/m)	635.1975	626.61375	572.65875
RA.V (N)	1261.858625	1234.637563	1202.462313
panjang sambungan (m)	0.2	1.2	2.2
jarak hancur dari sendi kiri (m)	0.325	0.325	0.325
Momen (KNm)	0.365441729	0.357198429	0.350535183
<b>GAYA GESER</b>			
Vc (KN)	1.023659563	0.999657406	0.987715281

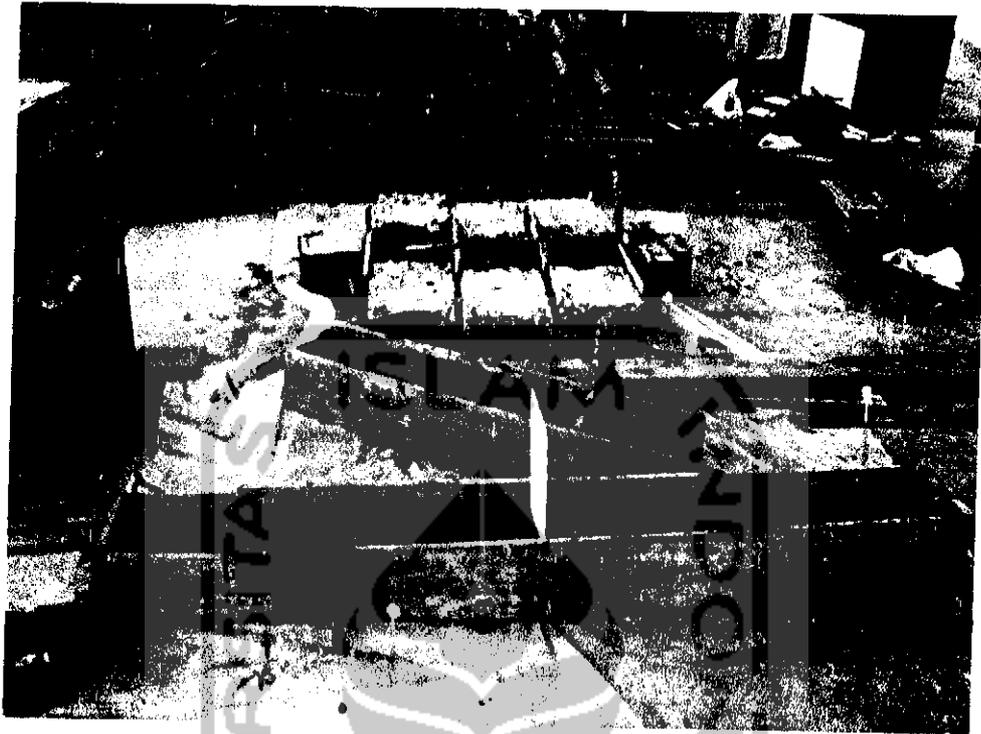
الجامعة الإسلامية  
الربيعية  
الاستاذ الدكتور

The logo of Universitas Islam Indonesia is a watermark in the background. It features a stylized green and white emblem resembling a flame or a flower, set within a rounded rectangular border. The word "ISLAM" is at the top, "UNIVERSITAS" is on the left, and "INDONESIA" is on the right. Below the emblem is Arabic calligraphy.

# LAMPIRAN 6

Dokumentasi Pelaksanaan Pengujian

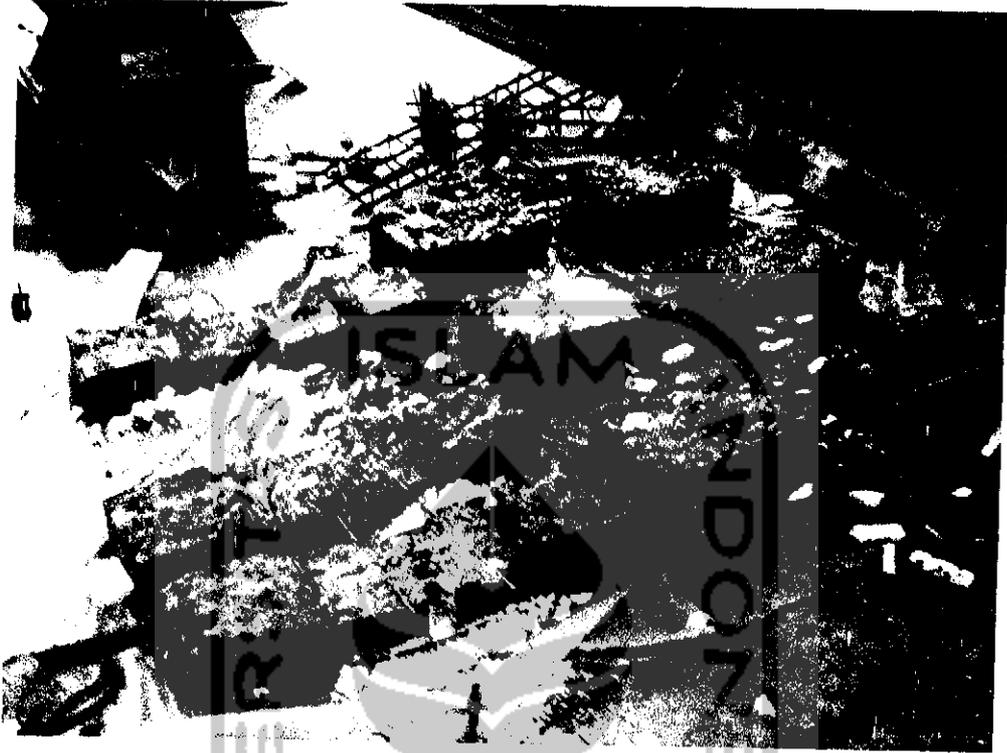
*GROUTING*



PEMBUATAN SAMPEL



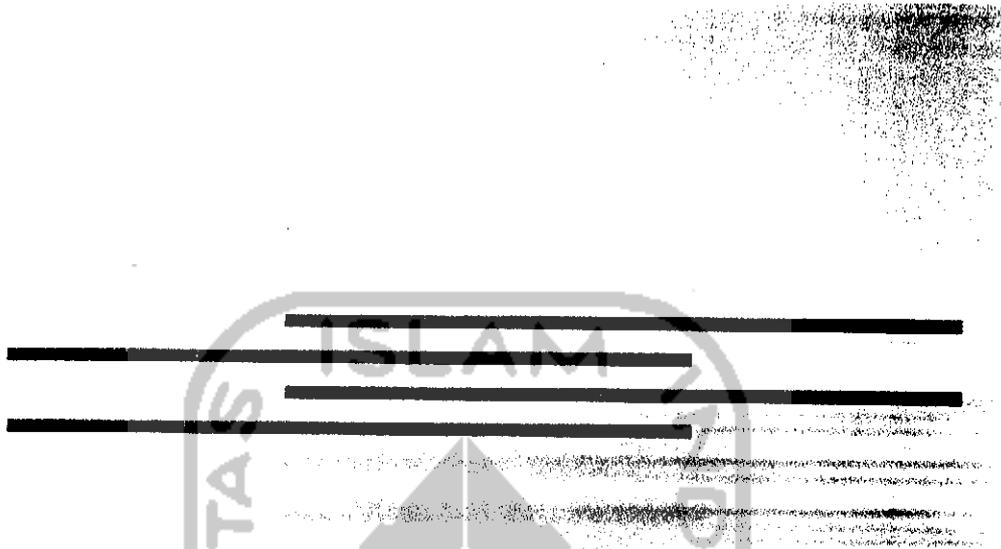
**PELEPASAN BEKESTING TANPA *GROUTING***



**PENGECORON SAAT *GROUTING***



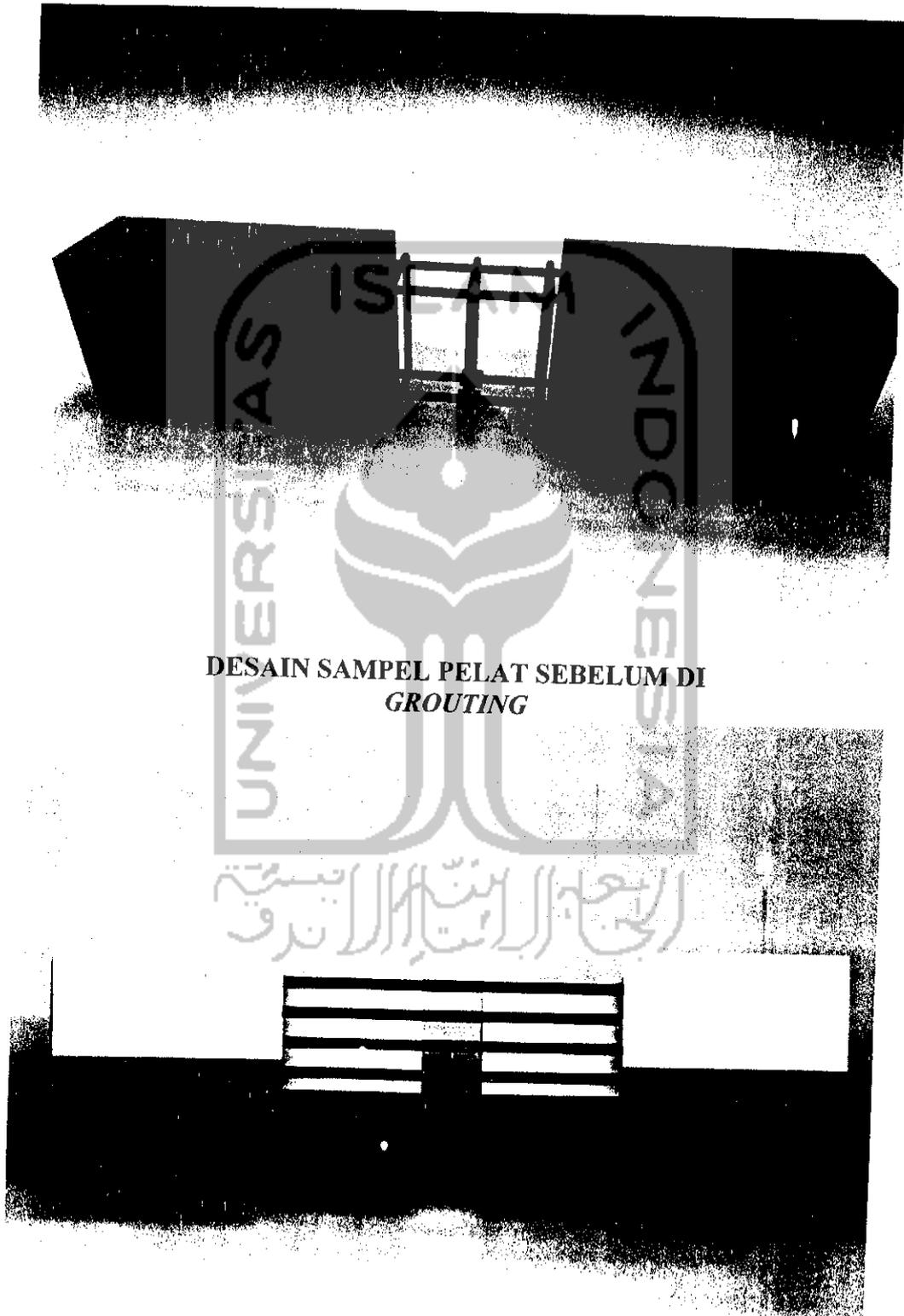
## DESAIN SAMBUNGAN TULANGAN PADA PELAT



## DESAIN SAMBUNGAN TULANGAN PADA BALOK

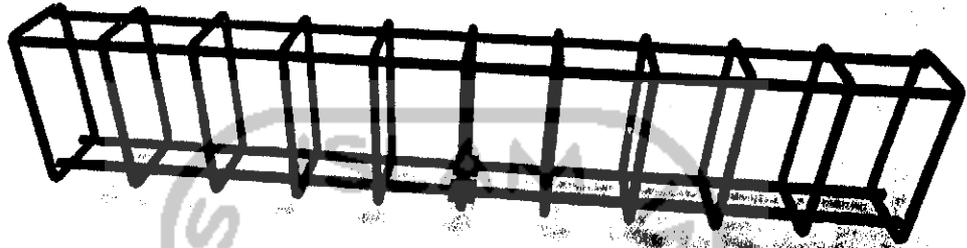


**DESAIN SAMPEL BALOK SEBELUM DI *GROUTING***



**DESAIN SAMPEL PELAT SEBELUM DI *GROUTING***

# DESAIN TULANGAN BALOK



## PENGUJIAN SAMPEL BALOK



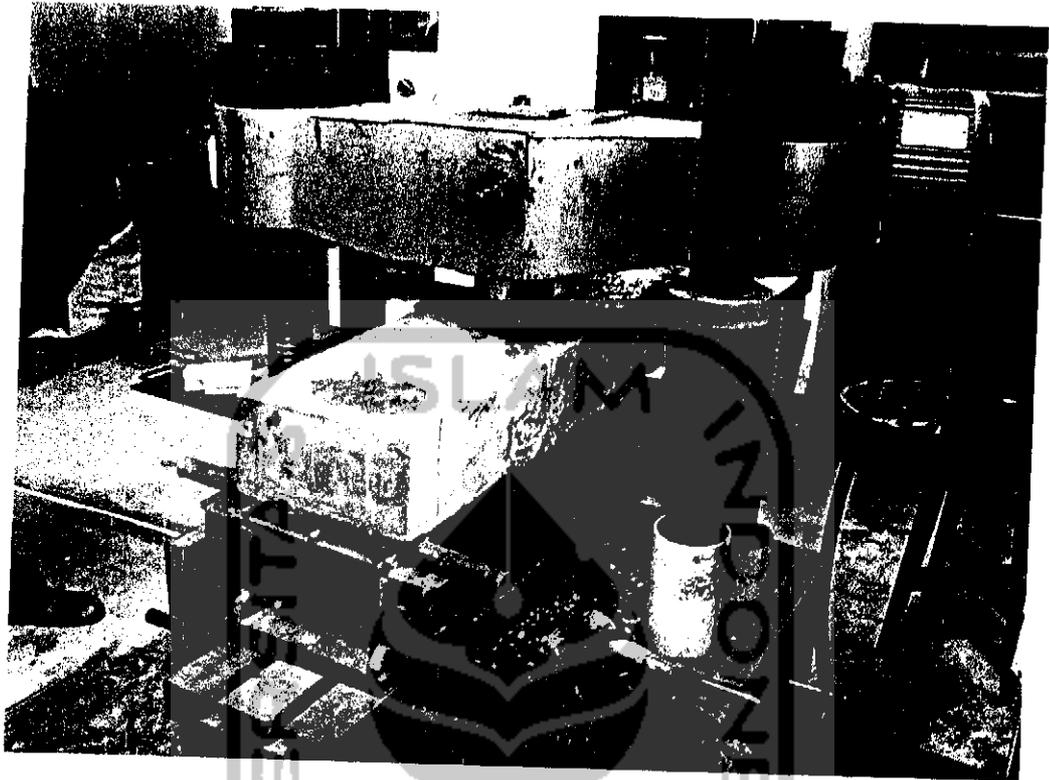
RETAK PADA SAMPEL BALOK



RETAK PADA SAMPEL BALOK



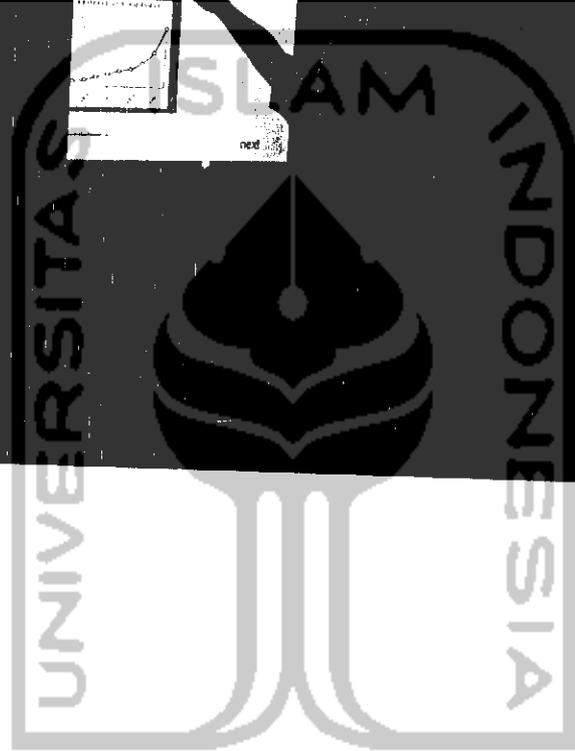
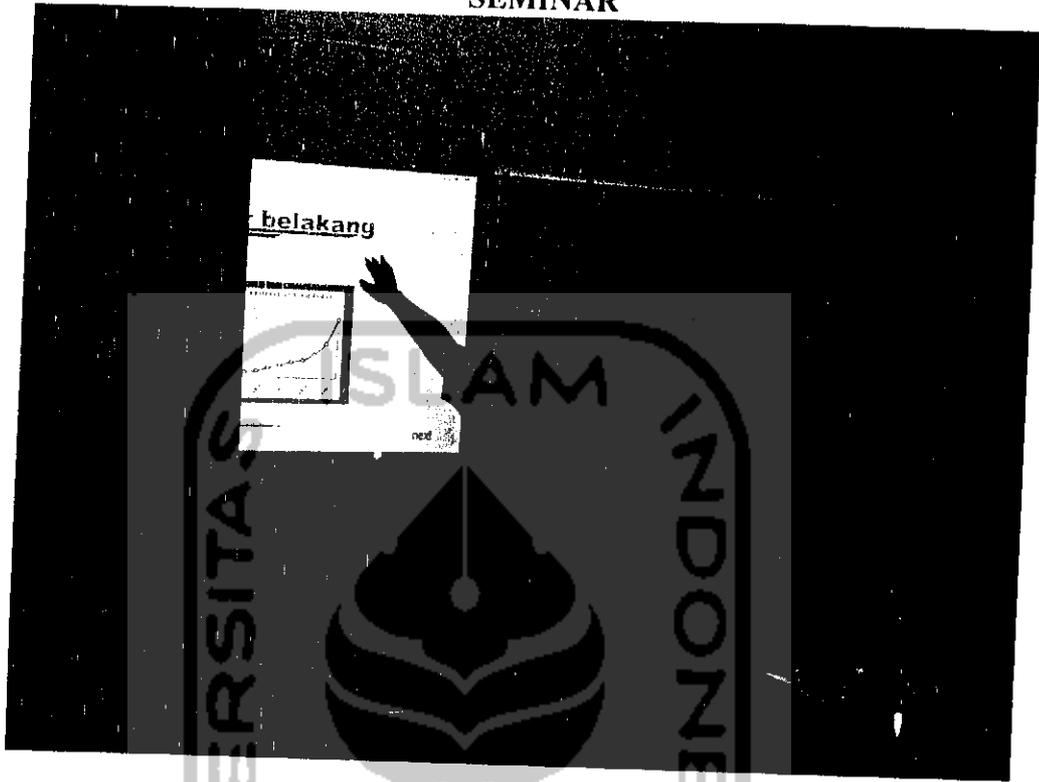
## PENGUJIAN SAMPEL PELAT



## RETAK PADA SAMPEL PELAT



SEMINAR



الجامعة الإسلامية  
الابدية لا ت perish