

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI PANJANG DAN PROSENTASE SERAT TERHADAP KUAT GESER PADA BETON BERTULANG



Disusun Oleh :

ERNA SUKMAWATI

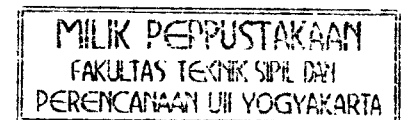
No. Mhs. : 95 310 103

NIRM : 950051013114120101

ARI HERAWATI

No. Mhs. : 95 310 197

NIRM : 950051013114120194



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

2001

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**PENGARUH VARIASI PANJANG DAN PROSENTASE
SERAT TERHADAP KUAT GESER
PADA BETON BERTULANG**

disusun oleh :

Nama : Erna Sukmawati
No.Mhs : 95 310 103

Nama : Ari Herawati
No.Mhs : 95 310 197

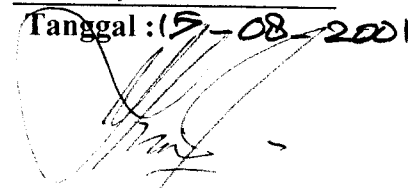
Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. Moch. Teguh, MSCE
Dosen Pembimbing I

Ir. Ilman Noor, MSCE
Dosen Pembimbing II



Tanggal : 15-08-2001



Tanggal : 15-08-2001

PRAKATA

Bismillahirrohmanirrahim

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT, berkat rahmat dan hidayah-Nya laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam mencapai gelar Strata 1 (S1), sesuai dengan kurikulum Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir ini, banyak sekali masalah yang ditemui untuk dipelajari dan dikaji. Tugas akhir ini diharapkan dapat meningkatkan khasanah ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya bidang studi Teknik Sipil Struktur dan diharapkan dapat diterapkan di lapangan.

Selama menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini, berbagai pihak telah membantu dan mengatasi segala kesulitan yang dihadapi. Oleh karena itu dalam kesempatan ini ucapan terima kasih ditujukan kepada :

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE, Ph. D., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
2. Bapak Ir. H. Munadhir, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
3. Bapak Ir. H. Moch. Teguh, MSCE, selaku Dosen Pembimbing I,
4. Bapak Ir. H. Ilman Noor, MSCE, selaku Dosen Pembimbing II,

5. Bapak Ir. Andi Buntaro, selaku Pimpinan PT Sika Nusa Pratama, Yogyakarta,
6. teman-teman Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, yang telah membantu tersusunnya laporan ini yang tidak dapat penyusun sebutkan satu-persatu.

Semoga budi baik semua pihak yang telah memberikan bantuannya, mendapat balasan dari Allah SWT sesuai dengan amal perbuatannya yang diberikan.

Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat untuk menambah referensi ilmu pengetahuan bagi semua pihak.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Mei 2001

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
PRAKATA.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
ABSTRAK.....	xi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Pokok Masalah	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Hipotesis	3
1.7 Batasan Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Dasar Struktur Beton Bertulang	6
2.2 Macam, Jenis dan Sifat Dasar Serat	7
2.3 Pengaruh Bahan Tambah Serat Terhadap Kualitas Beton	8

2.4 Cara Pembuatan Beton Serat	13
BAB III. LANDASAN TEORI	15
3.1 Umum	15
3.2 Material Penyusun Beton.....	16
3.2.1 Semen.....	16
3.2.2 Agregat Halus.....	17
3.2.3 Agregat Kasar.....	18
3.2.4 Air	19
3.2.5 Bahan Serat	20
3.2.6 Bahan Campuran Tambahan.....	21
3.3 Metode Perencanaan Adukan Beton	21
3.4 Geser Pada Balok Beton Bertulang Konvensional.....	26
3.5 Geser Pada Balok Beton Bertulang Serat.....	30
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	31
4.1 Standar Uji dan Spesifikasi Bahan	31
4.2 Alat-alat yang Digunakan	33
4.3 Model Benda Uji	35
4.4 Prosedur Penelitian.....	40
4.5 Pelaksanaan Penelitian	43
4.5.1 Perencanaan Campuran Beton.....	43
4.5.2 Pembuatan Campuran Beton	46
4.5.3 Pengujian Slump.....	47

4.5.4	Komposisi Benda Uji.....	47
4.5.5	Rawatan Benda Uji.....	49
4.5.6	Pengujian Benda Uji.....	50
BAB V.	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	53
5.1	Hasil Penelitian.....	53
5.1.1	Hasil Uji Kuat Tarik Baja.....	53
5.1.2	Hasil Uji Kuat Desak Beton	54
5.1.3	Hasil Uji Kuat Geser	55
5.1.3.1	Balok Geser.....	55
5.1.3.2	Model Geser.....	60
5.2	Pembahasan	61
5.2.1	Kuat Tarik Baja	61
5.2.2	Kuat Desak Beton.....	61
5.2.3	Perilaku Geser Balok.....	62
5.2.4	Perilaku Geser Murni Pada Model Geser	72
5.2.5	Pola-pola Keruntuhan Geser.....	73
5.2.6	Kuat Geser Beton.....	74
BAB VI.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	77
6.1	Kesimpulan.....	77
6.2	Saran.....	78
	DAFTAR PUSTAKA	80
	LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Bentuk Geometri Serat Baja	8
Gambar 2.2 Perbaikan Daktilitas dari Beton Serat.....	9
Gambar 2.3 Perbaikan Ketahanan Kejut dari Beton Serat	10
Gambar 2.4 Perbaikan Perilaku Tarik Aksial dari Beton Serat.....	11
Gambar 2.5 Penambahan Serat pada Adukan Beton dengan Orientasi Random.....	14
Gambar 3.1 Keadaan Geser Murni	27
Gambar 3.2 Jenis-jenis Retak Miring.....	27
Gambar 3.3 Restribusi Perlawanan Geser sesudah Terbentuknya Retak Miring.....	28
Gambar 3.4 Aksi Busur Pelengkung.....	29
Gambar 3.5 Variasi di dalam Kekuatan Geser sesuai dengan a/d Balok- Balok Persegi.....	30
Gambar 4.1 Skema Rencana Benda Uji Silinder Beton.....	35
Gambar 4.2 Skema Benda Uji Model Geser Beton.....	36
Gambar 4.3 Skema Rencana Benda Uji Geser Balok Beton.....	36
Gambar 5.1 Grafik Hubungan Defleksi dan Beban	58
Gambar 5.2 Grafik Hubungan Defleksi dan Beban.....	59
Gambar 5.3 Grafik Kuat Geser Balok	75

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Nilai Deviasi Standar (kg/cm^2).....	22
Tabel 3.2 Kekuatan Rata-Rata yang Diperlukan jika tidak Tersedia Data untuk Menentukan Simpangan Baku.....	22
Tabel 3.3 Faktor Modifikasi Simpangan Baku jika Data Uji yang Tersedia Kurang dari 30 Sampel	22
Tabel 3.4 Hubungan Fas dengan Kuat Desak Rata-Rata Silinder Umur 28 hr	23
Tabel 3.5 Fas Berdasarkan pengaruh Tempat Elemen Struktur.....	23
Tabel 3.6 Nilai Slump Berdasarkan Jenis Elemen Struktur.....	24
Tabel 3.7 Perkiraan Nilai Slump Berdasarkan Ukuran Agregat Maksimum.....	25
Tabel 3.8 Perkiraan Kebutuhan Agregat Kasar Per m^3 Beton Berdasarkan Ukuran Maksimum Agregat dan Modulus Halus Butir Pasir....	25
Tabel 4.1 Gradasi Pasir Alam Asal Sungai Krasak	31
Tabel 4.2 Alat-alat yang Dipergunakan.....	34
Tabel 4.3 Komposisi Benda Uji	47
Tabel 5.1 Kuat Tarik Baja	53
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Kuat Desak Silinder	54
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Kuat Geser Balok Berdasarkan Beban Retak Miring Pertama.....	56
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Model Geser.....	60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus
Lampiran 2	Data Pemeriksaan Berat Volume Agregat Kasar
Lampiran 3	Data Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar
Lampiran 4	Data Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus
Lampiran 5	Data Pemeriksaan Kandungan Lumpur dalam Pasir
Lampiran 6-1	Data Laboratorium dan Perhitungan Kuat Tekan Silinder (dengan prosentase serat 0,75 %)
Lampiran 6-2	Data Laboratorium dan Perhitungan Kuat Tekan Silinder (dengan prosentase serat 1,5 %)
Lampiran 7-1;7-2	Hasil Pengujian Kuat Geser Balok Geser BGTS1 & BGTS2
Lampiran 7-3;7-4	Hasil Pengujian Kuat Geser Balok Geser BGS511 & BGS512
Lampiran 7-5;7-6	Hasil Pengujian Kuat Geser Balok Geser BGS521 & BGS522
Lampiran 7-7;7-8	Hasil Pengujian Kuat Geser Balok Geser BGS611 & BGS612
Lampiran 7-9;7-10	Hasil Pengujian Kuat Geser Balok Geser BGS621 & BGS622
Lampiran 7-11;7-12	Hasil Pengujian Kuat Geser Balok Geser BGS711 & BGS712
Lampiran 7-13;7-14	Hasil Pengujian Kuat Geser Balok Geser BGS721 & BGS722
Lampiran 7-15;7-16	Hasil Pengujian Kuat Geser Balok Geser BGS811 & BGS812
Lampiran 7-17;7-18	Hasil Pengujian Kuat Geser Balok Geser BGS821 & BGS822
Lampiran 7-19;7-20	Hasil Pengujian Kuat Geser Balok Geser BGS911 & BGS912
Lampiran 7-21;7-22	Hasil Pengujian Kuat Geser Balok Geser BGS921 & BGS922

- Lampiran 8-1; 8-2 Pola Retak Balok Geser BGTS1 & BGTS2
- Lampiran 8-3; 8-4 Pola Retak Balok Geser BGS511 & BG512
- Lampiran 8-5; 8-6 Pola Retak Balok Geser BGS521 & BGS522
- Lampiran 8-7; 8-8 Pola Retak Balok Geser BGS611 & BG612
- Lampiran 8-9; 8-10 Pola Retak Balok Geser BGS621 & BGS622
- Lampiran 8-11; 8-12 Pola Retak Balok Geser BGS711 & BG712
- Lampiran 8-13; 8-14 Pola Retak Balok Geser BGS721 & BGS722
- Lampiran 8-15; 8-16 Pola Retak Balok Geser BGS811 & BG812
- Lampiran 8-17; 8-18 Pola Retak Balok Geser BGS821 & BGS822
- Lampiran 8-19; 8-20 Pola Retak Balok Geser BGS911 & BG912
- Lampiran 8-21; 8-22 Pola Retak Balok Geser BGS921 & BGS922
- Lampiran 9 Data Laboratorium dan Perhitungan Tegangan Geser Model
Geser

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk membuktikan secara eksperimen bahwa kuat geser ultimit suatu balok beton bertulang akan meningkat bila ditambah serat lokal dalam adukan beton balok serat tersebut.

Balok beton bertulang yang dibuat berukuran 150 mm x 250 mm x 1000 mm sebanyak 22 buah, dengan perincian sebagai berikut : (1) dua buah balok tanpa serat, (2) dua buah balok dengan panjang serat 5 cm, prosentase serat 0,75 %, (3) dua buah balok dengan panjang serat 5 cm, prosentase serat 1,5 %, (4) dua buah balok dengan panjang serat 6 cm, dengan prosentase serat 0,75 %, (5) dua buah balok dengan panjang serat 6 cm, dengan prosentase serat 1,5 %, (6) dua buah balok dengan panjang serat 7 cm, dengan prosentase serat 0,75 %, (7) dua buah balok dengan panjang serat 7 cm, dengan prosentase serat 1,5 %, (8) dua buah balok dengan panjang serat 8 cm, dengan prosentase serat 0,75 %, (9) dua buah balok dengan panjang serat 8 cm, dengan prosentase serat 1,5 %, (10) dua buah balok dengan panjang serat 9 cm, dengan prosentase serat 0,75 %, (11) dua buah balok dengan panjang serat 9 cm, dengan prosentase serat 1,5 %.

Dari hasil pengamatan pengujian beban dapat disimpulkan bahwa : (1) kuat desak beton mengalami kenaikan 29,74 % dibandingkan dengan beton tanpa serat, (2) balok dengan penambahan serat yang memiliki panjang serat 9 cm dan prosentase 1,5 % menghasilkan beban terbesar pada retak pertama, (3) tegangan geser pada beton bila dibandingkan dengan tegangan geser rencana terjadi kenaikan. Kenaikan tertinggi yaitu pada balok geser panjang serat 8 cm dan prosentase serat 1,5 % sebesar 42,95 %. Kapasitas geser nominal balok beton serat terjadi peningkatan dengan meningkatnya panjang dan prosentase serat, tetapi pada panjang serat 9 cm dengan prosentase 1,5 % terjadi penurunan. Hal ini sesuai dengan teori bahwa semakin panjang dan banyak serat yang ditambahkan pada adukan beton dapat menurunkan *workability* beton, sehingga dengan menurunnya *workability* akan dapat menurunkan kuat geser balok beton bertulang tersebut.

Pengaruh Variasi Panjang & Presentase serat tld kuat GESEK PD BETON BERTULANG.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peranan beton sebagai salah satu bahan konstruksi semakin penting dalam masa pembangunan sekarang ini. Berbagai bangunan struktural maupun non struktural banyak menggunakan beton sebagai bahan utamanya.

Sebagai bahan bangunan, beton mempunyai berbagai keunggulan antara lain kekuatan desak relatif tinggi, mudah dibentuk sesuai kebutuhan, rawatan murah, dan dapat memanfaatkan bahan-bahan lokal. Meskipun demikian beton juga mempunyai kelemahan yaitu bersifat getas karena tidak mampu menahan tegangan tarik. Untuk mengurangi sifat kurang baik dari beton tersebut maka beton dipasang tulangan dengan pemasangan secara benar.

Berbagai penelitian telah banyak dilakukan untuk memperbaiki sifat-sifat kurang baik dari beton, salah satunya adalah dengan menambah bahan-tambah serat pada adukan beton. Cara penambahan yang dilakukan pada adukan beton adalah dengan mencampurkan secara merata ke dalam adukan beton dengan orientasi yang random. Dengan penambahan serat pada campuran beton tersebut akan mencegah terjadinya retakan-retakan dini, akibat panas hidrasi atau pembebanan. Jika retakan-retakan yang terlalu dini dapat dicegah, kemampuan

bahan untuk mendukung tegangan-tegangan dalam (lentur dan geser) akan lebih besar.

Penambahan serat pada adukan beton masih terjadi kendala-kendala yang diakibatkan oleh bentuk serat dan prosentase serat yang ditambahkan pada adukan. Salah satu kendala tersebut adalah teknik pencampuran dan pengadukan serat kawat ikat yang dicampurkan dalam adukan. Hal ini dapat mempengaruhi kekuatan beton terhadap tegangan lentur dan geser.

1.2 Pokok Masalah

Bentuk dan prosentase bahan serat pada balok beton bertulang sering mengakibatkan masalah pada *workability* dan pengadukan yang dapat mempengaruhi kekuatan beton. Pokok permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh panjang dan prosentase serat yang bervariasi pada benda uji balok beton bertulang terhadap kuat geser.

1.3 Rumusan Masalah

Dari penelitian terdahulu (Suhendro, 1991) diperoleh hasil yang menunjukkan dengan penambahan serat baja dapat meningkatkan kuat tarik beton dan daktilitas beton. Hal ini disebabkan oleh lekatan antara serat baja dengan pasta dalam beton. Jika lekatan antara serat baja dengan pasta dalam beton kuat, kekuatan beton serat akan meningkat tergantung pada kuat tarik seratnya sehingga perlu diadakan pengujian terhadap kuat geser. Atas dasar uraian tersebut, dapat

dirumuskan seberapa besar pengaruh panjang dan prosentase serat pada mutu beton $f'c = 25$ Mpa, $fy = 300$ Mpa terhadap kuat geser pada beton bertulang.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan kuat geser beton bertulang serat kawat ikat (variasi panjang dan prosentase serat) jika dibandingkan dengan beton normal.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan serat dengan panjang dan prosentase yang bervariasi terhadap beton bertulang dibandingkan dengan beton bertulang yang tidak menggunakan serat terhadap kuat geser beton bertulang.

1.6 Hipotesis

Dari uraian rencana penelitian tersebut, maka dapat diduga bahwa dengan penambahan serat akan terjadi lekatan antara serat dengan pasta sehingga *workability* meningkat dan diharapkan kekuatan balok beton mampu menahan kuat geser yang lebih besar daripada beton normal.

1.7 Batasan Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah dengan diameter maksimal 20 mm, dan diambil dari Celereng, Kulon Progo,
2. Agregat halus yang digunakan dari Sungai Krasak,
3. Serat dengan panjang 5,6,7,8,9 cm, dengan prosentase serat sebesar 0,75 % dan 1,5 % dari volume beton,
4. Diameter kawat ikat 1 mm, dianggap seragam pada setiap bagian kawat sehingga memberikan aspek ratio sama,
5. Mutu beton rencana yang digunakan $f'c = 25$ Mpa,
6. Mutu baja rencana $f_y = 300$ Mpa, nilai yang pasti sesuai dengan hasil uji tarik,
7. Nilai slump ditentukan sebesar 7,5 - 15 cm untuk setiap sampel adukan beton,
8. Semen yang digunakan adalah semen portland Type I merk Nusantara,
9. Air yang digunakan berasal dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII Yogyakarta dengan penambahan *superplasticizer* sebesar 1% dari berat semen,
10. Pengujian geser dilakukan setelah beton mencapai usia 28 hari,
11. Kuat tarik dan kuat lekat serat tidak diteliti dan dianggap seragam pada setiap bagian,
12. Penyebaran serat dianggap merata pada setiap adukan beton dan memberikan kekuatan beton yang seragam,
13. Perencanaan perbandingan campuran menggunakan cara ACI,

14. Dimensi benda uji berupa :

Silinder yang berukuran 15 x 30 cm,

Balok beton bertulang 15 x 25 x 100 cm,

Model Geser dengan ukuran seperti pada skema benda uji model geser
(Gambar 4.2).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Struktur Beton Bertulang

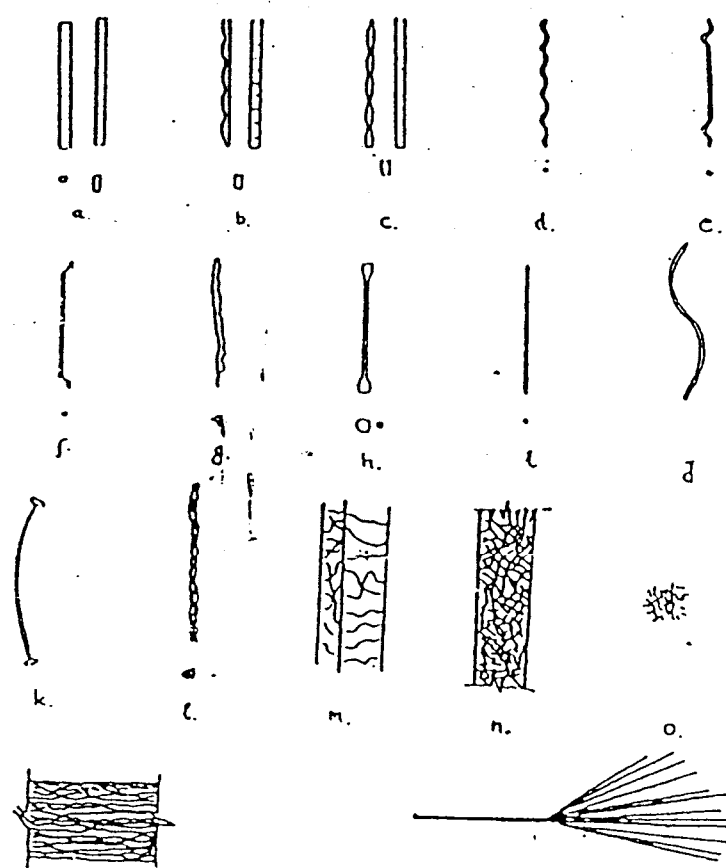
Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan rawatan beton berlangsung (Istimawan Dipohusodo, 1996).

Kekuatan tarik beton jauh lebih kecil dibandingkan dengan kekuatan tekannya. Perilaku balok beton bertulang pada keadaan runtuh karena geser sangat berbeda pada keruntuhan karena lentur. Balok tersebut langsung hancur tanpa peringatan terlebih dahulu (Edward G Nawy, 1990).

Balok beton bertulang retak miring akibat geser di badan balok beton bertulang dapat terjadi tanpa disertai retak akibat lentur disekitarnya, atau dapat juga sebagai kelanjutan proses retak lentur yang telah mendahuluinya. Retak miring pada balok yang tidak mengalami retak lentur dinamakan sebagai retak geser badan (Istimawan Dipohusodo, 1996).

2.2 Macam, Jenis dan Sifat Dasar Serat

Beberapa macam bahan serat yang umum dipakai adalah baja, gelas, plastik, dan karbon, yang telah dilaporkan oleh ACI Committee 544, 1982 (lihat Gambar 2.1). Untuk keperluan struktural dapat juga dipakai serat dari bahan alamiah, seperti ijuk, rami, bambu dan tumbuh-tumbuhan lainnya. Pemakaian serat alamiah tersebut akan lebih efektif jika sebelumnya serat direndam terlebih dahulu pada larutan 10 % sodium hidroksida. Bahan serat alamiah ini kemampuannya masih disangsikan bila dipakai pada pemakaian jangka panjang. Bahan serat yang sering dipakai adalah serat baja (*steel fiber*) yang mempunyai diameter sekitar 0,80 mm, panjang sekitar 60 mm dengan bentuk geometrik yang beranekaragam dengan tujuan agar meningkatkan daya rekat (*bond strength*). Jumlah pemakaian baja sekitar 50 - 200 kg per meter kubik beton. Serat dari plastik dan kaca mempunyai kekurangan yaitu sifat-sifat mekanik untuk jangka panjang tidak diandalkan. Disamping itu serat plastik mempunyai nilai modulus elastisitas rendah, mudah terbakar, dan rekatan yang jelek terhadap adukan. Kekurangan pada serat kaca adalah harganya sangat mahal, dan sulit dalam pengadukannya karena diameter yang sangat kecil ($\pm 0,02$ mm).



Gambar 2.1 Bentuk Geometri Serat Baja (Soroshian dan Bayasi, 1987)

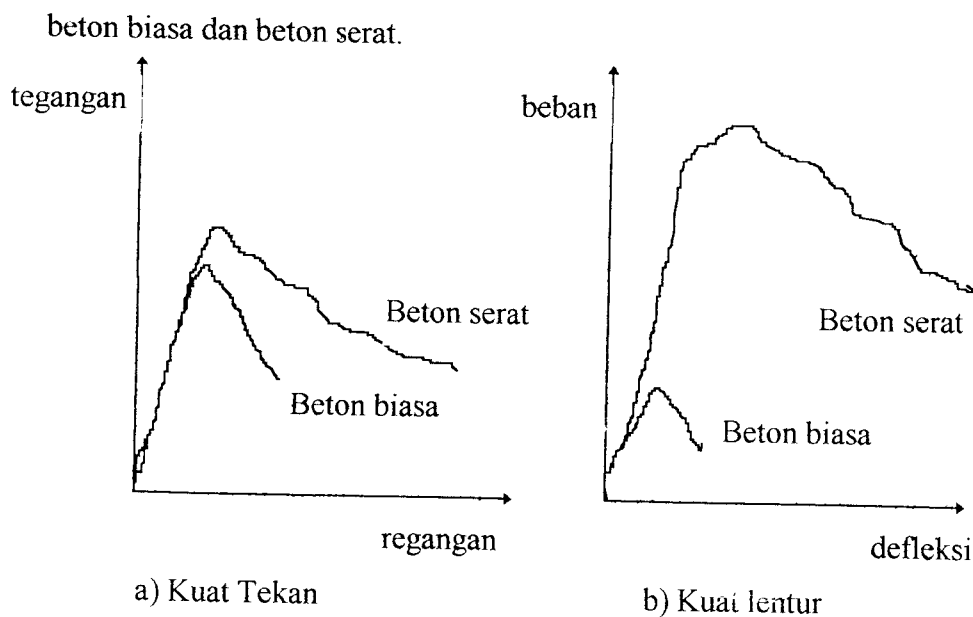
2.3 Pengaruh Bahan Tambah Serat Terhadap Kualitas Beton

Keuntungan yang dapat dicapai dengan penulangan serat yang disebarkan secara merata dengan orientasi random adalah dapat mencegah terjadinya retakan-retakan beton yang terlalu dini, baik akibat panas hidrasi maupun akibat pembebanan. Penulangan beton dengan menggunakan serat pendek dengan penyebaran secara random dapat menahan perambatan dan pelebaran retak-retak dalam beton.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Huges (1977), Hannant (1978), Fanella (1985), dan Bayasi (1987) menunjukkan bahwa sifat-sifat beton yang dapat diperbaiki dengan penambahan serat ke dalam adukan adalah sebagai berikut :

1. Daktilitas, yang berhubungan dengan kemampuan bahan untuk menyerap energi

Salah satu masalah adalah jenis keruntuhan getas akibat tegangan tarik. Serat memungkinkan beton serat menyerap energi dan berperilaku efektif sebagai bahan yang liat. Keuntungan dari daktilitas yang dihasilkan oleh serat sangat jelas seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2 yang secara kualitas membandingkan diagram tegangan-tegangan dan beban lentur lendutan antara beton biasa dan beton serat.

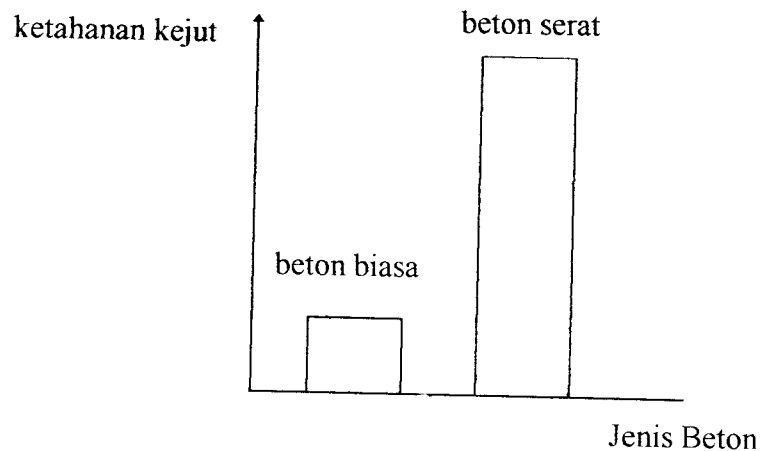


Gambar 2.2 Perbaikan daktilitas dari beton serat

(Soroshian dan Bayasi, 1987)

2. Ketahanan terhadap beban kejut (*impact*)

Bahan beton tidak dapat menahan beban kejut dengan baik. Dengan pemberian serat, akan diperoleh perbaikan yang sangat besar terhadap ketahanan kejut dan kemampuan menyerap energi (lihat Gambar 2.3).



Gambar 2.3 Perbaikan ketahanan kejut dari beton serat

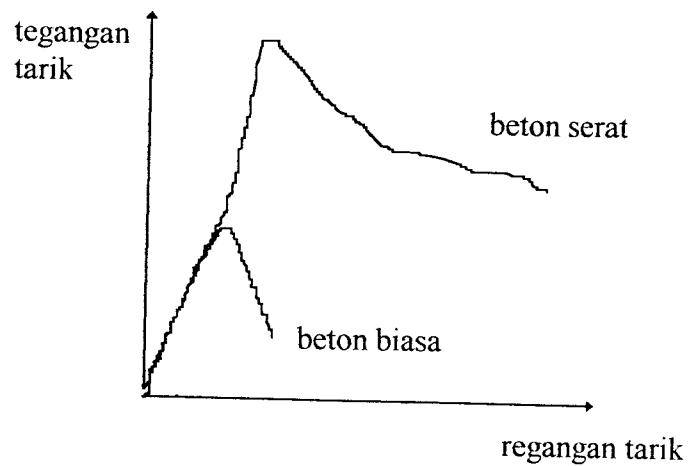
(Soroshian dan Bayasi, 1987)

3. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue life*)

Hasil-hasil pengujian mengindikasikan peningkatan kuat lelah yang cukup berarti seiring peningkatan prosentase serat. Penambahan serat juga mengurangi lebar retak dan lendutan di bawah beban lelah.

4. Kemampuan menahan tarik dan momen lentur

Kuat tarik yang rendah merupakan kelemahan utama bahan-bahan yang terbuat dari semen. Kelemahan ini dapat diatasi dengan perkuatan serat. Gambar 2.4 membandingkan diagram tegangan regangan beton biasa dan beton serat di bawah pengujian tarik langsung.



Gambar 2.4 Perbaikan perilaku tarik aksial dari beton serat

(Soroshian dan Bayasi, 1987)

5. Ketahanan terhadap penyusutan (*shrinkage*)

Retak yang terjadi pada beton bertulang dapat terjadi karena beberapa sebab, seperti kontinuitas struktur, adanya baja tulangan dan kadar air dalam beton. Penelitian pada beton bertulang serat telah mengindikasikan bahwa keberadaan serat mengontrol retak penyusutan.

Serat baja menunjukkan beberapa potensi yang menguntungkan bila digunakan untuk menggantikan sebagian atau seluruh sengkang sebagai tulangan geser pada balok beton bertulang. Keuntungan-keuntungan tersebut adalah : 1) serat terdistribusi secara random diseluruh volume beton serta berjarak lebih rapat daripada yang diperoleh dengan penulangan batang baja, 2) kuat tarik retak pertama dan kuat tarik retak ultimit meningkat oleh serat, 3) kuat geser friksi meningkat. Dari sejumlah pengujian diketahui bahwa sengkang dan penulangan serat dapat digunakan bersama-sama secara efektif (ACI Committee 544, 1988).

Briggs dkk, 1974 (dalam Sudarmoko, 1993) meneliti bahwa batas maksimal aspek rasio serat yang masih memungkinkan dilakukan dengan mudah adalah $l/d < 100$ (l =panjang serat, d = diameter serat).

Menurut Suhendro (1991) disimpulkan bahwa penambahan serat sebanyak 0,75 s/d 1,0 % dari volume beton dan dengan menggunakan *aspect ratio* sekitar 70 akan memberikan hasil yang optimal.

Menurut Mindess (1981), serat baja dengan konsentrasi 1 % dapat meningkatkan kuat tarik, meningkatkan nilai kekakuan, dan daktilitas pada beton normal dan beton mutu tinggi. Selain itu dengan kandungan serat baja yang sama pada benda uji balok, maka untuk beton mutu tinggi akan memiliki lebar keretakan yang lebih kecil dari pada beton normal.

Menurut A.K. Sharma (1986) balok beton serat efektif dalam meningkatkan kekuatan geser beton, kekuatan tarik dari beton serat lebih besar atau lebih baik dari beton biasa dan serat pada balok beton bertulang memiliki daktilitas yang lebih dibandingkan balok beton normal.

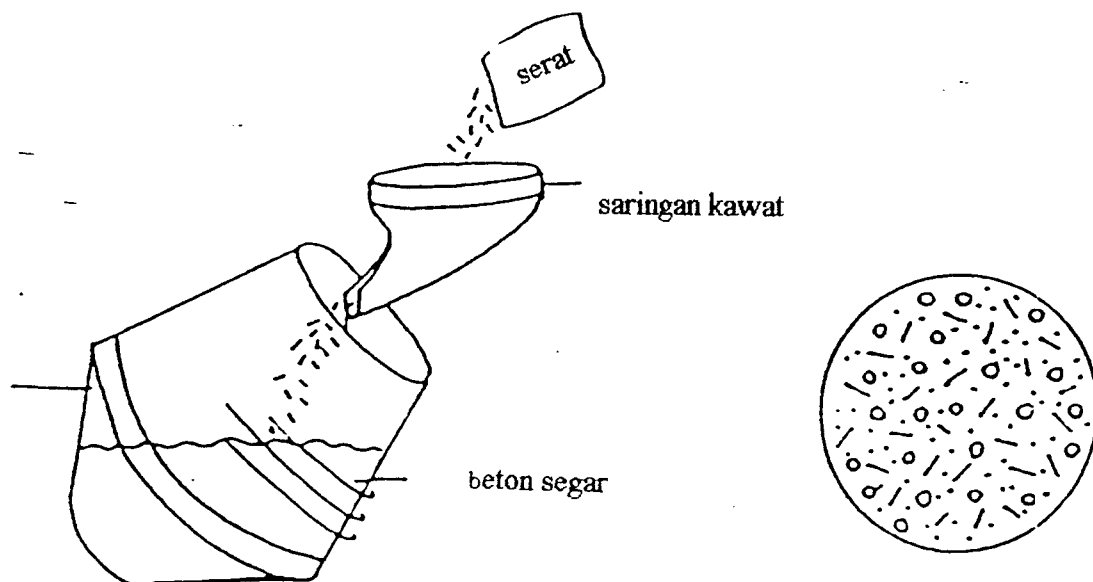
Sharma (1986) melakukan penelitian untuk memperlihatkan bahwa serat baja dapat digunakan secara efektif untuk meningkatkan kuat geser beton. Dalam penelitian tersebut digunakan 7 buah balok berukuran 150 x 300 x 1906 mm yang terdiri atas : (1) 2 buah balok beton normal tanpa sengkang, (2) 1 buah balok beton serat tanpa sengkang, (3) 2 buah balok beton normal dengan sengkang vertikal, (4) 2 buah balok beton serat dengan sengkang vertikal. Kuat desak beton direncanakan 45 MPa. Rasio bentang geser/ tinggi efektif $a/d = 1,9$. Serat yang

digunakan *hooked steel fiber* 0,6 x 50 mm, dengan volume *friction* 0,96 dan 0,9 % diameter sengkang vertikal 6 mm dengan jarak sengkang 200 mm.

Berdasarkan hasil pengujian dan penelitian-penelitian yang lain dapat disimpulkan bahwa : (1) serat baja dapat digunakan secara efektif untuk meningkatkan kuat geser beton, (2) balok beton bertulang serat baja mempunyai kekuatan pasca retak yang tinggi, (3) balok bertulang serat baja lebih liat dan mempunyai kemampuan menyerap energi yang lebih besar dibandingkan balok beton bertulang normal, (4) dengan adanya serat dalam beton akan membatasi perambatan retak dan memberikan retak yang lebih seragam, (5) untuk balok tanpa sengkang kuat gesernya meningkat 38 % oleh pengaruh serat, sedangkan untuk balok sengkang vertikal kuat gesernya meningkat 32,5 %.

2.4 Cara Pembuatan Beton Serat

Beton serat menurut ACI adalah beton yang terbuat dari campuran semen hidrolis, agregat halus, agregat kasar, dan serat dengan jumlah tertentu. Ide ini pada dasarnya adalah untuk memberi tulangan pada beton dengan serat yang disebarkan secara merata kedalam adukan beton dengan orientasi yang random. Dalam pembuatan suatu adukan beton serat sebaiknya diusahakan menggunakan mixer agar hasil dari adukan beton tersebut benar-benar homogen, seperti yang terlihat pada Gambar 2.5:



Gambar 2.5 Penambahan serat pada adukan beton dengan orientasi random (Soroushian dan Bayasi, 1987)

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

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

Beton bertulang adalah bahan yang banyak digunakan untuk sistem-sistem struktur. Beton dihasilkan dari interaksi mekanis dan kimiawi sejumlah material pembentuknya. Beton dibuat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah atau bahan semacam lainnya, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia semen sebagai bahan pengikat selama proses pengerasan beton berlangsung. Beton yang terbentuk ini mempunyai kekuatan tekan yang tinggi dan kekuatan tarik yang rendah, kuat tarik beton kira-kira 7-10 % dari kekuatan tekannya. Oleh karena itu, penguatan tarik dan geser harus diberi tulangan pada daerah tarik penampang beton. Hal ini dilakukan agar beton dapat digunakan untuk komponen struktur yang mampu menahan gaya tarik dan tekan secara bersamaan.

Beton serat adalah beton yang terbuat dari campuran semen hidrolis, agregat halus, agregat kasar, dan serat dengan jumlah tertentu. Ide ini pada dasarnya

adalah memberi tulangan pada beton dengan serat yang disebarkan secara merata kedalam adukan beton dengan orientasi yang random. Dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya beton serat tersebut terbukti dapat meningkatkan kekuatan dari beton bertulang.

3.2 Material Penyusun Beton

Masing-masing komponen beton untuk beton bertulang terdiri dari partikel-partikel agregat yang dilekatkan oleh pasta yang terbuat dari semen portland dan air. Pasta tersebut mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel agregat dan setelah beton segar dicorkan akan mengeras sebagai akibat dari reaksi-reaksi kimia eksotermis antara semen dan air, membentuk bahan struktur yang padat dan dapat tahan lama. Dengan demikian perlu dibicarakan fungsi dari masing-masing komponen tersebut sebelum mempelajari beton secara keseluruhan.

3.2.1 Semen

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat.

Suatu semen jika diaduk dengan air akan terbentuk adukan pasta semen, sedangkan jika diaduk dengan air kemudian ditambah pasir menjadi mortar semen, dan jika ditambah lagi dengan kerikil disebut dengan beton. Semen yang

dimaksudkan untuk struktur beton bertulang adalah bahan jadi dan mengeras dengan adanya air yang dinamakan semen hidrolis (semen portland).

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis, bersama bahan tambahan yang biasa digunakan adalah gypsum (Kardiyono, 1996). Semen portland dibagi menjadi 5 jenis (PUBI-1982) yaitu :

1. Jenis I yaitu semen portland untuk penggunaan umum tanpa memerlukan persyaratan khusus.
2. Jenis II yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang.
3. Jenis III yaitu semen portland yang menuntut persyaratan awal yang tinggi.
4. Jenis IV yaitu semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
5. Jenis V yaitu semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan tahan terhadap sulfat.

3.2.2 Agregat Halus

Agregat halus merupakan butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang memiliki ukuran butiran < 5 mm. Agregat halus atau pasir dapat berupa pasir alam atau debu hasil dari pecahan batu yang dihasilkan alat/mesin pemecah batu (*stone crusher*). Walaupun hanya sebagai pengisi, akan tetapi agregat menempati sekitar 70 % volume beton,

karena itu agregat adalah komponen yang paling berpengaruh terhadap sifat-sifat dan kekuatan dalam beton.

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan berdasarkan pada analisis ukuran butir-butirnya.

3.2.3 Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan kerikil dari desintegrasi alami dari batuan alam atau berupa batu pecah dengan ukuran 5-40 mm. Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi 3 golongan sebagai berikut ini (Kardiyono, 1996).

1. Agregat Normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5-2,7 gram/cm³.

Agregat ini biasanya berasal dari basalt, granit, kuarsa dan sebagainya.

2. Agregat Berat

Agregat berat adalah agregat yang memiliki berat jenis lebih dari 2,8 gram/cm³. Beton yang dihasilkan dari jenis agregat ini biasanya digunakan sebagai pelindung radiasi.

3. Agregat Ringan

Agregat ringan adalah agregat yang memiliki berat jenis lebih kecil dari 2,0 gram/cm³, yang biasanya dibuat sebagai beton ringan.

Agregat kasar harus memenuhi persyaratan gradasi yang disyaratkan. Pada pelaksanaan beton diinginkan komposisi butiran dengan kemampuan tinggi, maka

diperlukan agregat dengan ukuran butiran bervariasi karena ukuran butiran yang bervariasi akan didapat volume pori yang kecil sehingga hanya membutuhkan bahan-ikat yang sedikit pula.

3.2.4 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah pengerjaannya (Murdock dan Brook, 1991).

Kekuatan semen yang telah mengeras tergantung pada jumlah air yang diperlukan untuk waktu proses hidrasi berlangsung. Air yang diperlukan dalam adukan beton hanya sekitar 20-30 % dari berat semen., penambahan jumlah air akan mengurangi kekuatan setelah mengeras (Kardiyono, 1996). Sebagai pelumas penambahan air diperlukan pada saat nilai fas (faktor air semen) kecil. Penambahan air sebagai pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan berkurang.

Hal yang penting dalam pemilihan air antara lain kejernihannya dan air tidak mengandung bahan-bahan perusak (fosfat, minyak, asam alkali, bahan-bahan organis atau garam).

Secara umum air yang dapat dipakai untuk bahan pencampur beton ialah air yang bila dipakai akan menghasilkan beton dengan kekuatan lebih 90 % kekuatan beton yang memakai air suling (PBI 1971).

3.2.5 Bahan Serat

Penambahan serat pada adukan beton dapat memperbaiki sifat-sifat kurang baik dari beton. Ide dasarnya adalah menulangi beton dengan serat dicampurkan secara merata ke dalam adukan beton dengan orientasi yang random.

Bahan serat terdiri dari beberapa jenis antara lain adalah baja (*steel*), plastik (*polypropylene*), gelas (*glass*) dan karbon. Untuk keperluan konstruksi dapat juga dipakai serat dari bahan alamiah seperti ijuk, rami, bambu, serat tumbuh-tumbuhan lainnya.

Bahan serat yang sering dipakai adalah serat baja yang mempunyai diameter sekitar 0,80 mm, panjang sekitar 60 mm dengan bentuk geometrik yang beraneka ragam dengan tujuan agar menimbulkan daya rekat. Serat dari plastik dan kaca mempunyai kekurangan yaitu sifat-sifat mekanik untuk jangka panjang tidak diandalkan. Selain itu serat plastik mempunyai nilai modulus elastisitas rendah, mudah terbakar, dan rekatannya yang jelek terhadap adukan. Kekurangan pada serat kaca (gelas) adalah harganya sangat mahal dan sulit dalam pengadukannya karena diameternya sangat kecil.

Teknik pencampuran adukan pada beton serat memerlukan perhatian khusus dikarenakan hal ini dapat mempengaruhi kelecakan dalam adukan yang dapat mempengaruhi kualitas beton tersebut. Oleh karena itu perlu adanya modifikasi proporsi dan teknik pencampuran yang baik agar serat yang ditambahkan pada campuran dapat tersebar merata dengan orientasi yang random dalam adukan beton.

3.2.6 Bahan campuran tambahan

Bahan campuran tambahan adalah *admixtures* adalah bahan yang bukan air, agregat, maupun semen yang ditambahkan dalam campuran sesaat atau selama pencampuran untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton segar atau beton setelah mengeras, sifat kemudahan pengerjaan, kedap air dan waktu ikat semen.

3.3 Metode Perencanaan Adukan Beton

Penelitian ini menggunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan standar ACI (*American Concrete Institute*). Tujuan dari perancangan campuran beton adalah untuk menentukan proporsi semen, agregat halus dan kasar serta air agar dipenuhi beberapa persyaratan dan mudah dikerjakan. Adapun urutan perencanaan campuran adukan beton dengan standar ACI adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan kuat desak rata-rata beton.

Perhitungan kuat desak rata-rata beton memiliki syarat terhadap nilai margin yang dihitung berdasarkan nilai deviasi standar (lihat Tabel 3.1) Untuk menetapkan kuat desak rata-rata yang direncanakan digunakan rumus berikut ini.

$$f_{cr}' = f_{c'} + k \cdot sd$$

dengan : f_{cr}' = kuat desak rata-rata beton (MPa)

$f_{c'}$ = kuat desak rencana beton (MPa)

k = tetapan statistik ($k = 1,64$, untuk 5 % d efektif)

sd = standar deviasi

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

Volume Pekerjaan (m^3)		Mutu Pelaksanaan		
		Baik sekali	Baik	Cukup
Kecil	<1000	$45 < \text{sd} < 55$	$50 < \text{sd} < 65$	$65 < \text{sd} < 85$
Sedang	1000-3000	$35 < \text{sd} < 45$	$45 < \text{sd} < 55$	$55 < \text{sd} < 75$
Besar	>3000	$25 < \text{sd} < 35$	$35 < \text{sd} < 45$	$45 < \text{sd} < 65$

Tabel 3.2 Kekuatan rata-rata yang diperlukan jika tidak tersedia data untuk menentukan simpangan baku

Kekuatan tekan yang dispesifikasikan f_c' (Psi)	Kekuatan rata-rata yang diperlukan f_{cr}' (Psi)
<3000	$f_c' + 1000$
3000 - 5000	$f_c' + 1200$
>5000	$f_c' + 1400$

Tabel 3.3 Faktor modifikasi simpangan baku jika data uji yang tersedia kurang dari 30 sampel

Banyaknya	Faktor pengali standar deviasi
<15	Gunakan tabel 3.4
15	1.16

lanjutan Tabel 3.3

20	1.08
25	1.03
30	1.0

2. Menentukan faktor air semen (fas)

Faktor air semen ditentukan dari nilai terendah antara pengaruh kuat desak rata-rata (Tabel 3.4) dengan pengaruh keawetan elemen struktur terhadap kondisi lingkungan (Tabel 3.5).

Tabel 3.4 Hubungan fas dengan kuat desak rata-rata silinder umur 28 hari

Faktor air semen (fas)	Perkiraan kuat desak
0.35	42
0.44	35
0.53	28
0.62	22.5
0.71	17.5
0.80	14

Tabel 3.5 Fas berdasarkan pengaruh tempat elemen struktur

Kondisi elemen struktur	Nilai fas
1. Beton dalam ruangan bangunan	
a. Keadaan keliling non korosif	0.6
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	0.52

lanjutan Tabel 3.5

2. Beton diluar ruangan bangunan	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0.6
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0.6
3. Beton yang masuk kedalam 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 kontinyu berhubungan dengan	
a. Air tawar	0.57
b. Air laut	0.52

3. Menentukan besarnya nilai slump

Nilai slump ditentukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan penggunaan elemen struktur (lihat Tabel 3.6).

Tabel 3.6 Nilai slump berdasarkan jenis elemen struktur

Jenis struktur	Nilai slump (mm)	
	Minimum	Maksimum
Pondasi bertulang, dinding, tiang	5	12.5
Tiang pondasi bertulang, caison	2.5	10
Pelat, balok, kolom	7.5	15
Beton untuk jalan (pavement)	5	7.5
Beton massa (struktur massa yang berat)	2.5	7.5

4. Menetapkan jumlah air yang dibutuhkan

Jumlah kebutuhan air dalam setiap 1 m^3 campuran adukan beton dapat ditentukan berdasarkan diameter maksimum agregat dan nilai slump seperti pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Perkiraan nilai slump berdasarkan ukuran agregat maksimum

Slump (mm)	Ukuran Maksimum Agregat (mm)		
	10	20	30
25-50	206	182	162
75-100	226	203	177
150-175	240	212	188
Udara terperangkap	3%	2%	1%

5. Menghitung kebutuhan semen didasarkan hasil penentuan langkah kedua (didapat nilai fas) dan keempat (didapat jumlah air) dengan membagi rasio kebutuhan air dengan fas.

$$\text{fas} = \frac{w \text{ air}}{w \text{ semen}}$$

$$w \text{ semen} = \frac{w \text{ air}}{\text{fas}}$$

6. Menetapkan volume agregat kasar didasarkan pada Tabel 3.8 dibawah ini.

Tabel 3.8 Perkiraan kebutuhan agregat kasar per m^3 beton berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus butir pasir (m^3)

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

lanjutan Tabel 3.8

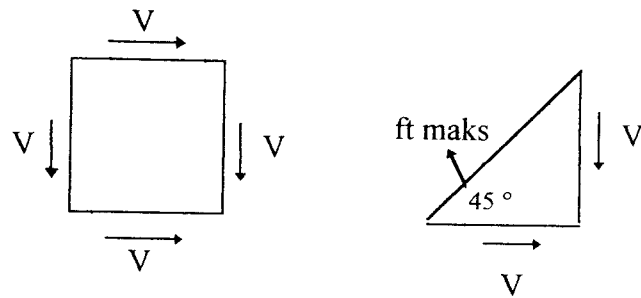
20	0,65	0,63	0,61	0,59
40	0,76	0,74	0,72	0,70
80	0,84	0,82	0,80	0,78
150	0,90	0,88	0,86	0,84

7. Menghitung Volume Agregat Halus

Perhitungan volume agregat halus didasarkan pada pengurangan volume absolute terhadap volume agregat kasar, volume semen, volume air serta persentase udara yang terperangkap dalam adukan.

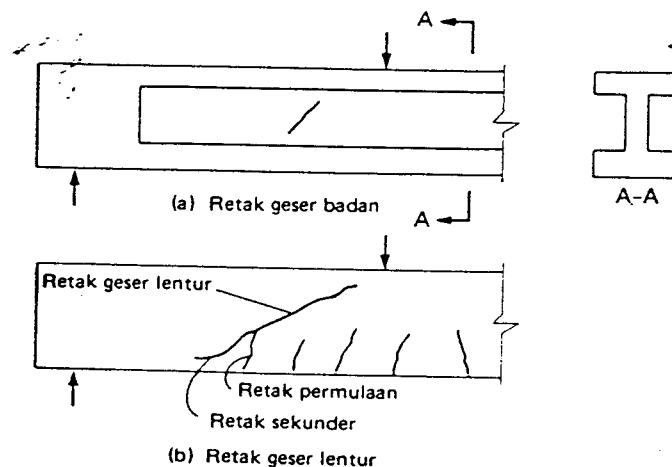
3.4 Geser pada balok beton bertulang konvensional

Pada sebuah balok beton bertulang dengan dukungan sederhana yang menerima beban vertikal, di bawah garis netral terdapat daerah geser dengan keadaan yang mendekati geser murni, yang menimbulkan suatu tegangan tarik yang sama besarnya dengan tegangan geser pada bidang dengan kemiringan 45° . Tarik diagonal ini merupakan penyebab utama dari retak miring. Dengan demikian keruntuhan balok yang lazimnya disebut keruntuhan geser (*shear failure*) sebenarnya adalah keruntuhan tarik di arah retak miring.



Gambar 3.1 Keadaan Geser Murni (Wang dan Salmon, 1987)

Retak miring di badan balok beton bertulang non prategang atau prategang dapat terjadi tanpa adanya retak lentur didaerah sekitar atau sebagai kelanjutan dari retak lentur yang terjadi sebelumnya. Retak miring yang terjadi pada balok yang sebelumnya tidak mengalami retak lentur dikenal sebagai retak geser badan (*web shear crack*) seperti yang terlihat pada Gambar 3.2 berikut ini.

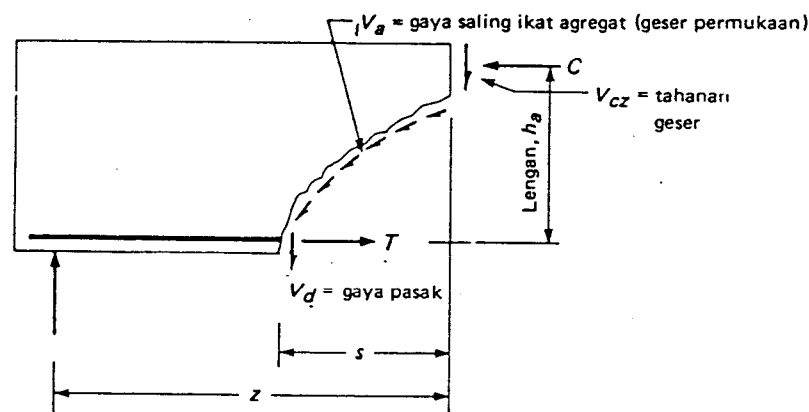


Gambar 3.2 Jenis-jenis retak miring (Wang dan Salmon, 1987)

Retak miring yang dimulai sebagai kelanjutan dari retak lentur yang telah ada sebelumnya dikenal sebagai retak geser lentur (*flexure shear crack*) seperti dapat dilihat pada Gambar 3.2. Retak geser lentur adalah jenis yang umum dijumpai pada beton bertulang dan beton prategang. Retak lentur yang biasanya cenderung

merambat hampir vertikal pada balok, tidak menimbulkan pengurangan tegangan sampai timbulnya suatu kombinasi yang kritis dari tegangan lentur dan geser didekat daerah dalam dari salah satu retak. Retak miring kemudian terbentuk. Kecepatan perubahan dari retak lentur awal menjadi retak lentur geser tergantung dari kecepatan pertumbuhan dan tinggi dari retak lentur, disamping besarnya tegangan geser yang bekerja dekat ujung atas retak lentur.

Transfer dari geser di dalam unsur-unsur beton bertulang terjadi suatu kombinasi dari beberapa maksimum sebagai berikut, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.3.



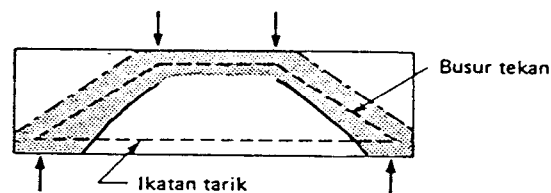
Gambar 3.3 Restribusi perlawanan geser sesudah terbentuknya retak miring (Wang dan Salmon, 1987)

Unsur-unsur yang berperan dalam redistribusi perlawanan geser sesudah terbentuknya retak miring adalah sebagai berikut ini :

1. Perlawanan geser dari beton yang belum retak, V_{cz} .
2. Gaya ikat (*interlock*) antara agregat (atau transfer geser antara permukaan) V_a dalam arah tangensial sepanjang suatu retak, yang serupa dengan gaya gesek

akibat saling ikat yang tidak teratur dari agregat sepanjang permukaan yang kasar dari beton pada masing-masing pihak dari retak.

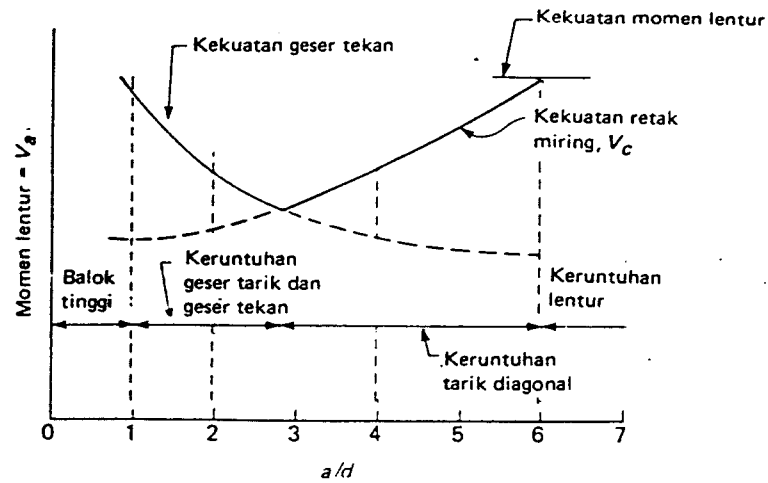
3. Aksi pasak (*dowel action*) V_d , sebagai perlawanan dari penulangan longitudinal terhadap gaya transversal.
4. Aksi pelengkung (*arch action*) lihat pada Gambar 3.4 pada balok yang relatif tinggi.
5. Perlawanan tulangan geser V_s dari sengkang vertikal atau miring.



Gambar 3.4 Aksi busur pelengkung

Kemampuan dari suatu balok untuk memikul tambahan beban setelah terbentuknya retak miring tergantung dari dapat tidaknya sebagian dari geser yang sebelumnya dipikul oleh beton yang tidak retak, didistribusikan kembali melalui retak miring.

Perbandingan bentang geser terhadap tinggi balok a/d (a = bentang geser, d = tinggi balok), secara eksperimen telah dibuktikan suatu faktor yang berpengaruh dalam menetapkan kekuatan geser. Bila faktor-faktor selain a/d diambil tetap, maka variasi kapasitas geser dapat ditunjukkan pada Gambar 3.5 dengan menggunakan hasil penelitian balok persegi.



Gambar 3.5 Variasi di dalam kekuatan geser sesuai dengan a/d untuk balok-balok persegi (Wang & Salmon 1987)

3.5 Geser pada balok beton bertulang serat

Data laboratorium yang didapatkan oleh beberapa peneliti mengindikasikan bahwa pada hakekatnya serat dapat meningkatkan kapasitas geser (tarik diagonal) balok beton bertulang konvensional atau balok mortar. Serat baja menunjukkan beberapa potensi yang menguntungkan bila digunakan untuk mengganti sebagian atau seluruh tulangan geser yang biasanya berupa sengkang vertikal atau miring. Keuntungan-keuntungan tersebut adalah sebagai berikut ini :

1. Serat bisa terdistribusi secara random keseluruhan volume beton, serta berjarak lebih rapat daripada yang diperoleh dengan penulangan dengan baja.
2. Kuat tarik retak pertama dan kuat tarik ultimit dari beton mortar akan meningkat oleh keberadaan serat dalam beton mortar tersebut.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Standar Uji dan Spesifikasi Bahan

Pada pelaksanaan penelitian ini dilakukan pengujian dan klasifikasi terhadap bahan penyusun campuran beton. Adapun bahan-bahan penyusun tersebut adalah sebagai berikut ini .

1. Semen Portland

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland tipe I merk Nusantara yang memiliki berat jenis $3,15 \text{ gram/cm}^3$ dan berat isi 50 kg/sak .

2. Agregat halus

Pada penelitian ini digunakan agregat halus berupa pasir alam yang berasal dari sungai Krasak, berat jenis pasir $2,6557 \text{ gram/cm}^3$ adapun modulus halus butirnya ditunjukkan dengan Tabel 4.1 sebagai berikut ini.

Tabel 4.1 Gradasi pasir alam asal sungai Krasak

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)		Berat tertinggal (%)		Berat tertinggal Kumulatif (%)	
	I	II	I	II	I	II
Percobaan						
4,80	61,5	44	3,075	2,2	3,075	2,2
2.40	108,5	136,5	5,425	6,825	8,500	9,025

Lanjutan Tabel 4.1

1,20	355,8	386,3	17,790	19,315	26,290	28,34
0,60	910,0	870,0	45,500	43,5	71,790	71,84
0,30	276,2	213,6	13,810	10,68	85,600	82,52
0,15	223,5	232,2	11,175	11,61	96,775	94,13
SISA	64,5	117,4	3,225	5,87	-	-
Jumlah	2000	2000	100	100	292,03	288,05
Jumlah rata-rata	2000		100		290,04	

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\text{Berat tertinggal kumulatif rata - rata (\%)}}{100 \%} \\
 &= \frac{290,04}{100} \\
 &= 2,9004
 \end{aligned}$$

3. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat batu alam pecah dengan data sebagai berikut :

- a. Asal agregat : Celereng, Kulonprogo
- b. Berat jenis (SSD) : 2,6557 gr/cm³
- c. Berat volume agregat : 1,5657 gr/cm³
- d. Diameter : <20 mm

4. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII Yogyakarta.

5. Serat

Serat yang digunakan pada penelitian ini adalah serat ikat dengan diameter 1 mm, panjang 5, 6, 7, 8, 9 cm (berdasarkan *fiber aspect ratio* < 100 mm) dengan prosentase jumlah serat per adukan sebesar 0,75 % dan 1,5 %.

6. Bahan Campuran Tambahan

Bahan campuran tambahan pada penelitian ini adalah *superplasticizer* yang digunakan untuk membantu mempermudah pencampuran serat pada adukan beton.

Superplasticizer merupakan jenis bahan-tambah yang termasuk dalam bahan tambah kimia pengurang air. Ada tiga jenis *plasticizer* yaitu kondensasi sulfonat melamin formaldehid dengan kandungan klorida sebesar 0,0005 %, sulfonat naftalin formaldehid dengan kandungan klorida , modifikasi lignosulfonat tanpa kandungan klorida. Ketiga jenis bahan tambah ini dibuat dari sulfonat organik dan disebut *superplasticizer* karena bahan ini dapat banyak mengurangi air pada campuran beton sementara slump beton bertambah sampai 8 in (208 mm) atau lebih. Dosis yang disarankan adalah 1-2 % dari berat semen. Dosis yang berlebihan dapat menyebabkan berkurangnya kuat tekan beton (Nawy, 1990).

4.2 Alat-alat yang digunakan

Jenis peralatan yang digunakan dalam penelitian ini akan ditampilkan di dalam Tabel 4.2 berikut ini.

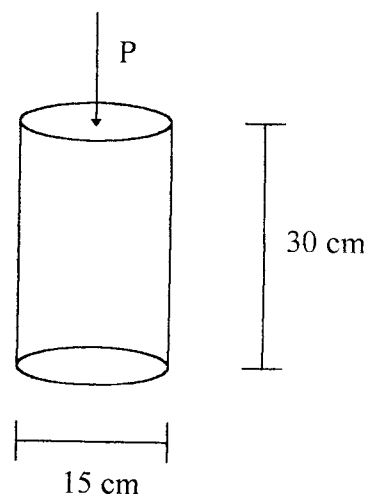
Tabel 4.2 Alat-alat yang dipergunakan

No	Alat	Kegunaan
1.	Oven	Pengering agregat
2.	Piring logam	Menampung agregat di oven
3.	Mesin Siever	Pengayak mekanik
4.	Ayakan	Menyaring agregat
5.	Timbangan	Menimbang bahan-bahan
6.	Gelas ukur	Menakar air
7.	Ember	Menampung agregat
8.	Kerucut Abrams	Pengujian slump
9.	Cangkul	Mengaduk agregat
10.	Sekop kecil	Memasukkan adukan ke dalam cetakan
11.	Penggaris	Mengukur slump
12.	Tongkat penumbuk	Memadatkan benda uji
13.	Cetakan silinder	Tempat mencetak benda uji
14.	Kapiler	Mengukur diameter benda uji
15.	Mesin uji desak	Uji desak beton
16.	Mesin pengaduk beton	Penyampur beton
17.	Mesin uji lentur	Pengujian geser balok
18.	Ekstenometer	Alat pengukur defleksi
19.	Cetakan model geser dan balok geser	Mencetak benda uji model geser dan balok geser
20.	Bak penampung	Menampung beton segar

4.3 Model Benda uji

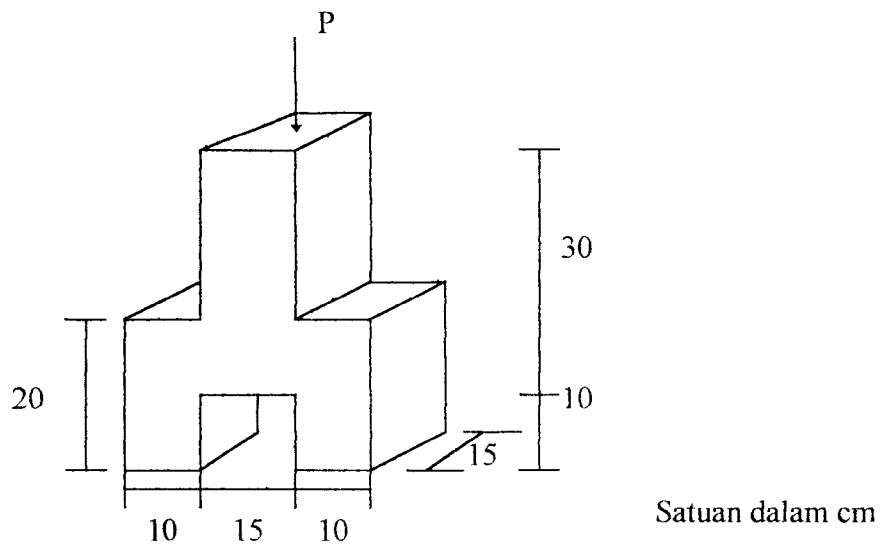
Benda uji direncanakan berupa silinder 33 buah benda uji, model geser 22 buah dan balok 22 buah. Benda uji balok direncanakan supaya mempunyai kemampuan geser lebih rendah dari kemampun lenturnya, hal ini dimaksudkan supaya benda uji tidak gagal dalam lentur. Karena keterbatasan alat, maka beban rencana tidak lebih dari 15 ton, dalam penelitian ini direncanakan beban sebesar 10 ton.

Skema dari rencana benda uji silinder dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini :



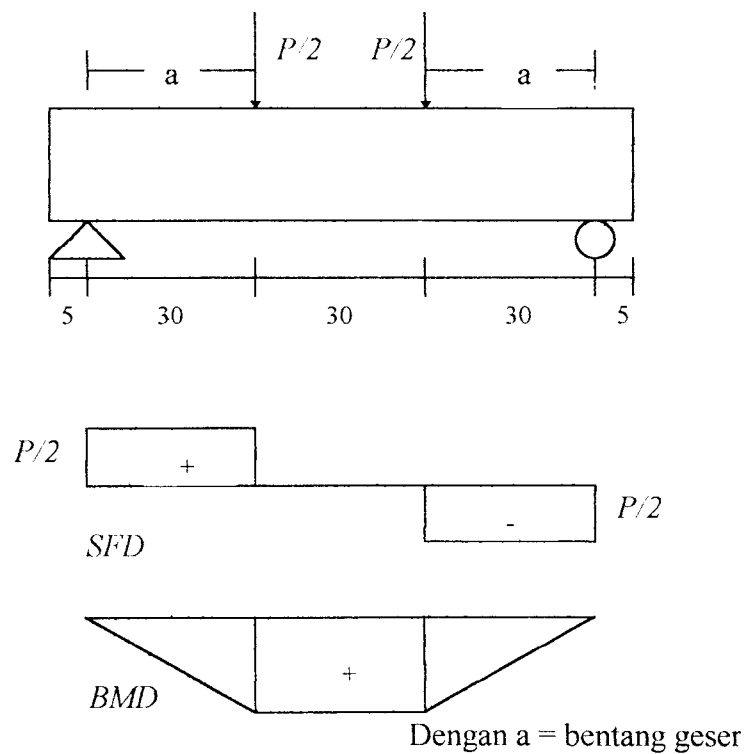
Gambar 4.1 Skema Rencana Benda Uji Silinder Beton

Skema rencana benda uji model geser dapat dilihat pada gambar 4.2 di bawah ini



Gambar 4.2 Skema benda uji model geser beton

Skema dari balok uji geser dapat dilihat pada gambar 4.3 :



Gambar 4.3 Skema rencana benda uji geser balok beton

Untuk menghindari kegagalan lentur pada saat pengujian, maka kapasitas lentur harus lebih besar dari kapasitas geser dan kapasitas lentur balok sebagai pembanding agar memenuhi persyaratan pengujian (kegagalan geser).

1. Kapasitas geser (V_c)

$$f'_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$b = 150 \text{ mm}$$

$$d = 219 \text{ mm}$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = 1/6 \cdot \sqrt{25} \cdot 150 \cdot 219 = 27375 = 27,375 \text{ kN}$$

$$= 2791,155 \text{ kg}$$

2. Kapasitas lentur

$$f'_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 235,6195 \text{ mm}^2$$

Pada keadaan seimbang :

$$C = T$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a = A_s \cdot f_y$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{235,6195 \cdot 300}{0,85 \cdot 25 \cdot 150} = 23,6544 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 235,6195 \cdot 300 \cdot \left(219 - \frac{23,6544}{2} \right)$$

$$= 15,6205 \cdot 10^6 \text{ Nm} = 15,6205 \text{ kNm} = 1592,66618 \text{ kgm}$$

$$M_u = 0,8 \cdot M_n = 0,8 \cdot 15,6205 = 12,4964 \text{ kNm} = 1274,132944 \text{ kgm}$$

Momen terjadi pada tengah bentang :

$$M_u = \frac{1}{2} P_u \cdot a + \frac{1}{8} W_u \cdot L^2$$

$$12,4964 = \frac{1}{2} P_u \cdot 0,3 + \frac{1}{8} \cdot 1,08 \cdot 0,8^2$$

$$P_u = 82,73315 \text{ kN} = 8435,471974 \text{ kg}$$

$$P_n = 0,8 \cdot P_u = 0,8 \cdot 82,73315 = 103,4164 \text{ kN} = 10544,33614 \text{ kg}$$

3. Perencanaan perhitungan tulangan :

$$b = 150 \text{ mm} ; h = 250 \text{ mm} ; \text{Beban rencana} : P = 5 \cdot 10 = 50 \text{ kN} = 5098 \text{ kg}$$

$$\text{Momen luar rencana} : M_u = \frac{1}{2} P_u \cdot a + \frac{1}{8} W_u L^2$$

$$\text{Berat sendiri balok} : W_u = 1,2 \cdot 0,15 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 24 = 1,08 \text{ kN/m}$$

$$= 110,1168 \text{ kg/m}$$

$$\frac{1}{2} P_u = \frac{1}{2} \cdot 1,6 \cdot 50 = 40 \text{ kN} = 4078,4 \text{ kg}$$

$$M_u = 40 \cdot 0,3 + \frac{1}{8} \cdot 1,08 \cdot 0,9^2 = 12,10935 \text{ kNm} = 1234,6693 \text{ kgm}$$

4. Perencanaan Tulangan Lentur

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$d = 250 - 20 - 6 - (1/2 \cdot 10) = 219 \text{ mm}$$

Pada kondisi seimbang (balance) :

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 25}{300} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600 + 300}$$

$$= 0,0903125$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0903125 = 0,067734375$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{300} = 0,004667$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{12,10935 \cdot (10^6 / 0,8)}{150 \cdot 219^2} = 2,1004$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{300}{0,85 \cdot 25} = 15$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right] = \frac{1}{15} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15 \cdot 2,1004}{300}} \right]$$

$$= 0,0069 > \rho_{\min}$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d = 0,0069 \cdot 150 \cdot 219 = 227,4386 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan : 3 ϕ 10 dengan luas $A_s = 235,6195 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu}$

5. Perencanaan Penulangan geser (sengkang)

Mutu baja, $f_y = 220 \text{ Mpa}$

$f_c = 25 \text{ Mpa}$

$d = 219 \text{ mm}$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d = 0,6 \cdot 1/6 \cdot \sqrt{25} \cdot 150 \cdot 219$$

$$= 16425 \text{ N}$$

$$V_u = 1/2 P_u = 40 \text{ kN} = 4078,4 \text{ kg}$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$\phi V_n = \phi V_c + \phi V_s \text{ dengan } \phi V_n = V_u$$

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$= 40 \cdot 10^3 - 16425 = 23575 \text{ N}$$

Dipakai sengkang ϕ 6

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \eta \cdot 6^2 = 56,5487 \text{ mm}^2$$

$$\phi V_s = \frac{\phi A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$$s = \frac{\phi A_v \cdot f_y \cdot d}{\phi V_s} = \frac{0,6 \cdot 56,5487 \cdot 220 \cdot 219}{23575} = 69,3408 \text{ mm}$$

dipakai sengkang : $\phi 6 - 200 \text{ mm}$

6. Tegangan Geser Rencana

$$v = \frac{V_c}{b \cdot d} = \frac{27,375 \cdot 10^3}{150 \cdot 219} = 0.8333 \text{ MPa}$$

4.4 Prosedur Penelitian

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang baik, maka dapat dilakukan cara-cara sebagai berikut ini .

1. Pemeriksaan bahan campuran beton.

Semen yang dipakai dipastikan masih dalam kondisi baik yaitu semen belum mengeras atau menggumpal. Pasir dan kerikil di cuci terlebih dahulu untuk mengurangi kandungan lumpur yang ada. Dilakukan pemeriksaan modulus halus butir dan berat jenisnya masing-masing bahan.

2. Perencanaan campuran beton.

Perencanaan campuran dibuat dengan metode ACI (*American Concrete Institute*).

3. Pembuatan campuran beton.

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

4. Pemasakan beton dilaksanakan menggunakan tongkat penumbuk yang ditusuk-tusuk ke dalam adukan beton serta sisi cetakan diketuk-ketuk dengan palu sampai adukan merata dan padat.

5. Rawatan benda uji.

Beton memerlukan perawatan untuk menjamin terjadinya proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna dengan menjaga kelembapan permukaan beton. Untuk mempertahankan beton supaya berada dalam keadaan basah selama periode beberapa hari, maka dilakukan perendaman sampel dengan air sampai umur 14 - 28 hari dan diangkat 2 hari sebelum dilakukan pengujian.

6. Materi pengujian di laboratorium meliputi pengujian kuat desak beton, kuat tarik baja dan kuat geser.

7. Hasil-hasil pengujian dicatat untuk kemudian diolah menjadi data, gambar dan grafik.

Pengujian kuat desak beton dilakukan pada umur 28 hari. Langkah-langkah pengujiannya sebagai berikut :

1. setiap benda uji diberi tanggal pembuatan dan tanggal pengujian,
2. benda uji diletakkan pada mesin uji desak beton, kemudian diuji sampai pecah atau runtuh,
3. setiap benda uji dicatat kuat desak betonnya, kemudian dihitung kuat desak rata-rata.

Pengujian kuat tarik dilaksanakan sebelum pencoran beton. Langkah-langkah pengujian sebagai berikut :

1. batang baja dipasang pada mesin uji tarik baja,
2. penarikan dilakukan sampai baja luluh atau putus,
3. Dicatat besar beban tarik yang terjadi.

Pengujian kuat geser balok dilakukan pada umur 28 hari dengan cara pengujian sebagai berikut ini.

1. Balok terlebih dulu dikapur putih sebelum diuji, sehingga pola retak yang terjadi mudah dilihat.
2. Kemudian benda uji diletakkan pada tumpuan yang telah disiapkan.
3. Di atas benda uji diberi dudukan lempengan baja untuk menyalurkan beban dari mesin uji menjadi beban dua titik.
4. Pada saat pengujian pola-pola retaknya digambar dengan spidol untuk memperjelas dan dicantumkan besar beban yang terjadi pada saat retak.

5. Untuk mengukur lendutan yang terjadi pada saat pembebanan di bawah benda uji dipasang satu buah *ekstenometer*.

Data yang dicatat dalam pengujian adalah sebagai berikut ini.

1. Besar beban yang mengakibatkan retak-retak diagonal/miring pada benda uji sampai runtuh.
2. Besar lendutan yang terjadi akibat kenaikan beban yang telah ditentukan, untuk setiap benda uji kenaikan beban ditetapkan sebesar 250 kg.
3. Digambarkan pola retak yang terjadi.

4.5 Pelaksanaan penelitian

4.5.1 Perencanaan campuran beton

Perencanaan beton pada benda uji didasarkan pada metode standar ACI dengan data sebagai berikut :

1. Kuat desak rencana ($f'c$) : 25 Mpa
2. Diameter agregat : 10 - 20 mm
3. Modulus halus butir (mhb) pasir: 2,9
4. Berat jenis pasir (SSD) : 2,6557 gram/cm³
5. Berat jenis kerikil (SSD) : 2,6672 gram/cm³
6. Berat volume agregat kasar : 1,5657 gram/cm³
7. Berat jenis semen : 3,15 gram/cm³

Adapun langkah-langkah perhitungan perencanaanya adalah sebagai berikut ini.

1. Menghitung kuat desak rata-rata

$$\begin{aligned}
 f'_{cr} &= f'_c + m \quad ; \quad m = 1,64 \cdot ds \\
 &= 250 + (1,64 \cdot 40) \\
 &= 315 \text{ kg/cm}^3 \\
 &= 31,5 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

2. Menentukan faktor air semen

- a. Berdasarkan nilai kuat desak rata-rata sebesar 31,5 Mpa maka dari Tabel 3.4 diperoleh nilai fas sebesar 0,48
- b. Berdasarkan perencanaan beton untuk bangunan didalam ruangan dan kondisi keliling non korosif maka diperoleh fas maksimum (pada Tabel 3.5) sebesar 0,6

Dari kedua asumsi perkiraan tersebut diambil nilai fas sebesar 0,48

3. Menetapkan nilai slump

Didasarkan pada tabel 3.6 untuk beton yang digunakan sebagai pelat, balok, kolom diperoleh nilai slump sebesar 75 mm - 150 mm.

4. Menetapkan kebutuhan air

Jumlah air yang dibutuhkan berdasarkan nilai slump (Tabel 3.7) diperoleh air sebanyak 208 liter dengan udara terperangkap sebesar 2%.

5. Menghitung kebutuhan semen

Dari penentuan langkah kedua dan keempat maka kebutuhan semen dapat dihitung sebagai berikut ini.

$$fas = \frac{w \text{ air}}{w \text{ semen}}$$

$$w \text{ semen} = \frac{w \text{ air}}{fas} = \frac{208}{0,48} = 433,33 \text{ kg/m}^3$$

6. Menentukan volume agregat kasar

Volume agregat kasar ditentukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan mhb pasir sesuai dengan tabel 3.8 diperoleh volume agregat kasar sebesar 0,61 m³.

$$\text{Berat agregat kasar} = 0,61 \cdot 1,5657 = 0,91 \text{ ton} = 910 \text{ kg}$$

$$\text{Volume padat agregat kasar} = \frac{0,91}{2,6672} = 0,35 \text{ m}^3$$

7. Menentukan volume agregat halus

$$\text{Volume padat semen} = 433,33 / (3,15 \times 1000) = 0,140 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume padat air} = 208 / 1000 = 0,208 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume padat agregat kasar} = 910 / (2,6672 \times 1000) = 0,350 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume udara terperangkap} = 2 \% = 0,020 \text{ m}^3$$

$$\Sigma = 0,718 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume padat agregat halus} = 1 - 0,718 = 0,282 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat agregat halus} = 0,282 \times 2,6557 \times 1000 = 748,9074 \text{ kg}$$

8. Kebutuhan material dalam beton normal

Dari penentuan parameter diatas maka diperoleh untuk 1 m³ beton dengan perbandingan berat Pc : Ps : Kr : A

$$433,33 : 748,9074 : 910 : 208 = 1 : 1,7283 : 2,1 : 0,48$$



9. Menetapkan kebutuhan serat baja lokal (kawat ikat).

Dipakai volume padat serat (V_f) sebanyak 0,75 % dan 1,5 % dari berat adukan.

$$V_{f_1} = 0,75 \% \times (433,33 + 748,9074 + 910 + 208) = 17,25178 \text{ kg}$$

$$V_{f_2} = 1,5 \% \times (433,33 + 748,9074 + 910 + 208) = 34,50350 \text{ kg}$$

10. Menetapkan volume beton tanpa serat ($Vol = 0,11191 \text{ m}^3$)

$$\text{Semen} : 433,33 \times 0,11191 = 48,49396 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} : 748,9074 \times 0,11191 = 83,8102 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} : 910 \times 0,11191 = 101,8381 \text{ kg}$$

$$\text{Air} : 208 \times 0,11191 = 23,27728 \text{ liter}$$

11. Menetapkan volume beton serat ($Vol = 0,11191 \text{ m}^3$)

$$\text{Semen} : 433,33 \times 0,11191 = 48,49396 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} : 748,9074 \times 0,11191 = 83,8102 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} : 910 \times 0,11191 = 101,8381 \text{ kg}$$

$$\text{Air} : 208 \times 0,11191 = 23,27728 \text{ liter}$$

$$\text{Serat (1)} : 17,252178 \times 0,11191 = 2 \text{ kg}$$

$$\text{(2)} : 34,5035 \times 0,11191 = 4 \text{ kg}$$

12. Menentukan kebutuhan *Superplasticizer* = 1 % x 48,49396

$$= 0,4849396 \text{ liter}$$

4.5.2 Pembuatan campuran beton

Pembuatan campuran beton dalam penelitian ini berpedoman pada SK-SNI- T - 28-1991-03 tentang tata cara pengadukan dan pengecoran beton.

Cara pembuatan campuran beton dimulai dari persiapan bahan dan alat sesuai dengan persyaratan dan kebutuhan material pada saat perhitungan campuran adukan (*mix design*).

4.5.3 Pengujian slump

Pengujian slump dilakukan dengan menggunakan kerucut standar Abrams.

Pengujian slump dilakukan untuk mengetahui kelecakan atau kemudahan pengerjaan (*workability*) dari setiap campuran yang telah dibuat. Pada penelitian ini dipakai nilai slump 7,5 - 15 cm.

4.5.4 Komposisi benda uji

Komposisi benda uji berupa silinder beton direncanakan sebanyak 33 buah, model geser sebanyak 22 buah, dan balok geser sebanyak 22 buah.

Komposisi benda uji seperti Tabel berikut ini.

Tabel 4.3 Komposisi benda uji

Jenis Benda Uji	Kode Benda Uji	Keterangan	Jumlah Benda Uji
	STS	Silinder Tanpa Serat	3
Silinder	SS51	Silinder Serat 5 cm; 0,75 %	3
	SS52	Silinder Serat 5 cm; 1,5 %	3
	SS61	Silinder Serat 6 cm; 0,75 %	3

lanjutan Tabel 4.3

	SS62	Silinder Serat 6 cm; 1,5 %	3
	SS71	Silinder Serat 7 cm; 0,75 %	3
	SS72	Silinder Serat 7 cm; 1,5 %	3
	SS81	Silinder Serat 8 cm; 0,75 %	3
	SS82	Silinder Serat 8 cm; 1,5 %	3
	SS91	Silinder Serat 9 cm; 0,75 %	3
	SS92	Silinder Serat 9 cm; 1,5 %	3
	MGTS	Model Geser Tanpa Serat	2
	MGS51	Model Geser Serat 5 cm; 0,75 %	2
	MGS52	Model Geser Serat 5 cm; 1,5 %	2
	MGS61	Model Geser Serat 6 cm; 0,75 %	2
	MGS62	Model Geser Serat 6 cm; 1,5 %	2
	MGS71	Model Geser Serat 7 cm; 0,75 %	2
Model Geser	MGS72	Model Geser Serat 7 cm; 1,5 %	2
	MGS81	Model Geser Serat 7 cm; 1,5 %	2
	MGS82	Model Geser Serat 8 cm; 1,5 %	2
	MGS91	Model Geser Serat 9 cm; 0,75 %	2
	MGS92	Model Geser Serat 9 cm; 1,5 %	2
	BGTS	Balok Geser Tanpa Serat	2
	BGS51	Balok Geser Serat 5 cm; 0,75 %	2

lanjutan Tabel 4.3

Balok Geser	BGS52	Balok Geser Serat 5 cm; 1,5 %	2
	BGS61	Balok Geser Serat 6 cm; 0,75 %	2
	BGS62	Balok Geser Serat 6 cm; 1,5 %	2
	BGS71	Balok Geser Serat 7 cm; 0,75 %	2
	BGS72	Balok Geser Serat 7 cm; 1,5 %	2
	BGS81	Balok Geser Serat 8 cm; 0,75 %	2
	BGS82	Balok Geser Serat 8 cm; 1,5 %	2
	BGS91	Balok Geser Serat 9 cm; 0,75 %	2
	BGS92	Balok Geser Serat 9 cm; 1,5 %	2

4.5.5 Rawatan benda uji

Rawatan benda uji beton adalah suatu usaha untuk menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab, sejak adukan beton dipadatkan sampai beton dianggap cukup keras pada umur yang direncanakan. Kelembapan permukaan beton itu harus dijaga untuk menjamin proses hidrasi semen berlangsung dengan baik. Bila hal ini tidak dilakukan, akan terjadi beton yang kurang kuat dan timbul retak-retak.

Untuk mempertahankan beton supaya berada dalam keadaan basah selama periode beberapa hari, maka dilakukan perendaman benda uji silinder dan kubus dengan merendam di bak air selama 28 hari, sedangkan untuk benda uji balok rawatan dilakukan dengan cara menutup beton dengan karung basah dan menyirami setiap dua hari sekali dan diangkat 2 hari sebelum dilakukan pengujian.

4.5.6 Pengujian benda uji

Pengujian dilakukan pada beton berumur 28 hari. Pelaksanaan pengujian dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, FTSP, UII, Yogyakarta.

1. Pengujian Desak Beton

Pengujian desak beton menggunakan mesin uji desak merk “*CONTROL*” dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Setelah diukur dan ditimbang, benda uji diletakkan pada alas pembebanan mesin uji kuat desak beton
- b. Mesin uji dihidupkan, pembebanan diberikan secara berangsur-angsur sampai benda uji hancur pada pembebanan maksimal.
- c. Kemudian mesin dimatikan dan besar beban dicatat sesuai jarum penunjuk pembebanan. Tegangan beton diperoleh dengan membagi beban maksimal yang mampu ditahan masing-masing benda uji dengan luas permukaan beton yang didesak.

Rumus tegangan desak beton adalah :

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Dengan : $f'c$ = tegangan desak beton (N/mm²)

P = beban maksimum yang mampu ditahan beton (N)

A = luas permukaan desak beton (mm²)

2. Pengujian Geser

Pengujian geser dilakukan dengan alat mesin uji desak merk “SHIMADZU” kapasitas 30 ton yang terdapat pada laboratorium BKT, FTSP, UII. Sedangkan untuk alat-alat pembebanan dua titik, dilakukan modifikasi sendiri yang diharapkan mampu mewakili seperti beban dua titik.

Tahapan pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut ini.

1. Sebelum pelaksanaan pengujian, balok dicat putih terlebih dahulu untuk memudahkan pada waktu pengamatan retak. Kemudian benda uji ditimbang dan diberi tanda sebagai titik perletakan serta titik pembebanan pada benda uji. Benda uji diletakkan pada tumpuan/dukungan sesuai dengan tanda yang telah diberikan. Di bawah benda dipasang alat untuk mengukur lendutan (*ekstenometer*) yang terjadi pada waktu pelaksanaan pengujian geser.
2. Setelah siap, mesin dihidupkan untuk dilakukan pembebanan secara perlahan-lahan dan dinaikkan secara berangsur-angsur hingga terjadi retak atau patah pada batas beban tertentu.

3. Hasil retak ditandai dan ditulis besar beban pada saat terjadi retak, serta digambarkan pola retak yang terjadi pada balok pada saat pengujian berlangsung. Pengamatan yang dilakukan yaitu pada perilaku geser balok akibat beban yang dilihat dari pola retak yang terjadi. Besar lendutan dicatat dengan interval beban sebesar 250 kg sampai kekuatan maksimal. Karena keterbatasan alat, maka pembebanan tidak maksimal dan tidak terjadi keruntuhan balok total akibat pembebanan.

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Setelah semua pelaksanaan penelitian di laboratorium selesai, sebagai hasilnya didapatkan data mengenai dimensi benda uji, beban yang mampu ditahan, defleksi pada tiap interval pembebanan, dan akhirnya didapat tegangan leleh baja, tegangan desak beton, kapasitas geser dan tegangan geser untuk masing-masing benda uji.

5.1.1 Hasil uji kuat tarik baja

Pengambilan benda uji dilakukan dengan memotong baja tulangan sepanjang 60 cm, dari tiap baja tulangan yang dipakai.

Tabel 5.1 Kuat tarik baja

T u l a n g a n	Luas (mm ²)	Beban leleh (N)	Beban max (N)	Beban putus (N)	Tegangan leleh = P/A (MPa)	Tegangan max = P/A (MPa)	Tegangan putus = P/A (MPa)
D10	70,882	22666,667	33316,667	26133,333	320,251	470,030	368,688
D6	23,758	5433,333	8483,333	6433,333	228,67565	357,073	270,786

5.1.2 Hasil Uji Kuat Desak Beton

Setiap pengadukan campuran beton diambil untuk 3 buah benda uji silinder dan 2 buah benda uji kubus. Pengujian dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Dari hasil pengujian kuat desak beton berumur 28 hari tersebut diperoleh tegangan desak beton seperti pada Tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Kuat Desak Silinder

No	Kode	Tinggi (mm)	Diameter (mm)	A (mm ²)	Pmaks (N)	Kuat Desak (N/mm ²)	Kuat Desak rata-rata (N/mm ²)
1	STS1	300	150	17671,459	705000	39,89484	41,28980
2	STS2	296,6	150,6	17813,113	760000	42,66519	
3	STS3	300	150	17671,459	730000	41,30955	
4	SS511	306	145	16512,996	875000	52,98857	49,10329
5	SS512	293	147	16971,669	805000	47,43199	
6	SS513	296	146	16741,547	785000	46,88933	
7	SS521	301	149	17436,625	955000	54,76977	51,71396
8	SS522	304	150,1	17695,029	960000	54,25253	
9	SS523	302	150	17671,459	815000	46,11957	
10	SS611	300,4	149,5	17553,845	705000	40,16214	40,64414
11	SS612	298,9	150	17671,459	720000	40,74367	
12	SS613	300	150	17671,459	725000	41,02661	
13	SS621	301	147	16971,669	816000	48,08013	51,75081
14	SS622	301,9	151,9	17931,590	105000	58,55588	
15	SS623	298	147	16971,669	825000	48,61042	

lanjutan Tabel 5.2

16	SS711	293	146	16741,547	965000	57,64103	55,179033
17	SS712	298	148	17203,361	1005000	58,41882	
18	SS713	299	146	16741,54725	830000	49,57725	
19	SS721	301	147	16971,66891	795000	46,84277	53,83749
20	SS722	300	150	17671,45868	1005000	59,41785	
21	SS723	298	146	16741,54725	925000	55,25176	
22	SS811	294,8	145,6	16649,93841	1015000	60,96119	58,155
23	SS812	296,5	144,4	16376,61985	1005000	61,36798	
24	SS813	298,2	149,5	17553,8453	915000	52,12533	
25	SS821	300,5	147	16971,66891	890000	52,44033	50,158386
26	SS822	303,5	151,5	18026,655	935000	51,86764	
27	SS823	302	149	17436,62463	805000	46,16719	
28	SS911	299,1	145,75	16684,26227	1015000	60,83577	58,769623
29	SS912	295,1	144,5	16399,31	925000	56,40481	
30	SS913	298,3	143,1	16083,07728	950000	59,06829	
31	SS921	302	147	16971,66891	970000	59,06829	53,437823
32	SS922	301,5	148	17203,36137	855000	49,69959	
33	SS923	302	146	16741,54725	895000	53,45981	

5.1.3 Hasil Uji Kuat Geser

5.1.3.1 Balok Geser

Penelitian dilakukan dengan menggunakan benda uji balok. Hasil penelitian geser dari masing-masing sampel dikelompokkan dalam bentuk tabel yang

menunjukkan kuat geser dari masing-masing sampel (lihat Tabel 5.3). Grafik hubungan antara beban dan defleksi pada masing-masing variasi serat, dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan Gambar 5.2. Sedangkan pola retak yang terjadi pada setiap sampel dapat dilihat pada lampiran 8. Lendutan yang terjadi pada benda uji balok diukur dengan menggunakan *ekstenometer*. Data lendutan yang diperoleh dari pengujian ini dapat dilihat pada lampiran 7. Beban retak miring diperoleh dari retak miring pertama yang kemiringannya mendekati sudut 45° berdasarkan gambar pola retak tiap-tiap benda uji pada lampiran 8-1 sampai dengan 8-22. Data hasil beban retak miring pertama dapat dilihat pada tabel lampiran 8-23.

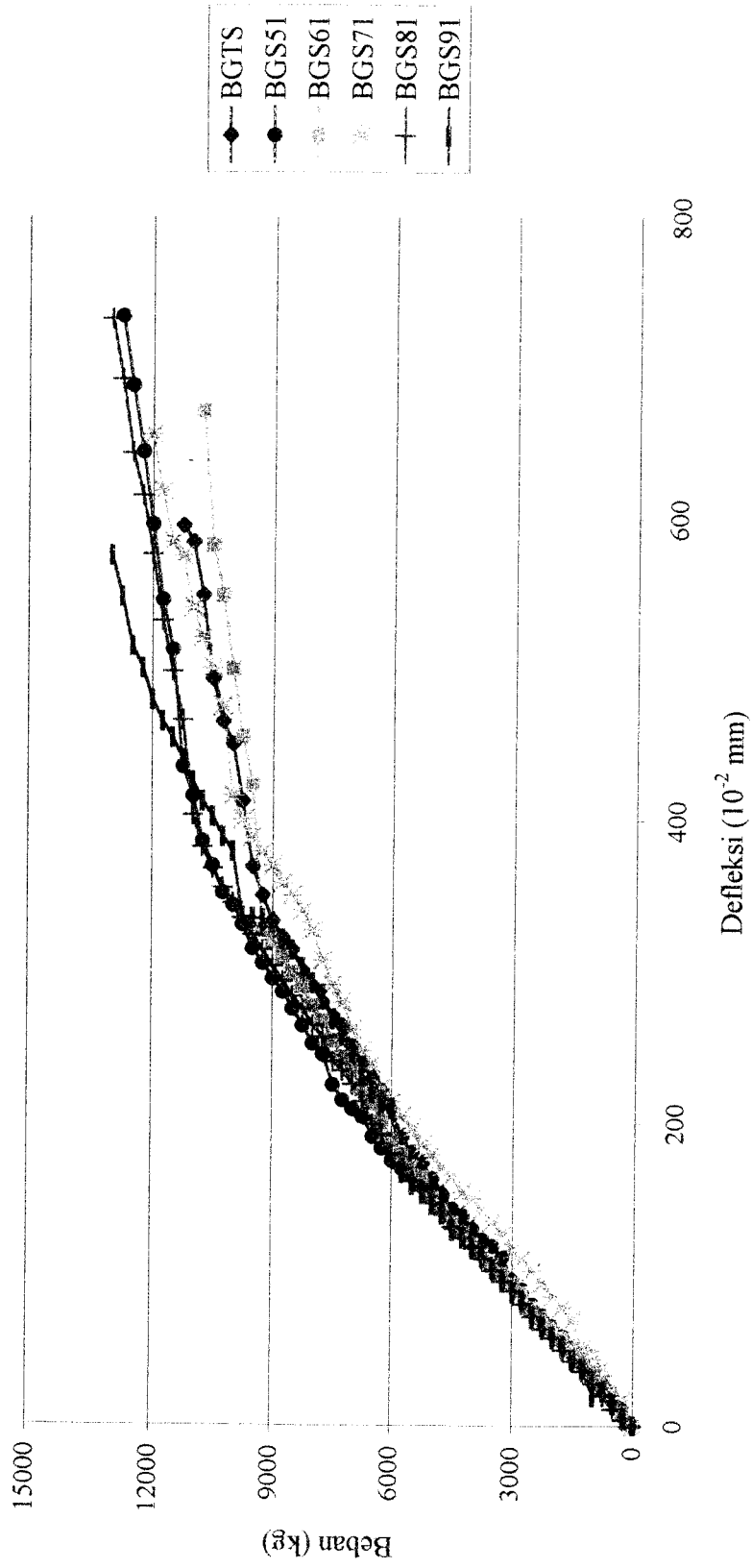
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Kuat Geser Berdasarkan Beban

Retak Miring Pertama (P) pada Balok

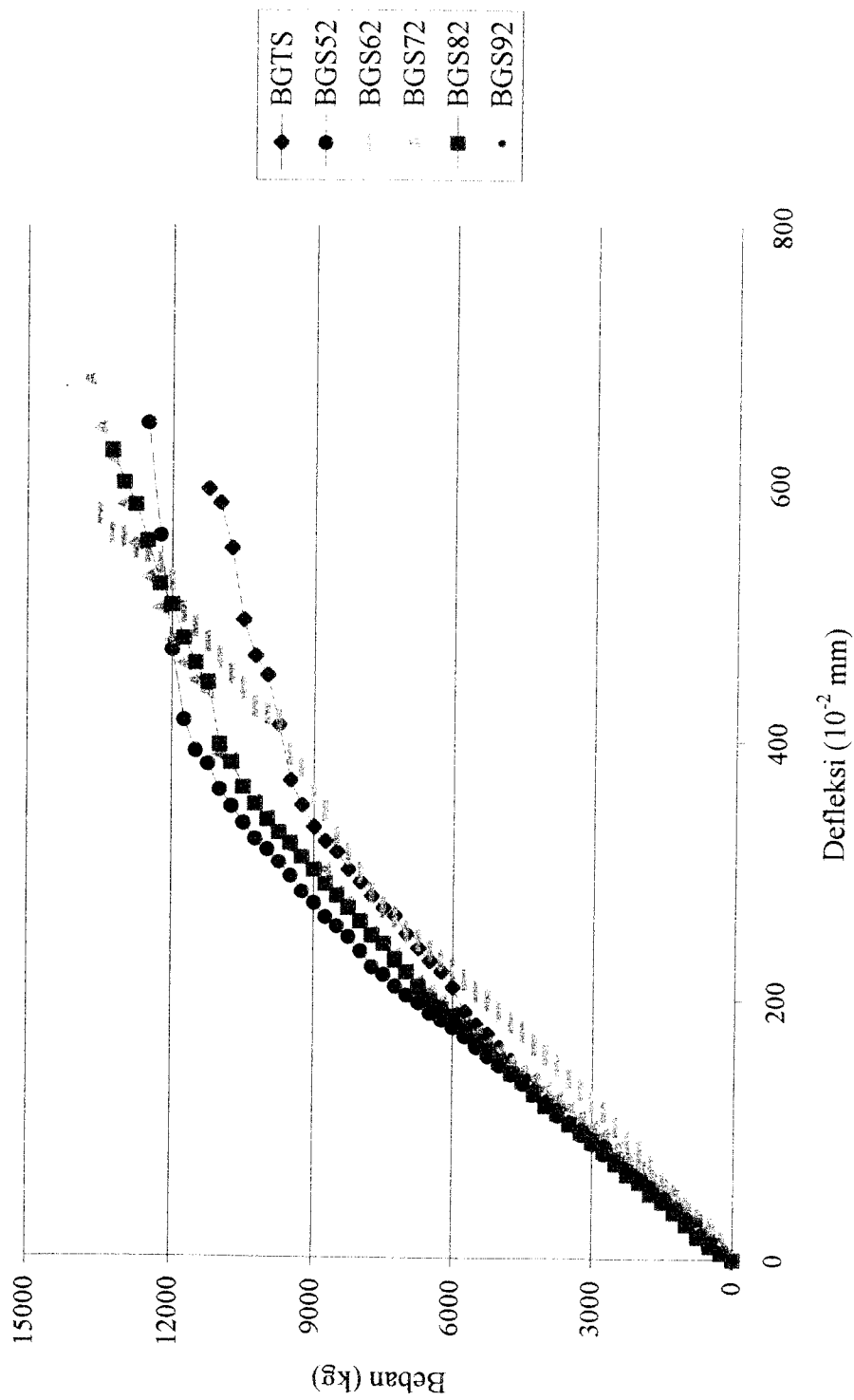
No	Kode	P (N)	V=P/2 (N)	Tegangan Geser ($v=V/b.d$) (MPa)
1	BGTS11	64934,8119	32647,40595	0,98835
2	BGTS12	62398,2958	31199,14790	0,94975
3	BGS511	73051,6633	36525,83165	1,11190
4	BGS512	70515,1473	35257,57365	1,10733
5	BGS521	75080,8762	37540,43810	1,11428
6	BGS522	84212,3342	42106,10671	1,28177
7	BGS611	74066,26983	37033,04457	1,11237
8	BGS612	77110,08914	38555,04457	1,11737
9	BGS621	86748,85028	43374,42514	1,32038
10	BGS622	84719,63741	42359,81871	1,28950
11	BGS711	78124,69557	39062,34779	1,18912
12	BGS712	78631,99879	39315,99940	1,19684

lanjutan Tabel 5.3

13	BGS721	89285,36667	44642,68334	1,35899
14	BGS722	88778,06315	44389,03158	1,35127
15	BGS8 11	84719,63741	42359,81871	1,28949
16	BGS812	82690,42453	41345,21227	1,25861
17	BGS821	95373,00498	47686,50249	1,45164
18	BGS822	91314,57924	45657,28962	1,38987
19	BGS911	87763,45672	43881,72836	1,33582
20	BGS912	84719,63741	42359,81871	1,28949
21	BGS921	89285,36637	44642,68319	1,35899
22	BGS922	88778,06315	44389,03158	1,351265



Gambar 5.1 Grafik Hubungan Defleksi dan Beban pada Balok dengan Variasi Prosentase Serat 0,75 %



Gambar 5.2 Grafik Hubungan Defleksi dan Beban pada Balok dengan Variasi Prosentase Serat 1,5 %

5.1.3.2 Model Geser

Hasil penelitian model geser dari masing-masing sampel dikelompokkan dalam bentuk tabel seperti berikut ini. Beban retak pertama diperoleh berdasarkan tabel pada lampiran 9. Pengujian model geser yang dilakukan merupakan pengujian untuk mendapatkan geser langsung yang terjadi pada benda uji. Data yang didapatkan dari hasil pengamatan kemudian dibandingkan dengan kapasitas geser ijin. Dari perbandingan ini dapat dilihat suatu peningkatan dari hasil pengujian jika dibandingkan dengan kapasitas geser ijin.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Model Geser

No	Kode	P (N)	V=P/2 Pengamatan (N)	Vc = 1/6.b.d. $\sqrt{f_c}$ (N)	Vc = 1/3 b.d. $\sqrt{f_c}$ (N)	Tegangan Geser $\frac{V}{b.d}$ (MPa)
1	MGTS11	62398,3	31199,15	10709,61953	21418,8306	3,1199
2	MGTS21	60876,4	30432,00	10709,61953	21418,8306	3,0430
3	MGS511	72037,1	36018,55	11678,2213	23357,8442	3,6010
4	MGS512	63412,9	31706,45	11678,2213	23357,8442	3,170
5	MGS521	102475,25	51237,625	11985,40779	23970,5832	5,123
6	MGS522	116679,7	58339,85	11985,40779	23970,5832	5,834
7	MGS611	86748,9	43374,45	10625,4417	21250,88233	4,337
8	MGS612	81168,5	40584,25	10625,4417	21250,88233	4,058
9	MGS621	119216,3	59608,15	11989,57881	23979,15762	5,961
10	MGS622	126825,8	63412,9	11989,57881	23979,15762	6,341
11	MGS711	118201,7	59100,85	12380,4281	24760,8562	5,910
12	MGS712	121752,8	60876,4	12380,4281	24760,8562	6,088
13	MGS721	126318,5	63159,25	12228,95017	24457,90034	6,316
14	MGS722	126825,8	63412,9	12228,95017	24457,90034	6,341
15	MGS8 11	128855,02	64427,5	12709,90427	25419,80855	6,440

lanjutan Tabel 5.4

16	MGS812	120230,86	60115,43	12709,90427	25419,80855	6,011
17	MGS821	136464,56	68232,28	11803,71881	23607,43762	6,823
18	MGS822	129869,62	64934,81	11803,71881	23607,43762	6,493
19	MGS911	126825,80	63412,90	12776,364	2555,4727	6,341
20	MGS912	134435,35	67216,77	12776,364	2555,4727	6,722
21	MGS921	139001,08	69500,54	12183,43593	24366,87186	6,951
22	MGS922	129463,78	64731,89	12183,43593	24366,87186	6,473

5.2 Pembahasan

Pembahasan didasarkan pada hasil yang diperoleh dari percobaan. Data dari hasil ini dapat diamati diteliti pengaruh panjang dan prosentase serat terhadap kapasitas balok dalam menahan geser serta perilaku geser yang terjadi pada benda uji.

5.2.1 Kuat Tarik Baja

Tegangan leleh baja dengan D10 yang diperoleh dari hasil pengujian sebesar 320,251 MPa melebihi kuat leleh yang direncanakan (300 MPa). Sedangkan untuk D6 diperoleh tegangan leleh baja sebesar 228,67565 MPa. Penentuan tulangan telah diperhitungkan agar balok dapat mengalami keruntuhan geser.

5.2.2 Kuat Desak Beton

Kekuatan desak beton rencana tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat serta kualitas rawatannya. Kekuatan desak ditentukan dengan uji silinder

ukuran 15 x 30 cm yang dirawat dengan cara merendam didalam bak air dan pengujian dilakukan pada umur beton 28 hari. Kuat desak beton yang disyaratkan pada umur 28 hari adalah 25 MPa, dari hasil uji desak beton didapat kuat desak melebihi kuat desak rencana.

Hasil pengujian desak silinder beton normal dan beton serat pada umur 28 hari, menunjukkan bahwa kuat desak beton serat (dengan $v_f = 0.75\%$) bertambah sekitar 29,74 % bila dibandingkan dengan kuat desak beton normal. Sedangkan pada beton serat dengan panjang 9 cm (dengan $v_f = 1,5\%$) terjadi penurunan, jika dibandingkan dengan beton normal kenaikannya hanya sebesar 23 %. Hal ini disebabkan semakin panjang serat dan semakin banyak volume serat yang dicampurkan dalam adukan, sangat mempengaruhi *workability* sehingga mempengaruhi kekuatan betonnya.

5.2.3 Perilaku Geser Balok

Perilaku geser balok secara umum memiliki perilaku geser yang hampir sama. Hal ini dapat dilihat dari pola retak yang terjadi pada balok uji. Pola retak yang terjadi menunjukkan pola retak yang disebabkan oleh gaya geser, yaitu retak diagonal yang berawal dari tumpuan yang merambat secara simultan terhadap pembebanan menuju daerah tertekan balok. Hal tersebut sesuai dengan rencana penelitian, bahwa balok akan gagal dalam geser.

Pada balok beton tanpa serat, retakan pertama timbul pada beban 6300 kg berupa retak rambut, beban yang terjadi lebih besar dari beban yang direncanakan (4078,4 kg). Pada penambahan beban lebih lanjut terjadi retak diagonal yang

merupakan lanjutan dari retak pertama. Adapaun beban visual yang teramati pada saat terjadinya retak diagonal yaitu pada beban 6400 kg. Retak-retak yang terjadi pada balok berupa retak diagonal yang dimulai dari tumpuan dan sepanjang bentang geser menuju ke titik penopang beban. Arah retak diagonal membuat sudut lebih dari 45 derajat sedangkan pola retak menyerupai lengkung (busur) yang dimulai dari tumpuan menuju ke arah titik pembebanan balok (Lampiran 8-2). Lendutan terjadi secara signifikan sehingga membentuk grafik yang linear dan balok masih mampu menahan geser lebih besar (Gambar 5.1). Dikarenakan keterbatasan alat uji, maka beban maksimum dihentikan pada beban 13075 kg.

Pada variasi panjang serat 5 cm prosentase 0,75 %, balok uji mengalami retakan pertama pada beban 6650 kg yaitu berupa retak rambut vertikal di tumpuan yang pada penambahan beban lebih lanjut retakan tersebut dirambatkan secara simultan dengan arah diagonal menuju titik pembebanan. Beban yang terjadi lebih besar dari beban rencana (4078,4 kg). Beban visual yang teramati pada saat timbulnya retak diagonal yaitu pada beban 7200 kg. Pada penambahan beban lebih lanjut timbul retak-retak diagonal lainnya yang terjadi pada daerah bentang geser dan dirambatkan secara simultan menuju ke titik pembebanan (lihat Lampiran 8-4). Secara umum, arah retak diagonal yang terjadi membentuk sudut 45° dan ada yang lebih besar dari 45° . Lendutan terjadi secara linear sampai beban mencapai 11500 kg, kemudian terjadi kenaikan defleksi. Hal ini dikarenakan beton sudah mulai runtuh, tetapi beton masih dapat mempertahankan beban yang cukup besar. Berbeda dengan beton normal yang akan segera runtuh apabila beban sudah mencapai maksimal dan terjadi retak. Hal

ini menunjukkan bahwa beton serat bersifat liat. Sedangkan kuat geser yang terjadi pada beton serat 5 cm dengan prosentase serat sebesar 0,75 % dibandingkan dengan beton tanpa serat mengalami kenaikan sebesar 11 %. Beban maksimum dihentikan pada beban 14400 kg, sehingga balok tidak mengalami keruntuhan total.

Pada variasi panjang serat 5 cm dengan prosentase 1,5 %, balok uji mengalami retakan pertama pada beban 6500 kg, retak berupa retak rambut yang disebabkan oleh lentur. Beban yang terjadi melebihi dari beban yang direncanakan. Beban visual yang teramati pada saat timbulnya retak diagonal yaitu pada beban 8300 kg. Pada penambahan beban lebih lanjut timbul retak-retak diagonal lainnya yang terjadi pada daerah bentang geser dan dirambatkan secara simultan menuju ke titik pembebanan (lihat Lampiran 8-6). Lendutan terjadi secara linear sampai beban mencapai 11750 kg, kemudian terjadi kenaikan defleksi yang disebabkan karena beton sudah mulai runtuh tetapi beban masih dapat ditahan dengan bantuan tulangan dan serat yang terdapat pada beton. Terjadi kenaikan kekuatan geser sebesar 22,89 % jika dibandingkan dengan beton normal. Hal ini terjadi karena penambahan serat yang semakin banyak pada adukan membantu beton menahan beban yang lebih besar. Beban yang sudah tidak mampu ditahan oleh beton masih dapat dipertahankan dengan adanya serat-serat pada beton sehingga keruntuhan terjadi secara perlahan-lahan. Beban maksimum tercapai pada beban 14100 kg.

Pada variasi panjang 6 cm dengan prosentase 0,75 %, retak pertama terjadi pada beban 5100 kg berupa retak rambut yang disebabkan oleh lentur didaerah

tengah bentang. Kapasitas beban yang terjadi pada balok melebihi kapasitas beban yang direncanakan. Beban yang mengakibatkan retak diagonal sebesar 7600 kg yang berawal dari tumpuan menuju ke daerah tertekan balok, terjadi dengan sudut lebih kecil dari 45° (lihat Lampiran 8-8). Pada penambahan beban lebih lanjut balok masih mampu menahan beban lebih besar setelah terjadinya retak diagonal yang pertama. Karena keterbatasan alat, maka beban maksimal yang diijinkan laboratorium hanya sampai beban 12550 kg, sehingga balok tidak sampai mengalami keruntuhan total akibat pembebanan. Akan tetapi dari pola retak yang terjadi menunjukkan bahwa balok akan gagal dalam geser apabila beban terus dinaikkan. Lendutan terjadi secara linear sampai beban mencapai 11250 kg, kemudian terjadi kenaikan defleksi dikarenakan beton sudah mulai runtuh. Pada penelitian variasi ini terjadi peningkatan kekuatan geser sebesar 11,54 % jika dibandingkan dengan beton normal. Kekuatan beton dalam menahan beban semakin besar dengan bertambahnya panjang serta prosentase serat yang dicampurkan dalam adukan sehingga beton lebih bersifat liat. Pengaruh penambahan panjang dapat kita lihat dari kenaikan yang terjadi pada beton serat dengan panjang 5 cm dan prosentase 0,75 % jika dibandingkan dengan beton serat 6 cm dengan prosentase serat 0,75 %. Karena dengan bertambah panjang serat maka serat akan lebih dapat mengisi ruang antar serat yang terdapat pada beton.

Pada variasi panjang 6 cm, prosentase 1,5 %, retakan pertama timbul pada beban 7750 kg berupa retak diagonal yang berawal dari tumpuan menuju ke daerah tertekan balok. Beban pada balok melebihi beban rencana. Retak diagonal yang terjadi membuat sudut lebih besar dari 45° dan hampir mendekati vertikal

(lihat Lampiran 8-9). Beban visual yang teramati pada saat timbulnya retak miring atau diagonal yaitu pada beban 8550 kg. Pada penambahan lebih lanjut timbul retak-retak diagonal lainnya yang terjadi pada daerah bentang geser dan dirambatkan secara simultan menuju ke titik pembebanan. Lendutan terjadi secara linear sampai beban mencapai 11750 kg, kemudian terjadi kenaikan defleksi. Hal ini disebabkan karena beton sudah mulai runtuh. Terjadi kenaikan kekuatan geser sebesar 25,14 % bila dibandingkan dengan beton normal. Hal ini disebabkan karena beton mendapat tambahan kekuatan dengan semakin besarnya volume prosentase serat dan panjang serat. Dengan bertambahnya volume prosentase serat, maka serat lebih menyebar dan merata pada campuran adukan beton, sehingga dengan penambahan serat tersebut mengakibatkan beban yang sudah tidak mampu ditahan oleh beton masih dapat ditahan oleh adanya serat. Penambahan volume serat serta panjang serat mempengaruhi pula pada munculnya retakan-retakan yang terlalu dini yang dapat dilihat pada retak awal yang terjadi pada beton serat dengan panjang 6 cm dan volume serat 0,75 % dengan retak awal yang terjadi pada beton tanpa serat. Pada data tersebut menunjukkan bahwa penambahan serat dapat mempengaruhi retakan-retakan yang terjadi pada awal pembebanan. Beban maksimal yang tercapai adalah 15850 kg.

Pada variasi panjang 7 cm dengan prosentase 0,75 %, retak pertama terjadi pada pembebanan 6100 kg, yaitu berupa retak rambut vertikal di tumpuan yang pada penambahan beban lebih lanjut retakan tersebut merambat secara simultan dengan arah diagonal menuju ketitik pembebanan. Beban yang terjadi melebihi

beban yang telah direncanakan. Beban visual yang teramati pada saat timbulnya retak diagonal yaitu pada beban 7750 kg. Pada penambahan beban lebih lanjut timbul retak-retak diagonal lainnya yang terjadi pada daerah bentang geser dan dirambatkan secara simultan menuju ke titik pembebanan (lihat Lampiran 8-12). Arah sudut diagonal pada umumnya membentuk sudut lebih besar dari 45° . Lendutan terjadi secara linear sampai beban mencapai 11750 kg, kemudian terjadi kenaikan defleksi. Pada penelitian ini terjadi kenaikan kekuatan geser sebesar 17,42 % dari kekuatan geser beton normal. Kenaikan terjadi disebabkan karena semakin panjang serat serta konsentrasi serat dapat menambah kekuatan pada beton dalam menahan beban. Karena dengan penambahan serat pada adukan, beton semakin bersifat liat. Apabila pada pengujian kekuatan beton sudah tidak mampu menahan beban maka beban akan ditahan oleh serat yang ada pada beton, sehingga beton tidak runtuh secara tiba-tiba seperti pada beton normal tetapi beton akan retak serta runtuh secara perlahan. Beban maksimum yang diijinkan sebesar 13350 kg belum membuat balok mengalami keruntuhan.

Pada variasi panjang 7 cm dengan prosentase 1,5 %, retak pertama terjadi pada saat beban mencapai 7000 kg melebihi beban yang direncanakan. Retak yang terjadi berupa retak rambut vertikal di daerah tengah bentang. Beban visual yang teramati pada saat timbulnya retak diagonal yaitu pada beban 8800 kg. Rambatan - rambatan diagonal lainnya terjadi pada daerah geser dan diteruskan ke titik pembebanan. Sudut miring yang terjadi secara umum membentuk sudut 45° dan lebih besar dari 45° (lihat Lampiran 8-13). Lendutan terjadi secara linear sampai beban mencapai 11750 kg, kemudian terjadi kenaikan defleksi. Hal ini

disebabkan karena beton sudah mulai runtuh. Terjadi kenaikan kekuatan sebesar 27,27 % dari kekuatan yang ada pada beton normal. Bahkan kekuatan geser ini lebih besar dari kekuatan geser dari beton serat yang memiliki panjang dan prosentase serat yang lebih kecil. Hal ini disebabkan dengan bertambahnya panjang serat dan prosentase serat dapat lebih merata pada semua bagian beton sehingga memberi kekuatan yang lebih pada beton dan beton akan bersifat liat. Dengan keliatan pada beton tersebut maka beton masih dapat menahan beban walaupun beton telah mencapai beban maksimum. Berbeda dengan beton normal yang dapat runtuh secara tiba-tiba karena beton normal bersifat getas. Pada beban maksimum yang diijinkan di laboratorium terjadi pada pembebanan sebesar 14450 kg. Akan tetapi dari pola retak yang terjadi, balok akan gagal dalam geser sesuai dengan rencana penelitian.

Pada variasi panjang 8 cm dengan prosentase serat sebesar 0,75 %, retak pertama terjadi pada tengah bentang berupa retak rambut pada saat beban mencapai 7400 kg dan dirambatkan vertikal menuju daerah pembebanan. Beban yang terjadi melebihi dari beban yang direncanakan. Retak diagonal timbul dengan bertambahnya intensitas beban dengan membuat sudut 45° (lihat Lampiran 8-15). Beban yang teramati pada saat terjadi beban diagonal tersebut adalah sebesar 8350 kg yang berawal dari tumpuan dan kemudian dilanjutkan ke titik pembebanan. Retak - retak yang terjadi diikuti oleh retak-retak geser lainnya sampai beban maksimum yang diijinkan mencapai 14750 kg. Melihat dari pola retak yang terjadi balok akan mengalami gagal geser sesuai dengan yang direncanakan. Lendutan terjadi secara linear sampai beban mencapai 11750 kg,

kemudian terjadi kenaikan defleksi. Hal ini disebabkan karena beton sudah mulai runtuh. Dari data yang teramati didapatkan kenaikan kekuatan geser yang terjadi pada beton serat ini sebesar 23,35 % jika dibandingkan dengan beton normal dan lebih besar dibandingkan dengan variasi panjang yang lebih kecil dengan prosentase serat yang sama. Seperti yang telah dibahas pada variasi panjang sebelumnya, serat memberikan andil yang cukup besar dalam meningkatkan kekuatan pada beton. Dengan panjang serat 8 cm memungkinkan serat tersebar secara merata dan memberikan kekuatan yang lebih merata pula. Pada saat beton mengeras serat membantu beton dan tulangan yang ada yang ada pada balok beton untuk memikul beban yang diberikan pada beton tersebut dengan adanya lekatan-lekatan antara serat dengan beton. Selain itu serat juga menjadikan beton menjadi lebih liat jika dibandingkan dengan beton tanpa serat. Hal inilah yang mempengaruhi penambahan kekuatan pada beton.

Pada variasi panjang 8 cm dengan prosentase serat 1,5 %, retak pertama yang terjadi mencapai beban sebesar 6850 kg berupa retak rambut, retak tersebut terjadi di tengah bentang. Beban pada balok tersebut melebihi dari beban rencana. Pada penambahan beban lebih lanjut terjadi retakan diagonal yang berawal pada daerah tumpuan pada beban sebesar 9400 kg. Secara simultan retakan tersebut diteruskan ke titik pembebanan dengan membentuk sudut 45° dan ada yang lebih kecil dari 45° (lihat Lampiran 8-17). Lendutan terjadi secara linear sampai beban mencapai 11750 kg, kemudian terjadi kenaikan defleksi yang menandakan beton sudah mulai runtuh. Pada variasi ini terjadi kenaikan kekuatan yang cukup besar yaitu 31,9 % jika dibandingkan dengan beton tanpa serat. Seperti yang pernah

disampaikan pada penelitian sebelumnya bahwa aspect ratio (perbandingan panjang serat dengan diameter serat) yang optimum akan memberikan pengaruh penambahan kekuatan tegangan pada balok sehingga penambahan serat pada adukan memberikan andil yang cukup besar dalam upaya perbaikan kekuatan pada beton. Dengan bertambahnya panjang serat sebesar 8 cm dan prosentase sebesar 1,5 % masih memberikan sumbangan kekuatan yang cukup besar pada beton. Hal ini disebabkan dengan panjang 8 cm dan prosentase 1,5 % membuat serat dapat tersebar secara merata dan lekatan antara serat dengan beton masih dapat memberikan kekuatan yang merata. Beban maksimum yang diijinkan pada pengujian balok ini adalah pada saat beban mencapai 14800 kg.

Pada variasi panjang 9 cm dengan prosentase serat 0,75 %, retak pertama terjadi pada saat beban menunjukkan 6050 kg melebihi beban yang direncanakan. Retakan timbul pada daerah tengah bentang berupa retak rambut vertikal yang disebabkan oleh lentur dan selanjutnya dengan adanya penambahan beban, retakan tersebut dilanjutkan menuju ke titik pembebanan. Beban visual yang teramati pada saat timbulnya retak diagonal yaitu pada beban 8650 kg. Sudut yang terbentuk pada retakan tersebut membentuk sudut 45° dan diteruskan ke arah pembebanan secara simultan dengan bertambahnya intensitas beban (lihat Lampiran 8-19). Karena keterbatasan alat maka beban maksimum yang diijinkan sebesar 13050 kg. Pada saat pembebanan maksimum benda uji balok belum mengalami keruntuhan. Lendutan terjadi secara linear sampai beban mencapai 12000 kg, kemudian terjadi kenaikan defleksi. Hal ini disebabkan karena beton sudah mulai runtuh. Pada variasi ini, kekuatan geser beton mencapai 26,01 %

lebih besar dibandingkan dengan beton tanpa serat. Selain itu kekuatan beton ini juga meningkat jika dibandingkan beton dengan variasi panjang lebih kecil tetapi prosentase yang sama yaitu 0,75 %. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan panjang serat 9 cm masih memberikan kekuatan geser yang lebih tinggi.

Pada variasi panjang 9 cm dengan prosentase serat 1,5 %, retakan pertama terjadi pada saat beban menunjukkan 8150 kg, berupa retakan rambut di daerah pembebanan. Retakan diagonal yang teramati terjadi pada beban 8750 kg dengan sudut lebih kecil dari 45° sedangkan dengan adanya penambahan beban terjadi retakan-retakan lainnya yang sudutnya ada yang lebih dari 45° . Retakan-retakan tersebut selanjutnya menuju ke titik pembebanan. Pada pengujian ini beban yang dapat dicapai yaitu sebesar 15850 kg (lihat Lampiran 8-22). Lendutan terjadi secara linear sampai beban mencapai 11500 kg, kemudian terjadi kenaikan defleksi. Data tersebut menunjukkan beton sudah mulai runtuh tetapi masih dapat menahan kekuatan yang lebih besar karena dengan adanya serat pada beton menjadikan beton bersifat lebih liat dan tidak runtuh secara tiba-tiba seperti yang terjadi pada beton tanpa serat. Dari data yang dapat dilihat pada penelitian ini menunjukkan kenaikan kekuatan geser pada beton serat sebesar 26,85 % lebih besar dibandingkan beton tanpa serat atau beton normal. Tetapi apabila dibandingkan dengan beton serat dengan variasi 8 cm dengan prosentase serat yang sama yaitu 1,5 % terjadi penurunan. Dalam penelitian ini dapat dilihat bahwa dengan panjang 9 cm dan prosentase yang lebih kecil dari 1,5 % kekuatan beton serat masih mengalami kenaikan kekuatan. Tetapi apabila prosentase serat lebih besar atau sama dengan 1,5 % terjadi penurunan kekuatan. Hal ini

disebabkan oleh adanya penurunan pada *workability*-nya. Dengan semakin panjang variasi serat dan semakin banyak prosentase serat yang dicampurkan pada adukan akan semakin mempersulit dalam pengadukan sehingga penyebaran serat tidak merata dan mempersempit ketersediaan ruang bagi serat. Seperti yang telah disampaikan pada penelitian-penelitian sebelumnya bahwa unsur-unsur yang mempengaruhi *workability* pada beton serat diantaranya adalah ukuran serat. Sehingga apabila tingkat *workability*-nya tidak baik, maka hal ini sangat mempengaruhi kualitas kekuatan pada beton tersebut.

5.2.4 Perilaku Geser Murni Pada Model Geser

Dari Lampiran 9 dapat dilihat bahwa retak awal yang terjadi melebihi beban rencana. Retak awal kuat geser murni balok jika dibandingkan dengan retak awal kuat geser balok pada umumnya terjadi peningkatan. Pada beton yang menggunakan serat mengalami peningkatan yang cukup besar baik itu pada retak awal ataupun pada pembebanan maksimal jika dibandingkan beton yang tidak menggunakan serat atau beton normal. Retakan awal yang terjadi pada pengujian geser murni tersebut lebih besar dari pengujian pada lentur. Hal ini disebabkan pada pengujian geser murni tidak atau mengalami lendutan yang sangat kecil sehingga beton lebih mampu untuk menahan retakan yang lebih lama, selain itu penambahan serat pada beton tersebut juga membantu beton menahan beban yang lebih besar.

5.2.5 Pola-pola Keruntuhan Geser

1. Pola-pola keruntuhan geser balok.

Data pengamatan pada pengujian balok terdiri dari dua bagian, yaitu pengamatan yang didapat secara visual meliputi rambatan retak, pola retak, pola runtuh balok, retak lentur awal, retak miring awal serta beban pada saat retak dan beban maksimum yang dapat didukung oleh balok. Pada awal pembebanan hingga beban yang diperkirakan terjadi retak/balok bebas dari retak. Retak pertama merupakan retak lentur yang terjadi pada sisi serat tarik daerah momen terbesar yaitu di tengah bentang balok, dimana daerah ini diperkirakan terjadi lendutan maksimum. Untuk itu pengamatan retak dipusatkan pada kedua daerah yaitu pada daerah momen maksimum dan pada daerah bentang geser. Pada masing-masing daerah pengamatan retak, retak lentur terjadi pada beberapa tempat dengan jumlah dan jarak retak berbeda untuk masing-masing balok uji. Hal ini tampaknya dipengaruhi oleh jumlah tulangan geser yang terdapat dalam balok, sedangkan peningkatan retak sejalan dengan peningkatan beban, namun tidak menambah panjang retak tetapi juga menimbulkan retak baru. Retak miring sebagai retak geser merupakan pertanda bahwa tarik diagonal mulai terjadi dan seluruhnya merupakan kelanjutan dari retak lentur.

2. Pola-pola keruntuhan geser model.

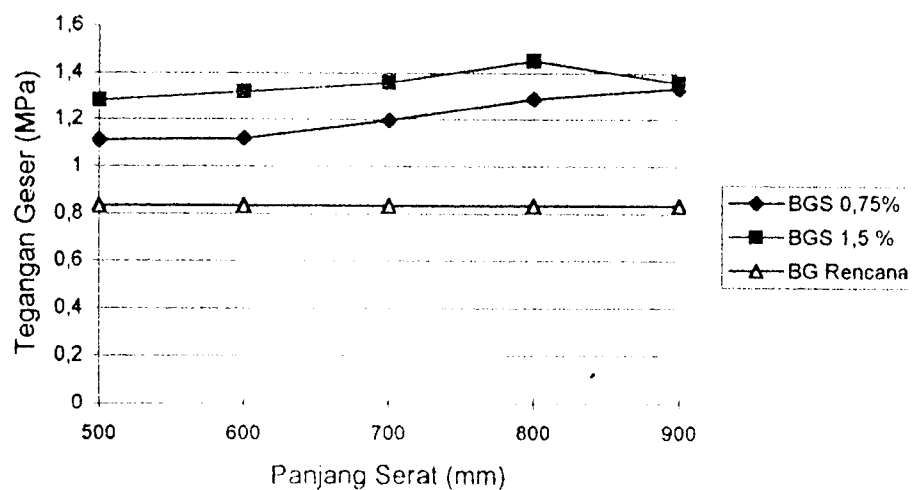
Data pengamatan yang diperoleh dari pengujian geser model meliputi : retak awal, pola keruntuhan pada model, rambatan retak, serta beban pada saat retak dan beban maksimum yang dapat didukung oleh model geser. Retak awal pada model geser terjadi pada sisi kaki model geser dan kemudian merambat lurus keatas hingga model geser tersebut mengalami keruntuhan. Beban maksimum yang dapat dicapai oleh masing-masing benda uji model meningkat seiring dengan bertambahnya panjang serat serta prosentase serat yang ditambahkan pada beton model tersebut.

5.2.6 Kuat Geser Beton

Tegangan geser balok didasarkan pada beban saat retak diagonal pertama dibagi dua (beban 2 titik) yang diamati pada masing-masing sampel kemudian dibagi dengan lebar bentang balok dan tinggi efektif balok pada masing-masing sampel.

Dari Tabel 5.3 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan kuat geser pada balok dengan variasi serat sampai pada variasi panjang serat sebesar 9 cm dengan prosentase 0,75 % jika dibandingkan dengan serat yang lebih pendek. Peningkatan kekuatan geser tersebut dapat mencapai sebesar 16,76 %. Selain itu

beton serat mengalami kenaikan kekuatan yang cukup besar dari beton yang tidak menggunakan serat. Tetapi pada variasi panjang serat 9 cm dengan prosentase 1,5 % terjadi penurunan kekuatan geser. Hal ini terjadi dikarenakan bertambahnya panjang serat serta prosentase serat dapat mempengaruhi tingkat kelecakan pada adukan. Serat tidak mendapat ruang yang cukup sehingga terjadi kecenderungan untuk menggumpal. Dengan keadaan tersebut maka akan menyulitkan pada adukan yang pada akhirnya menyulitkan mendapat kelecakan adukan, sehingga serat yang ditambahkan tersebut tidak tersebar secara merata keseluruh bagian serat. Dengan menurunnya kelecakan adukan tersebut kekuatan beton juga akan menurun. Kenaikan kuat geser balok akan meningkatkan tegangan gesernya (lihat Gambar 5.3).



Gambar 5.3 Grafik Tegangan Geser Balok

Dari Lampiran 9 dapat dilihat bahwa retak awal pada model geser yang terjadi melebihi beban rencana. Retak awal model geser jika dibandingkan dengan retak awal balok geser pada umumnya terjadi peningkatan. Pada beton

yang menggunakan serat mengalami peningkatan yang cukup besar baik itu pada retak awal ataupun pada pembebanan maksimal jika dibandingkan beton yang tidak menggunakan serat atau beton normal. Retakan awal yang terjadi pada pengujian geser murni tersebut lebih besar dari pengujian pada lentur. Hal ini disebabkan pada pengujian geser murni tidak mengalami lendutan sehingga beton lebih mampu untuk menahan retakan yang lebih lama, selain itu penambahan serat pada beton tersebut juga membantu beton menahan beban yang lebih besar. Kuat geser yang terjadi pada model geser didasarkan gaya yang diakibatkan oleh retak pertama pada saat pengamatan pengujian. Retak pertama diperoleh dari retak yang terjadi pada kaki benda uji. Untuk menghitung kuat geser model geser didapatkan dari beban retak pertama dibagi dua yang didapat dari hasil pengujian pada tiap-tiap sampel, selanjutnya dari hasil tersebut kemudian dibagi dengan luasan daerah retakan. Retakan terjadi pada kedua sisi kaki bagian dalam setelah beban bertambah. Retakan cenderung kearah vertikal mengikuti bidang geser yang direncanakan. Pada Tabel 5.4 dapat dilihat bahwa kapasitas geser pada model geser pengamatan melebihi kapasitas geser ijin. Dengan kenaikan kuat geser yang terjadi pada model geser, maka terjadi pula kenaikan pada tegangan gesernya.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari penelitian diperoleh data dari masing-masing balok uji yang dapat diambil kesimpulan mengenai perilaku geser dan kuat geser beton serat dengan variasi panjang serat dan prosentase serat.

1. Pada proses pembuatan beton diperoleh nilai “slump” yang berbeda, hal ini terjadi karena kurang seragamnya pengadukan atau pencampuran beton.
2. Penambahan serat baja lokal yang dalam hal ini dipilih kawat ikat dengan panjang yang bervariasi (5,6,7,8,dan 9 cm) dan variasi prosentase serat sebesar 0,75 % dan 1,5 % dari pasta semen terjadi peningkatan kuat desak beton. Dari sebelas variasi, yang menghasilkan kuat desak tertinggi adalah jenis BGS911 (balok geser serat dengan panjang 9 cm, volume serat 0,75 %) dengan kenaikan kuat desak sebesar 29,74 % dibandingkan dengan jenis BGTS (balok geser tanpa serat).
3. Dari hubungan beban dan lendutan kesebelas jenis variasi panjang dan prosentase serat yang menghasilkan beban terbesar pada retak pertama adalah balok dengan penambahan serat yang memiliki panjang 9 cm dan prosentase 1,5 %.

4. Beton serat masih mampu menahan beban lebih besar setelah terjadinya retak diagonal yang pertama terjadi. Hal ini menunjukkan bahwa beton serat mempunyai cadangan kapasitas geser cukup setelah retak diagonal pertama.
5. Retak - retak yang terjadi berada didaerah bentang geser dan menuju kearah titik pembebanan.
6. Kapasitas geser nominal balok beton terjadi peningkatan dengan meningkatnya panjang dan prosentase serat. Kapasitas geser nominal terbesar yaitu pada variasi panjang serat 8 cm dengan prosentase serat 1,5 % sebesar 95373.08498 N.
7. Nilai tegangan geser pada beton bila dibandingkan dengan tegangan geser rencana terjadi kenaikan berturut - turut. Pada variasi serat dengan panjang serat terpanjang yaitu 9 cm dan prosentase serat 0,75 % terjadi peningkatan sebesar 37,62 %. Sedangkan pada variasi serat 9 cm dan prosentase serat 1,5 % kenaikannya mencapai 68,33 %.
8. Kapasitas geser langsung hasil pengujian benda uji model geser mengalami peningkatan dibandingkan dengan kapasitas geser ijin.

6.2 Saran

Untuk lebih sempurnanya hasil penelitian ini, maka perlu diperhatikan saran - saran sebagai berikut :

1. Pada pembuatan sampel balok, perlu diperhatikan rata dasar acuan dan finishing balok bagian atas saat pencoran sehingga diperoleh balok rata pada saat pengujian dan penempatan beban.

2. Pada saat pengujian perlu diperhatikan ketelitian dan kecermatan pengamatan beban dan retakan yang terjadi sehingga didapat hasil yang valid.
3. Perlu penelitian lebih lanjut tentang pengaruh beban terpusat pada perilaku geser struktur beton bertulang serat dengan variasi jarak tulangan geser.
4. Pada pengujian model geser perlu ditambahkan alat dial gauge untuk mengetahui lendutan yang terjadi pada benda uji model geser.

DAFTAR PUSTAKA

ACI Committee 544, May 1982, STATE OF THE ART REPORT ON FIBER REINFORCED CONCRETE, ACI 544. IR-82, American Concrete Institute, Detroit, Michigan.

ACI Committee 544, 1988, DESIGN CONSIDERATION FOR STEEL FIBER REINFORCED CONCRETE, Report ACI 544.4.R, American Concrete Institute, Detroit, Michigan.

Fanella, D. and Naaman, A., July-August, 1985, STRESS-STRAIN PROPERTIES OF FIBER REINFORCED MORTAR IN COMPRESSION, ACI Journal, Vol. 82, No. 4.

Hannant, D.J., 1978, FIBER CEMENTS AND FIBER CONCRETES, John Wiley & Sons, Ltd.

Hughes, B. and Fattuhi, N., December 1977, LOAD-DEFLECTION CURVES FOR FIBER REINFORCED CONCRETE BEAMS IN FLEXURE, Magazine of Concrete Research, Vol. 29, No. 101.

Istimawan Dipohusodo, 1996, STRUKTUR BETON BERTULANG, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Kardiyono Tjokrodimulyo, 1996, TEKNOLOGI BETON, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.

Mindes, S., and Young, J. F., 1981, CONCRETE, Prentice Hall, Inc.

Nawy, E.G., 1990, REINFORCED CONCRETE A FUNDAMENTAL APPROUCH, Prentice Hall, Inc.

Murdock, L., J, and Brook, K., M, 1991, BAHAN DAN PRAKTEK BETON, Erlangga, Jakarta.

PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA N-12 1971, Direktorat Penelitian Masalah Bangunan DPU, Bandung.

PERSYARATAN UMUM BAHAN BANGUNAN DI INDONESIA (PUBI-1982), Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan P.U., Bandung.

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO.	N A M A	NO. MHS.	BID.STUDI
1	ERNA SUKAWATI	95 310 103	STRUKTUR
2	ARI HERAWATI	95 310 197	STRUKTUR

JUDUL TUGAS AKHIR :

PENGARUH SERAT BENDRAT TERHADAP KUAT GESER PADA BETON BERTULANG.

PERIODE I : SEPTEMBER – PEBRUARI
TAHUN : 2000 / 2001

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		Sept.	Okt.	Nop.	Des.	Jan.	Feb.
1.	Pendaftaran						
2.	Penentuan Dosen Pembimbing						
3.	Pembuatan Proposal						
4.	Seminar Proposal						
5.	Konsultasi Penyusunan TA.						
6.	Sidang Sidang						
7.	Pendadaran						

DOSEN PEMBIMBING I : IR. H. MOCH. TEGUH, MSCE
DOSEN PEMBIMBING II : IR. H. ILMAN NOOR, MSCE



Yogyakarta, 01 Nop. 2000
a.n. Dekan,


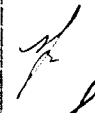
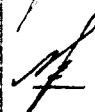


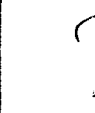


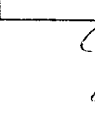
(Handwritten Signature)

IR. H. TADJUDDIN BM ARIS, MS

Catatan :

Seminar :
Sidang :
Pendadaran :

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO.	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TANDA TANGAN
1.	9/11 2000.	1. Lengkapi latar belakang masalah, hipotesis, komposisi b.u, dimensi. 2. Kajian pustaka terkait dg. topik/materi penelitian ditam- bah. 3. Landasan teori yg. mendasari materi penelitian dilengkapi. 4. Lengkapi daftar pustaka, semua laporan dll	
2	28/11 2000	1. Komposisi benda uji 2. Gambar benda uji geser longgong & balok geser 3. Bab IV & V diartikan	
3	2/12 2000	Diagram seminar proposal	
4	1/05 - 201	pub. pembekuan	
5	14/05 - 201	- kumpang - ketampukan	
6	16/05 201	Acc	
7	21/05 2001	lihat kesimpulan di dalam buat prakata, abstrak, daftar isi	
8	1/6 2001	Acc untuk sidang TA	
09/08-2001		Acc pembekuan	

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

Jln. Kaliurang Km.14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

**DATA PEMERIKSAAN
GRADASI AGREGAT HALUS**

Jenis Benda Uji	: <u>AGREGAT HALUS</u>	Diperiksa oleh :
Nama Benda Uji	: <u>PASIR</u>	1) <u>Erna Sukrawati 95310103</u>
Asal	: <u>Sungai Krasak</u>	2) <u>Ari Herawati 95310197</u>
Keperluan	: <u>Penelitian T.A</u>	Tanggal : <u>8 Februari 2001</u>

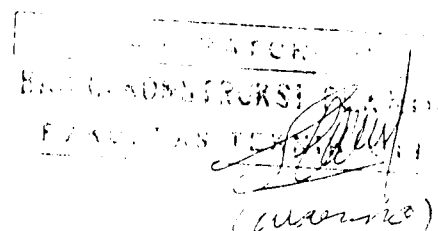
ALAT-ALAT :

1. Timbangan Kapasitas 20 kg
2. Mesin Penggetar/mesin ayak
3. Saringan 1 (satu) set (40,20,10, 4.80, 2.40, 1.20, 0.60, 0.30, 0.15, pan) mm
4. Sikat baja (kasar/halus)
5. Kuas, Lap kaos
6. Piring, serok, dll

I.UBANG AYAKAN (mm)	BERAT TERTINGGAL (gram)		BERAT TERTINGGAL (%)		BERAT TERTINGGAL KUMULATIF	
	I	II	I	II	I	II
PERCOBAAN KE :						
40						
20						
10						
4.80	61,5	44	3,075	2,2	3,075	2,2
2.40	108,5	136,5	5,425	6,825	8,500	9,025
1.20	355,8	386,3	17,790	19,315	26,290	28,34
0.60	910,0	870,0	45,500	43,5	71,790	71,84
0.30	276,2	213,6	13,810	10,68	85,600	82,52
0.15	223,5	232,2	11,175	11,61	96,775	94,13
SISA	64,5	117,4	3,225	5,87	-	-
Jumlah	2000	2000	100	100	292,03	288,05
Jumlah rata-rata					290,04	

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{290,04}{100} = 2,9004$$

Yogyakarta, 06-06-01


 (Mawar)

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

Jln. Kaliurang Km.14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN
BERAT VOLUME AGREGAT KASAR

Jenis Benda Uji : AGREGAT HALUS
 Nama Benda Uji : Pasir
 Asal : Sungai Krasak
 Keperluan : Penelitian T.A

Diperiksa oleh :

1) Erna Suknawati 95310103
 2) Ari Herawati 95310197

Tanggal : 0 Februari 2001

ALAT-ALAT :

1. Timbangan kapasitas 20 kg
2. Cetakan silinder (\emptyset 15 x 30) cm
3. Tongkat penumbuk \emptyset 16 mm panjang 60 cm
4. Serok / cetok
5. Dan lain-lain

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat cetakan silinder (W1)	8,9 kg	8,9 kg
Berat cetakan silinder +Agregat (W2)	17,3 kg	17,1 kg
Volume silinder (V) = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$	5301,4376 cm ³	5301,4376 cm ³
Berat Volume Agregat = $\frac{W2 - W1}{V}$	1,5845 kg/m ³	1,5468 kg/m ³
Berat Volume Agregat rata-rata	1,5657	

Yogyakarta, 26-06-01

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL
 (Mansho)

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

Jln. Kaliurang Km.14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

**DATA PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT KASAR**

Jenis Benda Uji : AGREGAT KASAR
 Nama Benda Uji : Kerikil
 Asal : Cebeng
 Keperluan : Penelitian T.A

Diperiksa oleh :
 1) Erna Sukmawati 95310103
 2) Ari Herawati 95310197

Tanggal : 2 Februari 2000

ALAT-ALAT :

1. Gelas ukur kapasitas 1000 Cc
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Piring, sekop kecil

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat Agregat (W)	500 gram	500 gram
Gelas ukur + Air (V1)	500 Cc	500 Cc
Gelas ukur + Air + Agregat (V2)	690 Cc	685 Cc
Berat Jenis (BJ) = $\frac{W}{V2 - V1}$	2,6316	2,7027
Berat Jenis (BJ) rata-rata	2,6672	

Yogyakarta, 06-06-01

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK
 (nama)

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

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Jenis Benda Uji : AGREGAT HALUS
 Nama Benda Uji : Pasir
 Asal : Sungai Krasak
 Keperluan : Penelitian T.A

Diperiksa oleh :
 1) Erna Sukmawati 95310103
 2) Ari Herawati 95310137

Tanggal : 8 Februari 2001

ALAT-ALAT :

1. Gelas ukur kapasitas 1000 Cc
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Piring, sekop kecil

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat Agregat (W)	500 gram	500 gram
Gelas ukur + Air (V1)	500 Cc	500 Cc
Gelas ukur + Air + Agregat (V2)	682,5 Cc	695 Cc
Berat Jenis (BJ) = $\frac{W}{V2 - V1}$	2,7473	2,5641
Berat Jenis (BJ) rata-rata	2,6557 gram/cc	

Yogyakarta, 06-06-01

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK
 (masr)

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

Jln. Kaliurang Km.14.4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN
KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR

Jenis Benda Uji	: <u>AGREGAT HALUS</u>	Diperiksa oleh :
Nama Benda Uji	: <u>Pasir</u>	1) <u>Erna Sukmawati 95310103</u>
Asal	: <u>Sungai Krasak</u>	2) <u>Ari Herawati 95310197</u>
Keperluan	: <u>Penelitian T.A</u>	
		Tanggal : <u>8 Februari 2001</u>

ALAT-ALAT :

1. Timbangan kapasitas 2610 gram
2. Oven
3. Gelas ukur volume 100 cc
4. Stop watch
5. Piring, gayuh
6. Sendok, lap, torong, penggaris
7. Dan lain-lain

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat piring kosong (W1)	156 gram	102,15 gram
Berat piring + pasir kering oven (W2)	256 gram	202,15 gram
Berat pasir kering oven (Wko1) (W2 - W1)	100 gram	100 gram
Pasir kering oven setelah dicuci (Wko2)	97,25 gram	98,8 gram
Kandungan lumpur $\frac{W_{ko1} - W_{ko2}}{W_{ko1}} \times 100\%$	2,75 %	1,2 %
Kandungan Lumpur Rata-rata	3,95..%	

Yogyakarta, 06-06-01

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel Data Laboratorium dan Perhitungan Kuat Desak Silinder (dengan prosentase serat 1,5 %)

No	Kode	Tgl Dibuat	Tgl Diuji	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Berat (kg)	Beban Maks N	Kuat Desak (MPa)
Benda Uji I	1	BGTS	21/02/01	22/03/01	30,000	15,000	12,600	39,89484
	2	BGS52	23/02/01	23/03/01	30,100	14,900	13,310	55,8433
	3	BGS62	21/02/01	22/03/01	30,100	14,700	13,250	49,0225
	4	BGS72	24/02/01	23/03/01	30,150	14,700	13,350	47,7609
	5	BGS82	24/02/01	24/03/01	30,050	14,700	13,250	53,4682
	6	BGS92	24/02/01	24/03/01	30,200	14,700	13,370	58,2743
Benda Uji II	1	BGTS	21/02/01	22/03/01	29,660	15,060	12,600	42,66519
	2	BGS52	23/02/01	23/03/01	30,040	15,010	13,360	47,43199
	3	BGS62	21/02/01	22/03/01	30,190	15,190	13,250	40,74367
	4	BGS72	24/02/01	23/03/01	30,000	15,000	13,250	58,41882
	5	BGS82	24/02/01	24/03/01	30,350	15,150	13,350	61,36798
	6	BGS92	24/02/01	24/03/01	30,150	14,800	13,220	56,40481
Benda Uji III	1	BGTS	21/02/01	22/03/01	30,000	15,000	12,800	41,30955
	2	BGS52	23/02/01	23/03/01	30,200	15,000	13,350	46,11957
	3	BGS62	21/02/01	22/03/01	29,800	14,700	13,250	48,61042
	4	BGS72	24/02/01	23/03/01	29,800	14,600	13,150	55,25176
	5	BGS82	24/02/01	24/03/01	30,200	14,900	13,200	46,16719
	6	BGS92	24/02/01	24/03/01	30,200	14,600	13,300	53,45981

Tabel Data Laboratorium dan Perhitungan Kuat Desak Silinder (dengan prosentase serat 0,75 %)

	No	Kode	Tgl Dibuat	Tgl Diuji	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Berat (kg)	Beban Maks N	Kuat Desak (MPa)
Benda Uji I	1	BGTS	21/02/01	22/03/01	30,000	15,000	12,600	705000	39,89484
	2	BGS51	23/02/01	23/03/01	30,600	14,500	13,300	875000	52,98857
	3	BGS61	21/02/01	22/03/01	30,035	14,950	12,800	705000	40,16214
	4	BGS71	24/02/01	23/03/01	29,300	14,600	13,300	965000	57,64103
	5	BGS81	24/02/01	24/03/01	29,475	14,560	13,200	1015000	60,96119
	6	BGS91	24/02/01	24/03/01	29,910	14,575	13,300	1015000	60,83577
Benda Uji II	1	BGTS	21/02/01	22/03/01	29,660	15,060	12,600	760000	42,66519
	2	BGS51	23/02/01	23/03/01	29,300	14,700	13,200	805000	47,43199
	3	BGS61	21/02/01	22/03/01	29,890	15,000	12,700	720000	40,74367
	4	BGS71	24/02/01	23/03/01	29,800	14,800	13,200	1005000	58,41882
	5	BGS81	24/02/01	24/03/01	29,865	14,440	13,200	1005000	61,36798
	6	BGS91	24/02/01	24/03/01	29,505	14,450	13,100	925000	56,40481
Benda Uji III	1	BGTS	21/02/01	22/03/01	30,000	15,000	12,800	730000	41,30955
	2	BGS51	23/02/01	23/03/01	29,600	14,600	13,200	785000	46,88933
	3	BGS61	21/02/01	22/03/01	30,001	15,000	12,800	725000	41,02661
	4	BGS71	24/02/01	23/03/01	29,900	14,600	13,300	830000	49,57725
	5	BGS81	24/02/01	24/03/01	29,815	14,950	13,200	915000	52,12533
	6	BGS91	24/02/01	24/03/01	29,825	14,310	13,500	950000	59,06829

Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser Balok BGTS1

No	Beban (kg)	Defleksi (1.10^{-2} mm)	No	Beban (kg)	Defleksi (1.10^{-2} mm)
1	250	2	24	6000	285
2	500	10	25	6250	305
3	750	16	26	6500	315
4	1000	26	27	6750	350
5	1250	25	28	7000	360
6	1500	44	29	7250	375
7	1750	52	30	7500	398
8	2000	63	31	7750	400
9	2250	75	32	8000	404
10	2500	90	33	8250	416
11	2750	96	34	8500	430
12	3000	110	35	8750	440
13	3250	116	36	9000	454
14	3500	122	37	9250	463
15	3750	140	38	9500	475
16	4000	142	39	9750	490
17	4250	190	40	10250	505
18	4500	208	41	10500	583
19	4750	214	42	10750	539
20	5000	225	43	11000	595
21	5250	239	44	11250	647
22	5500	262	45	11500	683
23	5750	268	46	11750	750

Beban retak awal : 6300 kg
 Beban maksimal pada saat baja leleh: 13000 kg

Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser Balok BGTS2

No	Beban (kg)	Defleksi (10 ⁻² mm)	No	Beban (kg)	Defleksi (10 ⁻² mm)
1	250	13	24	6000	209
2	500	20	25	6250	221
3	750	27	26	6500	229
4	1000	35	27	6750	239
5	1250	43	28	7000	250
6	1500	51	29	7250	264
7	1750	58	30	7500	270
8	2000	65	31	7750	279
9	2250	71	32	8000	290
10	2500	78	33	8250	300
11	2750	88	34	8500	314
12	3000	96	35	8750	322
13	3250	100	36	9000	333
14	3500	106	37	9250	350
15	3750	116	38	9500	369
16	4000	121	39	9750	312
17	4250	130	40	10000	350
18	4500	140	41	10250	365
19	4750	153	42	10500	393
20	5000	163	43	10750	449
21	5250	173	44	11000	484
22	5500	180	45	11250	495
23	5750	190	46	11500	

Beban retak awal : 4740 kg
 Beban maksimal pada saat baja leleh : 13075 kg

Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser Balok BGS511

No	Beban (kg)	Defleksi (10 ⁻² mm)	No	Beban (kg)	Defleksi (10 ⁻² mm)
1	250	9	27	6750	204
2	500	20	28	7000	209
3	750	26	29	7250	215
4	1000	36	30	7500	225
5	1250	44	31	7750	245
6	1500	52	32	8000	252
7	1750	59	33	8250	264
8	2000	66	34	8500	275
9	2250	73	35	8750	286
10	2500	80	36	9000	295
11	2750	90	37	9250	305
12	3000	95	38	9500	315
13	3250	111	39	9750	331
14	3500	119	40	10000	344
15	3750	123	41	10250	352
16	4000	130	42	10500	370
17	4250	139	43	10750	386
18	4500	143	44	11000	416
19	4750	151	45	11250	435
20	5000	158	46	11500	513
21	5250	163	47	11750	546
22	5500	170	48	12000	596
23	5750	170	49	12250	644
24	6000	175	50	12500	688
25	6250	183	51	12750	734
26	6500	191			

Beban retak awal : 6650 kg

Beban maksimal pada saat baja leleh : 13950 kg

Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser Balok BGS512

No	Beban (kg)	Defleksi (10 ⁻² mm)	No	Beban (kg)	Defleksi (10 ⁻² mm)
1	250	13	27	6750	218
2	500	25	28	7000	229
3	750	30	29	7250	234
4	1000	40	30	7500	251
5	1250	46	31	7750	258
6	1500	54	32	8000	266
7	1750	60	33	8250	278
8	2000	66	34	8500	286
9	2250	74	35	8750	295
10	2500	80	36	9000	307
11	2750	90	37	9250	316
12	3000	95	38	9500	329
13	3250	102	39	9750	339
14	3500	107	40	10000	348
15	3750	116	41	10250	363
16	4000	120	42	10500	373
17	4250	131	43	10750	386
18	4500	136	44	11000	419
19	4750	143	45	11250	464
20	5000	149	46	11500	493
21	5250	157	47	11750	540
22	5500	164	48	12000	564
23	5750	170	49	12250	623
24	6000	177	50	12500	655
25	6250	190	51	12750	691
26	6500	206	52	13000	773

Beban retak awal : 6000 kg
 Beban maksimal pada saat baja leleh : 14400 kg

Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser Balok BGS521

No	Beban (kg)	Defleksi (10 ⁻² mm)	No	Beban (kg)	Defleksi (10 ⁻² mm)
1	250	17	26	6500	247
2	500	32	27	6750	253
3	750	42	28	7000	262
4	1000	53	29	7250	275
5	1250	60	30	7500	281
6	1500	70	31	7750	297
7	1750	77	32	8000	305
8	2000	87	33	8250	316
9	2250	93	34	8500	329
10	2500	102	35	8750	341
11	2750	110	36	9000	355
12	3000	126	37	9250	363
13	3250	138	38	9500	376
14	3500	145	39	9750	388
15	3750	154	40	10000	401
16	4000	163	41	10250	411
17	4250	172	42	10500	431
18	4500	181	43	10750	442
19	4750	189	44	11000	457
20	5000	199	45	11250	460
21	5250	205	46	11500	483
22	5500	213	47	11750	503
23	5750	223	48	12000	535
24	6000	231	49	12250	560
25	6250	239	50	12500	599

Beban retak awal : 6750 kg
 Beban retak maksimal pada saat baja leleh : 13500 kg

Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser Balok BGS522

No	Beban (kg)	Defleksi (10 ⁻² mm)	No	Beban (kg)	Defleksi (10 ⁻² mm)
1	250	18	25	6250	237
2	500	31	26	6500	248
3	750	40	27	6750	289
4	1000	50	28	7000	301
5	1250	59	29	7250	311
6	1500	68	30	7500	324
7	1750	77	31	7750	336
8	2000	85	32	8000	347
9	2250	92	33	8250	366
10	2500	100	34	8500	379
11	2750	110	35	8750	390
12	3000	119	36	9000	402
13	3250	127	37	9250	415
14	3500	137	38	9500	424
15	3750	145	39	9750	437
16	4000	154	40	10000	451
17	4250	162	41	10250	464
18	4500	171	42	10500	477
19	4750	177	43	10750	495
20	5000	186	44	11000	519
21	5250	195	45	11250	523
22	5500	202	46	11500	552
23	5750	212	47	11750	610
24	6000	227	48	12000	668

Beban retak awal : 6500 kg
 Beban retak maksimal pada saat baja leleh : 14100 kg

Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser Balok BGS611

No	P (kg)	Defleksi (10^{-2} mm)	No	P (kg)	Defleksi (10^{-2} mm)
1	250	9	23	5750	179
2	500	22	24	6000	189
3	750	29	25	6250	201
4	1000	36	26	6500	213
5	1250	44	27	6750	222
6	1500	51	28	7000	235
7	1750	58	29	7250	243
8	2000	65	30	7500	254
9	2250	72	31	7750	267
10	2500	78	32	8000	277
11	2750	88	33	8250	290
12	3000	94	34	8500	299
13	3250	101	35	8750	309
14	3500	107	36	9000	320
15	3750	114	37	9250	327
16	4000	121	38	9500	423
17	4250	128	39	9750	455
18	4500	134	40	10000	500
19	4750	143	41	10250	549
20	5000	151	42	10500	582
21	5250	164	43	10750	671
22	5500	171			

Beban retak awal : 6450 kg

Beban maksimal pada saat baja leleh : 11150 kg

Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser Balok BGS612

No	Beban (kg)	Defleksi (10 ⁻² mm)	No	Beban (kg)	Defleksi (10 ⁻² mm)
1	250	14	24	6000	216
2	500	27	25	6250	220
3	750	38	26	6500	228
4	1000	47	27	6750	240
5	1250	56	28	7000	249
6	1500	65	29	7250	260
7	1750	74	30	7500	263
8	2000	82	31	7750	280
9	2250	89	32	8000	289
10	2500	96	33	8250	300
11	2750	106	34	8500	310
12	3000	113	35	8750	320
13	3250	121	36	9000	334
14	3500	128	37	9250	389
15	3750	130	38	9500	417
16	4000	140	39	9750	455
17	4250	148	40	10000	501
18	4500	155	41	10250	524
19	4750	165	42	10500	557
20	5000	173	43	10750	618
21	5250	183	44	11000	640
22	5500	200	45	11250	728
23	5750	209			

Beban retak awal : 5100 kg
 Beban maksimal pada saat baja leleh : 12550 kg

Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser Balok BGS621

No	Beban (kg)	Defleksi (10^{-2} mm)	No	Beban (kg)	Defleksi (10^{-2} mm)
1	250	14	29	7250	263
2	500	24	30	7500	271
3	750	31	31	7750	282
4	1000	40	32	8000	298
5	1250	49	33	8250	312
6	1500	60	34	8500	327
7	1750	72	35	8750	345
8	2000	84	36	9000	359
9	2250	91	37	9250	380
10	2500	102	38	9500	389
11	2750	114	39	9750	402
12	3000	122	40	10000	415
13	3250	131	41	10250	426
14	3500	140	42	10500	440
15	3750	150	43	10750	451
16	4000	157	44	11000	464
17	4250	165	45	11250	476
18	4500	175	46	11500	488
19	4750	182	47	11750	499
20	5000	191	48	12000	524
21	5250	199	49	12250	537
22	5500	206	50	12500	548
23	5750	215	51	12750	560
24	6000	223	52	13000	575
25	6250	230	53	13250	545
26	6500	237	54	13500	557
27	6750	245	55	13750	586
28	7000	252	56	14000	600

Beban retak awal : 7750 kg
 Beban maksimal pada saat baja leleh : 15850 kg

Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser Balok BGS622

No	Beban (kg)	Defleksi (10 ⁻² mm)	No	Beban (kg)	Defleksi (10 ⁻² mm)
1	250	0	27	6750	188
2	500	0	28	7000	196
3	750	0	29	7250	201
4	1000	9	30	7500	211
5	1250	17	31	7750	220
6	1500	27	32	8000	231
7	1750	34	33	8250	240
8	2000	42	34	8500	250
9	2250	50	35	8750	259
10	2500	57	36	9000	269
11	2750	70	37	9250	278
12	3000	74	38	9500	287
13	3250	82	39	9750	296
14	3500	89	40	10000	306
15	3750	96	41	10250	315
16	4000	101	42	10500	334
17	4250	109	43	10750	344
18	4500	117	44	11000	355
19	4750	123	45	11250	364
20	5000	129	46	11500	375
21	5250	133	47	11750	388
22	5500	143	48	12000	410
23	5750	166	49	12250	444
24	6000	172	50	12500	476
25	6250	176	51	12750	527
26	6500	182	52	13000	558

Beban retak awal : 7850 kg

Beban maksimal pada saat baja leleh : 15150 kg

Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser Balok BGS711

No	Beban (kg)	Defleksi (10 ⁻² mm)	No	Beban (kg)	Defleksi (10 ⁻² mm)
1	250	18	25	6250	223
2	500	24	26	6500	239
3	750	39	27	6750	247
4	1000	50	28	7000	261
5	1250	51	29	7250	279
6	1500	70	30	7500	291
7	1750	78	31	7750	307
8	2000	85	32	8000	327
9	2250	94	33	8250	340
10	2500	102	34	8500	350
11	2750	110	35	8750	358
12	3000	116	36	9000	370
13	3250	127	37	9250	379
14	3500	135	38	9500	389
15	3750	142	39	9750	400
16	4000	150	40	10000	416
17	4250	154	41	10250	475
18	4500	165	42	10500	500
19	4750	170	43	10750	521
20	5000	179	44	11000	541
21	5250	185	45	11250	575
22	5500	196	46	11500	584
23	5750	204	47	11750	618
24	6000	214	48	12000	655

Beban retak awal : 6850 kg
 Beban maksimal pada saat baja leleh : 13300 kg

Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser Balok BGS712

No	P (kg)	Defleksi (10^{-2} mm)	No	P (kg)	Defleksi (10^{-2} mm)
1	250	22	25	6250	301
2	500	46	26	6500	313
3	750	60	27	6750	322
4	1000	78	28	7000	333
5	1250	85	29	7250	344
6	1500	93	30	7500	354
7	1750	107	31	7750	366
8	2000	121	32	8000	380
9	2250	132	33	8250	390
10	2500	140	34	8500	406
11	2750	154	35	8750	423
12	3000	162	36	9000	432
13	3250	173	37	9250	446
14	3500	182	38	9500	459
15	3750	190	39	9750	475
16	4000	200	40	10000	494
17	4250	211	41	10250	518
18	4500	219	42	10500	539
19	4750	229	43	10750	559
20	5000	241	44	11000	594
21	5250	252	45	11250	666
22	5500	267	46	11500	709
23	5750	279	47	11750	755
24	6000	289			

Beban retak awal : 6100 kg
 Beban maksimal pada saat baja leleh : 13350 kg

Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser Balok BGS721

No	Beban (kg)	Defleksi (10 ⁻² mm)	No	Beban (kg)	Defleksi (10 ⁻² mm)
1	250	12	29	7250	234
2	500	24	30	7500	242
3	750	31	31	7750	251
4	1000	40	32	8000	260
5	1250	49	33	8250	274
6	1500	57	34	8500	281
7	1750	64	35	8750	300
8	2000	71	36	9000	301
9	2250	78	37	9250	309
10	2500	86	38	9500	318
11	2750	96	39	9750	328
12	3000	102	40	10000	341
13	3250	110	41	10250	352
14	3500	117	42	10500	364
15	3750	124	43	10750	384
16	4000	131	44	11000	389
17	4250	139	45	11250	437
18	4500	145	46	11500	446
19	4750	152	47	11750	459
20	5000	161	48	12000	477
21	5250	166	49	12250	502
22	5500	174	50	12500	526
23	5750	182	51	12750	552
24	6000	189	52	13000	583
25	6250	198	53	13250	618
26	6500	206	54	13500	642
27	6750	213	55	13750	680
28	7000	221			

Beban retak awal : 7000 kg
 Beban maksimal pada saat baja leleh : 14450 kg

Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser Balok BGS722

No	Beban (kg)	Defleksi (10 ⁻² mm)	No	Beban (kg)	Defleksi (10 ⁻² mm)
1	250	36	25	6250	223
2	500	44	26	6500	230
3	750	55	27	6750	237
4	1000	66	28	7000	245
5	1250	75	29	7250	252
6	1500	85	30	7500	263
7	1750	92	31	7750	275
8	2000	100	32	8000	286
9	2250	108	33	8250	294
10	2500	118	34	8500	305
11	2750	124	35	8750	315
12	3000	134	36	9000	328
13	3250	141	37	9250	336
14	3500	149	38	9500	347
15	3750	156	39	9750	371
16	4000	168	40	10000	379
17	4250	175	41	10250	382
18	4500	183	42	10500	393
19	4750	186	43	10750	407
20	5000	190	44	11000	425
21	5250	197	45	11250	440
22	5500	202	46	11500	455
23	5750	211	47	11750	475
24	6000	216	48	12000	494

Beban retak awal : 6850 kg
 Beban maksimal pada saat baja leleh : 13950 kg

Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser Balok BGS811

No	Beban (kg)	Defleksi (10^{-2} mm)	No	Beban (kg)	Defleksi (10^{-2} mm)
1	250	15	29	7250	251
2	500	24	30	7500	264
3	750	34	31	7750	271
4	1000	44	32	8000	282
5	1250	53	33	8250	290
6	1500	61	34	8500	303
7	1750	71	35	8750	313
8	2000	78	36	9000	322
9	2250	88	37	9250	333
10	2500	94	38	9500	340
11	2750	105	39	9750	350
12	3000	112	40	10000	372
13	3250	123	41	10250	381
14	3500	129	42	10500	392
15	3750	138	43	10750	401
16	4000	146	44	11000	411
17	4250	156	45	11250	424
18	4500	162	46	11500	427
19	4750	171	47	11750	449
20	5000	178	48	12000	463
21	5250	186	49	12250	475
22	5500	192	50	12500	488
23	5750	199	51	12750	502
24	6000	207	52	13000	520
25	6250	220	53	13250	610
26	6500	226	54	13500	647
27	6750	234	55	13750	679
28	7000	243			

Beban retak awal : 7400 kg
 Beban maksimal pada saat baja leleh : 14750 kg

Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser Balok BGS812

No	Beban (kg)	Defleksi (10^{-2} mm)	No	Beban (kg)	Defleksi (10^{-2} mm)
1	250	4	27	6750	214
2	500	11	28	7000	225
3	750	20	29	7250	234
4	1000	28	30	7500	240
5	1250	36	31	7750	256
6	1500	43	32	8000	264
7	1750	50	33	8250	275
8	2000	58	34	8500	283
9	2250	64	35	8750	293
10	2500	72	36	9000	303
11	2750	80	37	9250	314
12	3000	89	38	9500	324
13	3250	95	39	9750	335
14	3500	102	40	10000	345
15	3750	110	41	10250	355
16	4000	118	42	10500	368
17	4250	124	43	10750	382
18	4500	131	44	11000	403
19	4750	140	45	11250	466
20	5000	147	46	11500	498
21	5250	155	47	11750	532
22	5500	161	48	12000	576
23	5750	170	49	12250	615
24	6000	179	50	12500	643
25	6250	192	51	12750	692
26	6500	199	52	13000	732

Beban retak awal : 7200 kg
 Beban maksimal pada saat baja leleh : 14250 kg

Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser Balok BGS821

No	Beban (kg)	Defleksi (10^{-2} mm)	No	Beban (kg)	Defleksi (10^{-2} mm)
1	250	5	28	7000	221
2	500	10	29	7250	230
3	750	17	30	7500	243
4	1000	27	31	7750	249
5	1250	36	32	8000	260
6	1500	44	33	8250	270
7	1750	50	34	8500	280
8	2000	59	35	8750	289
9	2250	65	36	9000	300
10	2500	73	37	9250	310
11	2750	83	38	9500	321
12	3000	90	39	9750	329
13	3250	98	40	10000	339
14	3500	104	41	10250	351
15	3750	112	42	10500	364
16	4000	118	43	10750	383
17	4250	127	44	11000	397
18	4500	137	45	11250	445
19	4750	143	46	11500	460
20	5000	152	47	11750	479
21	5250	160	48	12000	505
22	5500	167	49	12250	521
23	5750	177	50	12500	555
24	6000	187	51	12750	583
25	6250	193	52	13000	600
26	6500	199	53	13250	625
27	6750	209			

Beban retak awal : 6850 kg
 Beban maksimal pada saat baja leleh : 14800 kg

Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser Balok BGS822

No	Beban (kg)	Defleksi (10 ⁻² mm)	No	Beban (kg)	Defleksi (10 ⁻² mm)
1	250	14	24	6000	189
2	500	24	25	6250	197
3	750	32	26	6500	204
4	1000	39	27	6750	215
5	1250	46	28	7000	221
6	1500	54	29	7250	230
7	1750	60	30	7500	242
8	2000	67	31	7750	251
9	2250	73	32	8000	270
10	2500	80	33	8250	280
11	2750	90	34	8500	292
12	3000	96	35	8750	311
13	3250	103	36	9000	321
14	3500	111	37	9250	334
15	3750	118	38	9500	349
16	4000	127	39	9750	364
17	4250	134	40	10000	352
18	4500	141	41	10250	386
19	4750	149	42	10500	414
20	5000	160	43	10750	455
21	5250	165	44	11000	490
22	5500	170	45	11250	543
23	5750	180			

Beban retak awal : 6250 kg
 Beban maksimal pada saat baja leleh : 14750 kg

Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser Balok BGS911

No	Beban (kg)	Defleksi (10^2 mm)	No	Beban (kg)	Defleksi (10^2 mm)
1	250	8	25	6250	200
2	500	16	26	6500	211
3	750	26	27	6750	236
4	1000	32	28	7000	252
5	1250	42	29	7250	263
6	1500	49	30	7500	275
7	1750	58	31	7750	289
8	2000	64	32	8000	300
9	2250	71	33	8250	311
10	2500	78	34	8500	324
11	2750	87	35	8750	334
12	3000	97	36	9000	343
13	3250	105	37	9250	356
14	3500	110	38	9500	366
15	3750	120	39	9750	378
16	4000	127	40	10000	398
17	4250	136	41	10250	429
18	4500	140	42	10500	473
19	4750	148	43	10750	497
20	5000	159	44	11000	533
21	5250	167	45	11250	569
22	5500	174	46	11500	590
23	5750	185	47	11750	600
24	6000	200	48	12000	671

Beban retak awal : 6050 kg
 Beban maksimal pada saat baja leleh : 13050 kg

Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser Balok BGS912

No	Beban (kg)	Defleksi (10 ⁻² mm)	No	Beban (kg)	Defleksi (10 ⁻² mm)
1	250	5	27	6750	231
2	500	15	28	7000	247
3	750	23	29	7250	257
4	1000	20	30	7500	268
5	1250	38	31	7750	284
6	1500	44	32	8000	292
7	1750	52	33	8250	302
8	2000	58	34	8500	314
9	2250	65	35	8750	321
10	2500	71	36	9000	332
11	2750	82	37	9250	334
12	3000	88	38	9500	335
13	3250	95	39	9750	336
14	3500	103	40	10000	379
15	3750	111	41	10250	389
16	4000	117	42	10500	402
17	4250	124	43	10750	412
18	4500	129	44	11000	425
19	4750	140	45	11250	440
20	5000	146	46	11500	454
21	5250	153	47	11750	465
22	5500	159	48	12000	479
23	5750	167	49	12250	500
24	6000	209	50	12500	515
25	6250	213	51	12750	548
26	6500	220	52	13000	575

Beban retak awal : 7750 kg
 Beban maksimal pada saat baja leleh : 15550 kg

Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser Balok BGS921

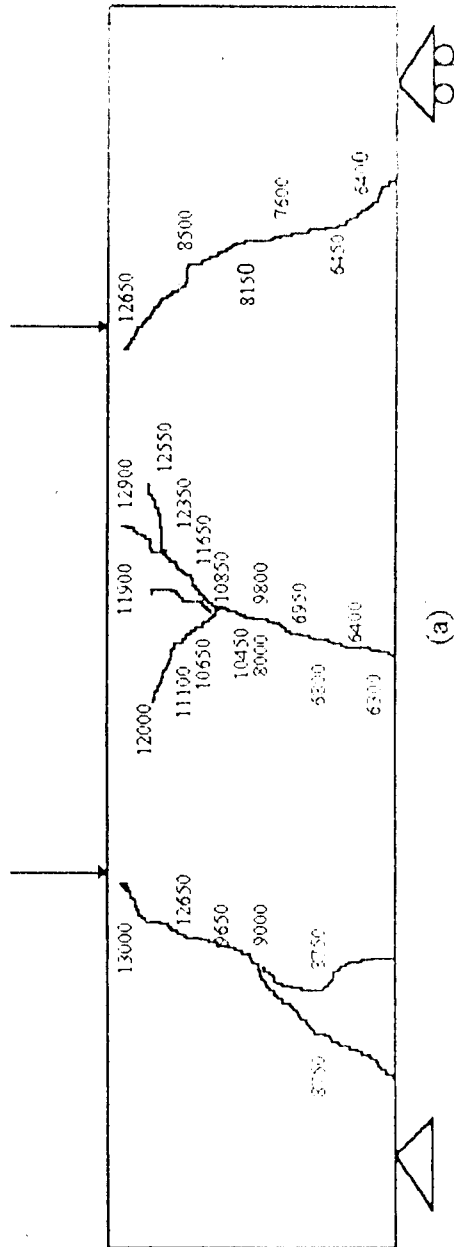
No	Beban (kg)	Defleksi (10^{-2} mm)	No	Beban (kg)	Defleksi (10^{-2} mm)
1	250	13	29	7250	310
2	500	21	30	7500	324
3	750	29	31	7750	339
4	1000	38	32	8000	349
5	1250	46	33	8250	399
6	1500	54	34	8500	405
7	1750	61	35	8750	412
8	2000	71	36	9000	424
9	2250	79	37	9250	437
10	2500	89	38	9500	449
11	2750	102	39	9750	460
12	3000	109	40	10000	476
13	3250	118	41	10250	488
14	3500	124	42	10500	497
15	3750	134	43	10750	515
16	4000	143	44	11000	570
17	4250	156	45	11250	577
18	4500	165	46	11500	585
19	4750	202	47	11750	598
20	5000	210	48	12000	610
21	5250	220	49	12250	623
22	5500	227	50	12500	633
23	5750	337	51	12750	647
24	6000	254	52	13000	660
25	6250	265	53	13250	674
26	6500	278	54	13500	697
27	6750	290	55	13750	724
28	7000	300			

Beban retak awal : 6500 kg
 Beban maksimal pada saat baja leleh : 14150 kg

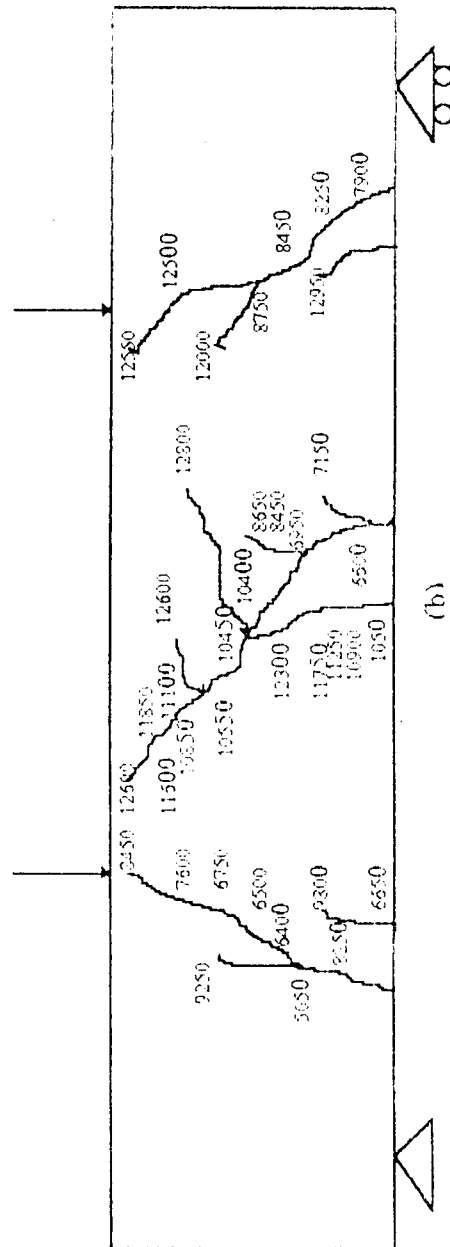
Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser Balok BGS922

No	Beban (kg)	Defleksi (10^{-2} mm)	No	Beban (kg)	Defleksi (10^{-2} mm)
1	250	6	27	6750	189
2	500	16	28	7000	197
3	750	29	29	7250	203
4	1000	34	30	7500	210
5	1250	41	31	7750	219
6	1500	47	32	8000	225
7	1750	53	33	8250	237
8	2000	60	34	8500	248
9	2250	67	35	8750	256
10	2500	74	36	9000	263
11	2750	81	37	9250	274
12	3000	89	38	9500	283
13	3250	96	39	9750	295
14	3500	104	40	10000	306
15	3750	111	41	10250	316
16	4000	118	42	10500	324
17	4250	127	43	10750	336
18	4500	135	44	11000	349
19	4750	142	45	11250	362
20	5000	149	46	11500	382
21	5250	156	47	11750	392
22	5500	163	48	12000	416
23	5750	171	49	12250	470
24	6000	178	50	12500	559
25	6250	184	51	12750	646

Beban retak awal : 8150 kg
 Beban maksimal pada saat baja leleh : 15850 kg



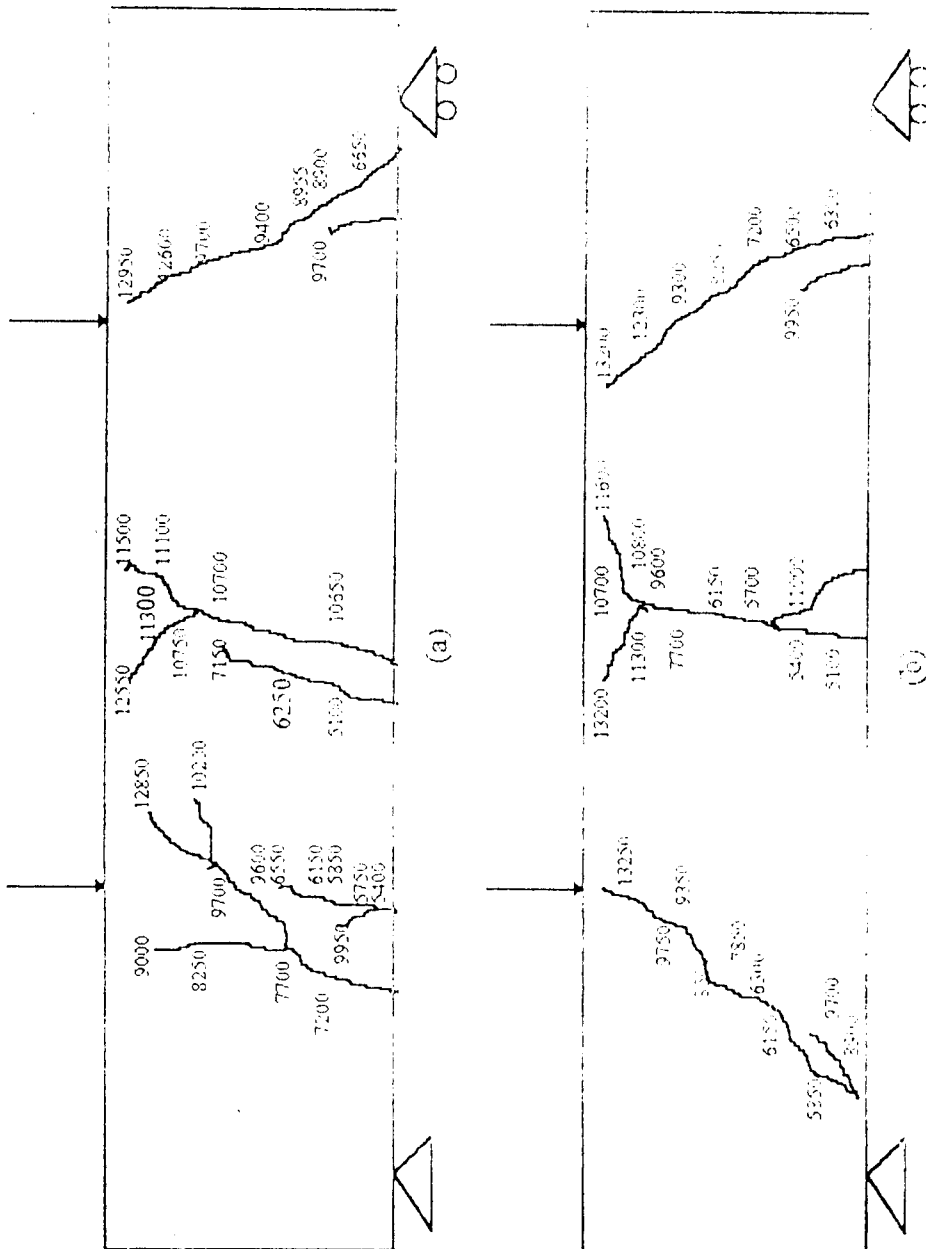
(a)



(b)

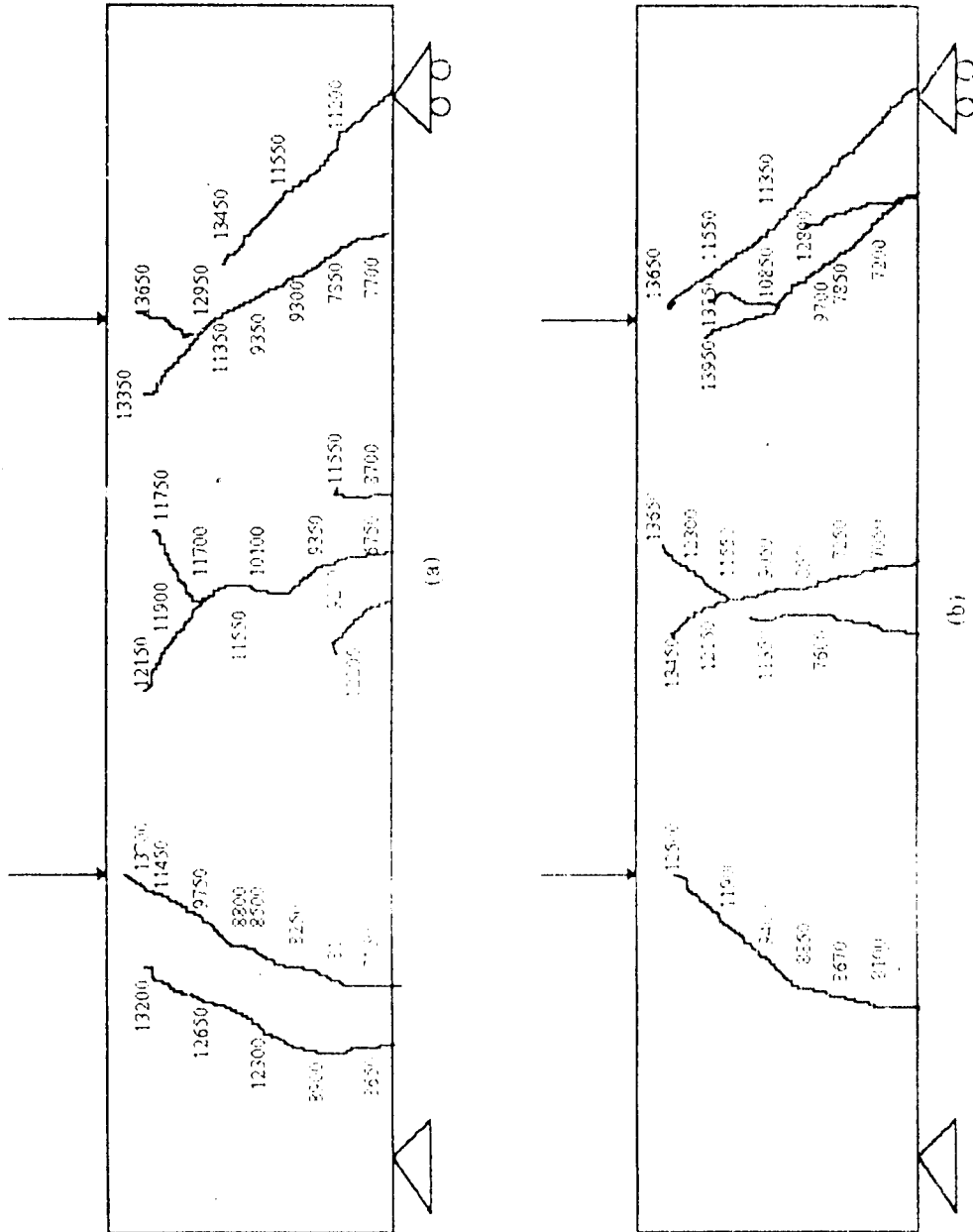
Gambar Pola Retak Balok BGTSI

- a). Pola retak sisi depan
- b). Pola retak sisi belakang



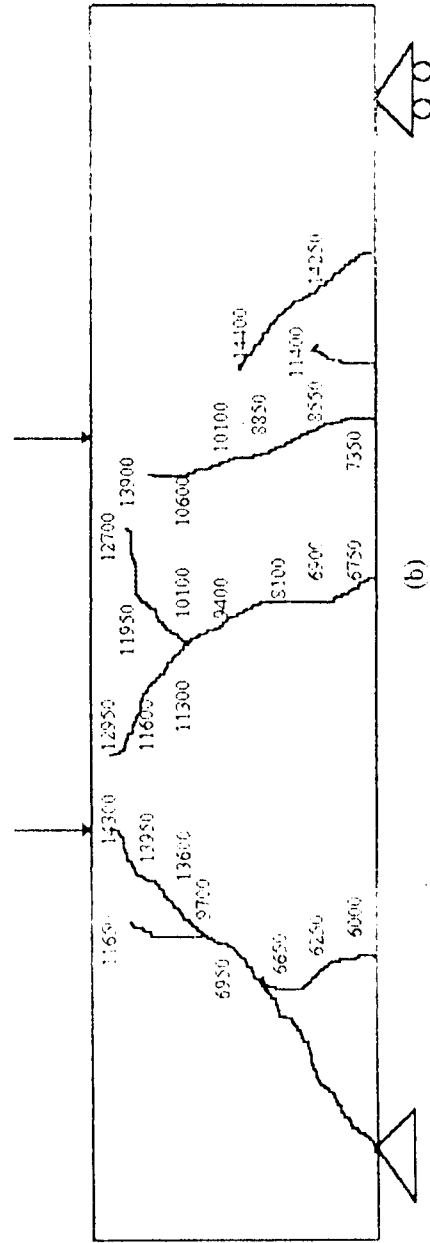
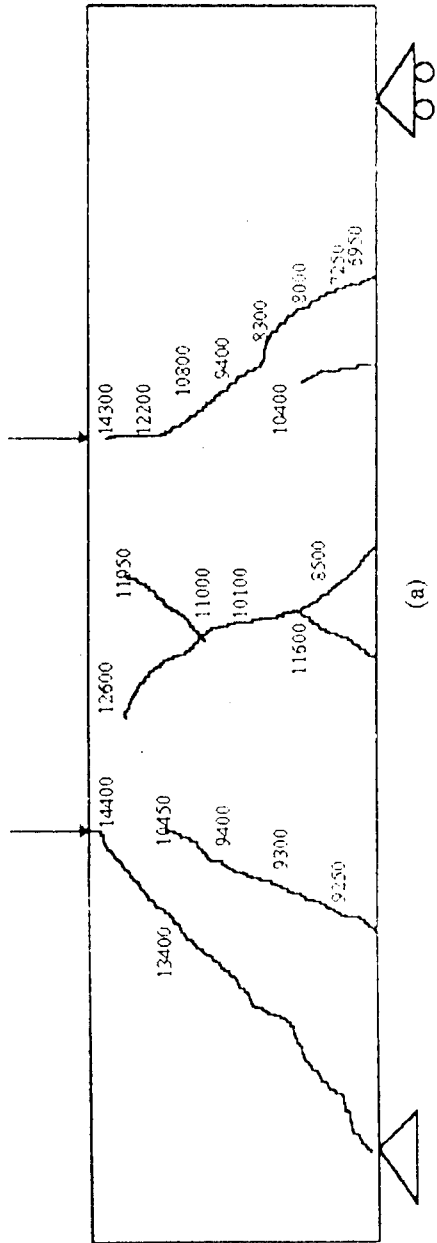
Gambar Pola Retak Balok BGTS2

- a). Pola retak sisi depan
- b). Pola retak sisi belakang



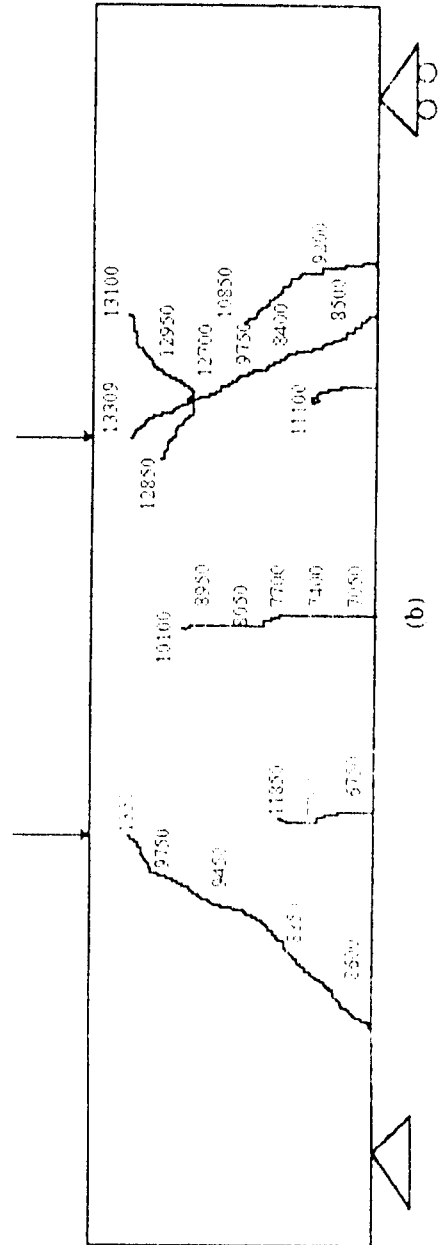
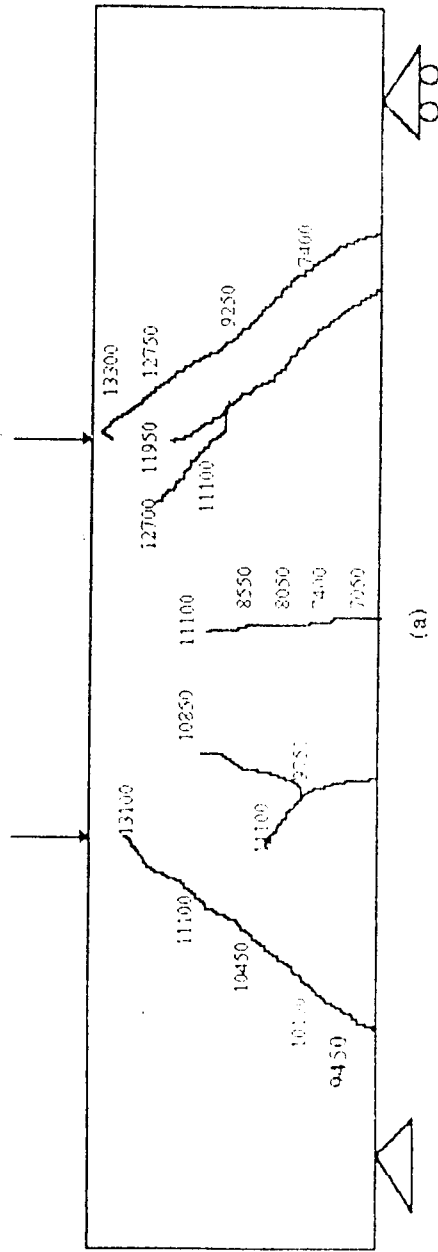
Gambar Pola Retak Balok BGS511

- a). Pola retak sisi depan
- b). Pola retak sisi belakang



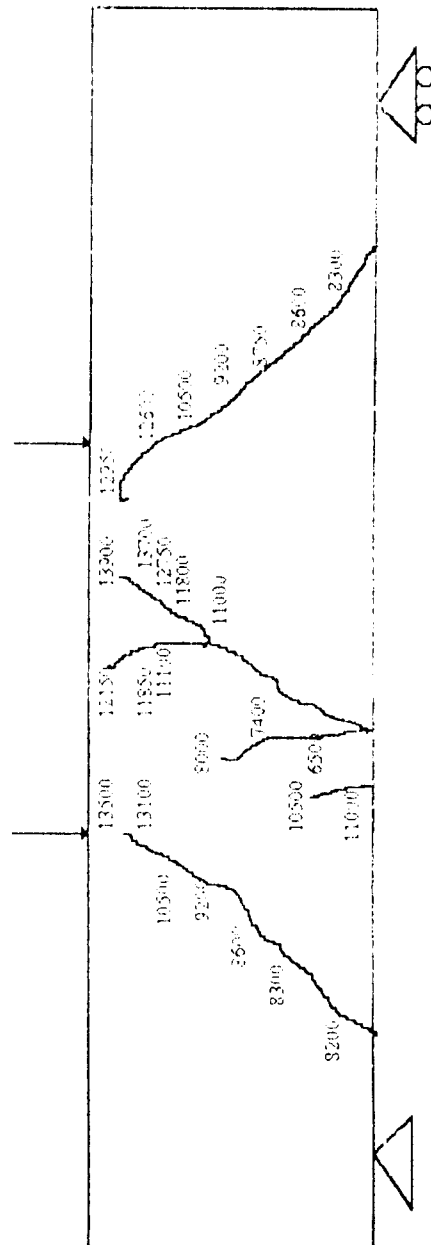
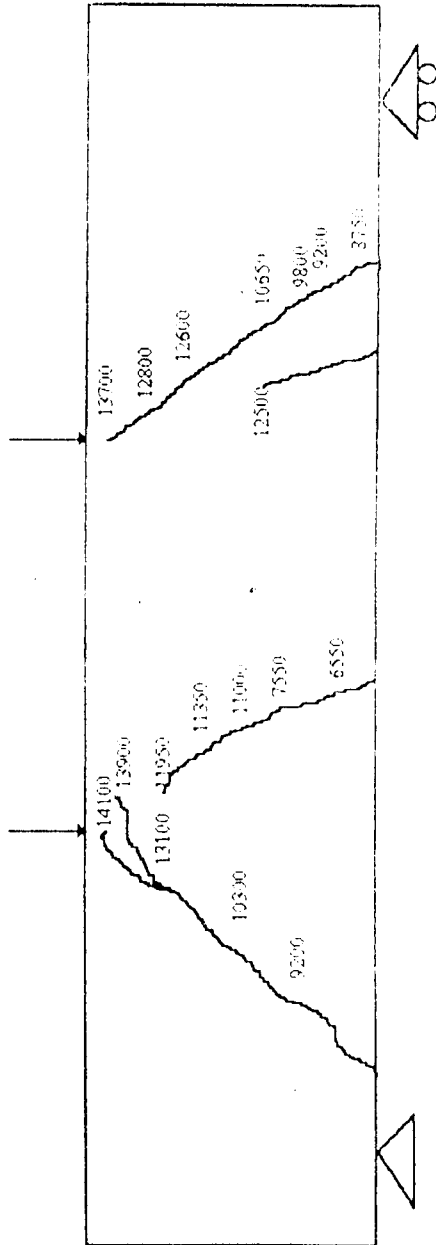
Gambar Pola Retak Balok BGS512

- a). Pola retak sisi depan
- b). Pola retak sisi belakang



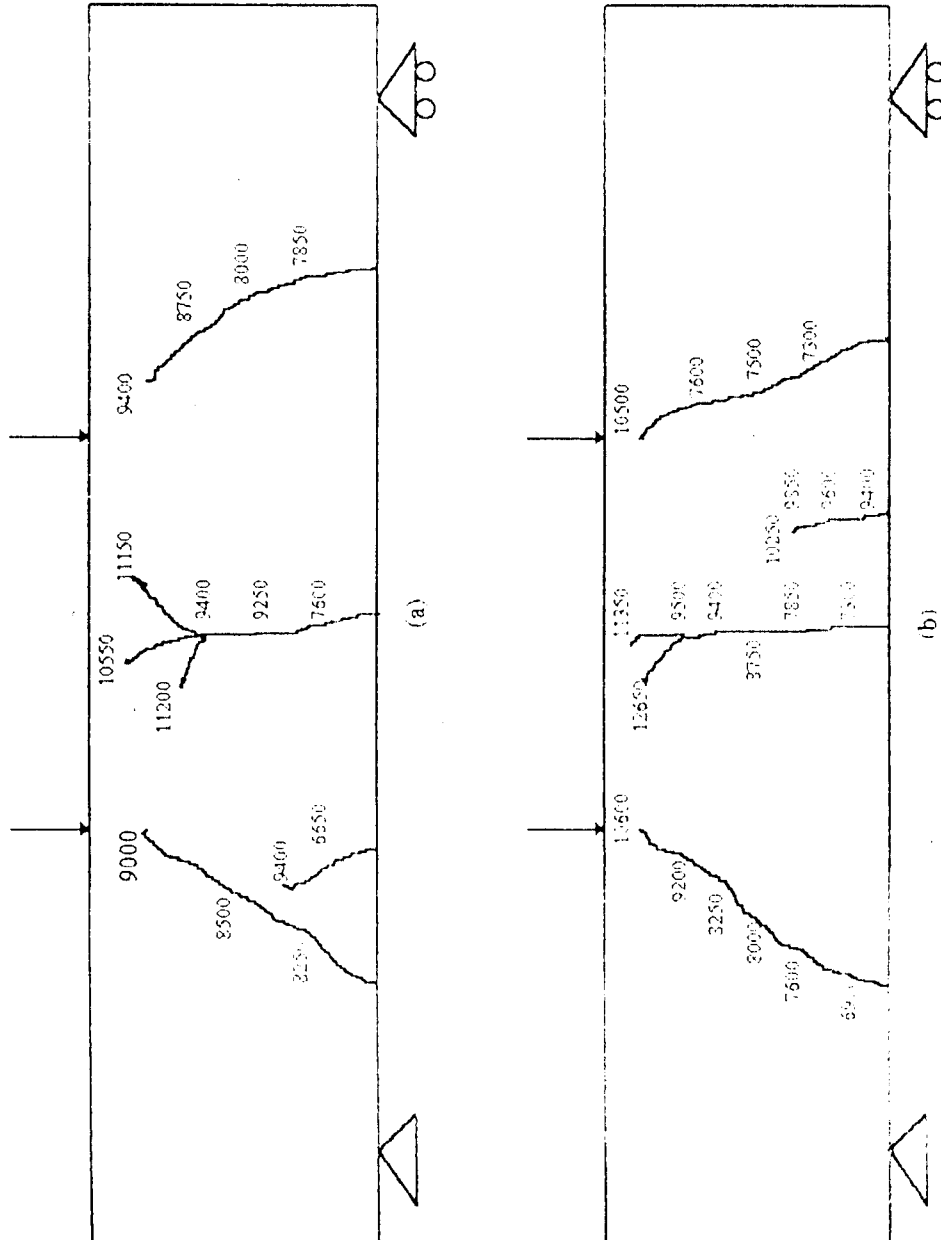
Gambar Pola Retak Balok BGS521

- a). Pola retak sisi depan
- b). Pola retak sisi belakang



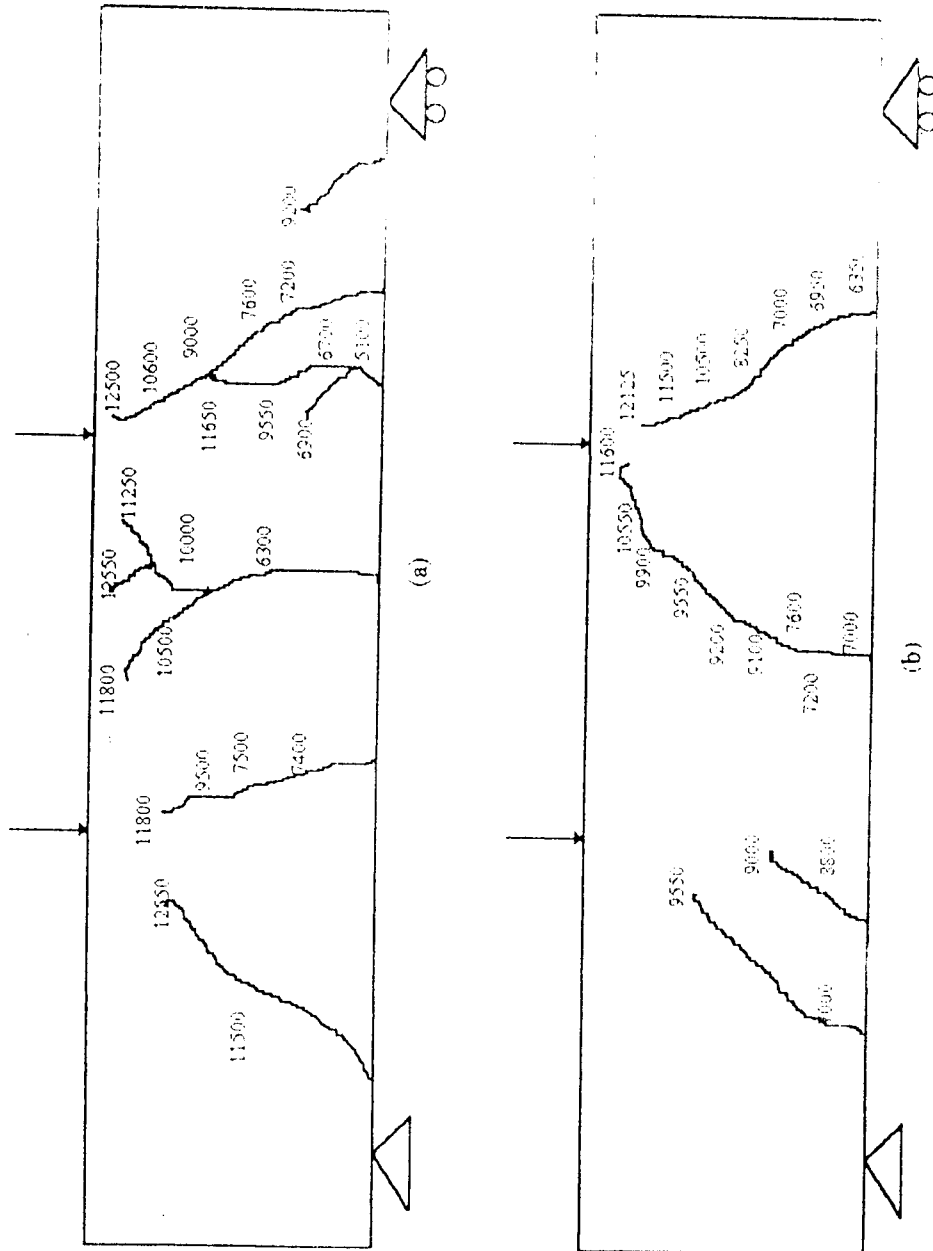
Gambar Pola Retak Balok BGS522

- a). Pola retak sisi depan
- b). Pola retak sisi belakang



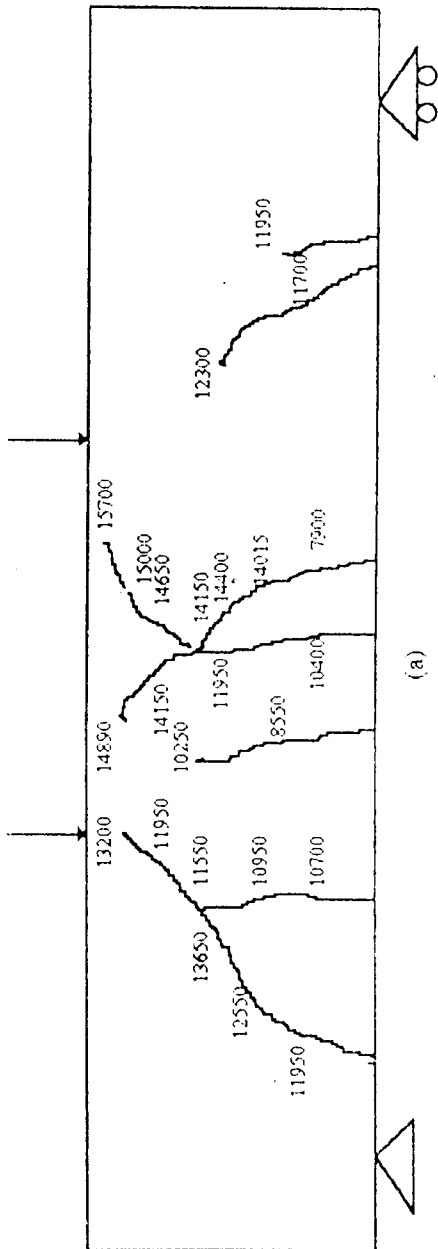
Gambar Pola Retak Balok BGS611

- a). Pola retak sisi depan
- b). Pola retak sisi belakang

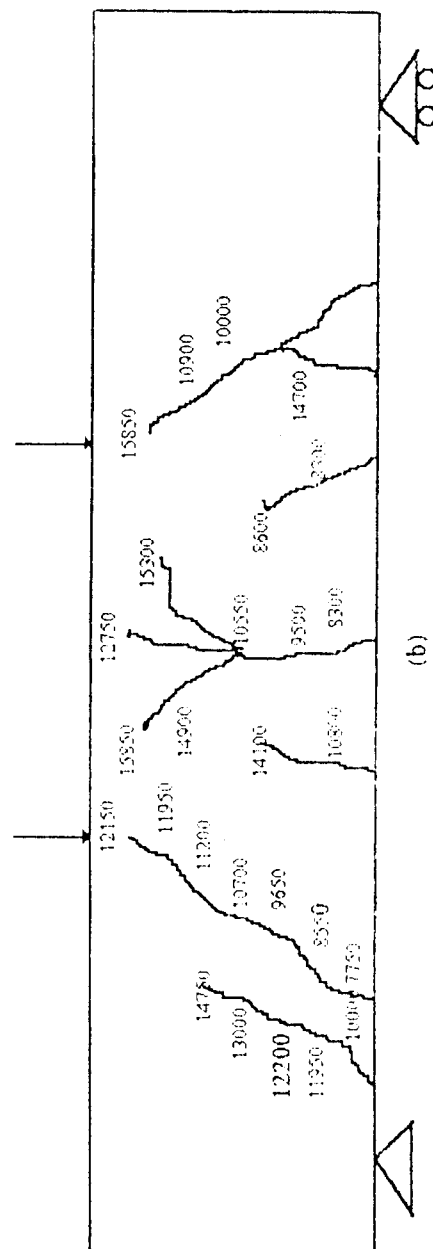


Gambar Pola Retak Balok BGS612

- a). Pola retak sisi depan
- b). Pola retak sisi belakang



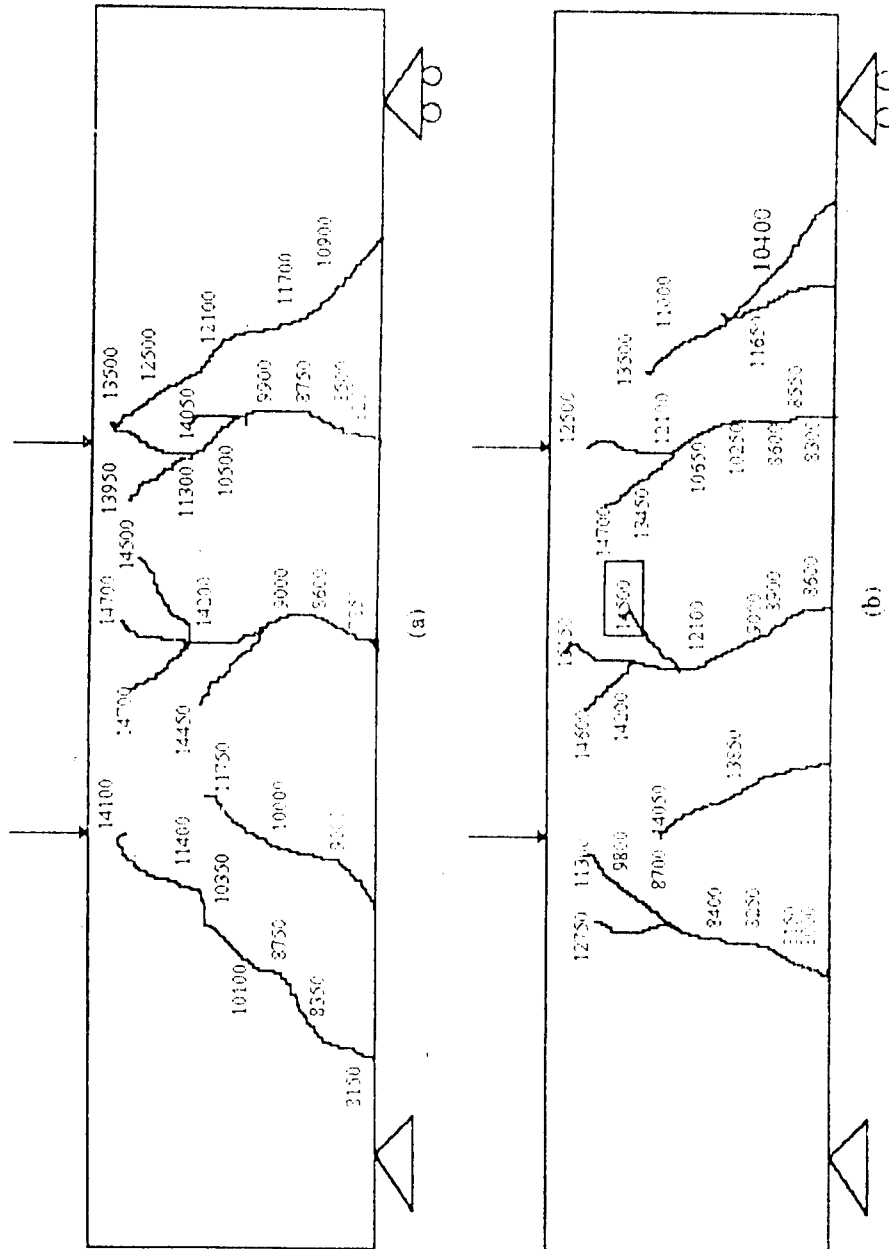
(a)



(b)

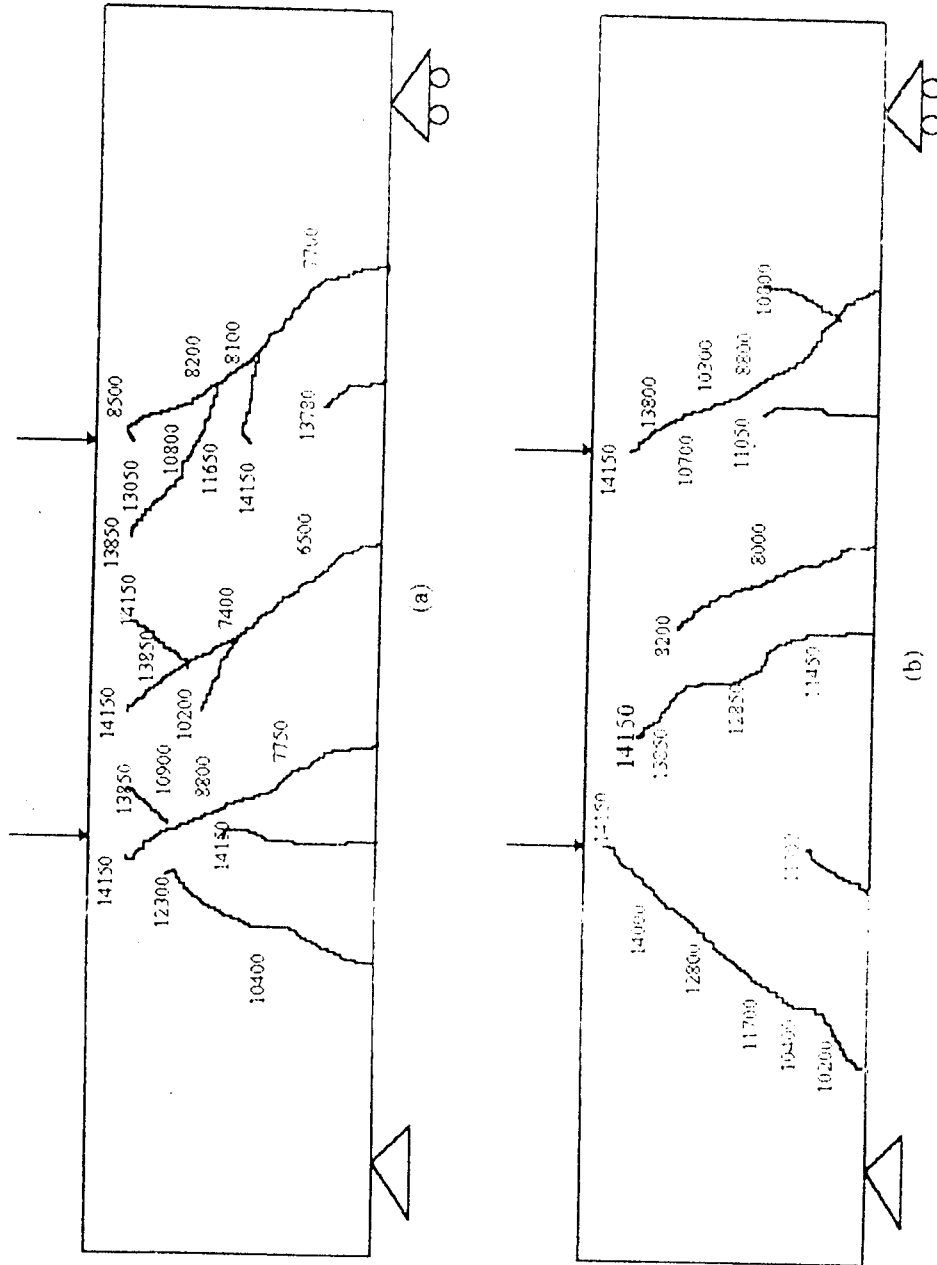
Gambar Pola Retak Balok BGS621

- a). Pola retak sisi depan
- b). Pola retak sisi belakang



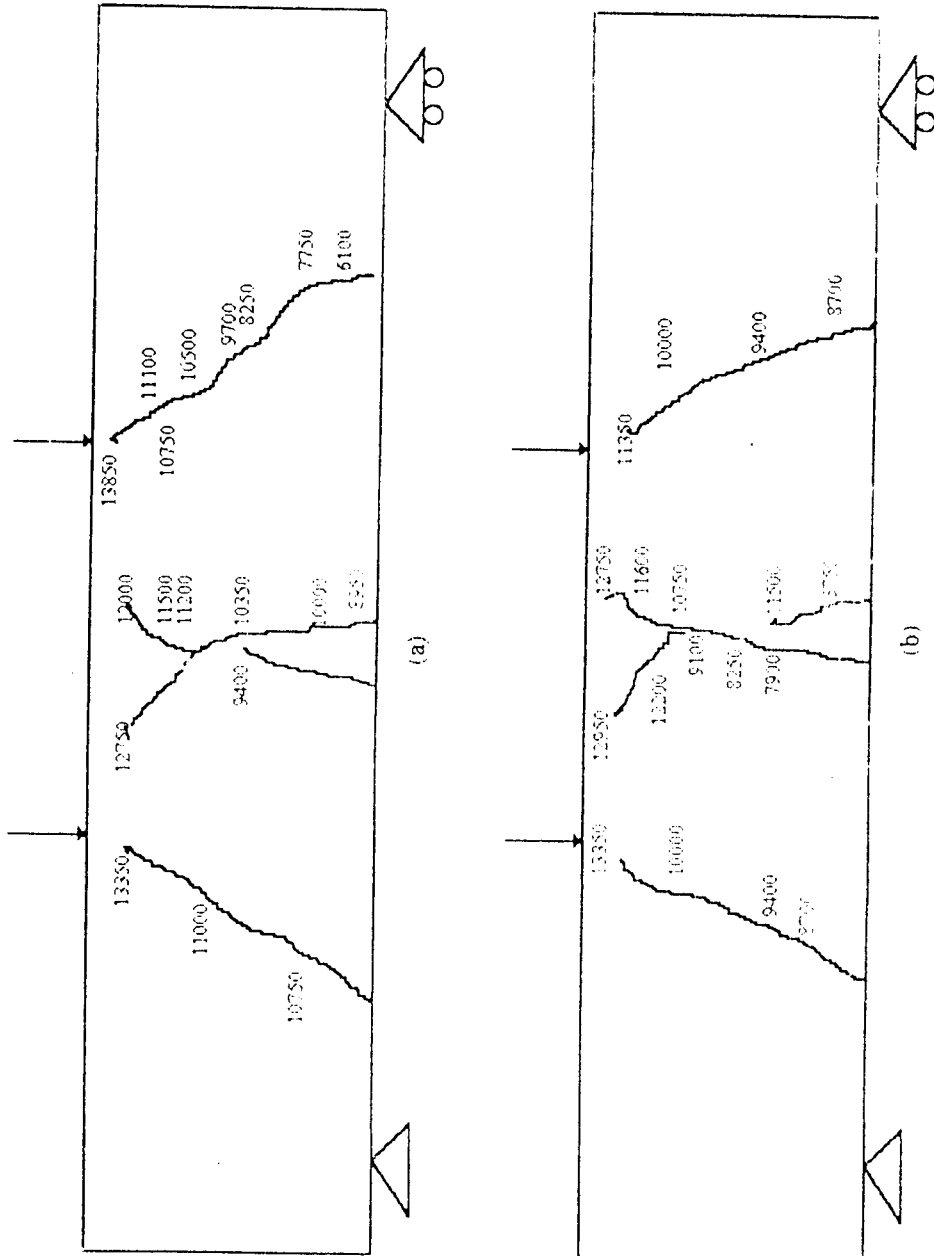
Gambar Pola Retak Balok BGS622

- a). Pola retak sisi depan
- b). Pola retak sisi belakang



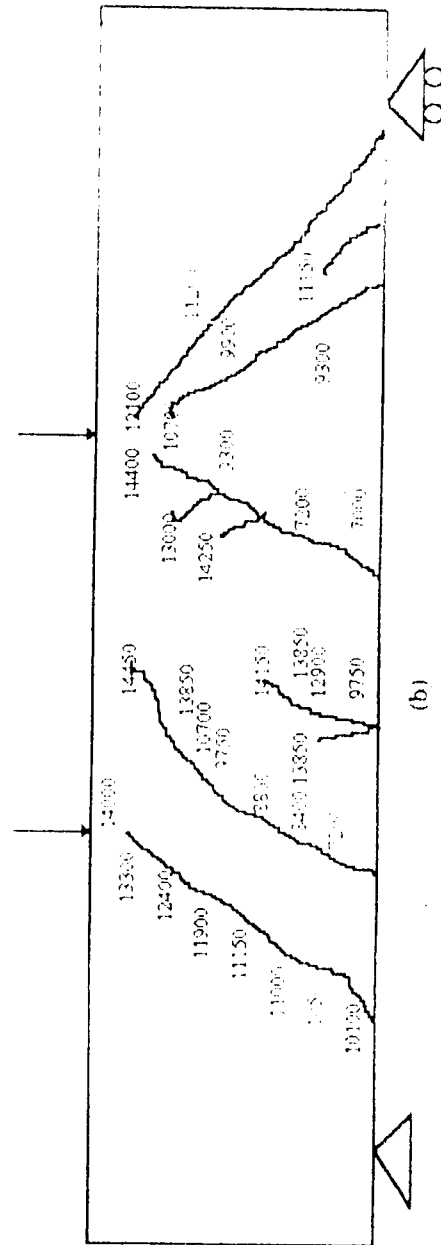
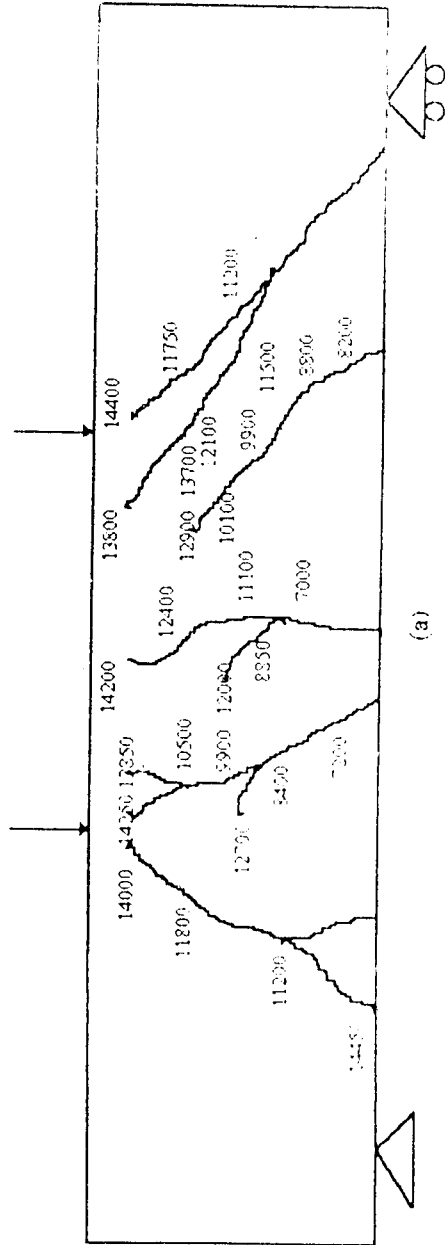
Gambar Pola Retak Balok BGS711

- a). Pola retak sisi depan
- b). Pola retak sisi belakang



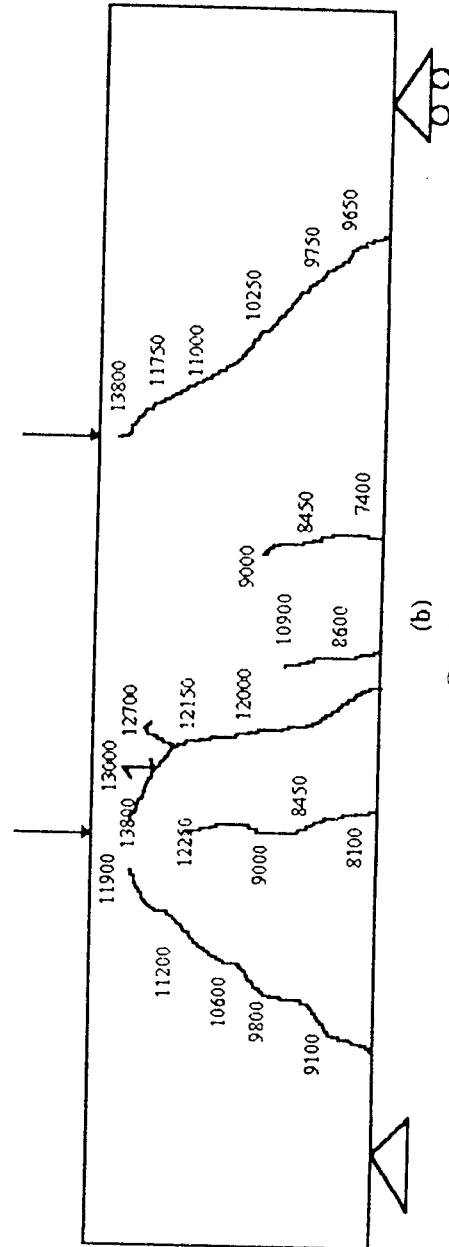
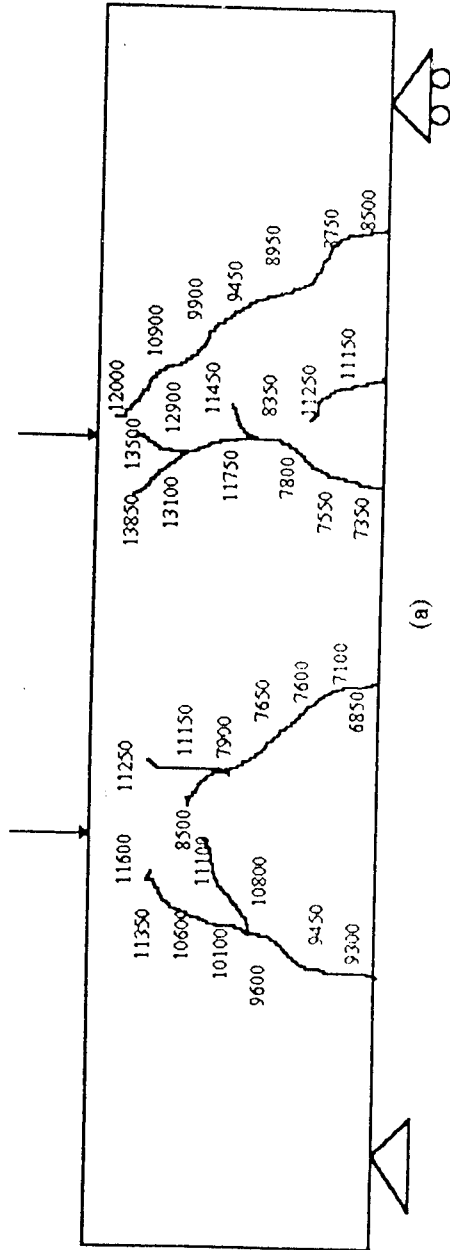
Gambar Pola Retak Balok BGS712

- a). Pola retak sisi depan
- b). Pola retak sisi belakang



Gambar Pola Retak Balok BGS721

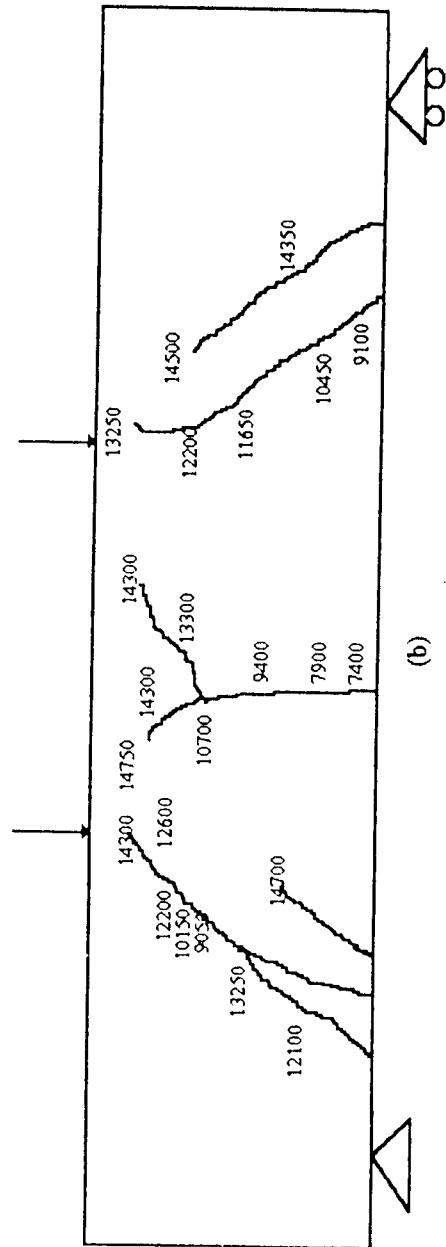
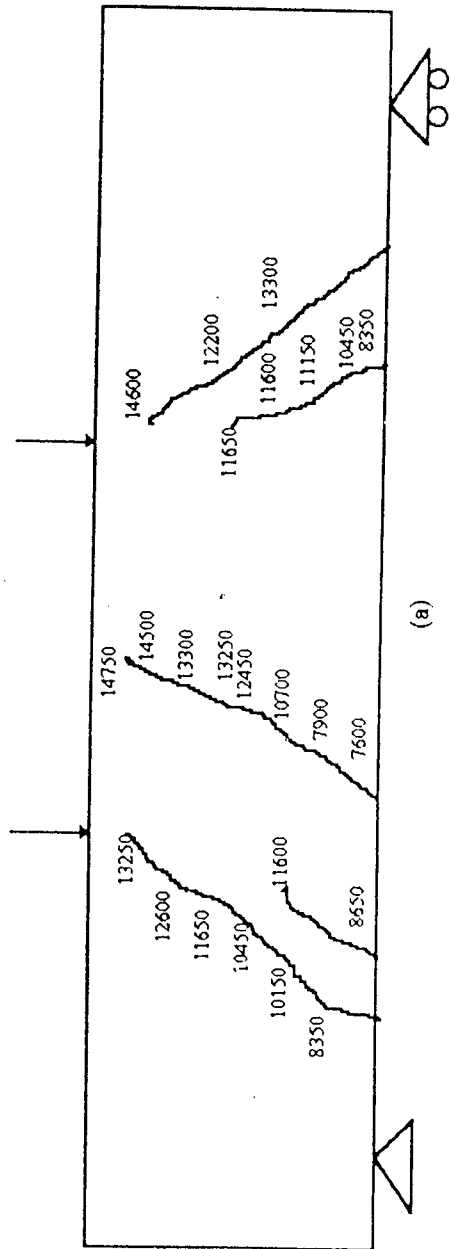
- a). Pola retak sisi depan
- b). Pola retak sisi belakang



Gambar Pola Retak Balok BGS722

a). Pola retak sisi depan

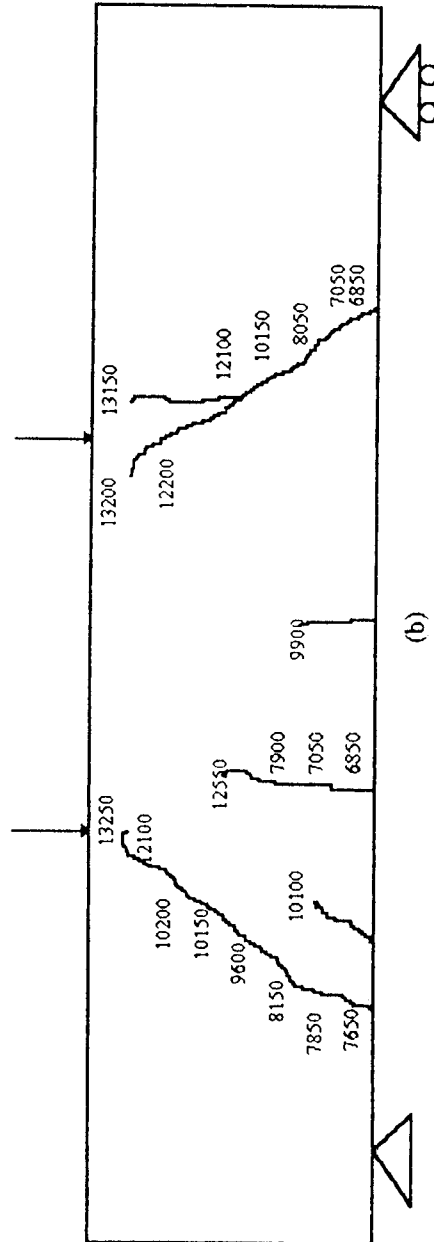
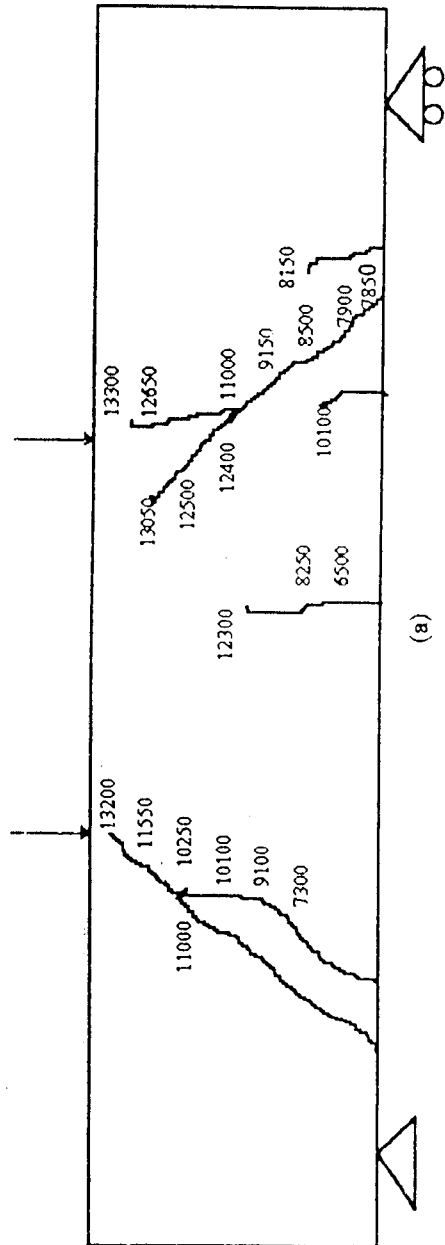
b). Pola retak sisi belakang



Gambar Pola Retak Balok BGS811

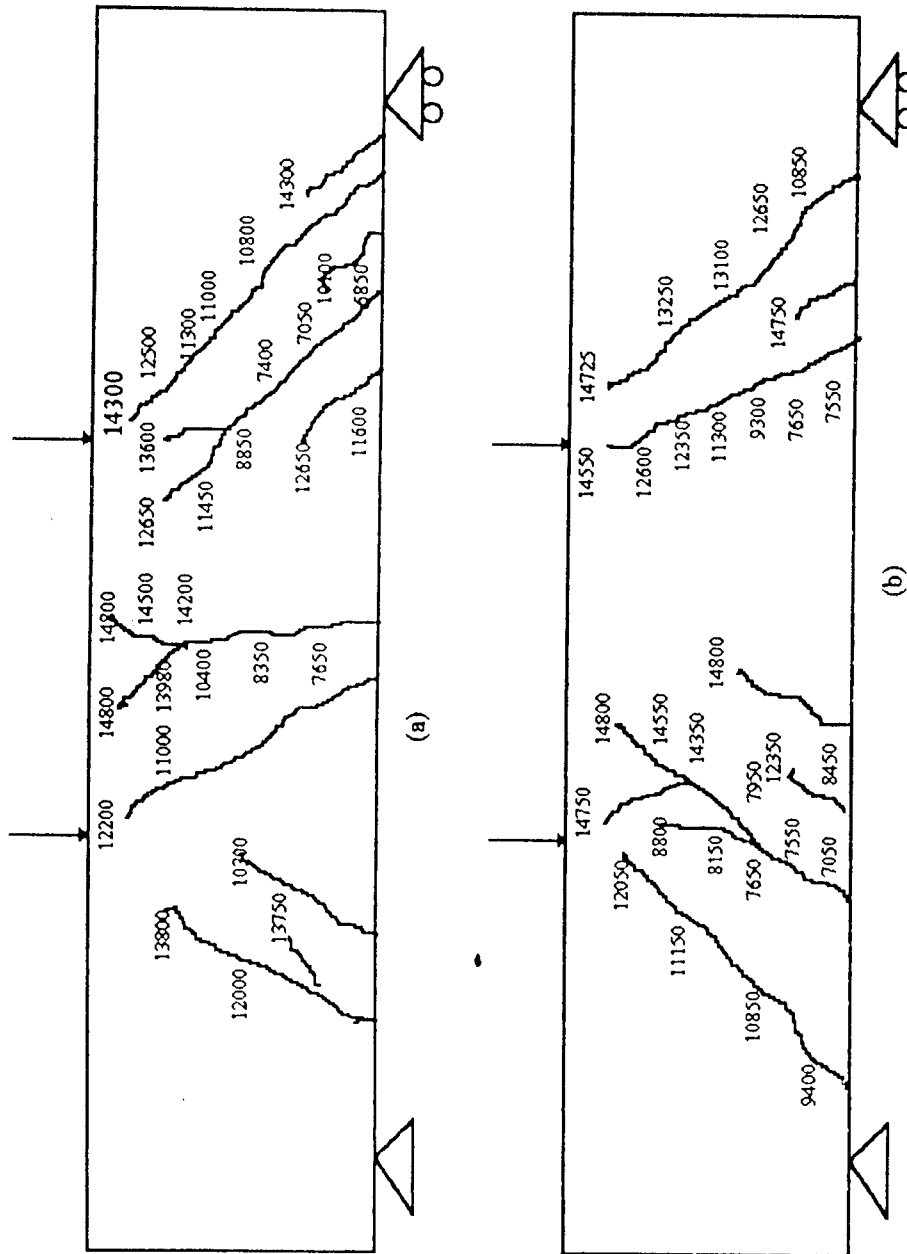
a). Pola retak sisi depan

b). Pola retak sisi belakang



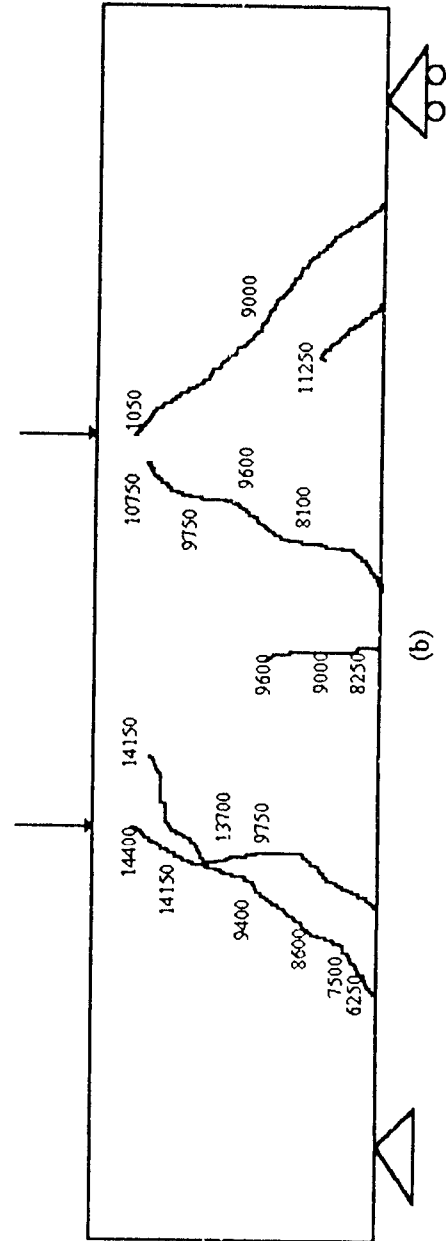
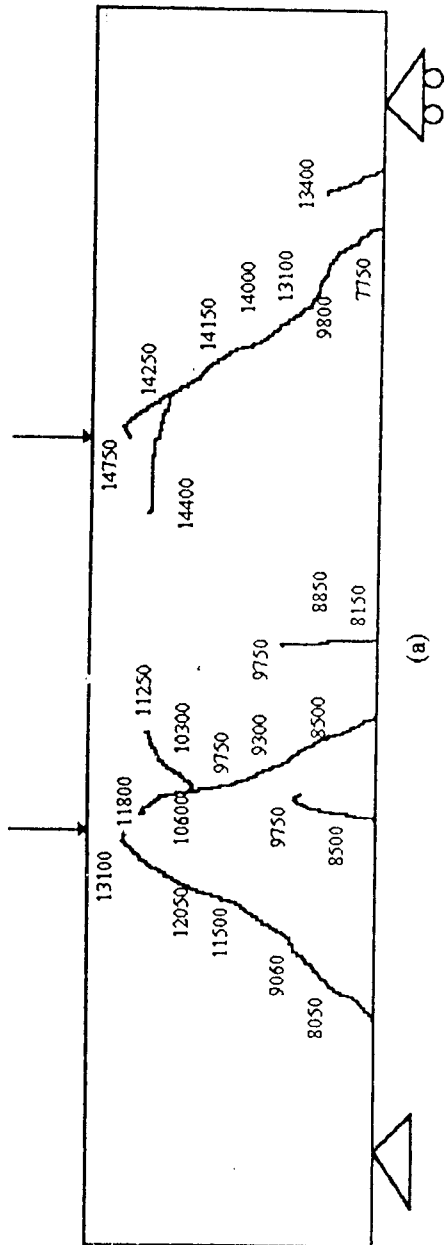
Gambar Pola Retak Balok BGS812

- a). Pola retak sisi depan
- b). Pola retak sisi belakang



Gambar Pola Retak Balok BGS821

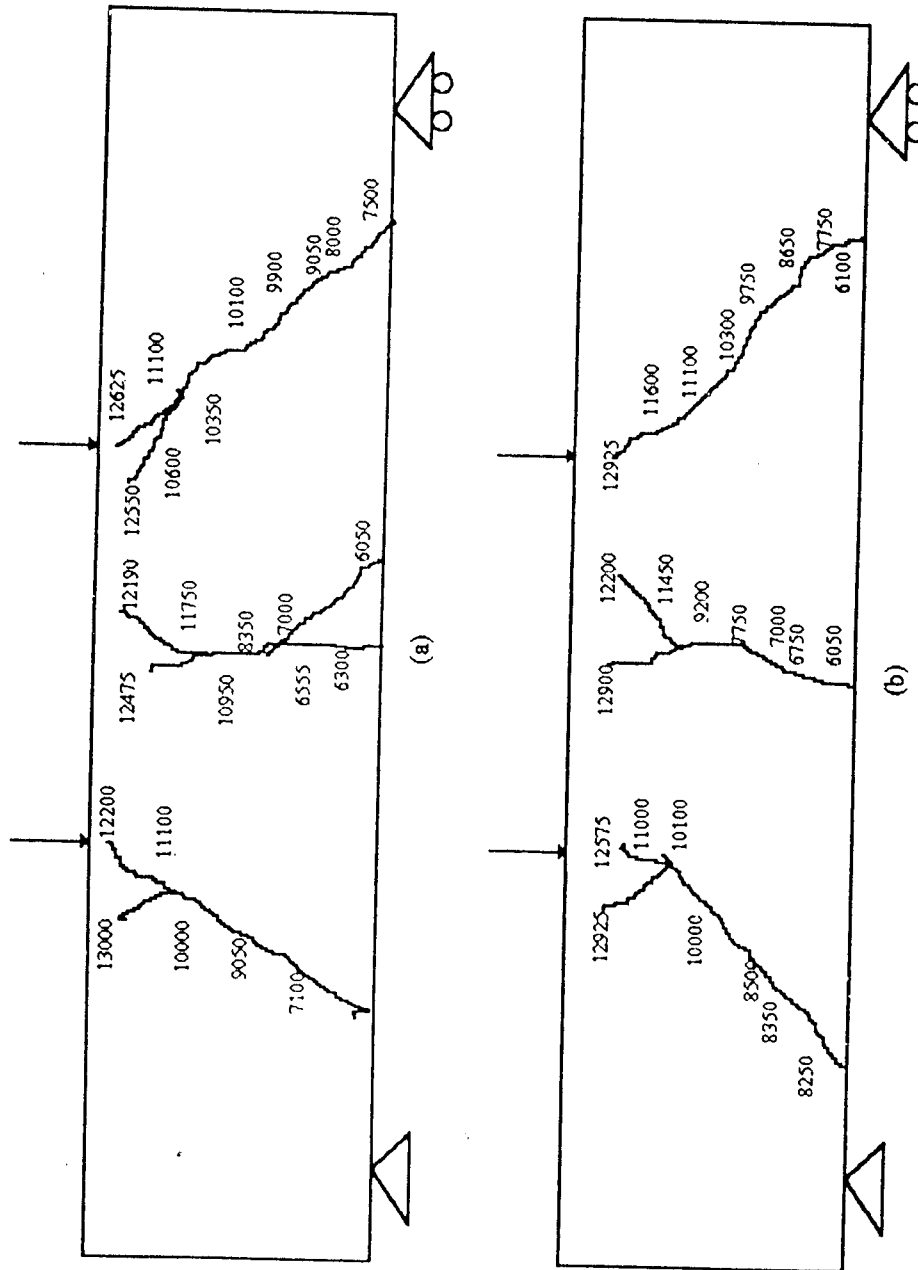
- a). Pola retak sisi depan
- b). Pola retak sisi belakang



: Gambar Pola Retak Balok BGS822

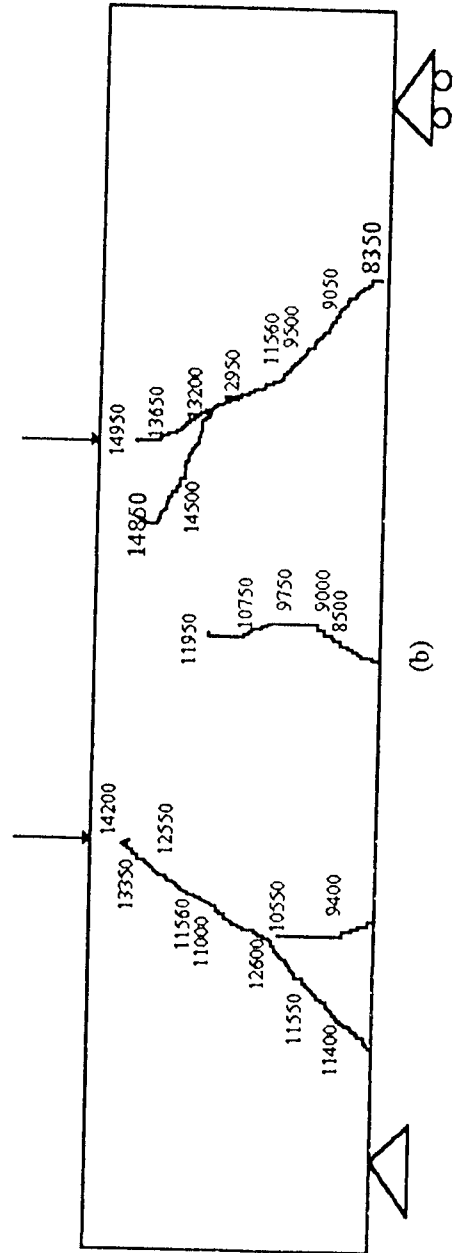
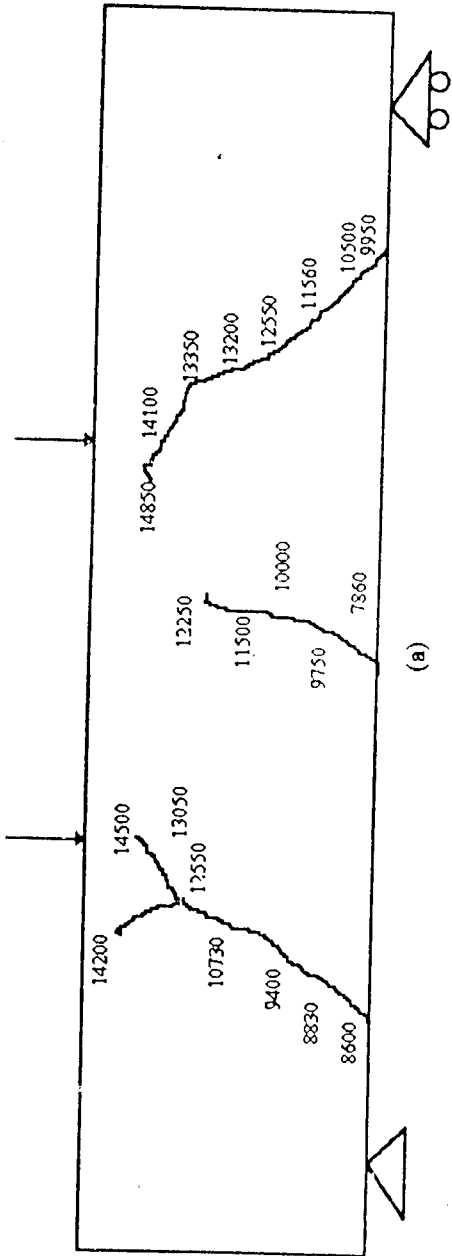
a). Pola retak sisi depan

b). Pola retak sisi belakang



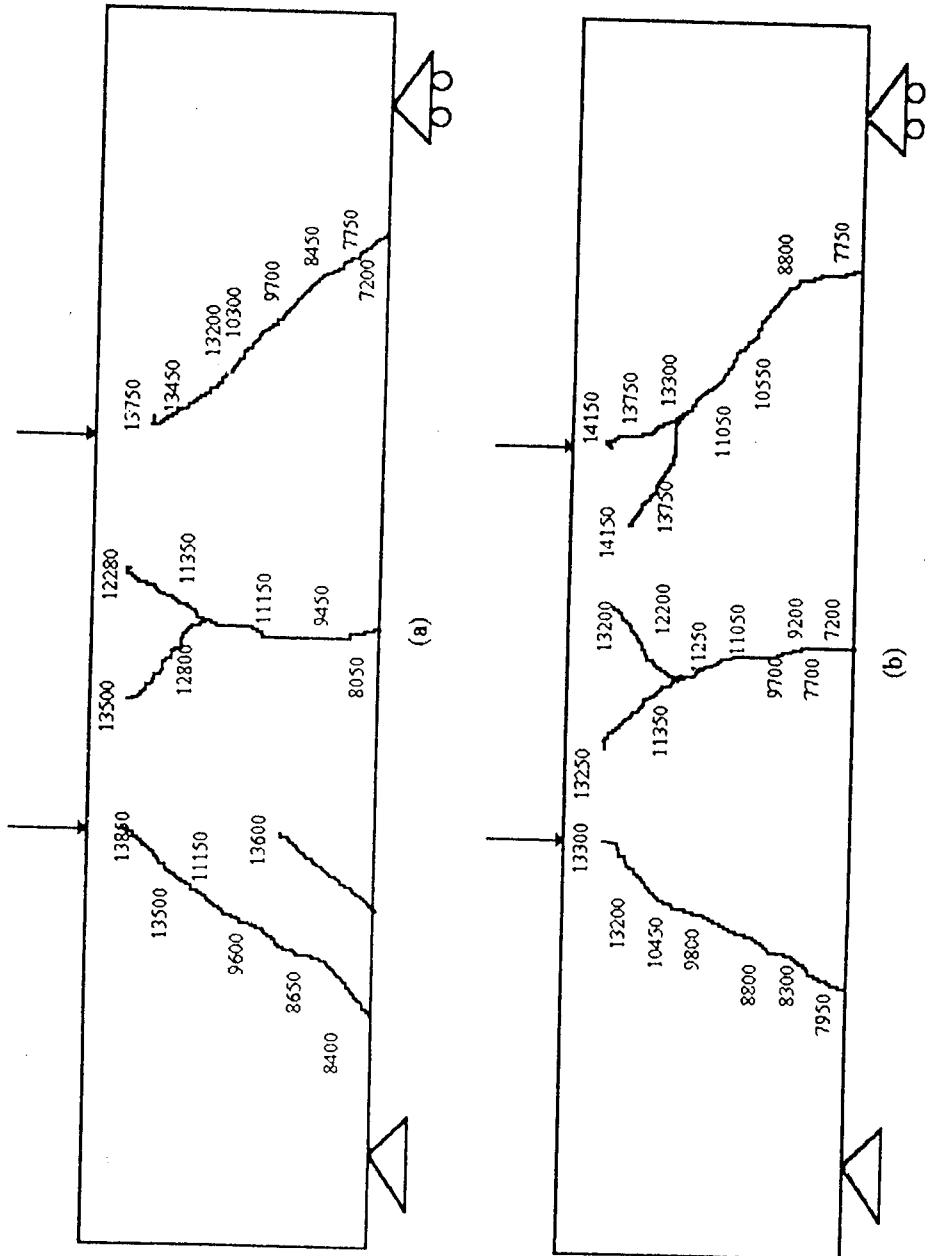
Gambar Pola Retak Balok BGS911

- a). Pola retak sisi depan
- b). Pola retak sisi belakang



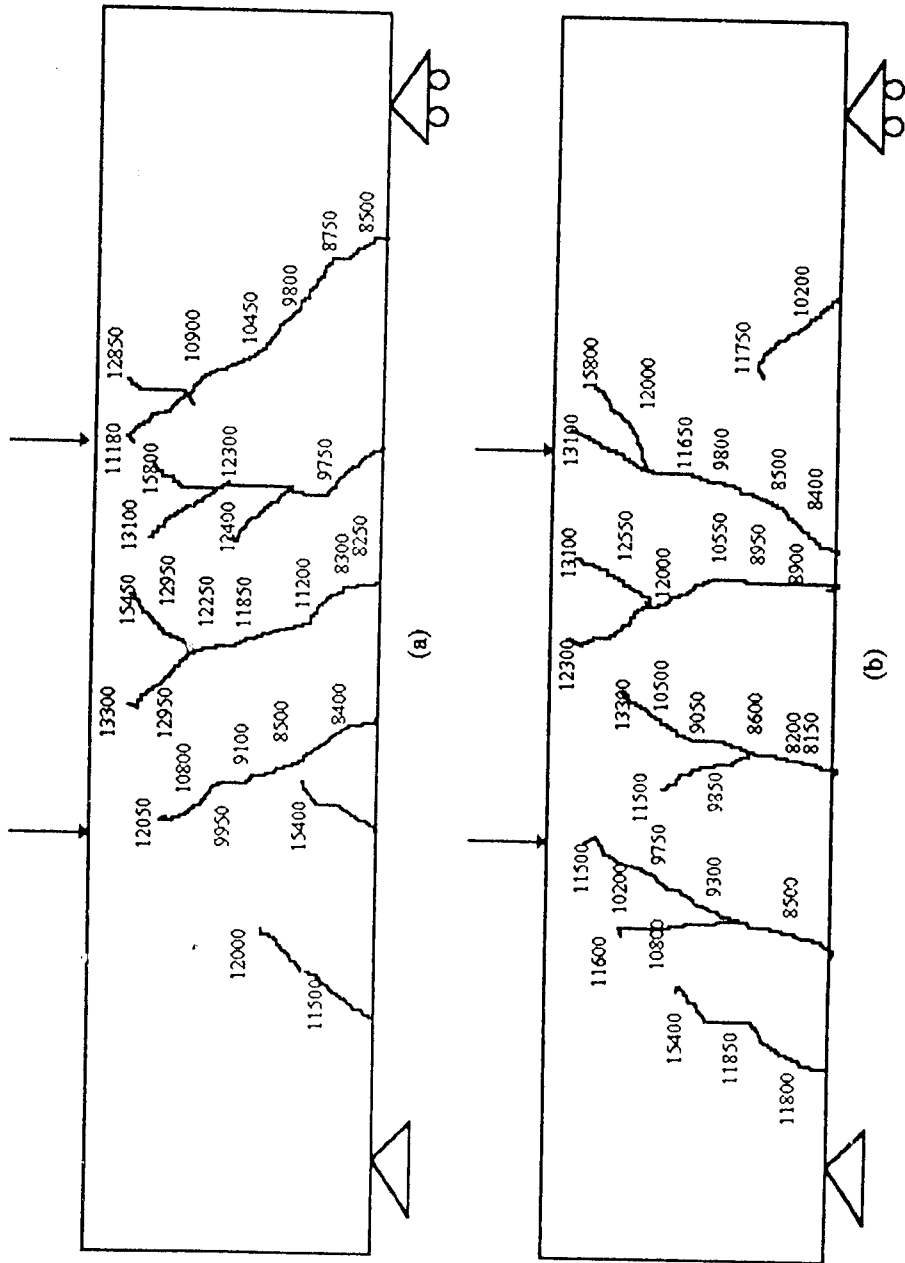
Gambar Pola Retak Balok BGS912

- a). Pola retak sisi depan
- b). Pola retak sisi belakang



Gambar Pola Retak Balok BGS921

- a). Pola retak sisi depan
- b). Pola retak sisi belakang



Gambar Pola Retak Balok BGS922

- a). Pola retak sisi depan
- b). Pola retak sisi belakang

Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser Berdasarkan Beban Retak Miring Pertama (P) pada Balok Geser

No	Kode	P (kg)	P (N)
1	BGTS11	6400	64934,8119
2	BGTS12	6150	62398,2958
3	BGS511	7200	73051,6633
4	BGS512	6950	70515,1473
5	BGS521	7400	75080,8762
6	BGS522	8300	84212,3342
7	BGS611	7300	74066,26983
8	BGS612	7600	77110,08914
9	BGS621	8550	86748,85028
10	BGS622	8350	84719,63741
11	BGS711	7700	78124,69557
12	BGS712	7750	78631,99879
13	BGS721	8800	89285,36667
14	BGS722	8750	88778,06315
15	BGS8 11	8350	84719,63741
16	BGS812	8150	82690,42453
17	BGS821	9400	95373,00498
18	BGS822	9000	91314,57924
19	BGS911	8250	83705,03097
20	BGS912	8350	84719,63741
21	BGS921	8300	84212,33477
22	BGS922	8750	88778,06315

Tabel Hasil Pengujian Kuat Geser Model Geser

No	Kode	Beban (retak awal) (kg)	Beban (retak miring) (kg)	Beban (retak max) (kg)
1	MGTS11	5575	6150	6450
2	MGTS21	5000	6000	6500
3	MGS511	6200	7100	7850
4	MGS512	6150	6250	6600
5	MGS521	10150	10500	13550
6	MGS522	10200	11500	14600
7	MGS611	7300	8550	12150
8	MGS612	7200	8000	9150
9	MGS621	10100	11750	15600
10	MGS622	10500	12500	15450
11	MGS711	10350	11650	15500
12	MGS712	11500	12000	16150
13	MGS721	11500	12450	15450
14	MG722	10750	12500	16500
15	MGS811	11600	12700	16300
16	MGS812	11450	11850	16625
17	MGS821	11550	13450	18600
18	MGS822	11600	12800	19750
19	MGS911	13600	12500	19500
20	MGS912	11850	13250	17750
21	MGS921	12600	13700	23100
22	MGS922	10100	12760	19800