PERPUSTAKAAN FTSP UII
HADIAH/BELI
TGL. TERIMA : 30 Agustus 2006
NO. JUDUL : 001602
NO. INV. : 5120001602001
NO. INDUK. :

TUGAS AKHIR

ANALISIS PERILAKU KUAT LENTUR BALOK BETON *VIERENDEEL* DENGAN VARIASI KUAT DESAK BETON

ANALYSIS OF CONCRETE *VIERENDEEL* BENDING BEHAVIOR WITH CONCRETE COMPRESSIVE STRENGHT VARIATIONS

Diajukan sabagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana stara 1 (S1)
pada Fakultas Sipil Dan perencanaan, Jurusan Teknik Sipil,
pada Universitas Islam Indonesia,Jogjakarta

K
693.54
Lud
a
1



xv, 73p; fotol.; lamp.; 28
• Kolom - beton
• Beton Vierendeel

Disusun oleh :

Nama : **PIPIT INDRIANA**
No.Mhs : **00 511 141**

Nama : **M. DZIKRU ISMAIL**
No.Mhs : **00 511 183**

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JOGJAKARTA

2005

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

ANALISIS PERILAKU KUAT LENTUR BALOK BETON *VIERENDEEL* DENGAN VARIASI KUAT DESAK BETON

ANALYSIS OF CONCRETE *VIERENDEEL* BENDING BEHAVIOR WITH CONCRETE COMPRESSIVE STRENGHT VARIATIONS



Disusun Oleh :

Nama : PIPIT INDRIANA
No. Mahasiswa : 00 511 141

Nama : M.DZIKRU ISMAIL
No. Mahasiswa : 00 511 183

Telah diperiksa dan disetujui:

Ir.Suharyatmo,MT
Dosen Pembimbing I

Tanggal : 7/3/05

Ir.Sarwidi MSCE,PhD
Dosen Pembimbing II

Tanggal : 08/03/2005



MOTTO

طلب العلم فريضة على كل مسلمين و المسلماة

(Menuntut Ilmu Wajib Kepada Setiap Muslimin dan Muslimat)

- Orang terkuat bukan mereka yang selalu menang melainkan mereka yang tetap tegar ketika mereka jatuh.
- Tumbuhkanlah rasa percaya diri bahwa kita yang terbaik, kemudian berusahalah kearah itu ". (Moh Ali)
- Jika aku dapat meminta agar hidupku sempurna, itu merupakan godaan menggiurkan - namun aku akan terpaksa menolak, karena dengan begitu aku tidak dapat lagi menarik pelajaran dari kehidupan.
  by Allyson Jones
- Rahasia sukses adalah mempelajari bagaimana mendayagunakan suka duka,bukan mempelajari bagaimana suka duka melanda. Jika melakukan, anda mengendalikan kehidupan. jika tidak, kehidupanmengendalikan anda."
  by Anthony Robbins (Penasehat Presiden Amerika Bill Clinton)
- Patience is the companion of wisdom
  by St. Augustine
- If you have love in your heart, you always have something to give
- A strong person works out every day to keep their body in shape... but a person of strength kneels in prayer to keep



Tugas Akhir ini kami persembahkan :

Untuk orang tua tercinta tercinta, Atas dukungan dan segenap doa dan cinta kasihnya yang tulus yang selalu memberikan dukungan pada kami baik secara materi maupin moral sehingga tugas akhir ini dapat kami selesaikan denagn baik, dan semoga kami adalah termasuk anak yang berbakti pada orang tua,

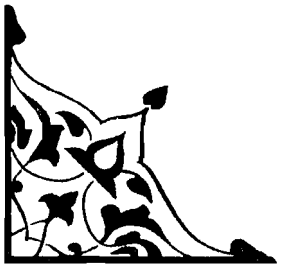
Kakak dan adik tercinta
yang selalu memberikan dorongan pada kami, kami bukanlah yang terbaik tapi kami berusaha menjadi yang terbaik untuk keluarga demi cita-cita yang abadi dan semoga karya ini mendapatkan tempat yang istimewa dihati keluarga,

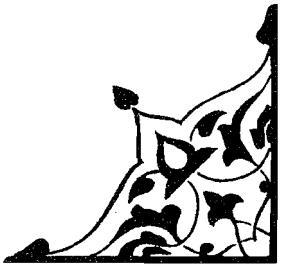
Teman-teman kost
yang selalu bersama dalam setiap kesempatan, terima kasih atas doa dan dukungannya,kalian adalah teman terbaikku dan semoga pertemanan ini menjadi yang terindah dalam hidupku,

Teman –teman kuliah
khususnya anak-anak sipil '00 dimana kami selalu berbagi suka dan duka selama mengerjakan tugas akhir ini:udin,pulung,puger,samsul,habibie,ellis,agung,dan anak-anak sipil 99 seperti: tiko,jack, ricky,bang napi(96),rizal,semua deh yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu, pkoknya thans for everything ya.....

Teman-teman yang baik utrie,andy (capone), mengo,tantowi,cikhua,gun,horis dan semuanya deh makasi banget ya...kalian akan selalu mendapatkan tempat yang terindah di hati kami dan tidak akan terlupakan deh

Semua pihak yang dengan ketulusan hati membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini, seperti mas aris (lab,struktur), pak darusdi (lab.hidro),mas ndaru dan rekan-rekan di lab BKT, dan semua pihak yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu kami hanya bisa mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya semoga kita semua bisa selalu menjalin keakraban ini selalu,Amin.





KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ

Assalamu' alaikum Wr.Wb.

Alhamdulillah, puji syukur hanyalah kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, petunjuk, karunia serta kasih sayang-Nya sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat disusun dan diselesaikan dengan baik. Sholawat serta alam kepada Nabi Allah Muhammad SAW yang telah yang telah membebaskan umat manusia dari kejahiliyahan dan Insya Allah akan kita nantikan safaatnya pada hari *yaumul kiyamah nanti* amin...

Tugas Akhir "Analisis Perilaku Kuat Lentur Pada Balok Beton Vierendeel Dengan Variasi Kuat Desak Beton" merupakan salah satu syarat kurikulum yang wajib ditempuh mahasiswa untuk meraih gelar sarjana Stara 1 pada Teknik Sipil. Tugas Akhir merupakan langkah awal bagi mahasiswa dalam mengimplementasikan ilmu yang telah diperolehnya selama mengikuti perkuliahan. Semua yang telah diperoleh diperkuliahan tidak akan maksimal jikalau mahasiswa tidak ditugaskan untuk langsung terjun dan menemukan berbagai kasus pada dunia kerja yang sesungguhnya. Hal ini diharapkan dapat menjadikan mahasiswa menjadi lebih siap untuk menghadapi dunia kerja

Dengan Tugas Akhir ini, maka penyusun mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir.H.Widodo, MSCE,Phd selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan perencanaan Universitas Islam Indonesia,

2. Bapak Ir.H.Suharyatmo, MT, selaku dosen pembimbing I,
3. Bapak Ir.H.Sarwidi, MSCE,Phd, selaku dosen pembimbing II,
4. Bapak Ir. Kadir Aboe,MS, selaku dosen penguji,
5. Teman-teman seperjuangan sipil '00,
6. Semua laboran di Laboratorium Struktur, BKT, dan Jalan Raya,
7. Semua pihak terkait yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Demikia semoga apa yang telah kami selesaikan ini, menjadi nilai ibadah tersendiri dan semoga dicatat sebagai amal. Mohon maaf sebesar-besarnya apabila terdapat kesalah-kesalah yang semata-mata datang dari kami, dan kebenaran hanya milik Allah semata.

Wassalamu ' alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta , Maret 2005

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
LEMBAR PENGESAHAN ii
HALAMAN MOTTO iii
HALAMAN PERSEMBAHAN iv
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vi
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR SIMBOL xiii
BAB I. PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang Masalah 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan penelitian 2
1.4 Manfaat Penelitian 2
1.5 Batasan Masalah 3
1.6 Metode Penelitian 4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Pendahuluan 5
BAB III. LANDASAN TEORI 7
3.1 Pendahuluan 7
3.2 Analisis Statis tertentu 10
3.3 Tegangan Lentur Pada Balok Beton *Vierendeel* 11
3.4 Batang Tekan Pada Balok Beton *Vierendeel* 12
3.5 Batang Tarik Pada Balok Beton *Vierendeel* 12
3.6 Kombinasi Tekan dan Lentur Pada Balok Beton *Vierendeel* 13
3.7 Kombinasi Tarik dan Lentur Pada Balok Beton *Vierendeel* 16
3.8 Dukungan Lateral 18
3.9 Hubungan Beban dan Deformasi 20
3.10 Hubungan Momen dan Kelengkungan 23

3.11 Pola kerusakan dan Gaya Aksial Momen (Diagram Mn-Pn) ... 25
3.12 Ragam kegagalan balok tanpa penulangan tarik diagonal ... 25
3.13 Keruntuhan lentur ... 26
3.14 Keruntuhan tarik diagonal ... 26
3.15 Keruntuhan tekan geser ... 27
3.16 Beton ... 28
3.11.1 Semen Portland ... 28
3.11.2 Agregat (Pasir dan Kerikil) ... 29
3.11.3 Air ... 29
3.12 Hipotesis ... 30
BAB IV. METODOLOGI PENELITIAN ... 31
4.1 Metode Penelitian ... 31
4.2 Bahan dan Alat ... 32
4.2.1 Bahan ... 32
4.2.2 Peralatan ... 33
4.3 Model Benda Uji ... 35
4.4 Pelaksanaan Penelitian ... 35
4.4.1 Pembuatan Benda Uji ... 35
4.4.2 Tahapan Pengujian ... 36
1. Pengujian Kuat Tarik Baja ... 36
2. Pengujian Kuat Desak Beton ... 36
3. Pengujian Benda Uji Balok Beton Vierendeel ... 37
3.1 Persiapan Peralatan ... 37
3.2 Pengujian Benda Uji ... 37
4.5 Rencana Jadwal Penelitian ... 38
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN ... 40
5.1 Uji Kuat Tarik Baja ... 40
5.1.1 Hasil Uji Kuat Tarik Baja ... 40
5.1.2 Pembahasan Hasil Uji Kuat Tarik Baja ... 41
5.2 Uji Kuat Desak Beton ... 41
5.2.1 Hasil Uji Kuat Desak Beton ... 41

5.2.2 Hubungan Kuat Desak Dan Beban Transversal Maksimum Penelitian 43
5.3 Uji Kuat Lentur Balok Beton Vierendeel 46
5.3.1 Hasil uji kuat lentur balok vierendeel beton 46
5.3.2 Pembahasan hasil uji kuat lentur balok vierendeel beton 47
1. Hubungan Kuat Lentur Berdasarkan Hubungan Beban-Deformasi Teoritis 47
2. Hubungan Kuat Lentur Berdasarkan Hubungan Beban-Deformasi Penelitian 48
3. Analisa Kekakuan 53
4. Kuat Lentur Berdasarkan Hubungan Momen-Kelengkungan 54
4.1 Hubungan Momen-Kelengkungan Toeritis 55
4.2 Hubungan Momen-Kelengkungan Penelitian 57
4.3 Analisa Data Hubungan Momen-Kelengkungan 63
4.4 Analisa Kapasitas Elemen Balok Vierendeel Berdasarkan Mn Pn 63
4.5 Analisa Kapasitas Tampang Balok *Vierendeel* Berdasarkan Mn-Pn 69
5. Analisa Kerusakan Pada Benda Uji 69

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 72
6.1 Kesimpulan 72
6.2 Saran 72
DAFTAR PUSTAKA xiv
LAMPIRAN 1 Mix design balok beton vierendeel dengan standar PU xv
LAMPIRAN 2 Hasil pengujian balok beton vierendeel xvi
LAMPIRAN 3 xvii
1. Hasil pengujian kuat desak beton
2. Hasil pengujian kuat tarik baja
3. Beban transversal
LAMPIRAN 4 Hasil analisa balok beton vierendeel xviii
LAMPIRAN 5 Hasil analisis bberdasar grafik Mn-Pn xix

LAMPIRAN 6 Hasil analisis SAP 2000 xx

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1 Hasil pengujian kuat tarik baja 40

Tabel5.2 Hasil pengujian kuat desak beton 42

Tabel 5.3 Beban transversal maksimum balok vierendeel beton dengan variasi kuat desak..... 44

Tabel 5.4 Pembacaan dial gauge 2 46

Tabel 5.5 Perhitungan lendutan tampang balok secara teoritis untuk mutu 1 48

Tabel 5.6 Analisa kekakuan (pu/Δy) dari data hubungan beban-deformasi 53

Tabel 5.7 Perhitungan kelengkungan dari hasil pengujian mutu 1 56

Tabel 5.8 Analisa kekakuan dari data hubungan momen-kelengkungan 63

Tabel 5.9 Analisa tampang elemen balok vierendeel mutu 1 65

Tabel 5.10 Analisa tampang elemen balok vierendeel mutu 2 66

Tabel 5.11 Analisa tampang elemen balok vierendeel mutu 3 67

Tabel 5.12 Analisa tampang elemen balok vierendeel mutu 4 68

DAFTAR SIMBOL

fy : Kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan non-prategang, MPa

$f'c$: kuat tekan yang disyaratkan,MPa

fs : tegangan luluh baja tekan

fcr : kuat tekan beton rata-rata

fr : faktor reduksi

s : deviasi standar, MPa

h : tinggi batang penampang beton

b : lebar bentang penampang beton

d : jarak dari serat tekan terluar terhadap titik berat tulangan tarik, mm

d' : jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan, mm

ds : jarak dari serat tarik terluar ke pusat tulangan tarik,mm

$\sqrt{f'c}$: nilai akar dari kuat tekan beton yang disyaratkan,MPa

As : luas tulangan tarik non-prategang,mm^2

As' : luas tulangan tekan mm^2

b : lebar muka tekan penampang balok, mm

Ec : modulus elastisitas beton, MPa

Es : modulus elastisitas tulangan, MPa

Vc : kuat geser nominal yang dipikul oleh beton

β_1 : faktor yang didefinisikan

ρ : rasio tulangan tarik non-prategang

ρ' : rasio tulangan tekan non-prategang

ρ_b : rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang

ϕ : faktor reduksi kekuatan

f : tegangan lentur

M : momen eksternal

I : momen inersia

E : elastisitas beton

y : jarak titik yang ditinjau ke sumbu netral

S : modulus tampang

P : gaya aksial

Pu : bebanm ultimit

A : luas penampang yang ditinjau.

L : panjang bentang balok

c : jarak dari garis netral dari serat tekan sisi atas

a : tinggi blok tekan untuk balok normal

εs : regangan baja tulangan tarik

$\varepsilon s'$: regangan baja tulangan tekan

N_{D1} : gaya dalam beton tekan

N_{D2} : gaya dalam baja tekan

N_T : gaya dalam baja tarik

Mn : kapasitas momen nominal balok normal

Δ : deformasi pada balok

k : nilai kekakuan balok

ϕ : kelengkungan yang terjadi pada balok

T : tegangan tarik balok beton

T' : tegangan tarik balok beton terjadi pada daerah desak

ABSTRAK

Rangka *vierendeel* merupakan statis tak tentu dan merupakan suatu susunan rangka yang terdiri dari batang tepi dan batang transversal yang disusun membentuk segi empat dengan joint yang kaku. Hubungan antara batang tepi dan batang transversal kaku sehingga balok vierendeel dapat memikul kombinasi gaya aksial (tarik, tekan) dengan momen.

Adapun penelitian yang dilakukan ini adalah untuk megetahui pengaruh variasi kuat desak terhadap beban lentur dan lendutan pada balok *vierendeel*, perilaku rangka pada beton vierendeel untuk suatu perencanaan struktur, dan pola kerusakan yang terjadi karena beban yang bekerja. Struktur *vierendeel* itu sendiri menggunakan variasi kuat desak dengan mengambil nilai 15, 20, 25,30 MPa dengan masing-masing satu benda uji tiap mutunya, dan vierendeel itu sendiri menggunakan h/l dan a/h konstan.

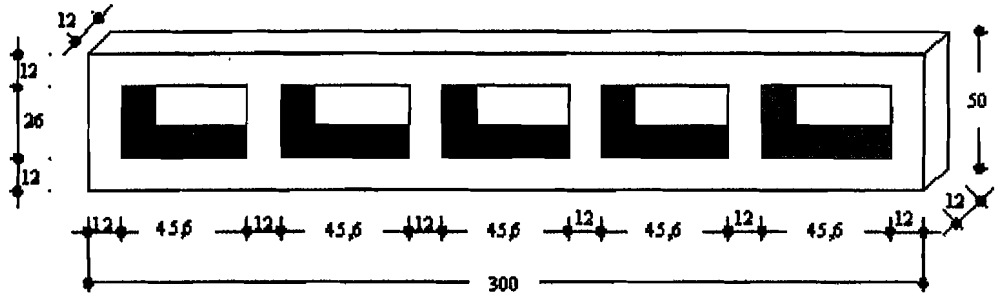
Nilai kuat desak beton tidak memiliki pengaruh yang besar pada kekuatan balok beton *vierendeel* dalam menahan lentur untuk beton yang memiliki kuat desak dari 20-30 MPa, dari analisis yang dilakukan didapatkan bahwa nilai kuat lentur di laboratorium lebih tinggi dari nilai teoritisnya dan kapasitas balok telah mencapai batas maksimumnya sehingga hampir semua elemen mengalami patah lentur, untuk perencanaan struktur balok beton vierendeel memiliki perilaku yang lebih baik dari balok beton biasa dengan tampang yang minimum dalam menahan lentur,dan dari hasil pengujian dapat dilihat terjadinya kerusakan pada hubungan antara elemen vertikal dan elemen horisontal. Dari hasil pengamatan terhadap pola kerusakan yang terjadi pada sampel ternyata semua sampel mengalami kerusakan akibat tekanan geser *pons*.

BAB I
PENDAHULUAN

Balok *vierendeel* adalah suatu konstruksi balok yang sederhana,yang biasanya terbuat dari baja. Untuk melengkapi kajian tentang balok vierendeel ini maka kami mengadakan penelitian tentang vierendeel yang terbuat dari beton bertulang.

1.1 Latar Belakang

Balok *vierendeel* adalah suatu susunaan rangka yang terdiri dari batang tepi dan batang transversal yang disusun membentuk segi empat dengan joint yang kaku. Hubungan antara batang tepi dan batang transversal kaku sehingga balok vierendeel dapat memikul kombinasi gaya aksial (tarik, tekan) dengan momen.Dan beban transversal yang bekerja pada balok *vierendeel* dengan tumpuan sederhana menimbulkan momen eksternal dan gaya geser. Maka jika batang tepi dibuat sejajar maka gaya aksial yang bekerja pada batang tepi semakin ke tengah semakin besar, dan luas penampang batang tepi semakin ke tengah semakin besar. Dan semakin panjang batang balok *vierendeel*,semakin besar momen yang bekerja pada struktur. Penampang balok beton vierendeel seperti pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 Penampang balok beton *vierendeel*

Dan semakin tinggi balok maka gaya aksial yang dipikul oleh batang tepi semakin kecil, namun batang transversal menjadi semakin panjang sehingga kebutuhan bahan untuk batang tersebut semakin banyak. Stabilitas struktur tekan perlu mendapat perhatian karena sangat peka terhadap factor-factor yang dapat mengakibatkan tekuk. Karena semakin tinggi balok, maka batang transversal semakin panjang sehingga jika dibebani potensi mengalami tekuk semakin besar karena beban yang dapat menimbulkan tekuk (*Pcr*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat dirumuskan beberapa rumusan masalah sebagai berikut ini.

1. Bagaimana pengaruh variasi kuat desak terhadap lentur dan lendutan pada balok *vierendeel*?
2. Bagaimana perilaku rangka pada beton *vierendeel* untuk suatu perencanaan struktur?
3. Bagaimana pola kerusakan yang dapat terjadi akibat beban lentur yang bekerja pada balok tersebut ?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui :

1. pengaruh variasi kuat desak terhadap beban lentur dan lendutan pada balok *vierendeel*,
2. perilaku rangka pada beton vierendeel untuk suatu perencanaan struktur, dan
3. pola kerusakan yang terjadi karena beban yang bekerja.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dengan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. mengetahi pengaruh variasi kuat desak terhadap beban lentur pada balok *vierendeel*,
2. dapat mengetahui tentang perilaku rangka beton vierendeel pada suatu perencanaan struktur,

3. mengetahui pola kerusakan yang terjadi karena beban yang bekerja,
4. sebagai bahan pertimbangan atau alternatif dalam pembuatan balok beton sebagai salah satu komponen struktur dan,
5. dapat dijadikan sebagai masukan bagi pembaca dan menambah wawasan dan pengetahuan.

1.5 Batasan Masalah

Agar tidak terjadi penyimpangan dalam penulisan laporan penelitian ini dari topik dan tujuan yang telah ditetapkan maka perlu adanya batasan permasalahan sebagai berikut ini.

1. Balok *vierendeel* dibuat dari beton bertulang dengan konstruksi sederhana.
2. Struktur *vierendeel* mempunyai variasi kuat desak dengan mengambil nilai 15, 20, 25,30 MPa dengan masing-masing satu benda uji tiap mutunya.
3. Struktur rangka *vierendeel* terdiri dari pipa tumpuan sederhana dengan rasio tinggi terhadap lebar ($\frac{h}{l}$) konstan.
4. Struktur rangka *vierendeel* mempunyai rasio jarak batang vertikal terhadap tinggi ($\frac{a}{h}$) konstan.
5. Struktur rangka *vierendeel* tidak menggunakan sambungan.
6. Mutu baja tulangan yang digunakan 300 MPa.
7. Nilai slump 10 cm.
8. Pada pengujian balok *vierendeel* digunakan tumpuan sederhana (sendi-rol) dan pada benda uji menggunakan beton bertulang berdimensi 120 x 120 mm, panjang bentang 3000 mm.
9. Metode pengujian dengan mengambil nilai kuat desak dengan acuan SKSNI 1991.
10. Agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton ini berasal dari Adhi Karya (Laboratorium Jalan Raya, Universitas Islam Indonesia).

11. Agregat halus yang digunakan berasal dari Merapi Kaliurang.
12. Semen yang digunakan adalah *Portland Cement* type I dengan merk semen NUSANTARA.
13. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium BKT FTSP UII (air dari PDAM Sleman).
14. Tulangan yang digunakan adalah tulangan polos dengan ∅ 6.5 mm.
15. Sampel untuk pengujian dilakukan setelah 28 hari.
16. Pengolahan data menggunakan *SAP* 2000, ,dan *Microsoft Exel* 2002.

1.6 Metode Penelitian

Metode Penelitian ini secara umum merupakan langkah-langkah penelitian yang dilakukan di laboratorium, dan akan dijelaskan secara rinci pada pembahasan metode penelitian Bab IV.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam suatu penelitian diperlukan sekali adanya pustaka yang sekiranya dapat mendukung suatu pencapaian tujuan penelitian, sehingga akan diperoleh suatu hasil yang akurat dan dapat dijadikan pedoman dalam menyelesaikan permasalahan yaang akan terjadi. Dan Tinjauan Pustaka dapat diambil dari hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, jurnal, makalah, buku-buku, dan via internet.

1.1 Pendahuluan

Dalam *Steel designer's manual* disebutkan bahwa rangka *vierendeel* merupakan suatu konstruksi balok penopang struktur terbuka dengan joint kaku yang terdiri dari sebuah penampang atas dan penampang bawah dengan batang vertikal diantara lubangnya.

McCormac menyebutkan bahwa rangka *vierendeel* sebenarnya bukanlah rangka dalam pengertian umum dan masih membutuhkan momen perlawanan pada joint. Momen tekuk rata-rata pada batang pendek yang berat dapat mendukung beban yang terjadi diatasnya, sehingga meskipun dalam desain dan analisisnya sulit tetapi rangka vierendeel ini merupakan struktur yang mempunyai efisiensi baik .

Menurut *Steel Designer Manual* disebutkan bahwa balok *vierendeel* merupakan struktur statis tak tentu, namun dalam analisa strukturnya dapat disederhanakan menjadi statis tertentu dengan menambahkan beberapa pn yang dimasukan pada setiap panel, karakteristik perilaku struktur dipelihara oleh penempatan pin pada pertengahan bentang dari batang tepi dan pertengahan tinggi batang transversal.

Dalam PADASBAJAYO (1991) disebutkan bahwa Batang tekan (*Compression member*)adalah elemen struktur yang mendukung gaya tekan aksial.

Batang tarik adalah batang yang mendukung tegangan tarik aksial yang diakibatkan oleh bekerjanya gaya tarik aksial pada ujung-ujung batang. Balok adalah elemen struktur yang memikul beban yang tegak lurus dengan sumbu longitudinalnya, sehingga mengakibatkan balok tersebut melentur.

Schuller menyebutkan struktur rangka kaku umumnya berupa grid teratur, terdiri dari balok horizontal dan kolom vertikal yang dihubungkan pada suatu bidang dengan menggunakan sambungan kaku (rigid). Rangka ini penempatannya bisa sebidang dengan dinding interior bangunan, atau sebidang dengan fasade bangunan. Kekakuan yang terjadi pada batang menerus sangan diperluakn untuk menahan gaya-gaya lateral dan aksi gaya vertikal asimetris.

Tim Perencaan Gedung Kuliah FTSP UII (menyebutkan pada balok *vierendeel* tumpuan sederhana yang diberi beban transversal akan bekerja momen / lentur. Kapasitas momen / lentur balok (*bending capacity of beam*) adalah kemampuan balok untuk menahan momen / lentur. Akibat momen balok mengalami tegangan lentur (*banding stress*), akibat gaya geser balok mengalami tegangan geser.

Schodek menyebutkan bahwa batang tekan sangat rawan terhadap stabilitas tekuk (*buckling)*, dimana tekuk adalah suatu ragam kegagalan yang diakibatkan oleh ketidakstabilan suatu elemen struktur yang dipengaruhi oleh aksi beban atau kapasitas pikul beban/kemampuan batang tekan menahan beban tekuk.

BAB III
LANDASAN TEORI

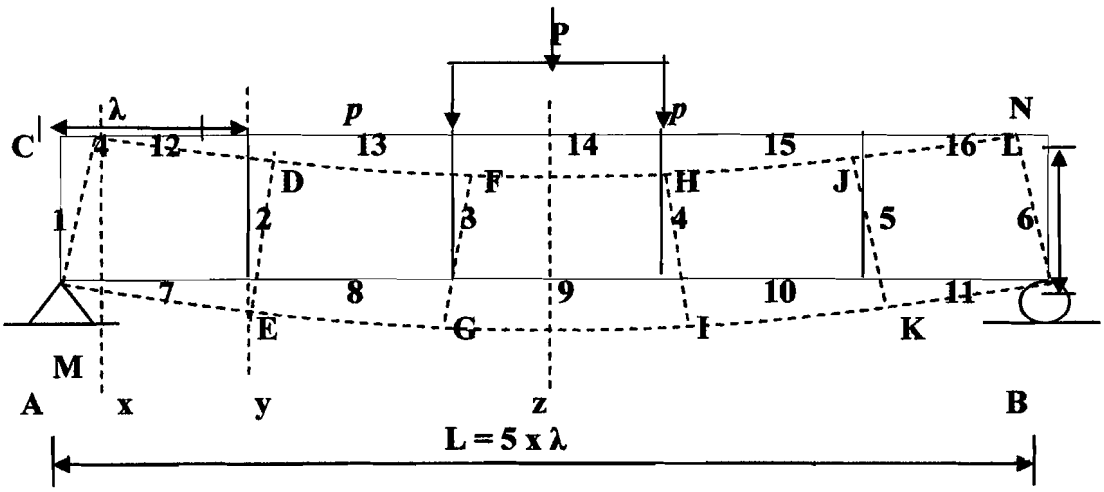
Agar penelitian yang dilakukan tidak menyimpang maka diperlukan adanya suatu landasan teori supaya hasil yang dicapai dapat dipertanggung jawabkan dan disesuaikan dengan teori-teori dan rumus yang biasa digunakan.

3.1. Pendahuluan

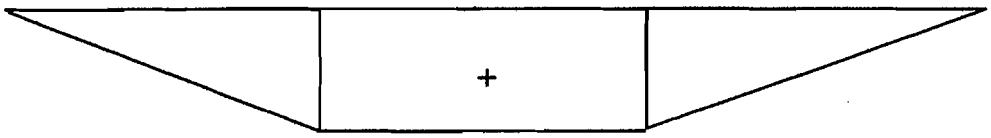
Rangka *vierendeel* merupakan statis tak tentu. Jika balok *vierendeel* sederhana memikul pembebanan eksternal yang tegak lurus sumbu longitudinal, maka pada struktur akan terjadi perlawanan internal berupa momen dan geser. Pada sepertiga bagian tengah bentang yang tidak mengalami geser akan menerima lentur murni sedangkan pada bagian sepertiga bentang yang lain akan menerima geser dan lentur. Instabilitas struktur yang mengalami tekan sangat perlu diperhatikan sedangkan pada batang tarik instabilitas tidak dominan.

Kadir Aboe menyebutkan bahwa jika suatu balok terletak pada dua tumpuan sederhana, menerima beban yang menyebabkan momen lentur, maka akan menimbulkan deformasi lentur di dalam balok tersebut. Pada kejadian momen lentur positif, bagian atas balok akan terjadi regangan tekan dan bagian bawah balok akan terjadi regangan tarik. Regangan-regangan ini akan menimbulkan tegangan tekan di bagian atas dan tegangan tarik dibagian bawah yang harus ditahan oleh balok.

Sedangkan balok beton *vierendeel* sendiri merupakan suatu konstruksi balok yang sederhana, dimana beton bertulang itu sendiri memikul dua gaya yaitu kuat desak dan kuat tarik, dan untuk balok beton kuat desak akan lebih tinggi dari pada kuat tarik. Dan adanya baja tulangan yang digunakan dalam beton ini bertujuan untuk memberikan kuat tarik yang diperlukan.



Gambar 3.1.a. Deformasi lentur akibat beban eksternal

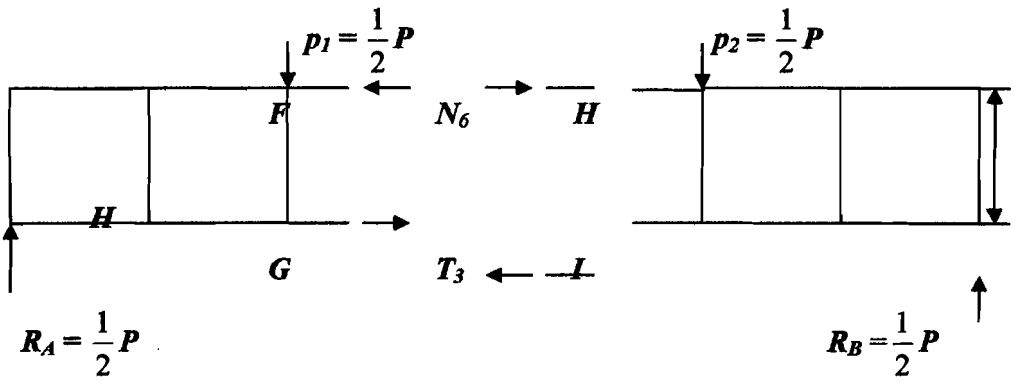


Gambar 3.1.b Diagram momen

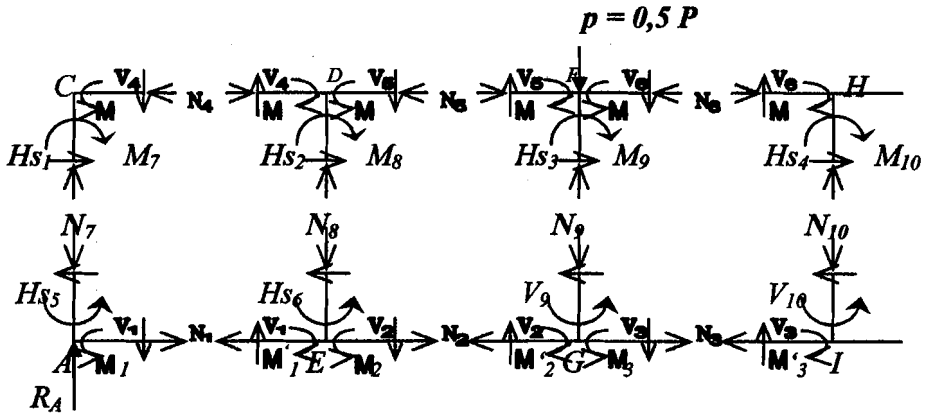
Dari Gambar 3.1 dapat diketahui momen maksimal yang terjadi pada $\frac{1}{3}$ bentang di tengah. Dengan anggapan bahwa :

$$P = \frac{1}{2}P, \text{ maka } R_A = R_B = \frac{1}{2}P.$$

$$\text{Mmaks} = R_A \times 2\lambda = \frac{1}{2}P \qquad (3.1)$$



Gambar 3.2 Reaksi-reaksi pada balok *vierendeel*



Gambar 3.3 Gaya dan Momen pada Balok Vierendeel

Dengan asumsi seperti di atas, bahwa momen maksimum terletak pada 2 λ , maka dari Gambar 3.3 dengan menggunakan kesetimbangan rotasi di titik I didapat gaya batang aksial :

Untuk batang tepi atas (N_6)

$\Sigma M_I = 0$

$$(R_A \times 2\lambda) - (\frac{1}{2} P \times 2 \lambda) - (N_6 \times H) = 0 \qquad (3.2)$$

$$(\frac{3}{2} P \times \lambda) - (\frac{1}{2} P \times \lambda) = N_6 \times H \qquad (3.3)$$

$$N_6 = \frac{P\lambda}{H} \text{ (desak)} \quad (3.4)$$

Untuk tepi bawah *(T3)*

$\Sigma M_H = 0$

$$(R_A \times 3\lambda) - (\frac{1}{2} P \times \lambda) - (T_3 \times H) = 0 \quad (3.5)$$

$$(\frac{3}{2} P \times \lambda) - (\frac{1}{2} P \times \lambda) = (T_3 \times H) \quad (3.6)$$

$$T_3 = \frac{P\lambda}{H} \text{ (tarik)} \quad (3.7)$$

3.2 Analisis Statis Tertentu

Seperti yang telah dikemukakan bahwa balok *vierendeel* merupakan statis tak tentu, dan untuk mengubahnya menjadi statis tertentu tiga simpul yang tidak diketahui harus dihilangkan untuk setiap kolom. Dapat juga melakukan analisis pada struktur rangka *vierendeel* dengan menentukan lokasi titik belok terlebih dahulu, dan lokasi titik belok digunakan untuk menentukan gaya geser, momen lentur dan gaya aksial pada setiap elemen struktur.

Schueller menyebutkan bahwa analisis untuk balok *vierendeel* dapat dllakukan dengan menggunakan metode pendekatan dengan melihat asumsi sebagai berikut:

a. hubungan antara batang vertikal dan batang horisontal adalah kaku sempurna,
b. panjang batang tidak berubah akibat tegangan langsung dan deformasi batang akibat tegangan internal = 0 (pada tiap titik belok di tengah bentang setiap balok dianggap seolah – olah momen = 0), dan
c. titik belok (*point of contrafructure*) terjadi pada pertengahan batang transversal dan batang tepi.

3.3 Tegangan Lentur Pada Balok *Vierendeel*

Dalam elemen struktur batang lentur banyak dijumpai, dan besarnya tegangan lentur (f) pada suatu titik tergantung pada momen eksternal (M) pada rangka tersebut.Besarnya tegangan lentur (f) berbanding lurus dengan jarak (y) lokasi titik yang ditinjau ke sumbu netral balok, tegangan lentur berbanding terbalik dengan besaran penampang (I) dan tegangan dapat ditulis :

$$f = \frac{M \cdot y}{I} \tag{3.8}$$

Dimana :

f = Tegangan lentur

M = Momen Eksternal

I = Momen Inersia

y = Jarak titik yang ditinjau ke sumbu netral

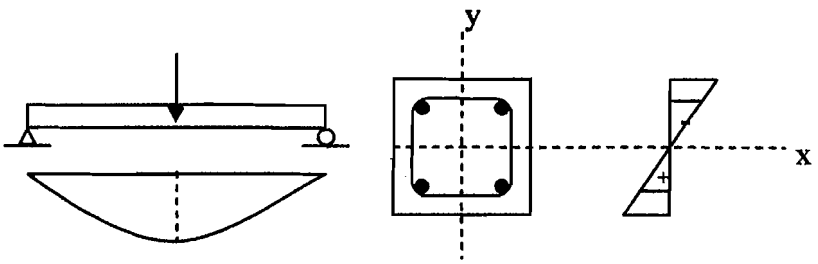
Karena $\frac{I}{y} = S$ (3.9)

Dimana : S = Modulus tampang

Maka persamaan diatas menjadi :

$$f = \frac{M}{S} \tag{3.10}$$

Penampang balok akibat momen akan mengalami lentur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5



Gambar 3.4 Distribusi tegangan lentur balok tampang segi empat

3.4 Batang Tekan pada Balok *Vierendeel*

Pada kasus balok *vierendeel* batang tekan dapat dijumpai sebagai batang tepi atas dan transversal. Semakin panjang batang transversal yang dugunakan maka akan semakin menguntungkan karena batang transversal yang digunakan akan semakin sedikit, tetapi dimensi batang tepi akan menjadi besar. Sedangkan jika batang transversal dibuat tinggi maka batang tepi akan menjadi pendek, tetapi masalah yang timbul kemudian adalah batang transversal menjadi langsing, sehingga perlu dicari rasio yang ideal antara jarak batang transversal terhadap tinggi batang transversal.

Gaya tekan pada balok *vierendeel* dapat dilihat dengan rumus pendekatan :

$$T = C = \frac{M}{h} \tag{3.11}$$

Dimana : M = Beban kritis

C = Gaya tekan yang bekerja

h = Tinggi batang

Seperti yang telah dijelaskan bahwa batang tekan yang panjang akan mengalami kegagalan karena tekuk pada batang, sedangkan batang tekan yang gemuk pendek dapat dibebani sampai materialnya leleh bahkan mungkin hingga mencapai daerah pengerasan regangan (*strain hardening*).

3.5 Batang Tarik pada Balok Vierendeel

Pada balok *vierendeel* batang yang mengalami gaya tarik adalah batang tepi bawah. Apabila suatu batang tarik dibebani gaya aksial maka batang tersebut akan mengalami deformasi/perpanjangan dan tegangan. Deformasi dapat dihitung menggunakan perbandingan tegangan (f) yang ada terhadap regangan (ε) adalah konstanta (tegangan regangan = konstanta = modulus elastisitas (E).

Perpanjangan batang tarik = $\varepsilon = f / A$. Deformasi total $\Delta = \varepsilon.a$ dimana ε = regangan. Untuk mengetahui besarnya beban yang dapat dipikul oleh batang tarik ditentukan dengan persamaan :

$$f = \frac{P}{A} \tag{3.12}$$

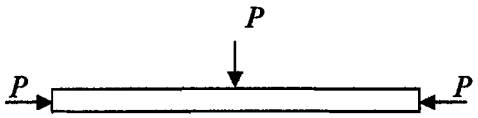
Dimana : f = tegangan (intensitas gaya)

P = gaya aksial

A = luas penampang melintang yang ditinjau

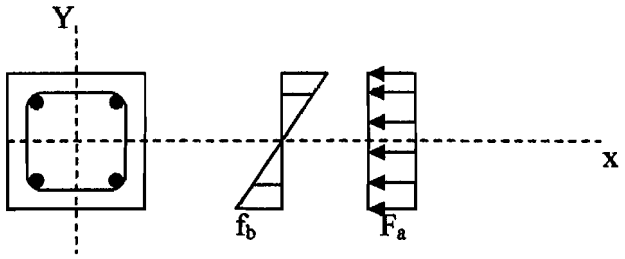
Dari persamaan tersebut dapat diketahui bahwa semakin luas penampang batang maka tegangan tarik yang terjadi semakin kecil, hal ini berarti bahwa semakin panjang batang maka semakin kecil tegangan tarik yang terjadi.

3.6 Kombinasi tekan dan lentur pada balok *vierendeel*



Gambar 3.5 balok-kolom

Dari gambar diatas suatu balok *vierendeel* batang yang mengalami tekan dan lentur terjadi pada batang atas dan batang transversal, dan gaya tekan aksial dan momen lentur yang terjadi



Gambar 3.6 distribusi tegangan pada penampang balok-kolom

Dari Gambar 3.5 dan Gambar 3.6 distribusi tegangan :

Akibat momen lentur

$$f_b = \frac{M.y}{I} \tag{3.13}$$

akibat gaya aksial

$$F_a = \frac{P}{A} \tag{3.14}$$

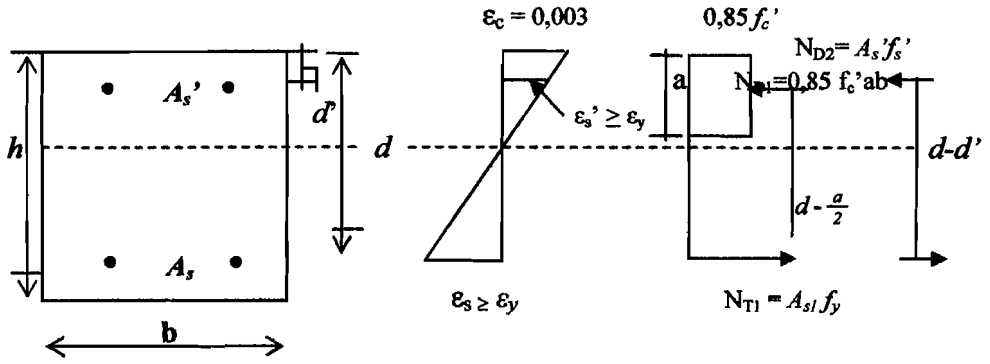
Gabungan dari keduanya disyaratkan tidak boleh lebih dari tegangan ijin beton.

$F_a + f_b \leq$ tegangan ijin

Dalam persamaan lain dapat ditulis sebagai :

$$\frac{fa}{Fa} + \frac{f_{bx}}{F_b} \leq 1 \tag{3.15}$$

Dipohusodo menyebutkan bahwa kapasitas momen nominal balok beton bertulangan rangkap dilakukan dengan terlebih dahulu mengasumsikan tulangan baja tekan (A_s') dan baja tulangan tarik (A_s) telah mencapai regangan luluh ($\varepsilon_s \geq \varepsilon_y$) pada saat regangan tekan beton (ε_c') telah mencapai regangan maksimum sebesar 0,003 seperti tampak pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Diagram analisis balok bertulangan rangkap

Tegangan baja tarik dan baja tekan telah leleh ($f_s = f_s' = f_y$) pada kondisi ini :

$A_s = A_{s1} + A_{s2}$ untuk $A_{s2} = A_s'$

Gaya dalam untuk beton tekan (N_{D1}) :

$$N_{D1} = 0{,}85 f_c' ab \tag{3.16}$$

Gaya dalam baja untuk baja tekan (N_{D2})

$$N_{D2} = A_s' f_y \tag{3.17}$$

Gaya dalam untuk baja tarik (N_T)

$$N_T = A_s f_y \quad (3.18)$$

Persamaan kesimbangan untuk balok tulangan rangkap adalah

$$N_T = N_{D1} + N_{D2} \quad (3.19)$$

Dari persamaan (16), (17) dan (18), maka persamaan (20) dapat diuraikan menjadi

$$A_s f_y = 0{,}85 f_c' ab + A_s' f_y \quad (3.20)$$

Tinggi blok tekan untuk balok normal (a) dapat dihitung dengan persamaan :

$$a = \frac{(As - As')f_y}{0{,}85 f_c' b} \quad (3.21)$$

Jarak garis netral dari serat tekan sisi atas (c) dapat dihitung dengan persamaan :

$$c = a/\beta_1 \quad (3.22)$$

Untuk kontrol asumsi di atas dilakukan dengan pemeriksaan regangan pada baja tulangan tekan (ε_s') dan baja tulangan tarik (ε_s) dengan persamaan ;

$$\varepsilon_s' = 0{,}003 \frac{c - d'}{c} \quad (3.23)$$

$$\varepsilon_s = 0.003 \frac{d - c}{c} \quad (3.24)$$

Jika asumsi awal yang dilakukan dengan pemeriksaan regangan pada baja tulangan tekan ($\varepsilon_s' < \varepsilon_y$), sedangkan baja tarik telah luluh ($\varepsilon_s \geq \varepsilon_y$) pada saat regangan beton mencapai 0,003, maka letak garis netral pada balok normal (c) dihitung dari keseimbangan gaya-gaya horizontal ($\Sigma H = 0$) pada persamaan berikut :

$$N_T = N_{D1} + N_{D2} \quad (3.25)$$

$$A_s f_y = 0{,}85 f_c' ab + A_s' f_s' \quad (3.26)$$

Tinggi daerah tekan balok normal (a) dari tegangan luluh baja tekan (fs') dapat dihitung dengan persamaan :

$$a = \beta c \quad (3.27)$$

$$fs' = \varepsilon_s'.Es = \frac{(c - d')0{,}003}{c} E_s \quad (3.28)$$

Dengan Es = Modulus elastisitas baja = 200.000 MPa

Dari substitusi persamaan (3.27), (3.28) dapat digunakan persamaan :

$$A_s'f_y = 0{,}85bc.f_c'\beta + 0{,}003\ \frac{c-d'}{c} E_sA_s \qquad (3.29)$$

Jika persamaan (3.29) dikalikan dengan c, maka didapat :

$$A_sf_y = 0{,}85bc^2f_c'\beta + 0{,}003\ (c-d')\ E_sA_s'c - 0{,}003.d'\ EsAs' \qquad (3.30)$$

Dari persamaan (3.30) dimasukkan nilai modulus elastis baja (*Es*), sehingga didapat persamaan :

$$0{,}85bc^2f_c'\beta + (600As' - Asfy) - 600d'As' = 0 \qquad (3.31)$$

Kapasitas Momen nominal balok normal Mn dapat dihitung dengan persamaan ;

$$Mn = 0{,}85fc'ab\left(d - \frac{a}{2}\right) + As'fs'(d-d') \qquad (3.32)$$

$$M_R = \emptyset\, M_n \qquad (3.33)$$

$$M_u = M_R \qquad (3.34)$$

Terhadap geser, kapasitas kemampuan beton (tanpa tulangan geser) untuk menahan geser adalah :

$$Vc = \frac{1}{6}\sqrt{fc'}\ bw.d \qquad (3.35)$$

3.7 Kombinasi tarik dan lentur pada balok *vierendeel*

Pada balok mendukung tegangan tarik aksial yang diakibatkan *vierendeel* batang yang oleh gaya tarik aksial yang bekerja pada ujung-ujung batang dan memikul beban transversal secara bersamaan dan disebut sebagai batang yang mengalami kombinasi tarik-lentur.Tegangan lentur yang terjadi berinteraksi dengan tegangan tarik akibat beban normal, akan mengurangi kekuatan ultimit batang tarik. Batang tarik itu sendiri merupakan batang yang bersifat efisien karena tidak menyebabkan tekuk dan tegangannya bersifat merata.

Persamaan yang dapat digunakan dalam menghitung tegangan maksimum yang terjadi pada batang adalah :

$$(f)\text{max} = \frac{M.c}{I} \qquad (3.36)$$

→ (I/y) disebut juga sebagai modulus potongan (S), sehingga persamaan dapat ditulis dalam bentuk :

$$fb = \pm\frac{M}{S} \tag{3.37}$$

Persamaan untuk menghitung tegangan pada batang yang mengalami tarik aksial adalah :

$$f = \frac{P}{A} \tag{3.38}$$

Sehingga persamaan akhir batang yang mengalami kombinasi tarik aksial dan lentur adalah :

$$f = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{S} \tag{3.39}$$

Dimana f = tegangan pada serat yang ditinjau

M = momen lentur

C = jarak serat yang ditinjau

I = momen inersia

A = luas netto

S = modulus tampang

Dengan rumus diatas akan menghasilkan kombinasi tegangan tarik dan lentur yang kecil apabila modulus tampang pada batang kecil.

Dalam perencanaan lebih baik kita mnggunakan tulangan kurang, karena kegagalan ini akan diawali dengan lelehnya baja tulangan tarik yang berlangsung secara perlahan, sehingga memberikan tanda-tanda keruntuhan untuk itu. Maka dari itu SK SNI T-15-1991-03 menetapkan bahwa rasio penulangan maksimal (ρ_{maks}) = 0,75 rasio penulangan seimbang (ρ_b) dan rasio minimum :

$$\rho_{min} = \frac{1{,}4}{f_y} \tag{3.40}$$

Dimana :

$$\rho_b = \frac{0{,}85fc}{fy}\beta_1\frac{600}{600+fy} \tag{3.41}$$

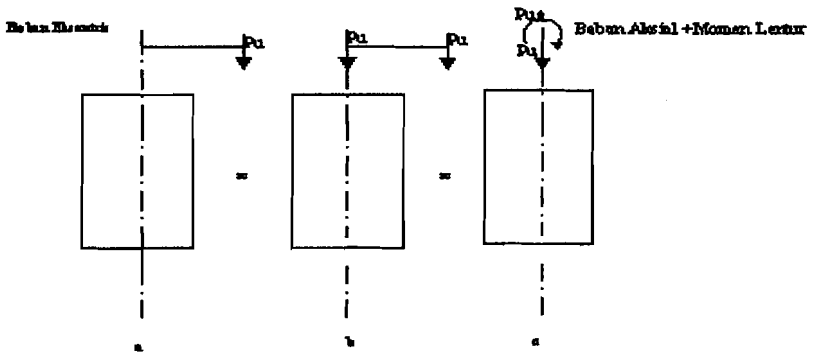
3.8 Dukungan Lateral

Dipohusodo menyebutkan bahwa pada suatu struktur rangka, dukungan lateral dapat diasumsikan sebagai kolom. Kolom merupakan komponen struktur yang menerima beban aksial tekan. Salah satu yang mempengaruhi kekuatan kolom adalah kelangsingan. Semakin langsing atau semakin panjang kolom, kekuatan penampangnya akan berkurang bersamaan dengan timbulnya masalah tekuk yang dihadapi.

Menurut SK SNI T-15-1991-03 definisi kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dan momen lentur. Kolom sendiri menempati posisi yang penting dalam sistem struktur bangunan, kegagalan suatu kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya.

Hubungan antara beban aksial dan momen apabila ada beban *Pu* yang bekerja pada penampang kolom berjarak *e* terhadap sumbu, seperti pada Gambar a) akibat yang ditimbulkan akan sama dengan apabila suatu pasangan yang terdiri dari gaya beban aksial *Pu* pada sumbu dan momen *Mu* = *Pu.e* bekerja serentak bersama-sama seperti Gambar c), dengan demikian dapat disimpulkan bahwa apabila suatu pasangan momen rencana terfaktor *Mu* dan beban rencana terfaktor *Pu* bekerja bersama-sama pada suatu komponen struktur tekan, hubungannya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$e = \frac{Mu}{Pu} \tag{3.42}$$



Gambar 3.8 Hubungan beban aksial dan momen

Untuk suatu penampang tertentu, hubungan tersebut diatas bernilai konstan dan memberikan kombinasi beban lentur dan beban aksial. Apabila diinginkan eksentrisitas yang semakin besar, beban aksial *Pu* harus berkurang sampai suatu nilai sedemikian rupa sehingga kolom tetap mampu menopang kedua beban, beban aksial *Pu* dan momen *Pue*.

Dengan demikian kekuatan suatu penampang kolom dapat diperhitungkan terhadap banyak kemungkinan kombinasi pasangan beban aksial dan momen.

Kuat lentur penampang kolom dapat direncanakan untuk beberapa kemungkinan kuat beban aksial yang berbeda, dengan masing-masing mempunyai pasangan kuat momen tersendiri. Namun demikian, mekanisme tersebut tetap harus menyesuaikan dengan ketentuan (SK SNI T-15-1991-03), mengenai batas maksimum beban aksial kolom *Pn (maks)*.

Perencaaan kolom beton bertulang pada hakekatnya menentukan dimensi serta ukuran-ukuran baik beton maupun batang tulangan baja. Karena rasio luas penulangan terhadap beton (ρ_g) harus berada dalam batas nilai $0{,}01 \leq \rho_g \leq 0{,}08$, maka kapasitas beban aksial nominal kolom untuk kolom dengan pengikat sengkang :

$$P_{n(max)} = 0{,}8\,[0{,}85fc'(Ag - Ast) + Ast.fy] \qquad (3.43)$$

Dengan :

$$\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g} \qquad (3.44)$$

Sehingga :

$$Ast = \rho_g A_g \qquad (3.45)$$

Maka didapat :

$$P_{n(max)} = 0{,}8\,[0{,}85fc'(Ag - \rho_g A_g) + \rho_g A_g.fy] \qquad (3.46)$$

Prinsip-prinsip pada balok mengenai distribusi tegangan dan blok tegangan segiempat ekivalensinya dapat diterapkan juga pada kolom seperti terlihat pada Gambar 3.4

Untuk gaya aksial nominal (*Pn*) dalam keadaan runtuh

$$Pn = N_{D1} + N_{D2} - N_T \qquad (3.47)$$

Dari persamaan (16), (17), (18), maka *Pn* menjadi :

$$Pn = 0{,}85\, f_c'ab + A_s' f_y - A_s f_y \tag{3.48}$$

$$Pu = 1{,}2\, Pd + 1{,}6\, Pl \tag{3.49}$$

3.9 Hubungan Beban dan Deformasi

Pada balok yang melentur akibat menahan beban akan terjadi lendutan, besarnya lendutan yang terjadi dapat dihitung dengan menggunakan beberapa metode salah satunya adalah metode integrasi ganda.

$$EIy = \iint M dx + c_1 + c_2 \tag{3.50}$$

Dengan demikian apabila kurva lendutan didefinisikan sebagai y-y(x), maka:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\left(\frac{d^2y}{dx^2}\right)}{\left((1+(dy/dx)^2\right)^{3/2}}, \tag{3.51}$$

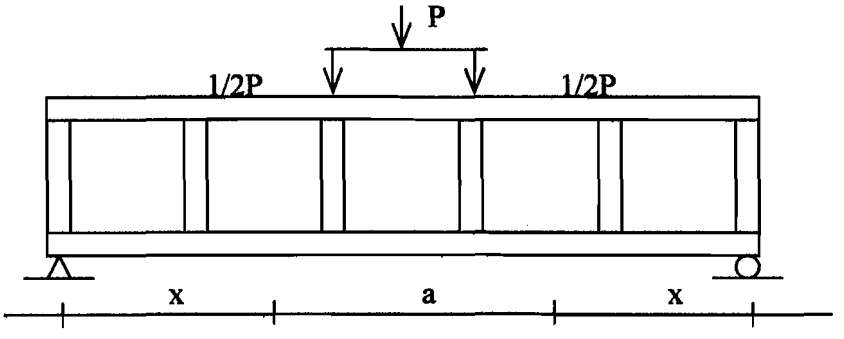
dy/dx adalah kemiringan elemen struktur di suatu titik. Untuk lendutan kecil, kuadrat suku ini dapat diabaikan. Dengan demikian :

$$\frac{1}{\rho} = \frac{d^2y}{dx^2} \tag{3.52}$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M}{EI} \; atau \; \frac{d^2y}{dx^2} = M \tag{3.53}$$

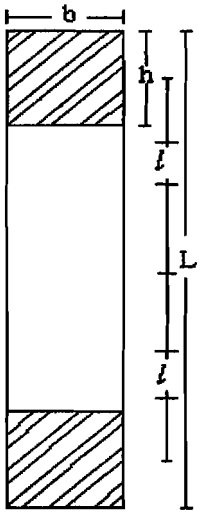
$$EI\frac{dy}{dx} = \int M dx + c \tag{3.54}$$

$$EIy = \iint M dx + c_1 + c_2 \tag{3.55}$$

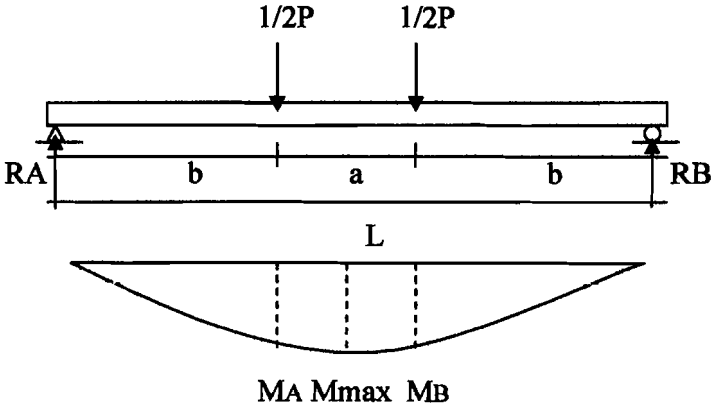


Gambar 3.9 Pembebanan pada balok *vierendeel*

Hubungan beban-deformasi teorotis dimana pada analisa balok beton *vierendeel* dianggap sebagai suatu elemen balok, yang memiliki tampang seperti pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Tampang potongan balok *vierendeel*



Gambar 3. 11 Reaksi dan momen pada tampang memanjang balok

Mencari momen:

$$R_A = \frac{1}{2}P \tag{3.56}$$

$$R_A = R_B \tag{3.57}$$

$$M_{max} = M_A = M_B \tag{3.58}$$

$$M_A = \frac{1}{2} P \times a \tag{3.59}$$

Lendutan ditengah bentang akibat beban titik :

$$\Delta = \frac{P \times a}{24EI} \times [3l^2 - 4a^2] \tag{3.60}$$

Lendutan pada jarak x dari tepi balok:

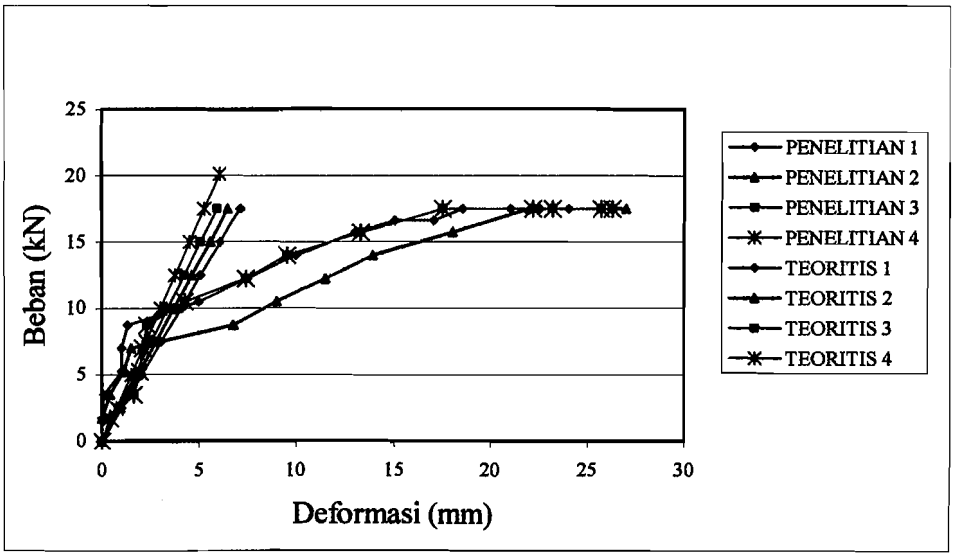
$$\Delta = \left[\frac{P \times x}{6EI} \times [3la - 3a^2 - x^2] \right] \tag{3.61}$$

Dimana:

$$E = 4700 \times \sqrt{f'c} \tag{3.62}$$

Dari gambar 3.13 dapat dihitung Inersia pergeseran tampang dengan rumus:

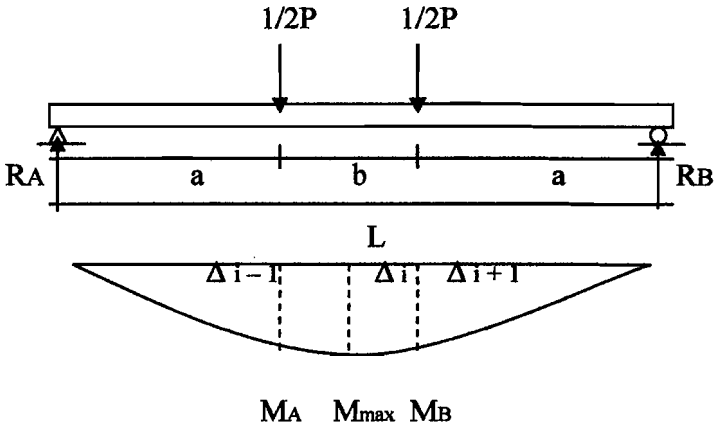
$$I = \left[\frac{1}{12} bh^3 + bh \times l^2 \right] \times 2 \tag{3.63}$$



Gambar 3.12 Grafik hubungan beban-deformasi

3.10 Hubungan Momen dan Kelengkungan

Balok adalah salah satu diantara elemen-elemen struktur yang paling banyak dijumpai pada setiap struktur. Momen lentur timbul pada balok sebagai akibat adanya beban pada balok. Apabila balok *vierendeel* dengan tumpuan sederhana seperti pada Gambar 3.13 mengalami dua beban transversal terpusat simetris, balok akan melentur atau mengalami defleksi.



Gambar 3.13 Defleksi pada balok vierendeel

Persamaaan yang didapatkan dari gambar tersebut seperti dibawah ini:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2\Delta x} \tag{3.64}$$

Persamaan tersebut dapat diturunkan menjadi :

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{(2\Delta_x)\frac{d}{dx}(y_{i+1} - y_{i-1}) - (y_{i+1} - y_{i-1})\frac{d}{dx}(2\Delta_x)}{(2\Delta_x)^2} \tag{3.65}$$

karena (2Δx) adalah konstanta maka

$$\frac{dy}{dx}(2\Delta_x) = 0 \tag{3.66}$$

sehingga persamaan menjadi :

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{(2\Delta_x)\frac{d}{dx}(y_{i+1} - y_{i-1})}{(2\Delta_x)^2} \tag{3.67}$$

maka dari persamaan tersebut didapatkan:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{y_{i+2} - 2y_i + y_{i-1}}{(2\Delta_x)^2} \tag{3.68}$$

Persamaan disederhanakan menjadi :

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{(\Delta_x)^2} \tag{3.69}$$

Persamaan differensial untuk balok elastis adalah :

$$\frac{dy}{dx} = \phi = \frac{M}{EI} \tag{3.70}$$

$$M = EI\phi \tag{3.71}$$

maka persamaan dapat ditulis menjadi persamaan :

$$M = EI.\frac{d^2y}{dx^2} \tag{3.72}$$

Kelengkungan teoritis dicari dengan rumus:

$$\varphi = \frac{\Delta_{i-1} - 2\Delta + \Delta_{i+1}}{l^2} \tag{3.73}$$

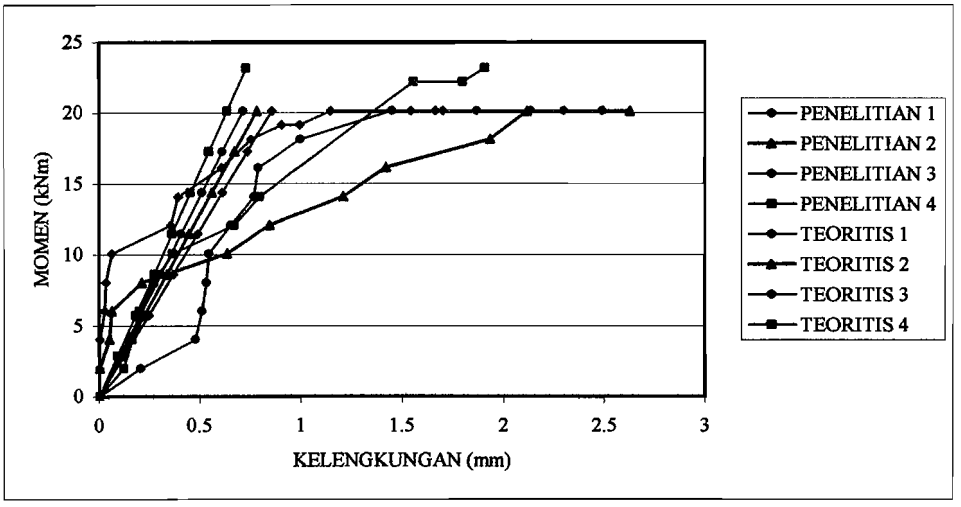
Dimana:

$$E = 4700 \times \sqrt{f'c} \tag{3.74}$$

Dari gambar 3.13 dapat dihitung Inersia pergeseran tampang dengan rumus:

$$I = \left[\frac{1}{12}bh^3 + bh \times l^2\right] \times 2 \tag{3.75}$$

Hubungan momen (M) dan kelengkungan (ϕ) ditunjukan pada gambar 3.14.



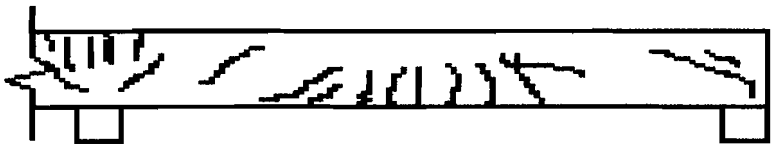
Gambar 3.14 Grafik hubungan Momen-Kelengkungan

3.11 Pola kerusakan dan Gaya aksial Momen (Diagram Mn-Pn)

Nawy menyebutkan kekuatan tarik beton besarnya sepersepuluh dari kekuatan tekannya. Karena kecilnya kekuatan tarik beton menyebabkan timbulnya retak diagonal sepanjang bidang yang tegaklurus terhadap bidang tegangan tarik utama,dengan demikian disebut retak tarik diagonal.

3.11.1 Ragam kegagalan balok tanpa penulangan tarik diagonal

Kelangsingan balok merupakan perbandingan antara bentang bersih dan tinggi balok. Gambar 3.15 adalah pola keruntuhan secara skematis.untuk beban terdistribusi bentang gesernya sama dengan bentang bersih balok, dan pada dasarnya pada suatu balok dapat terjadi tiga ragam keruntuhan atau kombinasinya yaitu keruntuhan lentur, keruntuhan tarik diagonal, dan keruntuhan tekan akibat geser. Untuk balok yang semakin langsing kecenderungan ragam keruntuhan adalah lentur.



Gambar 3.15 Kategori retak

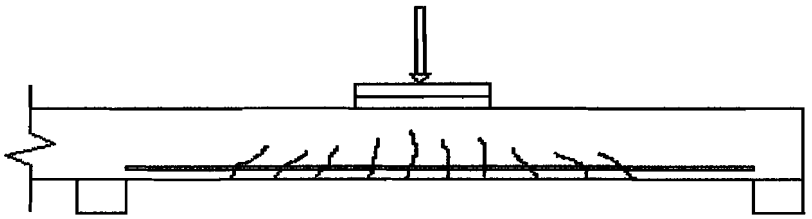
3.11.2 Keruntuhan lentur

Pada daerah yang mengalami keruntuhan lentur, retakan terjadi terutama pada sepertiga tengah bentang, dan tegak lurus terhadap tegangan utama. Retak ini disebabkan oleh tegangan geser yang sangat kecil dan tegangan lentur yang sangat dominan yang besarnya hampir mendekati tegangan utama horizontal. Dalam keadaaan runtuh lentur demikian, beberapa retak halus berarah vertikal terjadi didaerah tengah bentang.

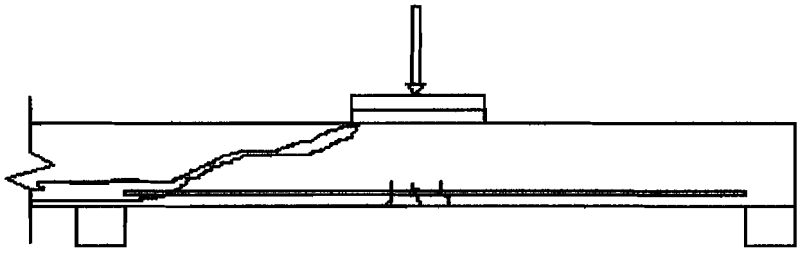
Dan apabila beban bertambah terus maka retak-retak ditengah bentang bertambah, dan retak awal yang sudah terjadi akan semakin lebar dan semakin panjang menuju sumbu netral penampang. Hal ini bersamaan dengan semakin besarnya lendutan ditengah bentang. Jika balok tersebut under reinforced maka keruntuhan ini merupakan keruntuhan yang daktail yang ditandai dahulu dengan lelehnya tulangan tarik. Perilaku ini memberikan peringatan terlebih dahulu kepada pemakai bangunan sebelum terjadinya kehancuran total balok (collapse).

3.11.3 Keruntuhan tarik diagonal

Keruntuhan ini dapat terjadiapabila kekuatan balok dalam diagonal tarik lebih kecil daripada kekuatan lenturnya. Reta-retak mulai terjadi di tengah bentang,berarah vertikal,yang berupa retak halus dan dikibatkan oleh lentur. Hal ini diikuti pula dengan rusaknya lekatan antara baja tulangan dengan beton disekitarnya, pada perletakan. Untuk mencapai kestabilan satu retak diagonal ini melebar kedalam retak tarik diagonal utama, dan diperlihatkan dalam gambar 3.16 dan 3.17.



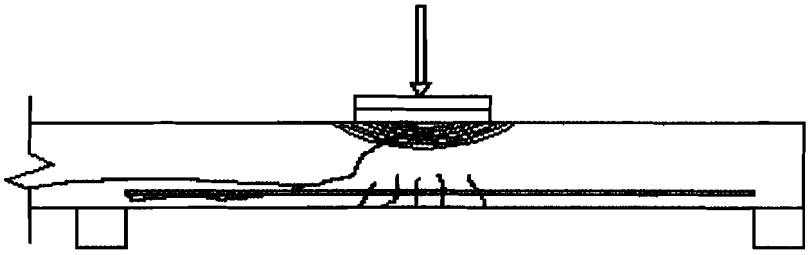
Gambar 3.16 Pola keretakan tarik diagonal



Gambar 3.17 Pola keretakan tarik diagonal

3.11.4 Keruntuhan tekan geser

Balok-balok yang mengalami keruntuhan demikian mempunyai perbandingan antara bentang geser dengan tinggi penampang a/d sebesar 1 sampai 2,5 untuk beban terpusat dan kurang dari 5 untuk beban terdistribusi. Seperti pada tarik diagonal keruntuhan ini dimulai dengan timbulnnya retak halus vertikal ditengah bentang dan tidak terus menjalar, karena terjadinya kehilangan lekatan antara tulangan membujur dengan beton disekitarnya pada daerah perletakan. Pola tersebut dapat dilihat pada gambar 3.18



Gambar 3.18 Pola keretakan tekan geser

3.12 Beton

Beton dicampur dengan mencampur *PC*, Agregat halus dan kasar, Air dengan atau tanpa bahan tambahan dengan volume yang telah ditentukan. Agregat halus dan kasar disebut sebagai bahan susun kasar dan merupakan komponen utama beton, dengan persen volume ± 70 %.

Mutu beton sendiri ditentukan berdasarkan kuat tekannya, sesuai dengan mutu beton yang hendak dicapai, sedangkan nilai kekuatan serta daya tahan beton merupakan fungsi dari banyak faktor antara lain komposisi dan mutu bahan beton, pelaksanaan pengecoran, pemadatan, temperature dan perawatan beton.

Kuat tekan beton diwakili oeh tegangan tekan maksimum *f'c* dengan satuan Mpa (Mega Pascal). Nilai kuat tekan beton diperoleh melalui uji tekan standar, dengan menggunakan mesin uji yang memberikan beban yang meningkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji.

Nilai *f'c* adalah bukan tegangan saat benda uji hancur, tetapi tegangan maksimum dan umumnya terjadi pada saat regangan desak beton $\varepsilon c' = \pm 0.002$. Nilai *f'c* akan turun dengan bertambahnya regangan sampai benda uji hancur pada $\varepsilon c' = 0.0030 - 0.005$. Dalam SK-SNI ditetapkan nilai regangan desak hancur beton $\varepsilon cu' = 0.003$.Menurut SK-SNI benda uji berupa silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, dengan nilai konversi 1,00.

Penetapan nilai Modulus Elastisitas Beton (*Ec*), digunakan rumus empiris yang menyertakan kerapatan (*density*) / berat beton, dan menurut SK-SNI:

$$E = 4700 \times \sqrt{f'c}$$

Dimana : E = modulus elastisitas beton tekan (MPa)

$f'c$ = kuat tekan beton (MPa)

3.12.1 Semen Portland

Semen Portland merupakan bahan ikat yang penting dan banyak dipakai dalam pembangunan fisik. Di dunia sebenarnya terdapat berbagai macam semen dan tiap macamnya digunakan untuk kondisi-kondisi tertentu sesuai dengan

sifatnya yang khusus. Suatu semen jika diaduk dengan air akan terbentuk pasta semen, sedangkan jika diaduk dengan air dan ditambah pasir akan menjadi mortar semen, dan jika ditambah lagi dengan kerikil/ batu pecah maka disebut beton. Bahan-bahan tersebut dapat dikelompokan menjadi dua kelompok yaitu bahan pasif dan bahan aktif. Bahan aktif adalah semen dan air sedangkan yang pasif yaitu pasir dan kerikil , dimana kelompok pasif merupakan bahan pengisi, dan kelompok aktif disebut perekat/pengikat.

Fungsi semen sendiri adalah merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/ padat, dan mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Walaupun semen hanya mengisi 10% saja dari volume beton, namun semen merupakan bahan yang aktif dan merupakan salah satu faktor penting dalam campuran beton

3.12.2 Agregat (Pasir dan Kerikil)

Pengaruh kekuatan agregat terhadap kekuatan beton sebenarnya tidak begitu basar karena umunya kekuatan agregat lebih tingg dari pada pastanya. Meskipun demikian bila diinginkan kekuatan beton yang tinggi diperlukan juga agregat yang kuat agar kekuatannya tidak lebih rendah dari pastanya.Dan sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah kekasaran permukaan dan ukuran maksimumnya.

Permukaan yang halus pada kerikil dan kasar pada batu pecah berpengaruh pada lekatan dan besar tegangan saat retak-retak beton mulai terbentuk. Besar ukuran maksimum agregat mempengaruhi kuat tekan betonnya.

3.12.3 Air

Air merupakan bahan dasar penting untuk pembuatan beton, air diperlukan untuk bereaksi dengan semen serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Secara umum air yang dapat dipakai untuk bahan pencampur beton adalah air yang bial dipakai akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90 % kekuatan beton yang

memakai air suling. Kekuatan beton dan daya tahannya akan berkurang jika air banyak mengandung kotoran.Pengaruh pada beton diantaranya pada lamanya waktu ikatan awal adukan beton, serta kekuatan betonnya setelah mengeras.

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

3.12. Hipotesis

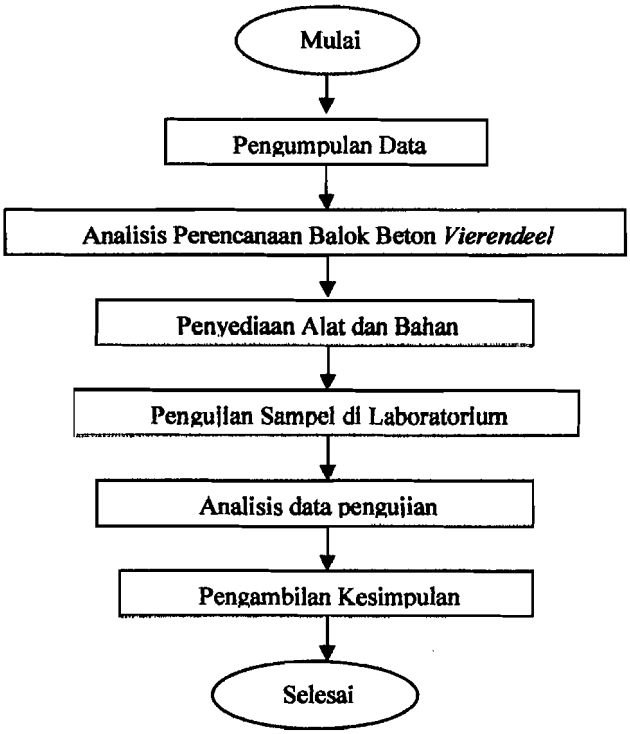
Berdasarkan tinjauan pustaka dan landasan teori maka, akibat pembebanan terpusat balok vierendeel akan mengalami deformasi, beban deformasi dipengaruhi oleh beban *(P)* dan panjang bentang *(L)* serta nilai elastisitas beton*(E)*. Semakin besar *P* maka deformasi semakin besar sehingga semakin ke tengah bentang deformasinya semakin besar. Semakin jauh jarak batang transversal deformasinya juga semakin besar dan sebaliknya. Demikian juga pada pembebanan konstan dengan kenaikan variasi kuat desak, dimana semakin besar kuat desak maka momen akan semakin kecil karena, kelengkungan merupakan fungsi dari momen *(M)* per satuan kekakuan *(EI)*.

BAB IV
METODOLOGI PENELITIAN

Dalam suatu penelitian diperlukan adanya metodologi penelitian supaya penelitian dapat berjalan sesuai dengan rencana.

4.1 Metode Penelitian

Metode penelitian adalah suatu urutan pelaksanaan dari sebuah penelitian untuk mencari hasil dan jawaban terhadap permasalahan yang dikerjakan dalam Tugas Akhir ini. Adapun secara garis besar urutan penelitian seperti terlihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Flowcart Metode Penelitian

4.2 Bahan dan Alat

Agar penelitian dapat berjalan dengan baik maka sangat diperlukan adanya bahan dan peralatan yang mendukung, agar maksud dan tujuan dari penelitian dapat tercapai.

4.2.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen, air, agregat kasar, agregat halus, dan baja tulangan.

1. Semen

   Semen yang akan digunakan dalam membuat campuran beton untuk penelitian ini adalah memakai *Portland Cement* type 1 merk semen NUSANTARA.

2. Air

   Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air dari Laboratorium BKT FTSP UII (air dari PDAM Sleman).

3. Agregat Kasar

   Kerikil yang digunakan berasal dari Adhi Karya, diperoleh dari Laboratorium Jalan Raya, agregat yang dipakai berdiameter ± 10 mm.

4. Agregat Halus

   Pasir yang digunakan berasal dari merapi kaliurang.

5. Tulangan

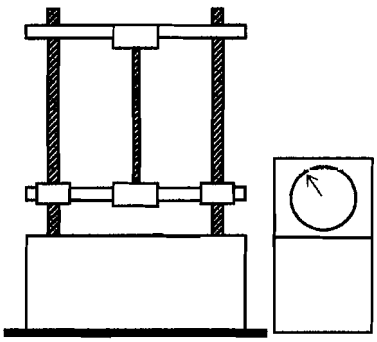
   Diameter tulangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ∅ 6,5 mm.

4.2.2 Peralatan

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah Mesin Uji Tarik, Hidraulic Jack, Dial Gauge, dan loading Frame.

1. Mesin Uji Kuat Tarik

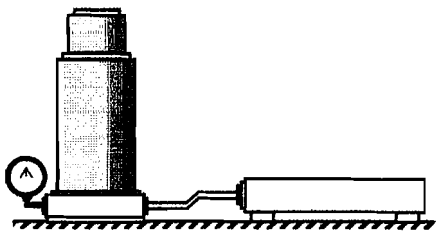
   Alat ini digunakan untuk mengetahui besarnya kuat tarik, dan pada penelitian ini menggunakan Universal Testing Material (UTM) Merk *Shimatsu* type UMH 30, kapasitas 30 Ton seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Mesin Uji Kuat Tarik merk *Shimatsu*

2. *Hidraulic Jack*

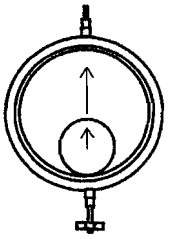
   Alat ini digunakan untuk memberikan pembebanan pada pengujian terpusat (P) yang mempunyai kapasitas maksimum 30 ton dengan ketelitian sebesar 0,25 ton, seperti pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 *Hidraulic Jack*

3. *Dial Gauge*

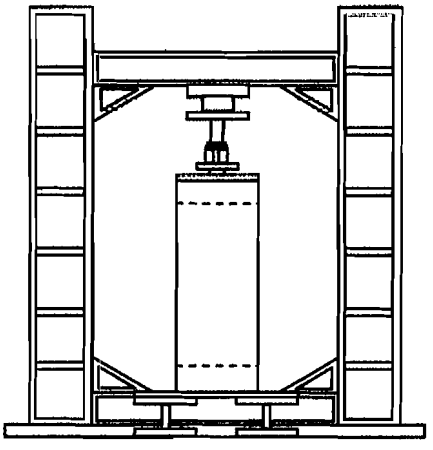
Dial Gauge merupakan alat yang digunakan untuk mengukur besar lendutan yang terjadi dengan kapasitas lendutan maksimum 50 mm, dan ketelitian pembacaan dial 0,01 mm, seperti pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 *Dial Gauge*

4. *Loading Frame*

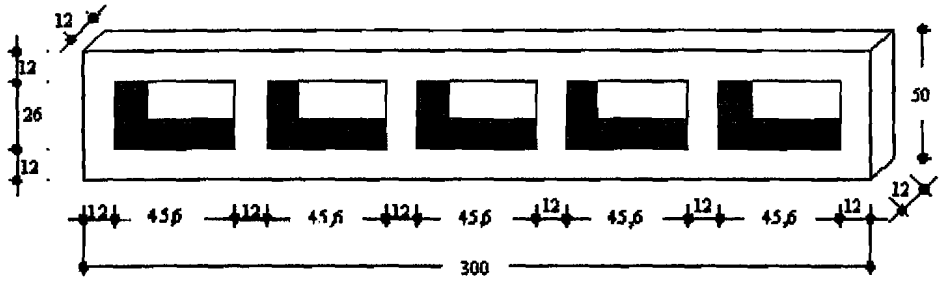
Loading Frame dipakai untuk pengujian pembebanan, dimana terbuat dari baja profil WF 450 x 200 x 9 x 14. Berupa portal segi empat yang berdiri diatas lantai beton dengan perantara pelat dasar dari besi dengan tebal 14 mm. Untuk menjaga kestabilan plat tersebut maka plat dasar dibaut ke lantai dan kedua kolomnya dihubungkan oleh balok WF 450 x 200 x 9 x 14, seperti pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 *Loading Frame*

4.3 Model Benda Uji

Pada penelitian ini sample yang akan diuji berupa balok vierendeel beton dengan H dan λ/H adalah konstan, dengan variasi kuat desak adapun dimensi benda uji seperti terlihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Model Benda Uji

4.4 Pelaksanaan Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian dibagi menjadi 2 tahap, yaitu pembuatan benda uji dan pengujian.

4.4.1 Pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji meliputi pembuatan benda uji kuat tarik baja, pembuatan benda uji kuat desak beton, dan pembuatan benda uji balok beton *vierendeel*.

1. Pembuatan benda uji kuat tarik baja
   Baja tulangan dipotong sepanjang 50 cm, kemudian diukur diameternya menggunakan kaliper.
2. Pembuatan benda uji kuat desak beton
   Sampel berupa silinder beton,dan benda uji dibuat 4 buah dengan mengambil nilai *f'c* yang berbeda pada tiap sampelnya.
3. Pembuatan benda uji balok beton vierendeel

Balok beton *vierendeel* merupakan balok dari campuran beton dengan baja tulangan berdiameter 8 mm, perbandingan *a/h* konstan dengan panjang benda uji 300 cm, seperti pada Gambar 4.6.

4.4.2 Tahapan Pengujian

Adapun tahapan pengujian adalah pengujian kuat tarik baja, pengujian kuat desak beton, dan pengujian benda uji balok beton *vierendeel.*

1. **Pengujian kuat tarik baja**

   Pegujian kuat tarik baja dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Pada pengujian ini besarnya tegangan leleh, tegangan maksimum dan kondisi saat baja tersebut telah patah dapat dilihat dalam grafik yang ada pada Mesin Uji Tarik Baja, dan dari pengujian ini akan didapatkan nilai *Fy* dengan mengambil nilai rata-rata dari pencatatan saat pegujian.

2. **Pengujian kuat desak beton**

   Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sampel beton sudah memenuhi syarat yang ditentukan. Pengujian ini dilakukan dengan membuat sampel dari silinder beton, adapun mesin benda uji yang digunakan adalah mesin desak merk " *Controls Miland Italy.*" Secara rinci pegujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

   a. sampel benda uji dibuat 4 buah dengan mengambil nilai *f'c* yang berbeda dengan spesifikasi yang telah ditetapkan,
   b. untuk silinder beton pengujian dilakukan setelah beton berusia 28 hari,
   c. pencatatan awal (*lo*) pada *ekstensometer* kemudian dipasang pada mesin desak. mesin dihidupkan bersamaan dengan stopwatch sebagai pengukur waktu,
   d. pada setiap pembebanan 10 kN dicatat pembacaan pada ekstensometer, setelah mencapai ± ¾ dari beban mematah,

ekstensometer dilepas kemudian benda uji tersebut didesak sampai benda uji pecah/ beban maksimum,dan

e. lalu diambil kesimpulan dari pengujian tersebut, apakah beton dari benda uji tersebut sudah memenuhi syarat atau belum.

3. Pengujian benda uji balok beton *vierendeel*

Tahapan pengujian meliputi persiapan alat dan pengujian benda uji balok beton *vierendeel.*

3.1 Persiapan Peralatan

Tahapan persiapan peralatan untuk pengujian sebagai berikut:

1. *setting* terhadap alat yang akan digunakan,
2. dukungan sendi-rol diletakan pada loading frame (gambar 4.5) yang digunakan untuk menumpu benda uji dengan panjang 3 m,
3. *hidraulic jack* (gambar 4.3) diletakan pada tumpuan yang berfungsi sebagai pembagi beban agar diperoleh dua pusat beban yang membebani benda uji,
4. *dial gauge* (gambar 4.4) diletakan dibawah benda uji. dial gauge yang digunakan sebanyak 3 buah yang diletakan pada jarak 0,864 m, perletakan dial gauge pada benda uji dapat dilihat pada Gambar 4.7 .

3.2 Pegujian Benda Uji Balok Beton *Vierendeel*

Dalam pelaksanaan pengujian yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Rekayasa dengan cara sebagai berikut :

1. benda uji yang sudah di *setting* siap diuji. *hidraulic jack* dipompa untuk mendapatkan beban yang bertahap yang dinaikan secara berangsur-angsur dengan interval 3.5 kN, dimulai dari pembebanan 0 kNsampai beban maksimum,

2. setiap pembebanan mencapai 3.5 kN, pemompaan *hydraulic jack* dihentikan dan ditahan kemudian pembacaan dan pencatatan dial gauge,*dan*
3. proses dilakukan sampai dengan pembebanan maksimum.

4.6 Rencana Jadwal Penelitian

Adapun rencana jadwal penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. persiapan, meliputi pengumpulan data, penyusunan proposal dan seminat tugas akhir,
2. pelaksanaan penelitian di laboratorium,dan
3. penyusunan laporan hasil penelitian, meliputi analysis, penyusunan dan konsultasi Dosen Pembimbing.

BAB V
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Adapun pada Bab V ini akan dibahas mengenai hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan dan pembahasannya, meliputi pengujian kuat tarik baja, kuat desak beton, dan pengujian kuat lentur *vierendeel.*

5.1 Uji Kuat Tarik Baja

Adapun dalam uji kuat tarik baja ini akan dijelaskan mengenai hasil dan pembahasan dari pengujian

5.1.1 Hasil Uji Kuat Tarik Baja

Pengujian kuat tarik baja yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia merupakan pengujian terhadap kuat tarik baja tulangan polos diameter 6,5 mm, untuk pengujian ini digunakan baja tulangan dengan panjang 50 cm. Hasil dari pengujian kuat tarik baja dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil pengujian kuat tarik baja

Sampel	Diameter	Luas tampang	Teg.Leleh	Teg. Max	Putus	*fy* (Mpa)	*Fu* (Mpa)
1	0,66	0,341946	1060	1580	1220	309,99	462,0613
2	0,61	0,2920985	1120	1580	1220	383,432	540,9134
3	0,66	0,341946	1070	1540	1240	312,915	450,3635
					Rata-rata	335,446	484,4461

Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa kualitas baja yang dipakai sebagai tulangan pada benda uji balok *Vierendeel* beton, dimana Kuat tarik (*Fu*) dari sampel uji tarik baja adalah sebesar 480 MPa dan tegangan leleh (*Fy*) adalah 335 MPa. Hasil pengujian kuat tarik baja tulangan disajikan dalam lampiran 3.

5.1.2 Pembahasan Hasil Uji Kuat Tarik Baja

Pada umumnya besar tegangan leleh baja (*Fy*) adalah 60% dari kuat tariknya (*Fu*). Berdasarkan peraturan perencanaan bangunan baja indonesia (PPBBI) 1983 dan hasil uji kuat tarik baja yang dilakukan di laboratorium, mutu baja yang dipakai dalam penelitian ini termasuk dalam golongan:

1. P8 kurus dengan Ø6.5 mm, kuat tarik *Fu*=484,44 MPa dan tegangan *Fy* = 335,44 MPa,
2. nilai *Fy* sebesar 335,4459 MPa dari hasil penelitian adalah 69,24% dari nilai *Fu*,
3. tegangan leleh *Fy* yang digunakan pada penelitian ini adalah 300 MPa,dan
4. sesuai dengan SII 0136-80 dipakai BJTP 30 dengan batas ulur minimum 294 N/mm², dan kuat tarik minimum 480 N/mm².

5.2 Uji Kuat Desak Beton

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat desak beton yang digunakan dalam pembuatan *vierendeel* beton, berikut diberikan penjelasan mengenai hasil dan pembahasan dari pengujian yang telah dilakukan .

5.2.1 Hasil Uji Kuat Desak Beton

Pengujian kuat desak beton yang dilakukan setelah umur 28 hari dilakukan untuk mengetahui nilai kuat desak sampel benda uji yang selanjutnya digunakan dalam perhitungan analisis pada tugas akhir ini. Pengujian kuat desak beton dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia dengan mengambil 1 sampel silinder beton untuk tiap variasi dan diharapkan

sampel tersebut telah mewakili nilai kuat desak yang dibutuhkan, mengingat keterbatasan material agregat kasar yang tersedia. Hasil pengujian kuat desak beton disajikan dalam Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil pengujian kuat desak beton

No	sampel	Ukuran		luas	Berat	Berat/volume	P max	f'c	*fr*	Kuat Desak
	MPa	D(cm)	tinggi (cm)	tampang	kg	kg/m3	KN	MPa	MPa	MPa
1	f'c 15	15,02	30	177,096	12,4	2333,947	580	32,751	12	20,751
2	f'c 20	15	29,55	176,625	12,5	2394,972	650	36,801	12	24,801
3	f'c 25	14,9	29,75	174,278	12,3	2372,335	730	41,887	12	29,887
4	f'c 30	15,08	29,79	178,514	12,6	2369,342	890	49,856	12	37,856

Kuat desak = $f'c - fr$

fr = 1,64 x S

Dimana :

S = Deviasi standar = 7 MPa

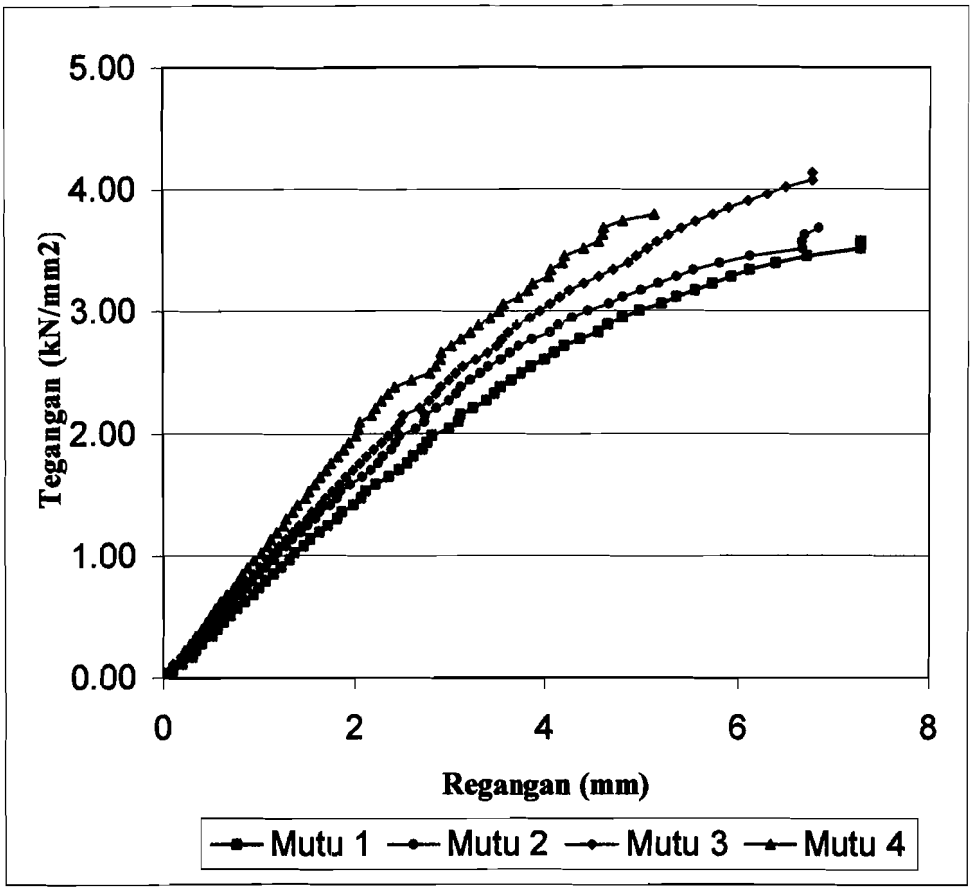
fr = Faktor reduksi

$f'c$ = mutu beton

Dari data diatas didapat :

1. Mutu beton sampel 1 = 20,751 MPa
2. Mutu beton sampel 2 = 24,801 MPa
3. Mutu beton sampel 3 = 29,887 MPa
4. Mutu beton sampel 4 = 37,856 Mpa

Pada gambar 5.1 dijelaskan mengenai hubungan antara mutu beton dan tegangan-regangannya.



Gambar 5.1 Grafik hubungan tegangan dan regangan pada pengujian silinder beton

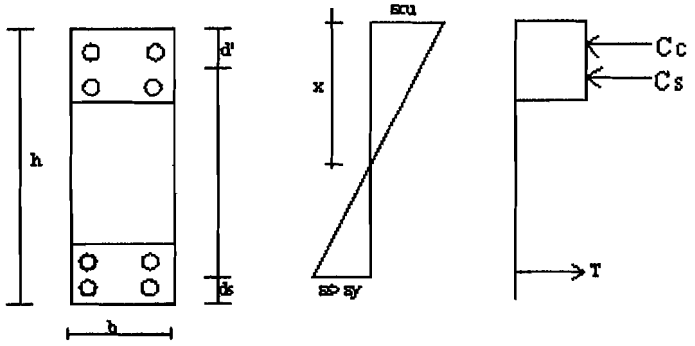
5.2.2 Hubungan Kuat Desak Dan Beban Transversal Maksimum Penelitian

Pada pengujian kuat lentur, benda uji balok *Vierendeel* beton diberikan beban yang dinaikkan secara bertahap dengan interval sebesar 3,5 kN dan data deformasi yang terjadi dicatat. Data hasil pengujian kuat lentur disajikan selengkapnya pada lampiran 4. Selain itu diperoleh juga beban transversal maksimum yang dicapai oleh masing-masing benda uji dengan variasi *f'c* seperti ditunjukkan pada Tabel 5.3 dan Gambar 5.4.

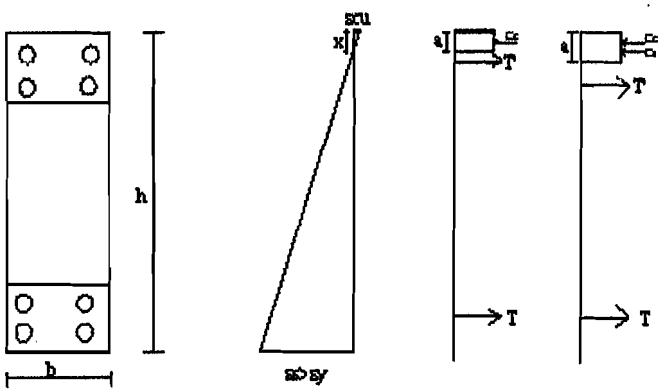
Tabel 5.3 Beban transversal maksimum penelitian-teoritis balok beton *vierendeel* dengan variasi kuat desak

No	Variasi kuat desak Mpa	P max penelitian kN	P teoritis kN	P max penelitian (%)
1	20,751	35	37.256	86,960
2	24,801	35	37.370	86,960
	29,887	35	37.432	86,960
4	37,856	40,25	37.430	100,000

Secara teoritis balok tepi bagian atas dianggap menerima desak seluruhnya dan balok tepi bagian bawah menerima tarik.

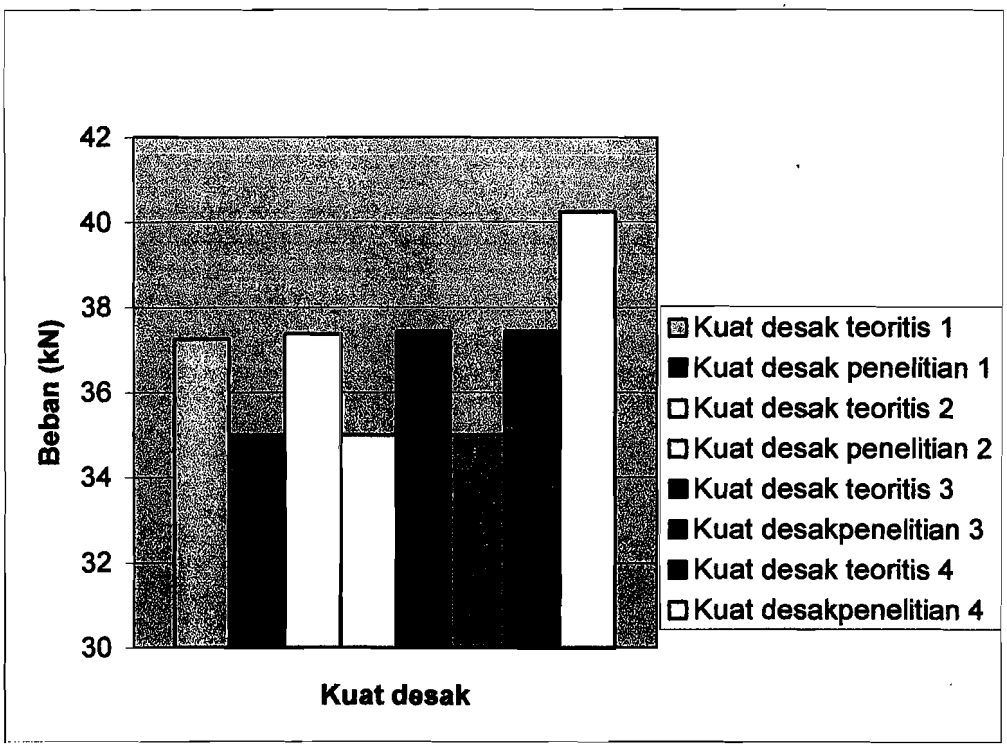


Gambar 5.2 diagram blok tekan tulangan rangkap



Gambar 5.3 diagram blok tekan dengan kontrol nilai a

Nilai hubungan beban-deformasi secara teori ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik seperti pada Lampiran 4. Besar beban yang digunakan disesuaikan dengan data hasil pengujian, sedangkan deformasinya dihitung dengan SAP 2000. Pada Gambar 5.4 dijelaskan hubungan mutu beton dan beban transversal maksimum pada saat pengujian *vierendeel.*



Gambar 5.4 Grafik hubungan kuat desak dan beban transversal maksimum teoritis-penelitian *vierendeel*

Pada Gambar 5.4 terlihat bahwa pada *vierendeel* dengan variasi 1, 2 dan 3 mengalami penurunan kekuatan sebesar 6 % dari teoritisnya. Sedangkan nilai beban lentur yang mampu diterima oleh balok *vierendeel* variasi 4 sebesar 7,5 % dibanding nilai teoritisnya.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
PERPUSTAKAAN
YOGYAKARTA

5.3 Uji Kuat Lentur Balok *Vierendeel*

Pegujian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kuat lentur yang dimiliki oleh tiap sampel benda uji. Berikut adalah analisa dan pembahasan hasil uji kuat lentur yang telah dilakukan.

5.3.1 Hasil Uji Kuat Lentur Balok *Vierendeel* Beton

Pengujian kuat lentur balok *vierendeel* beton dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Rekayasa Universitas Islam Indonesia. Pengujian kuat lentur ini dilakukan dengan pembacaan dial gauge pada tiap kenaikan pembebanan sebesar 3,5 kN dan menghasilkan data berupa beban dan lendutan, adapun hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.4 Selanjutnya data tersebut digunakan untuk membuat grafik hubungan antara beban dan lendutan.
Berikut adalah contoh pembacaan dial pada *dial gauge* 2 pada saat pengujian.

Tabel 5.4 Pembacaan *dial gauge* 2

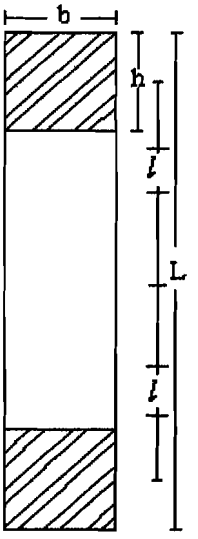
BENDA UJI 1		BENDA UJI 2		BENDA UJI 3		BENDA UJI 4	
Beban (KN)	Lendutan	Beban (KN)	Lendutan	Beban (KN)	Lendutan	P (KN)	Lendutan
0	0	0	0	0	0	0	0
3,5	0	3,5	0,7	3,5	42	3,5	0,12
5,25	0	7	50,845	7	163	7	0,18
7	0,9	10,5	100,4	10,5	196	10,5	0,25
8,75	0,9	14	150,825	14	129	14	1,2
10,5	131,5	17,5	680,9	17,5	233	17,5	223
14	100,93	21	900,98	21	428	21	540
17,5	100,18	24,5	1150,95	24,5	746	24,5	734,5
21	500,13	28	1390,89	28	956	38,5	2580
24,5	750,89	31,5	1800,88	31,5	1329,5	38,5	2580
28	1000,92	35	2200,93	35	1748	40,25	2580
29,75	1200,88	35	2700,975	35	2219		
31,5	1300,945			35	2319,5		
33,25	1500,915			35	2572,5		
33,25	1700,9			35	2628		
35	1350,9						
35	2100,99						
35	2250,9						
35	2400,9						

5.3.2 Pembahasan Hasil Uji Kuat Lentur Balok *Vierendeel* Beton

Adapun dalam pembahasan kali ini akan dijelaskan beberapa permasalahan antara lain, hubungan kuat lentur berdasarkan beban-deformasi teoritis dan beban-deformasi penelitian, Analisa kekakuan, kuat lentur berdasarkan momen-kelengkungan meliputi hubungan momen-kelengkungan teoritis dan penelitian, analisa data momen-kelengkungan, analisa kapasitas elemen balok *vierendeel* berdasarkan Mn-Pn, analisa kerusakan pada benda uji.

1. Hubungan Kuat Lentur Berdasarkan Hubungan Beban-Deformasi Teoritis

Hubungan kuat lentur berdasarkan beban-deformasi teoritis didasarkan bahwa analisa balok vierendeel tidak dianalisa sebagai balok vierendeel itu sendiri namun dianalisa sebagai balok biasa yang memiliki tampang seperti pada gambar 5.5.



Gambar 5.5 Tampang potongan balok *vierendeel*

Dari gambar 5.5 maka inersia tampang dari balok tersebut mengalami pergeseran menjadi :

$$I = \left[\frac{1}{12}bh^3 + bh \times l^2\right] \times 2$$

Lendutan ditengah bentang akibat beban titik :

$$\Delta = \frac{P \times a}{24EI} \times \left[3l^2 - 4a^2\right]$$

Lendutan pada jarak x =864 mm dari tepi balok:

$$\Delta = \left[\frac{P \times x}{6EI} \times \left[3la - 3a^2 - x^2\right]\right]$$

Tabel 5.5 adalah contoh perhitungan lendutan pada mutu 1 dengan nilai mutu beton adalah 20,75 MPa, sedangkan nilai elastisitas beton (E) dihitung dengan rumus :

$$E = 4700\sqrt{f'c}$$

Tabel 5.5 Perhitungan Lendutan Tampang Balok Secara Teoritis Untuk Mutu 1

P (kN)	L (mm)	a (mm)	E	I (mm4)	M max (kNm)	lendutan	lendutan pd X
0	2880	1152	21409,52	107424	0	0	0
5	2880	1152	21409,52	107424	2,88	1,02133919	0,817936893
10	2880	1152	21409,52	107424	5,76	2,042678379	1,635873787
15	2880	1152	21409,52	107424	8,64	3,064017569	2,45381068
20	2880	1152	21409,52	107424	11,52	4,085356759	3,271747574
25	2880	1152	21409,52	107424	14,4	5,106695949	4,089684467
30	2880	1152	21409,52	107424	17,28	6,128035138	4,907621361
35	2880	1152	21409,52	107424	20,16	7,149374328	5,725558254

Untuk selengkapnya perhitungan tampang balok untuk mutu 2,3,dan 4 akan dicantumkan dalam lampiran 4.

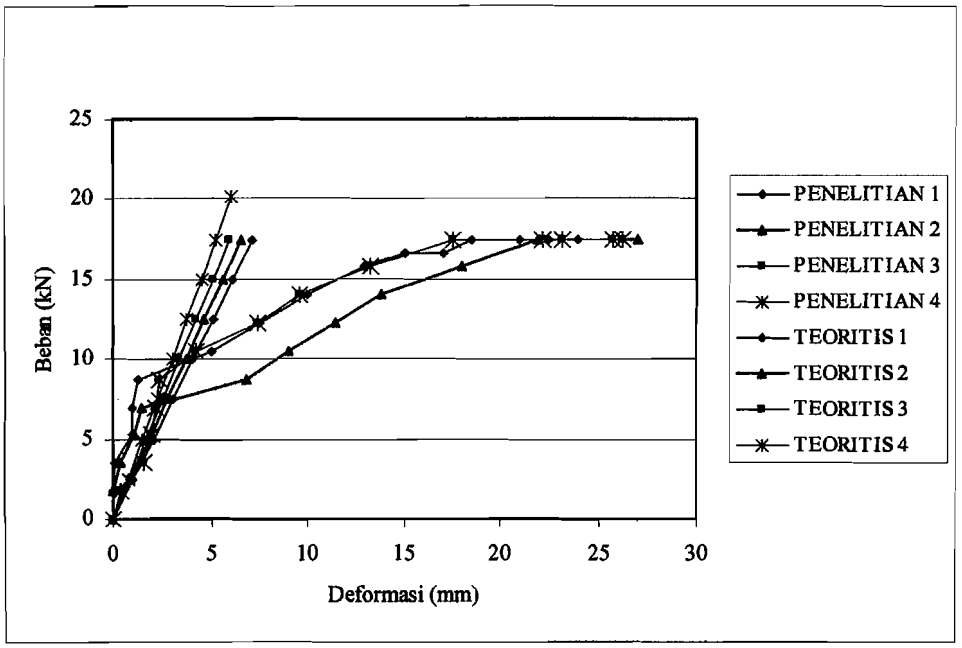
2. Hubungan Kuat Lentur Berdasarkan Hubungan Beban-Deformasi Penelitian

Dengan mengamati grafik hubungan beban-deformasi bahwa pada empat benda uji memiliki perilaku kuat lentur yang hampir sama, mulai dari pangkal sampai ke tengah bentang. Pada pembebanan awal kurva masih tampak linier, tapi

setelah pembebanan maksimum (*Pu*) kurva mulai tampak datar dengan beban yang tetap sedangkan deformasinya mengalami peningkatan. Pada pembebanan awal hingga dicapainya beban *Pu* kekakuan struktur benda uji tidak begitu dipengaruhi oleh variasi *f'c* hal ini dapat dilihat pada grafik beban-deformasi yang hampir saling berhimpit.

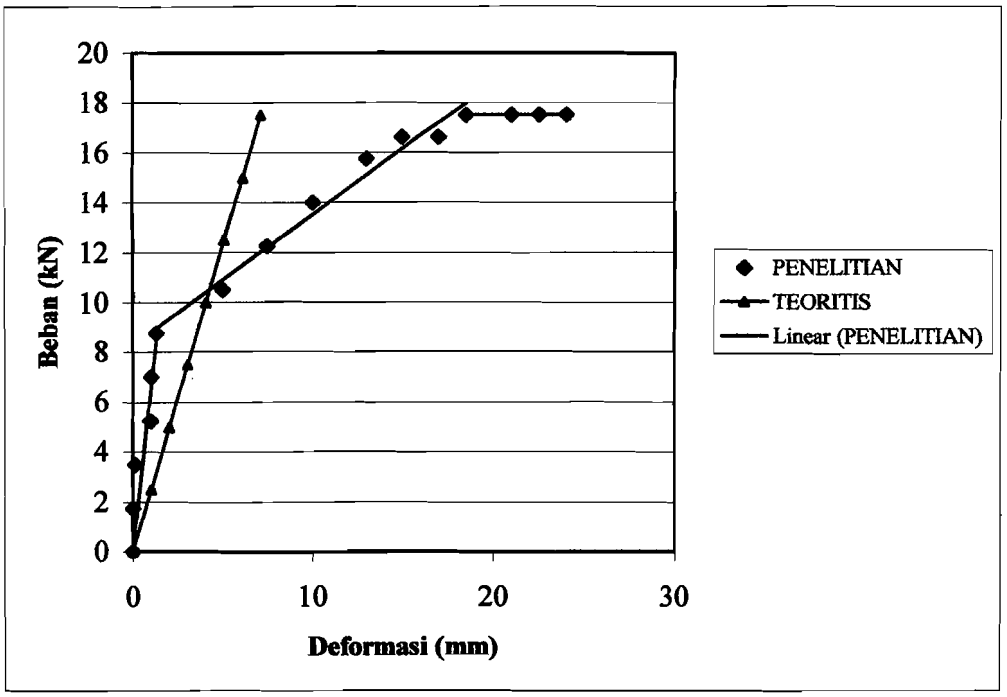
Grafik hubungan beban-deformasi yang diplotkan pada Gambar 5.6 yaitu pada *dial gauge* dua, dimana *dial gauge* 2 merupakan deformasi terbesar yang berada ditengah bentang balok *Vierendeel*. Perhitungan beban maksimum yang mampu didukung oleh struktur secara teoritis akan lebih mendekati kenyataan bila dihitung dengan perilaku stuktur balok-kolom (*beam-column*).

Dari hasil pengujian empat sampel balok *vierendeel* beton dengan variasi kuat desak beton (*f'c*) dibuat grafik hubungan beban-deformasi (*P-Δ*). Data deformasi yang digunakan adalah pada *dial gauge* 2, yaitu data ditengah bentang yang menunjukan deformasi maksimum. Grafik hubungan beban-deformasi (*P-Δ*) dapat dilihat dalam Gambar 5.6

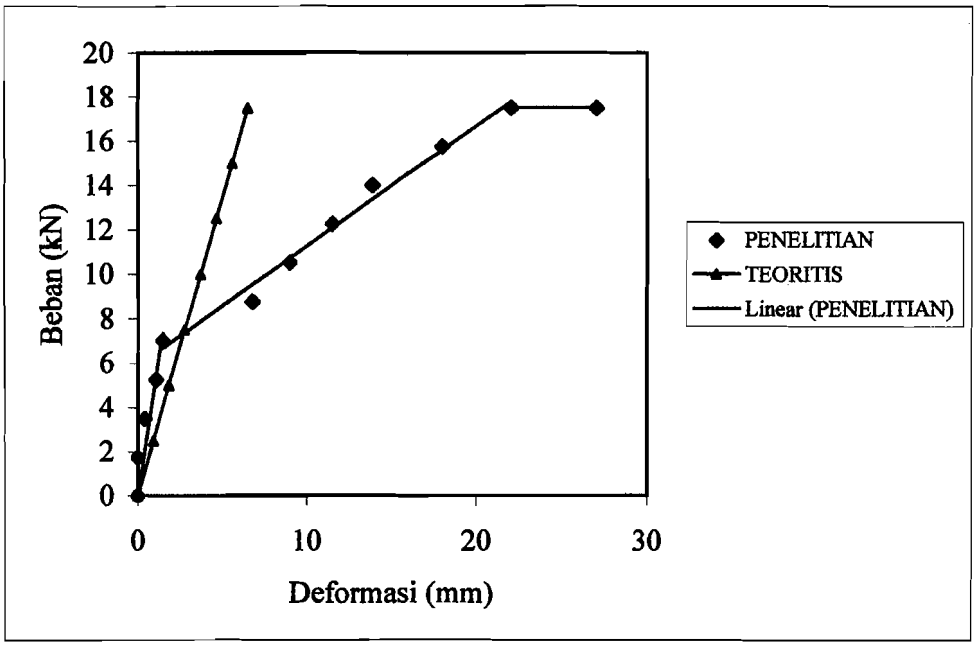


Gambar 5.6 Grafik hubungan Beban-Deformasi Penelitian dan Teoritis

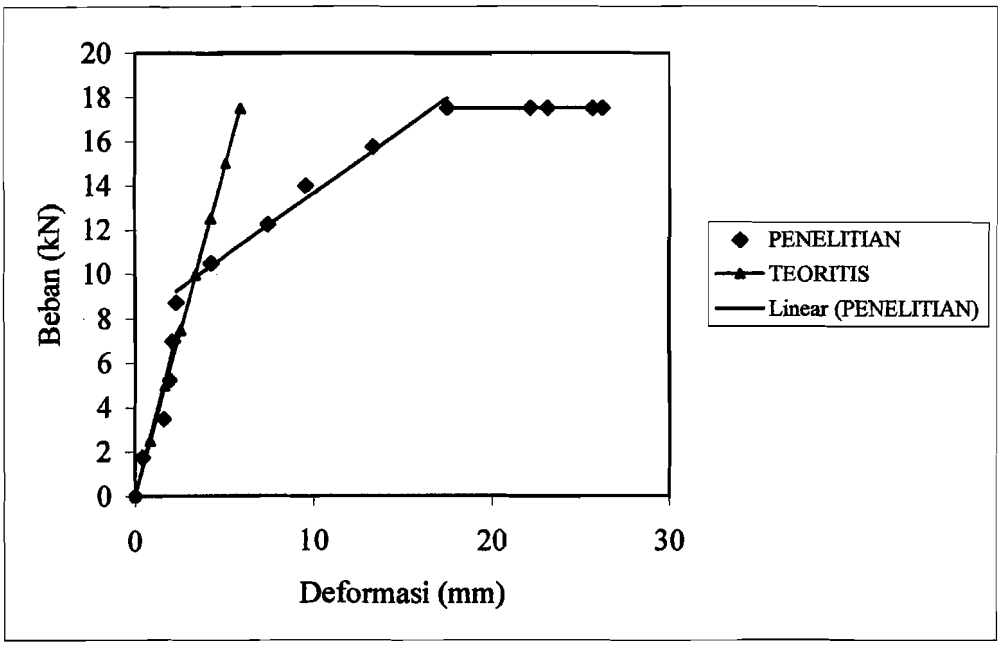
Dari Gambar 5.7 dapat diamati bahwa hasil penelitian menunjukan bahwa besarnya nilai deformasi jauh lebih besar daripada teorotisnya, dalam grafik juga dapat terlihat bahwa semakin besar beban maka deformasi semakin besar , hal itu juga menunjukan bahwa semakin tinggi mutu beton pada tingkat pembebanan yang sama nilai deformasinya semakin kecil, dan secara teoritis hubungan beban dan deformasi membentuk kurva linier.



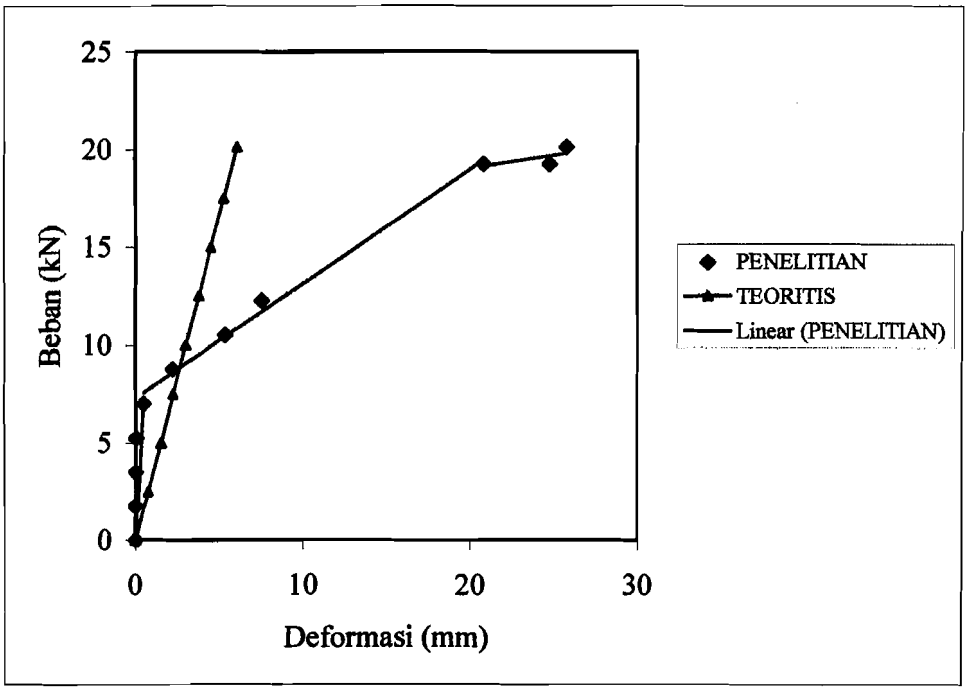
Gambar 5.7 Grafik hubungan Beban - Deformasi sampel 1



Gambar 5.8 Grafik hubungan Beban - Deformasi sampel 2



Gambar 5.9 Grafik hubungan Beban - Deformasi sampel 3



Gambar 5.10 Grafik hubungan Beban - Deformasi sampel 4

Dari Gambar 5.7, 5.8, 5.9, dan 5.10 dapat diamati bahwa semakin besar beban maka deformasi yang didapatkan juga semakin besar, hingga mencapai beban maksimum sebesar 35 kNm, dengan nilai beban yang sama, deformasi terus bertambah, dari grafik juga dapat dilihat bahwa deformasi penelitian jauh dibawah nilai teoritisnya.

Dari tabel hubungan beban deformasi dapat dipakai untuk mencari kekakuan (k=P/Δ), sehingga akan diketahui nilai kekakuan masing-masing benda uji yang ditunjukkan pada Tabel 5.5

Berdasarkan Tabel 5.5 hubungan beban-deformasi dapat diketahui nilai-nilai *Pu* dari masing-masing benda uji yang selanjutnya dapat digunakan untuk melakukan analisa struktur menggunakan SAP 2000.

3. Analisa Kekakuan

Kekakuan adalah gaya yang diperlukan untuk memperoleh satu unit deformasi, semakin kaku suatu elemen struktur maka semakin besar kemiringanya. Dari hasil pengamatan grafik hubungan beban-deformasi dapat disimpulkan tentang kekakuan balok *Vierendeel* beton pada beban ultimit disajikan pada Tabel 5.6

Tabel 5.6 Analisa kekakuan (*Pu/Δy*) dari data hubungan beban-deformasi

Fariasi *f'c* Mpa	*Pu* (kN)	Deformasi (*Δy*) (mm)	Kekakuan (*Pu/Δy*) (kN/mm)	Rasio Kekakuan (%)
20,751	35	24,009	1,457787	100
24,801	35	27,010	1,295828	88,89012
29,887	35	26,280	1,331811	91,35845
37,856	40,25	25,800	1,560077	95,86927

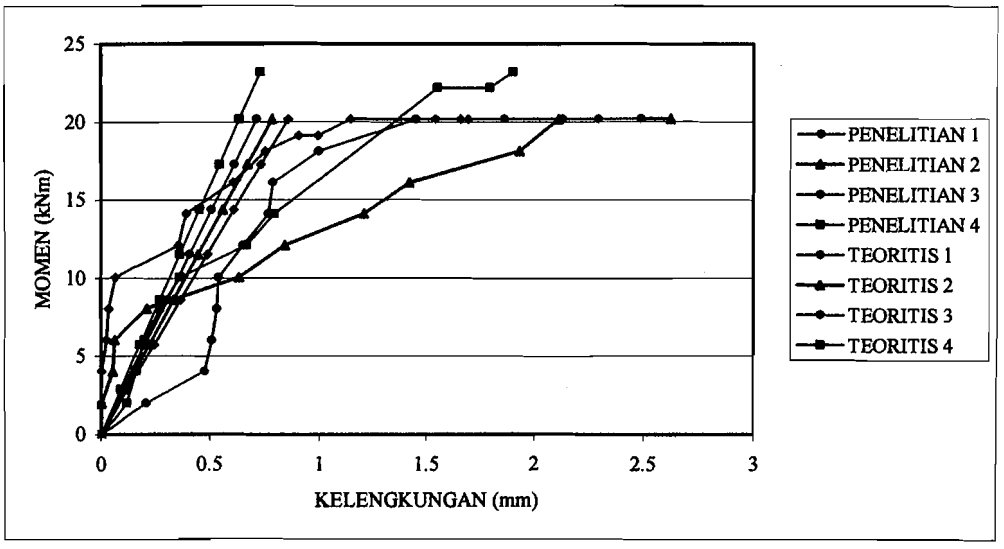
Dari Tabel 5.6 dapat diamati bahwa pengaruh variasi mutu beton pada balok *Vierendeel* tidak memiliki pengaruh yang besar pada tiap benda uji, dari tabel 5.6

didapatkan beban maximum (*Pu*), Deformasi dan rasio kekakuan yang hampir sama.

4. Kuat Lentur Berdasarkan Hubungan Momen-Kelengkungan

Hubungan momen-kelengkungan didapat dari hasil perhitungan tiga titik diskrit pada data hubungan beban-deformasi. Berdasarkan hasil hubungan beban-deformasi yang terjadi, maka dapat dicari faktor kekakuan (*EI*) dengan menggunakan hubungan momen (*M*) dan kelengkungan (ϕ) berdasarkan persamaan $EI=M/\phi$ besarnya faktor kekakuan *EI* dapat dilihat pada Tabel 5.6.

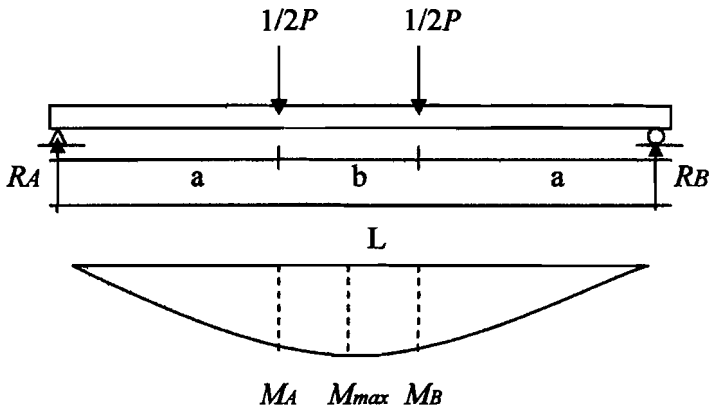
Secara teoritis balok dengan penampang sama dan momen inersia sama akan menghasilkan faktor kekakuan (*EI*) yang sama. Namun pada penelitian ini didapat *EI* yang bebeda pada masing-masing benda uji. Hal ini karena nilai *f'c* mempengaruhi nilai *E* bahan serta kelengkungan dan momen maksimum yang mampu diterima oleh balok *vierendeel* beton.



Gambar 5.11 Grafik hubungan Momen – Kelengkungan Teoritis-Penelitian

4.1 Hubungan Momen-Kelengkungan Toeritis

Nilai hasil perhitungan momen-kelengkungan secara teori ditampilkan dalam lampiran 4, kemudian dibut grafik seperti Gambar 5.12 sampai Gambar 5.15, besar beban yang digunakan disesuaikan dengan data hasil pengujian kemudian dihitung dengan SAP 2000 yang ditampilkan dalam lampiran 4. Contoh perhitungan mencari hubungan momen kelengkungan teorotis:



Gambar 5.12 Reaksi dan momen yang terjadi akibat beban yang bekerja pada balok

Mencari momen:

$$R_A = \frac{1}{2}P$$

$$R_A = R_B$$

$$R_A = \frac{1}{2} \times 5 = 2,5kN$$

$$M_A = M_B$$

$$M_A = \frac{1}{2}P \times a$$

$$M_A = \frac{1}{2}5 \times 1152 = 2880kN$$

Lendutan ditengah bentang akibat beban titik :

$$\Delta = \frac{P \times a}{24EI} \times \left[3l^2 - 4a^2\right]$$

$$\Delta = \frac{5 \times 1152}{24EI} \times \left[3 \times 2880^2 - 4 \times 1152^2\right] = 118.89mm$$

Lendutan pada jarak x =864 mm dari tepi balok:

$$\Delta = \left[\frac{P \times x}{6EI} \times \left[3la - 3a^2 - x^2\right]\right]$$

$$\Delta = \left[\frac{5 \times 864}{6EI} \times \left[3 \times 2880 \times 1152 - 3 \times 1152^2 - 864^2\right]\right] = 96.647mm$$

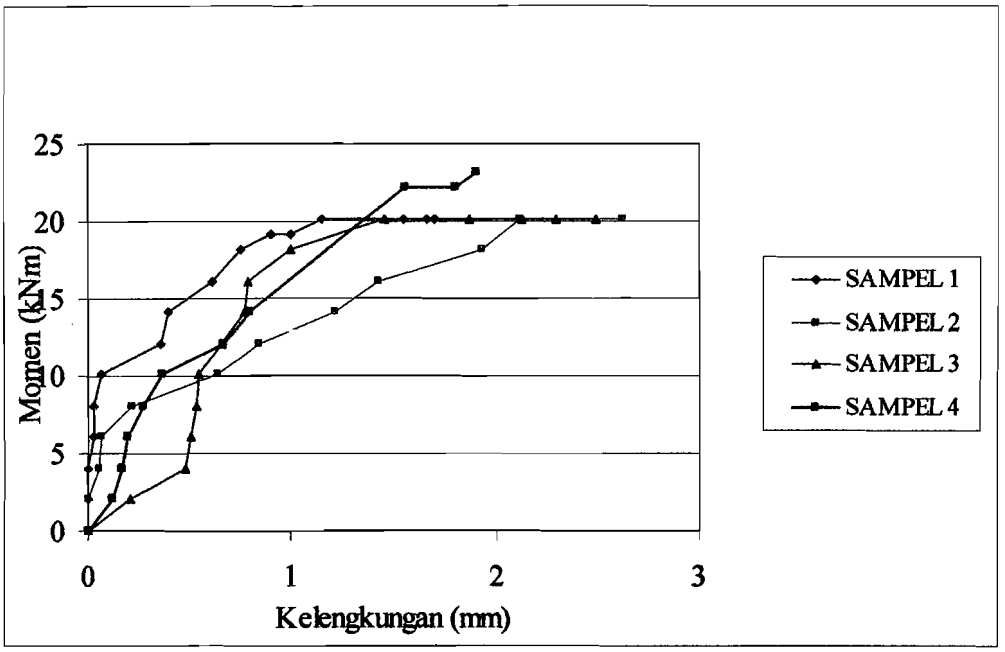
Jadi untuk menghitung kelengkungan digunakan rumus :

$$\varphi = \frac{\Delta_{i-1} - 2\Delta + \Delta_{i+1}}{l^2}$$

Kemudian untuk perhitungan kelengkungan dikerjakan dengan menggunakan tabel yang akan ditunjukan pada lampiran 4 dan tabel 5.7 adalah contoh perhitungan kelengkungan pengujian mutu 1.

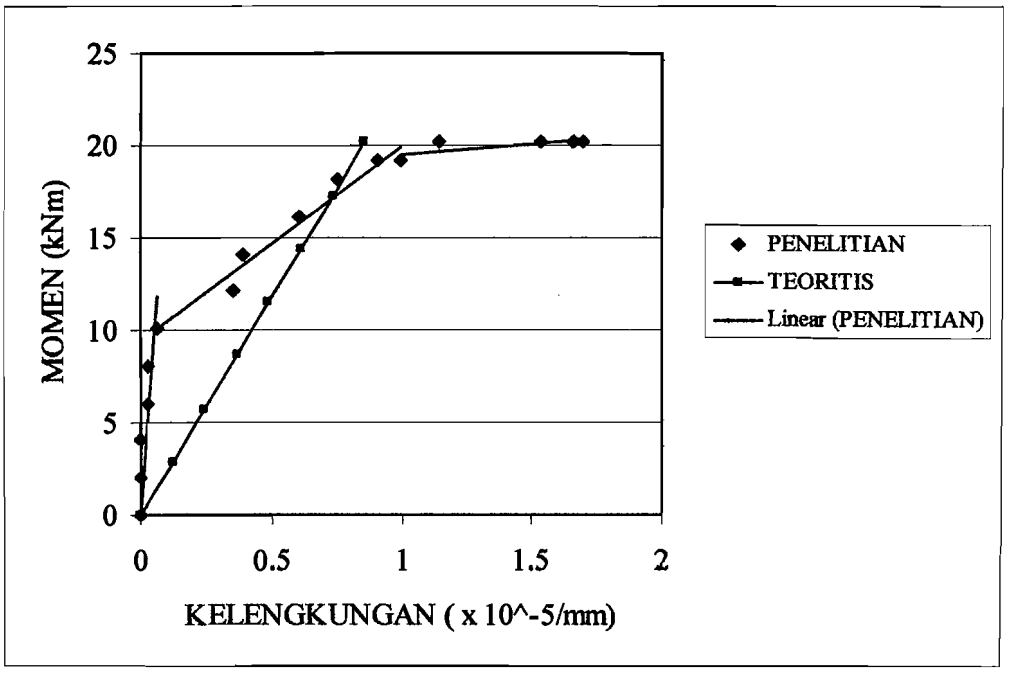
Tabel 5.7 Perhitungan kelengkungan dari hasil pengujian mutu 1

P (kN)	P/2 (kN)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	M (kNm)	Kelengkungan
0	0	0	0	0	0	0
3,5	1,75	0	0	0,002	2,02	5,727E-04
7,0	3,50	0,103	0,101	0,110	4,03	3,471E-03
10,5	5,25	0,907	1,002	1,010	6,05	2,595E-02
14,0	7,00	0,909	1,009	1,002	8,06	3,267E-02
17,5	8,75	1,200	1,315	1,215	10,08	6,462E-02
21,0	10,50	4,008	5,001	4,808	12,10	3,575E-01
24,5	12,25	7,009	7,509	6,709	14,11	3,917E-01
28,0	14,00	9,002	10,009	9,001	16,13	6,074E-01
31,5	15,75	12,009	13,009	11,508	18,14	7,540E-01
33,3	16,63	13,505	15,009	13,508	19,15	9,057E-01
33,3	16,63	15,309	17,009	15,404	19,15	9,960E-01
35,0	17,50	16,604	18,509	16,609	20,16	1,147E+00
35,0	17,50	18,810	21,010	18,106	20,16	1,539E+00
35,0	17,50	19,504	22,509	20,008	20,16	1,659E+00
35,0	17,50	21,192	24,009	21,206	20,16	1,694E+00



Gambar 5.13 Grafik hubungan Momen – Kelengkungan Penelitian

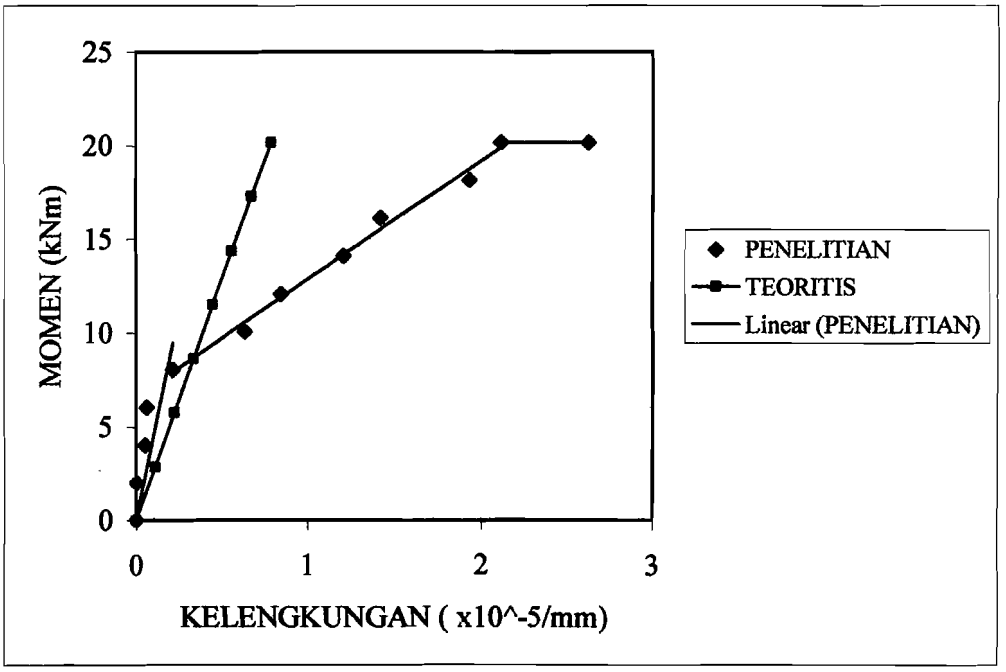
Dari Gambar 5.13 dapat diamati bahwa semakin tinngi mutu beton maka dikatakan dapat menahan momen yang semakin besar, dapat dilihat juga bahwa pada momen yang sama semakin tinggi mutu beton kelengkungan semakin kecil.



Gambar 5.14 Grafik hubungan Momen – Kelengkungan Penelitian sampel 1

Dari gambar 5.14 untuk fy 20,751 MPa dapat diketahui

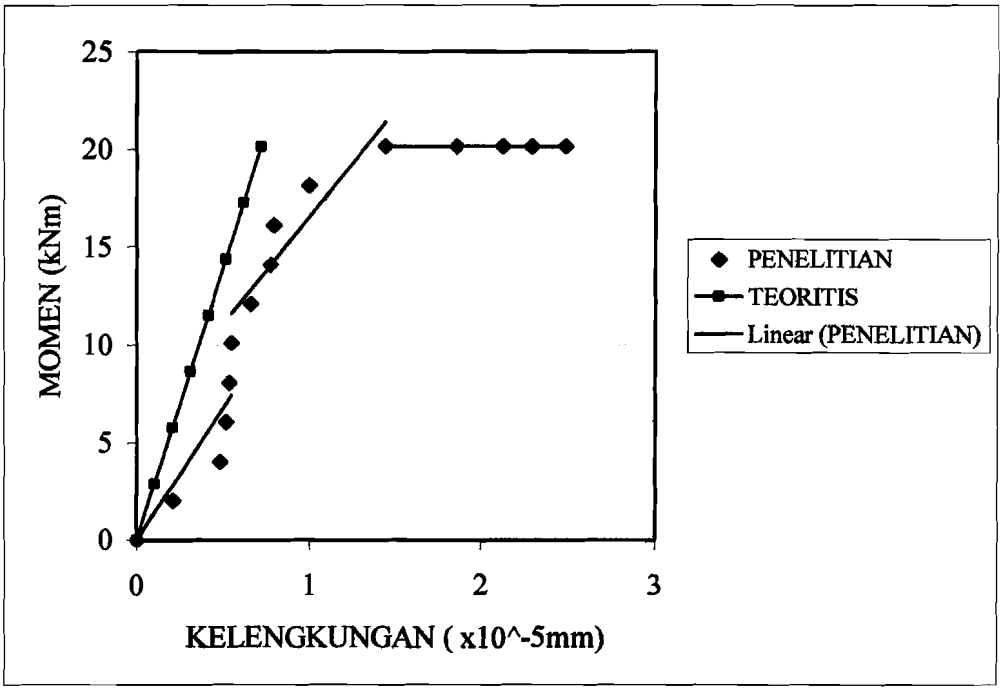
1. Mmax = 20,16 kNm,
2. kelengkungan (ϕ) = 1,694 x 10^-5 mm,dan
3. kekakuan EI =2299896159 kNmm^2



Gambar 5.15 Grafik hubungan Momen – Kelengkungan Penelitian sampel 2

Dari gambar 5.15 untuk fy 24,801 MPa dapat diketahui

1. Mmax = 20,16 kNm,
2. kelengkungan (ϕ) = 2,625 x 10^-5 mm,dan
3. kekakuan EI = 2514345867 kNmm^2



Gambar 5.16 Grafik hubungan Momen – Kelengkungan Penelitian sampel 3

Dari gambar 5.16 untuk fy 29,887 MPa dapat diketahui

1. Mmax = 20,16 kNm,
2. kelengkungan (ϕ) = 2,489 x 10^-5 mm,dan
3. kekakuan EI = 2759875391 kNmm^2

4.3 Analisa Data Hubungan Momen-Kelengkungan

Hubungan momen-kelengkungan menunjukkan kekakuan. Dalam hal ini didapat dari M/ϕ, faktor kekakuan pada balok *vierendeel* secara umum mempunyai perilaku yang tidak jauh berbeda. Hal ini dapat dilihat pada pola grafik M/ϕ yang diperoleh dari data laboratorium pada tabel 5.8.

Tabel 5.8 Analisa kekakuan dari data hubungan momen-kelengkungan

Variasi Kuat Desak	Momen	Kelengkungan	Kekakuan EI	Rasio EI	Rasio Momen
Mpa	(kNmm)	(1/mm)	(kNmm^2)	%	%
20,751	20,16	1,694*10^-5	2299896159	74,031	86,971
24,801	20,16	2,625*10^-5	2514345867	80,934	86,971
29,887	20,16	2,489*10^-5	2759875391	88,838	86,971
37,856	23,18	1,902*10^-5	3106629646	100	100

5. Analisa Kapasitas Elemen Balok Vierendeel Berdasarkan Mn Pn

Hampir semua elemen mengalami momen lentur dan gaya aksial,dimana ditinjau sebagai balok kolom, karena itu agar terjadi adanya daktilitas pada kolom, disyaratkan minimum ada penulangan sebanyak 1% pada kolom. Penulangan yang lazim antara 1,5% sampai 3,0% dari luas penampang kolom. Batas maksimum luas penulangan adalah 8%, namum disarankan untuk tidak menggunakan lebih dari 4% agar tulangan tersebut tidak berdesakan dalam penampang beton, terutama pada pertemuan balok-kolom.

Nilai rasio tulangan dicari dengan rumus :

$$\frac{Ag}{bxh} x100\%$$

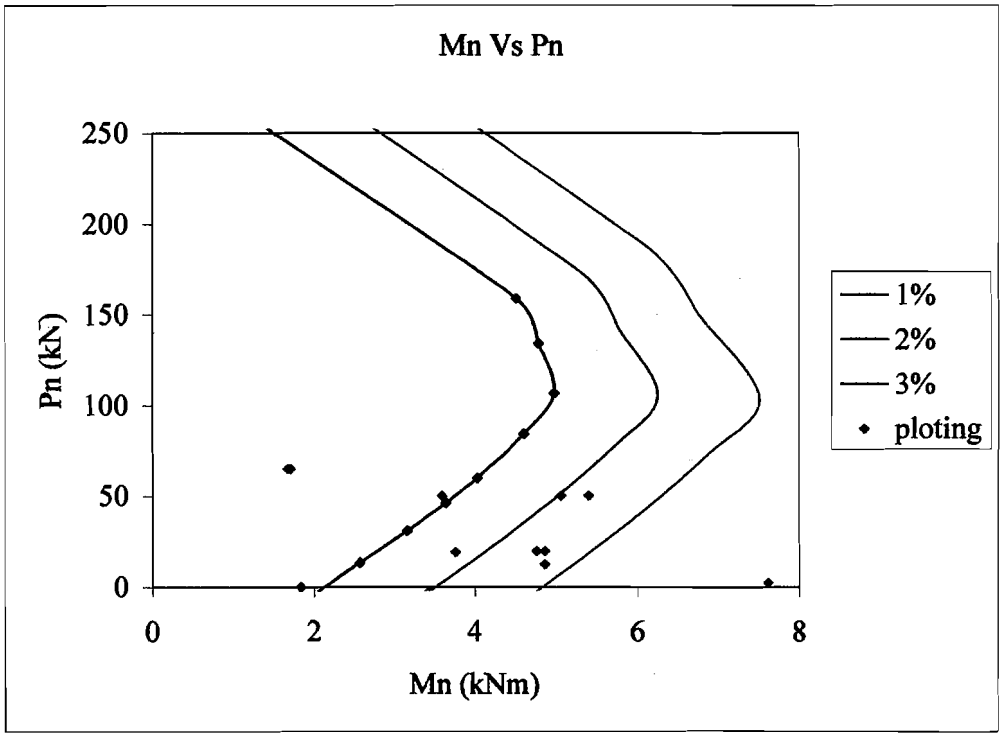
Analisa kapasitas diperlukan untuk mengetahui kapasitas penampang tiap elemen balok vierendeel sehingga dapat diketahui berdasarkan analisa yang didapatkan dari SAP dan penelitian telah mencapai kapasitas maksimumnya, dari

hasil tersebut lalu diplotkan secara manual dalam grafik sehingga dapat diketahui kapasitas tiap-tiap elemen, dan secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 16-19. Dan dari gambar tersebut dapat diketahui apakah tiap elemen telah mencapai kapasitas maksimumnya atau belum.

Apabila nilai yang diperoleh dari SAP dan setelah diplotkan, akan memberikan pasangan beban dan momen ijin, titik-titik yang berada didaerah dalam diagram dikatakan belum mencapai kapasitas maksimumnya pada saat pengujian atau perencanaan kolom dikatakan berlebihan (*overdesigned*). Dan sebaliknya titik-titik yang berada didaerah luar diagram telah mencapai kapasitas maksimumnya pada saat pengujian, atau perencanaan kolom dikatakan kurang (*underdesigned*). Nilai rasio tulangan dicari dengan rumus :

$$\frac{Ag}{bxh} x100\% = \frac{(0.25\times\pi\times6.5^2)4}{120\times120}\times100\% = 0,92\% \text{ = diambil 1 \%}$$

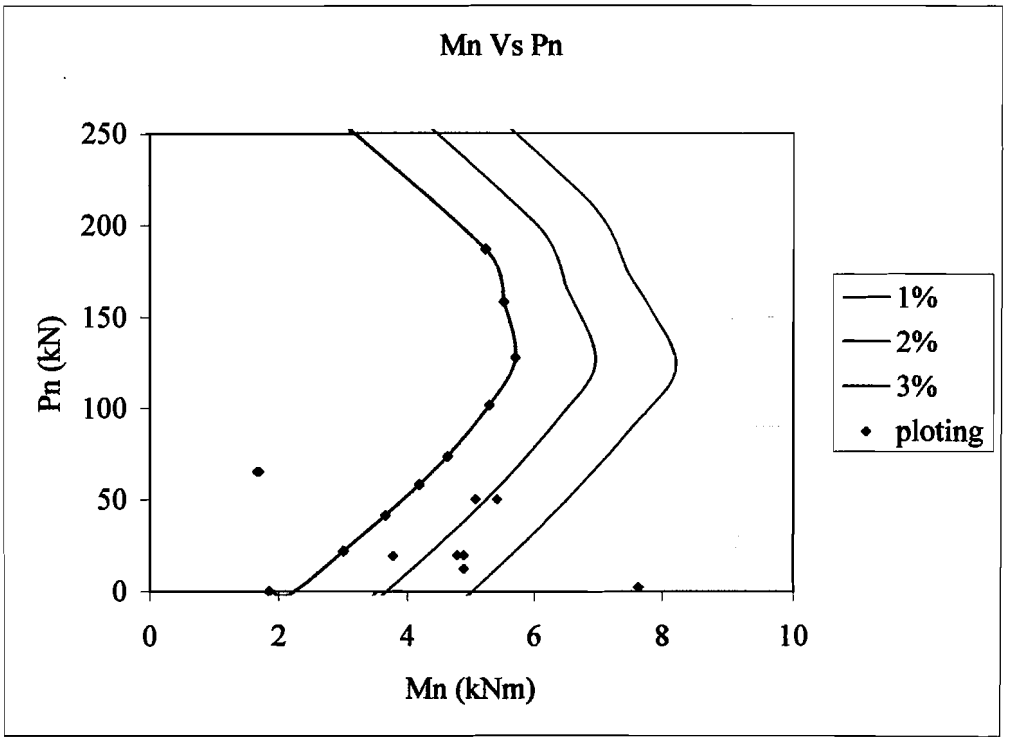
dari hasil tersebut lalu diplotkan dalam grafik interaksi kolom (Mn-Pn) sehingga dapat diketahui kapasitas tiap-tiap elemen balok, dan secara lengkap dapat dilihat pada tabel 5.9 sampai tabel 5.12.



Gambar 5.18 Grafik Hubungan Mn-Pn Mutu 1

Tabel 5.9 Analisa kapasitas tampang elemen balok vierendeel

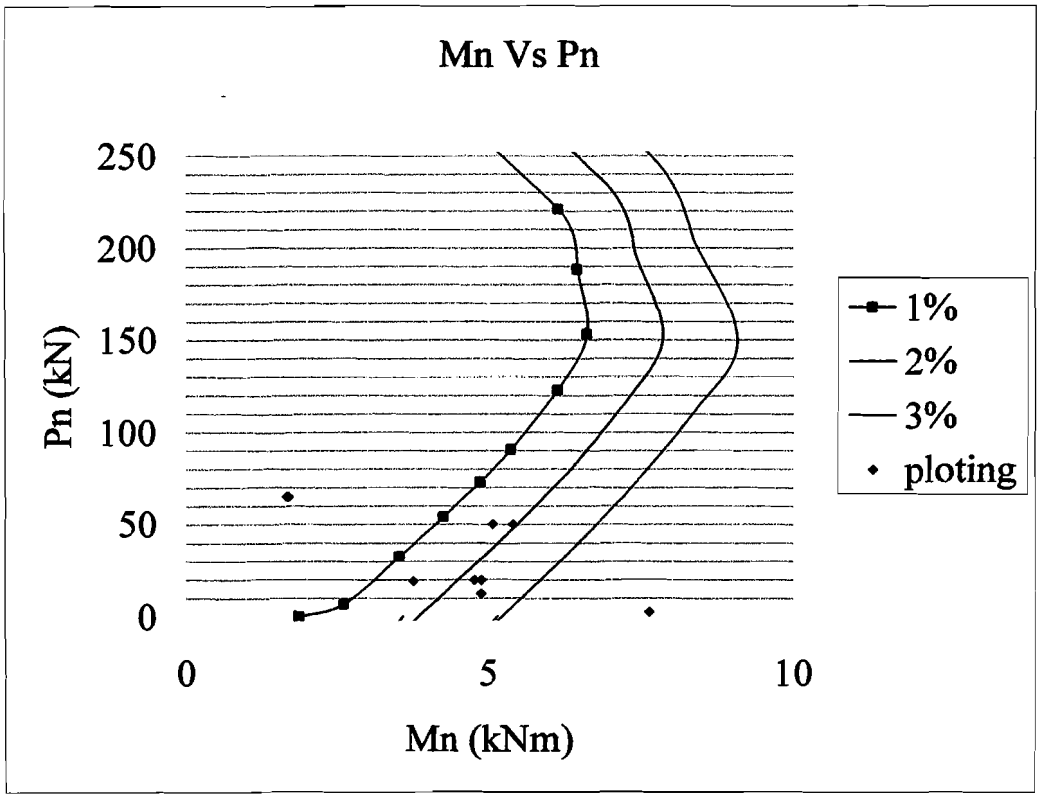
ELEMEN	BEBAN (T)	GESER (V)	MOMEN (M)	KETERANGAN
BL7	19,82993	-17,74936	4,868243	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL8	50,24757	-19,55686	5,393397	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL9	65,14696	-0,120992	1,701915	Pembebanan belum maksimal,batang mengalami gagal geser
KL1	12,41753	-19,82993	4,868243	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL2	2,49313	-30,41764	7,611234	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL3	19,23422	-14,8994	3,758438	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL4	19,23422	14,8994	3,758438	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL5	2,49313	30,41764	7,611234	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL6	12,41753	19,82993	4,868243	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL10	50,24757	19,55686	5,393397	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL11	19,82993	17,74936	4,868243	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL12	19,82993	-12,21587	4,763509	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL13	50,24757	-9,238774	5,062071	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL14	65,14696	-7,0793E-14	1,66859	Pembebanan belum maksimal,batang mengalami gagal geser
BL15	50,24757	9,480758	3,583181	Pembebanan belum maksimal,batang mengalami gagal geser
BL16	19,82993	12,21587	4,763509	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur



Gambar 5.19 Grafik Hubungan Mn-Pn Mutu 2

Tabel 5.10 Analisa kapasitas tampang elemen balok vierendeel

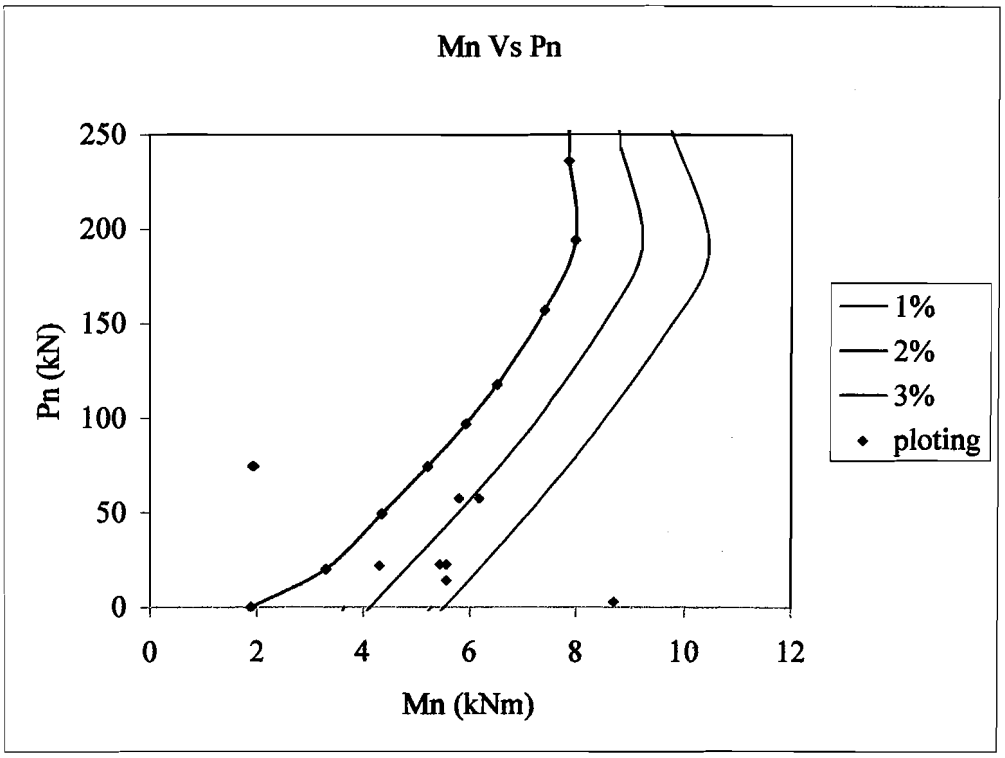
ELEMEN	BEBAN (kN)	GESER (VG)	MOMEN (M)	KETERANGAN
BL7	19,86053	-17,80797	4,874269	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL8	50,30711	-19,63581	5,399803	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL9	65,21768	0,1241552	1,70573	Pembebanan belum maksimal,batang mengalami gagal geser
KL1	12,40636	-19,86053	4,874269	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL2	2,531378	-30,44658	7,618546	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL3	19,30472	-14,91057	3,761438	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL4	19,30472	14,91057	3,761438	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL5	2,531378	30,44658	7,618546	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL6	12,40636	19,86053	4,874269	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL10	50,30711	19,63581	5,399803	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL11	19,86053	17,80797	4,874269	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL12	19,86053	-12,19943	4,768756	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL13	50,30711	-9,171432	5,062953	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL14	65,21768	-5,3038E-16	1,671772	Pembebanan belum maksimal,batang mengalami gagal geser
BL15	50,30711	9,171432	5,062953	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL16	19,86053	12,19943	4,768756	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur



Gambar 5.20 Grafik Hubungan Mn-Pn Mutu 3

Tabel 5.11 Analisa kapasitas tampang elemen balok vierendeel

ELEMEN	BEBAN (P)	GESER (V)	MOMEN (M)	KETERANGAN
BL7	19,84918	-17,78626	4,872034	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL8	50,28503	-19,6066	5,397429	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL9	65,19145	0,1229816	1,704318	Pembebanan belum maksimal,batang mengalami gagal geser
KL1	12,41046	-19,84918	4,872034	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL2	2,517232	-30,43584	7,615833	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL3	19,27865	-14,90643	3,760325	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL4	19,27865	14,90643	3,760325	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL5	2,517232	30,43584	7,615833	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL6	12,41046	19,84918	4,872034	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL10	50,28503	19,6066	5,397429	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL11	19,84918	17,78626	4,872034	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL12	19,84918	-12,20549	4,766809	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL13	50,28503	-9,196332	5,062623	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL14	65,19145	7,0776E-14	1,670594	Pembebanan belum maksimal,batang mengalami gagal geser
BL15	50,28503	9,196332	5,062623	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL16	19,84918	12,20549	4,766809	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur



Gambar 5.21 Grafik Hubungan Mn-Pn Mutu 4

Tabel 5.12 Analisa kapasitas tampang elemen balok vierendeel

ELEMEN	BEBAN (kN)	GESER (V)	MOMEN (M)	KETERANGAN
BL7	22,64643	-20,27399	5,558603	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL8	57,41972	-22,44481	6,174958	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL9	74,47111	0,1228266	1,950528	Pembebanan belum maksimal,batang mengalami gagal geser
KL1	14,11241	-22,64643	5,558603	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL2	2,866836	-34,77329	8,701246	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL3	22,11727	-17,05139	4,301517	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL4	22,11727	17,05139	4,301517	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL5	2,866836	34,77329	8,701246	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL6	14,11241	22,64643	5,558603	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL10	57,41972	22,44481	6,174958	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL11	22,64643	20,27399	5,558603	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL12	22,64643	-13,9077	5,438534	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL13	57,41972	-10,54955	5,792821	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL14	74,47111	-1,2973E-13	1,909576	Pembebanan belum maksimal,batang mengalami gagal geser
BL15	57,41972	10,54955	5,792821	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL16	22,64643	13,9077	5,438534	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur

6. Analisa Kapasitas Tampang Balok *Vierendeel* Berdasarkan Mn-Pn

Analisa kapasitas tampang balok *vierendeel* berdasarkan Mn-Pn yang dibandingkan dengan analisa SAP digunakan untuk mengetahui apakah pengujian telah mencapai kapasitas maksimum balok dalam mendukung beban, dibawah ini dijelaskan mengenai hasil analisa tampang balok *vierendeel* setelah dilakukan pengujian di Laboratorium Mekanika Rekayasa, sehingga dapat diketahui nilai beban maksimum untuk tiap mutu balok yang kemudian digunakan untuk analisa SAP:

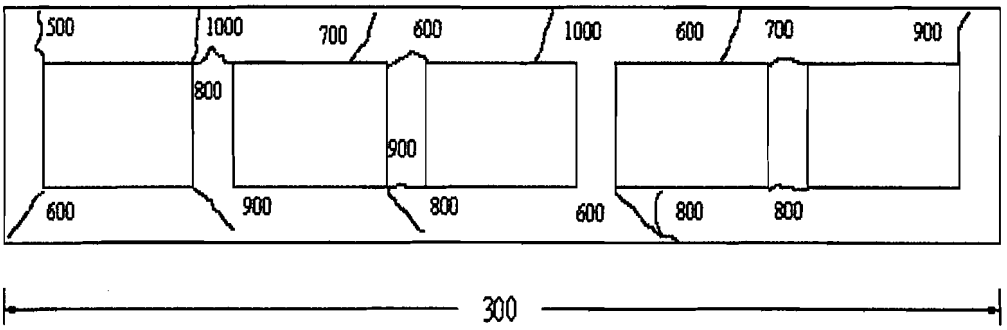
1. untuk mutu 1 dan mutu 4 berdasarkan tabel 5.9 dan tabel 5.12 serta gambar 5.18 dan gambar 5.21 dapat diketahui bahwa besarnya nilai kapasitas tampang balok yang dilakukan saat pengujian telah mencapai batas maksimumnya dan semua elemen telah mengalami patah lentur, kecuali untuk elemen BL9 dan BL14 mengalami gagal geser,
2. untuk mutu 2 berdasarkan tabel 5.12 dan gambar 5.18 dapat diketahui bahwa besarnya nilai kapasitas tampang balok yang dilakukan saat pengujian telah mencapai batas maksimumnya dan semua elemen telah mengalami patah lentur, kecuali untuk elemen BL9, BL14,BL15, mengalami gagal geser, dan
3. untuk mutu 3 berdasarkan tabel 5.11 dan gambar 5.20 dapat diketahui bahwa besarnya nilai kapasitas tampang balok yang dilakukan saat pengujian telah mencapai batas maksimumnya dan semua elemen telah mengalami patah lentur, kecuali untuk elemen BL8, BL9, BL14, dan BL15 mengalami gagal geser.

7. Analisa Kerusakan Pada Benda Uji

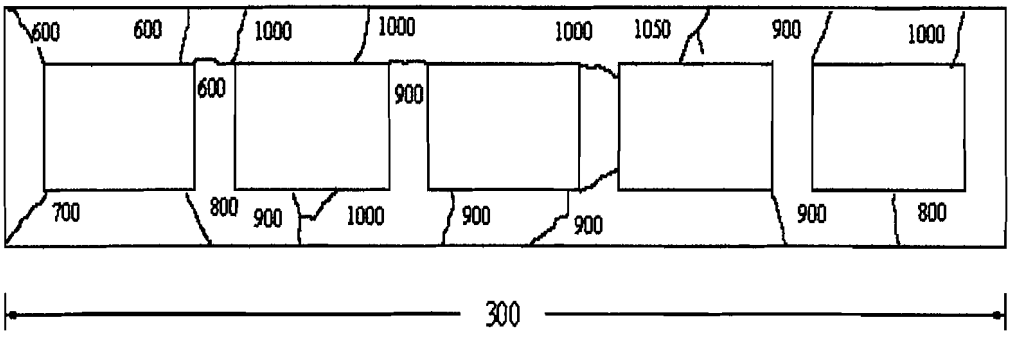
Kerusakan yang terjadi pada empat sampel benda uji penelitian ini merupakan kerusakan akibat gaya tekan sebagai manifestasi momen yang diterima. Letak serta pola kerusakan pada sampel benda uji rata-rata terletak pada batang transversal, adapun pola kerusakan yang terjadi antara lain:

1. kerusakan akibat tekanan *pons*, kerusakan ini terjadi pada batang transversal yang berfungsi sebagai komponen struktur penopang yaitu pada transversal satu dan enam,
2. kerusakan pada sumbu atas serta bawah batang transversal atau pada daerah sambungan balok-kolom,dan
3. kerusakan pada batang lateral,kerusakan ini berupa retakan pada daerah sambungan batang lateral serta pada batang lateral itu sendiri

Adapun pola kerusakan dapat dilihat pada gambar 5.22 sampai gambar 5.25



Gambar 5.22 Pola Kerusakan Balok Vierendeel Sampel 1



Gambar 5.23 Pola Kerusakan Balok Vierendeel Sampel 2

2. perlu direncanakan penulangan serta pemasangannya pada balok dan kolom agar kerusakan geser dapat diminimalisir,
3. untuk suatu perencanaan struktur mutu beton yang dipakai adalah 20 MPa, karena nilainya lebih ekonomis dan mampu menahan lentur yang sama dengan beton yang memiliki kuat desak hingga 30 MPa,
4. pada saat pengujian balok perlu ketelitian dalam membaca dial pembebanan dan dial defleksi balok serta ketelitian dalam pengamatan pelaksanaan dan pematan terhadap pola kerusakan agar dicatat secara cermat tentang time history pola kerusakan tersebut, dan
5. untuk mengurangi tekanan pons tersebut pada umumnya di tempat kolom penumpu plat diberi penebalan berupa drop panel atau memperbesar ukuran kolom di ujung atas di tempat tumpuan yang biasanya disebut sebagai kapital kolom.

Aboe,K., 2000, *Struktur Beton 1*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Astanto,T.B., 1999, *Konstruksi Beton Bertulang*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.

Dipohusodo,I., 1994, *Struktur Beton Bertulang*, Penerbit Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Kardiyono,T., 1996, *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Novianti dan Noveritha, 2004, *Perilaku Lentur Balok Vierendeel Dengan Variasi Tinggi Dan Jarak Batang Transversal*, Yogyakarta

Sagel, R., Kole, P., dan G.H. Kusuma, 1994, *Pedoman Pengerjaan Beton Berdasarkan SK SNI T 15 1991 03 Seri 2*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Schueller,W., 1989, *Struktur Bangunan Bertingkat*, Penerbit Eresco, Bandung.

Suyitno, H., dan Sagita, N., 2001, *Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Gergajian Batu Andesit Terhadap Kuat Desak Dan Kuat Lentur Beton*, Yogyakarta.

Siswadi, sarjono , W.,wigroho, ervianto *Analisis Struktur Statis Tertentu*,Penerbit Universitas Atmajaya,Yogyakarta

Vis, W.C., dan G.H.Kusuma, 1994, *Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T 15 1991 03 Seri 1*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Vis, W.C., dan G.H.Kusuma., 1994, *Grafik Dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T 15 1991 03 Seri 4*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Vis, W.C., dan Sagel, R.., 1987, *Perhitungan Perencanaan Sederhna Untuk Beton Bertulang*, , Stavo, Neverland.

Windasari, W., dan Darmiyanti, L., 2004, *Pengaruh Jarak Dukungan Lateral Terhadap Kapasitas Lentur Balok Vierendeel*, Yogyakarta.

LAMPIRAN 1

MIX DESIGN BALOK BETON VIERENDEEL

DENGAN STANDAR PU

MIX DESIGN MENURUT STANDAR PU

FORMULIR PERANCANGAN ADUKAN BETON

No	URAIAN	JUMLAH	SATUAN
1	Kuat tekanyang disyaratkan pada umur 28 hari	.....	MPa
2	Deviasi standar (S)	.....	MPa
3	Nilai tambah (M)	.....	MPa
4	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan (f'cr)	.....	MPa
5	Jenis semen (biasa/cepat keras)	.....	
6	Jenis agregat kasar (alami/batu pecah)	.....	
	Jenis agregat halus(alami/pecahan)	.....	
7	Faktor air semen (gb. 4.1, tb. 4.1 & gb. 22)	.....	
8	Faktor air semem maksimum(tb. 4.2)	.....	
	>>dipakai faktor air semen yang terendah	.....	
9	Nilai Slump (tb. 4.5)	.....	mm
10	Ukuran maksimum agregat kasar	.....	mm
11	Kebutuhan air (tb. 4.6)	.....	ltr
12	Kebutuhan semen portland (dari butir 8 &11)	.....	kg
13	Kebutuhan semen portland minimum (tb. 4.8, 4.8, 4.10)	.....	kg
14	>>dipakai kebutuhan semen portland	.....	kg
15	Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen	.....	
16	Daerah gradasi agregat halus (tb. 4.11)	.....	1,2,3,4
17	Persen berat agregat halus terhadap campuran (gb 4.5)	.....	%
18	Berat jenis agregat campuran (dihitung)	.....	t/m3
19	Berat jenis beton (gb. 4.6)	.....	kg/m3
20	Kebuthan agregat (butir 19-11-14)	.....	kg/m3
21	Kebutuhan agregat halus (butir 17x20)	.....	kg/m3
22	Kebutuhan agregat kasar (butir 20-21)	.....	kg/m3

KESIMPULAN						
Volume	Berat total	Air	Semen	Ag.halus	Ag.kasar	Satuan
1m3	.....	.....	.....	.....	.....	kg
1 adukan	.....	.....	.....	.....	.....	kg
1 campuran	.....	.....	.....	.....	.....	kg

Tabel 4.1. Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan FAS 0,50

Jenis semen	Jenis agregat kasar (kerikil)	Umur beton (hari)			
		3	7	28	91
I,II,III	Alami	17	23	33	40
	Batu pecah	19	27	37	45
IV	Alami	21	28	38	44
	Batu pecah	25	33	44	48

Tabel 4.2. Persyaratan FAS Maksimum Untuk Berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus

Jenis Pembetonan	FAS maksimum
Beton dalam ruang bangunan:	
a. Keadaan keliling non korosif	0,6
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	0,52
Beton diluar ruang bangunan:	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,52
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,6
Beton yang masuk kedalam tanah:	
a. Mengalami kedaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	Lihat tabel
Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar/ payau/laut	Lihat tabel

Tabel 4.3. FAS untuk Beton Bertulang dalam Air

Berhubungan dengan	Tipe semen	FAS
Air tawar	Semua tipe I-V	0,5
Air payau	Tipe I + pozolan (15-40%) atau P.C.Pozolan	0,45
	Tipe II atau V	0,5
air laut	Tipe II atau V	0,45

Tabel 4.5. Penetapan Nilai Slump (cm)

Pemakaian beton	maksimal	minimal
Dinding, pelat fondasi & fondasi telapak bertulang	12,5	5
Fondasi telapak tidak bertulang, kaison & struktur dibawah tanah	9	2,5
Pelat, balok, kolom & dinding	15	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5
Pembetonan masal	7,5	2,5

Tabel 4.6. Perkiraan Kebutuhan Air per Meter Kubik Beton (liter)

Besar ukuran maksimal kerikil (mm)	Jenis batuan	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Dari tabel diatas jika agregat halus dan agregat kasar yang dipakai memiliki jenis berbeda (alami dan pecahan) digunakan rumus:

$$A = 0{,}67A_h + 0{,}33A_k$$

dengan: A = jumlah air yang dibutuhkan (liter/m^3)

A_h = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halusnya

A_k = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasarnya

Tabel 4.8. Kandungan Semen Minimum untuk Beton Bertulang dalam Air

Berhubungan dengan	Tipe semen	Kandungan semen minimum ukuran maksimum agregat (mm)	
		40	20
Air tawar	Semua tipe I-V	280	300
Air payau	Tipe I + pozolan (15-40%) atau P.C.Pozolan	340	380
	Tipe II atau V	290	330
air laut	Tipe II atau V	330	370

Tabel 4.9. kandungan semen minimum untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat

Konsentrasi sulfat (SO_3)			jenis semen	kandungan semen minimum (kg/m^3) ukuran maksimum agregat (mm)		
Total SO_3 3%	SO_3 dalam campuran air:tanah = 2:1(g/l)	SO_3 dalam tanah (g/l)		40	20	10
<0,2	<1	<0,3	tipe I dengan atau tanpa pozolan (15-40%)	20	300	350
0,2-0,5	1-1,9	0,3-1,2	tipe I tanpa pozolan	290	330	380
			tipe I dengan pozolan (15-40%) atau PCP	250	290	430
0,5-1	1,9-3,1	1,2-2,5	tipe I dengan pozolan (15-40%) atau PCP	340	380	430
			Tipe II atau V	290	330	380
1,2-2	3,1-5,6	2,5-5	Tipe II atau V	330	370	420
2	>5,6	>5	Tipe II atau V dan lapisan pelindung	330	370	420

Tabel 4.10. Kebutuhan semen minimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus

Jenis Pembetonan	Kebutuhan semen
Beton dalam ruang bangunan:	
a. Keadaan keliling non korosif	275
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	
Beton diluar ruang bangunan:	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275
Beton yang masuk kedalam tanah:	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	Lihat tabel 4.9
Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar, payau, laut	Lihat tabel 4.8

Tabel 4.11. Gradasi Pasir

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90 – 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,4	60 – 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,2	30 – 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,5	15 – 34	35 - 53	60 - 79	80 - 100
0,3	5 – 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,15	0 – 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

Berikut hasil perhitungan untuk tiap sampel benda uji

1. Mix design untuk *f'c* 15

No	URAIAN	JUMLAH	SATUAN
1	Kuat tekanyang disyaratkan pada umur 28 hari	15	MPa
2	Deviasi standar (S)	7	MPa
3	Nilai tambah (M)	12	MPa
4	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan (f'cr)	27	MPa
5	Jenis semen (biasa/cepat keras)	biasa	
6	Jenis agregat kasar (alami/batu pecah)	batu pecah	
	Jenis agregat halus(alami/pecahan)	alami	
7	Faktor air semen	0,5	
8	Faktor air semem maksimum	0,6	
	>>dipakai faktor air semen yang terendah	0,5	
9	Nilai Slump	100	mm
10	Ukuran maksimum agregat kasar	10	mm
11	Kebutuhan air	233,25	ltr
12	Kebutuhan semen portland	466,5	kg
13	Kebutuhan semen portland minimum	275	kg
14	>>dipakai kebutuhan semen portland	466,5	kg
15	Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen	tetap	
16	Daerah gradasi agregat halus	2	1,2,3,4
17	Persen berat agregat halus terhadap campuran	44,5	%
18	Berat jenis agregat campuran (dihitung)	2,6	t/m3
19	Berat jenis beton	2320	kg/m3
20	Kebutuhan agregat	1620,25	kg/m3
21	Kebutuhan agregat halus	721,01125	kg/m3
22	Kebutuhan agregat kasar	899,23875	kg/m3

KESIMPULAN						
Volume	Berat total	Air	Semen	Ag.halus	Ag.kasar	Satuan
1m3	2320	233,25	466,5	721,0113	899,2388	kg
Campuran netto	277,9546	27,94522	55,89043	86,38292	107,736	kg

2. Mix design untuk *f'c* 20

No	URAIAN	JUMLAH	SATUAN
1	Kuat tekanyang disyaratkan pada umur 28 hari	20	MPa
2	Deviasi standar (S)	7	MPa
3	Nilai tambah (M)	12	MPa
4	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan (f'cr)	32	MPa
5	Jenis semen (biasa/cepat keras)	biasa	
6	Jenis agregat kasar (alami/batu pecah)	batu pecah	
	Jenis agregat halus(alami/pecahan)	alami	
7	Faktor air semen	0,48	
8	Faktor air semem maksimum	0,6	
	>>dipakai faktor air semen yang terendah	0,48	
9	Nilai Slump	100	mm
10	Ukuran maksimum agregat kasar	10	mm
11	Kebutuhan air	233,25	ltr
12	Kebutuhan semen portland	485,9375	kg
13	Kebutuhan semen portland minimum	275	kg
14	>>dipakai kebutuhan semen portland	485,9375	kg
15	Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen	tetap	
16	Daerah gradasi agregat halus	2	1,2,3,4
17	Persen berat agregat halus terhadap campuran	46	%
18	Berat jenis agregat campuran (dihitung)	2,6	t/m3
19	Berat jenis beton	2320	kg/m3
20	Kebutuhan agregat	1600,8125	kg/m3
21	Kebutuhan agregat halus	736,37375	kg/m3
22	Kebutuhan agregat kasar	864,43875	kg/m3

KESIMPULAN						
Volume	Berat total	Air	Semen	Ag.halus	Ag.kasar	Satuan
1m3	2320	233,25	485,9375	736,3738	864,4388	kg
Campuran netto	277,9546	27,94522	58,2192	88,22347	103,5667	kg

LAMPIRAN 2

HASIL PENGUJIAN BALOK BETON VIERENDEEL

HASIL PENGUJIAN BALOK *VIERENDEEL* BETON *f'*c 15

No	P (KN)	DEFLEKSI (...XE-02)		
		Dial 1	Dial 2	Dial 3
0	0	0	0	0
1	3,5	0	0	0,19
2	5,25	0	0	0,58
3	7	0,3415	0,9	90,99
4	8,75	0,3415	0,9	100,17
5	10,5	90,69	131,5	101
6	14	90,85	100,93	100,17
7	17,5	100,3	100,18	110,53
8	21	500,8113	500,13	480,84
9	24,5	700,9175	750,89	670,899
10	28	900,22	1000,92	900,1
11	29,75	1100,89	1200,88	1070,823
12	31,5	1200,89	1300,945	1150,825
13	33,25	1350,5	1500,915	1350,842
14	33,25	1500,935	1700,9	1500,42
15	35	1150,415	1350,9	1680,93
16	35	1580,99	2100,99	1810,55
17	35	1950,44	2250,9	2000,8
18	35	2100	2400,9	2120,57

Jogjakarta,31 Oktober 2004

Mengetahui

Kepala Lab.Struktur

Laboran

(Ir. Fathurrohman N.MT)

(Aris Sunanto)

HASIL PENGUJIAN BALOK *VIERENDEEL* BETON *f'c* 20

No	P (KN)	DEFLEKSI (...XE-02)		
		Dial 1	Dial 2	Dial 3
0	0	0	0	0
1	3,5	0,2	0,7	0,19
2	7	30,545	50,845	30,6
3	10,5	99,9	100,4	99,9
4	14	120,48	150,825	110,52
5	17,5	600,25	680,9	550,832
6	21	800,865	900,98	720,91
7	24,5	1000	1150,95	900,35
8	28	1200,14	1390,89	1110,42
9	31,5	1450,485	1800,88	1510,4
10	35	1900,18	2200,93	1800,291
11	35	2300,5	2700,975	2230,422

Jogjakarta,31 Oktober 2004

Mengetahui

Kepala Lab.Struktur

Laboran

(Ir. Fathurrohman N.MT)

(Aris Sunanto)

HASIL PENGUJIAN BALOK *VIERENDEEL* BETON *f'c* 30

No	P (KN)	DEFLEKSI (...XE-02)		
		Dial 1	Dial 2	Dial 3
0	0	0	0	0
1	3,5	0	0,12	41
2	7	0	0,18	55
3	10,5	0	0,25	72
4	14	65	1,2	125
5	17,5	80	223	144
6	21	478	540	480
7	24,5	625	734,5	620
13	38,5	2022	2580	1923
14	38,5	2162	2580	2103
15	40,25	2300	2580	2248

Jogjakarta,31 Oktober 2004

Mengetahui

Kepala Lab.Struktur

Laboran

(Ir. Fathurrohman N.MT)

(Aris Sunanto)

LAMPIRAN 3

1. HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK BETON

2. HASIL PENGUJIAN KUAT KUAT TARIK BAJA

3. BEBAN TRANSVERSAL

PENGUJIAN TARIK BAJA DAN KUAT DESAK BETON

A. Hasil Uji Kuat Tarik Baja

Tabel 1. Hasil pengujian kuat tarik baja

No	Sampel	Diameter	Luas tampang	Teg.Leleh	Teg. Max	Putus	*Fy* (Mpa)	*Fu* (Mpa)
1	1	0,66	0,341946	1060	1580	1220	309,99	462,0613
2	2	0,61	0,2920985	1120	1580	1220	383,432	540,9134
3	3	0,66	0,341946	1070	1540	1240	312,915	450,3635
						Rata-rata	335,446	484,4461

B. Hasil Uji Kuat Desak Beton

Tabel 2 Hasil pengujian kuat desak beton

No	sampel	Ukuran		luas	Berat	Berat/volume	P max	f'c	Kuat Desak
	Mpa	D(cm)	tinggi (cm)	tampang	kg	kg/m3	KN	MPa	MPa
1	fc 15	15,02	30	177,096	12,4	2333,947	580	32,751	20,751
2	fc 20	15	29,55	176,625	12,5	2394,972	650	36,801	24,801
3	fc 25	14,9	29,75	174,278	12,3	2372,335	730	41,887	29,887
4	fc 30	15,08	29,79	178,514	12,6	2369,342	890	49,856	37,856

Kuat desak = $f'c - fr$

$fr = 1{,}64 \times S$

Dimana :

1. Mutu beton sampel 1 = 20,751 MPa
2. Mutu beton sampel 2 = 24,801 MPa
3. Mutu beton sampel 3 = 29,887 MPa
4. Mutu beton sampel 4 = 37,856 Mpa

C. Data Hasil Pengujian Kuat Desak Silinder Beton Dan Tegangan Yang Terjadi

Tabel 3. Hubungan Kuat Desak dan Regangan pada silinder beton

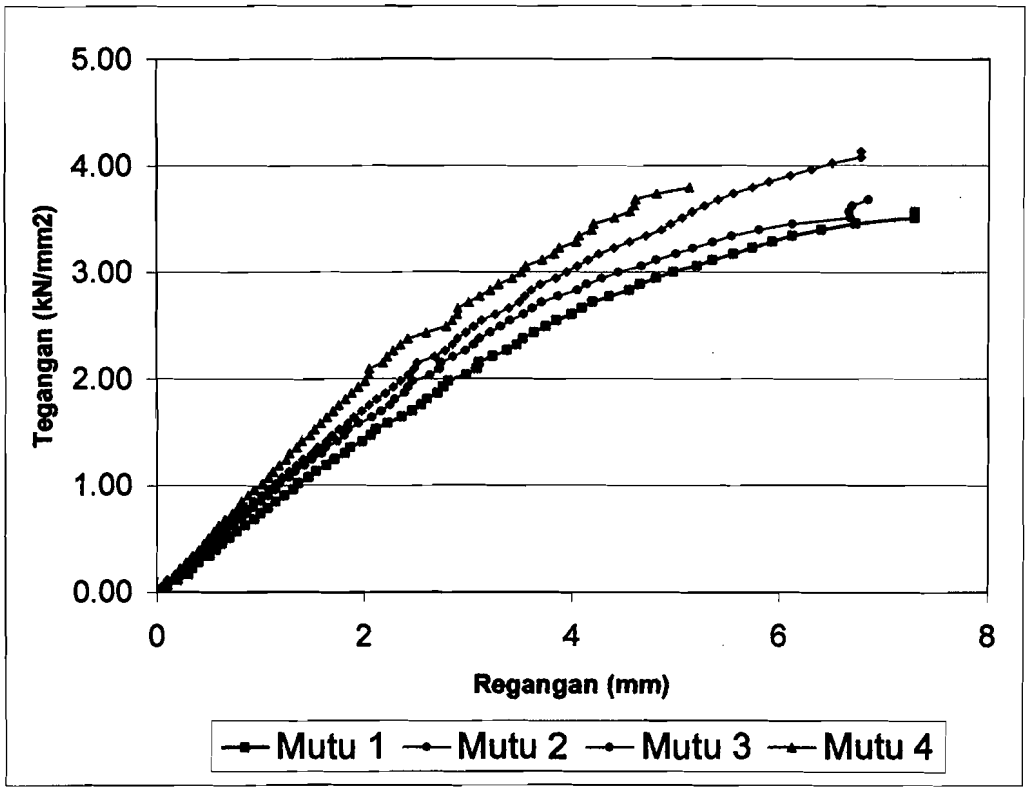
Beban	Tegangan	Regangan (mm)			
KN	(kN/mm²)	Silinder 1	Silinder 2	Silinder 3	Silinder 4
10	0,1	0,1	0,09	0,05	0,06
20	0,113	0,2	0,16	0,1	0,1
30	0,170	0,3	0,22	0,18	0,18
40	0,226	0,34	0,28	0,25	0,22
50	0,283	0,4	0,36	0,3	0,28
60	0,340	0,51	0,42	0,35	0,34
70	0,396	0,57	0,49	0,42	0,4
80	0,453	0,63	0,55	0,49	0,45
90	0,510	0,7	1,41	0,55	0,5
100	0,566	0,77	1,48	0,61	0,55
110	0,623	0,85	2,34	0,68	0,6
120	0,679	0,94	2,39	0,74	0,66
130	0,736	1	2,88	0,8	0,73
140	0,793	1,07	2,92	0,86	0,78
150	0,849	1,15	2,98	0,94	0,82
160	0,906	1,23	3,05	1,01	0,88
170	0,962	1,32	3,12	1,08	0,94
180	1,019	1,37	3,18	1,15	1,02
190	1,076	1,47	3,25	1,21	1,08
200	1,132	1,54	3,3	1,28	1,12
210	1,189	1,64	3,4	1,35	1,18
220	1,246	1,72	3,48	1,41	1,25
230	1,302	1,82	3,58	1,5	1,28
240	1,359	1,87	3,68	1,55	1,35
250	1,415	1,99	3,78	1,64	1,4
260	1,472	2,07	3,85	1,69	1,48
270	1,529	2,12	3,95	1,76	1,52
280	1,585	2,23	4,04	1,84	1,58
290	1,642	2,37	4,12	1,9	1,64

Lanjutan tabel 3

300	1,699	2,47	4,22	1,98	1,7
310	1,755	2,56	4,27	2,05	1,75
320	1,812	2,62	4,35	2,12	1,82
330	1,868	2,72	4,42	2,2	1,88
340	1,925	2,77	4,5	2,28	1,94
350	1,982	2,82	4,57	2,35	2,01
360	2,038	3	4,65	2,43	2,04
370	2,095	3,1	4,7	2,48	2,05
380	2,151	3,12	4,8	2,51	2,18
390	2,208	3,25	4,87	2,68	2,22
400	2,265	3,39	4,89	2,78	2,28
410	2,321	3,48	5,07	2,85	2,35
420	2,378	3,54	5,2	2,9	2,42
430	2,435	3,65	5,35	2,99	2,6
440	2,491	3,76	5,46	3,06	2,79
450	2,548	3,86	5,58	3,14	2,85
460	2,604	4	5,65	3,27	2,9
470	2,661	4,1	5,8	3,4	2,91
480	2,718	4,2	6	3,5	3,02
490	2,774	4,36	6,07	3,55	3,12
500	2,831	4,55	6,2	3,61	3,22
510	2,887	4,65	6,28	3,7	3,3
520	2,944	4,8	6,35	3,85	3,43
530	3,001	4,97	6,5	3,95	3,52
540	3,057	5,2	6,63	4,05	3,56
550	3,114	5,35	6,72	4,15	3,72
560	3,171	5,55	6,89	4,25	3,83
570	3,227	5,73	6,9	4,4	3,88
580	3,284	5,93	6,96	4,55	4,04
590	3,340	6,12	7,07	4,7	4,06
600	3,397	6,4	7,23	4,85	4,18
610	3,454	6,73	7,4	4,94	4,2
620	3,510	7,3	7,52	5,05	4,4
630	3,567	7,3	7,65	5,15	4,55
640	3,623		7,85	5,27	4,59

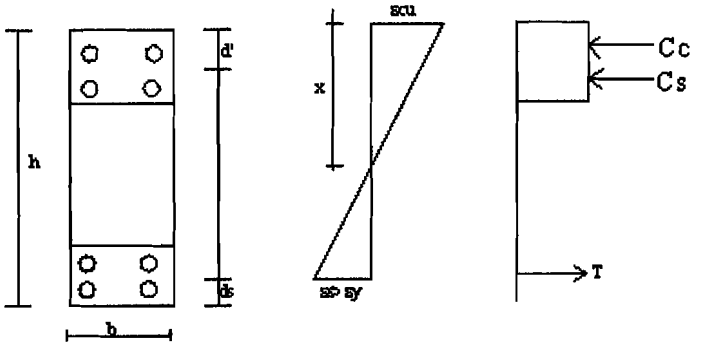
Lanjutan tabel 3.

650	3,680		7,85	5,4	4,6
660	3,737			5,55	4,8
670	3,793			5,73	5,12
680	3,850			5,89	
690	3,907			6,1	
700	3,963			6,3	
710	4,020			6,5	
720	4,076			6,78	
730	4,133			6,78	

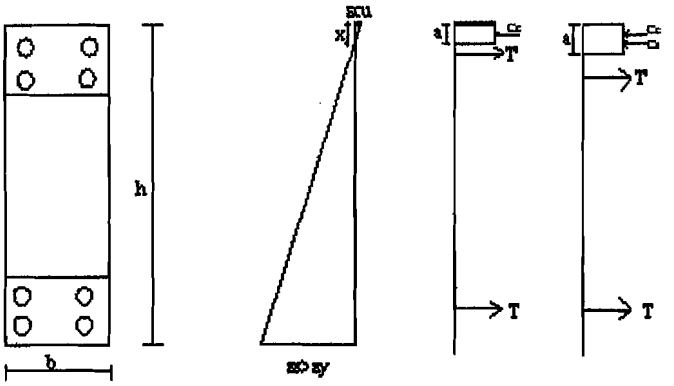


Gambar 1. Grafik Tegangan Regangan Pada Silinder Beton

Secara teoritis balok tepi bagian atas dianggap menerima desak seluruhnya dan balok tepi bagian bawah menerima tarik.



Gambar 2. Diagram blok tekan tulangan rangkap



Gambar 3. Diagram blok tekan tulangan rangkap dengan kontrol niali a

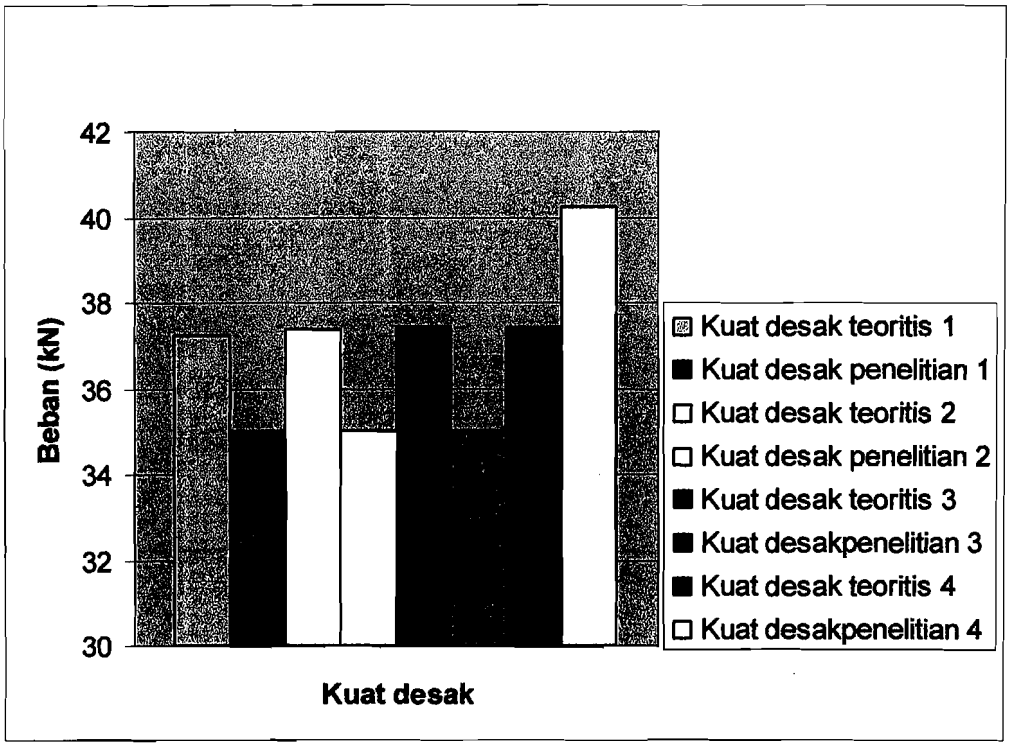
Tabel 4. Perhitungan beban transversal teoritis

F'c	20.750	24.800	29.800	37.850	Mpa
fy	300.000	300.000	300.000	300.000	Mpa
b	120.000	120.000	120.000	120.000	mm
h	500.000	500.000	500.000	500.000	mm
d'=ds	60.000	60.000	60.000	60.000	mm
d	440.000	440.000	440.000	440.000	mm
n tarik	4.000	4.000	4.000	4.000	
n tekan	4.000	4.000	4.000	4.000	
D tarik	6.500	6.500	6.500	6.500	mm
D tekan	6.500	6.500	6.500	6.500	mm

Lanjutan tabel 4					
As	132.786	132.786	132.786	132.786	mm2
As'	132.786	132.786	132.786	132.786	mm2
B1	0.850	0.850	0.850	0.787	
Cs=As'(Fy-0,85Fc')	37493.706	37036.591	36472.252	35563.666	N
T=As*Fy	39835.714	39835.714	39835.714	39835.714	N
a=T-Cs/0,85*f'c*b	1.107	1.107	1.107	1.107	mm
Cc=0,85*Fc'*b*a	2342.008	2799.123	3363.462	4272.048	N
x=a/B1	1.302	1.302	1.302	1.406	mm
Tegangan-Regangan					
Es'=x-d'/x*Ecu	0.135	0.135	0.135	0.125	
Es=d-x/x*Ecu	1.149	1.149	1.149	1.064	
Ey=Fy/Es	0.002	0.002	0.002	0.002	
Jadi	**T tarik tlh leleh**	**T tarik tlh leleh**	**T tarik tlh leleh**	**T tarik tlh leleh**	
	T tekan tlh leleh	**T tekan tlh leleh**	**T tekan tlh leleh**	**T tekan tlh leleh**	
Sebagai tul. Sebelah					
Mn=T(d-a/2)	17.506	17.506	17.506	17.506	kNm
Mu=0,8*Mn=1,2Md+1,6Ml	14.005	14.005	14.005	14.005	kNm
Md=1/8*q*l^2	3.110	3.110	3.110	3.110	kNm
Ml=Mmax=P/2*1,152	6.420	6.420	6.420	6.420	kNm
P	11.146	11.146	11.146	11.146	kN
Sebagai tul. Rangkap					
fs'=Es'*Es	300.000	300.000	300.000	300.000	N
Cs=As'*(Fs'-0,85*f'c)	37493.706	37036.591	36472.252	35563.666	N
T=Cc+Cs=As*fs	39835.714	39835.714	39835.714	39835.714	N
T'=As'*fy	39835.714	39835.714	39835.714	39835.714	N
Jadi Cc=T+T'					
a=T+T'/0,85*f'c*b	37.643	31.496	26.211	20.637	mm
x=a/B1	44.286	37.054	30.837	26.215	mm
Es'=x-d'/x*Ecu	0.001	0.002	0.003	0.004	
fs'=Es'*Es	212.900	371.562	567.442	773.255	Mpa
Es=d-x/x*Ecu	0.031	0.037	0.046	0.054	
Kontrol reg. Tul. Tarik	**T tarik tlh leleh**	**T tarik tlh leleh**	**T tarik tlh leleh**	**T tarik tlh leleh**	
Cc=0,85*Fc'*b*a	79671.429	79671.429	79671.429	79671.429	N
Cs=As'*(Fs'-0,85*f'c)	18729.811	18501.461	18219.548	17765.668	N
dari "a" maka d'=3+(O/2)	6.25	6.25	6.25	6.25	mm
Mn=Cc(h-a/2)+Cs(h-d')	47.584	47.716	47.787	47.785	kNm
Md=1/8*q*l^2	3.110	3.110	3.110	3.110	kNm
Mu=0,8*Mn=1,2Md+1,6Ml	38.067	38.173	38.230	38.228	kNm
Ml=Mmax=P/2*1,152	21.459	21.525	21.561	21.560	kNm
P	**37.256**	**37.370**	**37.432**	**37.430**	kN

Tabel 5. Beban transversal maksimum penelitian-teoritis balok beton *vierendeel* dengan variasi kuat desak

No	Variasi kuat desak Mpa	P max penelitian kN	P teoritis kN	P max penelitian (%)
1	20,751	35	37.256	86,960
2	24,801	35	37.370	86,960
3	29,887	35	37.432	86,960
4	37,856	40,25	37.430	100,000



Gambar 2. Grafik hubungan kuat desak dan beban transversal maksimum teoritis-penelitian *vierendeel*

LAMPIRAN 4

HASIL ANALISIS BALOK BETON VIERENDEEL

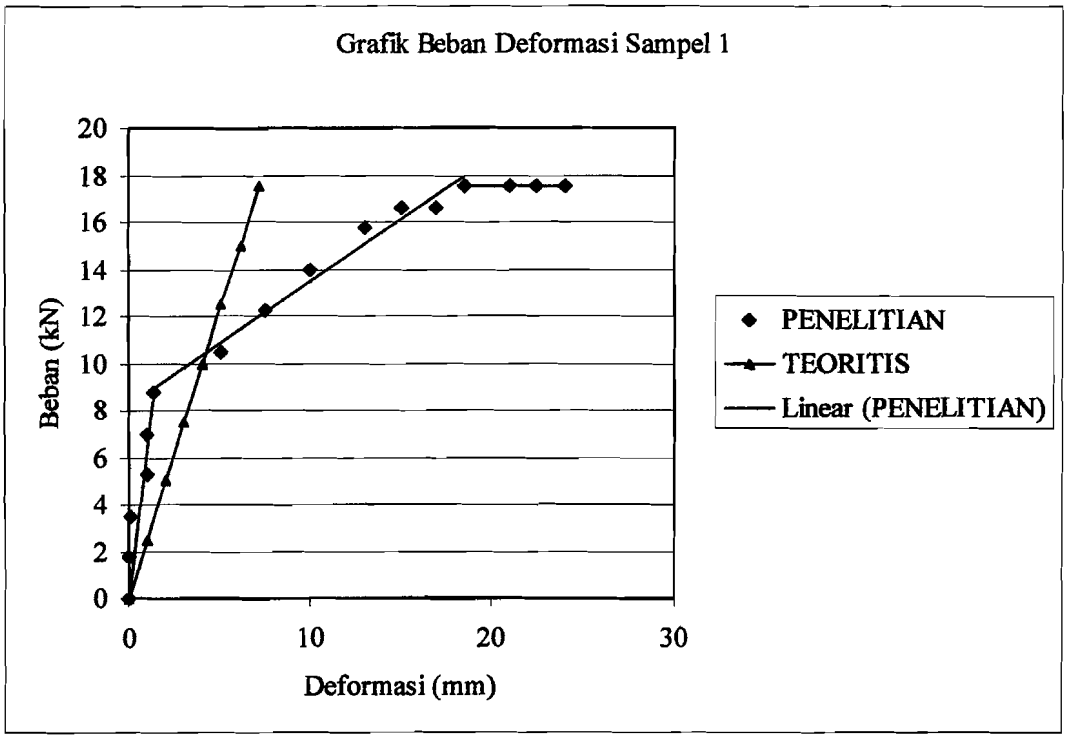
A. Hubungan Kuat Lentur Berdasarkan Hubungan Beban-Deformasi Teoritis dan Penelitian

Tabel 1. Tabel Deformasi tampang balok secara teoritis untuk mutu 1

P (kN)	L (mm)	a (mm)	E	I (mm4)	M max (kNm)	lendutan	lendutan pd X
0	2880	1152	21409,519	107424	0,000	0,000	0,000
5	2880	1152	21409,519	107424	2,880	1,021	0,818
10	2880	1152	21409,519	107424	5,760	2,043	1,636
15	2880	1152	21409,519	107424	8,640	3,064	2,454
20	2880	1152	21409,519	107424	11,520	4,085	3,272
25	2880	1152	21409,519	107424	14,400	5,107	4,090
30	2880	1152	21409,519	107424	17,280	6,128	4,908
35	2880	1152	21409,519	107424	20,160	7,149	5,726

Tabel 2. Tabel Beban- Deformasi penelitian mutu 1

P (kN)	P/2 (kN)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)
0	0	0	0	0
3,5	1,75	0	0	0,002
7,0	3,50	0,103	0,101	0,110
10,5	5,25	0,907	1,002	1,010
14,0	7,00	0,909	1,009	1,002
17,5	8,75	1,200	1,315	1,215
21,0	10,50	4,008	5,001	4,808
24,5	12,25	7,009	7,509	6,709
28,0	14,00	9,002	10,009	9,001
31,5	15,75	12,009	13,009	11,508
33,3	16,63	13,505	15,009	13,508
33,3	16,63	15,309	17,009	15,404
35,0	17,50	16,604	18,509	16,609
35,0	17,50	18,810	21,010	18,106
35,0	17,50	19,504	22,509	20,008
35,0	17,50	21,192	24,009	21,206



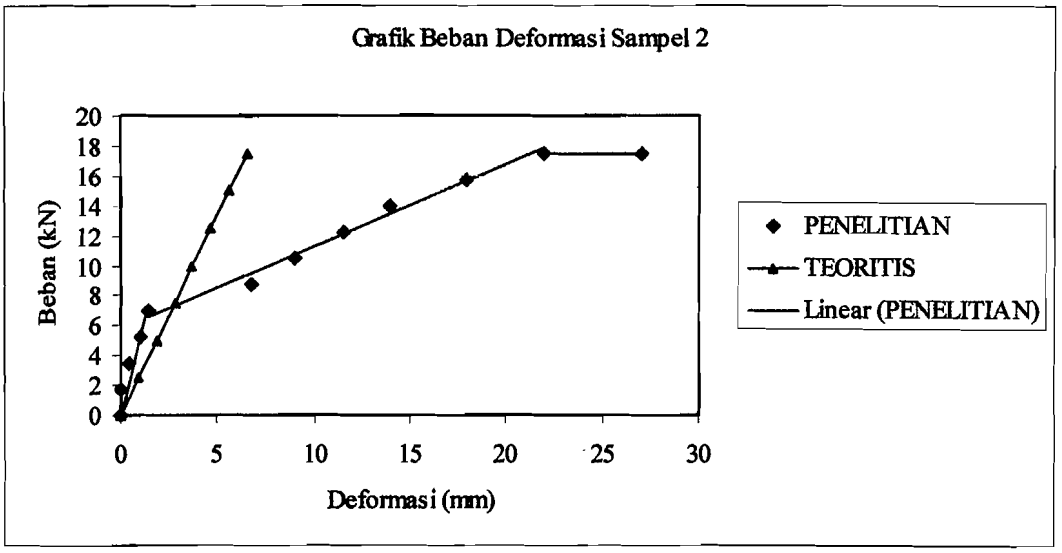
Gambar 2 Grafik hubungan beban-deformasi teoritis-penelitian mutu 1

Tabel 3. Tabel Deformasi tampang balok secara teoritis untuk mutu 2

P (kN)	L (mm)	a (mm)	E	I (mm4)	M max (kNm)	lendutan	lendutan pd X
0	2880	1152	23405,811	107424	0,000	0,000	0,000
5	2880	1152	23405,811	107424	2,880	0,934	0,748
10	2880	1152	23405,811	107424	5,760	1,868	1,496
15	2880	1152	23405,811	107424	8,640	2,803	2,245
20	2880	1152	23405,811	107424	11,520	3,737	2,993
25	2880	1152	23405,811	107424	14,400	4,671	3,741
30	2880	1152	23405,811	107424	17,280	5,605	4,489
35	2880	1152	23405,811	107424	20,160	6,540	5,237

Tabel 4. Tabel Beban- Deformasi penelitian mutu 2

P (kN)	P/2 (kN)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)
0	0	0	0	0
3,5	1,8	0,002	0,007	0,002
7,0	3,5	0,315	0,408	0,326
10,5	5,3	0,999	1,104	0,999
14,0	7,0	1,205	1,508	1,105
17,5	8,8	6,003	6,809	5,508
21,0	10,5	8,009	9,010	7,209
24,5	12,3	10,002	11,510	9,004
28,0	14,0	12,001	13,909	11,104
31,5	15,8	14,505	18,009	15,104
35,0	17,5	19,002	22,009	18,003
35,0	17,5	23,005	27,010	22,304



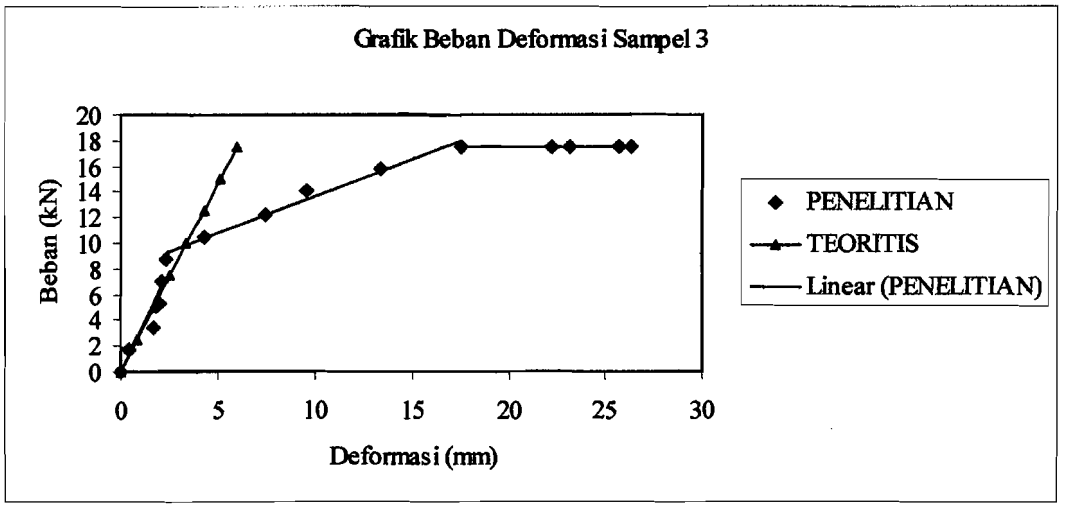
Gambar 3 Grafik hubungan beban-deformasi teoritis mutu 2

Tabel 5. Tabel Deformasi tampang balok secara teoritis untuk mutu 3

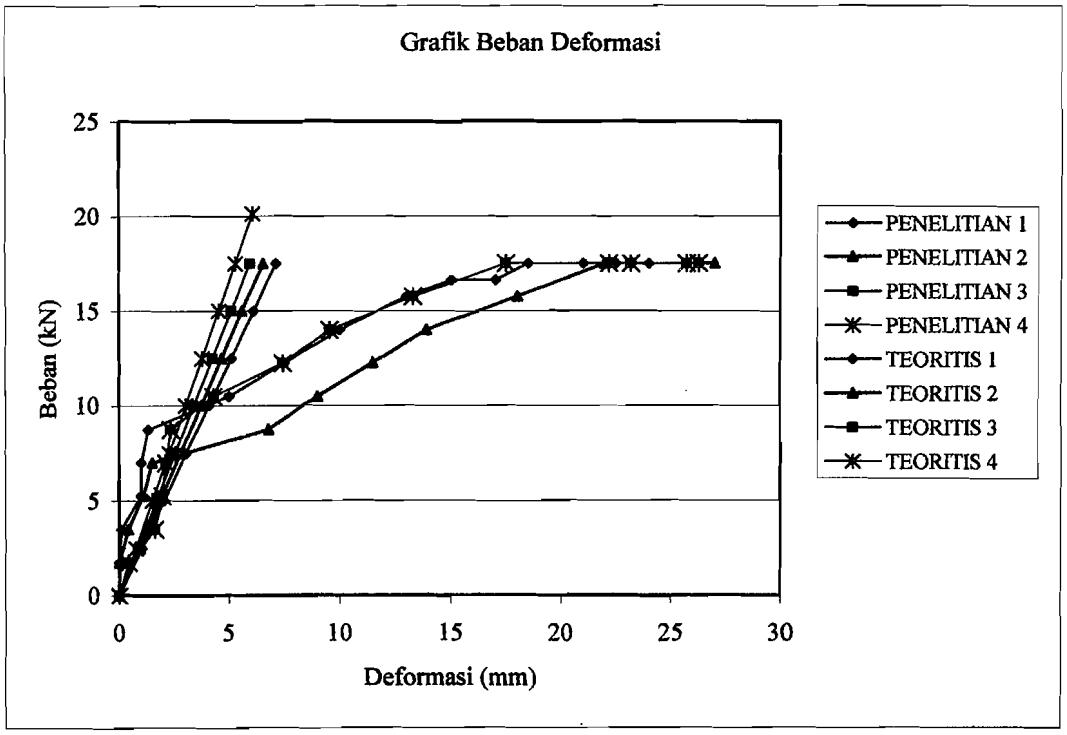
P (kN)	L (mm)	a (mm)	E	I (mm4)	M max (kNm)	lendutan	lendutan pd X
0	2880	1152	25691,423	107424	0,000	0,000	0,000
5	2880	1152	25691,423	107424	2,880	0,851	0,682
10	2880	1152	25691,423	107424	5,760	1,702	1,363
15	2880	1152	25691,423	107424	8,640	2,553	2,045
20	2880	1152	25691,423	107424	11,520	3,404	2,726
25	2880	1152	25691,423	107424	14,400	4,256	3,408
30	2880	1152	25691,423	107424	17,280	5,107	4,090
35	2880	1152	25691,423	107424	20,160	5,958	4,771

Tabel 6. Tabel Beban- Deformasi penelitian mutu 3

P (kN)	P/2 (kN)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)
0	0	0	0	0
3,5	1,75	0,150	0,420	0
7	3,50	1,170	1,630	0,507
10,5	5,25	1,320	1,960	0,908
14	7,00	1,490	2,129	1,001
17,5	8,75	1,451	2,330	1,407
21	10,50	3,380	4,280	3,008
24,5	12,25	6,106	7,460	6,257
28	14,00	8,490	9,560	8,005
31,5	15,75	11,370	13,295	11,907
35	17,50	14,850	17,480	15,305
35	17,50	19,205	22,190	19,002
35	17,50	19,521	23,195	19,807
35	17,50	21,830	25,725	22,000
35	17,50	22,139	26,280	22,162



Gambar 4. Grafik hubungan beban-deformasi teoritis mutu 3



Gambar 5. Grafik hubungan beban-deformasi teoritis dan penelitian

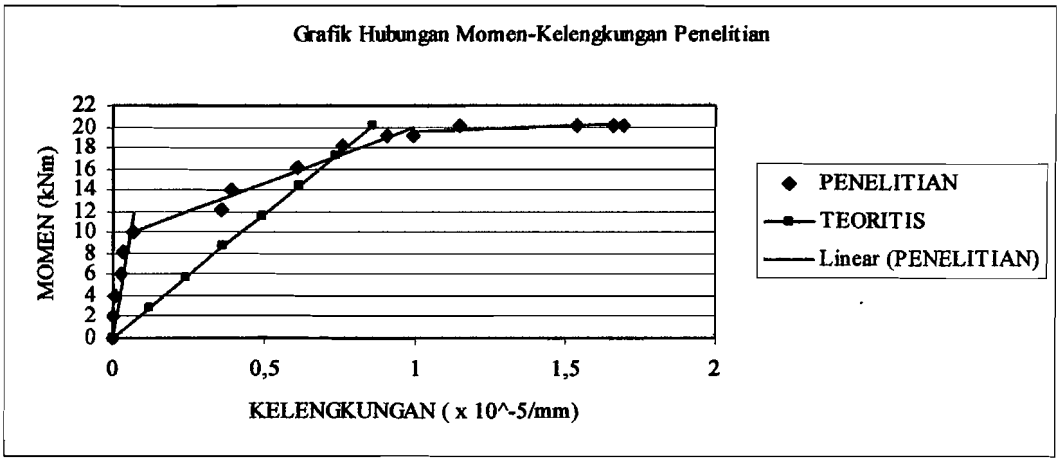
B. Kuat Lentur Berdasarkan Hubungan Momen-Kelengkungan

Tabel 9. Tabel momen-kelengkungan teoritis mutu 1

P (kN)	L (mm)	a (mm)	E	I (mm4)	M max (kNm)	kelengkungan
0	2880	1152	21409,519	107424	0,000	0,000
5	2880	1152	21409,519	107424	2,880	0,123
10	2880	1152	21409,519	107424	5,760	0,245
15	2880	1152	21409,519	107424	8,640	0,368
20	2880	1152	21409,519	107424	11,520	0,490
25	2880	1152	21409,519	107424	14,400	0,613
30	2880	1152	21409,519	107424	17,280	0,736
35	2880	1152	21409,519	107424	20,160	0,858

Tabel 10. Tabel momen-kelengkungan penelitian mutu 1

P (kN)	P/2 (kN)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	M (kNm)	kelengkungan
0	0	0	0	0	0	0
3,5	1,75	0	0	0,002	2,02	5,727E-04
7,0	3,50	0,103	0,101	0,110	4,03	3,471E-03
10,5	5,25	0,907	1,002	1,010	6,05	2,595E-02
14,0	7,00	0,909	1,009	1,002	8,06	3,267E-02
17,5	8,75	1,200	1,315	1,215	10,08	6,462E-02
21,0	10,50	4,008	5,001	4,808	12,10	3,575E-01
24,5	12,25	7,009	7,509	6,709	14,11	3,917E-01
28,0	14,00	9,002	10,009	9,001	16,13	6,074E-01
31,5	15,75	12,009	13,009	11,508	18,14	7,540E-01
33,3	16,63	13,505	15,009	13,508	19,15	9,057E-01
33,3	16,63	15,309	17,009	15,404	19,15	9,960E-01
35,0	17,50	16,604	18,509	16,609	20,16	1,147E+00
35,0	17,50	18,810	21,010	18,106	20,16	1,539E+00
35,0	17,50	19,504	22,509	20,008	20,16	1,659E+00
35,0	17,50	21,192	24,009	21,206	20,16	1,694E+00



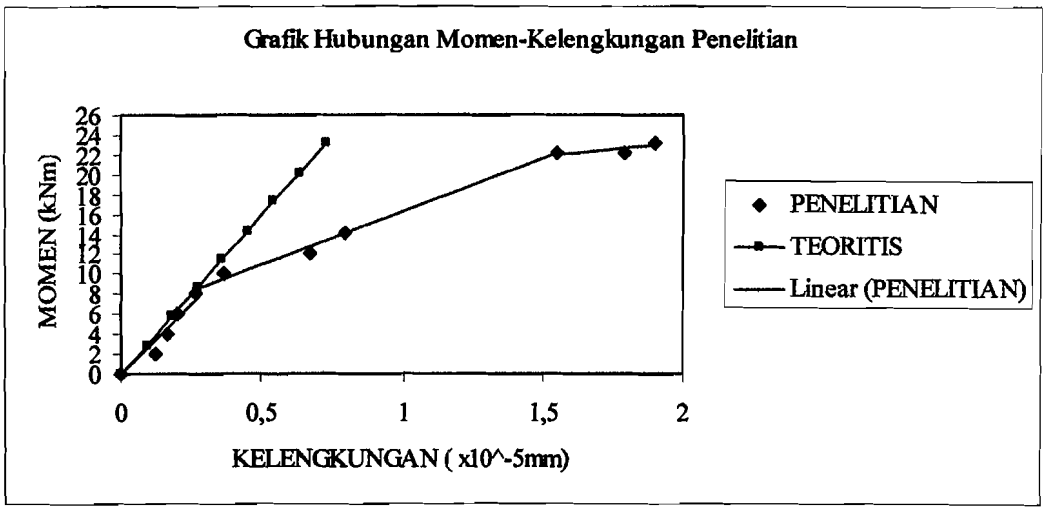
Gambar 5. Grafik hubungan momen-kelngkungan teoritis- penelitian mutu 1

Tabel 15. Tabel momen-kelengkungan teoritis mutu 4

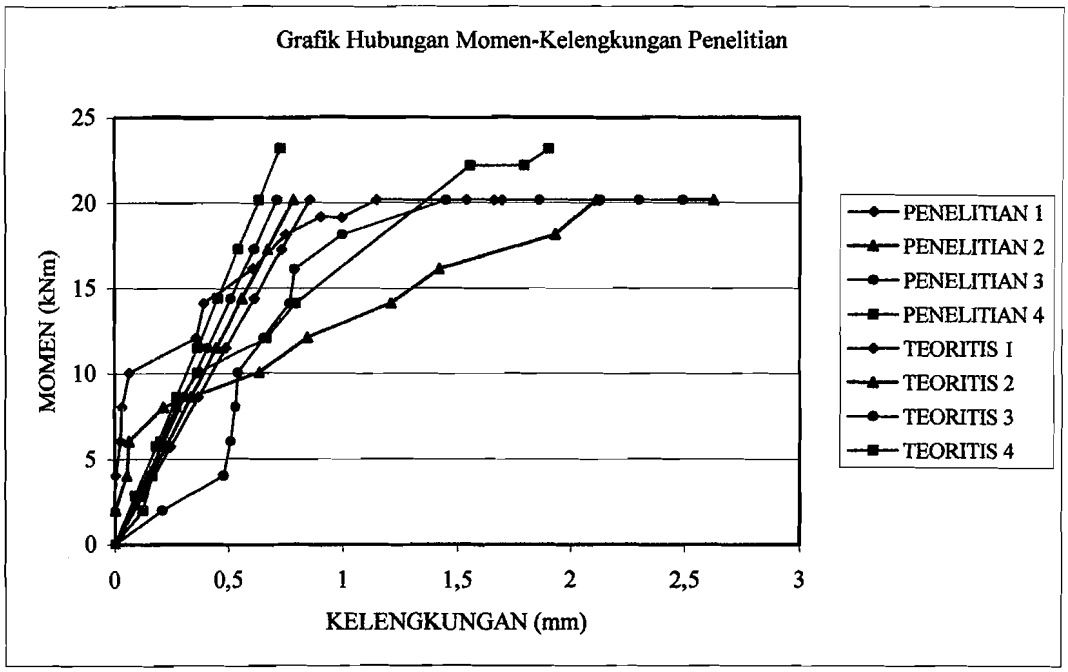
P (kN)	L (mm)	a (mm)	E	I(mm4)	M max (kNm)	kelengkungan
0	2880	1152	28915,506	107424	0,000	0,000
5	2880	1152	28915,506	107424	2,880	0,091
10	2880	1152	28915,506	107424	5,760	0,182
15	2880	1152	28915,506	107424	8,640	0,272
20	2880	1152	28915,506	107424	11,520	0,363
25	2880	1152	28915,506	107424	14,400	0,454
30	2880	1152	28915,506	107424	17,280	0,545
35	2880	1152	28915,506	107424	20,160	0,635
40,25	2880	1152	28915,506	107424	23,184	0,731

Tabel 16. Tabel momen-kelengkungan penelitian mutu 4

P (kN)	P/2 (kN)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	M (kNm)	kelengkungan
0	0	0	0	0	0	0
3,5	1,75	0	0,001	0,41	2,02	1,229E-01
7	3,50	0	0,002	0,55	4,03	1,647E-01
10,5	5,25	0	0,025	0,72	6,05	2,019E-01
14	7,00	0,65	0,501	1,25	8,06	2,705E-01
17,5	8,75	1,81	2,230	1,44	10,08	3,647E-01
21	10,50	3,78	5,400	4,80	12,10	6,691E-01
24,5	12,25	6,25	7,545	6,20	14,11	7,957E-01
38,5	19,25	18,22	20,800	18,23	22,18	1,552E+00
38,5	19,25	21,62	24,800	22,03	22,18	1,793E+00
40,25	20,13	22,81	25,800	22,48	23,18	1,902E+00



Gambar 5. Grafik hubungan momen-kelngkungan teoritis- penelitian mutu 4



Gambar 5. Grafik hubungan momen-kelngkungan teoritis- penelitian

LAMPIRAN 5

HASIL ANALISIS GARFIK Mn-Pn

Tabel 1 Tabel Hubungan Interaksi kolom untuk mutu 1

Tabel M vs PN kolom

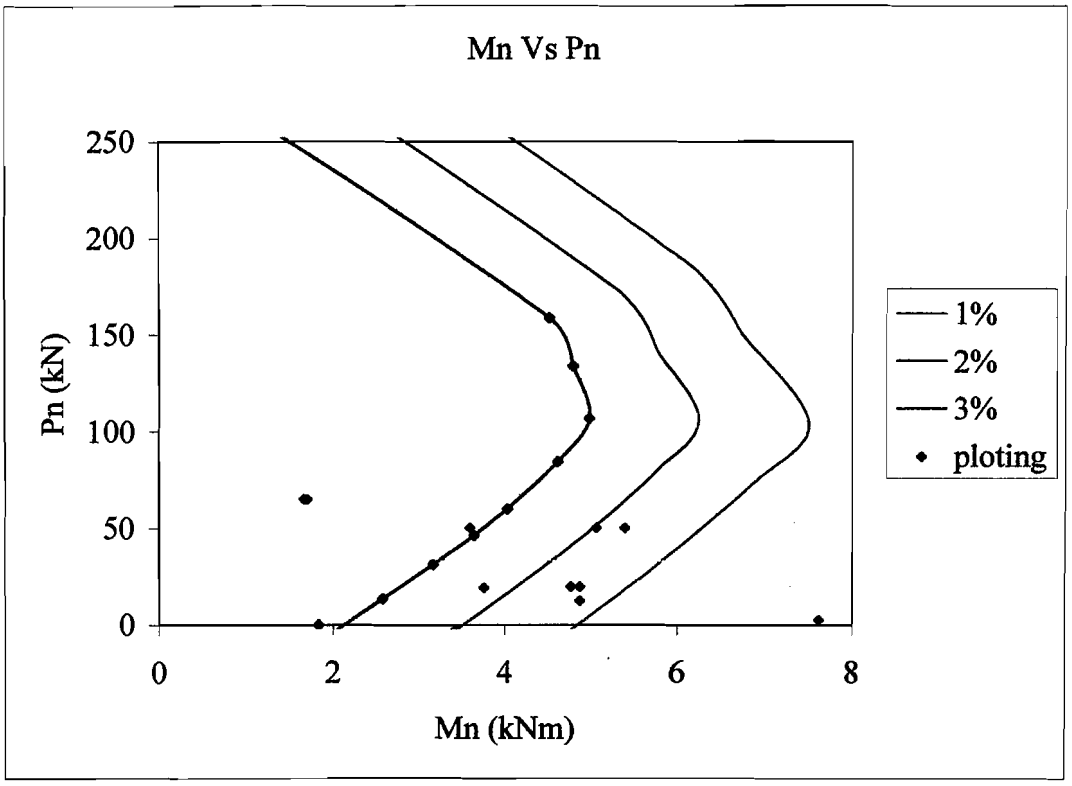
	1%				
f'c (Mpa)	20,75054048				
fy (Mpa)	300				
b (mm)	120				
h (mm)	120				
Ag(mm^2)	14400				
d' (mm)	30				
d (mm)	90				
cb (mm)	60				
fs' (Mpa)	300,00000				
fs' pakai (Mpa)	300				
Ast (mm^2)	144				
As = As' (mm)	72				
Cc (kN)	108				
Cs (kN)	20,33006692				
Ts (kN)	21,6				
PnB (kN)	107				
y (mm)	60				
Mnb (kNm)	4,981980757				
Patah Desak (c>cb)					
c ambil (mm)	40	50	60	70	80
fs' Mpa	150	240	300	342,8571429	375
fs' pakai (Mpa)	150	240	300	300	300
fs (Mpa)	750	480	300	171,4285714	75
fs pakai (Mpa)	300	300	300	171,4285714	75
a (mm)	34	42,5	51	59,5	68
Cc (kN)	71,96287438	89,95359298	107,9443116	125,9350302	143,9257488
Cs (kN)	9,530066923	16,01006692	20,33006692	20,33006692	20,33006692
Ts (kN)	21,6	21,6	21,6	12,34285714	5,4
Pn (kN)	59,89294131	84,3636599	106,6743785	133,92224	158,8558157
Mn (kNm)	4,028305606	4,614003736	4,981980757	4,789722385	4,513971476
Patah Tarik (c<cb)					
c ambil (mm)	20	25	30	35	40
a (mm)	17	21,25	25,5	29,75	34
fs' (Mpa)	-300	-120	0	85,71428571	150
fs' pakai (Mpa)	-300	-120	0	85,71428571	150
fs = fy (Mpa)	300	300	300	300	300
Cc (kN)	35,98143719	44,97679649	53,97215579	62,96751509	71,96287438
Cs (kN)	-22,86993308	-9,909933077	-1,269933077	4,901495494	9,530066923
Ts (kN)	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6
Pn (kN)	-8,488495885	13,46686341	31,10222271	46,26901058	59,89294131
Mn (kNm)	1,814946023	2,571431334	3,160086369	3,636453983	4,028305606
Saat Mn = 0					
Pn_0 (kN)	294,6467493	294,6467493	294,6467493	294,6467493	294,6467493
Lentur Murni (Pn = 0)					
a (mm)	10,20526218	10,20526218	10,20526218	10,20526218	10,20526218
Mn (kNm)	1,833783169	1,833783169	1,833783169	1,833783169	1,833783169

Tabel M vs PN kolom

	2%				
f'c (Mpa)	20,75054048				
fy (Mpa)	300				
b (mm)	120				
h (mm)	120				
Ag(mm^2)	14400				
d' (mm)	30				
d (mm)	90				
cb (mm)	60				
fs' (Mpa)	300,00000				
fs' pakai (Mpa)	300				
Ast (mm^2)	288				
As = As' (mm)	144				
Cc (kN)	108				
Cs (kN)	40,66013385				
Ts (kN)	43,2				
PnB (kN)	105				
y (mm)	60				
Mnb (kNm)	6,239882765				
Patah Desak (c>cb)					
c ambil (mm)	40	50	60	70	80
fs' Mpa	150	240	300	342,8571429	375
fs' pakai (Mpa)	150	240	300	300	300
fs (Mpa)	750	480	300	171,4285714	75
fs pakai (Mpa)	300	300	300	171,4285714	75
a (mm)	34	42,5	51	59,5	68
Cc (kN)	71,96287438	89,95359298	107,9443116	125,9350302	143,9257488
Cs (kN)	19,06013385	32,02013385	40,66013385	40,66013385	40,66013385
Ts (kN)	43,2	43,2	43,2	24,68571429	10,8
Pn (kN)	47,82300823	78,77372683	105,4044454	141,9094497	173,7858826
Mn (kNm)	4,962207614	5,742305743	6,239882765	5,769910107	5,285873483
Patah Tarik (c<cb)					
c ambil (mm)	20	25	30	35	40
a (mm)	17	21,25	25,5	29,75	34
fs' (Mpa)	-300	-120	0	85,71428571	150
fs' pakai (Mpa)	-300	-120	0	85,71428571	150
fs = fy (Mpa)	300	300	300	300	300
Cc (kN)	35,98143719	44,97679649	53,97215579	62,96751509	71,96287438
Cs (kN)	-45,73986615	-19,81986615	-2,539866155	9,802990988	19,06013385
Ts (kN)	43,2	43,2	43,2	43,2	43,2
Pn (kN)	-52,95842896	-18,04306966	8,232289634	29,57050607	47,82300823
Mn (kNm)	1,776848031	2,922133342	3,769988376	4,431498848	4,962207614
Saat Mn = 0					
Pn_0 (kN)	335,3068832	335,3068832	335,3068832	335,3068832	335,3068832
Lentur Murni (Pn = 0)					
a (mm)	20,41052435	20,41052435	20,41052435	20,41052435	20,41052435
Mn (kNm)	3,447132674	3,447132674	3,447132674	3,447132674	3,447132674

Tabel M vs PN kolom

	3%				
f'c (Mpa)	20,75054048				
fy (Mpa)	300				
b (mm)	120				
h (mm)	120				
Ag(mm^2)	14400				
d' (mm)	30				
d (mm)	90				
cb (mm)	60				
fs' (Mpa)	300,00000				
fs' pakai (Mpa)	300				
Ast (mm^2)	432				
As = As' (mm)	216				
Cc (kN)	108				
Cs (kN)	60,99020077				
Ts (kN)	64,8				
PnB (kN)	104				
y (mm)	60				
Mnb (kNm)	7,497784772				
Patah Desak (c>cb)					
c ambil (mm)	40	50	60	70	80
fs' Mpa	150	240	300	342,8571429	375
fs' pakai (Mpa)	150	240	300	300	300
fs (Mpa)	750	480	300	171,4285714	75
fs pakai (Mpa)	300	300	300	171,4285714	75
a (mm)	34	42,5	51	59,5	68
Cc (kN)	71,96287438	89,95359298	107,9443116	125,9350302	143,9257488
Cs (kN)	28,59020077	48,03020077	60,99020077	60,99020077	60,99020077
Ts (kN)	64,8	64,8	64,8	37,02857143	16,2
Pn (kN)	35,75307515	73,18379375	104,1345123	149,8966595	188,7159495
Mn (kNm)	5,896109622	6,870607751	7,497784772	6,750097829	6,057775491
Patah Tarik (c<cb)					
c ambil (mm)	20	25	30	35	40
a (mm)	17	21,25	25,5	29,75	34
fs' (Mpa)	-300	-120	0	85,71428571	150
fs' pakai (Mpa)	-300	-120	0	85,71428571	150
fs = fy (Mpa)	300	300	300	300	300
Cc (kN)	35,98143719	44,97679649	53,97215579	62,96751509	71,96287438
Cs (kN)	-68,60979923	-29,72979923	-3,809799232	14,70448648	28,59020077
Ts (kN)	64,8	64,8	64,8	64,8	64,8
Pn (kN)	-97,42836204	-49,55300274	-14,63764344	12,87200157	35,75307515
Mn (kNm)	1,738750038	3,27283535	4,379890384	5,226543713	5,896109622
Saat Mn = 0					
Pn_0 (kN)	375,967017	375,967017	375,967017	375,967017	375,967017
Lentur Murni (Pn = 0)					
a (mm)	30,61578653	30,61578653	30,61578653	30,61578653	30,61578653
Mn (kNm)	4,840048517	4,840048517	4,840048517	4,840048517	4,840048517



Gambar 5.16 Grafik Hubungan Mn-Pn Mutu 1

Tabel 5.9 Analisa kapasitas tampang elemen balok vierendeel

ELEMEN	BEBAN (Pu)	GESER (Vu)	MOMEN (M)	KETERANGAN
BL7	19,82993	-17,74936	4,868243	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL8	50,24757	-19,55686	5,393397	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL9	65,14696	-0,120992	1,701915	Pembebanan belum maksimal,batang mengalami gagal geser
KL1	12,41753	-19,82993	4,868243	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL2	2,49313	-30,41764	7,611234	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL3	19,23422	-14,8994	3,758438	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL4	19,23422	14,8994	3,758438	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL5	2,49313	30,41764	7,611234	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL6	12,41753	19,82993	4,868243	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL10	50,24757	19,55686	5,393397	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL11	19,82993	17,74936	4,868243	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL12	19,82993	-12,21587	4,763509	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL13	50,24757	-9,238774	5,062071	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL14	65,14696	-7,0793E-14	1,66859	Pembebanan belum maksimal,batang mengalami gagal geser
BL15	50,24757	9,480758	3,583181	Pembebanan belum maksimal,batang mengalami gagal geser
BL16	19,82993	12,21587	4,763509	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur

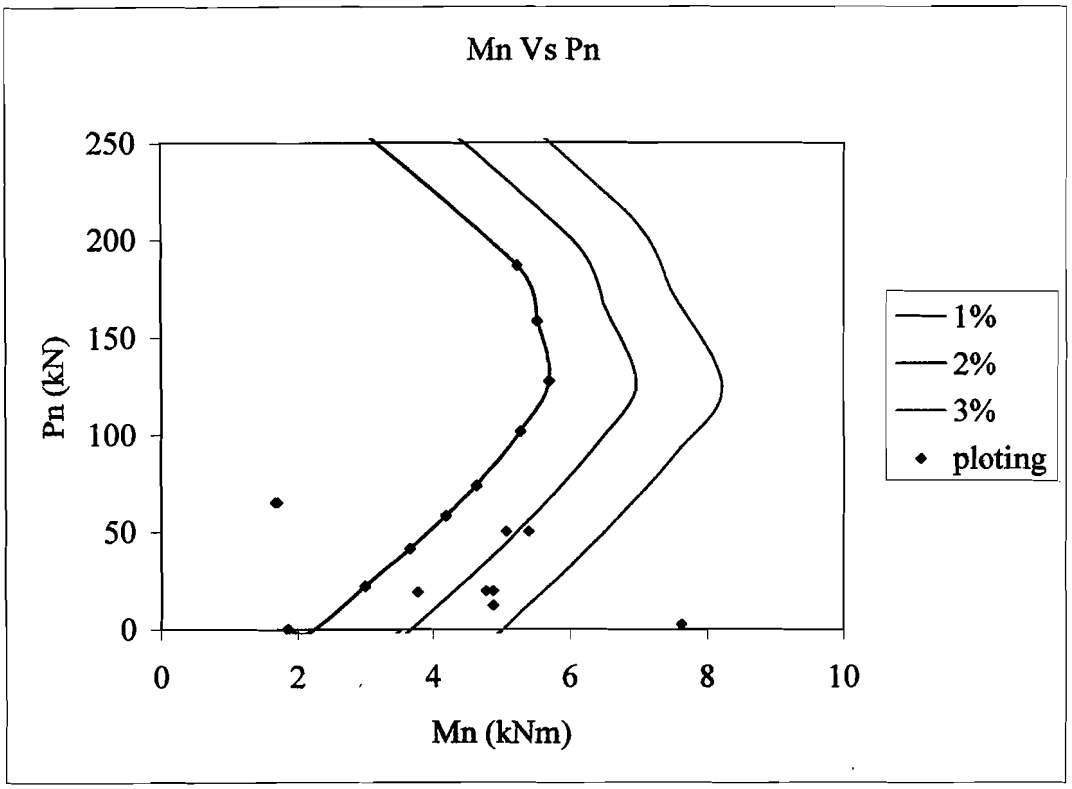
Tabel 3 Tabel Hubungan Interaksi kolom untuk mutu 2

Tabel M vs PN kolom

	1%				
f'c (Mpa)	24,80113234				
fy (Mpa)	300				
b (mm)	120				
h (mm)	120				
Ag(mm^2)	14400				
d' (mm)	30				
d (mm)	90				
cb (mm)	60				
fs' (Mpa)	300,00000				
fs' pakai (Mpa)	300				
Ast (mm^2)	144				
As = As' (mm)	72				
Cc (kN)	129				
Cs (kN)	20,0821707				
Ts (kN)	21,6				
PnB (kN)	127				
y (mm)	60				
Mnb (kNm)	5,701499541				
Patah Desak (c>cb)					
c ambil (mm)	40	50	60	70	80
fs' Mpa	150	240	300	342,8571429	375
fs' pakai (Mpa)	150	240	300	300	300
fs (Mpa)	750	480	300	171,4285714	75
fs pakai (Mpa)	300	300	300	171,4285714	75
a (mm)	34	42,5	51	59,5	68
Cc (kN)	86,01032696	107,5129087	129,0154904	150,5180722	172,0206539
Cs (kN)	9,282170701	15,7621707	20,0821707	20,0821707	20,0821707
Ts (kN)	21,6	21,6	21,6	12,34285714	5,4
Pn (kN)	73,69249766	101,6750794	127,4976611	158,2573857	186,7028246
Mn (kNm)	4,62490918	5,286990333	5,701499541	5,525922518	5,237002123
Patah Tarik (c<cb)					
c ambil (mm)	20	25	30	35	40
a (mm)	17	21,25	25,5	29,75	34
fs' (Mpa)	-300	-120	0	85,71428571	150
fs' pakai (Mpa)	-300	-120	0	85,71428571	150
fs = fy (Mpa)	300	300	300	300	300
Cc (kN)	43,00516348	53,75645435	64,50774522	75,25903609	86,01032696
Cs (kN)	-23,1178293	-10,1578293	-1,517829299	4,653599272	9,282170701
Ts (kN)	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6
Pn (kN)	-1,712665822	21,99862505	41,38991592	58,31263536	73,69249766
Mn (kNm)	2,16923104	2,997490054	3,650456082	4,183671982	4,62490918
Saat Mn = 0					
Pn_0 (kN)	343,7302012	343,7302012	343,7302012	343,7302012	343,7302012
Lentur Murni (Pn = 0)					
a (mm)	8,538509572	8,538509572	8,538509572	8,538509572	8,538509572
Mn (kNm)	1,851784097	1,851784097	1,851784097	1,851784097	1,851784097

Tabel M vs PN kolom

	3%				
f'c (Mpa)	24,80113234				
fy (Mpa)	300				
b (mm)	120				
h (mm)	120				
Ag(mm^2)	14400				
d' (mm)	30				
d (mm)	90				
cb (mm)	60				
fs' (Mpa)	300,00000				
fs' pakai (Mpa)	300				
Ast (mm^2)	432				
As = As' (mm)	216				
Cc (kN)	129				
Cs (kN)	60,2465121				
Ts (kN)	64,8				
PnB (kN)	124				
y (mm)	60				
Mnb (kNm)	8,202429783				
Patah Desak (c>cb)					
c ambil (mm)	40	50	60	70	80
fs' Mpa	150	240	300	342,8571429	375
fs' pakai (Mpa)	150	240	300	300	300
fs (Mpa)	750	480	300	171,4285714	75
fs pakai (Mpa)	300	300	300	171,4285714	75
a (mm)	34	42,5	51	59,5	68
Cc (kN)	86,01032696	107,5129087	129,0154904	150,5180722	172,0206539
Cs (kN)	27,8465121	47,2865121	60,2465121	60,2465121	60,2465121
Ts (kN)	64,8	64,8	64,8	37,02857143	16,2
Pn (kN)	49,05683906	89,9994208	124,4620025	173,7360128	216,067166
Mn (kNm)	6,477839422	7,528720575	8,202429783	7,471424189	6,765932365
Patah Tarik (c<cb)					
c ambil (mm)	20	25	30	35	40
a (mm)	17	21,25	25,5	29,75	34
fs' (Mpa)	-300	-120	0	85,71428571	150
fs' pakai (Mpa)	-300	-120	0	85,71428571	150
fs = fy (Mpa)	300	300	300	300	300
Cc (kN)	43,00516348	53,75645435	64,50774522	75,25903609	86,01032696
Cs (kN)	-69,3534879	-30,4734879	-4,553487898	13,96079782	27,8465121
Ts (kN)	64,8	64,8	64,8	64,8	64,8
Pn (kN)	-91,14832442	-41,51703355	-4,845742681	24,4198339	49,05683906
Mn (kNm)	2,078161282	3,684020296	4,855386325	5,758887938	6,477839422
Saat Mn = 0					
Pn_0 (kN)	424,058884	424,058884	424,058884	424,058884	424,058884
Lentur Murni (Pn = 0)					
a (mm)	25,61552872	25,61552872	25,61552872	25,61552872	25,61552872
Mn (kNm)	5,00205687	5,00205687	5,00205687	5,00205687	5,00205687



Gambar 5.17 Grafik Hubungan Mn-Pn Mutu 2

Tabel 5.10 Analisa kapasitas tampang elemen balok vierendeel

ELEMEN	BEBAN (Pu)	GESER (Vu)	MOMEN (M)	KETERANGAN
BL7	19,86053	-17,80797	4,874269	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL8	50,30711	-19,63581	5,399803	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL9	65,21768	0,1241552	1,70573	Pembebanan belum maksimal,batang mengalami gagal geser
KL1	12,40636	-19,86053	4,874269	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL2	2,531378	-30,44658	7,618546	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL3	19,30472	-14,91057	3,761438	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL4	19,30472	14,91057	3,761438	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL5	2,531378	30,44658	7,618546	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL6	12,40636	19,86053	4,874269	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL10	50,30711	19,63581	5,399803	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL11	19,86053	17,80797	4,874269	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL12	19,86053	-12,19943	4,768756	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL13	50,30711	-9,171432	5,062953	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL14	65,21768	-5,3038E-16	1,671772	Pembebanan belum maksimal,batang mengalami gagal geser
BL15	50,30711	9,171432	5,062953	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL16	19,86053	12,19943	4,768756	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur

Tabel 5 Tabel Hubungan Interaksi kolom untuk mutu 3

Tabel M vs PN kolom

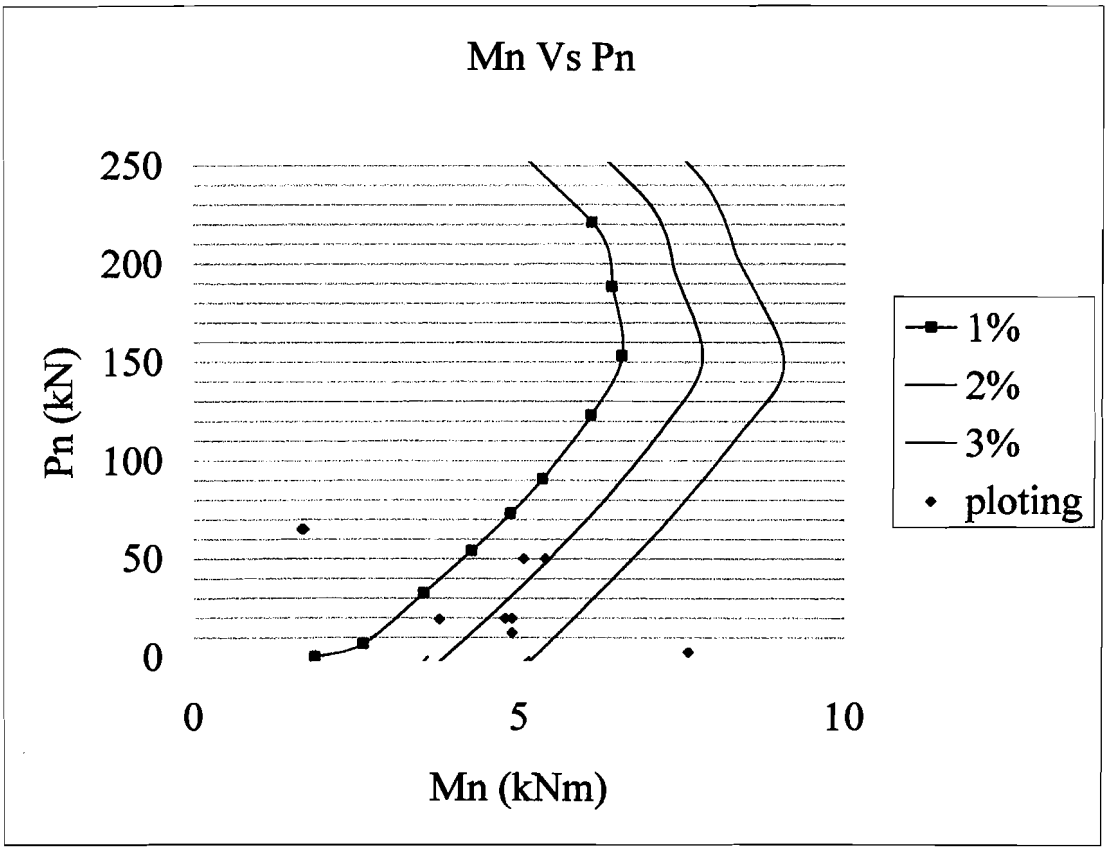
	1%				
f'c (Mpa)	29,88713597				
fy (Mpa)	300				
b (mm)	120				
h (mm)	120				
Ag(mm^2)	14400				
d' (mm)	30				
d (mm)	90				
cb (mm)	60				
fs' (Mpa)	300,00000				
fs' pakai (Mpa)	300				
Ast (mm^2)	144				
As = As' (mm)	72				
Cc (kN)	155				
Cs (kN)	19,77090728				
Ts (kN)	21,6				
PnB (kN)	154				
y (mm)	60				
Mnb (kNm)	6,604941624				
Patah Desak (c>cb)					
c ambil (mm)	40	50	60	70	80
fs' Mpa	150	240	300	342,8571429	375
fs' pakai (Mpa)	150	240	300	300	300
fs (Mpa)	750	480	300	171,4285714	75
fs pakai (Mpa)	300	300	300	171,4285714	75
a (mm)	34	42,5	51	59,5	68
Cc (kN)	103,6485875	129,5607344	155,4728813	181,3850282	207,2971751
Cs (kN)	8,970907279	15,45090728	19,77090728	19,77090728	19,77090728
Ts (kN)	21,6	21,6	21,6	12,34285714	5,4
Pn (kN)	91,01949482	123,4116417	153,6437886	188,8130783	221,6680824
Mn (kNm)	5,374016483	6,132005678	6,604941624	6,450310036	6,144853771
Patah Tarik (c<cb)					
c ambil (mm)	20	25	30	35	40
a (mm)	17	21,25	25,5	29,75	34
fs' (Mpa)	-300	-120	0	85,71428571	150
fs' pakai (Mpa)	-300	-120	0	85,71428571	150
fs = fy (Mpa)	300	300	300	300	300
Cc (kN)	51,82429377	64,78036721	77,73644066	90,6925141	103,6485875
Cs (kN)	-23,42909272	-10,46909272	-1,829092721	4,34233585	8,970907279
Ts (kN)	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6
Pn (kN)	6,795201051	32,71127449	54,30734794	73,43484995	91,01949482
Mn (kNm)	2,614078348	3,53245785	4,266174039	4,870769774	5,374016483
Saat Mn = 0					
Pn_0 (kN)	405,3603588	405,3603588	405,3603588	405,3603588	405,3603588
Lentur Murni (Pn = 0)					
a (mm)	7,085480057	7,085480057	7,085480057	7,085480057	7,085480057
Mn (kNm)	1,867476815	1,867476815	1,867476815	1,867476815	1,867476815

Tabel M vs PN kolom

	2%				
f'c (Mpa)	29,88713597				
fy (Mpa)	300				
b (mm)	120				
h (mm)	120				
Ag(mm^2)	14400				
d' (mm)	30				
d (mm)	90				
cb (mm)	60				
fs' (Mpa)	300,00000				
fs' pakai (Mpa)	300				
Ast (mm^2)	288				
As = As' (mm)	144				
Cc (kN)	155				
Cs (kN)	39,54181456				
Ts (kN)	43,2				
PnB (kN)	152				
y (mm)	60				
Mnb (kNm)	7,846068842				
Patah Desak (c>cb)					
c ambil (mm)	40	50	60	70	80
fs' Mpa	150	240	300	342,8571429	375
fs' pakai (Mpa)	150	240	300	300	300
fs (Mpa)	750	480	300	171,4285714	75
fs pakai (Mpa)	300	300	300	171,4285714	75
a (mm)	34	42,5	51	59,5	68
Cc (kN)	103,6485875	129,5607344	155,4728813	181,3850282	207,2971751
Cs (kN)	17,94181456	30,90181456	39,54181456	39,54181456	39,54181456
Ts (kN)	43,2	43,2	43,2	24,68571429	10,8
Pn (kN)	78,3904021	117,262549	151,8146959	196,2411285	236,0389896
Mn (kNm)	6,291143701	7,243532896	7,846068842	7,413722968	6,899980989
Patah Tarik (c<cb)					
c ambil (mm)	20	25	30	35	40
a (mm)	17	21,25	25,5	29,75	34
fs' (Mpa)	-300	-120	0	85,71428571	150
fs' pakai (Mpa)	-300	-120	0	85,71428571	150
fs = fy (Mpa)	300	300	300	300	300
Cc (kN)	51,82429377	64,78036721	77,73644066	90,6925141	103,6485875
Cs (kN)	-46,85818544	-20,93818544	-3,658185443	8,6846717	17,94181456
Ts (kN)	43,2	43,2	43,2	43,2	43,2
Pn (kN)	-38,23389167	0,642181772	30,87825522	56,1771858	78,3904021
Mn (kNm)	2,559205566	3,866385068	4,859301258	5,64903985	6,291143701
Saat Mn = 0					
Pn_0 (kN)	444,9021734	444,9021734	444,9021734	444,9021734	444,9021734
Lentur Murni (Pn = 0)					
a (mm)	14,17096011	14,17096011	14,17096011	14,17096011	14,17096011
Mn (kNm)	3,581907262	3,581907262	3,581907262	3,581907262	3,581907262

Tabel M vs PN kolom

	3%				
f'c (Mpa)	29,88713597				
fy (Mpa)	300				
b (mm)	120				
h (mm)	120				
Ag(mm^2)	14400				
d' (mm)	30				
d (mm)	90				
cb (mm)	60				
fs' (Mpa)	300,00000				
fs' pakai (Mpa)	300				
Ast (mm^2)	432				
As = As' (mm)	216				
Cc (kN)	155				
Cs (kN)	59,31272184				
Ts (kN)	64,8				
PnB (kN)	150				
y (mm)	60				
Mnb (kNm)	9,08719606				
Patah Desak (c>cb)					
c ambil (mm)	40	50	60	70	80
fs' Mpa	150	240	300	342,8571429	375
fs' pakai (Mpa)	150	240	300	300	300
fs (Mpa)	750	480	300	171,4285714	75
fs pakai (Mpa)	300	300	300	171,4285714	75
a (mm)	34	42,5	51	59,5	68
Cc (kN)	103,6485875	129,5607344	155,4728813	181,3850282	207,2971751
Cs (kN)	26,91272184	46,35272184	59,31272184	59,31272184	59,31272184
Ts (kN)	64,8	64,8	64,8	37,02857143	16,2
Pn (kN)	65,76130938	111,1134563	149,9856032	203,6691786	250,4098969
Mn (kNm)	7,208270919	8,355060114	9,08719606	8,377135901	7,655108207
Patah Tarik (c<cb)					
c ambil (mm)	20	25	30	35	40
a (mm)	17	21,25	25,5	29,75	34
fs' (Mpa)	-300	-120	0	85,71428571	150
fs' pakai (Mpa)	-300	-120	0	85,71428571	150
fs = fy (Mpa)	300	300	300	300	300
Co (kN)	51,82429377	64,78036721	77,73644066	90,6925141	103,6485875
Cs (kN)	-70,28727816	-31,40727816	-5,487278164	13,02700755	26,91272184
Ts (kN)	64,8	64,8	64,8	64,8	64,8
Pn (kN)	-83,26298439	-31,42691095	7,449162494	38,91952165	65,76130938
Mn (kNm)	2,504332784	4,200312286	5,452428476	6,427309925	7,208270919
Saat Mn = 0					
Pn_0 (kN)	484,4439879	484,4439879	484,4439879	484,4439879	484,4439879
Lentur Murni (Pn = 0)					
a (mm)	21,25644017	21,25644017	21,25644017	21,25644017	21,25644017
Mn (kNm)	5,143291338	5,143291338	5,143291338	5,143291338	5,143291338



Gambar 5.18 Grafik Hubungan Mn-Pn Mutu 3

Tabel 5.11 Analisa kapasitas tampang elemen balok vierendeel

ELEMEN	BEBAN (Pu)	GESER (Vu)	MOMEN (M)	KETERANGAN
BL7	19,84918	-17,78626	4,872034	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL8	50,28503	-19,6066	5,397429	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL9	65,19145	0,1229816	1,704318	Pembebanan belum maksimal,batang mengalami gagal geser
KL1	12,41046	-19,84918	4,872034	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL2	2,517232	-30,43584	7,615833	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL3	19,27865	-14,90643	3,760325	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL4	19,27865	14,90643	3,760325	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL5	2,517232	30,43584	7,615833	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL6	12,41046	19,84918	4,872034	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL10	50,28503	19,6066	5,397429	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL11	19,84918	17,78626	4,872034	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL12	19,84918	-12,20549	4,766809	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL13	50,28503	-9,196332	5,062623	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL14	65,19145	7,0776E-14	1,670594	Pembebanan belum maksimal,batang mengalami gagal geser
BL15	50,28503	9,196332	5,062623	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL16	19,84918	12,20549	4,766809	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur

Tabel 7 Tabel Hubungan Interaksi kolom untuk mutu 4

Tabel M vs PN kolom

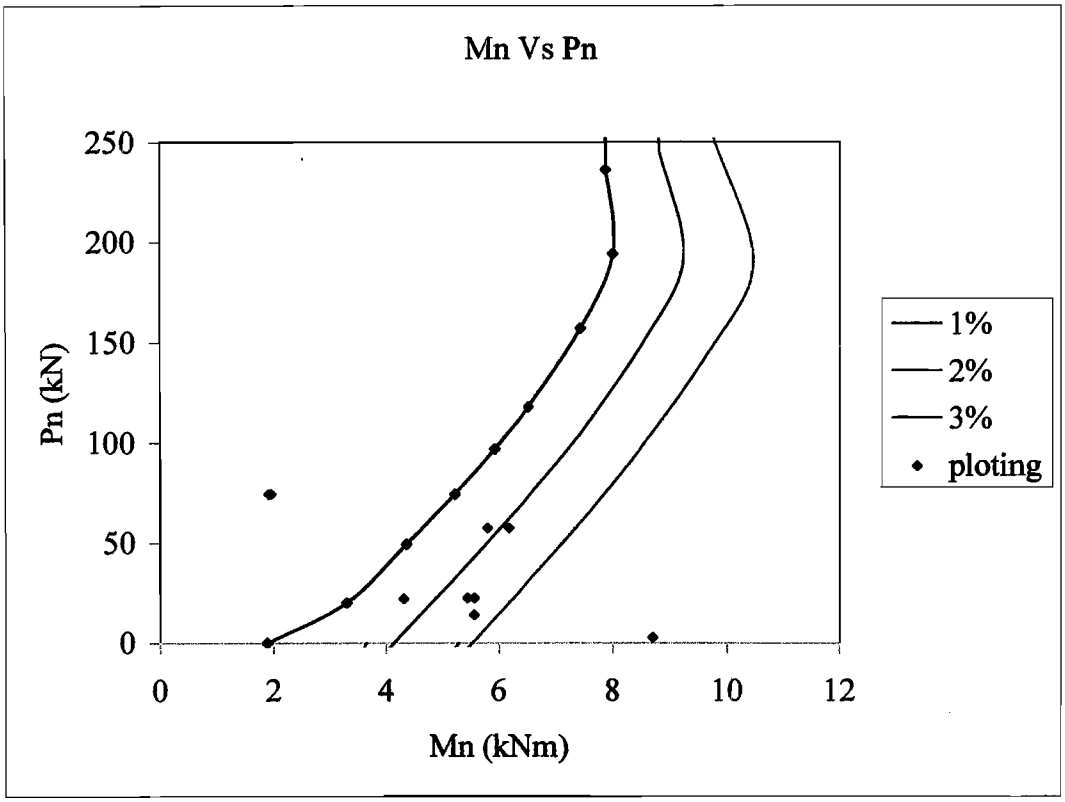
	1%				
f'c (Mpa)	37,856027				
fy (Mpa)	300				
b (mm)	120				
h (mm)	120				
Ag(mm^2)	14400				
d' (mm)	30				
d (mm)	90				
cb (mm)	60				
fs' (Mpa)	300,00000				
fs' pakai (Mpa)	300				
Ast (mm^2)	144				
As = As' (mm)	72				
Cc (kN)	197				
Cs (kN)	19,28321115				
Ts (kN)	21,6				
PnB (kN)	195				
y (mm)	60				
Mnb (kNm)	8,020479644				
Patah Desak (c>cb)					
c ambil (mm)	40	50	60	70	80
fs' Mpa	150	240	300	342,8571429	375
fs' pakai (Mpa)	150	240	300	300	300
fs (Mpa)	750	480	300	171,4285714	75
fs pakai (Mpa)	300	300	300	171,4285714	75
a (mm)	34	42,5	51	59,5	68
Cc (kN)	131,2847016	164,105877	196,9270525	229,7482279	262,5694033
Cs (kN)	8,483211148	14,96321115	19,28321115	19,28321115	19,28321115
Ts (kN)	21,6	21,6	21,6	12,34285714	5,4
Pn (kN)	118,1679128	157,4690882	194,6102636	236,6885819	276,4526144
Mn (kNm)	6,547738505	7,45599907	8,020479644	7,898665942	7,56730082
Patah Tarik (c<cb)					
c ambil (mm)	20	25	30	35	40
a (mm)	17	21,25	25,5	29,75	34
fs' (Mpa)	-300	-120	0	85,71428571	150
fs' pakai (Mpa)	-300	-120	0	85,71428571	150
fs = fy (Mpa)	300	300	300	300	300
Cc (kN)	65,64235082	82,05293852	98,46352623	114,8741139	131,2847016
Cs (kN)	-23,91678885	-10,95678885	-2,316788852	3,854639719	8,483211148
Ts (kN)	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6
Pn (kN)	20,12556197	49,49614967	74,54673737	97,12875365	118,1679128
Mn (kNm)	3,311077402	4,370660174	5,230897949	5,947333583	6,547738505
Saat Mn = 0					
Pn_0 (kN)	501,9241928	501,9241928	501,9241928	501,9241928	501,9241928
Lentur Murni (Pn = 0)					
a (mm)	5,593949568	5,593949568	5,593949568	5,593949568	5,593949568
Mn (kNm)	1,883585345	1,883585345	1,883585345	1,883585345	1,883585345

Tabel M vs PN kolom

	2%				
f'c (Mpa)	37,856027				
fy (Mpa)	300				
b (mm)	120				
h (mm)	120				
Ag(mm^2)	14400				
d' (mm)	30				
d (mm)	90				
cb (mm)	60				
fs' (Mpa)	300,00000				
fs' pakai (Mpa)	300				
Ast (mm^2)	288				
As = As' (mm)	144				
Cc (kN)	197				
Cs (kN)	38,5664223				
Ts (kN)	43,2				
PnB (kN)	192				
y (mm)	60				
Mnb (kNm)	9,246975979				
Patah Desak (c>cb)					
c ambil (mm)	40	50	60	70	80
fs' Mpa	150	240	300	342,8571429	375
fs' pakai (Mpa)	150	240	300	300	300
fs (Mpa)	750	480	300	171,4285714	75
fs pakai (Mpa)	300	300	300	171,4285714	75
a (mm)	34	42,5	51	59,5	68
Cc (kN)	131,2847016	164,105877	196,9270525	229,7482279	262,5694033
Cs (kN)	16,9664223	29,9264223	38,5664223	38,5664223	38,5664223
Ts (kN)	43,2	43,2	43,2	24,68571429	10,8
Pn (kN)	105,0511239	150,8322993	192,2934747	243,6289359	290,3358256
Mn (kNm)	7,450234839	8,552895404	9,246975979	8,84744799	8,307797154
Patah Tarik (c<cb)					
c ambil (mm)	20	25	30	35	40
a (mm)	17	21,25	25,5	29,75	34
fs' (Mpa)	-300	-120	0	85,71428571	150
fs' pakai (Mpa)	-300	-120	0	85,71428571	150
fs = fy (Mpa)	300	300	300	300	300
Cc (kN)	65,64235082	82,05293852	98,46352623	114,8741139	131,2847016
Cs (kN)	-47,8335777	-21,9135777	-4,633577705	7,709279438	16,9664223
Ts (kN)	43,2	43,2	43,2	43,2	43,2
Pn (kN)	-25,39122689	16,93936082	50,62994852	79,38339337	105,0511239
Mn (kNm)	3,241573736	4,689956508	5,809394283	6,710972774	7,450234839
Saat Mn = 0					
Pn_0 (kN)	540,4906151	540,4906151	540,4906151	540,4906151	540,4906151
Lentur Murni (Pn = 0)					
a (mm)	11,18789914	11,18789914	11,18789914	11,18789914	11,18789914
Mn (kNm)	3,646341379	3,646341379	3,646341379	3,646341379	3,646341379

Tabel M vs PN kolom

	3%				
f'c (Mpa)	37,856027				
fy (Mpa)	300				
b (mm)	120				
h (mm)	120				
Ag(mm^2)	14400				
d' (mm)	30				
d (mm)	90				
cb (mm)	60				
fs' (Mpa)	300,00000				
fs' pakai (Mpa)	300				
Ast (mm^2)	432				
As = As' (mm)	216				
Cc (kN)	197				
Cs (kN)	57,84963344				
Ts (kN)	64,8				
PnB (kN)	190				
y (mm)	60				
Mnb (kNm)	10,47347231				
Patah Desak (c>cb)					
c ambil (mm)	40	50	60	70	80
fs' Mpa	150	240	300	342,8571429	375
fs' pakai (Mpa)	150	240	300	300	300
fs (Mpa)	750	480	300	171,4285714	75
fs pakai (Mpa)	300	300	300	171,4285714	75
a (mm)	34	42,5	51	59,5	68
Cc (kN)	131,2847016	164,105877	196,9270525	229,7482279	262,5694033
Cs (kN)	25,44963344	44,88963344	57,84963344	57,84963344	57,84963344
Ts (kN)	64,8	64,8	64,8	37,02857143	16,2
Pn (kN)	91,93433508	144,1955105	189,9766859	250,5692899	304,219036?
Mn (kNm)	8,352731174	9,649791739	10,47347231	9,796230039	9,048293488
Patah Tarik (c<cb)					
c ambil (mm)	20	25	30	35	40
a (mm)	17	21,25	25,5	29,75	34
fs' (Mpa)	-300	-120	0	85,71428571	150
fs' pakai (Mpa)	-300	-120	0	85,71428571	150
fs = fy (Mpa)	300	300	300	300	300
Cc (kN)	65,64235082	82,05293852	98,46352623	114,8741139	131,2847016
Cs (kN)	-71,75036656	-32,87036656	-6,950366557	11,56391916	25,44963344
Ts (kN)	64,8	64,8	64,8	64,8	64,8
Pn (kN)	-70,90801574	-15,61742803	26,71315967	61,63803309	91,93433508
Mn (kNm)	3,17207007	5,009252843	6,387890618	7,474611966	8,352731174
Saat Mn = 0					
Pn $_0$ (kN)	579,0570374	579,0570374	579,0570374	579,0570374	579,0570374
Lentur Murni (Pn = 0)					
a (mm)	16,7818487	16,7818487	16,7818487	16,7818487	16,7818487
Mn (kNm)	5,288268102	5,288268102	5,288268102	5,288268102	5,288268102



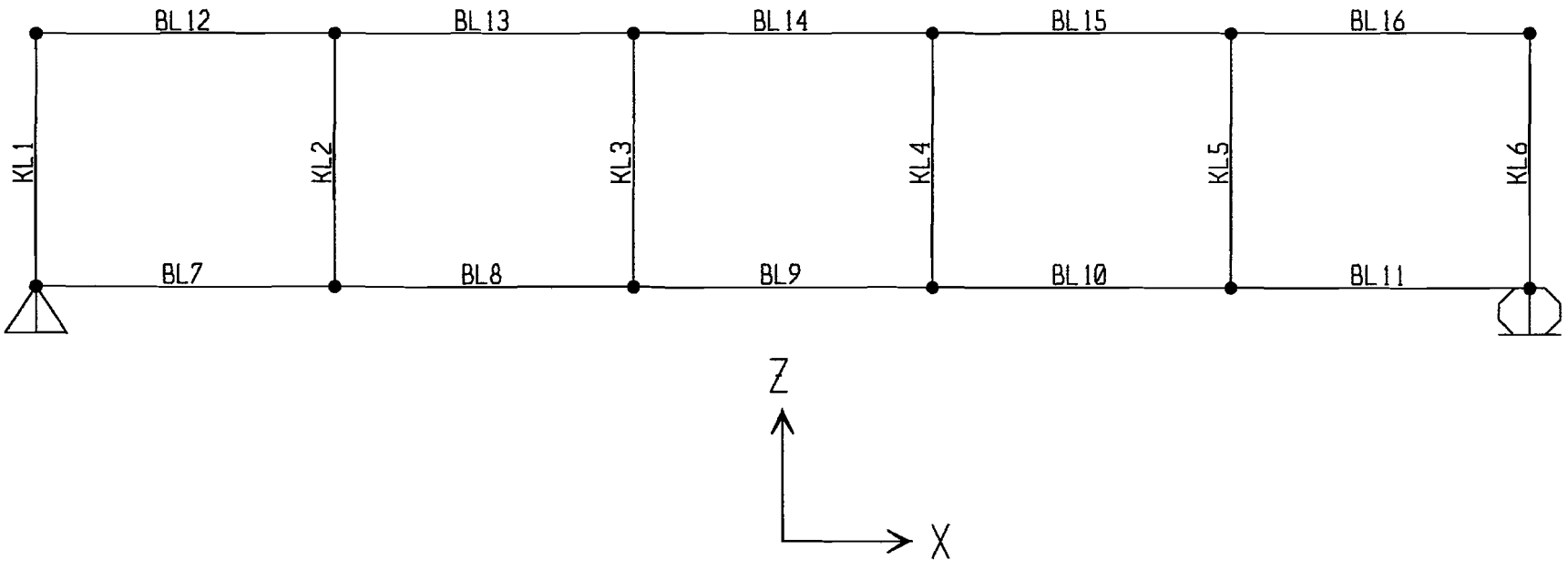
Gambar 5.19 Grafik Hubungan Mn-Pn Mutu 4

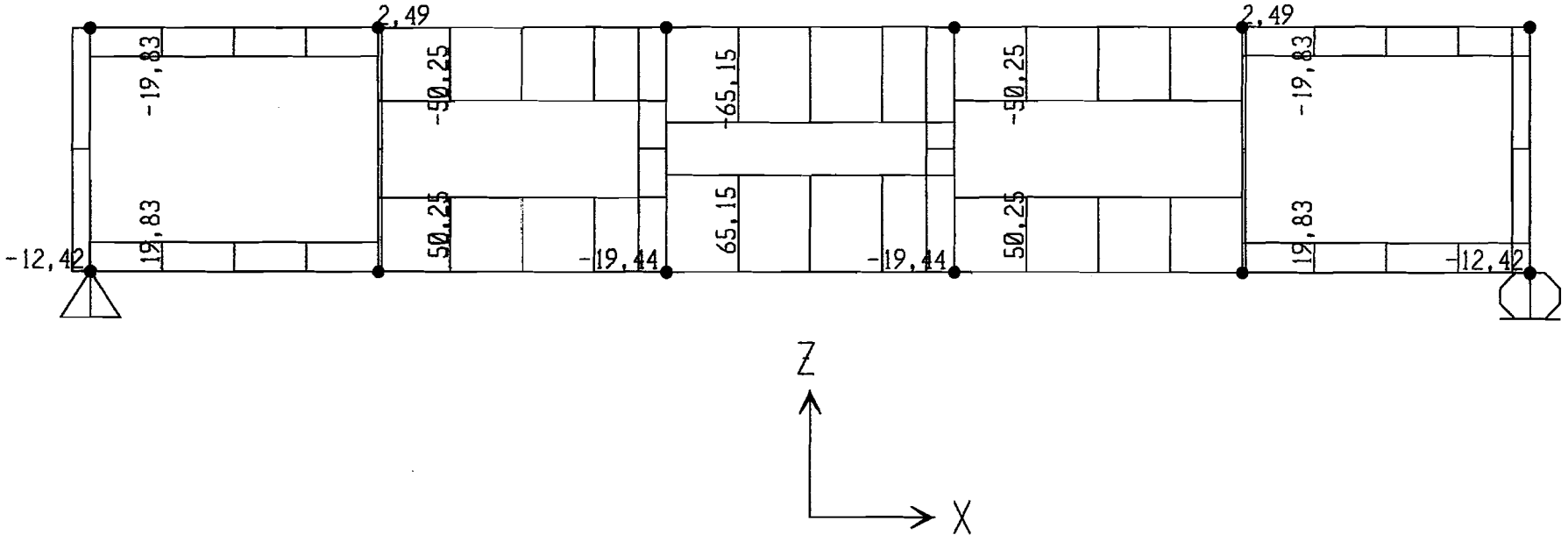
Tabel 5.12 Analisa kapasitas tampang elemen balok vierendeel

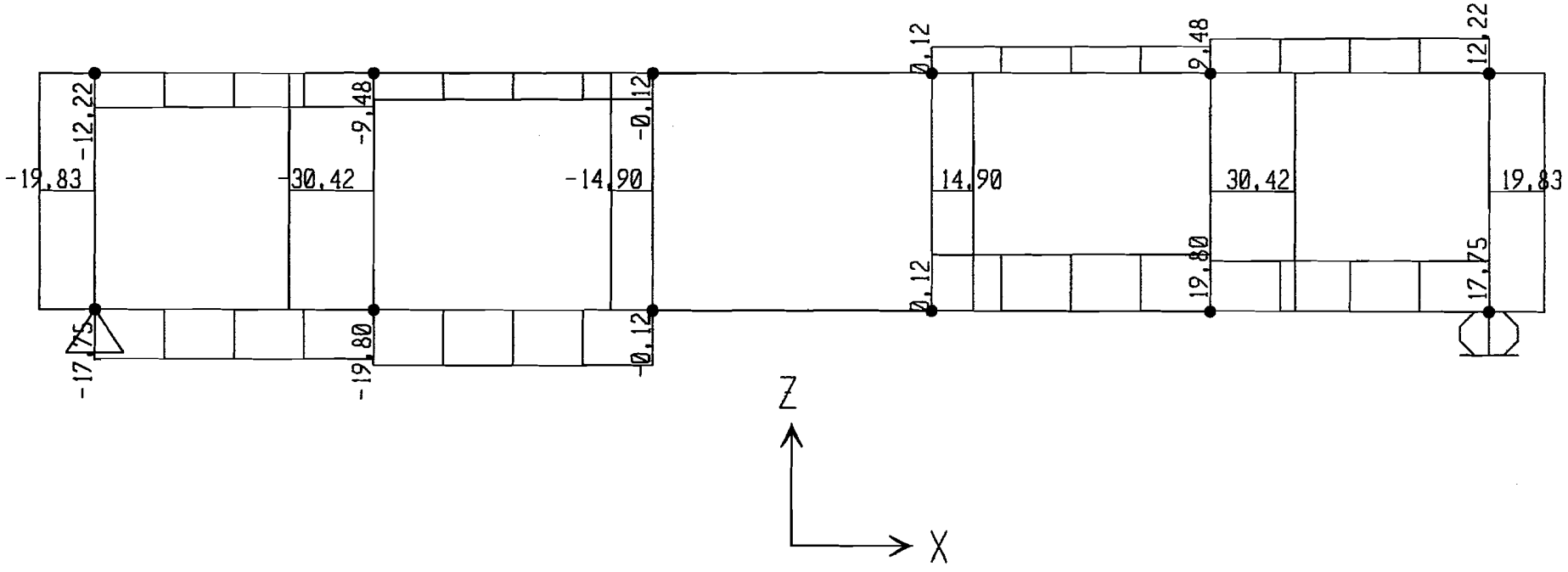
ELEMEN	BEBAN (Pi)	GESER (Vi)	MOMEN (M)	KETERANGAN
BL7	22,64643	-20,27399	5,558603	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL8	57,41972	-22,44481	6,174958	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL9	74,47111	0,1228266	1,950528	Pembebanan belum maksimal,batang mengalami gagal geser
KL1	14,11241	-22,64643	5,558603	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL2	2,866836	-34,77329	8,701246	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL3	22,11727	-17,05139	4,301517	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL4	22,11727	17,05139	4,301517	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL5	2,866836	34,77329	8,701246	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
KL6	14,11241	22,64643	5,558603	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL10	57,41972	22,44481	6,174958	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL11	22,64643	20,27399	5,558603	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL12	22,64643	-13,9077	5,438534	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL13	57,41972	-10,54955	5,792821	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL14	74,47111	-1,2973E-13	1,909576	Pembebanan belum maksimal,batang mengalami gagal geser
BL15	57,41972	10,54955	5,792821	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur
BL16	22,64643	13,9077	5,438534	Pembebanan sudah maksimal,batang mengalami patah lentur

LAMPIRAN 6

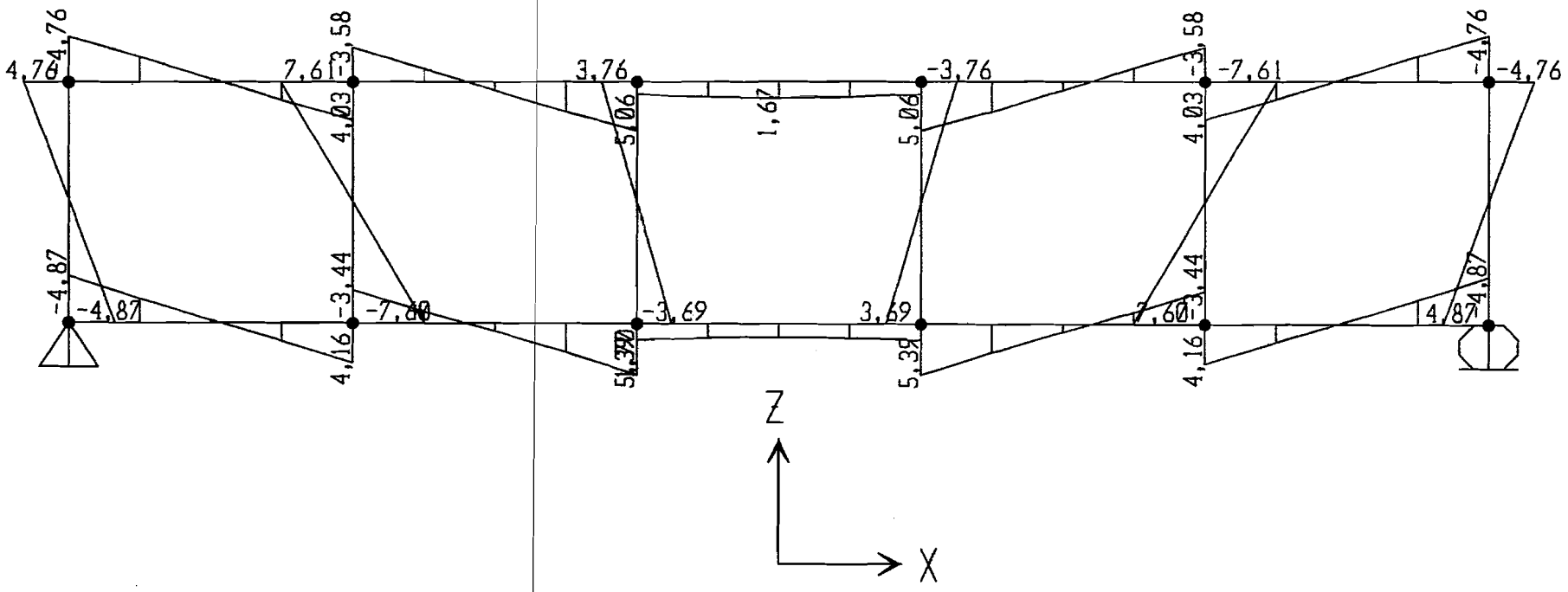
HASIL ANALISIS SAP 2000


BL12
BL13
BL14
BL15
BL16
KL1
KL2
KL3
KL4
KL5
KL6
BL7
BL8
BL9
BL10
BL11
Z
X


2,49
2,49
-19,83
-50,25
65,15
-50,25
-19,83
19,83
50,25
65,15
50,25
19,83
-12,42
-19,44
-19,44
-12,42
Z
X



SAP2000 v7.42 - File:sampel 1 fc20.75hidup - Shear Force 2-2 Diagram (COMB1) - KN-m Units



SAP2000 v7.42 - File:sampel 1 f'c20.75hidup - Moment 3-3 Diagram (COMB1) - KN-m Units

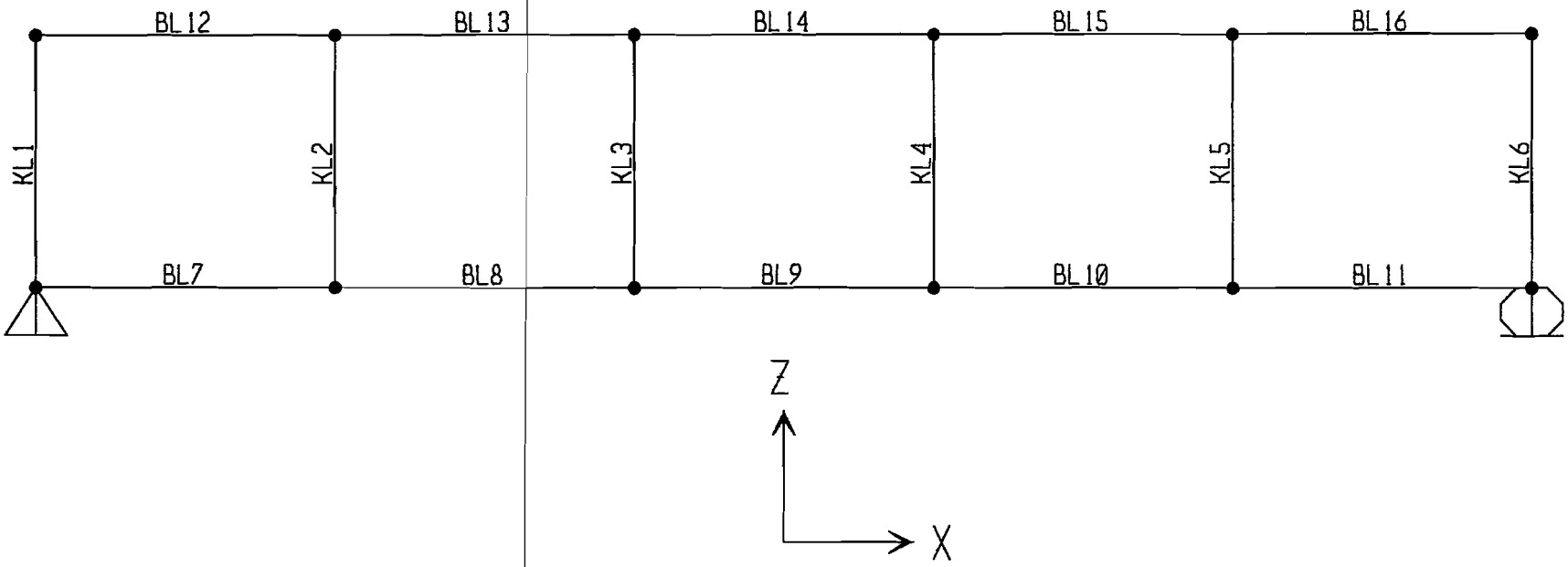
FRAME	LOAD	P	V2	M3
BL7	MATI	0,7540838	-0,7697694	-0,1857040
BL7	MATI	0,7540838	-0,7193561	-0,0855998
BL7	MATI	0,7540838	-0,6689428	0,0032300
BL7	MATI	0,7540838	-0,6185295	0,0844191
BL7	MATI	0,7540838	-0,5681162	0,1616009
BL7	HIDUP	11,8281400	-10,5160200	-2,9033740
BL7	HIDUP	11,8281400	-10,5160200	-1,5172770
BL7	HIDUP	11,8281400	-10,5160200	-0,1959990
BL7	HIDUP	11,8281400	-10,5160200	1,1167540
BL7	HIDUP	11,8281400	-10,5160200	2,4772740
BL7	COMB1	19,8299300	-17,7493600	-4,8682430
BL7	COMB1	19,8299300	-17,6888600	-2,5303630
BL7	COMB1	19,8299300	-17,6283600	-0,3097224
BL7	COMB1	19,8299300	-17,5678700	1,8881090
BL7	COMB1	19,8299300	-17,5073700	4,1575600
BL7	COMB2	1,0557170	-1,0776770	-0,2599856
BL7	COMB2	1,0557170	-1,0070990	-0,1198397
BL7	COMB2	1,0557170	-0,9365199	0,0045221
BL7	COMB2	1,0557170	-0,8659413	0,1181868
BL7	COMB2	1,0557170	-0,7953627	0,2262413
BL8	MATI	1,6480940	-0,5132563	-0,0620539
BL8	MATI	1,6480940	-0,4628429	-0,0096128
BL8	MATI	1,6480940	-0,4124296	0,0341977
BL8	MATI	1,6480940	-0,3620163	0,0733541
BL8	MATI	1,6480940	-0,3116030	0,1118331
BL8	HIDUP	30,1686600	-11,9893400	-2,1022780
BL8	HIDUP	30,1686600	-11,9893400	-0,7672194
BL8	HIDUP	30,1686600	-11,9893400	0,4938499
BL8	HIDUP	30,1686600	-11,9893400	1,8041740
BL8	HIDUP	30,1686600	-11,9893400	3,2869980
BL8	COMB1	50,2475700	-19,7988500	-3,4381090
BL8	COMB1	50,2475700	-19,7383500	-1,2390860
BL8	COMB1	50,2475700	-19,6778500	0,8311970
BL8	COMB1	50,2475700	-19,6173600	2,9747040
BL8	COMB1	50,2475700	-19,5568600	5,3933970
BL8	COMB2	2,3073320	-0,7185587	-0,0868754
BL8	COMB2	2,3073320	-0,6479801	-0,0134580
BL8	COMB2	2,3073320	-0,5774015	0,0478767
BL8	COMB2	2,3073320	-0,5068228	0,1026958
BL8	COMB2	2,3073320	-0,4362442	0,1565664
BL9	MATI	1,9723870	-0,1008266	0,0308712
BL9	MATI	1,9723870	-0,0504133	0,0362235
BL9	MATI	1,9723870	0,0000000	0,0380076
BL9	MATI	1,9723870	0,0504133	0,0362235
BL9	MATI	1,9723870	0,1008266	0,0308712
BL9	HIDUP	39,2375600	0,0000000	1,0405430
BL9	HIDUP	39,2375600	0,0000000	0,8883328
BL9	HIDUP	39,2375600	0,0000000	0,8375960
BL9	HIDUP	39,2375600	0,0000000	0,8883328
BL9	HIDUP	39,2375600	0,0000000	1,0405430
BL9	COMB1	65,1469600	-0,1209920	1,7019150
BL9	COMB1	65,1469600	-0,0604960	1,4648010
BL9	COMB1	65,1469600	0,0000000	1,3857630
BL9	COMB1	65,1469600	0,0604960	1,4648010
BL9	COMB1	65,1469600	0,1209920	1,7019150

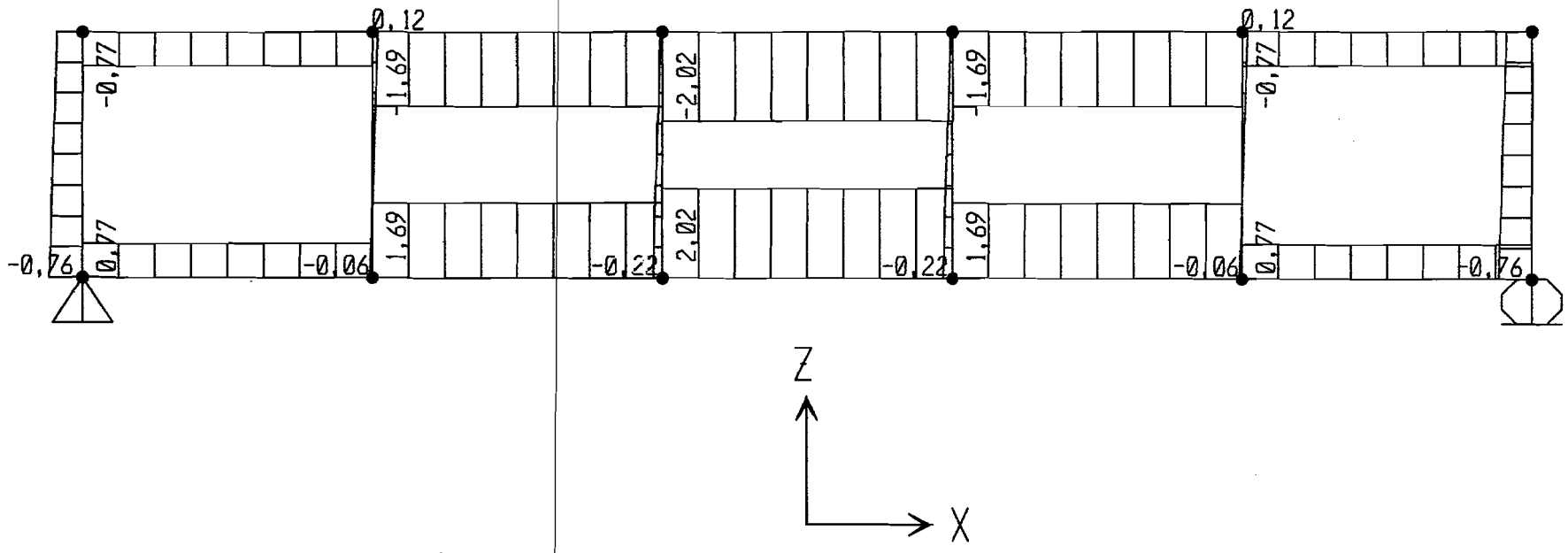
BL9	COMB2	2,7613410	-0,1411573	0,0432197
BL9	COMB2	2,7613410	-0,0705787	0,0507129
BL9	COMB2	2,7613410	0,0000000	0,0532106
BL9	COMB2	2,7613410	0,0705787	0,0507129
BL9	COMB2	2,7613410	0,1411573	0,0432197
KL1	MATI	-0,7426301	-0,7540838	-0,1857040
KL1	MATI	-0,6586080	-0,7540838	-0,0019731
KL1	MATI	-0,5745857	-0,7540838	0,1819894
KL1	HIDUP	-7,2039800	-11,8281400	-2,9033740
KL1	HIDUP	-7,2039800	-11,8281400	-0,0332906
KL1	HIDUP	-7,2039800	-11,8281400	2,8407010
KL1	COMB1	-12,4175300	-19,8299300	-4,8682430
KL1	COMB1	-12,3167000	-19,8299300	-0,0556327
KL1	COMB1	-12,2158700	-19,8299300	4,7635090
KL1	COMB2	-1,0396820	-1,0557170	-0,2599856
KL1	COMB2	-0,9220511	-1,0557170	-0,0027624
KL1	COMB2	-0,8044201	-1,0557170	0,2547852
KL2	MATI	-0,0548599	-0,8940105	-0,2236548
KL2	MATI	0,0291623	-0,8940105	-0,0001827
KL2	MATI	0,1131845	-0,8940105	0,2232895
KL2	HIDUP	1,4733180	-18,3405200	-4,5795520
KL2	HIDUP	1,4733180	-18,3405200	0,0050038
KL2	HIDUP	1,4733180	-18,3405200	4,5895540
KL2	COMB1	2,2914770	-30,4176400	-7,5956680
KL2	COMB1	2,3923030	-30,4176400	0,0077868
KL2	COMB1	2,4931300	-30,4176400	7,6112340
KL2	COMB2	-0,0768039	-1,2516150	-0,3131167
KL2	COMB2	0,0408272	-1,2516150	-0,0002558
KL2	COMB2	0,1584583	-1,2516150	0,3126053
KL3	MATI	-0,2107763	-0,3242924	-0,0809619
KL3	MATI	-0,1267541	-0,3242924	0,0001145
KL3	MATI	-0,0427319	-0,3242924	0,0811910
KL3	HIDUP	-11,9893400	-9,0689040	-2,2464550
KL3	HIDUP	-11,9893400	-9,0689040	0,0208347
KL3	HIDUP	-11,9893400	-9,0689040	2,2881300
KL3	COMB1	-19,4358700	-14,8994000	-3,6914820
KL3	COMB1	-19,3350400	-14,8994000	0,0334730
KL3	COMB1	-19,2342200	-14,8994000	3,7584380
KL3	COMB2	-0,2950869	-0,4540093	-0,1133466
KL3	COMB2	-0,1774558	-0,4540093	0,0001604
KL3	COMB2	-0,0598247	-0,4540093	0,1136674
KL4	MATI	-0,2107763	0,3242924	0,0809619
KL4	MATI	-0,1267541	0,3242924	-0,0001145
KL4	MATI	-0,0427319	0,3242924	-0,0811910
KL4	HIDUP	-11,9893400	9,0689040	2,2464550
KL4	HIDUP	-11,9893400	9,0689040	-0,0208347
KL4	HIDUP	-11,9893400	9,0689040	-2,2881300
KL4	COMB1	-19,4358700	14,8994000	3,6914820
KL4	COMB1	-19,3350400	14,8994000	-0,0334730
KL4	COMB1	-19,2342200	14,8994000	-3,7584380
KL4	COMB2	-0,2950869	0,4540093	0,1133466
KL4	COMB2	-0,1774558	0,4540093	-0,0001604
KL4	COMB2	-0,0598247	0,4540093	-0,1136674
KL5	MATI	-0,0548599	0,8940105	0,2236548
KL5	MATI	0,0291623	0,8940105	0,0001827
KL5	MATI	0,1131845	0,8940105	-0,2232895

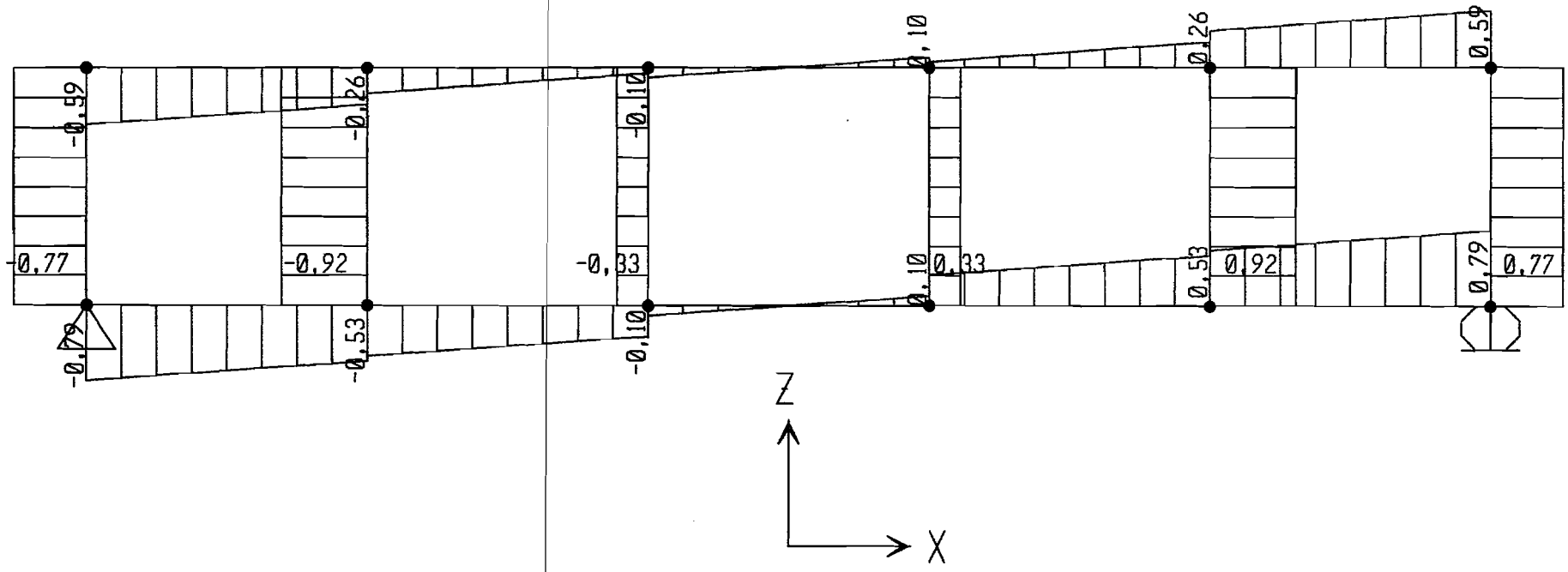
KL5	HIDUP	1,4733180	18,3405200	4,5795520
KL5	HIDUP	1,4733180	18,3405200	-0,0050038
KL5	HIDUP	1,4733180	18,3405200	-4,5895540
KL5	COMB1	2,2914770	30,4176400	7,5956680
KL5	COMB1	2,3923030	30,4176400	-0,0077868
KL5	COMB1	2,4931300	30,4176400	-7,6112340
KL5	COMB2	-0,0768039	1,2516150	0,3131167
KL5	COMB2	0,0408272	1,2516150	0,0002558
KL5	COMB2	0,1584583	1,2516150	-0,3126053
KL6	MATI	-0,7426301	0,7540838	0,1857040
KL6	MATI	-0,6586080	0,7540838	0,0019731
KL6	MATI	-0,5745857	0,7540838	-0,1819894
KL6	HIDUP	-7,2039800	11,8281400	2,9033740
KL6	HIDUP	-7,2039800	11,8281400	0,0332906
KL6	HIDUP	-7,2039800	11,8281400	-2,8407010
KL6	COMB1	-12,4175300	19,8299300	4,8682430
KL6	COMB1	-12,3167000	19,8299300	0,0556327
KL6	COMB1	-12,2158700	19,8299300	-4,7635090
KL6	COMB2	-1,0396820	1,0557170	0,2599856
KL6	COMB2	-0,9220511	1,0557170	0,0027624
KL6	COMB2	-0,8044201	1,0557170	-0,2547852
BL10	MATI	1,6480940	0,3116030	0,1118331
BL10	MATI	1,6480940	0,3620163	0,0733541
BL10	MATI	1,6480940	0,4124296	0,0341977
BL10	MATI	1,6480940	0,4628429	-0,0096128
BL10	MATI	1,6480940	0,5132563	-0,0620539
BL10	HIDUP	30,1686600	11,9893400	3,2869980
BL10	HIDUP	30,1686600	11,9893400	1,8041740
BL10	HIDUP	30,1686600	11,9893400	0,4938499
BL10	HIDUP	30,1686600	11,9893400	-0,7672194
BL10	HIDUP	30,1686600	11,9893400	-2,1022780
BL10	COMB1	50,2475700	19,5568600	5,3933970
BL10	COMB1	50,2475700	19,6173600	2,9747040
BL10	COMB1	50,2475700	19,6778500	0,8311970
BL10	COMB1	50,2475700	19,7383500	-1,2390860
BL10	COMB1	50,2475700	19,7988500	-3,4381090
BL10	COMB2	2,3073320	0,4362442	0,1565664
BL10	COMB2	2,3073320	0,5068228	0,1026958
BL10	COMB2	2,3073320	0,5774015	0,0478767
BL10	COMB2	2,3073320	0,6479801	-0,0134580
BL10	COMB2	2,3073320	0,7185587	-0,0868754
BL11	MATI	0,7540838	0,5681162	0,1616009
BL11	MATI	0,7540838	0,6185295	0,0844191
BL11	MATI	0,7540838	0,6689428	0,0032300
BL11	MATI	0,7540838	0,7193561	-0,0855998
BL11	MATI	0,7540838	0,7697694	-0,1857040
BL11	HIDUP	11,8281400	10,5160200	2,4772740
BL11	HIDUP	11,8281400	10,5160200	1,1167540
BL11	HIDUP	11,8281400	10,5160200	-0,1959990
BL11	HIDUP	11,8281400	10,5160200	-1,5172770
BL11	HIDUP	11,8281400	10,5160200	-2,9033740
BL11	COMB1	19,8299300	17,5073700	4,1575600
BL11	COMB1	19,8299300	17,5678700	1,8881090
BL11	COMB1	19,8299300	17,6283600	-0,3097224
BL11	COMB1	19,8299300	17,6888600	-2,5303630
BL11	COMB1	19,8299300	17,7493600	-4,8682430

BL11	COMB2	1,0557170	0,7953627	0,2262413
BL11	COMB2	1,0557170	0,8659413	0,1181868
BL11	COMB2	1,0557170	0,9365199	0,0045221
BL11	COMB2	1,0557170	1,0070990	-0,1198397
BL11	COMB2	1,0557170	1,0776770	-0,2599856
BL12	MATI	-0,7540838	-0,5745857	-0,1819894
BL12	MATI	-0,7540838	-0,5241724	-0,0882737
BL12	MATI	-0,7540838	-0,4737591	0,0016240
BL12	MATI	-0,7540838	-0,4233458	0,0841003
BL12	MATI	-0,7540838	-0,3729325	0,1555515
BL12	HIDUP	-11,8281400	-7,2039800	-2,8407010
BL12	HIDUP	-11,8281400	-7,2039800	-1,5730650
BL12	HIDUP	-11,8281400	-7,2039800	-0,2396187
BL12	HIDUP	-11,8281400	-7,2039800	1,1036790
BL12	HIDUP	-11,8281400	-7,2039800	2,4008690
BL12	COMB1	-19,8299300	-12,2158700	-4,7635090
BL12	COMB1	-19,8299300	-12,1553800	-2,6228320
BL12	COMB1	-19,8299300	-12,0948800	-0,3814411
BL12	COMB1	-19,8299300	-12,0343800	1,8668060
BL12	COMB1	-19,8299300	-11,9738900	4,0280530
BL12	COMB2	-1,0557170	-0,8044201	-0,2547852
BL12	COMB2	-1,0557170	-0,7338414	-0,1235832
BL12	COMB2	-1,0557170	-0,6632628	0,0022736
BL12	COMB2	-1,0557170	-0,5926841	0,1177404
BL12	COMB2	-1,0557170	-0,5221055	0,2177721
BL13	MATI	-1,6480940	-0,2597480	-0,0677380
BL13	MATI	-1,6480940	-0,2093347	-0,0117642
BL13	MATI	-1,6480940	-0,1589213	0,0378118
BL13	MATI	-1,6480940	-0,1085080	0,0769410
BL13	MATI	-1,6480940	-0,0580947	0,1015744
BL13	HIDUP	-30,1686600	-5,7306630	-2,1886850
BL13	HIDUP	-30,1686600	-5,7306630	-0,8606683
BL13	HIDUP	-30,1686600	-5,7306630	0,5455070
BL13	HIDUP	-30,1686600	-5,7306630	1,9036610
BL13	HIDUP	-30,1686600	-5,7306630	3,0876130
BL13	COMB1	-50,2475700	-9,4807580	-3,5831810
BL13	COMB1	-50,2475700	-9,4202620	-1,3911860
BL13	COMB1	-50,2475700	-9,3597660	0,9181854
BL13	COMB1	-50,2475700	-9,2992700	3,1381870
BL13	COMB1	-50,2475700	-9,2387740	5,0620710
BL13	COMB2	-2,3073320	-0,3636472	-0,0948333
BL13	COMB2	-2,3073320	-0,2930685	-0,0164699
BL13	COMB2	-2,3073320	-0,2224899	0,0529365
BL13	COMB2	-2,3073320	-0,1519112	0,1077174
BL13	COMB2	-2,3073320	-0,0813326	0,1422042
BL14	MATI	-1,9723870	-0,1008266	0,0203834
BL14	MATI	-1,9723870	-0,0504133	0,0377493
BL14	MATI	-1,9723870	0,0000000	0,0435379
BL14	MATI	-1,9723870	0,0504133	0,0377493
BL14	MATI	-1,9723870	0,1008266	0,0203834
BL14	HIDUP	-39,2375600	0,0000000	0,7994829
BL14	HIDUP	-39,2375600	0,0000000	0,9575324
BL14	HIDUP	-39,2375600	0,0000000	1,0102160
BL14	HIDUP	-39,2375600	0,0000000	0,9575324
BL14	HIDUP	-39,2375600	0,0000000	0,7994829
BL14	COMB1	-65,1469600	-0,1209920	1,3036330

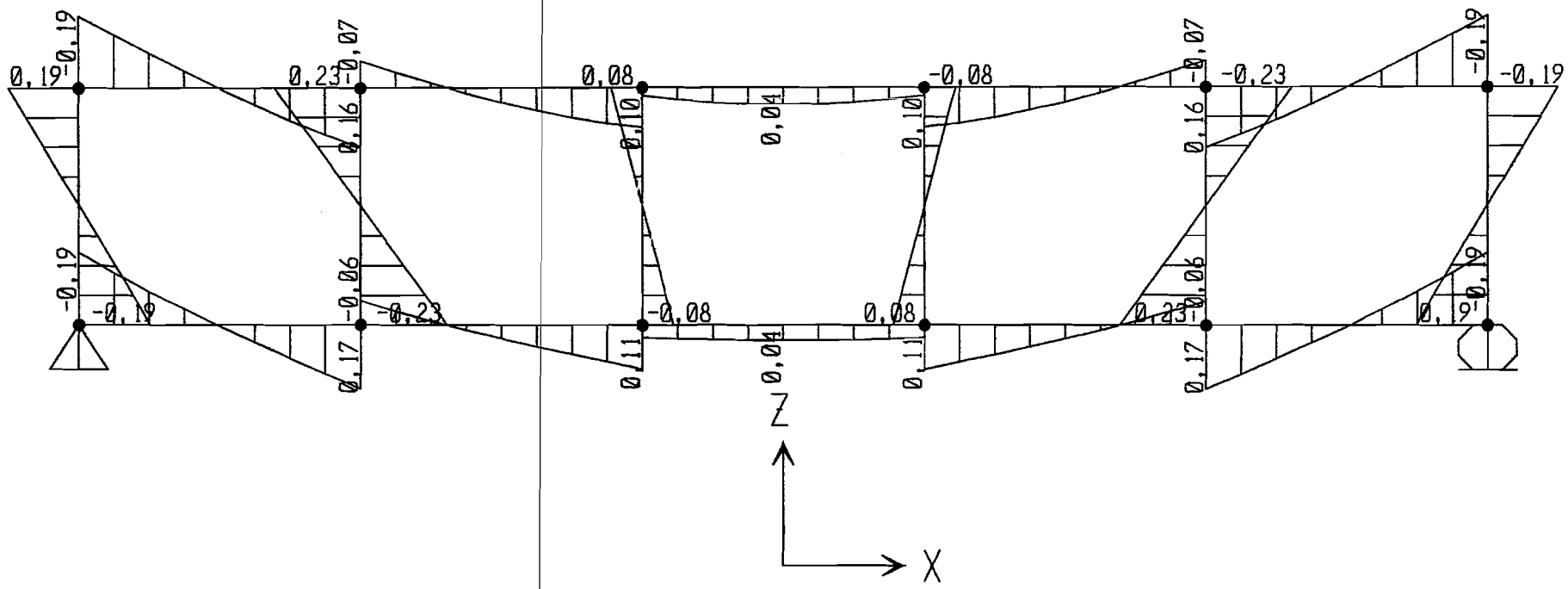
BL14	COMB1	-65,1469600	-0,0604960	1,5773510
BL14	COMB1	-65,1469600	0,0000000	1,6685900
BL14	COMB1	-65,1469600	0,0604960	1,5773510
BL14	COMB1	-65,1469600	0,1209920	1,3036330
BL14	COMB2	-2,7613410	-0,1411573	0,0285368
BL14	COMB2	-2,7613410	-0,0705787	0,0528489
BL14	COMB2	-2,7613410	0,0000000	0,0609530
BL14	COMB2	-2,7613410	0,0705787	0,0528489
BL14	COMB2	-2,7613410	0,1411573	0,0285368
BL15	MATI	-1,6480940	0,0580947	0,1015744
BL15	MATI	-1,6480940	0,1085080	0,0769410
BL15	MATI	-1,6480940	0,1589213	0,0378118
BL15	MATI	-1,6480940	0,2093347	-0,0117642
BL15	MATI	-1,6480940	0,2597480	-0,0677380
BL15	HIDUP	-30,1686600	5,7306630	3,0876130
BL15	HIDUP	-30,1686600	5,7306630	1,9036610
BL15	HIDUP	-30,1686600	5,7306630	0,5455070
BL15	HIDUP	-30,1686600	5,7306630	-0,8606683
BL15	HIDUP	-30,1686600	5,7306630	-2,1886850
BL15	COMB1	-50,2475700	9,2387740	5,0620710
BL15	COMB1	-50,2475700	9,2992700	3,1381870
BL15	COMB1	-50,2475700	9,3597660	0,9181854
BL15	COMB1	-50,2475700	9,4202620	-1,3911860
BL15	COMB1	-50,2475700	9,4807580	-3,5831810
BL15	COMB2	-2,3073320	0,0813326	0,1422042
BL15	COMB2	-2,3073320	0,1519112	0,1077174
BL15	COMB2	-2,3073320	0,2224899	0,0529365
BL15	COMB2	-2,3073320	0,2930685	-0,0164699
BL15	COMB2	-2,3073320	0,3636472	-0,0948333
BL16	MATI	-0,7540838	0,3729325	0,1555515
BL16	MATI	-0,7540838	0,4233458	0,0841003
BL16	MATI	-0,7540838	0,4737591	0,0016240
BL16	MATI	-0,7540838	0,5241724	-0,0882737
BL16	MATI	-0,7540838	0,5745857	-0,1819894
BL16	HIDUP	-11,8281400	7,2039800	2,4008690
BL16	HIDUP	-11,8281400	7,2039800	1,1036790
BL16	HIDUP	-11,8281400	7,2039800	-0,2396187
BL16	HIDUP	-11,8281400	7,2039800	-1,5730650
BL16	HIDUP	-11,8281400	7,2039800	-2,8407010
BL16	COMB1	-19,8299300	11,9738900	4,0280530
BL16	COMB1	-19,8299300	12,0343800	1,8668060
BL16	COMB1	-19,8299300	12,0948800	-0,3814411
BL16	COMB1	-19,8299300	12,1553800	-2,6228320
BL16	COMB1	-19,8299300	12,2158700	-4,7635090
BL16	COMB2	-1,0557170	0,5221055	0,2177721
BL16	COMB2	-1,0557170	0,5926841	0,1177404
BL16	COMB2	-1,0557170	0,6632628	0,0022736
BL16	COMB2	-1,0557170	0,7338414	-0,1235832
BL16	COMB2	-1,0557170	0,8044201	-0,2547852


BL12
BL13
BL14
BL15
BL16
KL1
KL2
KL3
KL4
KL5
KL6
BL7
BL8
BL9
BL10
BL11
Z
X


0,12
0,12
-0,77
-1,69
-2,02
-1,69
-0,77
-0,76
0,77
1,69
2,02
1,69
0,77
-0,76
-0,06
-0,22
-0,22
-0,06
Z
X



SAP2000 v7.42 - File:sampel 2 f'c24.8hidup - Shear Force 2-2 Diagram (MATI) - KN-m Units



SAP2000 v7.42 - File:sampel 2 f'c24.8hidup - Moment 3-3 Diagram (MATI) - KN-m Units

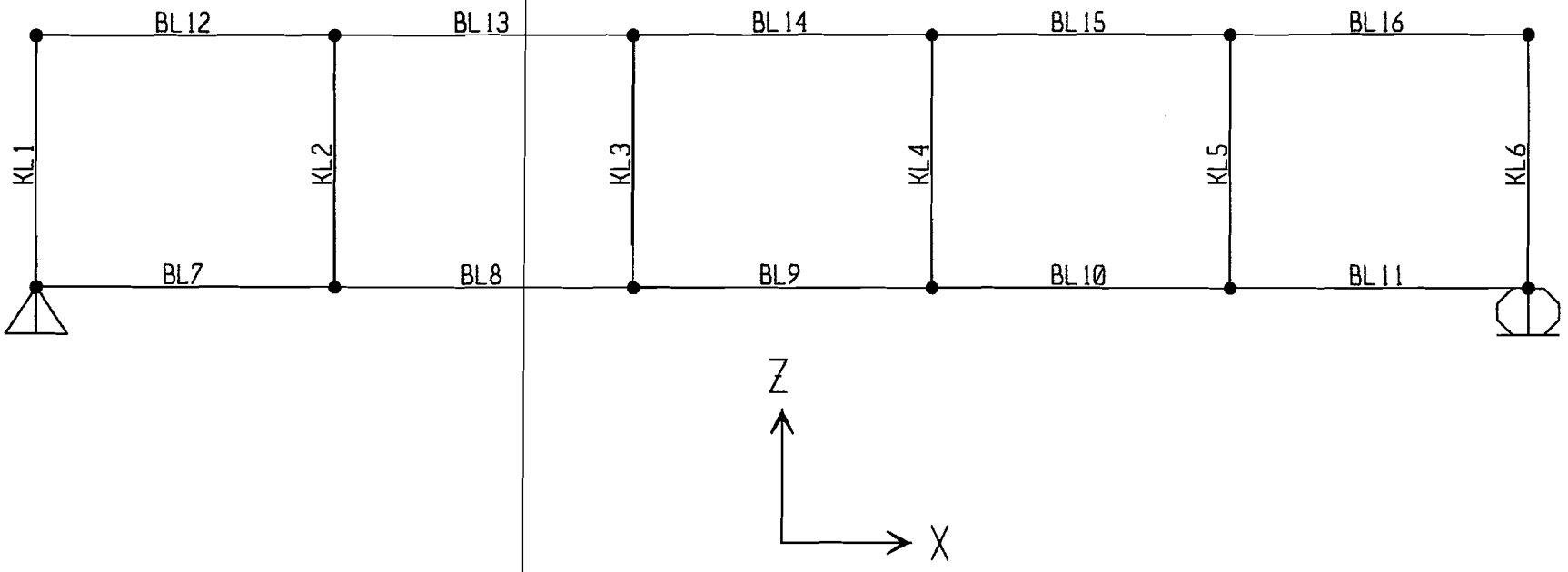
FRAME	LOAD	P	V2	M3
BL7	MATI	0,7740282	-0,7911389	-0,1905627
BL7	MATI	0,7740282	-0,7394075	-0,08781012
BL7	MATI	0,7740282	-0,6876762	0,003324492
BL7	MATI	0,7740282	-0,6359448	0,08661792
BL7	MATI	0,7740282	-0,5842135	0,1658469
BL7	HIDUP	11,83231	-10,53663	-2,903496
BL7	HIDUP	11,83231	-10,53663	-1,516816
BL7	HIDUP	11,83231	-10,53663	-0,1957841
BL7	HIDUP	11,83231	-10,53663	1,116617
BL7	HIDUP	11,83231	-10,53663	2,477408
BL7	COMB1	19,86053	-17,80797	-4,874269
BL7	COMB1	19,86053	-17,7459	-2,532277
BL7	COMB1	19,86053	-17,68382	-0,3092652
BL7	COMB1	19,86053	-17,62174	1,890529
BL7	COMB1	19,86053	-17,55966	4,162869
BL7	COMB2	1,08364	-1,107594	-0,2667877
BL7	COMB2	1,08364	-1,035171	-0,1229342
BL7	COMB2	1,08364	-0,9627467	0,004654288
BL7	COMB2	1,08364	-0,8903228	0,1212651
BL7	COMB2	1,08364	-0,8178989	0,2321857
BL8	MATI	1,691424	-0,5283946	-0,06365155
BL8	MATI	1,691424	-0,4766633	-0,009858199
BL8	MATI	1,691424	-0,4249319	0,03506459
BL8	MATI	1,691424	-0,3732006	0,07525031
BL8	MATI	1,691424	-0,3214692	0,1148324
BL8	HIDUP	30,17337	-12,03128	-2,102217
BL8	HIDUP	30,17337	-12,03128	-0,7668998
BL8	HIDUP	30,17337	-12,03128	0,4934686
BL8	HIDUP	30,17337	-12,03128	1,803737
BL8	HIDUP	30,17337	-12,03128	3,288752
BL8	COMB1	50,30711	-19,88412	-3,439929
BL8	COMB1	50,30711	-19,82204	-1,23887
BL8	COMB1	50,30711	-19,75996	0,8316273
BL8	COMB1	50,30711	-19,69788	2,976279
BL8	COMB1	50,30711	-19,63581	5,399803
BL8	COMB2	2,367994	-0,7397525	-0,08911216
BL8	COMB2	2,367994	-0,6673286	-0,01380148
BL8	COMB2	2,367994	-0,5949047	0,04909043
BL8	COMB2	2,367994	-0,5224808	0,1053504
BL8	COMB2	2,367994	-0,4500569	0,1607654
BL9	MATI	2,024204	-0,1034627	0,03175158
BL9	MATI	2,024204	-0,05173135	0,03716361
BL9	MATI	2,024204	-1,33016E-15	0,03896762
BL9	MATI	2,024204	0,05173135	0,03716361
BL9	MATI	2,024204	0,1034627	0,03175158
BL9	HIDUP	39,2429	-2,84217E-14	1,042267
BL9	HIDUP	39,2429	-2,84217E-14	0,8880849
BL9	HIDUP	39,2429	-2,84217E-14	0,8366908
BL9	HIDUP	39,2429	-2,84217E-14	0,8880849
BL9	HIDUP	39,2429	-2,84217E-14	1,042267
BL9	COMB1	65,21768	-0,1241552	1,70573
BL9	COMB1	65,21768	-0,06207762	1,465532
BL9	COMB1	65,21768	-4,70709E-14	1,385466
BL9	COMB1	65,21768	0,06207762	1,465532
BL9	COMB1	65,21768	0,1241552	1,70573

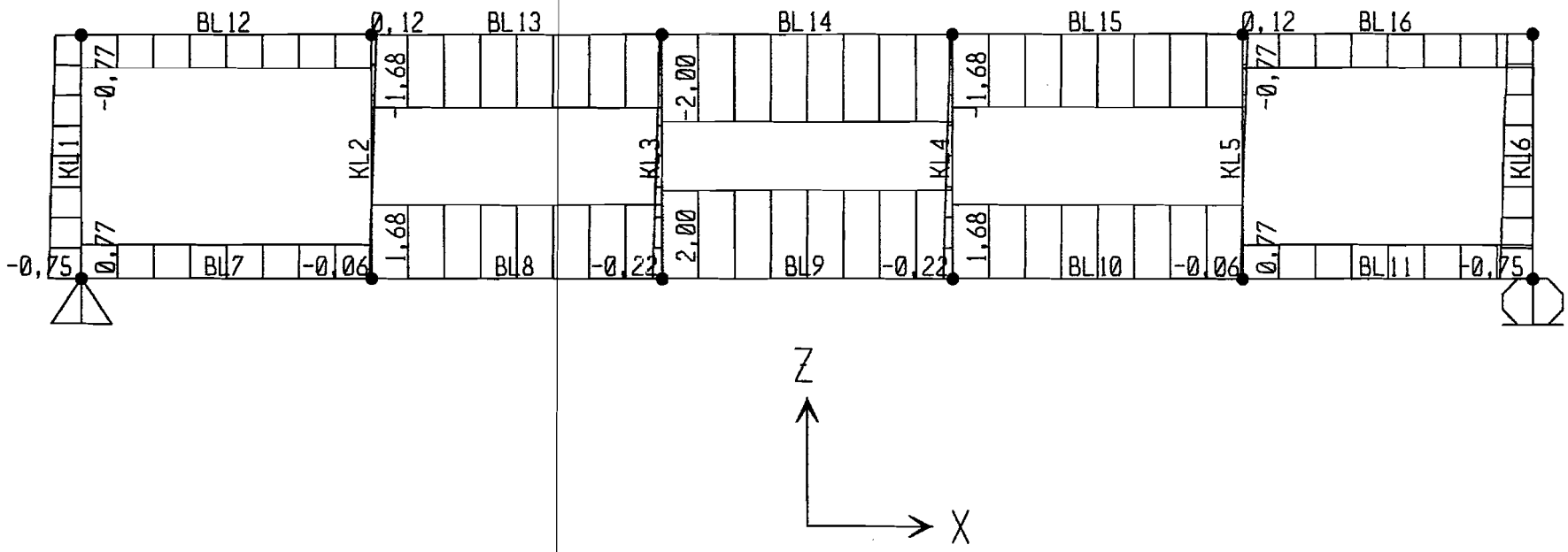
BL9	COMB2	2,833885	-0,1448478	0,04445221
BL9	COMB2	2,833885	-0,07242389	0,05202905
BL9	COMB2	2,833885	-1,86222E-15	0,05455466
BL9	COMB2	2,833885	0,07242389	0,05202905
BL9	COMB2	2,833885	0,1448478	0,04445221
KL1	MATI	-0,7608017	-0,7740282	-0,1905627
KL1	MATI	-0,6745827	-0,7740282	-0,002036192
KL1	MATI	-0,5883638	-0,7740282	0,1867324
KL1	HIDUP	-7,183371	-11,83231	-2,903496
KL1	HIDUP	-7,183371	-11,83231	-0,03352997
KL1	HIDUP	-7,183371	-11,83231	2,840423
KL1	COMB1	-12,40636	-19,86053	-4,874269
KL1	COMB1	-12,30289	-19,86053	-0,05609138
KL1	COMB1	-12,19943	-19,86053	4,768756
KL1	COMB2	-1,065122	-1,08364	-0,2667877
KL1	COMB2	-0,9444158	-1,08364	-0,002850669
KL1	COMB2	-0,8237094	-1,08364	0,2614253
KL2	MATI	-0,05581889	-0,9173961	-0,2294984
KL2	MATI	0,03040003	-0,9173961	-0,000181208
KL2	MATI	0,116619	-0,9173961	0,2291362
KL2	HIDUP	1,494647	-18,34106	-4,579626
KL2	HIDUP	1,494647	-18,34106	0,005059511
KL2	HIDUP	1,494647	-18,34106	4,589739
KL2	COMB1	2,324453	-30,44658	-7,602799
KL2	COMB1	2,427915	-30,44658	0,007877768
KL2	COMB1	2,531378	-30,44658	7,618546
KL2	COMB2	-0,07814644	-1,284354	-0,3212978
KL2	COMB2	0,04256004	-1,284354	-0,000253691
KL2	COMB2	0,1632665	-1,284354	0,3207907
KL3	MATI	-0,2180065	-0,3327791	-0,08308084
KL3	MATI	-0,1317876	-0,3327791	0,000117413
KL3	MATI	-0,04556866	-0,3327791	0,08331569
KL3	HIDUP	-12,03128	-9,069524	-2,246485
KL3	HIDUP	-12,03128	-9,069524	0,02096042
KL3	HIDUP	-12,03128	-9,069524	2,288412
KL3	COMB1	-19,51165	-14,91057	-3,694073
KL3	COMB1	-19,40819	-14,91057	0,03367757
KL3	COMB1	-19,30472	-14,91057	3,761438
KL3	COMB2	-0,3052091	-0,4658908	-0,1163132
KL3	COMB2	-0,1845026	-0,4658908	0,000164379
KL3	COMB2	-0,06379613	-0,4658908	0,116642
KL4	MATI	-0,2180065	0,3327791	0,08308084
KL4	MATI	-0,1317876	0,3327791	-0,000117413
KL4	MATI	-0,04556866	0,3327791	-0,08331569
KL4	HIDUP	-12,03128	9,069524	2,246485
KL4	HIDUP	-12,03128	9,069524	-0,02096042
KL4	HIDUP	-12,03128	9,069524	-2,288412
KL4	COMB1	-19,51165	14,91057	3,694073
KL4	COMB1	-19,40819	14,91057	-0,03367757
KL4	COMB1	-19,30472	14,91057	-3,761438
KL4	COMB2	-0,3052091	0,4658908	0,1163132
KL4	COMB2	-0,1845026	0,4658908	-0,000164379
KL4	COMB2	-0,06379613	0,4658908	-0,116642
KL5	MATI	-0,05581889	0,9173961	0,2294984
KL5	MATI	0,03040003	0,9173961	0,000181208
KL5	MATI	0,116619	0,9173961	-0,2291362

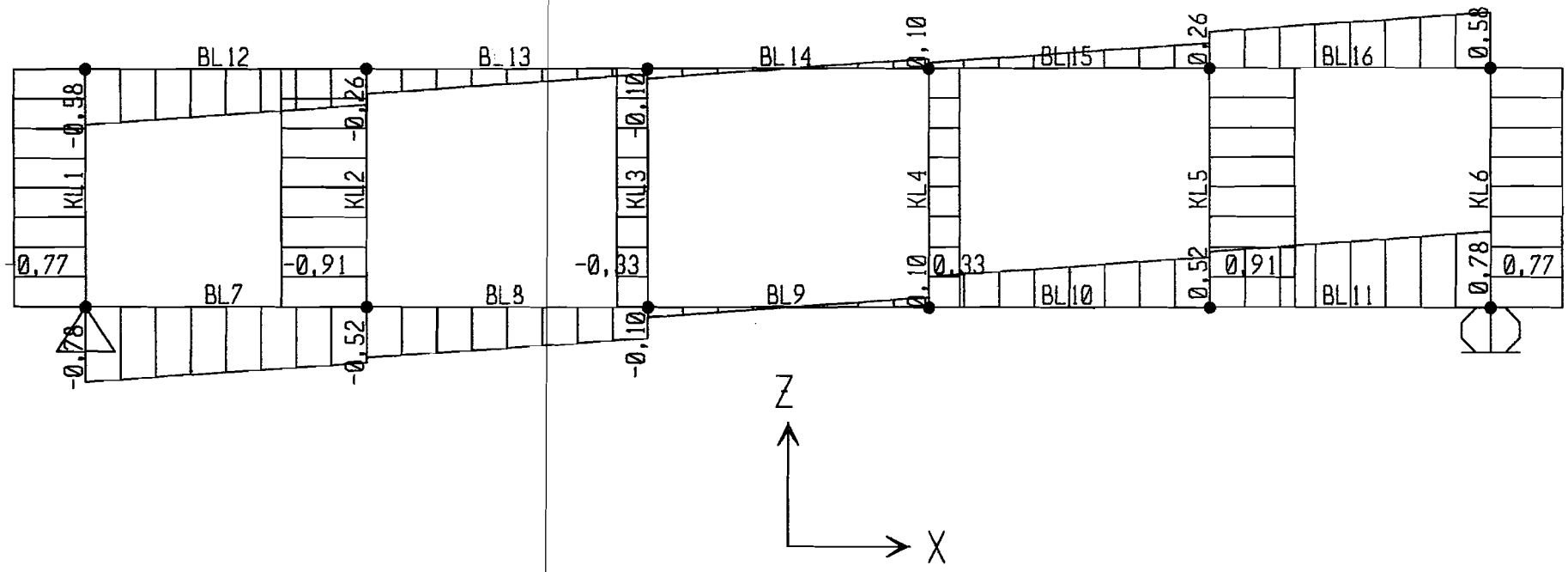
KL5	HIDUP	1,494647	18,34106	4,579626
KL5	HIDUP	1,494647	18,34106	-0,005059511
KL5	HIDUP	1,494647	18,34106	-4,589739
KL5	COMB1	2,324453	30,44658	7,602799
KL5	COMB1	2,427915	30,44658	-0,007877768
KL5	COMB1	2,531378	30,44658	-7,618546
KL5	COMB2	-0,07814644	1,284354	0,3212978
KL5	COMB2	0,04256004	1,284354	0,000253691
KL5	COMB2	0,1632665	1,284354	-0,3207907
KL6	MATI	-0,7608017	0,7740282	0,1905627
KL6	MATI	-0,6745827	0,7740282	0,002036192
KL6	MATI	-0,5883638	0,7740282	-0,1867324
KL6	HIDUP	-7,183371	11,83231	2,903496
KL6	HIDUP	-7,183371	11,83231	0,03352997
KL6	HIDUP	-7,183371	11,83231	-2,840423
KL6	COMB1	-12,40636	19,86053	4,874269
KL6	COMB1	-12,30289	19,86053	0,05609138
KL6	COMB1	-12,19943	19,86053	-4,768756
KL6	COMB2	-1,065122	1,08364	0,2667877
KL6	COMB2	-0,9444158	1,08364	0,002850669
KL6	COMB2	-0,8237094	1,08364	-0,2614253
BL10	MATI	1,691424	0,3214692	0,1148324
BL10	MATI	1,691424	0,3732006	0,07525031
BL10	MATI	1,691424	0,4249319	0,03506459
BL10	MATI	1,691424	0,4766633	-0,009858199
BL10	MATI	1,691424	0,5283946	-0,06365155
BL10	HIDUP	30,17337	12,03128	3,288752
BL10	HIDUP	30,17337	12,03128	1,803737
BL10	HIDUP	30,17337	12,03128	0,4934686
BL10	HIDUP	30,17337	12,03128	-0,7668998
BL10	HIDUP	30,17337	12,03128	-2,102217
BL10	COMB1	50,30711	19,63581	5,399803
BL10	COMB1	50,30711	19,69788	2,976279
BL10	COMB1	50,30711	19,75996	0,8316273
BL10	COMB1	50,30711	19,82204	-1,23887
BL10	COMB1	50,30711	19,88412	-3,439929
BL10	COMB2	2,367994	0,4500569	0,1607654
BL10	COMB2	2,367994	0,5224808	0,1053504
BL10	COMB2	2,367994	0,5949047	0,04909043
BL10	COMB2	2,367994	0,6673286	-0,01380148
BL10	COMB2	2,367994	0,7397525	-0,08911216
BL11	MATI	0,7740282	0,5842135	0,1658469
BL11	MATI	0,7740282	0,6359448	0,08661792
BL11	MATI	0,7740282	0,6876762	0,003324492
BL11	MATI	0,7740282	0,7394075	-0,08781012
BL11	MATI	0,7740282	0,7911389	-0,1905627
BL11	HIDUP	11,83231	10,53663	2,477408
BL11	HIDUP	11,83231	10,53663	1,116617
BL11	HIDUP	11,83231	10,53663	-0,1957841
BL11	HIDUP	11,83231	10,53663	-1,516816
BL11	HIDUP	11,83231	10,53663	-2,903496
BL11	COMB1	19,86053	17,55966	4,162869
BL11	COMB1	19,86053	17,62174	1,890529
BL11	COMB1	19,86053	17,68382	-0,3092652
BL11	COMB1	19,86053	17,7459	-2,532277
BL11	COMB1	19,86053	17,80797	-4,874269

BL11	COMB2	1,08364	0,8178989	0,2321857
BL11	COMB2	1,08364	0,8903228	0,1212651
BL11	COMB2	1,08364	0,9627467	0,004654288
BL11	COMB2	1,08364	1,035171	-0,1229342
BL11	COMB2	1,08364	1,107594	-0,2667877
BL12	MATI	-0,7740282	-0,5883638	-0,1867324
BL12	MATI	-0,7740282	-0,5366325	-0,09060217
BL12	MATI	-0,7740282	-0,4849011	0,001660454
BL12	MATI	-0,7740282	-0,4331698	0,08630962
BL12	MATI	-0,7740282	-0,3814384	0,1595994
BL12	HIDUP	-11,83231	-7,183371	-2,840423
BL12	HIDUP	-11,83231	-7,183371	-1,573445
BL12	HIDUP	-11,83231	-7,183371	-0,2397964
BL12	HIDUP	-11,83231	-7,183371	1,103836
BL12	HIDUP	-11,83231	-7,183371	2,400763
BL12	COMB1	-19,86053	-12,19943	-4,768756
BL12	COMB1	-19,86053	-12,13735	-2,626235
BL12	COMB1	-19,86053	-12,07528	-0,3816817
BL12	COMB1	-19,86053	-12,0132	1,869709
BL12	COMB1	-19,86053	-11,95112	4,03274
BL12	COMB2	-1,08364	-0,8237094	-0,2614253
BL12	COMB2	-1,08364	-0,7512855	-0,1268431
BL12	COMB2	-1,08364	-0,6788616	0,002324635
BL12	COMB2	-1,08364	-0,6064377	0,1208335
BL12	COMB2	-1,08364	-0,5340137	0,2234392
BL13	MATI	-1,691424	-0,2648194	-0,06953677
BL13	MATI	-1,691424	-0,2130881	-0,01207847
BL13	MATI	-1,691424	-0,1613567	0,03883021
BL13	MATI	-1,691424	-0,1096254	0,07898014
BL13	MATI	-1,691424	-0,05789404	0,1041622
BL13	HIDUP	-30,17337	-5,688724	-2,188976
BL13	HIDUP	-30,17337	-5,688724	-0,8611253
BL13	HIDUP	-30,17337	-5,688724	0,545912
BL13	HIDUP	-30,17337	-5,688724	1,904305
BL13	HIDUP	-30,17337	-5,688724	3,086224
BL13	COMB1	-50,30711	-9,419742	-3,585806
BL13	COMB1	-50,30711	-9,357664	-1,392295
BL13	COMB1	-50,30711	-9,295587	0,9200554
BL13	COMB1	-50,30711	-9,233509	3,141664
BL13	COMB1	-50,30711	-9,171432	5,062953
BL13	COMB2	-2,367994	-0,3707472	-0,09735148
BL13	COMB2	-2,367994	-0,2983233	-0,01690986
BL13	COMB2	-2,367994	-0,2258994	0,0543623
BL13	COMB2	-2,367994	-0,1534756	0,1105722
BL13	COMB2	-2,367994	-0,08105166	0,1458271
BL14	MATI	-2,024204	-0,1034627	0,02084649
BL14	MATI	-2,024204	-0,05173135	0,0387469
BL14	MATI	-2,024204	-4,41982E-16	0,04471371
BL14	MATI	-2,024204	0,05173135	0,0387469
BL14	MATI	-2,024204	0,1034627	0,02084649
BL14	HIDUP	-39,2429	0	0,7978117
BL14	HIDUP	-39,2429	0	0,9579446
BL14	HIDUP	-39,2429	0	1,011322
BL14	HIDUP	-39,2429	0	0,9579446
BL14	HIDUP	-39,2429	0	0,7978117
BL14	COMB1	-65,21768	-0,1241552	1,301515

BL14	COMB1	-65,21768	-0,06207762	1,579208
BL14	COMB1	-65,21768	-5,30378E-16	1,671772
BL14	COMB1	-65,21768	0,06207762	1,579208
BL14	COMB1	-65,21768	0,1241552	1,301515
BL14	COMB2	-2,833885	-0,1448478	0,02918509
BL14	COMB2	-2,833885	-0,07242389	0,05424567
BL14	COMB2	-2,833885	-6,18775E-16	0,0625992
BL14	COMB2	-2,833885	0,07242389	0,05424567
BL14	COMB2	-2,833885	0,1448478	0,02918509
BL15	MATI	-1,691424	0,05789404	0,1041622
BL15	MATI	-1,691424	0,1096254	0,07898014
BL15	MATI	-1,691424	0,1613567	0,03883021
BL15	MATI	-1,691424	0,2130881	-0,01207847
BL15	MATI	-1,691424	0,2648194	-0,06953677
BL15	HIDUP	-30,17337	5,688724	3,086224
BL15	HIDUP	-30,17337	5,688724	1,904305
BL15	HIDUP	-30,17337	5,688724	0,545912
BL15	HIDUP	-30,17337	5,688724	-0,8611253
BL15	HIDUP	-30,17337	5,688724	-2,188976
BL15	COMB1	-50,30711	9,171432	5,062953
BL15	COMB1	-50,30711	9,233509	3,141664
BL15	COMB1	-50,30711	9,295587	0,9200554
BL15	COMB1	-50,30711	9,357664	-1,392295
BL15	COMB1	-50,30711	9,419742	-3,585806
BL15	COMB2	-2,367994	0,08105166	0,1458271
BL15	COMB2	-2,367994	0,1534756	0,1105722
BL15	COMB2	-2,367994	0,2258994	0,0543623
BL15	COMB2	-2,367994	0,2983233	-0,01690986
BL15	COMB2	-2,367994	0,3707472	-0,09735148
BL16	MATI	-0,7740282	0,3814384	0,1595994
BL16	MATI	-0,7740282	0,4331698	0,08630962
BL16	MATI	-0,7740282	0,4849011	0,001660454
BL16	MATI	-0,7740282	0,5366325	-0,09060217
BL16	MATI	-0,7740282	0,5883638	-0,1867324
BL16	HIDUP	-11,83231	7,183371	2,400763
BL16	HIDUP	-11,83231	7,183371	1,103836
BL16	HIDUP	-11,83231	7,183371	-0,2397964
BL16	HIDUP	-11,83231	7,183371	-1,573445
BL16	HIDUP	-11,83231	7,183371	-2,840423
BL16	COMB1	-19,86053	11,95112	4,03274
BL16	COMB1	-19,86053	12,0132	1,869709
BL16	COMB1	-19,86053	12,07528	-0,3816817
BL16	COMB1	-19,86053	12,13735	-2,626235
BL16	COMB1	-19,86053	12,19943	-4,768756
BL16	COMB2	-1,08364	0,5340137	0,2234392
BL16	COMB2	-1,08364	0,6064377	0,1208335
BL16	COMB2	-1,08364	0,6788616	0,002324635
BL16	COMB2	-1,08364	0,7512855	-0,1268431
BL16	COMB2	-1,08364	0,8237094	-0,2614253

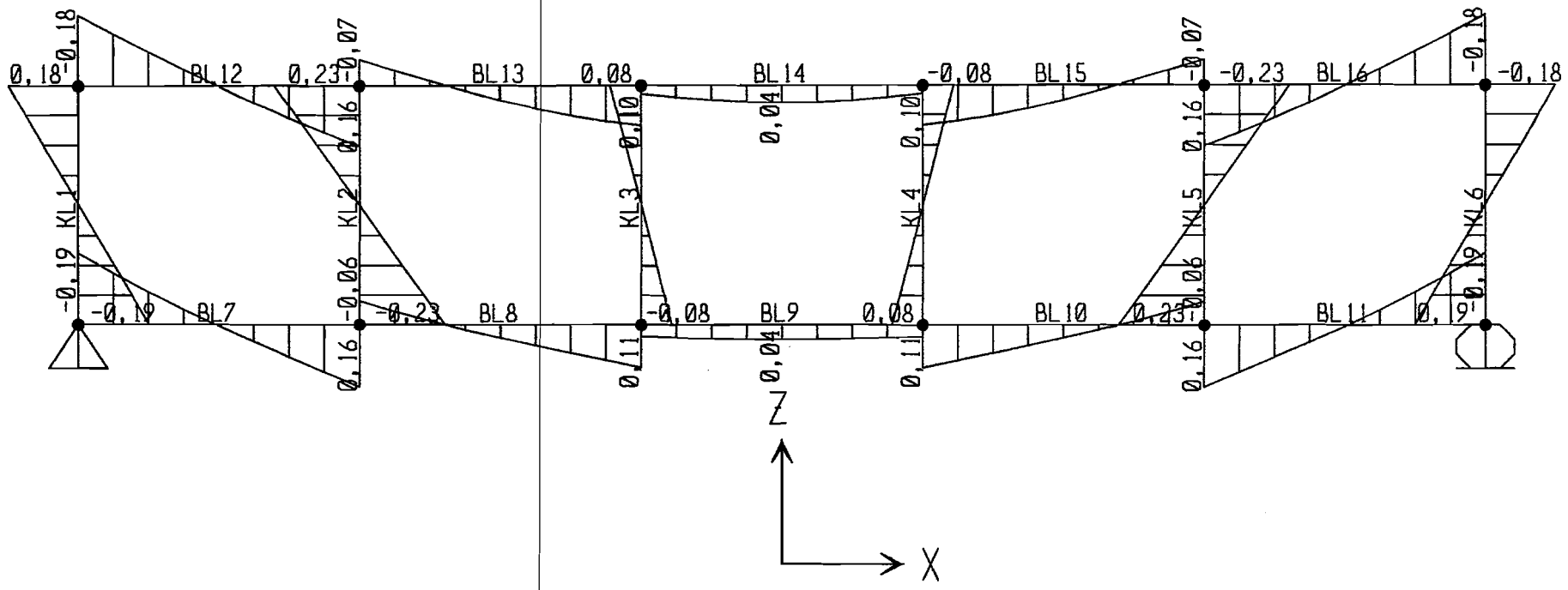

BL12
BL13
BL14
BL15
BL16
KL1
KL2
KL3
KL4
KL5
KL6
BL7
BL8
BL9
BL10
BL11
Z
X


BL12
0,12
BL13
BL14
BL15
0,12
BL16
-0,77
-1,68
-2,00
-1,68
-0,77
KL1
KL2
KL3
KL4
KL5
KL6
0,77
1,68
2,00
1,68
0,77
-0,75
0,77
BL7
-0,06
1,68
BL8
-0,22
2,00
BL9
-0,22
1,68
BL10
-0,06
0,77
BL11
-0,75
Z
X


BL12
BL13
BL14
BL15
BL16
BL7
BL8
BL9
BL10
BL11
KL1
KL2
KL3
KL4
KL5
KL6
-0,98
-0,26
-0,10
0,10
0,26
0,58
-0,77
-0,91
-0,33
0,33
0,91
0,77
-0,78
-0,52
-0,10
0,10
0,52
0,78
Z
X

SAP2000

2/17/05 15:02:26



SAP2000 v7.42 - File:sampel 3 f'c29.8hidup - Moment 3-3 Diagram (MATI) - KN-m Units

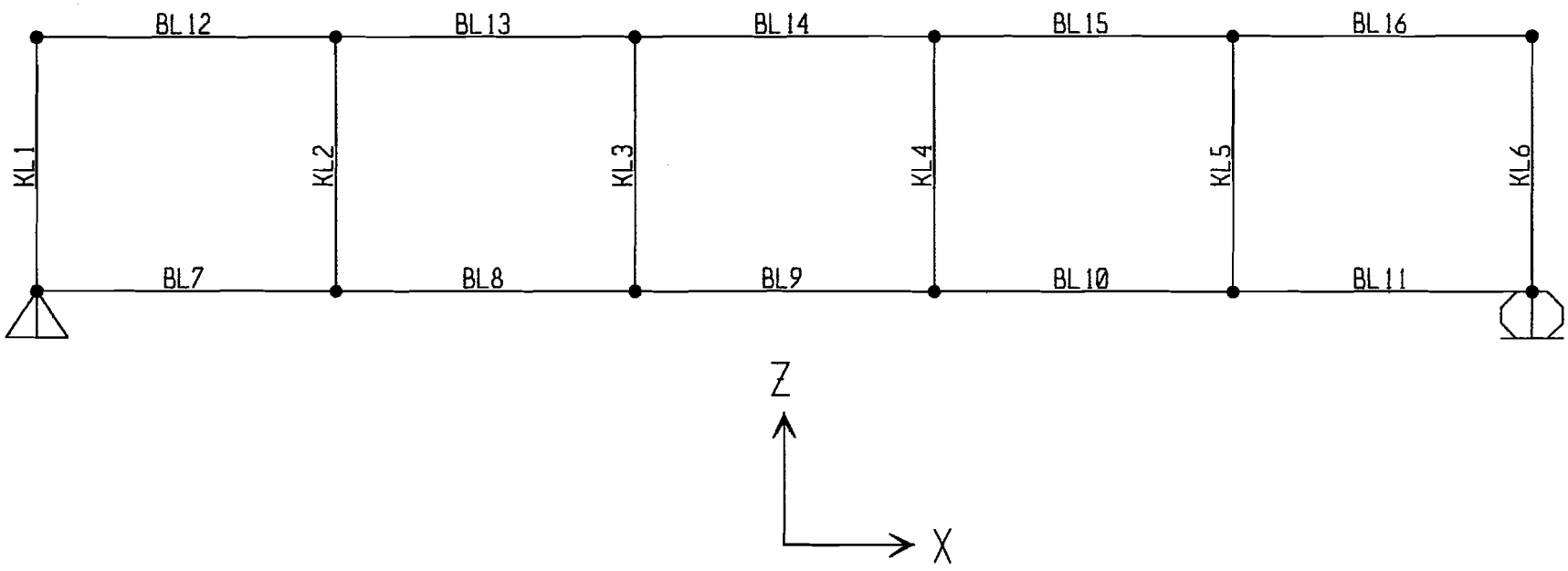
FRAME	LOAD	P	V2	M3
BL7	MATI	0,7666273	-0,7832046	-0,18876
BL7	MATI	0,7666273	-0,7319623	-0,08699016
BL7	MATI	0,7666273	-0,68072	0,003289404
BL7	MATI	0,7666273	-0,6294776	0,08580215
BL7	MATI	0,7666273	-0,5782353	0,1642714
BL7	HIDUP	11,83077	-10,52901	-2,903451
BL7	HIDUP	11,83077	-10,52901	-1,516986
BL7	HIDUP	11,83077	-10,52901	-0,1958635
BL7	HIDUP	11,83077	-10,52901	1,116668
BL7	HIDUP	11,83077	-10,52901	2,477359
BL7	COMB1	19,84918	-17,78626	-4,872034
BL7	COMB1	19,84918	-17,72477	-2,531566
BL7	COMB1	19,84918	-17,66328	-0,3094344
BL7	COMB1	19,84918	-17,60179	1,889631
BL7	COMB1	19,84918	-17,5403	4,1609
BL7	COMB2	1,073278	-1,096486	-0,264264
BL7	COMB2	1,073278	-1,024747	-0,1217862
BL7	COMB2	1,073278	-0,9530079	0,004605166
BL7	COMB2	1,073278	-0,8812687	0,120123
BL7	COMB2	1,073278	-0,8095295	0,22998
BL8	MATI	1,675347	-0,52277	-0,06305887
BL8	MATI	1,675347	-0,4715278	-0,009767182
BL8	MATI	1,675347	-0,4202854	0,03474307
BL8	MATI	1,675347	-0,3690431	0,07454687
BL8	MATI	1,675347	-0,3178008	0,1137192
BL8	HIDUP	30,17163	-12,01577	-2,102239
BL8	HIDUP	30,17163	-12,01577	-0,7670179
BL8	HIDUP	30,17163	-12,01577	0,4936095
BL8	HIDUP	30,17163	-12,01577	1,803898
BL8	HIDUP	30,17163	-12,01577	3,288104
BL8	COMB1	50,28503	-19,85256	-3,439254
BL8	COMB1	50,28503	-19,79107	-1,238949
BL8	COMB1	50,28503	-19,72958	0,831467
BL8	COMB1	50,28503	-19,66809	2,975694
BL8	COMB1	50,28503	-19,6066	5,397429
BL8	COMB2	2,345485	-0,731878	-0,08828241
BL8	COMB2	2,345485	-0,6601388	-0,01367406
BL8	COMB2	2,345485	-0,5883996	0,04864029
BL8	COMB2	2,345485	-0,5166603	0,1043656
BL8	COMB2	2,345485	-0,4449211	0,1592069
BL9	MATI	2,004977	-0,1024847	0,03142461
BL9	MATI	2,004977	-0,05124233	0,03681483
BL9	MATI	2,004977	3,91279E-15	0,03861157
BL9	MATI	2,004977	0,05124233	0,03681483
BL9	MATI	2,004977	0,1024847	0,03142461
BL9	HIDUP	39,24092	8,52651E-14	1,04163
BL9	HIDUP	39,24092	8,52651E-14	0,8881766
BL9	HIDUP	39,24092	8,52651E-14	0,8370253
BL9	HIDUP	39,24092	8,52651E-14	0,8881766
BL9	HIDUP	39,24092	8,52651E-14	1,04163
BL9	COMB1	65,19145	-0,1229816	1,704318
BL9	COMB1	65,19145	-0,0614908	1,46526
BL9	COMB1	65,19145	1,4112E-13	1,385574
BL9	COMB1	65,19145	0,0614908	1,46526
BL9	COMB1	65,19145	0,1229816	1,704318

BL9	COMB2	2,806968	-0,1434785	0,04399445
BL9	COMB2	2,806968	-0,07173926	0,05154076
BL9	COMB2	2,806968	5,47791E-15	0,0540562
BL9	COMB2	2,806968	0,07173926	0,05154076
BL9	COMB2	2,806968	0,1434785	0,04399445
KL1	MATI	-0,7540652	-0,7666273	-0,18876
KL1	MATI	-0,6686614	-0,7666273	-0,002012735
KL1	MATI	-0,5832574	-0,7666273	0,1849727
KL1	HIDUP	-7,190989	-11,83077	-2,903451
KL1	HIDUP	-7,190989	-11,83077	-0,03344148
KL1	HIDUP	-7,190989	-11,83077	2,840526
KL1	COMB1	-12,41046	-19,84918	-4,872034
KL1	COMB1	-12,30798	-19,84918	-0,05592164
KL1	COMB1	-12,20549	-19,84918	4,766809
KL1	COMB2	-1,055691	-1,073278	-0,264264
KL1	COMB2	-0,9361259	-1,073278	-0,002817829
KL1	COMB2	-0,8165604	-1,073278	0,2589618
KL2	MATI	-0,05546525	-0,9087194	-0,2273303
KL2	MATI	0,02993863	-0,9087194	-0,000181805
KL2	MATI	0,1153425	-0,9087194	0,2269669
KL2	HIDUP	1,486763	-18,34086	-4,579598
KL2	HIDUP	1,486763	-18,34086	0,005038918
KL2	HIDUP	1,486763	-18,34086	4,589671
KL2	COMB1	2,312263	-30,43584	-7,600153
KL2	COMB1	2,414747	-30,43584	0,007844103
KL2	COMB1	2,517232	-30,43584	7,615833
KL2	COMB2	-0,07765134	-1,272207	-0,3182624
KL2	COMB2	0,04191409	-1,272207	-0,000254527
KL2	COMB2	0,1614795	-1,272207	0,3177536
KL3	MATI	-0,2153161	-0,3296303	-0,08229464
KL3	MATI	-0,1299122	-0,3296303	0,00011635
KL3	MATI	-0,04450835	-0,3296303	0,08252737
KL3	HIDUP	-12,01577	-9,069294	-2,246474
KL3	HIDUP	-12,01577	-9,069294	0,02091394
KL3	HIDUP	-12,01577	-9,069294	2,288308
KL3	COMB1	-19,48362	-14,90643	-3,693112
KL3	COMB1	-19,38113	-14,90643	0,03360192
KL3	COMB1	-19,27865	-14,90643	3,760325
KL3	COMB2	-0,3014425	-0,4614823	-0,1152125
KL3	COMB2	-0,1818771	-0,4614823	0,00016289
KL3	COMB2	-0,06231168	-0,4614823	0,1155383
KL4	MATI	-0,2153161	0,3296303	0,08229464
KL4	MATI	-0,1299122	0,3296303	-0,00011635
KL4	MATI	-0,04450835	0,3296303	-0,08252737
KL4	HIDUP	-12,01577	9,069294	2,246474
KL4	HIDUP	-12,01577	9,069294	-0,02091394
KL4	HIDUP	-12,01577	9,069294	-2,288308
KL4	COMB1	-19,48362	14,90643	3,693112
KL4	COMB1	-19,38113	14,90643	-0,03360192
KL4	COMB1	-19,27865	14,90643	-3,760325
KL4	COMB2	-0,3014425	0,4614823	0,1152125
KL4	COMB2	-0,1818771	0,4614823	-0,00016289
KL4	COMB2	-0,06231168	0,4614823	-0,1155383
KL5	MATI	-0,05546525	0,9087194	0,2273303
KL5	MATI	0,02993863	0,9087194	0,000181805
KL5	MATI	0,1153425	0,9087194	-0,2269669

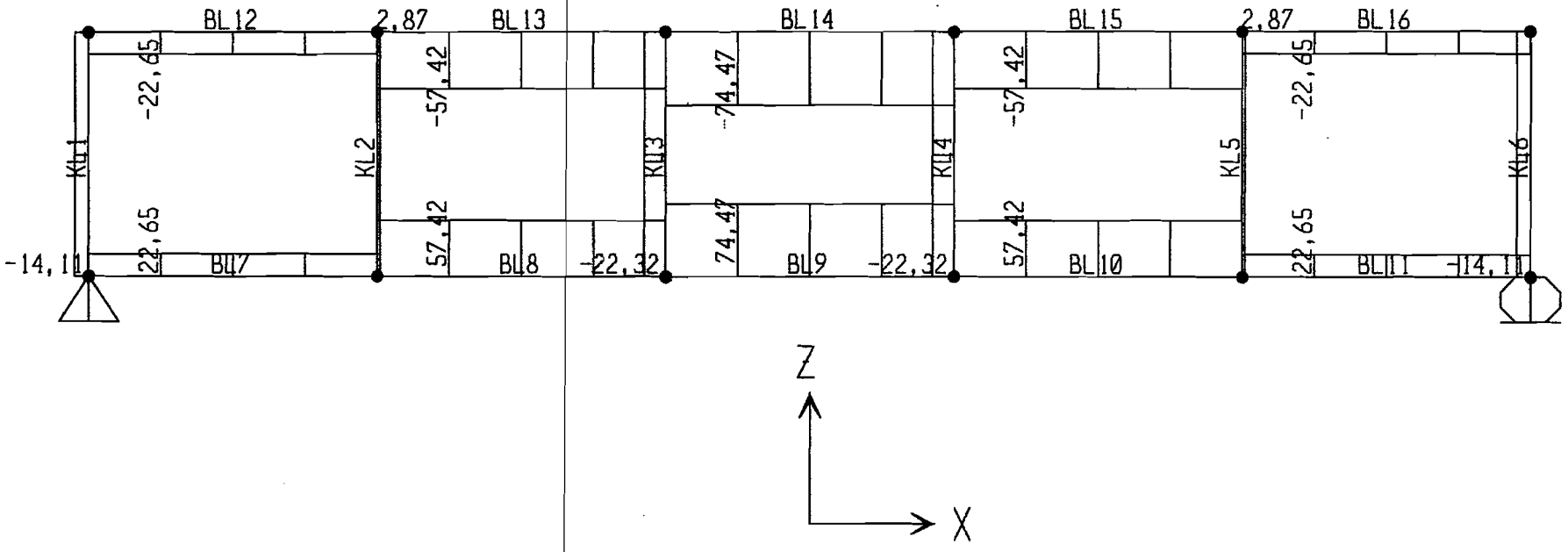
KL5	HIDUP	1,486763	18,34086	4,579598
KL5	HIDUP	1,486763	18,34086	-0,005038918
KL5	HIDUP	1,486763	18,34086	-4,589671
KL5	COMB1	2,312263	30,43584	7,600153
KL5	COMB1	2,414747	30,43584	-0,007844103
KL5	COMB1	2,517232	30,43584	-7,615833
KL5	COMB2	-0,07765134	1,272207	0,3182624
KL5	COMB2	0,04191409	1,272207	0,000254527
KL5	COMB2	0,1614795	1,272207	-0,3177536
KL6	MATI	-0,7540652	0,7666273	0,18876
KL6	MATI	-0,6686614	0,7666273	0,002012735
KL6	MATI	-0,5832574	0,7666273	-0,1849727
KL6	HIDUP	-7,190989	11,83077	2,903451
KL6	HIDUP	-7,190989	11,83077	0,03344148
KL6	HIDUP	-7,190989	11,83077	-2,840526
KL6	COMB1	-12,41046	19,84918	4,872034
KL6	COMB1	-12,30798	19,84918	0,05592164
KL6	COMB1	-12,20549	19,84918	-4,766809
KL6	COMB2	-1,055691	1,073278	0,264264
KL6	COMB2	-0,9361259	1,073278	0,002817829
KL6	COMB2	-0,8165604	1,073278	-0,2589618
BL10	MATI	1,675347	0,3178008	0,1137192
BL10	MATI	1,675347	0,3690431	0,07454687
BL10	MATI	1,675347	0,4202854	0,03474307
BL10	MATI	1,675347	0,4715278	-0,009767182
BL10	MATI	1,675347	0,52277	-0,06305887
BL10	HIDUP	30,17163	12,01577	3,288104
BL10	HIDUP	30,17163	12,01577	1,803898
BL10	HIDUP	30,17163	12,01577	0,4936095
BL10	HIDUP	30,17163	12,01577	-0,7670179
BL10	HIDUP	30,17163	12,01577	-2,102239
BL10	COMB1	50,28503	19,6066	5,397429
BL10	COMB1	50,28503	19,66809	2,975694
BL10	COMB1	50,28503	19,72958	0,831467
BL10	COMB1	50,28503	19,79107	-1,238949
BL10	COMB1	50,28503	19,85256	-3,439254
BL10	COMB2	2,345485	0,4449211	0,1592069
BL10	COMB2	2,345485	0,5166603	0,1043656
BL10	COMB2	2,345485	0,5883996	0,04864029
BL10	COMB2	2,345485	0,6601388	-0,01367406
BL10	COMB2	2,345485	0,731878	-0,08828241
BL11	MATI	0,7666273	0,5782353	0,1642714
BL11	MATI	0,7666273	0,6294776	0,08580215
BL11	MATI	0,7666273	0,68072	0,003289404
BL11	MATI	0,7666273	0,7319623	-0,08699016
BL11	MATI	0,7666273	0,7832046	-0,18876
BL11	HIDUP	11,83077	10,52901	2,477359
BL11	HIDUP	11,83077	10,52901	1,116668
BL11	HIDUP	11,83077	10,52901	-0,1958635
BL11	HIDUP	11,83077	10,52901	-1,516986
BL11	HIDUP	11,83077	10,52901	-2,903451
BL11	COMB1	19,84918	17,5403	4,1609
BL11	COMB1	19,84918	17,60179	1,889631
BL11	COMB1	19,84918	17,66328	-0,3094344
BL11	COMB1	19,84918	17,72477	-2,531566
BL11	COMB1	19,84918	17,78626	-4,872034

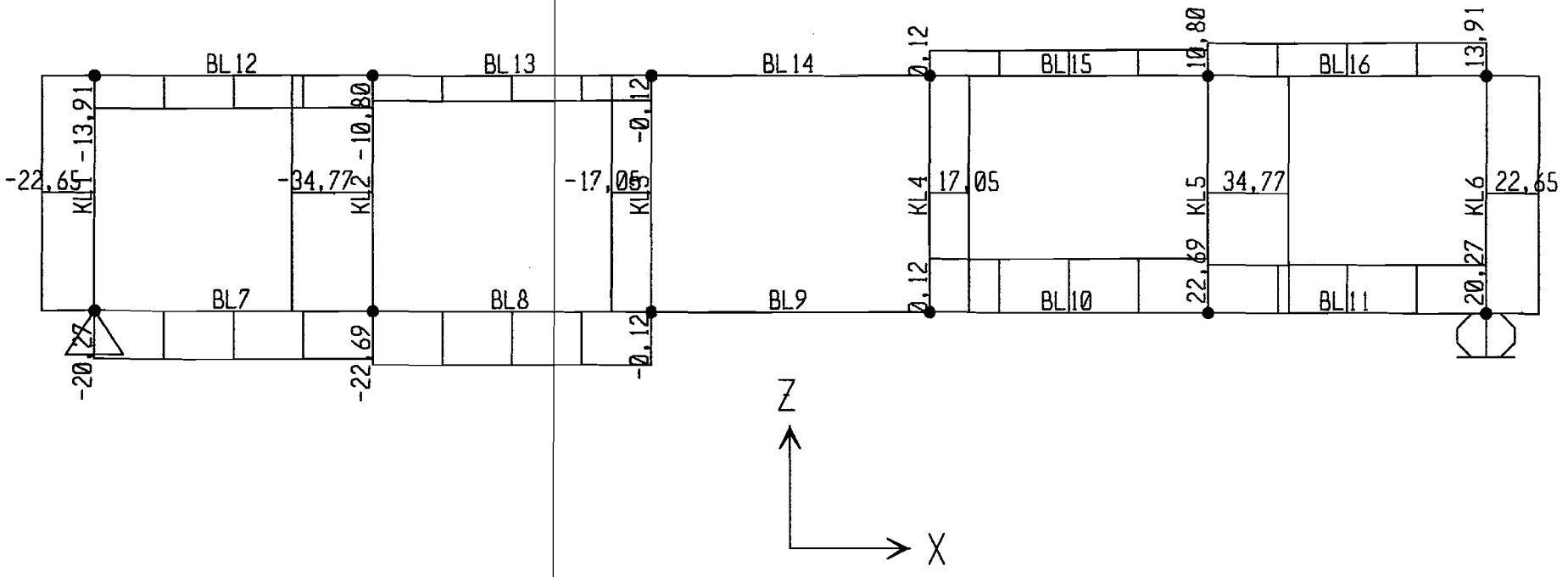
BL11	COMB2	1,073278	0,8095295	0,22998
BL11	COMB2	1,073278	0,8812687	0,120123
BL11	COMB2	1,073278	0,9530079	0,004605166
BL11	COMB2	1,073278	1,024747	-0,1217862
BL11	COMB2	1,073278	1,096486	-0,264264
BL12	MATI	-0,7666273	-0,5832574	-0,1849727
BL12	MATI	-0,7666273	-0,5320151	-0,08973816
BL12	MATI	-0,7666273	-0,4807728	0,001646966
BL12	MATI	-0,7666273	-0,4295305	0,08548984
BL12	MATI	-0,7666273	-0,3782881	0,1580976
BL12	HIDUP	-11,83077	-7,190989	-2,840526
BL12	HIDUP	-11,83077	-7,190989	-1,573305
BL12	HIDUP	-11,83077	-7,190989	-0,2397307
BL12	HIDUP	-11,83077	-7,190989	1,103778
BL12	HIDUP	-11,83077	-7,190989	2,400802
BL12	COMB1	-19,84918	-12,20549	-4,766809
BL12	COMB1	-19,84918	-12,144	-2,624973
BL12	COMB1	-19,84918	-12,08251	-0,3815928
BL12	COMB1	-19,84918	-12,02102	1,868632
BL12	COMB1	-19,84918	-11,95953	4,031001
BL12	COMB2	-1,073278	-0,8165604	-0,2589618
BL12	COMB2	-1,073278	-0,7448212	-0,1256334
BL12	COMB2	-1,073278	-0,6730819	0,002305752
BL12	COMB2	-1,073278	-0,6013427	0,1196858
BL12	COMB2	-1,073278	-0,5296034	0,2213367
BL13	MATI	-1,675347	-0,2629456	-0,06886926
BL13	MATI	-1,675347	-0,2117033	-0,01196184
BL13	MATI	-1,675347	-0,160461	0,03845222
BL13	MATI	-1,675347	-0,1092186	0,07822345
BL13	MATI	-1,675347	-0,05797631	0,1032024
BL13	HIDUP	-30,17163	-5,704226	-2,188868
BL13	HIDUP	-30,17163	-5,704226	-0,8609563
BL13	HIDUP	-30,17163	-5,704226	0,5457623
BL13	HIDUP	-30,17163	-5,704226	1,904067
BL13	HIDUP	-30,17163	-5,704226	3,086737
BL13	COMB1	-50,28503	-9,442296	-3,584832
BL13	COMB1	-50,28503	-9,380805	-1,391884
BL13	COMB1	-50,28503	-9,319314	0,9193624
BL13	COMB1	-50,28503	-9,257823	3,140375
BL13	COMB1	-50,28503	-9,196332	5,062623
BL13	COMB2	-2,345485	-0,3681239	-0,09641697
BL13	COMB2	-2,345485	-0,2963846	-0,01674658
BL13	COMB2	-2,345485	-0,2246453	0,05383311
BL13	COMB2	-2,345485	-0,1529061	0,1095128
BL13	COMB2	-2,345485	-0,08116683	0,1444833
BL14	MATI	-2,004977	-0,1024847	0,020675
BL14	MATI	-2,004977	-0,05124233	0,0383767
BL14	MATI	-2,004977	2,13644E-15	0,04427727
BL14	MATI	-2,004977	0,05124233	0,0383767
BL14	MATI	-2,004977	0,1024847	0,020675
BL14	HIDUP	-39,24092	4,26326E-14	0,7984294
BL14	HIDUP	-39,24092	4,26326E-14	0,9577922
BL14	HIDUP	-39,24092	4,26326E-14	1,010913
BL14	HIDUP	-39,24092	4,26326E-14	0,9577922
BL14	HIDUP	-39,24092	4,26326E-14	0,7984294
BL14	COMB1	-65,19145	-0,1229816	1,302297

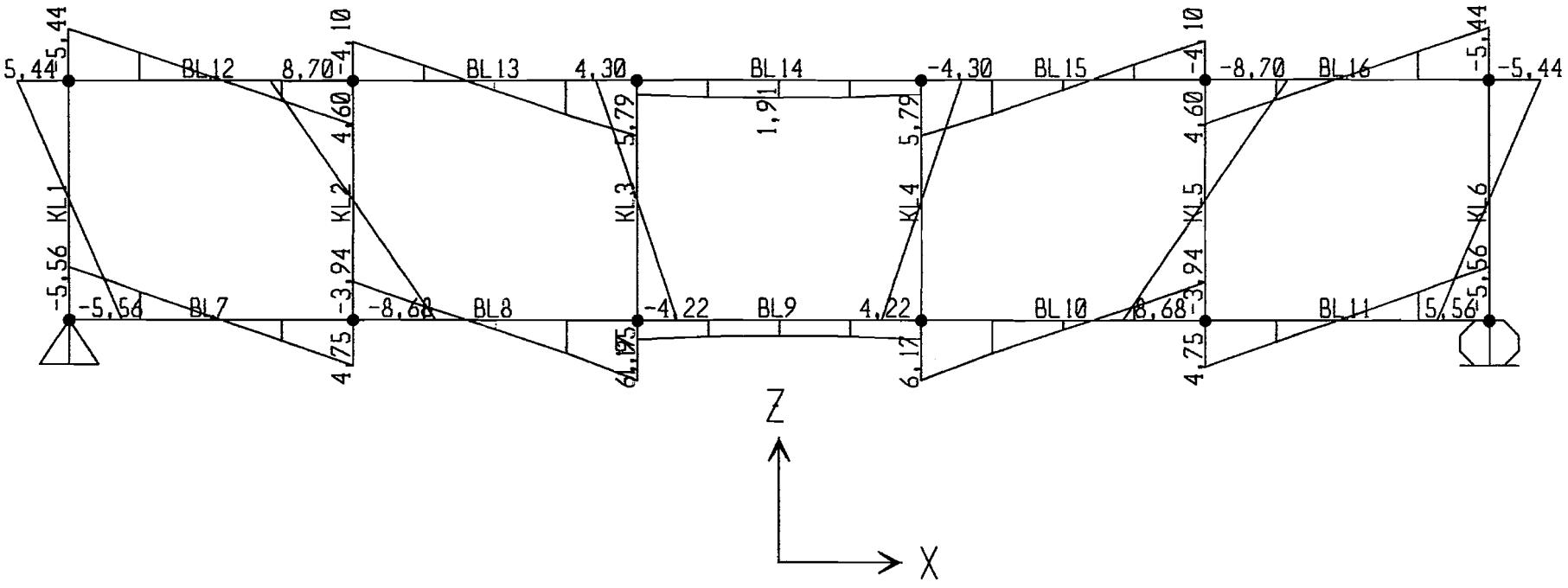
BL14	COMB1	-65,19145	-0,0614908	1,57852
BL14	COMB1	-65,19145	7,07758E-14	1,670594
BL14	COMB1	-65,19145	0,0614908	1,57852
BL14	COMB1	-65,19145	0,1229816	1,302297
BL14	COMB2	-2,806968	-0,1434785	0,028945
BL14	COMB2	-2,806968	-0,07173926	0,05372737
BL14	COMB2	-2,806968	2,99101E-15	0,06198817
BL14	COMB2	-2,806968	0,07173926	0,05372737
BL14	COMB2	-2,806968	0,1434785	0,028945
BL15	MATI	-1,675347	0,05797631	0,1032024
BL15	MATI	-1,675347	0,1092186	0,07822345
BL15	MATI	-1,675347	0,160461	0,03845222
BL15	MATI	-1,675347	0,2117033	-0,01196184
BL15	MATI	-1,675347	0,2629456	-0,06886926
BL15	HIDUP	-30,17163	5,704226	3,086737
BL15	HIDUP	-30,17163	5,704226	1,904067
BL15	HIDUP	-30,17163	5,704226	0,5457623
BL15	HIDUP	-30,17163	5,704226	-0,8609563
BL15	HIDUP	-30,17163	5,704226	-2,188868
BL15	COMB1	-50,28503	9,196332	5,062623
BL15	COMB1	-50,28503	9,257823	3,140375
BL15	COMB1	-50,28503	9,319314	0,9193624
BL15	COMB1	-50,28503	9,380805	-1,391884
BL15	COMB1	-50,28503	9,442296	-3,584832
BL15	COMB2	-2,345485	0,08116683	0,1444833
BL15	COMB2	-2,345485	0,1529061	0,1095128
BL15	COMB2	-2,345485	0,2246453	0,05383311
BL15	COMB2	-2,345485	0,2963846	-0,01674658
BL15	COMB2	-2,345485	0,3681239	-0,09641697
BL16	MATI	-0,7666273	0,3782881	0,1580976
BL16	MATI	-0,7666273	0,4295305	0,08548984
BL16	MATI	-0,7666273	0,4807728	0,001646966
BL16	MATI	-0,7666273	0,5320151	-0,08973816
BL16	MATI	-0,7666273	0,5832574	-0,1849727
BL16	HIDUP	-11,83077	7,190989	2,400802
BL16	HIDUP	-11,83077	7,190989	1,103778
BL16	HIDUP	-11,83077	7,190989	-0,2397307
BL16	HIDUP	-11,83077	7,190989	-1,573305
BL16	HIDUP	-11,83077	7,190989	-2,840526
BL16	COMB1	-19,84918	11,95953	4,031001
BL16	COMB1	-19,84918	12,02102	1,868632
BL16	COMB1	-19,84918	12,08251	-0,3815928
BL16	COMB1	-19,84918	12,144	-2,624973
BL16	COMB1	-19,84918	12,20549	-4,766809
BL16	COMB2	-1,073278	0,5296034	0,2213367
BL16	COMB2	-1,073278	0,6013427	0,1196858
BL16	COMB2	-1,073278	0,6730819	0,002305752
BL16	COMB2	-1,073278	0,7448212	-0,1256334
BL16	COMB2	-1,073278	0,8165604	-0,2589618



SAP2000 v7.42 - File:sampel 4 f'c37.85hidup - X-Z Plane @ Y=0 - KN-m Units


BL12
2,87
BL13
BL14
BL15
2,87
BL16
-22,65
-57,42
74,47
-57,42
-22,65
KL1
KL2
KL3
KL4
KL5
KL6
22,65
57,42
74,47
57,42
22,65
-14,11
BL7
BL8
-22,32
BL9
-22,32
BL10
BL11
-14,11
Z
X


BL12
BL13
BL14
BL15
BL16
BL7
BL8
BL9
BL10
BL11
KL1
KL2
KL3
KL4
KL5
KL6
-13,91
-10,80
-0,12
0,12
10,80
13,91
-22,65
-34,77
-17,05
17,05
34,77
22,65
-20,27
-22,69
-0,12
0,12
22,69
20,27
Z
X



SAP2000 v7.42 - File:sampel 4 f'c37.85hidup - Moment 3-3 Diagram (COMB1) - KN-m Units

KL5	HIDUP	1,705392	21,05263	5,256713
KL5	HIDUP	1,705392	21,05263	-0,005780822
KL5	HIDUP	1,705392	21,05263	-5,268269
KL5	COMB1	2,662125	34,77329	8,683193
KL5	COMB1	2,764481	34,77329	-0,009031057
KL5	COMB1	2,866836	34,77329	-8,701246
KL5	COMB2	-0,07758567	1,270603	0,3178616
KL5	COMB2	0,04182906	1,270603	0,000254633
KL5	COMB2	0,1612438	1,270603	-0,3173526
KL6	MATI	-0,753175	0,7656499	0,1885219
KL6	MATI	-0,6678787	0,7656499	0,002009642
KL6	MATI	-0,5825825	0,7656499	-0,1847403
KL6	HIDUP	-8,255373	13,57978	3,332736
KL6	HIDUP	-8,255373	13,57978	0,03837255
KL6	HIDUP	-8,255373	13,57978	-3,260529
KL6	COMB1	-14,11241	22,64643	5,558603
KL6	COMB1	-14,01005	22,64643	0,06380764
KL6	COMB1	-13,9077	22,64643	-5,438534
KL6	COMB2	-1,054445	1,07191	0,2639306
KL6	COMB2	-0,9350302	1,07191	0,002813499
KL6	COMB2	-0,8156155	1,07191	-0,2586364
BL10	MATI	1,673223	0,317317	0,1135723
BL10	MATI	1,673223	0,3684948	0,07445396
BL10	MATI	1,673223	0,4196725	0,03470059
BL10	MATI	1,673223	0,4708503	-0,00975516
BL10	MATI	1,673223	0,522028	-0,06298058
BL10	HIDUP	34,63241	13,79002	3,77417
BL10	HIDUP	34,63241	13,79002	2,070639
BL10	HIDUP	34,63241	13,79002	0,5666139
BL10	HIDUP	34,63241	13,79002	-0,8804437
BL10	HIDUP	34,63241	13,79002	-2,41307
BL10	COMB1	57,41972	22,44481	6,174958
BL10	COMB1	57,41972	22,50622	3,402368
BL10	COMB1	57,41972	22,56764	0,9482229
BL10	COMB1	57,41972	22,62905	-1,420416
BL10	COMB1	57,41972	22,69046	-3,936489
BL10	COMB2	2,342513	0,4442438	0,1590012
BL10	COMB2	2,342513	0,5158927	0,1042356
BL10	COMB2	2,342513	0,5875415	0,04858083
BL10	COMB2	2,342513	0,6591904	-0,01365722
BL10	COMB2	2,342513	0,7308391	-0,08817282
BL11	MATI	0,7656499	0,5774463	0,1640634
BL11	MATI	0,7656499	0,6286241	0,0856944
BL11	MATI	0,7656499	0,6798018	0,003284774
BL11	MATI	0,7656499	0,7309796	-0,08688186
BL11	MATI	0,7656499	0,7821573	-0,1885219
BL11	HIDUP	13,57978	12,08463	2,843642
BL11	HIDUP	13,57978	12,08463	1,281781
BL11	HIDUP	13,57978	12,08463	-0,2248351
BL11	HIDUP	13,57978	12,08463	-1,741307
BL11	HIDUP	13,57978	12,08463	-3,332736
BL11	COMB1	22,64643	20,02834	4,746704
BL11	COMB1	22,64643	20,08975	2,153683
BL11	COMB1	22,64643	20,15117	-0,3557944
BL11	COMB1	22,64643	20,21258	-2,890349
BL11	COMB1	22,64643	20,27399	-5,558603

BL14	COMB1	-74,47111	-0,06141329	1,805008
BL14	COMB1	-74,47111	-1,29731E-13	1,909576
BL14	COMB1	-74,47111	0,06141329	1,805008
BL14	COMB1	-74,47111	0,1228266	1,491303
BL14	COMB2	-2,803413	-0,1432977	0,02891324
BL14	COMB2	-2,803413	-0,07164884	0,05365893
BL14	COMB2	-2,803413	-5,45475E-15	0,0619075
BL14	COMB2	-2,803413	0,07164884	0,05365893
BL14	COMB2	-2,803413	0,1432977	0,02891324
BL15	MATI	-1,673223	0,05798643	0,1030756
BL15	MATI	-1,673223	0,1091642	0,07812353
BL15	MATI	-1,673223	0,1603419	0,03840232
BL15	MATI	-1,673223	0,2115197	-0,01194645
BL15	MATI	-1,673223	0,2626974	-0,06878112
BL15	HIDUP	-34,63241	6,549981	3,543206
BL15	HIDUP	-34,63241	6,549981	2,185558
BL15	HIDUP	-34,63241	6,549981	0,6264336
BL15	HIDUP	-34,63241	6,549981	-0,9882278
BL15	HIDUP	-34,63241	6,549981	-2,512488
BL15	COMB1	-57,41972	10,54955	5,792821
BL15	COMB1	-57,41972	10,61097	3,59064
BL15	COMB1	-57,41972	10,67238	1,048376
BL15	COMB1	-57,41972	10,73379	-1,5955
BL15	COMB1	-57,41972	10,79521	-4,102519
BL15	COMB2	-2,342513	0,081181	0,1443058
BL15	COMB2	-2,342513	0,1528299	0,1093729
BL15	COMB2	-2,342513	0,2244787	0,05376324
BL15	COMB2	-2,342513	0,2961276	-0,01672502
BL15	COMB2	-2,342513	0,3677764	-0,09629356
BL16	MATI	-0,7656499	0,3778715	0,1578993
BL16	MATI	-0,7656499	0,4290493	0,08538158
BL16	MATI	-0,7656499	0,4802271	0,001645182
BL16	MATI	-0,7656499	0,5314048	-0,08962406
BL16	MATI	-0,7656499	0,5825825	-0,1847403
BL16	HIDUP	-13,57978	8,255373	2,75578
BL16	HIDUP	-13,57978	8,255373	1,266968
BL16	HIDUP	-13,57978	8,255373	-0,2751662
BL16	HIDUP	-13,57978	8,255373	-1,805905
BL16	HIDUP	-13,57978	8,255373	-3,260529
BL16	COMB1	-22,64643	13,66204	4,598728
BL16	COMB1	-22,64643	13,72346	2,129607
BL16	COMB1	-22,64643	13,78487	-0,4382918
BL16	COMB1	-22,64643	13,84628	-2,996997
BL16	COMB1	-22,64643	13,9077	-5,438534
BL16	COMB2	-1,07191	0,5290202	0,221059
BL16	COMB2	-1,07191	0,600669	0,1195342
BL16	COMB2	-1,07191	0,6723179	0,002303255
BL16	COMB2	-1,07191	0,7439667	-0,1254737
BL16	COMB2	-1,07191	0,8156155	-0,2586364

LAMPIRAN 6

DOKUMENTASI PENELITIAN







