

TUGAS AKHIR

**PEMAKAIAN BAMBU PETUNG
SEBAGAI BAHAN TULANGAN UNTUK BETON
STRUKTUR RINGAN**



Disusun Oleh :

Nama : Afifuddin
No. Mhs. : 91 310 171
NIRM : 910051013114120166

Nama : Ibnu Khaldun
No. Mhs. : 91 310 235
NIRM : 910051013114120241

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1998 / 1999**

LEMBAR PENGESAHAN
PEMAKAIAN BAMBU PETUNG
SEBAGAI BAHAN TULANGAN UNTUK BETON
STRUKTUR RINGAN

Disusun oleh:

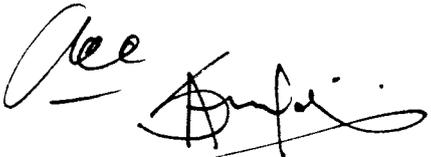
Afifuddin
No. Mhs. 91 310 171

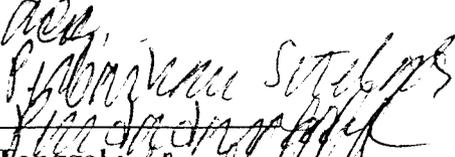
Ibnu kaldun
No. Mhs. 91 310 235

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Ir. HM. Samsudin, MT.
Dosen Pembimbing I

Ir. A. Kadir Aboe, MS.
Dosen Pembimbing II


Tanggal: 6/5-99.


Tanggal: 6/05/99.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahiim

Assalaamu'alaikum Wr. Wb

Semoga keberkahan, Rahmat dan Hidayah Allah SWT pada kita semua.

Shalawat dan salam semoga selalu tercurah pada junjungan Nabi Muhammad SAW beserta keluarganya, sahabatnya dan kaum muslim yang selalu menegakkan Ad-Din di muka bumi ini.

Tugas akhir yang kami buat ini adalah suatu studi laboratorium yang berjudul, "**Pemakaian Bambu Petung Sebagai Bahan Tulangan Untuk Beton Struktur Ringan**". Penelitian ini kami laksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, baik dalam pembuatan benda uji dan pelaksanaan pengujian.

Atas terselesaikannya laporan hasil penelitian ini, dengan segala kerendahan dan kekurangannya tak lupa kami mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE, Phd. Selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Ir. H. Tadjuddin BMA, MS. Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
3. Bapak Ir. H. M. Samsudin, MT. Selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberi saran dan pengarahan dalam Tugas Akhir.

4. Bapak Ir. A. Kadir Aboe, MS. Selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan masukan-masukan dan bimbingannya hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ir. Ilman Noor, MSCE. Selaku kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, yang telah memberi izin pemakaian laboratorium untuk penelitian dalam Tugas Akhir.
6. Segenap Karyawan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
7. Segenap Karyawan Laboratorium Jalan Raya pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
8. Ayahanda, Ibunda serta adinda tercinta yang selalu memberi dorongan, baik moril maupun materiil dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
9. Teman-teman Mahasiswa dan semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu-persatu yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Meskipun kami telah berusaha untuk sebaik mungkin, tetapi kami menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan ilmu yang kami miliki. Oleh karena itu kami selalu dengan tangan terbuka untuk menerima kritik dan saran yang bersifat membangun guna penyempurnaan Tugas Akhir ini.

Akhir kata kami mohon maaf yang sebesar-besarnya atas segala kesalahan dan kekurangannya baik dalam melaksanakan penelitian, bimbingan, maupun dalam penyelesaian laporan hasil penelitian pada Tugas Akhir ini. Semoga Allah SWT selalu membalas amal baik dan keikhlasan bagi mereka yang telah membantu dalam

penyelesaian Tugas Akhir ini dengan pahala sebagai amalan sholihah disisi Allah SWT.

Aaamin

Wassalaamu'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta , April 1999

Penyusun

(Afifuddin / Ibnu Khaldun)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
FAKTOR KONVERSI.....	xiv
INTISARI	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Batasan Penelitian	2
1.4 Metode Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sifat-Sifat Bambu	6
2.1.1 Sifat fisika bambu.....	6
2.1.2 Sifat mekanika bambu	8
2.1.3 Perilaku mekanika bambu	11

	2.1.4	Persyaratan bambu, berdasarkan PUBI - 1982	11
	2.2	Lekatan	12
	2.3	Metode Perancangan Campuran Beton	13
	2.4	Analisa Balok Persegi Terlentur	14
	2.5	Analisa Lentur pada Balok Tampang Persegi	18
	2.6	Metode Perawatan Beton	19
	2.7	Metode Pengujian Kuat Desak Beton	19
	2.8	Metode Pengujian Kuat Lentur Beton	20
BAB III		PELAKSANAAN PENELITIAN.....	22
	3.1	Tinjauan Umum	22
	3.2	Persiapan Bahan dan Alat	22
	3.2.1	Bahan	22
	3.2.2	Alat	23
	3.3	Data Bahan Susun Beton	23
	3.4	Pembuatan Benda Uji	27
	3.5	Pengujian Benda Uji	28
	3.5.1	Pengujian kuat lentur	29
	3.5.2	Pengujian kuat desak beton	29
	3.5.3	Pengujian kuat tarik bambu	29
BAB IV		HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	30
	4.1	Hasil Penelitian	30
	4.2	Pembahasan	65
	4.2.1	Kuat desak beton	66
	4.2.2	Kuat lentur beton dengan tulangan bambu	67

	4.2.3 Perilaku lentur penampang dengan penulangan bambu.....	68
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	69
	5.1 Kesimpulan	69
	5.2 Saran	70
	DAFTAR PUSTAKA	71
	LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Balok dengan beban terpusat	2
Gambar 1.2	Benda uji tulangan bambu	4
Gambar 2.1	Grafik hubungan penyusutan batang kayu dan kadar air	8
Gambar 2.2	Distribusi tegangan dan regangan	14
Gambar 2.3	Distribusi tegangan Rectanguler Whitney	16
Gambar 2.4	Balok tampang persegi.....	18
Gambar 3.1	Hubungan antara faktor K dan bagian hasil pemeriksaan yang diperkirakan dibawah kekuatan desak minimal	24
Gambar 4.1	Grafik hubungan beban dengan lendutan sampel I.....	51
Gambar 4.2	Sket pola retak hasil pengujian kuat lentur sampel IA pada kondisi akhir.....	52
Gambar 4.3	Sket pola retak hasil pengujian kuat lentur sampel IB pada kondisi akhir.....	53
Gambar 4.4	Sket pola retak hasil pengujian kuat lentur sampel IC pada kondisi akhir.....	54
Gambar 4.5	Grafik hubungan beban dengan lendutan sampel II.....	55
Gambar 4.6	Sket pola retak hasil pengujian kuat lentur sampel IIA pada kondisi akhir.....	56
Gambar 4.7	Sket pola retak hasil pengujian kuat lentur sampel IIB pada	

	kondisi akhir.....	57
Gambar 4.8	Sket pola retak hasil pengujian kuat lentur sampel IIC pada kondisi akhir.....	58
Gambar 4.9	Grafik hubungan beban dengan lendutan sampel III.....	59
Gambar 4.10	Sket pola retak hasil pengujian kuat lentur sampel IIIA pada kondisi akhir.....	60
Gambar 4.11	Sket pola retak hasil pengujian kuat lentur sampel IIIB pada kondisi akhir.....	61
Gambar 4.12	Sket pola retak hasil pengujian kuat lentur sampel IIIC pada kondisi akhir	62
Gambar 4.13	Hubungan sampel dengan Mn	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Rerata kadar air bambu petung (N/mm^2)	6
Tabel 2.2	Rerata kekuatan tarik bambu ber ruas pada kondisi segar dan kering (N/mm^2).....	1
Tabel 2.3	Kekuatan bambu petung (N/mm^2)	11
Tabel 3.1	Daftar nama peralatan dan kegunaannya	23
Tabel 3.2	Harga K untuk beberapa keadaan	24
Tabel 4.1	Data hasil pengujian lentur sampel I (batang polos)	30
Tabel 4.2	Data hasil pengujian lentur sampel II (memakai dua tonjolan)	38
Tabel 4.3	Data hasil pengujian lentur sampel III (memakai tiga tonjolan).....	46
Tabel 4.4	Hasil pengujian kuat desak beton umur 28 hari	64

DAFTAR NOTASI

- a = Tinggi distribusi tegangan beton yang tertekan, (mm)
 A_s = Luas tulangan tarik bambu, (mm^2)
 A_{sb} = Luas tulangan tarik yang diperlukan, (mm^2)
 b = Lebar daerah tekan struktur, (mm)
 C_c = Gaya desak beton, (N)
 d = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik, (mm)
 T = Gaya tarik tulangan bambu, (N)
 f_b = Tegangan lentur, (MPa)
 f'_b = Kekuatan tekan beton dari masing-masing benda uji (MPa)
 f_{bambu} = Tegangan putus tulangan bambu, (Mpa)
 f'_c = Kuat tekan beton pada umur 28 hari, (Mpa)
 f'_{cr} = Kekuatan tekan beton rata-rata, (MPa).
 h = Tinggi balok, (mm)
 I = Momen inersia penampang balok terhadap garis netral, (mm^4)
 l = Panjang bentang balok, (mm)
 M = Momen yang bekerja pada balok, (KNm)
 M_n = Kuat momen nominal suatu penampang, (KNm)
 M_u = Momen terfaktor pada penampang (KNm)
 N = Jumlah benda uji.
 S = Deviasi Standart.
 V_c = Kuat geser nominal yang disumbangkan beton (KN)
 V_u = Gaya geser terfaktor pada penampang (KN)
 x = Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral, baik daerah tekan maupun tarik, (mm)
 ϕ = Faktor reduksi kekuatan
 σ'_b = Kuat tekan beton, (Mpa)
 β_1 = faktor reduksi tinggi blok tegangan tekan ekivalen beton

DAFTAR LAMPIRAN

	Lampiran
1. Kartu peserta Tugas Akhir	A
2. Tabel-tabel perancangan adukan beton (metode ACI)	B
3. Hitungan berat jenis agregat	C
4. Aanalisa saringan agregat halus	D
5. Data rata-rata hasil pengujian lentur sampel I II III	E
6. Grafik hubungan beban dan lendutan rata-rata sampel I II III	F

FAKTOR KONVERSI

Besaran	Merubah	Ke	Kalikan dengan
Gaya	lb	N	4,448
	KN	kg	101,971
Tegangan	Psi	Mpa	$6,895 \cdot 10^{-3}$
	Mpa	Psi	145,037
	Psi	kg/cm^2	0,070307
Berat Jenis	Gr/cc	Kg/cm^3	1
Panjang	Inch	cm	2,54
	cm	mm	10
	cm^2	mm^2	100

INTISARI

Bambu yang banyak dijumpai di daerah Indonesia dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan karena selain mudah didapat bambu juga mempunyai struktur batang yang lurus, kekuatan yang cukup untuk bangunan sederhana, harga relatif murah dan keawetan mudah ditingkatkan dengan cara sederhana. Akan tetapi penggunaannya belum dilakukan secara maksimal, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan lekat bambu sebagai tulangan pada beton juga kuat lentur balok beton bertulangan bambu.

Pada penelitian ini digunakan bambu petung sebagai bahan tulangan dengan ukuran panjang 1m, lebar 2 cm, tinggi 1 cm dan dibuat menjadi 3 model bentuk yaitu berupa bambu tulangan polos tanpa tonjolan, bambu tulangan dengan 2 tonjolan dipangkal dan diujung serta bambu tulangan dengan 3 tonjolan dipangkal, tengah dan diujung.

Hasil yang didapat menunjukkan bahwa balok beton bertulangan bambu dengan 3 tonjolan memiliki kuat lentur yang lebih besar dibanding balok beton bertulangan bambu dengan 2 tonjolan dan balok beton tanpa tonjolan. Kuat lentur maksimum dengan bambu tanpa tonjolan 6458,3686 KNmm, bambu tulangan dengan 2 tonjolan 7291,6025 KNmm, dan bambu tulangan dengan 3 tonjolan 7499,9943 KNmm dengan dimensi balok persegi 100 / 200 mm², dan luas tampang bambu tulangan 400 mm². Ini menunjukkan bahwa banyaknya tonjolan yang diberikan pada bambu tulangan mampu memperkuat lekatan antar bambu tulangan dengan beton.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di Indonesia bambu banyak dijumpai dan digunakan sebagai bahan bangunan terutama di daerah pedesaan. Penggunaan bambu menjadi populer karena mempunyai kelebihan yang dimilikinya, yaitu: mempunyai batang yang lurus, mudah didapat, kekuatan yang cukup untuk bangunan sederhana, harganya relatif murah, keawetan mudah ditingkatkan dengan cara sederhana.

Hal yang menarik dan mendapat perhatian adalah pemanfaatan bambu lokal seperti bambu petung sebagai bahan pengganti tulangan pada beton struktur ringan.

Dasar dari penelitian bambu petung sebagai bahan penelitian adalah hasil-hasil yang telah didapatkan dari penelitian terdahulu (Pengajab 1994), adalah sebagai berikut:

1. Bambu petung mempunyai kuat tarik relatif tinggi , dengan nilai kuat tarik rerata yang berkisar $288,375 \text{ N/mm}^2$.
2. Bambu petung mempunyai kekuatan lentur tertinggi dibandingkan dengan tiga jenis bambu lainnya yaitu: bambu ori, bambu wulung, bambu tutul. Adapun rerata kekuatan lentur mencapai $232,985 \text{ N/mm}^2$.

Kegunaan bambu sebagai bahan bangunan secara fisik dan mekanis berhubungan dengan bahan bangunan yang lain. Akan tetapi penggunaannya belum secara maksimal. Karena bambu banyak digunakan untuk bahan bangunan, maka

perlu dilakukan penelitian. Hal tersebut dimaksudkan agar penggunaannya sebagai bahan konstruksi bangunan dapat dilakukan secara optimal (Jansen, 1981).

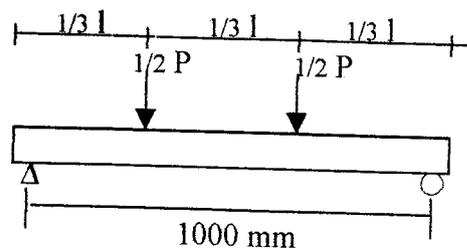
1.2. Tujuan penelitian.

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat lentur balok beton bertulangan bambu

1.3. Batasan penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sampel (benda uji) yang digunakan adalah balok beton tampang persegi, dengan mutu beton $f'c = 17,5$ MPa dengan ukuran panjang (l)=1000 mm, lebar (b)= 100 mm dan tinggi (h)= 200 mm.
2. Agregat yang digunakan adalah agregat halus atau pasir dari kali progo dan agregat kasar atau krikil dari kali boyong.
3. Semen yang dipakai adalah tipe I merk Nusantara, air yang dipakai dari sumber lokal (Lab. BKT – FTSP – UII).
4. Pengujian kekuatan lentur pada benda uji dengan menggunakan beban terpusat dua titik. Seperti pada gambar 1.1
5. Pengujian dilakukan dilaboratorium BKT-UII setelah beton berumur 28 hari.

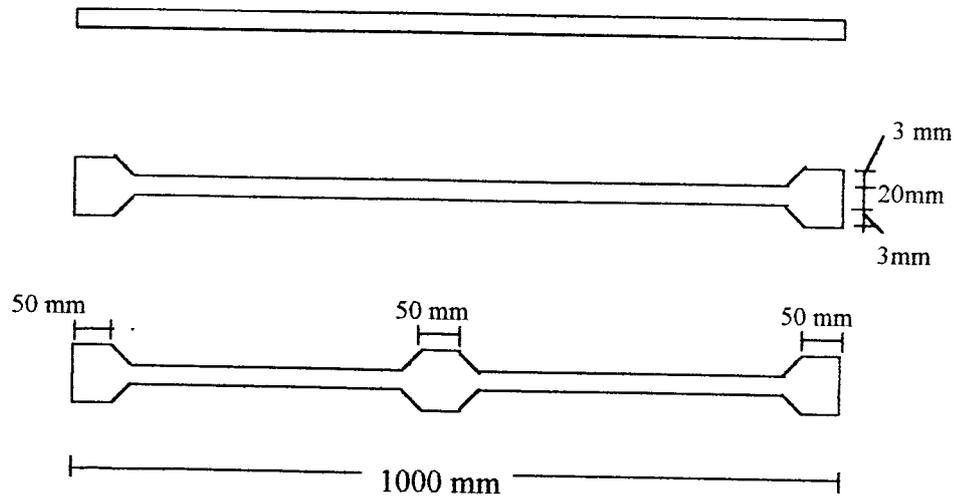


Gambar 1.1 Balok dengan beban terpusat dua titik

1.4. Metode Penelitian

Metode ini berupa serangkaian percobaan dilaboratorium yang meliputi :

1. Penelitian berat volume agregat dan analisa saringan untuk mengetahui berat jenis (BJ) dan Modulus Halus Butir Agregat.
2. Perencanaan campuran beton dengan menggunakan cara ACI (American concrete Institute), untuk mendapatkan campuran yang tepat berdasarkan perbandingan berat.
3. Pembuatan beton dengan menggunakan mesin pengaduk yang tersedia dilaboratorium.
4. Pembuatan benda uji bambu berupa (seperti pada gambar 1.2):
 - Beton dengan tulangan bambu polos, ukuran beton 1000 mm x 200 mm x 100 mm dan ukuran bambu 1000 mm x 20 mm x 10 mm, untuk pengujian kuat lentur balok beton.
 - Beton dengan tulangan bambu yang diberi tonjolan pada pangkal dan ujung, ukuran beton 1000 mm x 200 mm x 100 mm dan ukuran bambu 1000mm x 20mm x 10 mm, untuk pengujian kuat lentur balok beton.
 - Beton dengan tulangan bambu yang diberi tonjolan pada pangkal, tengah dan ujung, ukuran beton 1000 mm x 200 mm x 100 mm dan ukuran bambu 1000 mm x 20 mm x 10 mm, untuk pengujian kuat lentur balok beton.



Gambar 1.2 Benda uji tulangan bambu

5. Perawatan benda uji.
6. Hasil - hasil pengujian lentur pada balok beton dicatat dan kemudian diolah menjadi data gambar dan grafik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Jansen (1988) bambu mempunyai beberapa keuntungan sebagai bahan bangunan yaitu :

1. Bambu tumbuh dengan cepat dan dapat diusahakan penduduk setempat.
2. Bambu memiliki sifat- sifat mekanika yang cukup baik.
3. Penanganannya hanya membutuhkan alat-alat yang sederhana.

Bambu mempunyai beberapa kekurangan yaitu :

1. Bambu membutuhkan perawatan dan pengawetan untuk memperpanjang umur pakainya.
2. Bentuk batang bambu tidak silindris sempurna tapi sedikit meruncing.
3. Bambu mudah terbakar.

Batang bambu menjadi rusak karena disebabkan oleh serangan rayap, jamur serta pengaruh cuaca. Dengan metode pengawetan yang baik umur pakai bambu dapat mencapai 10 sampai 15 tahun pada struktur terbuka dan 15 sampai 25 tahun pada struktur tertutup (Liese 1980)

Menurut Masani dan Damani (1962) penggunaan bambu yang telah diawetkan dengan jalan direndam dengan cairan kimia "White Lead" dan "Vernish" sebagai perkuatan beton, maka usia pakainya mampu mencapai 60 tahun.

Batang bambu pada umumnya berbentuk tabung silinder dengan diameter bervariasi dari 1 sampai 25 cm dan panjang batang antar ruas dapat mencapai 40 cm. Diameter bambu dari ujung bawah sampai ujung atas semakin kecil. Silinder batang

bambu tersebut dipisahkan oleh ruas yang sekat-sekat yang arahnya transversal. Pada ruas terjadi diskontinuitas, karena serat-serat tersebut sebagian terpisah dan mengarah ke dalam yaitu ke arah dinding penyekat.

2.1. Sifat-sifat bambu

2.1.1. Sifat fisika bambu

1. Kandungan air

Bambu seperti halnya kayu yang merupakan zat higroskopis yang artinya memiliki affinitas terhadap air baik dalam bentuk uap maupun cairan.

Menurut Liese (1980) kandungan air didalam bambu bervariasi baik arah melintang maupun arah memanjang yang bergantung pada umur waktu penebangan dan jenis bambu. Kandungan air bagian ruas lebih rendah dibanding pada bagian antar ruas, dan pada dinding bagian dalam lebih tinggi dibanding bagian luar, demikian juga pada bagian pangkal lebih tinggi dibanding pada bagian ujung.

Kandungan air berpengaruh pada kekuatan bambu, dengan naiknya kadar air mengakibatkan kekuatan menurun (Jansen, 1980). Rerata kadar air bambu petung disajikan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Rerata kadar air bambu petung (N/mm²)

Pangkal	Tengah	Ujung	Rerata
15,0%	12,8%	11,7%	13,2%

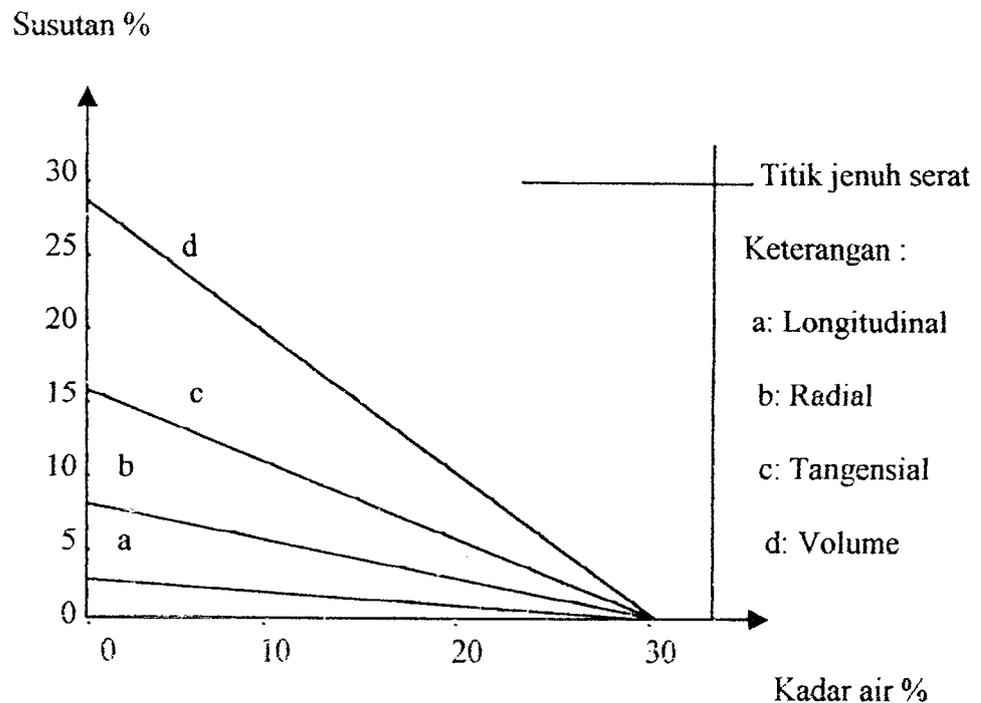
2. Susutan

Liese (1980) berpendapat bahwa bambu dan kayu secara anatomi dan kimiawi hampir sama, dan Soenardi (1988) menyatakan bahwa perilaku fisik dan mekanika bambu hampir sama dengan kayu. Data yang spesifik tentang susutan bambu belum tersedia, maka penelitian tentang bambu mengacu pada perilaku yang dimiliki oleh kayu. Menurut Tjokrodimulyo (1992) kayu yang besar kekuatannya apabila kadar airnya berkurang dan pengurangan kadar air itu masih diatas titik jenuh serat maka, tidak menyebabkan susutan volume kayu akan tetapi bila pengurangan kadar air itu melewati titik jenuh serat maka akan terjadi susutan.

Air didalam kayu sebagian terdapat didalam rongga sel yang disebut sebagai air bebas, sebagian lain terdapat didalam dinding sel. Saat air bebas habis dan air dari dalam dinding sel mulai keluar, keadaan ini disebut titik jenuh serat.

Besar penyusutan kayu akibat pengurangan kadar air sampai dibawah titik jenuh serat tidak sama untuk semua jenis kayu susutan ini juga tidak sama untuk arah yang berbeda, yaitu seperti berikut ini :

1. Pada arah serat (axial) susutan kecil.
2. Pada arah radial susutan agak besar.
3. Pada arah tangensial susutan itu paling besar



Gambar 2.1. Grafik hubungan penyusutan batang kayu dan kadar air

Sumber, Tjokrodimulyo (1992)

3. Berat jenis bambu

Liese (1980) menyatakan bahwa berat jenis bambu berkisar antara 0,5 - 0,9 gr/cm³. Berat jenis bervariasi, yaitu arah vertikal dan horizontal. Batang bambu bagian luar mempunyai berat jenis yang lebih tinggi daripada bagian dalam.

Dalam arah memanjang terjadi peningkatan dari pangkal ke ujung. Berat jenis mempunyai hubungan terbalik dengan kadar air, semakin tinggi berat jenis maka kadar air semakin rendah, yang berarti kekuatannya semakin tinggi.

2.1.2. Sifat mekanika bambu

Bambu sebagai pengganti kayu dalam konstruksi bangunan adalah penting, oleh karena itu sifat-sifat bambu dalam kaitannya sebagai bahan konstruksi bangunan perlu dipelajari agar penggunaannya dapat efisien dan optimal (Epsiloy, 1985).

Sifat-sifat mekanika bambu dipengaruhi oleh kadar air, ukuran benda uji, kecepatan, pembebanan dan kondisi pertumbuhan serta cacat-cacat yang dialaminya (Ghavami, 1986).

1. Kekuatan tarik bambu

Bambu yang digunakan sebagai bahan jembatan sederhana dan penguat beton struktur ringan harus mempunyai sifat penting, yaitu modulus elastisitas dan kekuatan tarik. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas sangat berkaitan dengan struktur anatomi yang didapat dari prosentase serat-serat sclerenchyma dan prosentase cellulose (Jansen 1981).

Menurut Limaye (1952) kekuatan tarik bambu sangat bervariasi, akan tetapi berkisar antara $10.000 - 50.000 \text{ K/in}^2$ ($= 68,948 - 344,738 \text{ N/mm}^2$).

Menurut Liese (1980), faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan bambu adalah sebagai berikut :

- Kandungan air,

Dengan meningkatnya kandungan air maka kekuatan tarik akan semakin kecil.

- Bagian arah melintang batang

Kuat tarik maksimum bagian luar batang paling besar diantara bagian-bagian yang lain. Kekuatan tarik maksimum bagian luar batang lebih besar dari tebal keseluruhan dinding batang. Kekuatan tarik maksimum yang besar diiringi oleh prosentase serabut sclerenchyma yang besar pula.

- Ada tidaknya ruas.

Sel-sel pada bagian antar ruas berorientasi ke arah sumbu aksial, sedang dalam ruas sel-selnya mengarah pada sumbu transversal. Oleh karena itu batang yang

beruas mempunyai kekuatan tarik maksimum yang lebih rendah dari pada batang antar ruas.

2. Sifat khusus bambu

Sifat khusus bambu adalah adanya ruas, yang dapat ditinjau dari beberapa segi yaitu :

- ◆ Kuat tarik batang ber-ruas.

Hasil rerata kekuatan tarik bambu ber-ruas pada kondisi segar dan kering tungku disajikan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Rerata kekuatan tarik bambu ber-ruas pada kondisi segar dan kering (N/mm^2)

Jenis bambu	Kondisi		
	Segar		
	pangkal	Tengah	Ujung
Petung	70,44	119,913	111,825

Kering tungku			Rata-rata
Pangkal	tengah	Ujung	
47,28	130,059	122,060	108,572

Sumber, Pengajab, 1994

- Susunan serat-serat

Batang mengalami diskontinuitas karena serat-serat tersebut sebagian terpisah dan mengarah ke dalam yaitu ke arah dinding penyekat.

- Kadar air.

Bervariasi baik arah memanjang maupun arah melintang, yang bergantung pada umur, waktu penebangan dan jenis bambu. Kandungan air bagian ruas lebih rendah dibanding pada bagian antar ruas (Liese, 1980).

2.1.3. Perilaku mekanika bambu petung

Semua benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah bambu petung. Berdasarkan hasil penelitian Pangajab (1994), sifat mekanika bambu petung disajikan pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Kekuatan bambu petung (N/mm²)

Kekuatan rerata	Keadaan segar		Kering, oven	
	Ruas	Antar ruas	Ruas	Antar ruas
Desak		34,2		49,8
Lentur		154,8		190,2
Tarik	100,7	291,5	116,5	285,1
Geser \perp		27,3		28,3
Geser //		13,4		10,2

Sumber, Pengajab, 1994

2.1.4 Persyaratan bambu, berdasarkan PUBI – 1982

Bambu yang dimaksud didalam peraturan ini adalah jenis bambu yang digunakan untuk tujuan konstruksi bangunan, dengan persyaratan seperti berikut ini :

1. Bambu harus berumur tua, berwarna kuning jernih, hitam pekat, hijau, dalam hal terakhir berbintik putih pada pangkalnya, berserat padat dengan permukaan yang mengkilap ditempat bukannya.
2. Jenis bambu tahan lama adalah seperti berikut ini :
 - a. Jenis besar : bambu petung dan bambu gombang.

- b. Jenis sedang : bambu andong dan bambu temen.
 - c. Jenis kecil : bambu apus dan bambu tali.
3. Jenis-jenis bambu tahan lama, umumnya termasuk kelas awet III sehingga perlu diawetkan terlebih dahulu.

2.2. Lekatan

Kuat lekat antara baja tulangan dan beton adalah susunan yang khas dan kompleks dari adhesi, tahanan geser dan aksi penguncian mekanis dari perubahan permukaan baja tulangan. Ini mempunyai pengaruh penting pada keretakan dan perubahan bentuk bahan struktur beton bertulang.

Kekuatan lekatan tergantung pada besarnya perikatan baja tulangan didalam beton. Campuran beton yang kurang baik dapat mengakibatkan tulangan selip sehingga adhesi hilang, yaitu pada tempat yang berdekatan langsung dengan retak, maka pergeseran antara tulangan dengan beton sekelilingnya hanya ditahan oleh gesekan disepanjang daerah selip.

Jika digunakan tulangan dengan ukuran lebih kecil dan selimut beton lebih tebal, atau jika kantong-kantong udara terbentuk dibawah tulangan yang diletakkan disebelah atas dari balok, maka hilangnya reaksi tahanan terhadap beton dapat menghancurkan beton tersebut dan mengakibatkan keruntuhan akibat tulangan terlepas keluar tanpa terbelahnya beton.

Peristiwa pembelahan yang menerus adalah suatu tanda pertama dari hilangnya tegangan lekat dan dapat dianggap sebagai penyebab umum dari keruntuhan didalam lekatan.

Penelitian tentang kekuatan lekatan pada mulanya dilakukan dengan percobaan tarik dari baja polos yang ditanamkan dalam beton, kemudian batang bajanya ditarik keluar yang mengakibatkan retakan pada beton. Hasil percobaan tarik dari batang tulangan berprofil termasuk data tentang hubungan antara beban dan selip, memberikan dasar dari cara perencanaan ACI yang sekarang untuk panjang penjangkaran tulangan.

Disebabkan hal yang rumit antara lekat, geser, dan momen, untuk perencanaan sebagian besar menggunakan percobaan penyelidikan. Umumnya, kekuatan lekatan adalah berbanding lurus dengan $\sqrt{f_c}$ (berbanding lurus dengan kuat tarik beton) dan berbanding terbalik dengan garis tengah tulangan.

Untuk mendapatkan lekatan antara bambu dan beton, dilakukan percobaan tarik (pull out) pada silinder beton. Model standard pull out dikenalkan oleh Ghavami dan Hombeck (1981).

2.3 Metode perancangan campuran beton

Beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen *hidrolik* yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat.

Pada penelitian ini metode perancangan beton yang digunakan adalah metode **ACI** (*American Concrete Institute*), karena cara ini merupakan suatu cara perancangan campuran beton yang memperhatikan nilai ekonomis, bahan yang tersedia, kemudahan pengerjaan, keawetan serta kekuatan yang diinginkan. Cara **ACI** ini melihat kenyataan bahwa pada ukuran maksimum agregat tertentu jumlah air per meter kubik adukan menentukan tingkat kekentalan (*slump*) adukan ini.

2.4 Analisa balok persegi terlentur

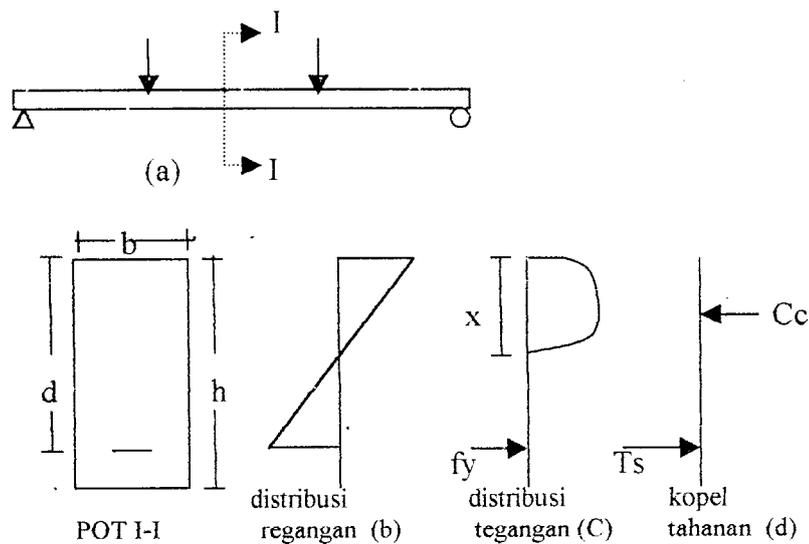
Pada pembahasan lentur pada balok dianggap bahwa beban-beban pada balok yang bekerja dalam bidang gambar. Anggapan ini mensyaratkan bahwa vektor-vektor dari semua gaya terletak pada bidang gambar dan vektor-vektor momen dari semua kopel tegak lurus bidang gambar.

Secara teoritis, pada analisa balok beton bertulang, tegangan lentur yang terjadi pada balok dapat dilihat seperti pada penurunan rumus:

$$F_b = M.Y / I \quad \text{atau} \quad F_b = M/W, \quad \text{dimana} \quad W = I/Y$$

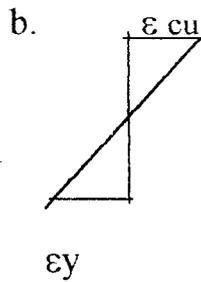
Didasarkan atas prinsip dasar bahwa gaya internal yang timbul di dalam balok harus dapat menjamin keseimbangan sebagai akibat gaya eksternal yang bekerja.

Perhatikan pada balok yang terlihat pada gambar 2.2.

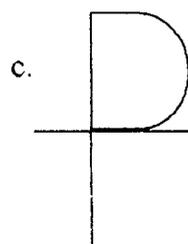


Gambar 2.2 Distribusi tegangan dan regangan

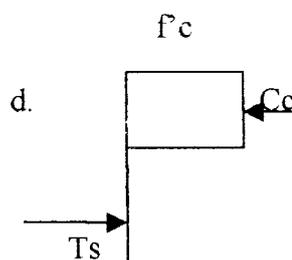
- a. Balok beton bertulang di atas tumpuan sederhana.



Analisis regangan (distribusi regangan beton dianggap Linier, beban layan (serviceload) dipakai dalam perhitungan)



Tegangan pada bagian beton diatas sumbu netral adalah Tegangan tekan yang terdistribusi secara tidak linier. Daerah dibawah sumbu netral dianggap telah retak dan gaya tarik yang ada harus dipikul oleh tulangan yang ada.

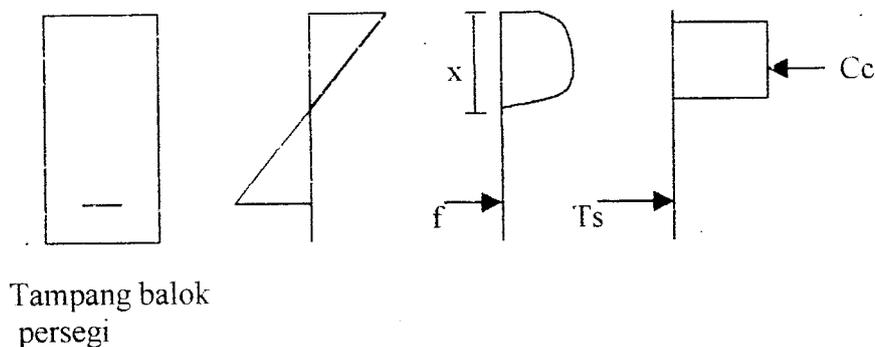


Untuk penyederhanaan, Whitney mengusulkan blok diagram beton tekan berbentuk persegi. Digunakan untuk mengidealisasi distribusi tegangan aktual (Analisis kekuatan batas).

Dari gambar 2.2.a. dapat dilihat balok beton bertulang yang ditumpu oleh tumpuan sederhana, karena dibebani maka terjadi lentur pada balok dan juga deformasi seperti pada gambar yang menunjukkan bahwa daerah dibawah garis netral mengalami tarik. Sesuai perilaku bahwa beton tidak dapat memikul tarik, diletakkan tulangan bambu di daerah garis netral, sehingga memikul gaya tarik yang ada.

Perhatikan bahwa beton dianggap telah retak di seluruh daerah yang tertarik. Secara aktual, retak memang terjadi dan umumnya menjalar ke atas sampai ke tepi daerah tekan.

Perhitungan yang sering dilakukan adalah dengan menggunakan model idealisasi yang didasarkan pada asumsi bahwa beton yang tertekan berperilaku secara elastis linier. Sebenarnya pendekatan ini kurang realistis, karena tegangan aktual pada beban kerja sesuai yang terlihat pada gambar 2.2.c. Model lain yang lebih realistis adalah didasarkan atas perilaku beton bertulang yang telah diperoleh secara eksperimental, yaitu pada saat beban runtuh (bukan beban kerja). Model ini diperlihatkan pada gambar 2.2.d. Dan sering disebut analisis kekuatan batas (ultimate strength analysis), dengan idealisir sebagai berikut :



Tampang balok persegi

Gambar 2.3 Distribusi tegangan Rectangular Whitney

Perhitungan dari kekuatan lentur M_n yang didasarkan pada distribusi tegangan yang mendekati bentuk parabola didalam gambar 2.2. Whitney menyarankan penggunaan dari distribusi tegangan tekan pengganti yang berbentuk persegi. Seperti yang diperlihatkan di dalam gambar 2.3. Dipakai suatu tegangan persegi dengan besar rata-rata $0,85 \cdot f_c$ dan tinggi $a = \beta_1 \cdot x$. Faktor β_1 diambil sebesar

0.85 untuk kuat tekan f'_c hingga atau sama dengan 30 Mpa. Sedangkan untuk kekuatan di atas 30 Mpa dipakai persamaan :

$$\beta_1 = 0,85 - (f'_c - 30) \cdot 0,008 \quad (2.1)$$

Tetapi harga β_1 tidak boleh kurang dari 0,65

Dengan menggunakan tegangan persegi ekivalen, kekuatan lentur M_n dapat diperoleh dengan menggunakan gambar 2.3. sebagai berikut :

$$C = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \quad (2.2)$$

$$T = A_s \cdot f_{\text{bambu}} \quad (2.3)$$

Dari persamaan (2.2) dan (2.3) menghasilkan :

$$a = A_s \cdot f_{\text{bambu}} / (0,85 f'_c \cdot b) \quad (2.4)$$

$$M_n = A_s \cdot f_{\text{bambu}} \cdot (d - \frac{1}{2} a) \quad (2.5)$$

Dengan memasukkan persamaan 2.4 ke persamaan 2.5 didapat :

$$M_n = A_s \cdot f_{\text{bambu}} \cdot [d - \frac{1}{2} \cdot (A_s \cdot f_{\text{bambu}}) / (0,85 \cdot f'_c \cdot b)]$$

$$M_n = A_s \cdot f_{\text{bambu}} \cdot [d - 0,59 \cdot (A_s \cdot f_{\text{bambu}}) / (f'_c \cdot b)] \quad (2.6)$$

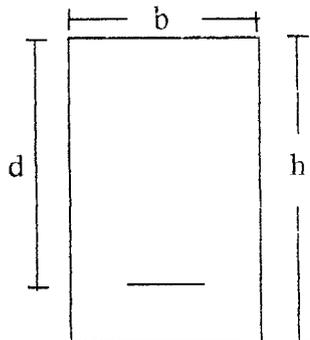
Pada keadaan regangan berimbang, regangan maksimum Ecu pada saat tekan maksimum beton mencapai harga 0,003 bersamaan dengan dicapainya regangan tulangan tarik.

Sejumlah luas tulangan tarik A_s akan memberikan jarak garis netral x_b untuk keadaan regangan berimbang ini. Jika sekiranya A_s yang agak lebih besar dari A_{sb} , maka keseimbangan dari gaya - gaya dalam ($C = T$) akan mengakibatkan kenaikan di dalam tinggi (a) dari blok tegangan tekan (yang juga akan membuat x lebih besar dari x_b), dengan demikian regangan ϵ_s akan menjadi lebih kecil dari ϵ_y untuk $\epsilon_{cu} = 0,003$. Keruntuhan dari balok ini akan terjadi dengan tiba-tiba pada saat

regangan beton mencapai 0,003 sekalipun balok mengalami deformasi yang masih kecil (tulangan belum putus) di dalam memberi aba-aba yang cukup untuk keruntuhan . Di lain pihak bila As yang ada lebih kecil dari Asb, maka gaya tarik akan mengecil maka keseimbangan gaya dalam akan mengurangi ketinggian (a) dari balok tegangan tekan (sehingga membuat x lebih kecil dari xb) dan memberikan ϵ_s yang melebihi ϵ_y . Di dalam hal ini, dengan tulangan yang hampir putus, balok akan memperlihatkan lendutan yang dapat terlihat sebelum beton mencapai tegangan runtuh sebesar 0,003.

2.5 Analisa lentur pada balok tampang persegi

Analisa balok tampang persegi dengan tulangan bambu adalah sebagai berikut:



Gambar 2.4. Balok tampang persegi.

Perhitungannya :

$$a = \frac{A_s \cdot f_{\text{bambu}}}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 288,375}{0,85 \cdot 17,5 \cdot 100}$$

$$a = 61,412 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= T_s \cdot (d - a/2) = A_s \cdot f_{\text{bambu}} \cdot (d - a/2) \\ &= C \cdot (d - a/2) = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a \cdot (d - a/2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn_1 &= 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 288,375 \cdot (d - a/2) \\
 &= 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 288,375 \cdot (175 - 61,412 / 2) \\
 &= 13181,2569 \text{ KNmm.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn_2 &= 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot (d - a/2) \\
 &= 0,85 \cdot 17,5 \cdot 61,412 \cdot 100 \cdot (175 - 61,412 / 2) \\
 &= 13181,3074 \text{ KNmm.}
 \end{aligned}$$

Jadi kuat lentur pada balok persegi dengan dimensi 100 /200 mm , luas tampang 20000 mm² dan luas tulangan bambu 400 mm² adalah 13181,3074 KNmm.

2.6 Metode perawatan beton

Untuk memperoleh hasil pengujian yang diharapkan, maka setelah beton dikeluarkan dari cetakan harus segera dilakukan rawatan beton dengan menggunakan salah satu metode berikut ini :

1. Beton dibasahi terus – menerus dengan air.
2. Beton direndam didalam air dengan temperatur lingkungan 23 – 27⁰ C.
3. Beton dilindungi dengan karung basah.

2.7 Metode pengujian kuat desak beton.

Kuat desak dipengaruhi oleh kuat ikat pasta semen, *homoginitas* campuran, perbandingan campuran dan kepadatan beton. Kuat ikat pasta semen ditentukan oleh mutu bahan ikat dan kualitas air. Dengan digunakannya mutu bahan ikat yang tinggi dan kualitas air yang memenuhi syarat, maka akan dihasilkan beton dengan kuat desak tinggi.

Homogenitas campuran dalam adukan beton yaitu saling mengisi antar bahan-bahan pembentuk beton secara merata, sehingga diperoleh adukan yang merata dan tidak terjadi pengelompokan bahan pembentuk beton yang mengakibatkan rongga-rongga.

Perbandingan jumlah bahan pembentuk beton secara proporsional dapat menghasilkan beton yang lebih padat dan *homogen*, yaitu apabila bahan-bahan tersebut saling mengisi. Kuat desak beton dapat dihitung dengan cara membagi beban *Ultimit* yang dicapai dengan luas permukaan bagian yang didesak sebagai berikut :

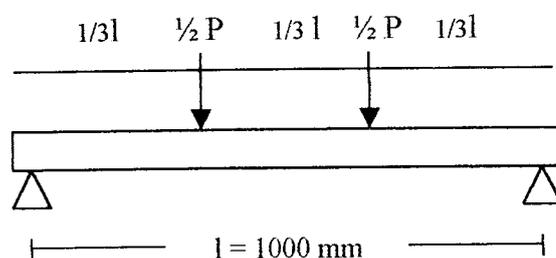
$$\sigma'_{b} = P/A$$

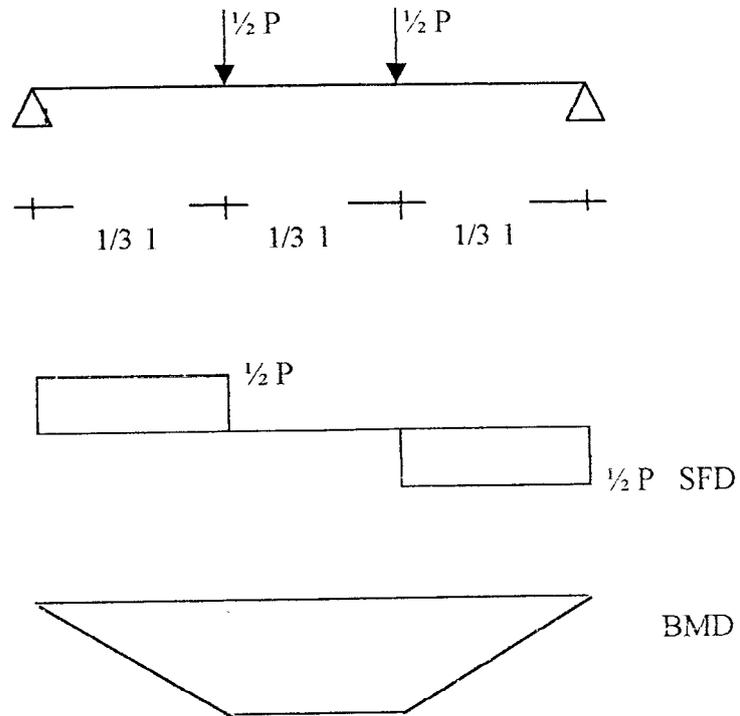
Dalam penelitian ini dilakukan kuat desak beton terhadap mutu beton dengan benda uji balok silinder ukuran 15x30, dan diuji pada umur 28 hari.

2.8 Metode pengujian kuat lentur beton.

Lentur murni adalah lenturan dari sebuah balok dengan suatu momen lentur (*bending moment*) konstan, yang dalam hal ini gaya lintangnya sama dengan nol.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :





Ket :

- Balok dengan dua buah gaya simetris ($P/2$)
- Diagram gaya lintang
- Diagram momen

BAB III

PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1 Tinjauan Umum

Dalam pelaksanaan penelitian ini yang dilakukam adalah membuat benda uji balok dengan tiga variasi. Pembebanan adukan beton untuk benda uji direncanakan dengan menggunakan metode **ACI** (*American Concrete Institute*) sebagai dasar pembuatan mix design. Mutu beton yang direncanakan adalah beton dengan kuat desak rencana 17,5 MPa.

3.2 Persiapan Bahan dan Alat

Material yang dipergunakan untuk pembuatan benda uji ini merupakan material lokal kecuali semen. Pembuatan benda uji, pengujian lentur dan desak dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP - UII, Yogyakarta.

3.2.1 Bahan

Bahan-bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Pasir : asal sungai progo, Yogyakarta
2. Kerikil : asal sungai boyong, Yogyakarta
3. Semen : tipe I merk Nusantara
4. Air : asal Laboratorium BKT-FTSP-UII, Yogyakarta
5. Bambu tulangan : P=20 mm l=10 mm

3.2.2 Alat

Daftar nama peralatan yang dipergunakan dalam penelitian dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Daftar Nama Peralatan dan Kegunaanya

No	Nama Alat	Kegunaan
1	Mixer Listrik (molen)	Pencampur adukan beton
2	Mesin uji desak.	Pengujian desak beton.
3	Mesin uji lentur.	Pengujian lentur.
4	Gelas ukur.	Mengukur volume air.
5	Timbangan.	Menimbang benda uji.
6	Mistar dan kalifer.	Mengukur benda uji.
7	Ayakan.	Menyaring agregat.
8	Bak penampung.	Menampung beton segar.
9	Kerucut Abrams.	Pengujian slump.
10	Sekop kecil.	Mengaduk agregat.
11	Talam agregat.	Wadah agregat.
12	Cetakan balok.	Cetakan benda uji.
13	Cetakan selinder.	Cetakan benda uji.
14	Tongkat penumbuk.	Memadatkan benda uji.

3.3 Data Bahan Susun Beton

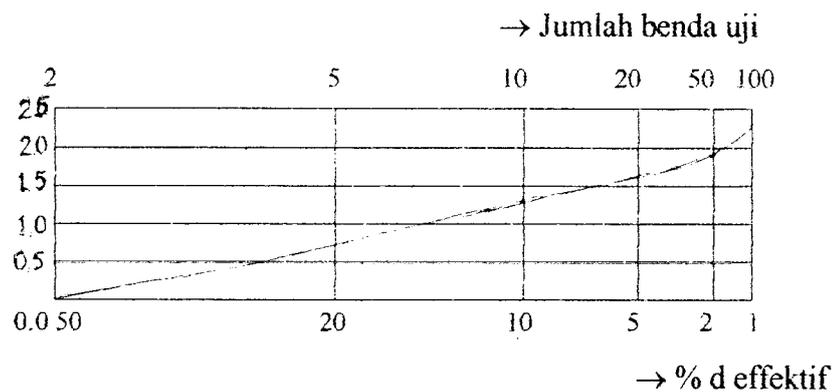
Perhitungan campuran beton dimasukkan untuk mengetahui proporsi bahan susun beton. Perhitungan didasarkan pada data bahan susun beton sebagai berikut :

1. Diameter maksimum agregat kasar = 20 mm
2. Kuat tekan rencana ($f'c$) = 17,5 MPa
3. Modulus halus pasir = 3,38
4. Berat jenis pasir (ssd) = 2,667 T/m³

5. Berat jenis kerikil (ssd) = 2,68 T/m³
 6. Berat jenis kerikil tusuk (ssd) = 2,70 T/m³
 7. Berat jenis semen = 3,150 T/m³

Hasil perhitungan campuran beton dengan metode ACI adalah sebagai berikut:

1. Menghitung kuat desak rata-rata.
 - a. Menghitung nilai margin (M). Untuk 10 buah benda uji dengan prosentase yang diperkirakan akan jatuh dibawah kekuatan desak karakteristik sebesar 10%. Berdasarkan gambar dibawah (gambar 3.1) Tabel 3.2. diambil nilai K sebesar 1,28.



Gambar 3.1. Hubungan antara faktor K dan bagian hasil pemeriksaan yang diperkirakan dibawah kekuatan desak minimal.

Tabel 3.2. harga K untuk beberapa keadaan

% Effektif	Nilai
K untuk 10 % d efektif	1,28
K untuk 5 % d efektif	1,64
K untuk 2,5 % d efektif	1,92
K untuk 1% d efektif	2,33

Berdasarkan pada tabel untuk volume pekerjaan lebih kecil dari 1000 m³ dan mutu pelaksanaan baik didapat nilai :

$$sd = 60 \text{ kg/cm}^2$$

$$m = k \cdot sd$$

$$= 1,28 \times 6 = 7,68$$

b. Menghitung kuat desak rata-rata.

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

$$= 17,5 + 7,68 = 25,18 \text{ MPa}$$

2. Menetapkan faktor air semen (fas), berdasarkan tabel 1 (lampiran). untuk $f'_{cr} = 25,19 \text{ MPa}$ dengan *interpolasi* didapat fas = 0,58. Berdasarkan tabel 2 (lampiran). Untuk beton didalam ruangan, keadaan sekeliling non *korosip* didapat fas = 0,6. Dari keadaan nilai diatas didapat nilai fas yang terendah yaitu fas = 0,58.
3. Menetapkan nilai *slump*, berdasarkan tabel 3 lampiran. untuk jenis struktur balok didapat nilai *slump* 7,5 – 15 cm.
4. Menetapkan kebutuhan air berdasarkan tabel 4 (lampiran). untuk nilai *slump* 7,5 – 15 cm dan agregat maksimum 20 mm didapat
 - Kebutuhan air = 203 liter
 - Udara terperangkap = 2 %
5. Menghitung kebutuhan semen.

$$\begin{aligned} \text{Berat Semen (BS)} &= \frac{\text{Berat air}}{\text{f.a.s.}} \\ &= 203 / 0,58 = 350 \text{ kg.} \end{aligned}$$

$$\text{Volume Semen (VS)} = \frac{\text{Berat semen}}{\text{BJ semen}} = \frac{0,350}{3,150} = 0,111 \text{ m}^3$$

6. Menetapkan volume agregat kasar per meter kubik beton, berdasarkan tabel lampiran. untuk diameter agregat maksimum = 20 mm dan mhb pasir = 3,38 didapat :

$$\text{Volume agregat kasar (VK)} = 0,49 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat agregat kasar} = vk \cdot bj \cdot \text{kerikil kering tusuk}$$

$$= 0,49 \times 2,70$$

$$= 0,923 \text{ ton} = 923 \text{ kg.}$$

$$\text{Volume kerikil padat} = \frac{\text{Berat kerikil}}{\text{BJ kerikil (SSD)}}$$

$$= \frac{1,0871}{2,68} = 0,4803 \text{ m}^3$$

7. Menghitung volume pasir (vp)

$$V_p = 1 - (v_a + v_s + v_k + v_u)$$

$$= 1 - (0,203 + 0,111 + 0,5944 + 0,020)$$

$$= 0,186 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat pasir} = V_p \cdot \text{BJ Pasir (SSD)}$$

$$= 0,186 \times 2,667 = 0,4961 \text{ ton}$$

$$= 496,1 \text{ kg}$$

8. Kebutuhan material dalam 1 m³ adukan beton :

a. Semen = 350 kg

b. Pasir = 496,1 kg

c. Kerikil = 923 kg

d. Air = 203 liter

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan berat (kg)} &= \text{BS} : \text{BP} : \text{BK} : \text{BA} \\ &350 : 496,1 : 923 : 203 \\ &1 : 1,53 : 2,63 : 0,58 \end{aligned}$$

3.4 Pembuatan benda uji

Langkah-langkah pembuatan benda uji sebagai berikut:

1. Bambu petung diawetkan dahulu dengan cara direndam dengan cairan Vernish selama lebih kurang satu bulan kemudian diangin-anginkan.
2. Setelah bahan dan alat disiapkan serta rencana campuran beton telah dibuat, dilakukan penimbangan bahan-bahan sesuai dengan proporsi yang telah ditentukan. Agregat yang telah dipakai terlebih dahulu disaring agar bebas dari segala kotoran dan debu, kemudian diangin-anginkan agar diperoleh keadaan jenuh permukaan (SSD).
3. Bahan susun beton diaduk menjadi satu berturut-turut, agregat kasar, agregat halus semen dan air sedikit demi sedikit sampai campuran rata. Proporsi bahan-bahan ini disesuaikan dengan kapasitas mesin pengaduk yang dipakai.
4. Untuk mengetahui kelecakan adukan beton, maka dilakukan pengukuran *slump* dengan kerucut abrams dengan diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm dan tinggi 30 cm, yang dilengkapi dengan tongkat penumbuk dari baja berdiameter 16 mm. Pelaksanaan percobaan *slump* dilakukan dengan cara kerucut didesak kebawah pada penyokong-penyokong kakinya sambil diisi adukan beton, dibuat tiga lapis adukan dan tiap lapis ditumbuk sebanyak 25 kali, bagian atas kerucut adukan diratakan dan didiamkan ± 30 detik, kemudian kerucut abrams diangkat perlahan-lahan secara tegak lurus dan diletakkan disamping adukan tadi diukur

puncak kerucut dengan puncak adukan tersebut, selisih tinggi tersebut dinamakan *slump*.

5. Dimasukkan adukan (beton segar) tersebut kedalam cetakan beton yang telah dibersihkan dan diolesi oli, dan diberi tulangan bambu yang telah diawetkan, dengan adukan yang berlapis-lapis dan tiap lapis ditumbuk dengan tongkat penumbuk sampai padat. Setelah selesai dengan pemadatan sisi cetakan dengan diketuk-ketuk atau digetarkan menggunakan palu kayu, sehingga terjadi pemadatan yang sempurna dan gelembung udara yang terperangkap akan keluar. Adukan yang telah dicetak didiamkan dan diletakkan ditempat yang terlindung dari hujan dan matahari. Adukan dalam satu mesin pengaduk harus diambil dan dibuat sampel untuk mengetahui kuat desak beton tersebut.
6. Cetakan dibuka setelah pengerasan berlangsung kemudian dilakukan rawatan beton.

Rawatan benda uji adalah upaya untuk menjaga agar permukaan beton selalu lembab. kelembaban permukaan beton untuk menjaga proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna. Bila rawatan ini tidak dilakukan, akan terjadi retak-retak yang menyebabkan beton kurang kuat. Rawatan dilakukan dengan menutupi sampel yang baru dibuat dengan karung goni basah dan menjaga kelembabannya dengan cara membasahi atau menyiram terus menerus karung goni tersebut. Rawatan dilakukan paling sedikit selama 2 minggu.

3.5 Pengujian benda uji

Pengujian dilakukan pada beton umur 28 hari, dengan pengujian lentur dan desak beton.

3.5.1. Pengujian kuat lentur

Pelaksanaan pengujian kuat lentur dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Sebelum pengujian dilakukan benda uji ditimbang, kemudian diberi tanda sebagai titik perletakan serta titik pembebanan pada benda uji, kemudian diletakkan pada tumpuan sesuai dengan tanda yang telah diberikan serta letak bebannya. Dibawah benda uji dipasang alat untuk mengetahui lendutan yang terjadi pada waktu dilaksanakan pengujian kuat lentur.
2. Benda uji siap diuji. Mesin uji dihidupkan dan akan melakukan pembebanan secara perlahan-lahan, beban konstan dinaikkan secara berangsur-angsur sehingga pada batas kekuatan tertentu sampai dengan maksimum, sehingga benda uji akan mengalami retak atau patah.
3. Hasil retak ditandai dan ditulis pada saat pengujian sedang berlangsung, pada benda uji yang mengalami retak tersebut.

3.5.2. Pengujian kuat desak beton

Langkah pengujian kuat desak beton adalah sebagai berikut :

1. Benda uji diletakkan pada alas pembebanan mesin uji kuat desak beton.
2. Mesin uji desak dihidupkan, pembebanan akan diberikan berangsur-angsur, sehingga benda uji tersebut hancur pada beban maksimal, kemudian mesin dimatikan, besar beban dicatat sesuai jarum pembebanan.

3.5.3. Pengujian tarik bambu

Pengujian tarik bambu yang kami lakukan ternyata mengalami kegagalan, oleh sebab itu didalam analisa hitungan kuat tarik bambu yang kami gunakan ialah menurut hasil dari pengujian Pangajab (1997)

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan benda uji balok persegi, sesuai dengan prosedur yang berlaku. Diharapkan benda uji tersebut dapat mewakili sifat karakteristik beton yang diteliti dalam percobaan ini. Hasil dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Hasil pengujian lentur sampel I (Batang polos)

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Lentur Sampel I (Batang polos)

No	SAMPEL IA			SAMPEL IB			SAMPEL IC		
	P (kg)	w (kg)	δ 10^{-2} mm	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2} mm	p (kg)	W (kg)	δ 10^{-2} mm
1	100	54,3	0	100	51,8	0	100	53,0	5
2	200		1	200		1	200		10
3	300		3	300		3	300		17
4	400		10	400		9	400		25
5	500		23	500		15	500		31
6	600		30	600		24	600		46
7	700		39	700		30	700		52
8	800		50	800		38	800		55
9	900		72	900		49	900		60
10	1000		80	1000		51	1000		62
11	1100		97	1100		57	1100		68
12	1200		102	1200		60	1200		75

Lanjutan tabel 4.1

No	SAMPEL IA			SAMPEL IB			SAMPEL IC		
	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2} mm	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2} mm	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2} mm
13	1300	54,3	110	1300	51,8	70	1300	53,0	79
14	1400		115	1400		79	1400		85
15	1500		128	1500		85	1500		88
16	1600		139	1600		98	1600		94
17	1700		146	1700		104	1700		104
18	1800		155	1800		120	1800		118
19	1900		160	1900		129	1900		129
20	2000		175	2000		142	2000		135
21	2100		188	2100		159	2100		154
22	2200		197	2200		170	2200		169
23	2300		200	2300		184	2300		175
24	2400		210	2400		190	2400		183
25	2500		224	2500		219	2500		205
26	2600		250	2600		235	2600		234
27	2700		–	2700		240	2700		252
28	2800		–	2800		285	2800		–
29	2900		–	2900		–	2900		–
30	3000		*	3000		–	3000		–
31				3100		–	3100		*
32				3200		*			

Keterangan : δ = defleksi ($\times 10^{-2}$ mm)

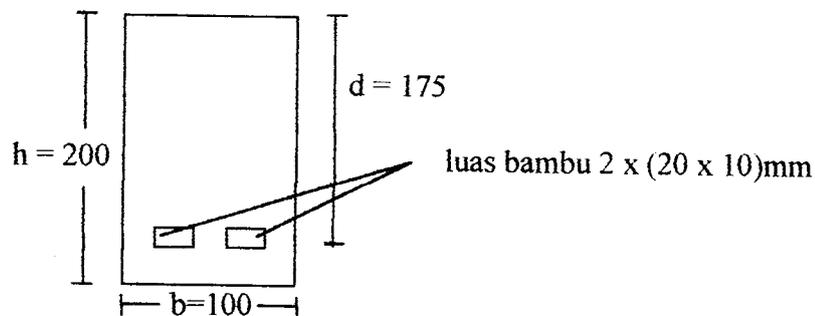
W = Berat sampel balok beton

* = benda uji patah

– = lendutan tidak terbaca

Dari hasil pengujian kuat desak beton di dapatkan $f'_c = 20,645$ MPa, kemudian dilakukan perhitungan kapasitas kemampuan beton untuk menahan geser dan kapasitas momen yang dapat didukung oleh balok sebagai berikut :

1. Sampel IA (tanpa tonjolan)



$$P_{mak} = 3000 \text{ Kg}$$

$$M_u = \frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{3} L$$

$$= 0,5 \cdot 3000 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1$$

$$= 500 \text{ Kgm} = 5,00 \text{ KNm}$$

$$M_n = M_u / \phi \quad , \phi = 0,80$$

$$= 5,00 / 0,80$$

$$= 6,2500 \text{ KNm}$$

$$M_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a \cdot (d - a/2)$$

$$6,2500 \cdot 10^6 = 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot a \cdot (175 - a/2)$$

$$6,2500 \cdot 10^6 = 307094,375 \cdot a - 877,4125 \cdot a^2 \quad (\text{rumus abc})$$

$$a_1 = 328,3 > h \text{ (tidak terpakai)}$$

$$a_2 = 21,6971 < h \text{ (terpakai)}$$

$$T_s = C_c$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot 21,6971$$

$$= 38074,6135 \text{ N}$$

$$f_{\text{bambu}} = T_s / A_s = 38074,6135 / 2 \cdot 20 \cdot 10$$

$$= 95,1865 \text{ Mpa}$$

$$a = 21,6971$$

$$M_n = T_s \cdot (d - a/2) = A_s \cdot f_{\text{bambu}} \cdot (d - a/2)$$

$$= C \cdot (d - a/2) = (0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a) \cdot (d - a/2)$$

$$M_{n1} = 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 95,1865 \cdot (d - a/2)$$

$$= 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 95,1865 \cdot (175 - 21,6971/2)$$

$$= 6250,0008 \text{ KNmm.}$$

$$M_{n2} = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot (d - a/2)$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 21,6971 \cdot 100 \cdot (175 - 21,6971/2)$$

$$= 6250,0030 \text{ KNmm}$$

Jadi kuat lentur pada balok persegi pada sampel IA adalah 6250,0030 KNmm

Kekuatan geser nominal yang diberikan beton adalah

$$V_c = 1/6 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot w \cdot d$$

$$V_c = 1/6 \sqrt{20,645 \cdot 100 \cdot 175 \cdot 10^3} = 13,2524 \text{ KN}$$

Gaya geser karena beban luar adalah:

$$V_u = \frac{P_u}{2} = \frac{3000}{2} = 1500 \text{ Kg} = 15,0 \text{ KN}$$

Penampang keritis pertama adalah pada jarak $d = 17,5$ cm dari muka perletakan balok

(setengah bentang = 50 cm)

V_u pada d adalah:

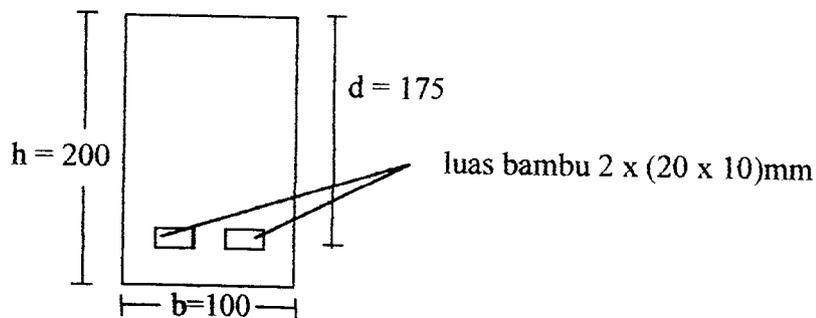
$$\frac{50 - 17,5}{50} \cdot 15,0 = 9,75 \text{ KN}$$

Kapasitas momen adalah:

$$M_u \geq \phi M_n$$

$$5,00 \text{ KNm} \geq 0,8 \cdot 6,250 = 5,00 \text{ KNm}$$

2. Sampel IB (tanpa tonjolan)



$$P_{\text{mak}} = 3200 \text{ Kg}$$

$$M_u = \frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{3} L$$

$$= 0,5 \cdot 3200 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1$$

$$= 533,3333 \text{ Kgm} = 5,3333 \text{ KNm}$$

$$M_n = M_u / \phi \quad , \phi = 0,80$$

$$= 5,3333 / 0,80$$

$$= 6,6667 \text{ KNm}$$

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

$$6,6667 \cdot 10^6 = 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot a \cdot (175 - a/2)$$

$$6,6667 \cdot 10^6 = 307094,375 \cdot a - 877,4125 \cdot a^2 \quad (\text{rumus abc})$$

$$a_1 = 326,7460 > h \text{ (tidak terpakai)}$$

$$a_2 = 23,2540 < h \text{ (terpakai)}$$

$$T_s = C_c$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot 23,2540$$

$$= 40806,7006 \text{ N}$$

$$f_{\text{bambu}} = T_s / A_s = 40806,7006 / 2 \cdot 20 \cdot 10$$

$$= 102,0168 \text{ Mpa}$$

$$a = 23,2540$$

$$M_n = T_s \cdot (d - a/2) = A_s \cdot f_{\text{bambu}} \cdot (d - a/2)$$

$$= C \cdot (d - a/2) = (0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a) \cdot (d - a/2)$$

$$M_{n1} = 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 102,0168 \cdot (d - a/2)$$

$$= 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 102,0168 \cdot (175 - 23,2540/2)$$

$$= 6666,7163 \text{ KNmm.}$$

$$M_{n2} = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot (d - a/2)$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 23,2540 \cdot 100 \cdot (175 - 23,3450/2)$$

$$= 6664,8564 \text{ KNmm}$$

Jadi kuat lentur pada balok persegi pada sampel IB adalah 6666,7163 KNmm

Kekuatan geser nominal yang diberikan beton adalah

$$V_c = 1/6 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c = 1/6 \sqrt{20,645} \cdot 100 \cdot 175 \cdot 10^3 = 13,2524 \text{ KN}$$

Gaya geser karena beban luar adalah:

$$V_u = \frac{P_u}{2} = \frac{3200}{2} = 1600 \text{ Kg} = 16,0 \text{ KN}$$

Penampang keritis pertama adalah pada jarak $d = 17,5$ cm dari muka perletakan balok

(setengah bentang = 50 cm)

V_u pada d adalah:

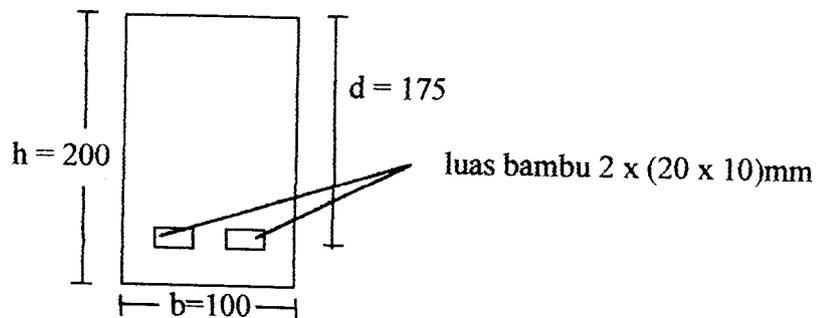
$$\frac{50 - 17,5}{50} \cdot 16,0 = 10,4 \text{ KN}$$

Kapasitas momen adalah:

$$M_u \geq \phi M_n$$

$$5,3333 \text{ KNm} \geq 0,8 \cdot 6,6648 = 5,3318 \text{ KNm}$$

3. Sampel IC (tanpa tonjolan)



$$P_{\text{mak}} = 3100 \text{ Kg}$$

$$M_u = \frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{3} L$$

$$= 0,5 \cdot 3100 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1$$

$$= 516,6667 \text{ Kgm} = 5,1666 \text{ KNm}$$

$$M_n = M_u / \phi \quad , \phi = 0,80$$

$$= 5,1666 / 0,80$$

$$= 6,4583 \text{ KNm}$$

$$M_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a \cdot (d - a/2)$$

$$6,4583 \cdot 10^6 = 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot a \cdot (175 - a/2)$$

$$6,4583 \cdot 10^6 = 307094,375 \cdot a - 877,4125 \cdot a^2 \quad (\text{rumus abc})$$

$$a_1 = 327,5264 > h \quad (\text{tidak terpakai})$$

$$a_2 = 22,4736 < h \quad (\text{terpakai})$$

$$T_s = C_c$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot 22,4736$$

$$= 39437,2351 \text{ N}$$

$$f_{\text{bambu}} = T_s / A_s = 39437,2351 / 2 \cdot 20 \cdot 10$$

$$= 98,5931 \text{ Mpa}$$

$$a = 22,4736$$

$$M_n = T_s \cdot (d - a/2) = A_s \cdot f_{\text{bambu}} \cdot (d - a/2)$$

$$= C \cdot (d - a/2) = (0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a) \cdot (d - a/2)$$

$$M_{n1} = 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 98,5931 \cdot (d - a/2)$$

$$= 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 98,5931 \cdot (175 - 22,4736/2)$$

$$= 6458,3686 \text{ KNmm.}$$

$$M_{n2} = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot (d - a/2)$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 22,4736 \cdot 100 \cdot (175 - 22,4736/2)$$

$$= 6458,3678 \text{ KNmm}$$

Jadi kuat lentur pada balok persegi pada sampel IC adalah 6458,3686 KNmm

Kekuatan geser nominal yang diberikan beton adalah

$$V_c = 1/6 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot w \cdot d$$

$$V_c = 1/6 \sqrt{20,645} \cdot 100 \cdot 175 \cdot 10^3 = 13,2524 \text{ KN}$$

Gaya geser karena beban luar adalah:

$$V_u = \frac{P_u}{2} = \frac{3100}{2} = 1550 \text{ Kg} = 15,50 \text{ KN}$$

Penampang keritis pertama adalah pada jarak $d = 17,5 \text{ cm}$ dari muka perletakan balok

(setengah bentang = 50 cm)

V_u pada d adalah:

$$\frac{50 - 17,5}{50} \cdot 15,50 = 10,075 \text{ KN}$$

Kapasitas momen adalah:

$$M_u \geq \phi M_n$$

$$5,1666 \text{ KNm} \geq 0,8 \cdot 6,4583 = 5,1666 \text{ KNm}$$

Dari ketiga sampel I (ABC) dibuat grafik hubungan kenaikan beban dengan lendutan (gambar 4.1) dan sket pola retak dan patah dari hasil pengujian lentur (gambar 4.2, 4.3, 4.4)

2. Hasil pengujian lentur sampel II (memakai dua tonjolan)

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Lentur Sampel II (memakai dua tonjolan)

No	SAMPLER IIA			SAMPLER IIB			SAMPLER IIC		
	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2}mm	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2}mm	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2}mm
1	100	53,8	0	100	53,5	0	100	52,3	0
2	200		0	200		5	200		3
3	300		6	300		9	300		5
4	400		11	400		15	400		7
5	500		17	500		22	500		10
6	600		25	600		35	600		12
7	700		29	700		42	700		15
8	800		35	800		49	800		19
9	900		45	900		55	900		25
10	1000		56	1000		60	1000		32
11	1100		64	1100		64	1100		41
12	1200		72	1200		68	1200		55
13	1300		81	1300		73	1300		65
14	1400		90	1400		78	1400		72
15	1500		100	1500		85	1500		80
16	1600		114	1600		92	1600		90

Lanjutan tabel 4.2

No	SAMPEL IIA			SAMPEL IIB			SAMPEL IIC		
	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2} mm	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2} mm	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2} mm
17	1700	53,8	127	1700	53,5	105	1700	53,2	115
18	1800		140	1800		120	1800		145
19	1900		154	1900		145	1900		158
20	2000		178	2000		174	2000		179
21	2100		193	2100		198	2100		192
22	2200		215	2200		213	2200		227
23	2300		253	2300		235	2300		256
24	2400		277	2400		252	2500		289
25	2500		290	2500		288	2500		313
26	2600		312	2600		307	2600		340
27	2700		325	2700		324	2700		357
28	2800		348	2800		355	2800		378
29	2900		361	2900		370	2900		390
30	3000		-	3000		395	3000		-
31	3100		-	3100		417	3100		-
32	3200		-	3200		-	3200		-
33	3300		-	3300		-	3300		-
34	3400		-	3400		-	3400		*
35	3500		*	3500		-			
36				3600		*			

Keterangan : δ = defleksi (x 10^{-2} mm)

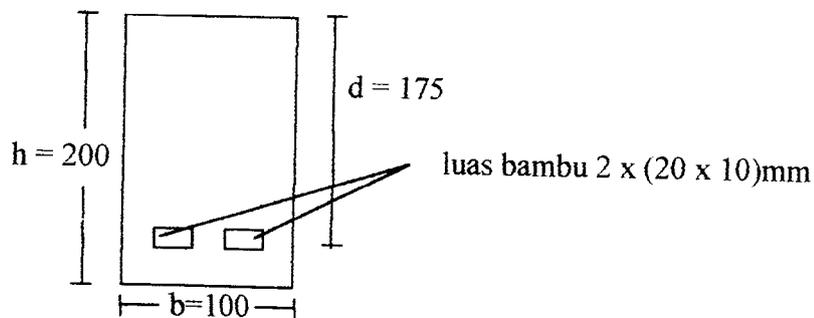
W = Berat sampel balok beton

* = Benda uji patah

- = Lendutan tidak terbaca

Dari hasil pengujian lentur ketiga sampel II (ABC) dan pengujian kuat desak beton di dapatkan $f'_c = 20,645$ MPa. Kemudian dilakukan perhitungan kapasitas kemampuan beton

1. Sampel II A (Pakai tonjolan pada pangkal dan ujung)



$$P_{mak} = 3500 \text{ Kg}$$

$$M_u = \frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{3} L$$

$$= 0.5 \cdot 3500 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1$$

$$= 583,3333 \text{ Kgm} = 5,8333 \text{ KNm}$$

$$M_n = M_u / \phi \quad , \phi = 0,80$$

$$= 5,8333 / 0,80$$

$$= 7,2916 \text{ KNm}$$

$$M_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a \cdot (d - a/2)$$

$$7,2916 \cdot 10^6 = 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot a \cdot (175 - a/2)$$

$$7,2916 \cdot 10^6 = 307094,375 \cdot a - 877,4125 \cdot a^2 \quad (\text{rumus abc})$$

$$a_1 = 324,3809 > h \text{ (tidak terpakai)}$$

$$a_2 = 25,6191 < h \text{ (terpakai)}$$

$$T_s = C_c$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot 25,6191$$

$$= 44957,0372 \text{ N}$$

$$f_{\text{bambu}} = T_s / A_s = 44957,0372 / 2 \cdot 20 \cdot 10$$

$$= 112,3926 \text{ MPa}$$

$$a = 25,6191$$

$$M_n = T_s \cdot (d - a/2) = A_s \cdot f_{\text{bambu}} \cdot (d - a/2)$$

$$= C \cdot (d - a/2) = (0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a) \cdot (d - a/2)$$

$$M_{n1} = 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 112,3926 \cdot (d - a/2)$$

$$= 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 112,3926 \cdot (175 - 25,6191/2)$$

$$= 7291,6025 \text{ KNmm.}$$

$$M_{n2} = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \cdot (d - a/2)$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 25,6191 \cdot 100 \cdot (175 - 25,6191/2)$$

$$= 7291,6021 \text{ KNmm}$$

Jadi kuat lentur pada balok persegi pada sampel IIA adalah 7291,6025 KNmm

Kekuatan geser nominal yang diberikan beton adalah

$$V_c = 1/6 \sqrt{f_c} \cdot b \cdot w \cdot d$$

$$V_c = 1/6 \sqrt{20,645} \cdot 100 \cdot 175 \cdot 10^3 = 13,2524 \text{ KN}$$

Gaya geser karena beban luar adalah:

$$V_u = \frac{P_u}{2} = \frac{3500}{2} = 1750 \text{ Kg} = 17,50 \text{ KN}$$

Penampang keritis pertama adalah pada jarak $d = 17,5$ cm dari muka perletakan balok

(setengah bentang = 50 cm)

V_u pada d adalah:

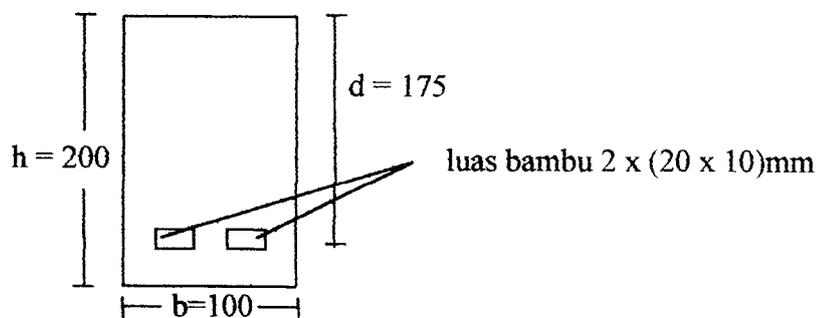
$$\frac{50 - 17,5}{50} \cdot 17,50 = 11,375 \text{ KN}$$

Kapasitas momen adalah:

$$M_u \geq \phi M_n$$

$$5,8333 \text{ KNm} \geq 0,8 \cdot 7,2916 = 5,8333 \text{ KNm}$$

2. Sampel II B (Pakai tonjolan pada pangkal dan ujung)



$$P_{\text{mak}} = 3600 \text{ Kg}$$

$$M_u = \frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{3} L$$

$$= 0,5 \cdot 3600 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1$$

$$= 600,0 \text{ Kgm} = 6,00 \text{ KNm}$$

$$M_n = M_u / \phi, \quad \phi = 0,80$$

$$= 6,0 / 0,80$$

$$= 7,5000 \text{ KNm}$$

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

$$7,5000 \cdot 10^6 = 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot a \cdot (175 - a/2)$$

$$7,5000 \cdot 10^6 = 307094,375 \cdot a - 877,4125 \cdot a^2 \quad (\text{rumus abc})$$

$$a_1 = 323,5838 > h \quad (\text{tidak terpakai})$$

$$a_2 = 26,4162 < h \quad (\text{terpakai})$$

$$T_s = C_c$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot 26,4162$$

$$= 46355,8082 \text{ N}$$

$$f_{\text{bambu}} = T_s / A_s = 46355,8082 / 2 \cdot 20 \cdot 10$$

$$= 115,8895 \text{ MPa}$$

$$a = 26,4162$$

$$M_n = T_s \cdot (d - a/2) = A_s \cdot f_y \text{ bambu} \cdot (d - a/2)$$

$$= C \cdot (d - a/2) = (0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a) \cdot (d - a/2)$$

$$M_{n1} = 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 115,8895 \cdot (d - a/2)$$

$$= 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 115,8895 \cdot (175 - 26,4162/2)$$

$$= 7499,9930 \text{ KNmm.}$$

$$M_{n2} = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot (d - a/2)$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 26,4162 \cdot 100 \cdot (175 - 26,4162/2)$$

$$= 7499,9943 \text{ KNmm}$$

Jadi kuat lentur pada balok persegi pada sampel IIB adalah 7499,9943 KNmm

Kekuatan geser nominal yang diberikan beton adalah

$$V_c = 1/6 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot w \cdot d$$

$$V_c = 1/6 \sqrt{20,645} \cdot 100 \cdot 175 \cdot 10^3 = 13,2524 \text{ KN}$$

Gaya geser karena beban luar adalah:

$$V_u = \frac{P_u}{2} = \frac{3600}{2} = 1800 \text{ Kg} = 18,00 \text{ KN}$$

Penampang keritis pertama adalah pada jarak $d = 17,5 \text{ cm}$ dari muka perletakan balok

(setengah bentang = 50 cm)

V_u pada d adalah:

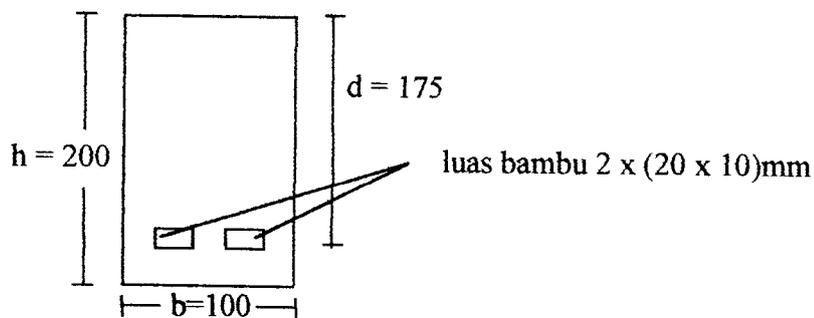
$$\frac{50 - 17,5}{50} \cdot 18,00 = 11,70 \text{ KN}$$

Kapasitas momen adalah:

$$M_u \geq \phi M_n$$

$$6,00 \text{ KNm} \geq 0,8 \cdot 7,4999 = 5,9999 \text{ KNm}$$

3. Sampel II C (Pakai tonjolan pada pangkal dan ujung)



$$P_{mak} = 3400 \text{ Kg}$$

$$M_u = \frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{3} L$$

$$= 0,5 \cdot 3400 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1$$

$$= 566,6667 \text{ Kgm} = 5,6666 \text{ KNm}$$

$$M_n = M_u / \phi, \quad \phi = 0,80$$

$$= 5,6666 / 0,80$$

$$= 7,0833 \text{ KNm}$$

$$M_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a \cdot (d - a/2)$$

$$7,0833 \cdot 10^6 = 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot a \cdot (175 - a/2)$$

$$7,0833 \cdot 10^6 = 307094,375 \cdot a - 877,4125 \cdot a^2 \quad (\text{rumus abc})$$

$$a_1 = 325,1734 > h \quad (\text{tidak terpakai})$$

$$a_2 = 24,8266 < h \quad (\text{terpakai})$$

$$T_s = C_c$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot 24,8266$$

$$= 43566,3384 \text{ N}$$

$$f_{\text{bambu}} = T_s / A_s = 43566,3384 / 2 \cdot 20 \cdot 10$$

$$= 108,9158 \text{ MPa}$$

$$a = 24,8266$$

$$M_n = T_s \cdot (d - a/2) = A_s \cdot f_{\text{bambu}} \cdot (d - a/2)$$

$$= C \cdot (d - a/2) = (0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a) \cdot (d - a/2)$$

$$M_{n1} = 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 108,9158 \cdot (d - a/2)$$

$$= 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 108,9158 \cdot (175 - 24,8266/2)$$

$$= 7083,3042 \text{ KNmm.}$$

$$M_{n2} = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \cdot (d - a/2)$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 24,8266 \cdot 100 \cdot (175 - 24,8266/2)$$

$$= 7083,3072 \text{ KNmm}$$

Jadi kuat lentur pada balok persegi pada sampel IIC adalah 7083,3072 KNmm

Kekuatan geser nominal yang diberikan beton adalah

$$V_c = 1/6 \sqrt{f_c} \cdot b \cdot w \cdot d$$

$$V_c = 1/6 \sqrt{20,645} \cdot 100 \cdot 175 \cdot 10^3 = 13,2524 \text{ KN}$$

Gaya geser karena beban luar adalah:

$$V_u = \frac{P_u}{2} = \frac{3400}{2} = 1700 \text{ Kg} = 17,00 \text{ KN}$$

Penampang keritis pertama adalah pada jarak $d = 17,5 \text{ cm}$ dari muka perletakan balok

(setengah bentang = 50 cm)

V_u pada d adalah:

$$\frac{50 - 17,5}{50} \cdot 17,00 = 11,05 \text{ KN}$$



Kapasitas momen adalah:

$$M_u \geq \phi M_n$$

$$5,6666 \text{ KNm} \geq 0,8 \cdot 7,0833 = 5,6666 \text{ KNm}$$

Dari ketiga sampel II (ABC) dibuat grafik hubungan kenaikan beban engan lendutan (gambar 4.5) dan sket pola retak dan patah dari hasil pengujian lentur (gambar 4.6, 4.7, 4.8)

3. Hasil pengujian lentur sampel III (memakai tiga tonjolan)

Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Lentur Sampel III (Memakai tiga tonjolan)

No	SAMPEL IIIA			SAMPEL IIIB			SAMPEL IIIC		
	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2}mm	P (kg)	w (kg)	δ 10^{-2}mm	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2}mm
1	100	53,5	1	100	53,2	0	100	53,8	6
2	200		5	200		1	200		10
3	300		10	300		3	300		16
4	400		15	400		6	400		25
5	500		20	500		12	500		30
6	600		33	600		20	600		40
7	700		40	700		24	700		45
8	800		45	800		29	800		50
9	900		50	900		35	900		60
10	1000		56	1000		40	1000		95
11	1100		63	1100		45	1100		105
12	1200		74	1200		55	1200		110
13	1300		90	1300		69	1300		114
14	1400		128	1400		73	1400		122
15	1500		139	1500		88	1500		137
16	1600		150	1600		108	1600		143

Lanjutan tabel 4.3

No	SAMPEL IIIA			SAMPEL IIIB			SAMPEL IIIC		
	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2}mm	P (kg)	w (kg)	δ 10^{-2}mm	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2}mm
17	1700	53,5	163	1700	53,2	114	1700	53,8	167
18	1800		185	1800		129	1800		179
19	1900		205	1900		135	1900		193
20	2000		239	2000		153	2000		215
21	2100		242	2100		160	2100		232
22	2200		314	2200		223	2200		257
23	2300		325	2300		240	2300		295
24	2400		358	2400		253	2400		322
25	2500		355	2500		275	2500		358
26	2600		371	2600		282	2600		376
27	2700		385	2700		317	2700		407
28	2800		406	2800		343	2800		425
29	2900		425	2900		369	2900		458
30	3000		446	3000		397	3000		465
31	3100		455	3100		418	3100		482
32	3200		485	3200		—	3200		517
33	3300		—	3300		—	3300		—
34	3400		—	3400		—	3400		—
35	3500		—	3500		*	3500		—
36	3600		*	3600			3600		—
37	3700			3700			3700		*

Keterangan : δ = defleksi ($\times 10^{-2}$ mm)

* = benda uji patah

W = Berat sampel balok beton

— = lendutan tidak terbaca

Dari hasil pengujian lentur ketiga sampel III (ABC) dan pengujian kuat desak beton di dapatkan $f'_c = 20,645$ mpa, Kemudian dilakukan perhitungan kapasitas kemampuan beton untuk menahan geser dan kapasitas momen yang dapat didukung oleh balok sebagai berikut :

1. Sampel IIIA (tulangan memakai tonjolan pada pangkal, tengah dan ujung)

$$P_{mak} = 3600 \text{ Kg}$$

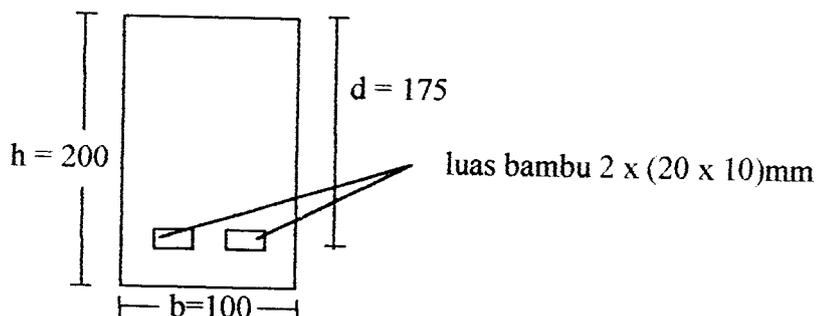
Htungannya sama dengan sampel II B

2. Sampel IIIB (tulangan memakai tonjolan pada pangkal, tengah dan ujung)

$$P_{mak} = 3500 \text{ Kg}$$

Htungannya sama dengan sampel II A

3. Sampel IIIC (tulangan memakai tonjolan pada pangkal, tengah dan ujung)



$$P_{mak} = 3700 \text{ Kg}$$

$$M_u = \frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{3} L$$

$$= 0,5 \cdot 3700 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1$$

$$= 616,6667 \text{ Kgm} = 6,1666 \text{ KNm}$$

$$M_n = M_u / \phi \quad , \phi = 0,80$$

$$= 6,1666 / 0,80$$

$$= 7,7083 \text{ KNm}$$

$$M_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a \cdot (d - a/2)$$

$$7,7083 \cdot 10^6 = 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot a \cdot (175 - a/2)$$

$$7,7083 \cdot 10^6 = 307094,375 \cdot a - 877,4125 \cdot a^2 \quad (\text{rumus abc})$$

$$a_1 = 322,7827 > h \quad (\text{tidak terpakai})$$

$$a_2 = 27,2173 < h \quad (\text{terpakai})$$

$$T_s = C_c$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot 27,2173$$

$$= 47761,5985 \text{ N}$$

$$f_{\text{bambu}} = T_s / A_s = 47761,5985 / 2 \cdot 20 \cdot 10$$

$$= 119,4040 \text{ MPa}$$

$$a = 27,2173$$

$$M_n = T_s \cdot (d - a/2) = A_s \cdot f_{\text{bambu}} \cdot (d - a/2)$$

$$= C \cdot (d - a/2) = (0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a) \cdot (d - a/2)$$

$$M_{n1} = 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 119,4040 \cdot (d - a/2)$$

$$= 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 119,4040 \cdot (175 - 27,2173/2)$$

$$= 7708,3091 \text{ KNmm.}$$

$$M_{n2} = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot (d - a/2)$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 27,2173 \cdot 100 \cdot (175 - 27,2173/2)$$

$$= 7708,3089 \text{ KNmm}$$

Jadi kuat lentur pada balok persegi pada sampel IIIIC adalah 7708,3091 KNmm

Kekuatan geser nominal yang diberikan beton adalah

$$V_c = 1/6 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot w \cdot d$$

$$V_c = 1/6 \sqrt{20,645} \cdot 100 \cdot 175 \cdot 10^3 = 13,2524 \text{ KN}$$

Gaya geser karena beban luar adalah:

$$V_u = \frac{P_u}{2} = \frac{3700}{2} = 1850 \text{ Kg} = 18,50 \text{ KN}$$

Penampang keritis pertama adalah pada jarak $d = 17,5 \text{ cm}$ dari muka perletakan balok
(setengah bentang = 50 cm)

V_u pada d adalah:

$$\frac{50 - 17,5}{50} \cdot 18,50 = 12,025 \text{ KN}$$

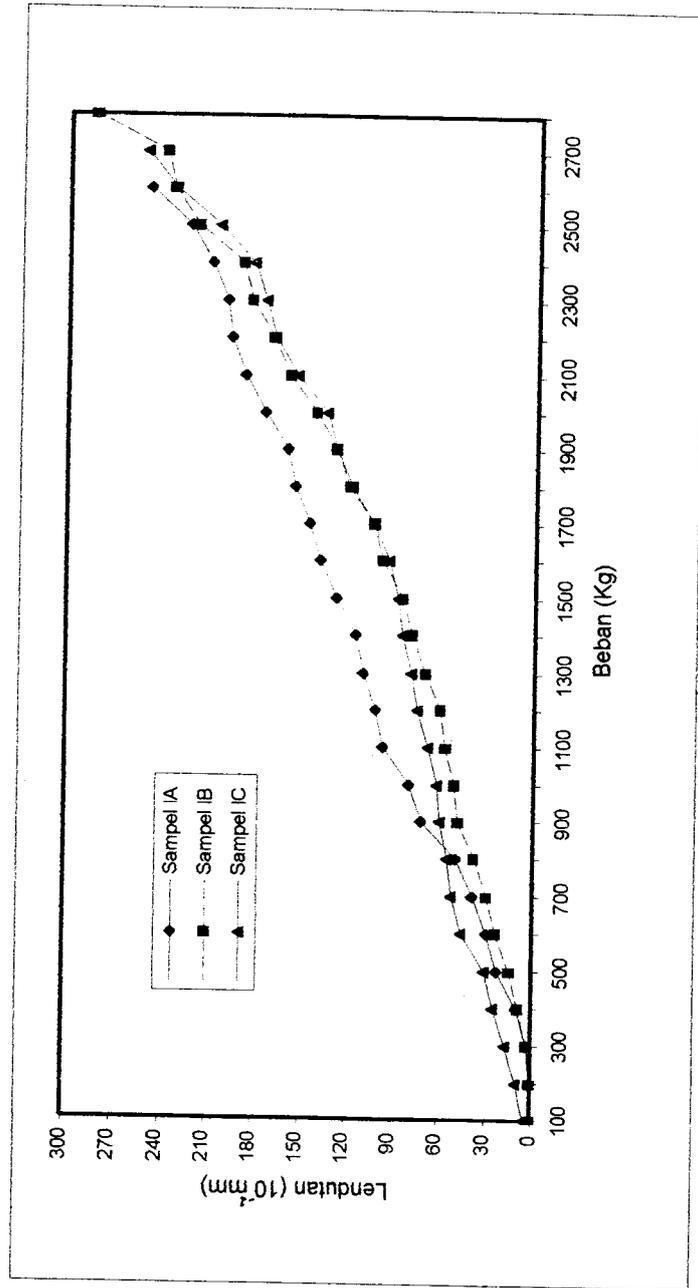
Kapasitas momen adalah:

$$M_u \geq \phi M_n$$

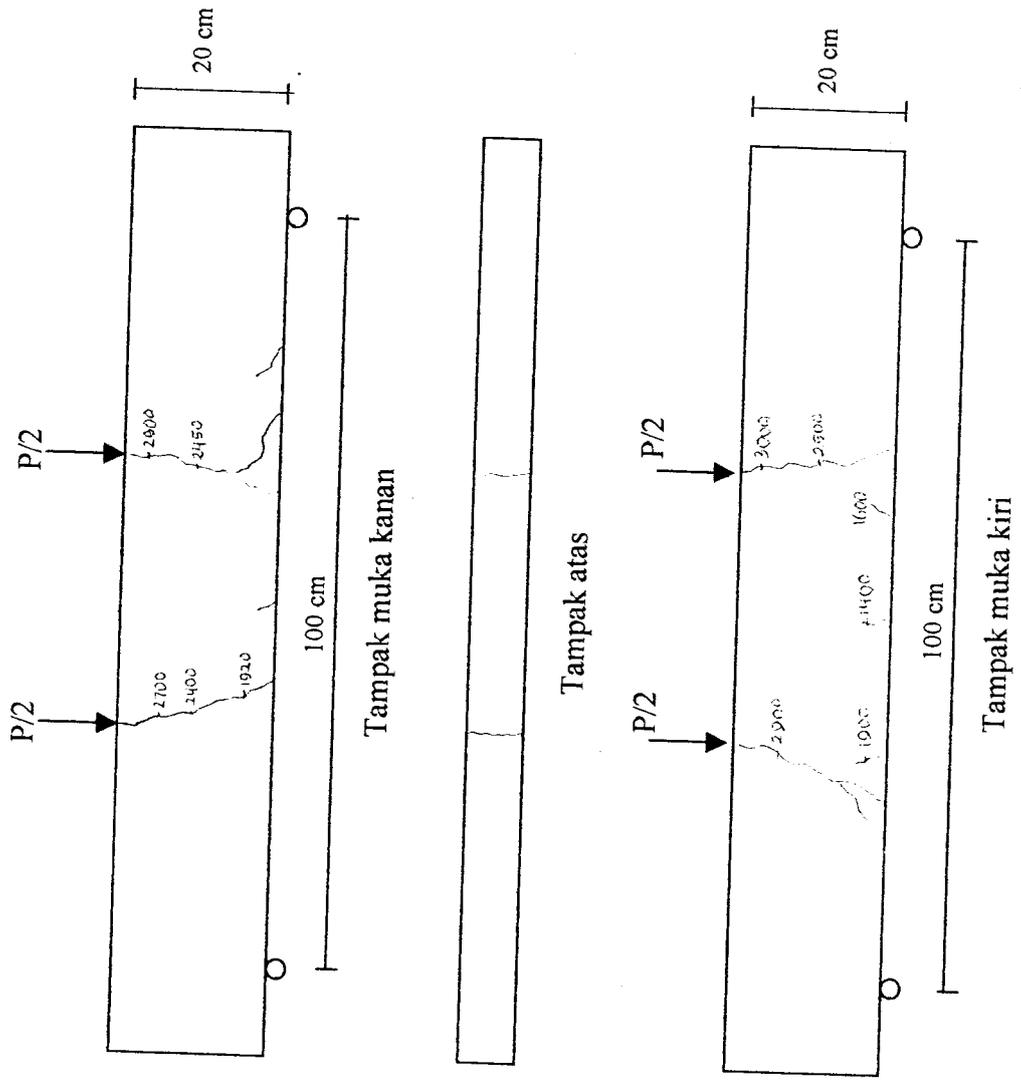
$$6,1666 \text{ KNm} \geq 0,8 \cdot 7,7083 = 6,1666 \text{ KNm}$$

Dari ketiga sampel III (ABC) dibuat grafik hubungan kenaikan beban dengan lendutan (gambar 4.9) dan sket pola retak dan patah dari hasil pengujian lentur (gambar 4.10, 4.11, 4.12,)

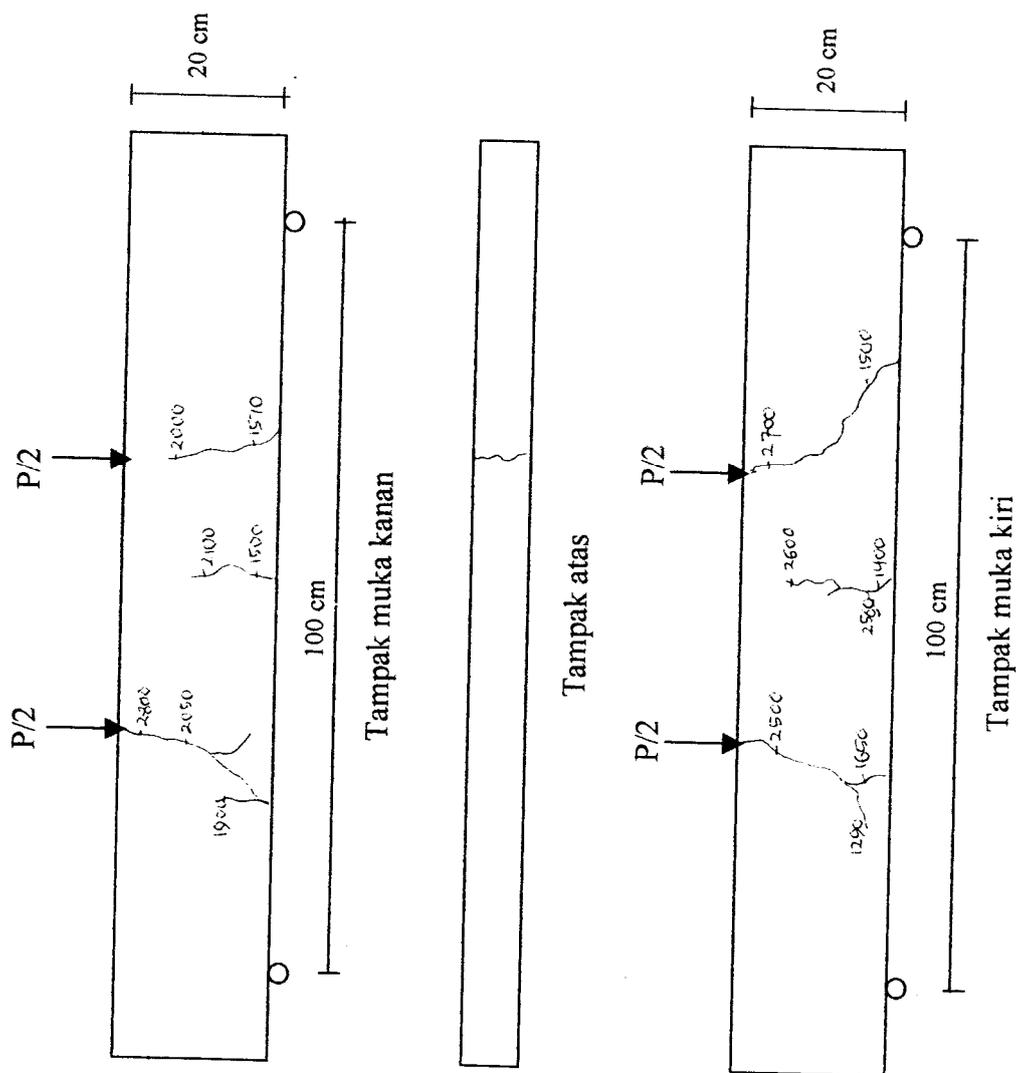
Dari sampel I,II dan III dibuat garafik hubungan sampel dengan kuat momen nominal (M_n) suatu penampang (gambar 4.13).



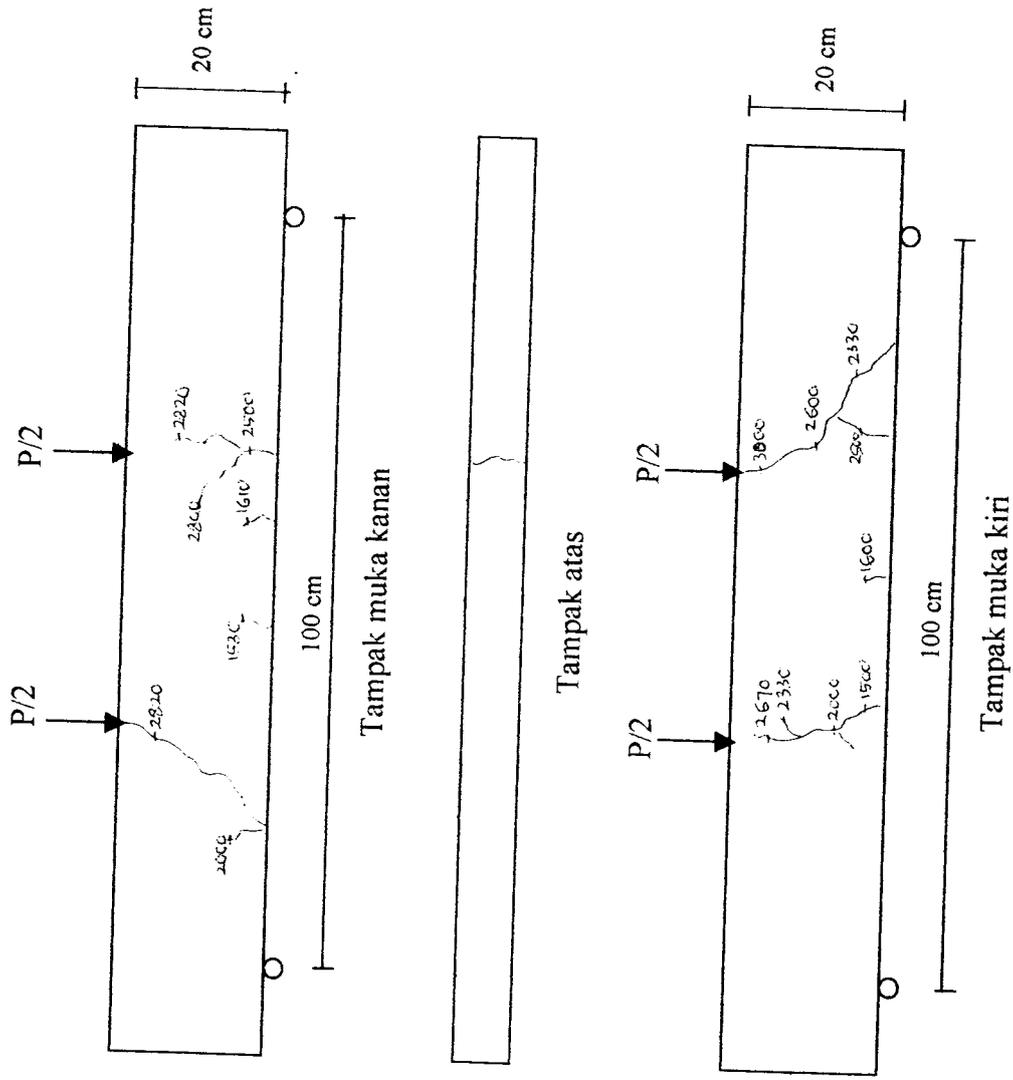
Gambar 4.1. Grafik Hubungan Beban dengan Lendutan Sampel I



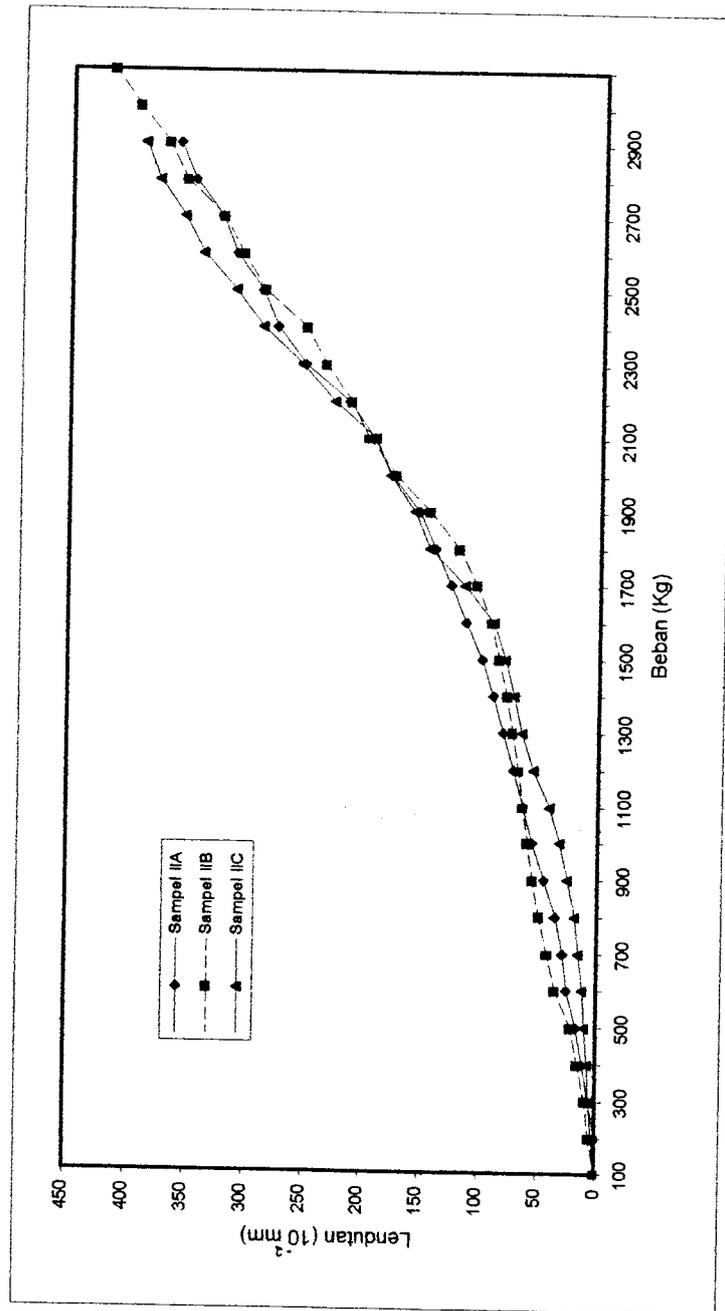
Gambar 4.2 Sket Pola Retak Hasil pengujian Kuat Lentur Sampel 'IA' Pada Kondisi Akhir



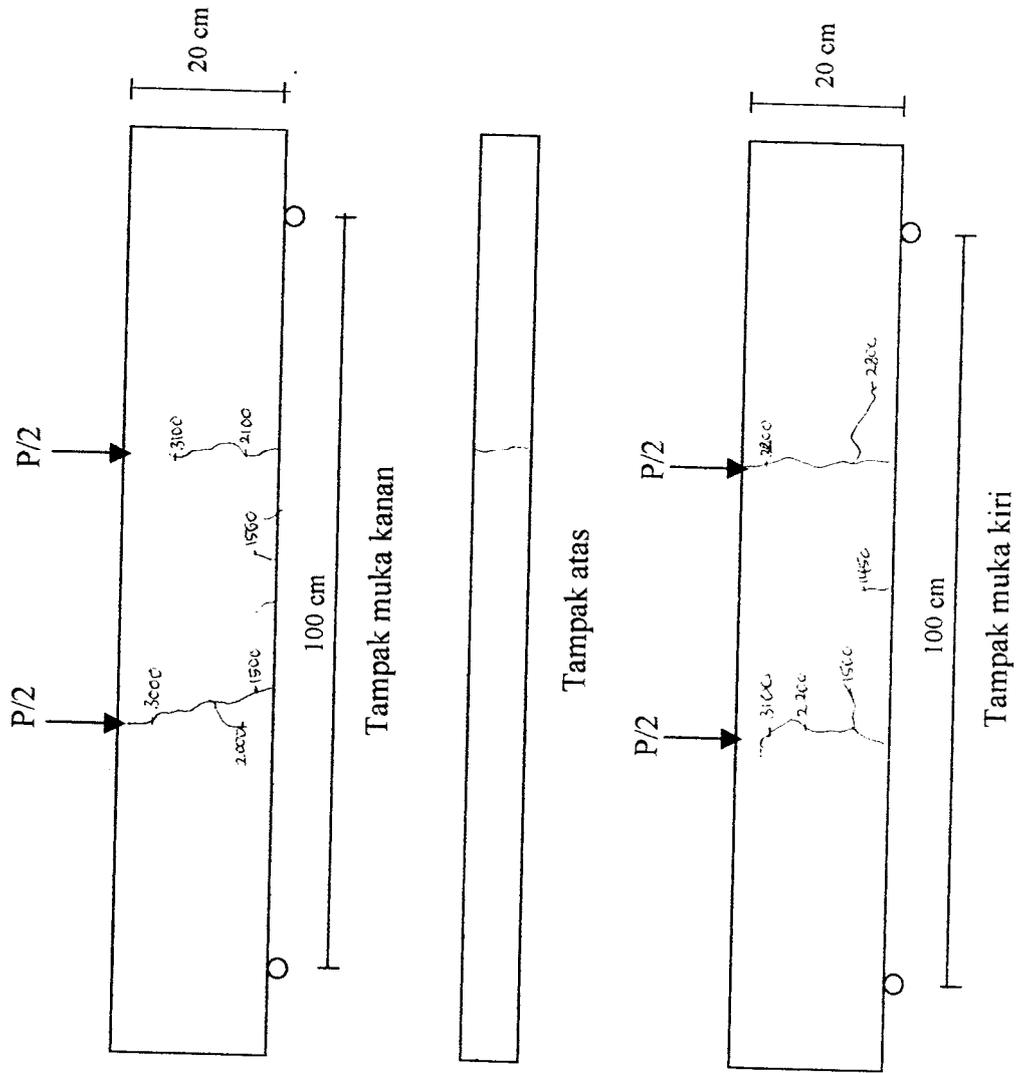
Gambar 4.3 Sket Pola Retak Hasil pengujian Kuat Lentur Sampel "IB" Pada Kondisi Akhir



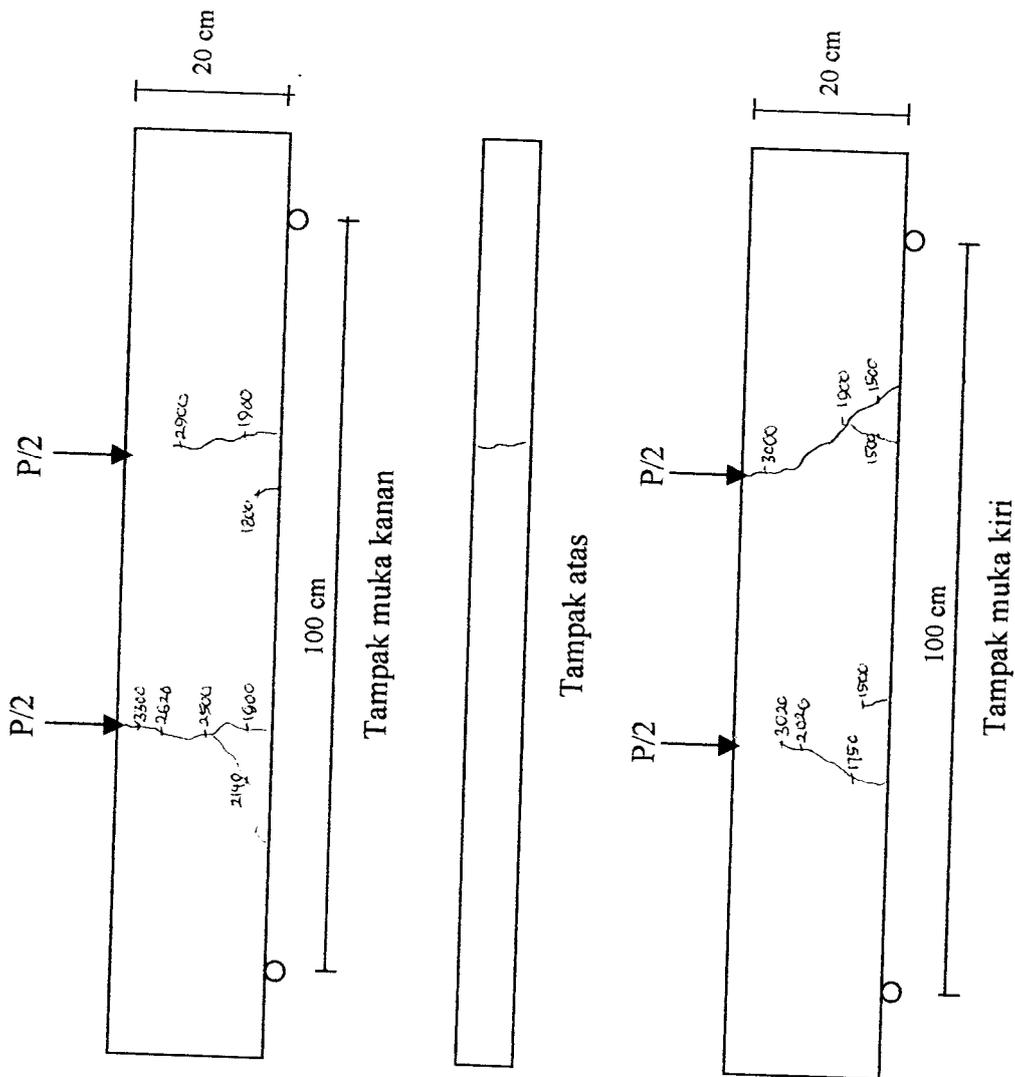
Gambar 4.4 Sket Pola Retak Hasil pengujian Kuat Lentur Sampel "IC" Pada Kondisi Akhir



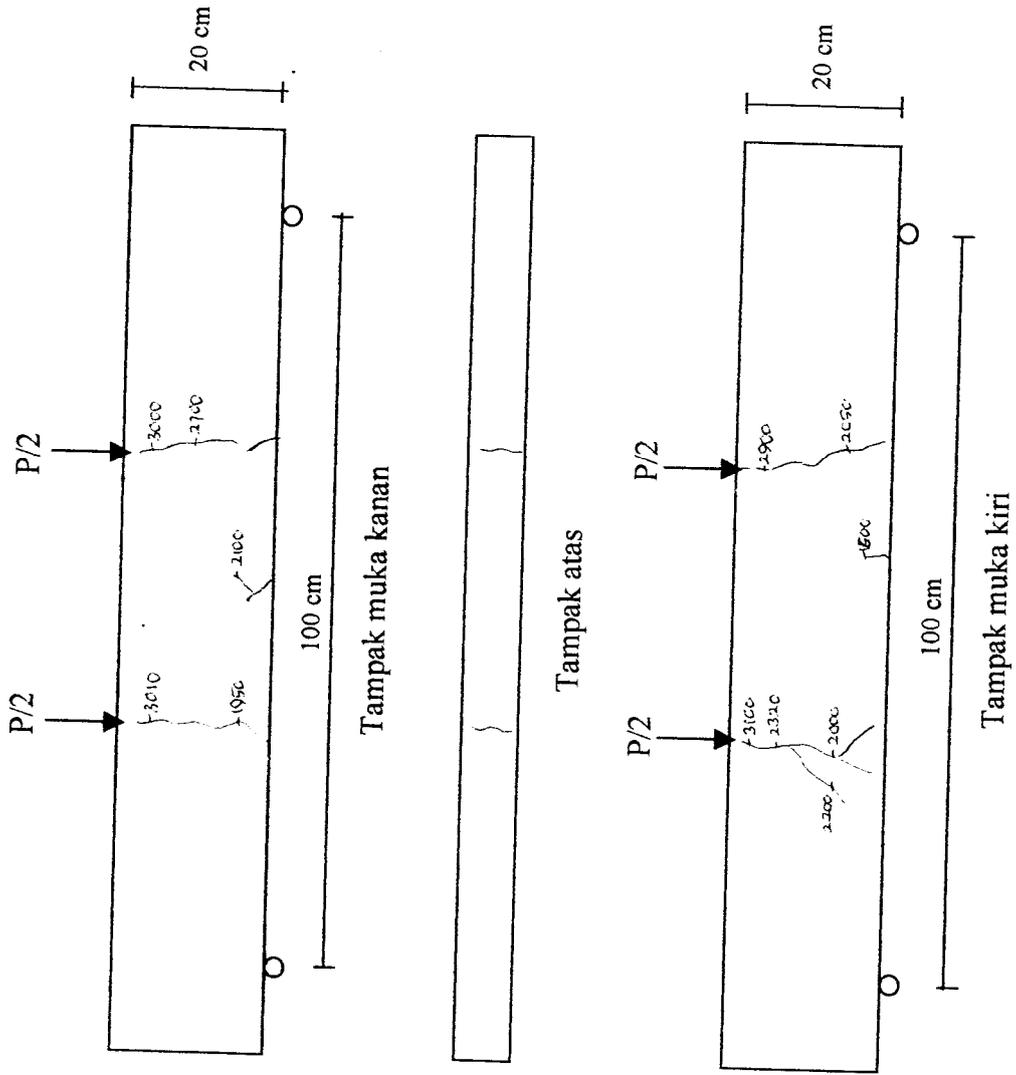
Gambar 4.5. Grafik Hubungan Beban dengan Lendutan Sampel II



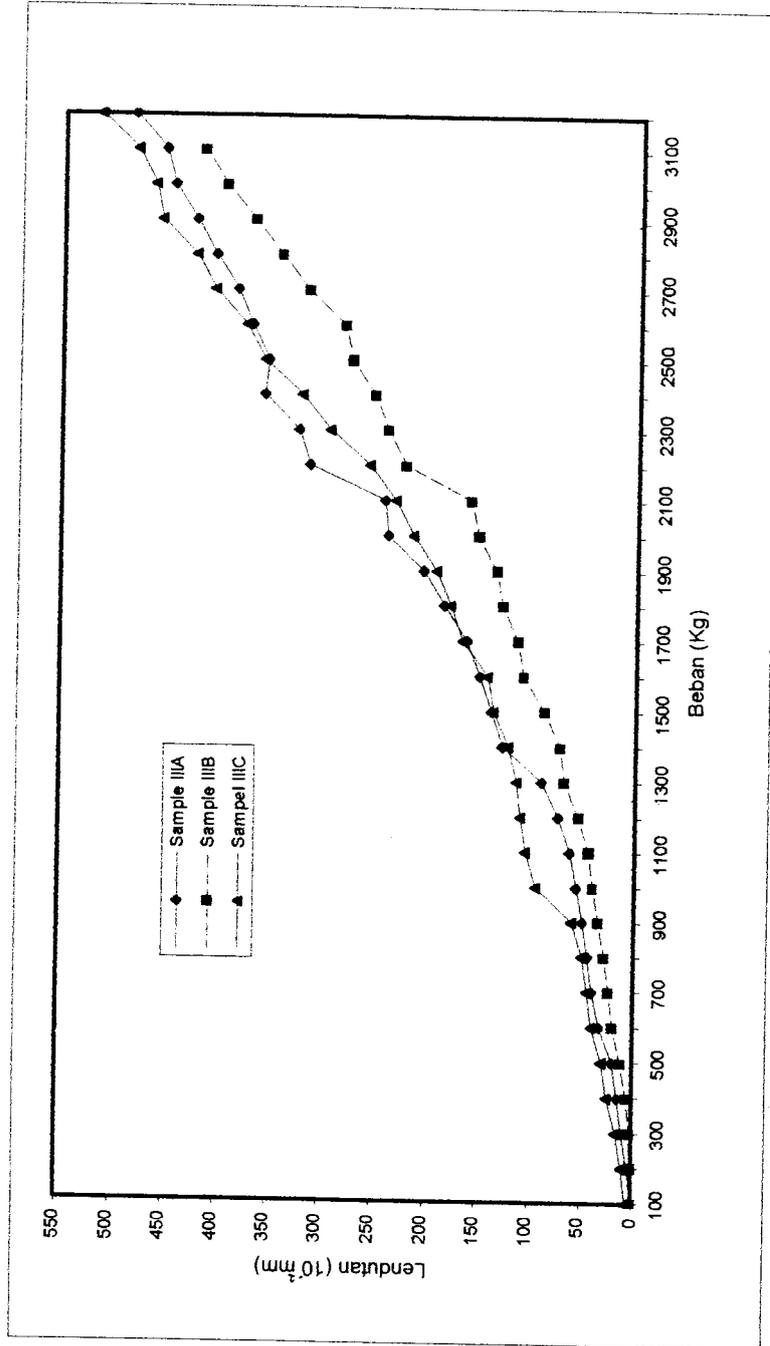
Gambar 4.6 Sket Pola Retak Hasil pengujian Kuat Lentur Sampel "IIA" Pada Kondisi Akhir



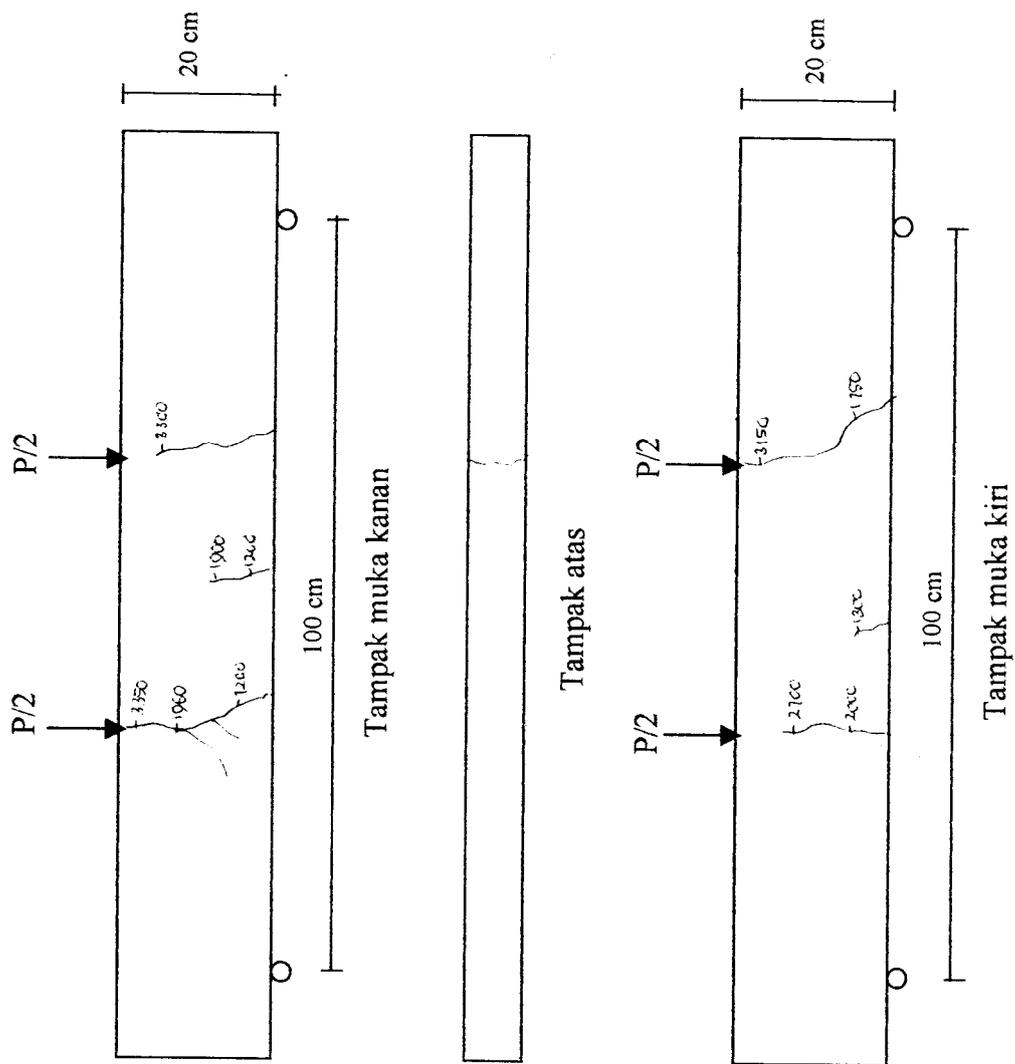
Gambar 4.7 Sket Pola Retak Hasil pengujian Kuat Lentur Sampel "IIB" Pada Kondisi Akhir



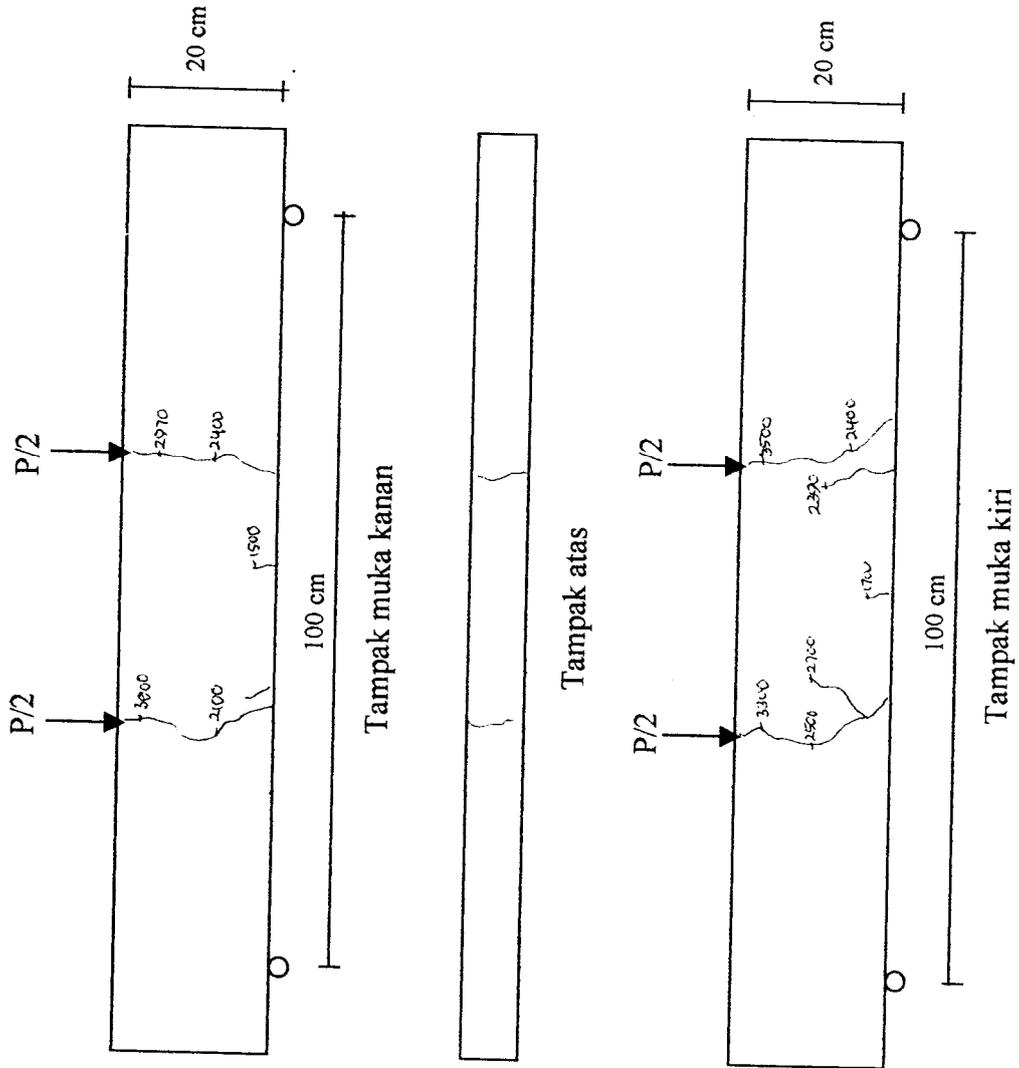
Gambar 4.8 Sket Pola Retak Hasil pengujian Kuat Lentur Sampel "IIC" Pada Kondisi Akhir



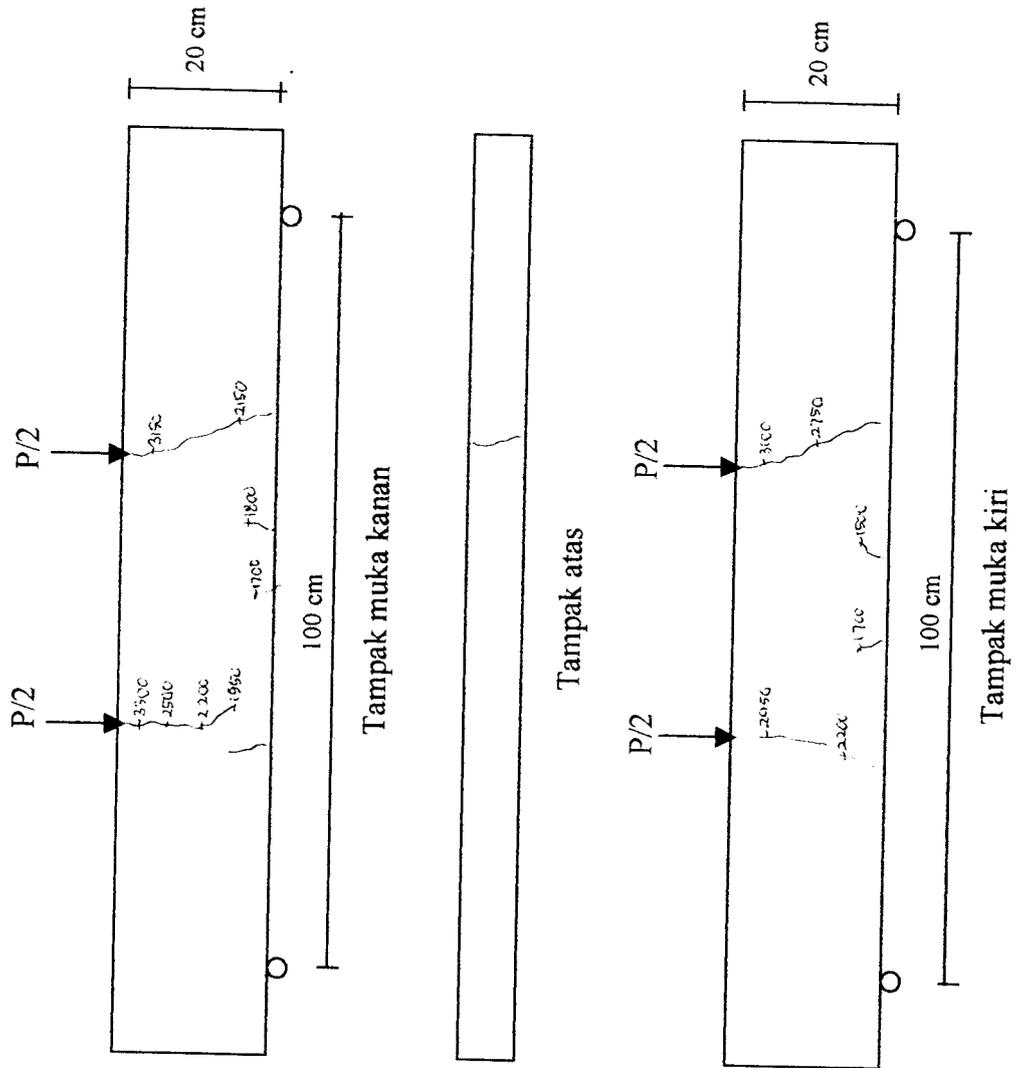
Gambar 4.9. Grafik Hubungan Beban dengan Lendutan Sampel III



Gambar 4.10 Sket Pola Retak Hasil pengujian Kuat Lentur Sampel "IIIA" Pada Kondisi Akhir

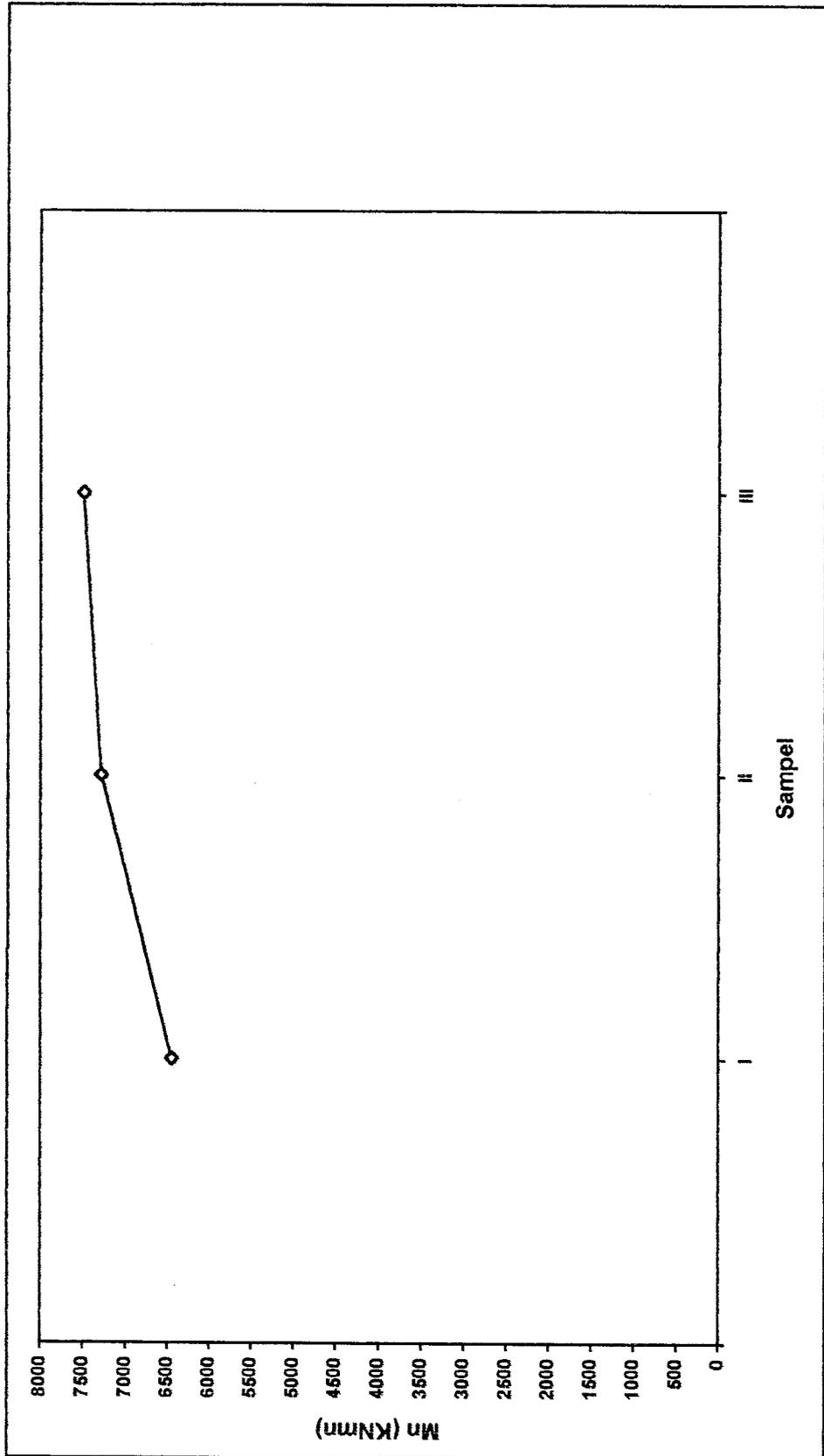


Gambar 4.1.1 Sket Pola Retak Hasil pengujian Kuat Lentur Sampel "IIIB" Pada Kondisi Akhir



Gambar 4.12 Sket Pola Retak Hasil pengujian Kuat Lentur Sampel "IIC" Pada Kondisi Akhir

Grafik 4.13 Hubungan Sampel dengan Mn



4. Hasil pengujian kuat desak beton umur 28 hari

Didalam penelitian ini setiap kali mengadakan campuran beton selalu dibuat benda uji silinder untuk mengetahui kuat desak beton yang dipakai. Hasil pengujian desak beton adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil pengujian kuat desak beton umur 28 hari

No. Sampel	Slump	P max (kg)
1	9	36800
2	8,5	36300
3	9	36500
4	10	35900
5	10	36100
6	9	36000
7	9,5	37000
8	8,5	36900
9	9	37000

Dari hasil pengujian desak beton, selanjutnya dilakukan perhitungan kekuatan tekan benda uji silinder sebagai berikut ini.

$$f_{cr} = \sum_{i=1}^{n=10} f_b = 2041,029 / 9 = 226,781 \text{ kg/m}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (f'_b - f'_c)^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{2018,3100}{8}} = 15,8836 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_c = f_{cr} - 1,28 \cdot S$$

$$= 226,781 - 1,28 \cdot 15,8836$$

$$= 206,45 \text{ kg/cm}^2 = 20,645 \text{ MPa}$$

$$f_c \geq f_c \text{ rencana } 17,5 \text{ MPa}$$

Keterangan:

f'_b = Kekuatan tekan beton yang diperoleh dari masing-masing benda uji (kg/cm^2)

f'_{cr} = Kekuatan tekan beton rata-rata (kg/cm^2)

f'_c = Kekuatan tekan benda uji silinder (kg/cm^2)

S = Daviasi standart (kg/cm^2)

N = Jumlah benda uji

4.2 Pembahasan

Pada dasarnya sifat beton yang getas (*brittle*) tidak mampu menahan tarik, sehingga pemasangan tulangan pada bagian tarik diharapkan mampu mengatasi kelemahan beton tersebut.

Dari hasil pengujian ini, benda uji (balok) dengan tulangan bambu akan mengalami retak-retak terlebih dahulu sebelum akhirnya mengalami keruntuhan pada beban maksimum.

Dengan adanya peningkatan beban yang diberikan pada benda uji (balok) dimana kapasitas batas kekuatan beton terlampaui maka seluruh bagian tarik akan ditahan oleh bambu tulangan dan kemampuan lekatan antara bambu tulangan dengan beton.

Nilai slump yang ditetapkan dalam penelitian ini, yaitu antara 7,5 – 15 cm pada masing-masing benda uji, dengan maksud agar mutu beton sesuai dengan rencana. Sebagai mana diketahui, dalam pelaksanaan dilapangan untuk membuat campuran beton dilaksanakan berkali-kali karena kemampuan mengaduk dari mesin pengaduk (molen) terbatas, kecuali apabila ada mesin pengaduk yang lebih besar. Pembuatan

beton yang dilakukan berulang-ulang akan membuat mutu beton yang berbeda-beda, sehingga didapatkan hasil uji yang berbeda juga.

Mengacu pada data tabel dan pola retak yang terjadi, dapat dibuat grafik perbandingan kenaikan beban dan lendutan serta grafik perbandingan variasi benda uji dan kapasitas momen maksimum (M_n) dengan membandingkan sampel "I" (untuk benda uji dengan tulangan tanpa tonjolan), sampel "II" (untuk benda uji dengan tulangan diberi tonjolan pada pangkal dan ujung), dan sampel "III" (untuk benda uji dengan tulangan diberi tonjolan pada pangkal, tengah dan ujung). Seperti terlihat pada gambar

Dengan melihat grafik, ternyata balok sampel "III" mempunyai kekuatan yang lebih besar dalam menahan beban dibandingkan sampel "I" dan "II" begitu pula sampel "II" lebih mampu menahan beban dibandingkan sampel "I". Ini menunjukkan bahwa banyaknya tonjolan yang diberikan pada tulangan bambu mampu memperkuat lekatan antara bambu tulangan dengan beton.

Bila dilihat dari grafik, kenaikan beban dengan lendutan pada masing-masing sampel, maka terlihat bahwa lendutan maksimum yang terjadi pada sampel "III" lebih besar dari sampel "II" dan "I". Lendutan maksimum yang terjadi pada sampel "II" lebih besar dari sampel "I". Ini menunjukkan bahwa besarnya kemampuan lekatan antara bambu tulangan dengan beton berpengaruh terhadap kelenturan balok.

4.2.1 Kuat Desak Beton

Kuat desak beton dipengaruhi oleh komposisi dan kekuatan masing-masing bahan susun dan lekatan pasta semen pada agregat. Kuat desak beton secara umum cukup besar dan sifat inilah yang paling menonjol pada beton.

Pada pelaksanaan pengujian kuat desak beton terlihat, bahwa beton hancur dengan beban maksimum yaitu benda uji akan pecah dan pecahan beton akan saling terlepas.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ternyata kuat desak beton bervariasi tetapi tidak dibawah mutu beton yang direncanakan.

4.2.2 Kuat Lentur Beton dengan Tulangan Bambu

Kuat lentur beton diketahui dengan melakukan pengujian benda uji yang diletakkan pada dua sendi rol dan diberikan dua buah gaya pada sisi atas benda uji tersebut.

Dari hasil pengujian lentur, ternyata letak patah untuk benda uji sampel "I", sampel "II" dan sampel "III" sesuai dengan yang diharapkan. Kuat lentur maksimum tercapai pada benda uji sampel "III".

Pada pengujian terlihat, bahwa beton bertulangan bambu yang telah mengalami retak pertama, masih mempunyai kemampuan meningkatkan kuat lentur. Karena retakan yang terjadi akibat tarik tersebut ditahan oleh tulangan bambu pada beton tersebut. Akibatnya pada batas kemampuan yang maksimum, untuk semua sampel, beton tersebut akan mengalami keruntuhan secara total, karena bambu tidak mempunyai regangan leleh.

Retak miring akibat geser dibadan balok beton bertulang dapat terjadi tanpa disertai retak akibat lentur disekitarnya, atau dapat juga sebagai kelanjutan proses retak lentur yang telah mendahuluinya.

Proses terjadinya retak lentur umumnya cenderung merambat dimulai dari tepi bawah balok menjalar masuk kedalam badan balok diantara dua pembebanan yang

terjadi dengan arah hampir vertikal. Proses tersebut terus berlanjut tanpa mengakibatkan berkurangnya tegangan sampai tercapainya suatu kombinasi kritis tegangan lentur dan geser diujung salah satu retak terdalam, terjadinya tegangan geser cukup besar yang kemudian mengakibatkan terjadinya retak miring. Pada balok beton betulang, tulangan bambu akan bertugas sepenuhnya menahan gaya tarik yang timbul akibat lentur. Apabila beban yang bekerja terus meningkat, tegangan tarik dan geser juga akan meningkat seiring dengan beban.

4.2.3 Perilaku Lentur Penampang dengan Penulangan Bambu

Dari hasil penelitian seperti ditunjukkan pada tabel 4.1, 4.2 dan 4.3 dari sejumlah benda uji sampel "I", "II" dan "III" memperlihatkan adanya perbedaan kemampuan dalam menahan beban. Kemudian pada pola retak dan patah yang terjadi memperlihatkan suatu ragam keruntuhan.

Dari hasil penelitian kuat tekan beton didapatkan f'_c sebesar 20,645 MPa selanjutnya dihitung kapasitas kemampuan beton (tanpa penulangan geser) untuk menahan geser sebagai berikut ini

$$V_c = 1/6 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \quad 4.1$$

Perhitungan geser terhadap beban dari hasil pengujian ternyata penampang sampel "I", "II" dan "III" gaya geser yang terjadi cukup kecil sehingga retak yang terjadi masih menunjukkan retak lentur dan retak ini cenderung merambat diluar sepertiga bentang tengah.

Bab V

Kesimpulan Dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pembuatan beton dengan campuran yang berulang-ulang akan memberikan mutu beton yang berbeda-beda.
2. Pemakaian bambu petung sebagai tulangan yang digunakan untuk beton struktur ringan, dari hasil pengujian lentur didapat kuat tarik bambu petung yang diberi tonjolan terutama sampel III mempunyai kekuatan relatif besar dibandingkan pada sampel II dan sampel I. Ini menunjukkan bahwa banyaknya tonjolan yang diberikan pada tulangan bambu mampu memperkuat lekatan antara bambu tulangan dengan beton.
3. Dari pengujian lentur benda uji balok pada sampel III yang memakai tiga tonjolan mempunyai kemampuan menahan beban sebesar 3600 Kg, dibanding sampel II menahan beban sebesar 3500 Kg dan sampel I menahan beban sebesar 3100 Kg. Ditinjau dari pola retak dan patah, keretakan dimulai dengan terbentuknya retak-retak lentur vertikal ditengah bentang. Bila beban ditingkatkan akan menyebar keadaerah, dengan momen yang kecil tetapi gaya geser yang lebih besar, sehingga terjadi keretakan geser lentur.
4. Retak-retak yang terjadi pada benda uji ditahan oleh tulangan dengan dua cara yaitu kemampuan lekatan antara tulangan dengan pasta semen dan kekuatan dari tulangan itu sendiri.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang dilaksanakan, dapat memberikan saran yang berguna antara lain dibawah ini:

1. Untuk mendapatkan hasil penelitian yang baik hendaknya dalam pelaksanaan pengecoran hendaknya dilakukan pemadatan yang baik jika memungkinkan menggunakan alat vibrator ukuran kecil dan diusahakan menggunakan mutu beton yang sama, pemasangan bambu tulangan yang satu dengan yang lain pada balok beton ruasnya dibuat bersilangan atau zig-zag. Apabila pelaksanaan pengecoran dilaksanakan dimusim hujan, usahakan penempatan material diletakkan ditempat yang terlindung dari genangan air hujan agar tidak mempengaruhi besarnya faktor air semen.
2. Perlunya ditindak lanjuti penelitian ini, mengenai jumlah tulangan, pemakaian sengkang pada bambu dan dimensi benda uji diperpanjang sehingga diperlukan alat uji yang memadai serta alat dial (pembaca lendutan) agar beban maksimum lendutan terbaca.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, Departemen Pekerjaan Umum, 1971, Peraturan Beton Bertulang Indonesia, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Dirjen Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
2. Anonim, Departemen Pekerjaan Umum, 1991, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SK SNI T – 15 – 1991 – 03, Yayasan , LPBM, Bandung.
3. Anonim, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, 1982, Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI), Badan Penelitian dan Pengembangan, Bandung.
4. Dipohusodo Istimawan, 1994, Struktur beton Beton Bertulang, Berdasarkan SK SNI 91, PT. Gramedia, Jakarta.
5. Epsiloy, Z.B, 1985, Phisyco – Mechanical and Properties Anatomical Structure Relationships of some Philippine Bambos, Forrest Product Reseach and Development Institute, NSTA, College, Laguna, Philippine.
6. Ghavami, K. 1986, Proceedings of the int'l Bambo Workshop.
7. Janssen, J.J.A, 1988, Building With Bambo, University of Technology, Nedherlands.
8. Liese, W. 1980, Anatomi of Bambo, Dalam Reseach, G and Chouinard, A Bambo Research in Asia, IDRC, Ottawa, Canada.
9. Limaye, V.D, 1952, Strength of Bambo, Forrest Reseach Institute, Dahradun.
10. Nawi, Edward, G, 1990, Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar, PT. Eresco, Bandung.
11. Pengajab Waliyudin, 1994, Perilaku mekanika Bambo, Tugas Akhir, JTS, FT. UGM, Yogyakarta.
12. Soenardi, P, 1976, Sifat-Sifat Mekanika Kayu, Yayasan Pembina Kehutanan, UGM, Yogyakarta.
13. Soenardi, P, 1988, Proceedings of the int'l Bambo Workshop.

LAMPIRAN

Tabel 1. Hubungan faktor air semen dan kuat tekan rata-rata silinder beton pada umur 28 hari.

Faktor Air Semen (fas)	Perkiraan kuat tekan rata-rata (Mpa)
0,35	42
0,4	35
0,53	28
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

Tabel.2. Faktor air semen maksimum.

Keterangan	Fas
1. Beton di dalam ruangan bangunan :	
a. Keadaan keliling non korosif	0,60
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	0,52
2. Beton di luar bangunan :	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
3. Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	0,52
4. Beton yang kontinu berhubungan dengan air	
a. Air tawar	0,57
b. Air laut	0,52

Tabel.3. Nilai slump (cm)

Pemakaian beton	Maks	Min
1. Dinding, plat fondasi, dan fondasi telapak bertulang	12,5	5,0
2. Fondasi telapak tidak bertulang, coison, dan struktur di bawah tanah	9,0	2,5
3. Plat, balok, kolom, dan dinding	15,7	7,5
4. Pengerasan jalan	7,5	5,0
5. Pembetonan masal	7,5	2,5

Tabel.4. Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat (liter).

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

Tabel.5. Perkiraan kebutuhan agregat kasar per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus pasirnya, dalam m³

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

Menghitung Berat Jenis Pasir (SSD).

1. Berat pasir = 400 gr

Volume pasir = 150 cc

$$\begin{aligned} \text{Bj pasir} &= \frac{400}{150} \\ &= 2,6667 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

2. Berat pasir = 400 gr

Volume pasir = 150 cc

$$\begin{aligned} \text{Bj pasir} &= \frac{400}{150} \\ &= 2,6777 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

Berat jenis pasir rata-rata = $2,6777 \text{ t/m}^3$

Menghitung Berat Jenis Kerikil (SSD).

1. Berat kerikil = 400 gr

Volume kerikil = 150 cc

$$\begin{aligned} \text{Bj kerikil} &= \frac{400}{150} \\ &= 2,6777 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

2. Berat kerikil = 400 gr

Volume kerikil = 152 cc

$$\begin{aligned} \text{Bj kerikil} &= \frac{400}{152} \\ &= 2,632 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

$$3. \text{ Berat kerikil} = 116 \text{ gr}$$

$$\text{Volume kerikil} = 42 \text{ cc}$$

$$\begin{aligned} \text{Bj kerikil} &= \frac{116}{42} \\ &= 2,762 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

$$4. \text{ Berat krikil} = 115 \text{ gr}$$

$$\text{Volume kerikil} = 42 \text{ cc}$$

$$\begin{aligned} \text{Bj kerikil} &= \frac{115}{42} \\ &= 2,738 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis kerikil rata-rata} &= (1+2+3+4) / 4 \\ &= (2,6777+2,632+2,762+2,738) / 4 \\ &= 2,70 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

Menghitung Berat Jenis Kerikil Kering Tusuk (SSD)

$$1. \text{ Berat silinder} = 5,2 \text{ kg}$$

$$\text{Berat silinder} + \text{kerikil} = 13,3 \text{ kg}$$

$$\text{Berat kerikil} = 8,1 \text{ kg}$$

$$\text{Volume silinder} = 5,29875 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis kerikil kering tusuk} &= 8,1 / 5,29875 \\ &= 1,513 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

$$2. \text{ Berat silinder} = 5,2 \text{ kg}$$

$$\text{Berat silinder + kerikil} = 13,1 \text{ kg}$$

$$\text{Berat kerikil} = 7,9 \text{ kg}$$

$$\text{Volume silinder} = 5,29875 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis kerikil kering tusuk} &= 7,9 / 5,29875 \\ &= 1,491 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis kerikil kering tusuk rata-rata} &= (1+2) / 2 \\ &= (1,513 + 1,491) \\ &= 1,509 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

Contoh dari : Kali Boyong, Yogyakarta.
 Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir
 Jenis Agregat : Agregat Halus
 Diterima Tgl : 6 Desember 1998
 Selesai Tgl : 6 Desember 1998

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan		BERAT TERTAHAN		JUMLAH PERSEN (%)		SPESIFIKASI	
mm	inch	tertahan	Jumlah	tertahan	lolos	Min	Max
4,75	#4	168	168	10,30	89,70		
2,36		87	255	15,63	84,37		
1,18		149	404	24,77	75,23		
0,600		416	820	50,27	49,73		
0,300		321	1141	69,95	30,05		
0,150		331	1472	90,25	9,75		
PAN		159	1631	100,00	0		
					338,83		

$$mhb = \frac{338,83}{100} = 3,38$$

Keterangan : _____
 Tanggal : _____
 Diperiksa oleh : _____

Yogyakarta, 6 Desember 1998
 a/n. Kepala Lab. Jalan Raya

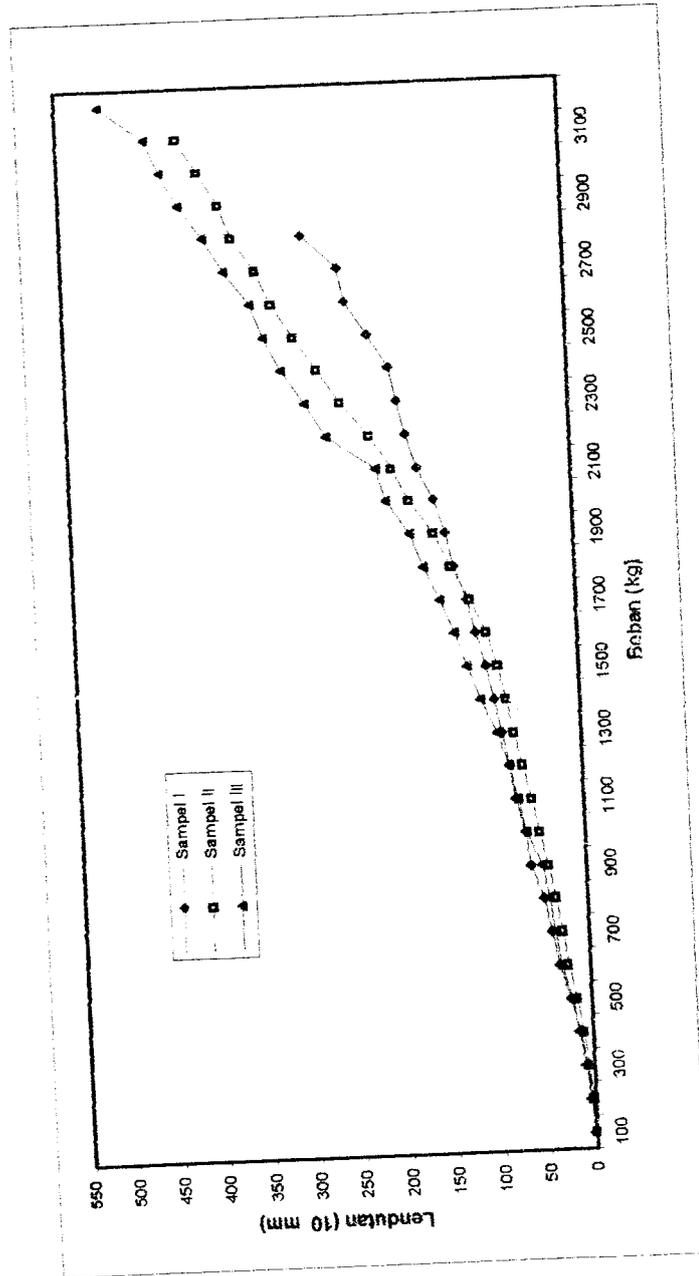

 (Sukanto HM)
 Teknisi Lab.

Tabel 4.5. Data Rata-Rata Hasil Pengujian Lentur Sampel I, II dan III

No.	Sampel I			Sampel II			Sampel III		
	P (kg)	W (kg)	δ $10^{-2}mm$	P (kg)	W (kg)	δ $10^{-2}mm$	P (kg)	W (kg)	δ $10^{-2}mm$
1	100	53.03	1.67	100	53.2	0	100	53.5	2.33
2	200		4	200		2.67	200		5.33
3	300		7.67	300		6.67	300		9.67
4	400		14.67	400		11	400		15.33
5	500		23	500		16.33	500		20.67
6	600		33.33	600		24	600		31
7	700		40.33	700		28.67	700		36.33
8	800		47.67	800		34.33	800		41.33
9	900		60.33	900		41.67	900		48.33
10	1000		64.33	1000		49.33	1000		63.67
11	1100		74	1100		56.33	1100		71
12	1200		79	1200		65	1200		79.67
13	1300		86.33	1300		73	1300		91
14	1400		93	1400		80	1400		107.67
15	1500		100.33	1500		88.33	1500		121.33
16	1600		110.33	1600		98.67	1600		133.67
17	1700		118	1700		115.67	1700		148
18	1800		131	1800		135	1800		164.33
19	1900		139.33	1900		152.33	1900		177.67
20	2000		150.67	2000		177	2000		202.33
21	2100		167	2100		194.33	2100		211.33
22	2200		178.67	2200		218.33	2200		264.67
23	2300		186.33	2300		248	2300		286.67
24	2400		194.33	2400		272.67	2400		311
25	2500		216	2500		297	2500		329.33
26	2600		239.67	2600		319.67	2600		343

Lanjutan Tabel 4.5

No.	Sampel I			Sampel II			Sampel III		
	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2}mm	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2}mm	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2}mm
27	2700	53.03	246	2700	53.2	335.33	2700	53.5	369.67
28	2800		285	2800		360.33	2800		391.33
29	2900		-	2900		373.67	2900		417.33
30	3000		-	3000		395	3000		436
31	3100		-	3100		417	3100		451.67
32	3200		-	3200		-	3200		501
33				3300		-	3300		-
34				3400		-	3400		-
35				3500		-	3500		-
36				3600		-	3600		-
37							3700		-



Gambar 4.13. Grafik Hubungan Beban dengan Lentutan untuk Rata-Rata Sampel I, II dan III