

MODUL PRAKTIKUM **STATIKA**

TAHUN AKADEMIK 2023/2024

DR. IR. SEPLIKA YADI, S.T., M.T.
DR. IR. H. MUSLIKH, M.SC., M.PHIL.
IR. AS'AT PUJIANTO, M.T., IPM.
DR. IR. RESTU FAIZAH, S.T., M.T.
DR. IR. GUNTUR NUGROHO, S.T., M.ENG.
DR. ENG. IR. PINTA ASTUTI, S.T., M.ENG.
IR. FANNY MONIKA, S.T., M.ENG.
HAKAS PRAYUDA, S.T., M.ENG.
TAUFIQ ILHAM MAULANA, S.T., M.ENG., PH.D.(ENG.)
MUHAMMAD IBNU SYAMSI, S.T., M.ENG.

NAMA :

KELOMPOK :

ASISTEN :

<http://inasawahana.com/fabrikasi-baja/jembatan/>

MODUL
PRAKTIKUM STATIKA



Nama : _____
NIM : _____
Kelas : _____
Asisten : _____

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2024

LEMBAR PENGESAHAN


MODUL PRAKTIKUM STATIKA
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2023-2024

Modul Praktikum Statika ini digunakan dalam pelaksanaan praktikum Statika semester genap tahun akademik 2023-2024 Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Modul ini telah disetujui dan diperiksa oleh tim asisten praktikum dan dosen Mata Kuliah Statika.

Disahkan pada: Februari 2024

Koordinator Tim Dosen
Mata Kuliah Statika


Dr. Ir. Seplika Yadi, S.T., M.T.
NIP. 19770926 201910 123096

Koordinator Asisten
Praktikum Statika


Rizqi Aryasatya Wijaya
NIM. 20210110021

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19740607 201404 123064

TIM PENYUSUN

Nama Dosen	NIK/NIP	Posisi
Dr. Ir. Seplika Yadi, S.T., M.T.	19770926201910 123 096	Koordinator
Dr. Ir. H. Muslikh, M.Sc., M.Phil.	195708031984031002	Anggota
Ir. As'at Pujiyanto. M.T., IPM	19660414199311 123 014	Anggota
Dr. Ir. Restu Faizah, S.T., M.T.	19700223201404 123 067	Anggota
Dr. Ir. Guntur Nugroho, S.T., M.Eng.	19850426201304 123 063	Anggota
Dr. Eng. Ir. Pinta Astuti, S.T., M.Eng.	19921027201510 123 085	Anggota
Ir. Fanny Monika, S.T., M.Eng.	19900428201604 123 100	Anggota
Hakas Prayuda, S.T., M.Eng.	19920519201510 123 090	Anggota
Taufiq Ilham Maulana, S.T., M.Eng., Ph.D.(Eng.)	19940904201604 123 093	Anggota
Muhammad Ibnu Syamsi, S.T., M.Eng.	19890223201510 123 086	Anggota

No	NIM	Nama Asisten	No.HP/WA	E-Mail
1	20210110021	Rizqi Aryasatya Wijaya	081225784178	rizqi.aryasatya.ft21@mail.umy.ac.id
2	20210110055	Angga Jordi Wisnu Nouvaldi	089514987275	angga.jordi.ft21@mail.umy.ac.id
3	20210110056	Aprilia Rahmayanti	089670639711	a.rahmayanti.ft21@mail.umy.ac.id
4	20210110085	Allan Irnanda Wijaksono	082324418286	allan.irnanda.ft21@mail.umy.ac.id
5	20210110269	Anisa Zulkarnain	082238154334	a.zulkarnain.ft21@mail.umy.ac.id
6	20220110062	Herlan Nurcholis	082324658403	h.nurcholis.ft22@mail.umy.ac.id
7	20220110075	Nurul Lutfia Granita	085603627800	nurul.lutfia.ft22@mail.umy.ac.id
8	20220110214	Salma Hanifah Ikhsani	082243102576	salma.hanifah.ft22@mail.umy.ac.id
9	20220110218	Monika Ayu Nelly Kusumawati	085749067281	monika.ayu.ft22@mail.umy.ac.id
10	20220110219	Shafira Bulan Pangesti	085786138586	shafira.bulan.ft22@mail.umy.ac.id
11	20220110227	Rafif Eka Fahrudin	081211702937	rafif.eka.ft22@mail.umy.ac.id
12	20220110248	Raden Bandung Lebdompitoko	081215903994	raden.bandung.ft22@mail.umy.ac.id

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19740607 201404 123064

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Modul Praktikum Statika. Modul ini disusun sebagai panduan untuk mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dalam Praktikum Mata Kuliah Statika.

Pada modul ini, materi terbagi menjadi 2 bagian, yaitu materi perhitungan soal dengan metode perhitungan manual dan perhitungan dengan alat bantu program SAP2000. Modul ini memuat contoh-contoh soal yang dapat dijadikan panduan didalam memecahkan soal lainnya dan langkah-langkah pemecahan soal tersebut dengan alat bantu program SAP2000.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan modul ini sehingga dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Akan tetapi, modul ini masih jauh dari sempurna dan tidak memuat semua materi yang mencakup semua materi Statika. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kualitas modul yang lebih baik.

Semoga modul ini bermanfaat untuk para mahasiswa yang sedang bersemangat menuntut ilmu.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Januari 2024

Tim Dosen dan Tim Asisten
Praktikum Statika

CAPAIAN PEMBELAJARAN LULUSAN

Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL) Prodi yang dibebankan pada MK		Capaian Pembelajaran Matakuliah (CPMK)	Kemampuan akhir tiap tahap belajar (Sub-CPMK)
CPL 3 (15%)	Mampu memilih sumberdaya dan komputasi yang sesuai untuk melakukan aktivitas rekayasa memanfaatkan perangkat perancangan dan analisis rekayasa berbasis teknologi informasi.	CPMK 4. Mampu menganalisis struktur statis tertentu dengan software SAP2000.	Sub-CPMK 10. Mampu menganalisis sistem-sistem struktur statis tertentu dengan program numerik (SAP 2000) serta menginterpretasikannya secara benar.
CPL 7 (15%)	Mampu berkomunikasi lisan dan tulisan secara efektif menggunakan berbagai sarana secara tepat.	CPMK 5. Mampu melaporkan hasil kegiatan praktikum.	Sub-CPMK 11. Mampu membuat laporan dengan sistematika sesuai dengan format yang disediakan, menyajikan hasil perhitungan secara detail dan memvisualisasikan data secara lengkap.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
TIM PENYUSUN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
CAPAIAN PEMBELAJARAN LULUSAN.....	v
DAFTAR ISI	vi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Deskripsi	1
1.2. Kompetensi yang dikembangkan	1
1.3. Waktu Pelaksanaan	1
1.4. Tata Tertib Praktikum	1
BAB II. PRINSIP DASAR STATIKA.....	3
2.1. Pengertian Umum	3
2.2. Jenis-jenis Tumpuan.....	5
2.3. Gaya pada Struktur.....	4
2.4. Segitiga Gaya	11
2.5. Tipe-tipe Struktur	11
BAB III. PROGRAM SAP2000	14
3.1. Pengenalan Program	14
3.2. Dasar-dasar Program.....	15
3.3. Langkah-langkah Pemodelan Struktur	20
3.4. Langkah-langkah Analisis Struktur.....	33
BAB IV. <i>SIMPLE BEAM</i>	37
4.1. Pendahuluan	37
4.2. Tujuan	37

3.3. Alat	37
3.4. Cara Pengujian.....	37
3.5. Perhitungan.....	37
BAB V. <i>SIMPLE BEAM OVERHANG</i>	41
5.1. Pendahuluan	41
5.2. Perhitungan.....	41
BAB VI. KANTILEVER	44
6.1. Pendahuluan	44
6.2. Perhitungan	44
BAB VII. GERBER.....	47
7.1. Pendahuluan	47
7.2. Perhitungan	47
BAB VIII. PORTAL 2D.....	52
8.1. Pendahuluan	52
8.2. Perhitungan	52
BAB IX. RANGKA BATANG (<i>TRUSS</i>).....	55
9.1. Pendahuluan	55
9.2. Metode Titik Kumpul (<i>Method of Joints</i>)	55
9.3. Metode <i>Cremona</i>	60
9.4. Metode Potongan (<i>Method of Ritter</i>)	65
BAB X. GARIS PENGARUH	70
10.1. Pendahuluan	70
10.2. Perhitungan	70
DAFTAR PUSTAKA.....	vii

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Deskripsi

Modul ini membahas prinsip-prinsip dasar statika dan contoh-contoh soal yang dapat dijadikan panduan didalam memecahkan soal lainnya dan langkah-langkah pemecahan soal tersebut dengan alat bantu program SAP2000.

1.2 Kompetensi yang dikembangkan

1. Mengetahui konsep cara kerja semua jenis struktur
2. Mengetahui gaya yang dihasilkan akibat beban luar yang telah ditentukan
3. Dapat membandingkan hasil pengujian antara hitungan manual dengan SAP2000

1.3 Waktu Pelaksanaan

Praktikum ini dilaksanakan selama 9 minggu dimulai pada minggu ke 3 perkuliahan sampai dengan minggu ke 12 perkuliahan dengan jadwal praktikum yang sudah ditentukan sesuai kelas masing masing.

1.4 Tata Tertib Praktikum

1. Wajib memakai jas laboratorium.
2. Wajib memakai alat pelindung diri berikut ini:
 - Sepatu
 - Masker
 - Sarung tangan
 - Sepatu boot (untuk kegiatan tertentu)
3. Wajib menggunakan *hand sanitizer* setiap memasuki laboratorium.
4. Ketika masuk dan keluar laboratorium wajib sesuai jalur sirkulasi laboratorium.
5. Wajib mencuci tangan sebelum memulai praktikum (apabila pemeriksaan menggunakan bahan habis pakai tertentu).
6. Semua bahan habis pakai adalah **penting**, sehingga harus ditangani dengan prosedural dan hati-hati.
7. Semua bahan kimia harus dianggap **berbahaya**, oleh karena itu harus ditangani dengan prosedural dan hati-hati.
8. Tidak diperbolehkan makan, minum dan merokok selama kegiatan di dalam laboratorium.

9. Tidak diperbolehkan makan, minum dan merokok selama kegiatan di dalam laboratorium.
10. Tidak menyentuh mulut dan mata pada saat sedang bekerja.
11. Tidak diperbolehkan menyimpan makanan di dalam lemari laboratorium yang digunakan untuk menyimpan bahan-bahan laboratorium.
12. Membersihkan semua peralatan bekas pakai dengan alat dan sabun cuci yang disediakan.
13. Membersihkan permukaan tempat bekerja atau meja kerja.
14. Menggunakan sarung tangan rumah tangga sewaktu membersihkan alat-alat laboratorium dari bahan gelas.
15. Mencuci tangan dengan sabun (dan desinfektan jika perlu) setiap kali selesai bekerja.

BAB II. PRINSIP DASAR STATIKA

2.1. Pengertian Umum

Menurut Frick (1978) ilmu statika adalah ilmu tentang semua benda yang tetap, yang statis, semua yang tidak bergerak (atau yang tidak akan bergerak). Lain halnya dengan ilmu dinamika yaitu ilmu tentang semua yang bergerak. Kedua ilmu tersebut mempunyai dua persamaan, yaitu gaya-gaya dan pergerakan. Hanya bahwa dalam ilmu statika kita hanya bekerja dengan gaya-gaya yang tidak bergerak, dengan keadaan pergerakan sama dengan nol ($v = 0$). Hal ini dapat terjadi apabila semua gaya yang membebani suatu benda dan gaya-gaya pada tangkai pengungkit (dengan jarak antara gaya dan benda = momen) saling menutupi, sehingga semua gaya seimbang. Oleh sebab itu ilmu statika juga disebut ilmu keseimbangan gaya atau dengan singkat ilmu keseimbangan.

Statika merupakan ilmu yang mempelajari kesetimbangan gaya, dimana gaya-gaya tersebut dalam keadaan diam (kesetimbangan suatu struktur). Ilmu statika bermanfaat untuk mengetahui gaya-gaya yang bekerja dalam suatu struktur yang berguna dalam perancangan struktur tersebut.

2.1.1. Persamaan Kesetimbangan

Agar dapat menerapkan prinsip-prinsip statika pada suatu sistem, maka struktur tersebut harus dalam keadaan setimbang. Hal ini dapat dipenuhi jika jumlah semua gaya meliputi beban-beban kerja dan reaksi perletakan (reaksi tumpuan) adalah sama dengan nol. Selain itu harus terpenuhi pula bahwa jumlah momen-momen gaya terhadap suatu titik adalah sama dengan nol (Setiawan, 2015). Sistem gaya-gaya yang bekerja pada struktur akan seimbang apabila memenuhi syarat keseimbangan statik, yaitu:

a. ($\Sigma H=0$) Tidak bergerak dalam arah horizontal, (2.1)

b. ($\Sigma V=0$) Tidak bergerak dalam arah vertikal, dan (2.2)

c. ($\Sigma M=0$) Tidak berputar. (2.3)

Ketiga syarat kesetimbangan tersebut disebut dengan **tiga persamaan dasar kesetimbangan**.

2.1.2. Perbedaan Struktur Statis Tertentu dan Tak tentu

Dalam ilmu analisis struktur dikenal sistem statis tertentu dan statis tak tentu. Suatu sistem struktur dikategorikan sebagai sistem statis tertentu apabila semua gaya dalam dan reaksi pada tumpuan-tumpuannya dapat dihitung dengan persamaan kesetimbangan yang ada (persamaan 2.1, 2.2, dan 2.3).

Persyaratan suatu struktur dikatakan struktur statis tertentu dapat ditulis:

$$3n+i=3j$$

persamaan (2.4)

Keterangan:

n = jumlah batang

i = jumlah reaksi tumpuan

j = jumlah titik kumpul (joint)

Contoh:

Contoh 1



Gambar 2.1 Contoh 1

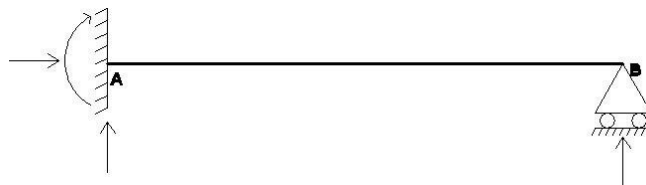
Balok pada gambar diatas memiliki $j = 2$, $n = 1$, dan $i = 3$, maka:

$$3n+i=3(1)+(3)=6$$

$$3j = 3(2) = 6$$

Sehingga, struktur diatas merupakan **struktur statis tertentu** karena $3n+i = 3j$.

Contoh 2



Gambar 2.2 Contoh 2

Balok pada gambar diatas memiliki $j = 2$, $n = 1$, dan $i = 4$, maka:

$$3n+i=3(1)+(4)=7$$

$$3j = 3(2) = 6$$

Sehingga, struktur diatas merupakan **struktur statis tak tentu** karena $3n+i > 3j$.

2.2. Jenis-jenis Tumpuan

Menurut Setiawan (2015) semua beban yang bekerja pada struktur pada akhirnya akan dipikul oleh tumpuan. Ada beberapa jenis tumpuan yang akan sering dijumpai dalam suatu proses analisis struktur. Masing-masing jenis tumpuan mempunyai karakteristik yang berbeda-beda.

2.2.1. Tumpuan Rol

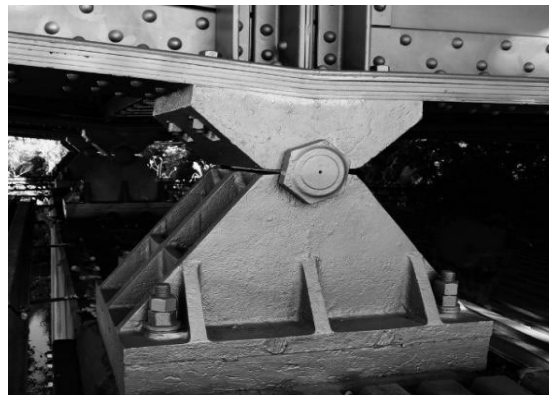
Tumpuan rol hanya dapat menahan gaya dalam arah tegak lurus (vertikal) saja dan tidak mampu menahan momen. Jadi tumpuan rol hanya mempunyai satu gaya reaksi yang tegak lurus dengan Rol.



Gambar 2.3 Tumpuan rol pada jembatan

2.2.2. Tumpuan Sendi

Tumpuan sendi ini dapat menerima gaya dari segala arah tetapi tidak mampu menahan momen, sehingga tumpuan jenis ini hanya mampu berotasi. Dengan demikian, tumpuan sendi mempunyai dua gaya reaksi.



Gambar 2.4 Tumpuan sendi pada jembatan

2.2.3. Tumpuan Jepit

Tumpuan Jepit dapat menahan gaya dalam segala arah (baik vertikal maupun horizontal) dan dapat menahan momen. Jenis tumpuan ini tidak mengalami rotasi dan translasi, sehingga sering juga disebut tumpuan kaku (*rigid*). Dengan demikian tumpuan jepit mempunyai tiga gaya reaksi.



Gambar 2.5 Tumpuan jepit pada bangunan

2.3. Gaya pada Struktur

Gaya merupakan suatu sebab yang mengubah suatu benda yang tadinya diam menjadi bergerak atau dari bergerak menjadi diam. Gaya termasuk dalam besaran vektor, yaitu memiliki nilai dan arah. Dalam statika, gaya dapat diartikan sebagai muatan yang bekerja pada struktur.

Momen gaya juga merupakan salah satu besaran yang penting dalam ilmu analisis struktur. Menurut Setiawan (2015) momen gaya terhadap suatu titik disebut sebagai hasil kali gaya dengan jarak tegak lurus ke titik tersebut, dapat bernilai positif atau negatif tergantung dari perjanjian tanda yang digunakan dalam analisis.

2.3.1. Gaya Luar

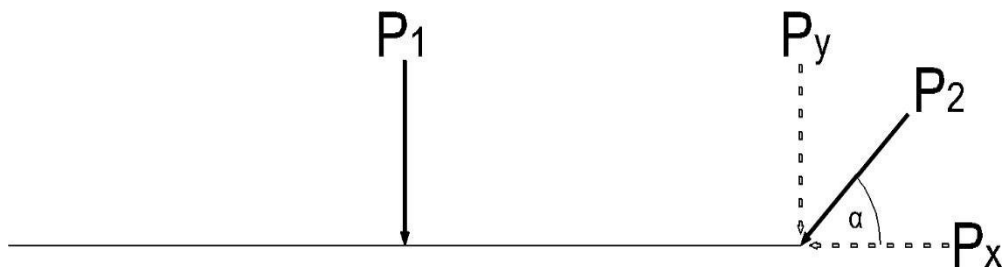
Gaya luar merupakan gaya-gaya yang bekerja di luar struktur (muatan/beban). Gaya-gaya tersebut timbul pada struktur diakibatkan oleh adanya beban-beban luar yang bekerja pada struktur tersebut. Macam-macam beban yang umum dijumpai pada suatu system struktur diatur dalam SNI 1727:2020 tentang

beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. Beban-beban tersebut diantaranya adalah beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa.

Pembebanan-pembebanan tersebut secara umum dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan permukaan bidang tekannya, yaitu:

2.3.1.1. Beban Titik

Beban titik atau beban terpusat adalah beban yang bekerja pada suatu titik. Satuan yang dipakai biasanya adalah kilogram (kg), ton (T), Newton (N), kilo Newton (kN), dsb. Contoh dalam kehidupan nyata seperti berat seseorang melalui kaki, atau berat kolom pada pondasi.



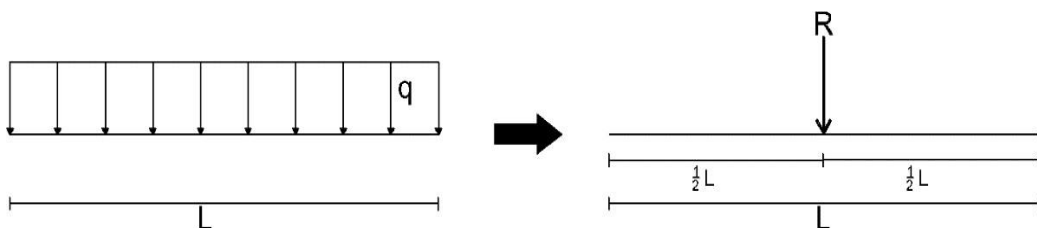
Gambar 2.6 Beban titik

2.3.1.2. Beban Merata

Beban Merata adalah beban yang bekerja merata dalam suatu panjang atau luas tertentu. Satuan yang biasa dipakai adalah kg/m, kg/cm, N/m. Ada 2 macam beban merata yaitu:

a. Beban merata berbentuk persegi panjang

Contoh dalam kehidupan nyata seperti berat sekelompok orang pada suatu ruangan, berat sloof pada pondasi.



Gambar 2.7 Beban merata persegi panjang

Rumus resultan gayanya dapat ditulis.

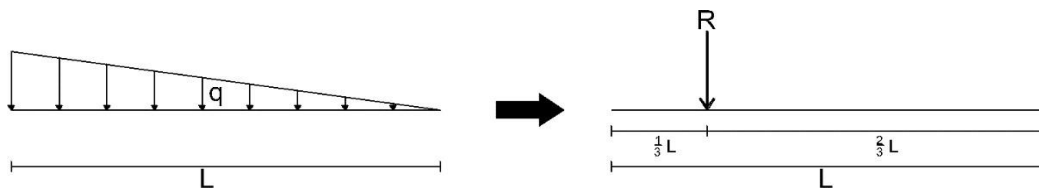
$$R = q \cdot L$$

Persamaan (2.5)

R adalah resultan gaya dan letak R melalui titik berat persegi panjang.

b. Beban merata berbentuk segitiga

Contoh dalam kehidupan nyata yaitu tekanan hidrostatik air pada dinding.



Gambar 2.8 Beban merata berbentuk segitiga

Rumus resultan gayanya dapat ditulis.

$$R = \frac{1}{2} \cdot q \cdot L$$

Persamaan (2.6)

R adalah resultan gaya dan letak R melalui titik berat segitiga.

2.3.2. Reaksi Perletakan

Reaksi perletakan atau reaksi tumpuan adalah reaksi pada suatu tumpuan yang timbul akibat adanya gaya luar yang bekerja, sehingga terjadi kesetimbangan. Setimbang merupakan kondisi yang tidak bergerak, sehingga struktur dalam keadaan stabil. Untuk menghitung reaksi perletakan, digunakan **tiga persamaan dasar kesetimbangan** (persamaan 2.1, 2.2, dan 2.3) dan persamaan tambahan jika ada.

Perjanjian tanda untuk menghitung reaksi perletakan:

- a. Gaya horizontal
 - Ke kanan (\longrightarrow) bernilai positif (+)
 - Ke kiri (\longleftarrow) bernilai negatif (-)
- b. Gaya vertikal
 - Ke atas (\uparrow) bernilai positif (+)
 - Ke bawah (\downarrow) bernilai negatif (-)

c. Momen

Searah jarum jam, bernilai positif (+)

Berlawanan arah jarum jam, bernilai negatif (-)

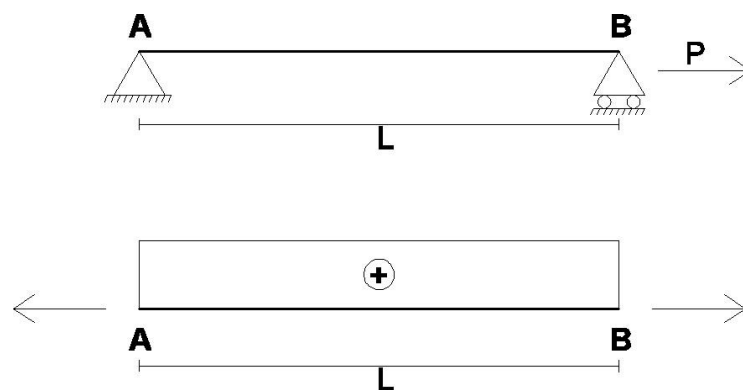
2.3.3. Gaya Dalam

Gaya dalam merupakan gaya yang timbul di dalam suatu benda atau struktur akibat bekerjanya gaya luar. Menurut Megson (2005) suatu struktur dapat mengalami gaya yang rumit, tetapi gaya-gaya yang dialami struktur tersebut dapat terbagi menjadi empat jenis pembebanan dasar, yaitu gaya normal/gaya aksial, beban geser, momen lentur, dan torsi.

Pada praktikum statika ini kita hanya membahas tentang gaya normal, gaya geser, dan momen lentur beserta penggambaran diagram gaya dalamnya. Pembahasan tentang torsi akan dibahas di mata kuliah lainnya. Penggambaran diagram gaya dalam untuk yang bernilai positif, diagram diarsir tegak lurus, dan yang bernilai negatif di arsir sejajar dengan sumbu batang.

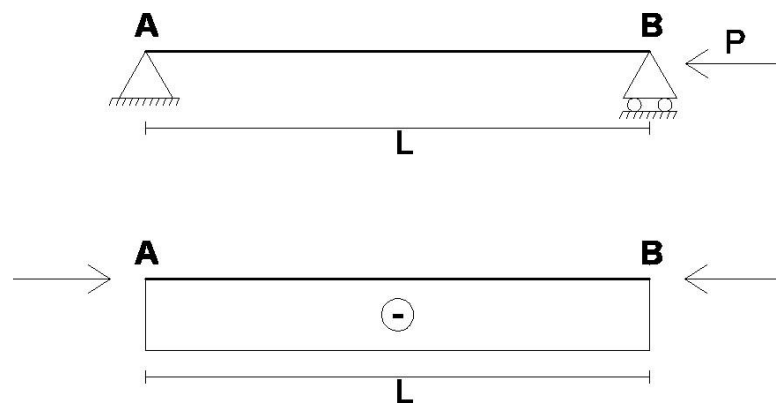
2.3.3.1. Gaya Normal / *Axial Force*

Menurut Megson (2005) Gaya normal adalah gaya yang sejajar dengan sumbu memanjang batang. Apabila gaya tersebut cenderung menimbulkan sifat tarik (meningkatkan panjang batang) maka batang tersebut mengalami tarikan dan diberi arah panah ke luar sumbu memanjang batang (bertanda positif).



Gambar 2.9 Gaya normal yang menimbulkan tarik

Sedangkan apabila gaya tersebut cenderung menimbulkan sifat desak (memendekkan panjang batang) maka batang tersebut mengalami desakan dan diberi arah panah ke dalam sumbu memanjang batang (bertanda negatif).



Gambar 2.10 Gaya normal yang menimbulkan desak/tekan

Besarnya gaya normal sepanjang batang selanjutnya digambarkan dalam bentuk diagram gaya normal/*normal force diagram (NFD)* Satuan gaya normal biasanya dinyatakan dalam kilogram (kg), ton (T), Newton (N), kilo Newton (kN), dsb.

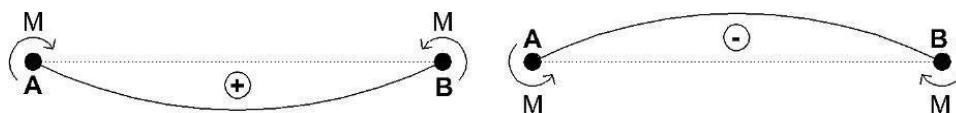
2.3.3.2. Gaya Geser / *Shear Force*

Menurut Setiawan (2015) gaya geser adalah gaya yang tegak lurus (vertikal) dengan sumbu memanjang batang. Gaya vertikal tersebut dapat terdiri dari reaksi tumpuan dan beban yang bekerja. Besarnya gaya geser sepanjang batang selanjutnya digambarkan dalam bentuk diagram gaya geser/*shear force diagram (SFD)*. Tanda positif digunakan jika resultan gaya geser dari tinjauan sebelah kiri mempunyai arah ke atas. Satuan gaya geser biasanya dinyatakan dalam kilogram (kg), ton (T), Newton (N), kilo Newton (kN), dsb.

2.3.3.3 Momen Lentur

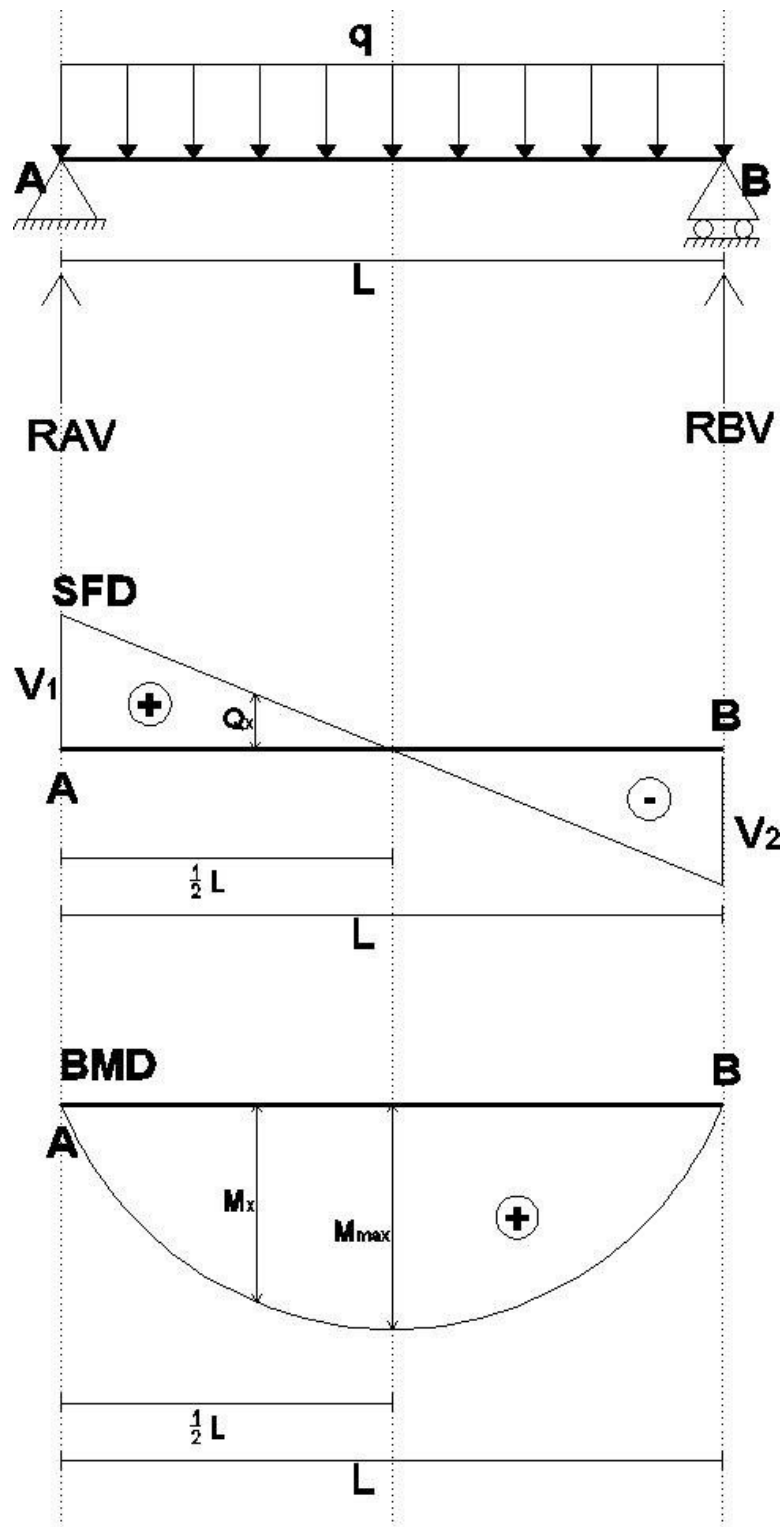
Menurut Soemono (1978) untuk memenuhi syarat keseimbangan, momen gaya diantara kedua ujung batang harus sama besarnya serta arah kerjanya berlawanan. Sumbu memanjang batang yang semula lurus akan membentuk garis

lengkung yang cembung (konvex) ke bawah atau cekung (konkaf) ke atas. Kejadian ini disebut lentur. Sehingga momen lentur adalah momen gaya yang menyebabkan struktur menjadi lengkung/bengkok.



Gambar 2.11 Momen lentur yang membengkokkan batang

Selanjutnya momen lentur di sepanjang bentang dapat menggambarkan diagram momen lentur/*bending moment diagram (BMD)*. Momen lentur bernilai positif apabila momen tersebut menghasilkan tegangan tarik pada serat bawah terluar dari balok. Nilai maksimum momen lentur terjadi pada saat gaya geser bernilai nol seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.12 (Setiawan, 2015). Satuan momen lentur biasanya dinyatakan dalam kilogram meter (kgm), ton meter (tm), Newton meter (Nm), kilo Newton meter (kNm), dsb.

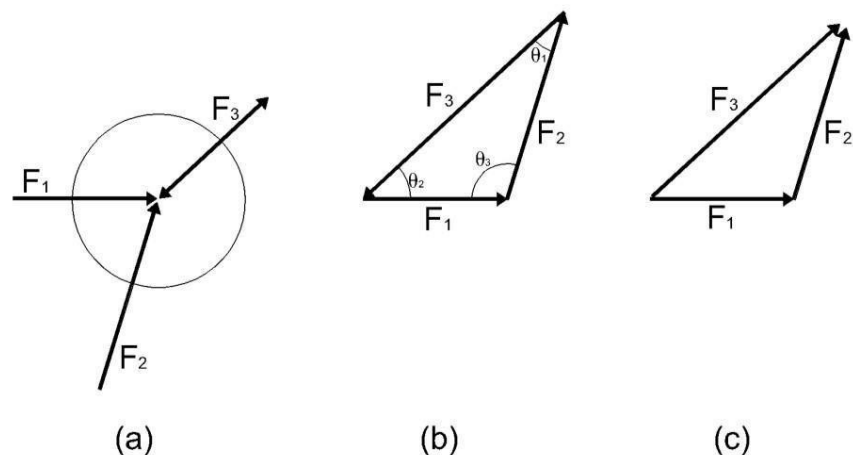


Gambar 2.12 Gaya geser dan momen lentur pada balok

2.4. Segitiga Gaya

Menurut Setiawan (2015) apabila 3 gaya sebidang bekerja pada suatu struktur yang berada dalam keadaan setimbang, ketiga buah gaya tersebut akan membentuk segitiga gaya.

Pada Gambar 2.13 ditunjukkan tiga buah gaya sebidang yang saling bertemu pada satu titik tangkap. Jika pangkal dari gaya F_2 diletakkan pada ujung dari gaya F_1 , gaya F_3 yang berasal dari ujung F_2 dan bertemu dengan pangkal dari F_1 disebut sebagai gaya penyeimbang (lihat Gambar 2.13 yang b). Apabila pangkal gaya F_3 tadi diletakkan pada pangkal F_1 , sedangkan ujung F_3 diletakkan pada ujung F_2 (Gambar 2.13 yang c), maka F_3 disebut sebagai resultan dari F_1 dan F_2 .



Gambar 2.13 Konsep Segitiga Gaya

$$F_3^2 = F_1^2 + F_2^2 - 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \theta_3$$

persamaan (2.7)

Besarnya gaya resultan F_3 dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

Atau dengan menggunakan aturan trigonometri, diperoleh hubungan:

2.5. Tipe-tipe Struktur

$$F_3 = \frac{F_1}{\sin \theta_1} \cdot \sin \theta_3 = \frac{F_2}{\sin \theta_2} \cdot \sin \theta_3$$

Persamaan (2.8)

Secara garis besar, struktur dibedakan menjadi tiga berdasarkan prinsip pemikul gaya yang dilakukan oleh masing-masing tipe yaitu struktur balok, struktur

rangka, dan struktur portal (Setiawan, 2015). Tipe struktur yang akan ditinjau dalam praktikum ini adalah struktur balok dan struktur rangka secara dua dimensi.

2.5.1. Struktur Balok

Struktur balok merupakan elemen struktur paling sederhana yang banyak digunakan sebagai pemikul beban. Balok merupakan suatu batang dengan bentang tertentu dan terdapat tumpuan di salah satu ujungnya atau di beberapa titik (*joint*).



Gambar 2.14 Contoh struktur balok sederhana pada jembatan



Gambar 2.15 Contoh struktur balok kantilever pada kanopi

2.5.2. Struktur Rangka (*Truss*)

Struktur rangka (*truss*) terdiri dari beberapa batang yang saling terhubung sehingga membentuk elemen-elemen segitiga. Masing-masing hanya memikul gaya aksial.



Gambar 2.16 Jembatan Kretak Yogyakarta struktur rangka (*Truss*) 3 dimensi

Sumber: Dokumentasi Pribadi

BAB III. PROGRAM SAP2000

3.1. Pengenalan Program

Pada perhitungan struktur yang kompleks dan rumit perlu adanya alat bantu hitungan untuk mempermudah pengerjaan dan memperkecil resiko kesalahan. Alat bantu yang dimaksud di sini tidak lain lain adalah program komputer dengan kemampuan dan fasilitas yang mampu mengerjakan perhitungan seperti pada hitungan manual dengan cepat dan tepat. Berapapun jumlah bentangan atau jumlah lantai akan ditangani dengan mudah dengan proses perhitungan lewat komputer. Salah satu program yang sangat populer di bidang analisis struktur adalah SAP2000.

SAP2000 yang merupakan singkatan dari *Structural Analysis Program 2000* adalah program aplikasi komputer yang digunakan untuk menganalisis dan mendesain suatu struktur yang berorientasi obyek (*Object Oriented Programing*). SAP2000 merupakan program yang berasal dari Universitas of California at Berkeley, USA sekitar tahun 1970. Dari tahun ketahun SAP mengalami perkembangan yang cukup berarti, dari SAP yang under DOS hingga sekarang sudah sampai ke SAP yang under window. Untuk melayani keperluan komersial dari program SAP, pada tahun 1975 dibentuklah perusahaan komputer yang diberi nama CSI (Komputer and Structure,Inc). Perusahaan ini dipimpin oleh Ashraf Habibullah, yang sampai sekarang masih tetap eksis dan berkembang. Jika ingin mengetahui lebih lanjut perusahaan ini anda dapat mengunjungi situs (<http://www.csiberkeley.com>).

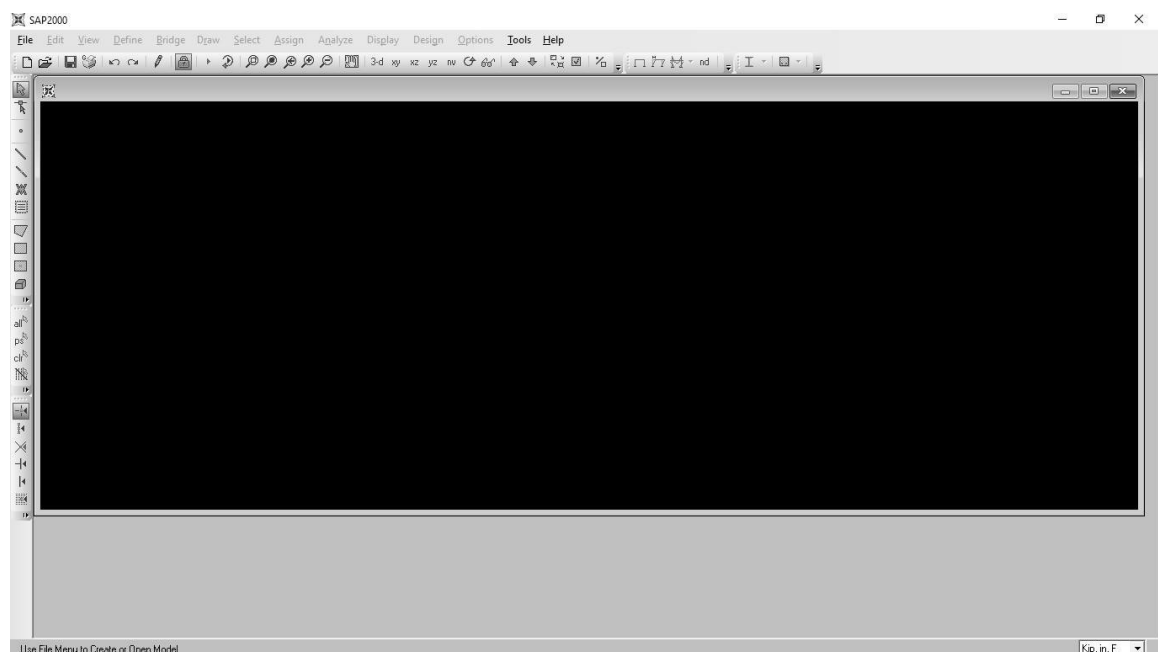
Suatu catatan penting yang patut di ketahui dan dipahami bahwa secanggih apapun program komputer, keputusan tetap ada di tangan manusia yang memakainya, apakah model sudah mampu mencerminkan kondisi sebenarnya, karena yang perlu diingat adalah program tersebut hanyalah alat bantu saja. Oleh karena itu, walaupun telah ada program untuk mambantu dalam perhitungan analisis struktur, diharapkan pemakainya telah memahami konsep dari perhitungan dan perancangan itu sendiri.

3.2. Dasar-dasar Program

Program SAP2000 yang digunakan dalam praktikum ini adalah SAP2000 v14.1. Sebelum memulai menggunakan program SAP2000, terlebih dahulu harus dipahami dasar-dasar dari program tersebut, sehingga akan dihasilkan output yang sesuai dengan harapan.

3.2.1. Layar Tampilan SAP2000

Beberapa tool yang ada dalam program beserta penjelasannya sebagai berikut:



Gambar 3.1 Tampilan program SAP2000

a. Menu Perintah

Baris ini berisi kumpulan perintah-perintah yang tersaji dalam bentuk menu dan sub-menu. Menu dikelompokkan menurut fungsinya, misalnya pada menu *File* untuk menangani permasalahan pada *File*, seperti *open*, *save*, dll; menu *Edit* untuk melakukan perubahan data dll.

b. Menu Perintah (*Toolbar*)

Toolbar mempunyai fungsi yang sama dengan menu perintah, tetapi digunakan hanya dengan 1 kali klik pada tombol yang sesuai dan perintah langsung dijalankan.

c. Layar (*Window*)

Merupakan tempat ditampilkanya model struktur, termasuk data *input* maupun data output dalam bentuk grafis. Dapat dikondisikan sesuai kebutuhan.

d. Elemen Batang (*frame*)

Elemen *frame* merupakan model pada SAP2000 yang berupa batang/garis 1 dimensi pada arah panjang saja. Tipe penampang dan material dapat diubah sesuai kebutuhan, misal penampang persegi (balok), I (profil baja) dan lain- lain.

e. Element Tumpuan (*Restraint*) dan *joint*

Joint merupakan elemen nodal pada SAP2000, yang lazimnya terdapat pada tiap ujung elemen (*frame, area, solid*) namun dapat pula ditambahkan pada tempat-tempat lain.

Restraint merupakan element *joint* yang mewakili kondisi tumpuan (*support*) seperti sendi, rol, atau jepit. Tumpuan lain disesuaikan dengan keperluan, dapat pula tergantung arah dan jenis kekangan tumpuan, termasuk *spring* (pegas).

f. Indikator sumbu global (X-Y-Z)

Indikator ini menjadi alat bantu penunjuk bidang gambar yang aktif. Pada tampilan perspektif 3 dimensi, semua sumbu akan terlihat, sedangkan pada tampilan 2 dimensi, hanya terlihat 2 sumbu.

g. *Gridline* (garis bantu)

Gridline merupakan garis-garis yang tampak di layar sebagai bantuan dalam penggambaran model struktur. Fungsinya mirip seperti kertas millimeter dimana garis-garisnya hanya sebagai garis bantu saja. *Gridline* tidak berpengaruh terhadap hasil analisis struktur.

h. Baris Status

Pada bagian kiri bawah layar SAP2000 akan terlihat baris ini, yang tampilannya berubah-ubah sesuai perintah yang dikerjakan.

i. Indikator Koordinat Cursor

Pada baris ini selalu tampil koordinat cursor (panah penunjuk) dalam 3 dimensi, yang mengacu pada sumbu-sumbu koordinat yang ada.

j. Indikator satuan yang digunakan

Pada bagian kanan bawah latar SAP2000 terlihat indikator satuan yang sedang aktif (satuan gaya, satuan panjang dan satuan suhu). Semua *input* dan output akan memakai satuan yang dipilih pada bagian ini.

3.2.2. Sistem Koordinat

Dalam program SAP2000, digunakan 2 sistem koordinat yang biasa dipakai, yaitu:

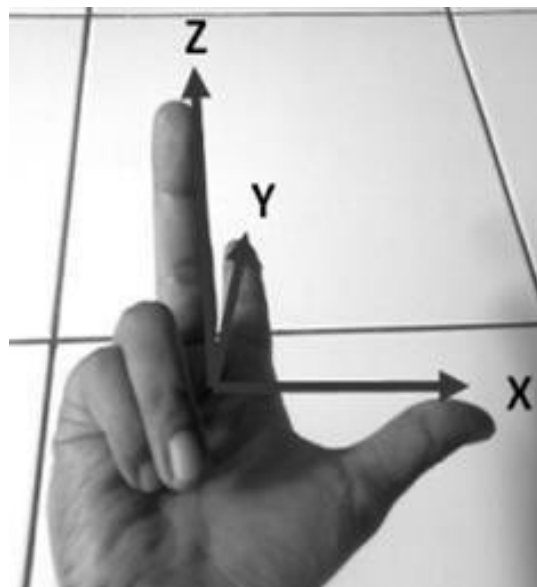
- a. sistem koordinat *cartesian*, berupa bidang ruang datar/kotak sumbu x-y-z,
- b. sistem koordinat *cylindrical*, berupa bidang ruang melingkar/silindris sumbu r- θ -z.

2.2.1.1. Sumbu Global dan Sumbu Lokal

Pada SAP2000 dikenal istilah 2 macam sumbu:

a. Sumbu global

Sistem koordinat Global terdiri dari 3 sumbu, X, Y, dan Z yang saling tegak lurus sesuai dengan aturan "kaidah tangan kanan", dalam SAP 2000 selalu mengasumsikan sumbu Z arahnya vertikal keatas (nilai positif) dan kebawah bernilai negatif. Lebih jelasnya lihat gambar dibawah ini.

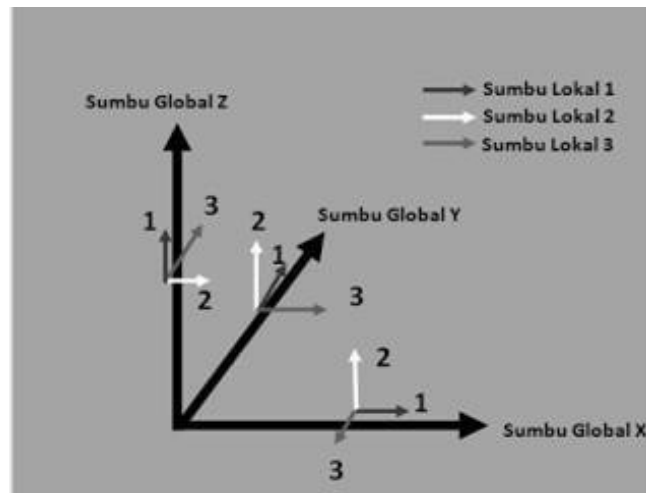


Gambar 3.2 Sumbu global yang sesuai dengan kaidah tangan kanan

Sumber: fendypermana.blogspot.com

b. Sumbu lokal

Pada orientasi default SAP2000 koordinat lokal terdapat 3 garis yang saling tegak lurus, sumbu lokal 1 berwarna merah. sumbu lokal 2 berwarna putih. sumbu lokal 3 berwarna biru.

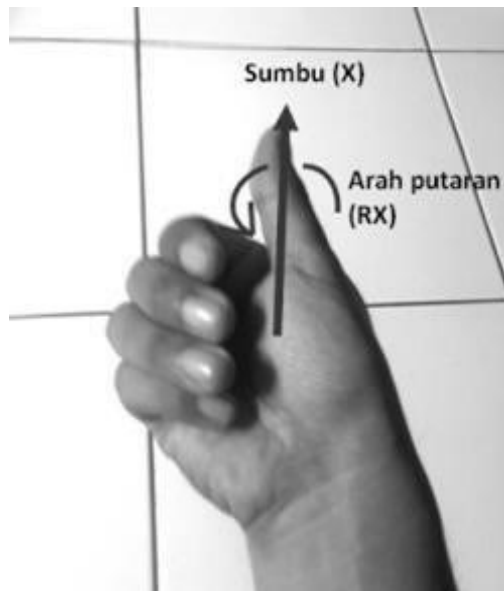


Gambar 3.3 Sumbu lokal

Sumber: fendypermana.blogspot.com

Berikut beberapa ketentuan dalam sumbu lokal:

- 1) Orientasi sumbu lokal 1 arahnya selalu memanjang arah / element *frame*, dimana arah positif ialah dari ujung "i" ke ujung "j".
- 2) Orientasi default sumbul lokal 2 dan 3 ditentukan oleh hubungan sumbu lokal 1 dan sumbu global Z sebagai berikut
 - a) jika sumbu lokal 1 arahnya horizontal, maka arah sumbu lokal 2 sejajar dengan sumbu global z,
 - b) jika sumbu lokal 1 arahnya keatas (z^+), maka arah sumbu lokal 2 sejajar dengan sumbu global x(-), dan
 - c) sumbu lokal 3 arahnya selalu horizontal tegak lurus bidang X-Y.
- 3) Untuk arah putaran momen atau puntir, juga berlaku kaidah tangan kanan seperti pada gambar 2.4 di bawah ini. Rotasi positif ialah searah jarum jam apabila sumbu 1 menjahi arah pengamat. Gambar dibawah ini untuk memperjelas uraian di atas, terlihat arah sumbu X menjauhi pengamat.



Gambar 3.4 Kaidah tangan kanan putaran momen atau torsi

Sumber: fendypermana.blogspot.com

3.2.3. Objek dan Elemen

Elemen dasar yang digunakan untuk pemodelan SAP2000 adalah:

- Joint* (titik nodal), berupa elemen titik/nodal,
- Frame* (batang), berupa elemen garis (1D),
- Area*, merupakan elemen luasan (2D), dan
- Solid*, merupakan elemen ruang (3D).

3.2.4. Pemilihan Elemen dan *Assignment*




Dalam memilih elemen (*joint, frame, area, solid*), SAP2000 menyediakan beberapa cara berikut:

- Klik atau pilih langsung elemen yang diinginkan.
- Cara *windowing* (melingkupi elemen yang dimaksud).
- Lewat menu *select*, atau beberapa jenis pilihan yang tersedia pada *toolbar*.

Untuk cara yang pada point b, elemen yang akan dipilih diliputi dengan cara klik kiri tombol mouse, lalu tahan dan geser (*drag*) sampai terbentuk kotak garis putus-putus yang akan melingkupi elemen yang dimaksud, kemudian dilepas. Perlu diperhatikan bahwa arah lingkup memberikan hasil berbeda, yaitu :

- 1) *Windowing* dari arah kiri ke kanan, akan memilih elemen yang dilingkupi kotak saja,
- 2) *Windowing* dari arah kanan ke kiri, akan memilih semua elemen yang terkena kotak.

Sedangkan untuk cara pada point c, lewat menu *select > select > ...*), dapat dipilih elemen-elemen tertentu saja, berdasarkan jenis elemen, tipe penampang, dll. Untuk beberapa jenis pilihan tertentu, ada toolbar yang tersedia, yaitu :

- 1) untuk memilih seluruh elemen: ,
- 2) untuk memilih elemen terakhir yang telah dipilih sebelumnya: , dan
- 3) untuk menghilangkan pilihan :  (atau tekan Esc pada keyboard).

Untuk proses *assignment*, seperti penggantian tipe penampang, pemasangan beban, dll, urutannya adalah

- 1) Pemilihan elemen yang dimaksud dengan metode yang diinginkan,
- 2) *Assignment* pada elemen yang dimaksud.

Dengan demikian, misal untuk mengganti tipe tumpuan nodal, maka yang harus dilakukan adalah memilih *joint* yang dimaksud terlebih dahulu, kemudian mengganti *restraint* lewat menu *Assign > Joint > Restraint* dan memilih jenis tumpuan yang sesuai.

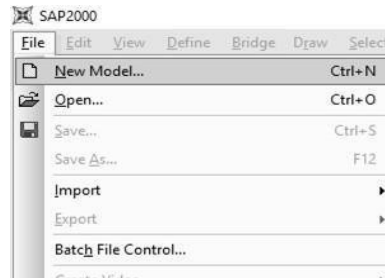
3.3. Langkah-langkah Pemodelan Struktur

Sebelum melakukan pemodelan struktur, terlebih dahulu buka program SAP2000. Setelah program terbuka, selanjutnya dilakukan pembuatan *file* baru, pemilihan satuan dan *template*, dan pembuatan garis bantu (*grid*). Jika langkah-langkah tersebut dilakukan, selanjutnya dilakukan pemodelan struktur.

3.3.1. Membuat File Baru

Pembuatan *File* baru dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu:

a. klik menu *File > New Model...*



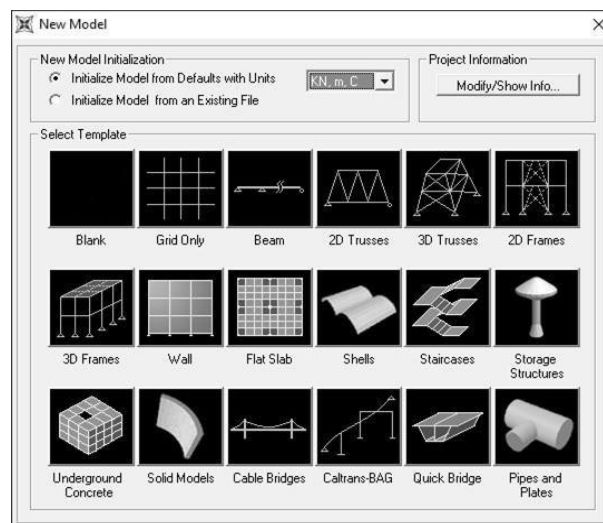
Gambar 3.5 Menu *File*

b. klik perintah  pada *toolbar*, atau

c. kombinasi Ctrl+N pada keyboard.

3.3.2. Memilih Satuan dan *Template*

Pemilihan satuan sangat penting dilakukan dalam proses *input* dan *output*, sehingga wajib diperhatikan sebelum melakukan pemodelan struktur cek terlebih dahulu satuan yang akan digunakan karena akan mempengaruhi hasil analisis struktur pada langkah selanjutnya. Kemudian pilih *template* yang akan digunakan dalam pemodelan struktur. Dalam praktikum statika ini biasanya dipakai *template Blank* atau *Grid Only*.

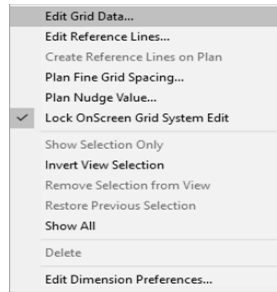


Gambar 3.6 Kotak dialog *New Model*

3.3.3. Membuat Grid (Garis Bantu)

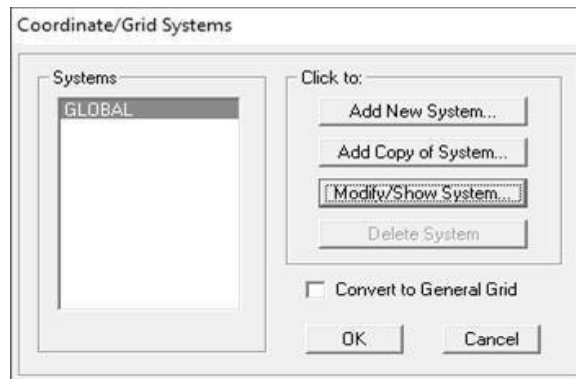
Pembuatan garis bantu ini dimaksudkan agar memudahkan dalam pemodelan. Perintah-perintah yang digunakan adalah sebagai berikut.

a. Klik kanan pada lembar kerja, pilih *Edit Grid Data*



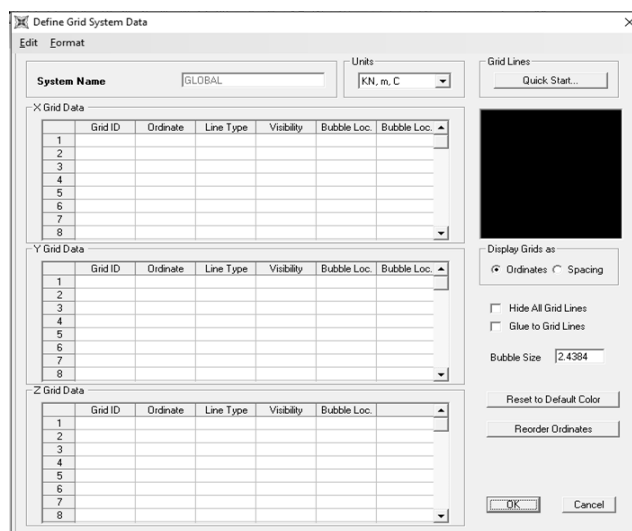
Gambar 3.7 Pilih *Edit Grid Data*

b. Kemudian akan muncul tampilan seperti di bawah ini:



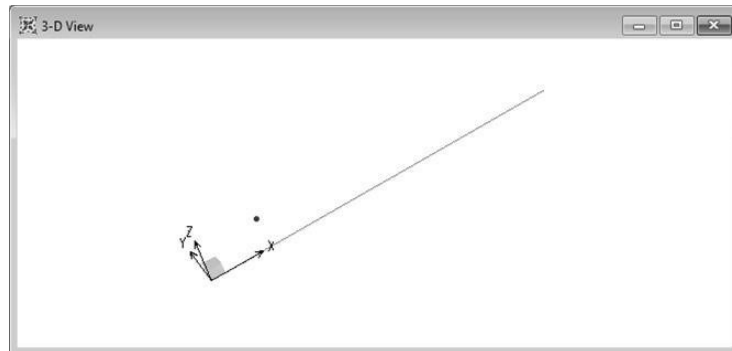
Gambar 3.8 Kotak dialog *Coordinate/Grid Systems*

c. Untuk membuat grid baru, klik *Add New System*, untuk menduplikat grid yang telah ada, klik *Add Copy of System*, untuk mengubah grid yang telah ada, klik *Modify/Show System*. Masukan data pada *Defin Grid System Data*, masukan data sesuai kebutuhan.



Gambar 3.9 Kotak dialog *Define Grid System Data*

- d. Masukkan data seperti di bawah ini:
- 1) pada bagian grid, isi bebas, bisa dengan abjad atau angka,
 - 2) *ordinate* berarti point-point yang diambil dari titik 0 dan sesuai sumbu.
- e. Kemudian klik OK sampai kembali kepada layar kerja windows, maka akan tampak garis bantu.

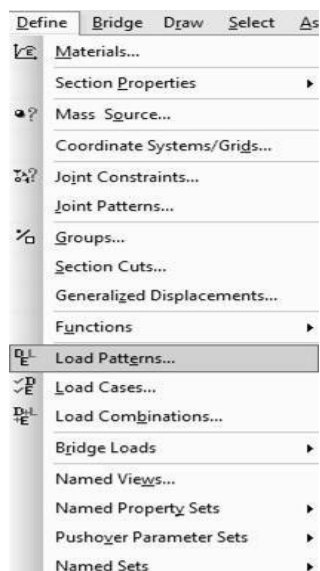


Gambar 3.10 Tampilan lembar kerja setelah dibuat garis bantu (*Grid*)
(lembar kerja dalam tampilan 3D)

3.3.4. Menentukan Jenis Pembebanan

Sebelum beban dimasukkan dalam pemodelan, terlebih dahulu ditentukan jenis pembebanannya. Perintah-perintah yang digunakan adalah sebagai berikut.

- a. Klik menu *Define > Load Patterns...*



Gambar 3.11 Menu *Define*

- b. Setelah muncul kotak dialog *Define Load Patterns*. Buatlah *Load Pattern* baru dengan nama BEBAN pada *Load Pattern Name* dan tipe beban pilih *OTHER*(pilih pada tab *Type*).
- c. Isikan angka nol (0) pada *Self Weight Multiplier* karena dalam statika hanya menghitung reaksi perletakan dan gaya dalam akibat dari pembebanan (gaya luar) saja sehingga tidak perlu menambahkan berat baloknya sendiri.
- d. Kemudian klik *Add New Load Pattern* dan klik OK.

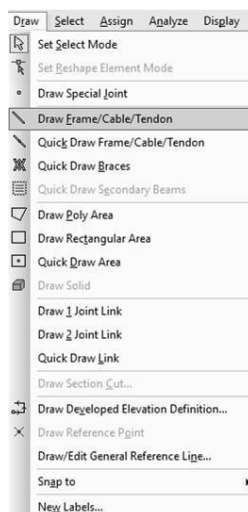


Gambar 3.12 Kotak dialog *Define Load Patterns*

3.3.5. Menggambar *Frame*

Pemodelan struktur diawali dengan menggambar *frame* dengan mengikuti garis bantu (*grid*) dengan cara sebagai berikut.

- a. Klik menu *Draw > Draw Frame/Cable/Tendon* (bisa juga melalui perintah di *toolbar*).



Gambar 3.13 Menu *Draw*

- b. Kemudian gambarkan *frame* sesuai dengan kebutuhan dengan mengikuti garis bantu yang sudah dibuat. Klik ujung garis bantu kemudian hubungkan dengan ujung lain sesuai pola.



Gambar 3.14 *Frame* yang telah selesai dibuat (lembar kerja dalam tampilan *X-Z Plane*)

3.3.6. Memberi Tumpuan

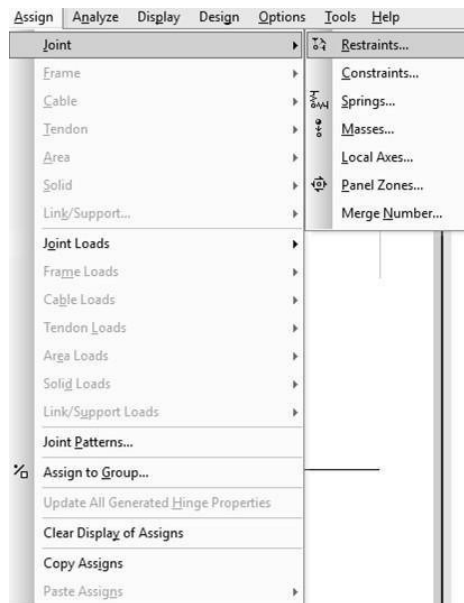
Setelah menggambar *frame*, perlu adanya tumpuan yang berfungsi untuk memberikan reaksi terhadap pembebanan (gaya luar) agar tetap setimbang. Langkah-langkahnya yaitu:

- a. Klik joint yang akan diberikan tumpuan.



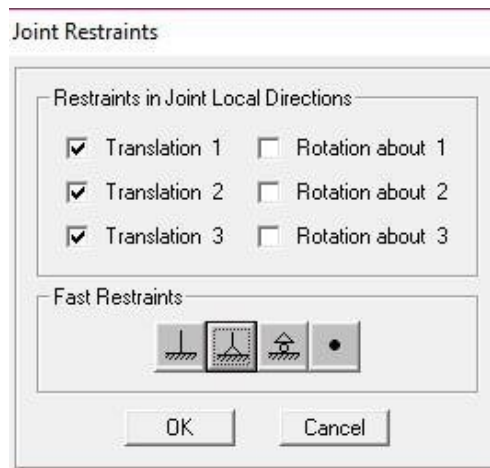
Gambar 3.15 Tampilan *Frame* yang akan diberi tumpuan

b. Kemudian klik menu *Assign > Joint > Restraints*.



Gambar 3.16 Menu *Assign*

c. Kemudian pilih tumpuan pada bagian *Fast Restraint* di jendela *Joint Restraint*.



Gambar 3.17 Kotak dialog *Joint Restraints*

d. Kemudian klik OK, maka tumpuan telah di *input* di joint tersebut.

3.3.7. Memberi Beban

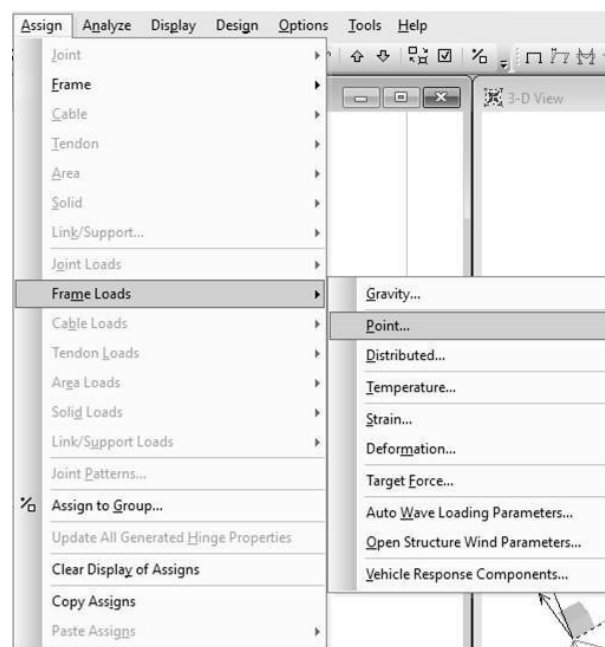
Langkah selanjutnya adalah pembebanan (pemberian gaya luar) yaitu dengan cara sebagai berikut.

- a. Klik *frame* yang akan diberikan pembebanan



Gambar 3.18 Tampilan *Frame* yang akan diberi beban

- b. Kemudian klik *Assign > Frame Load* , kemudian pilih jenis beban tersebut. (Apabila beban titik, maka pilih *Point..*, apabila beban merata, maka pilih *Distributed..*)

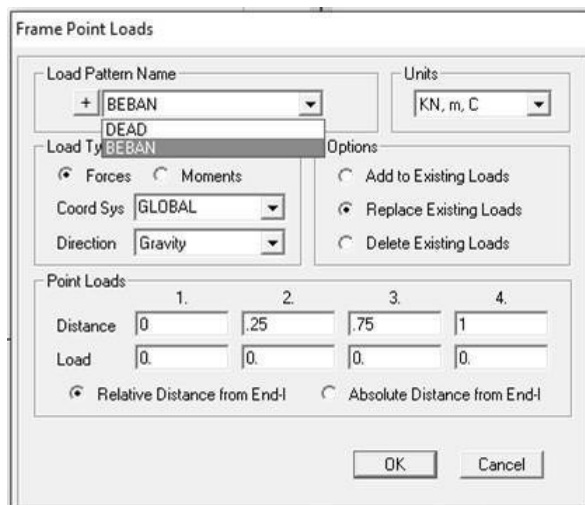


Gambar 3.19 Menu *Assign*

- c. Apabila bebannya titik, maka pilih *Point*, maka akan muncul jendela *Frame Point Loads*.

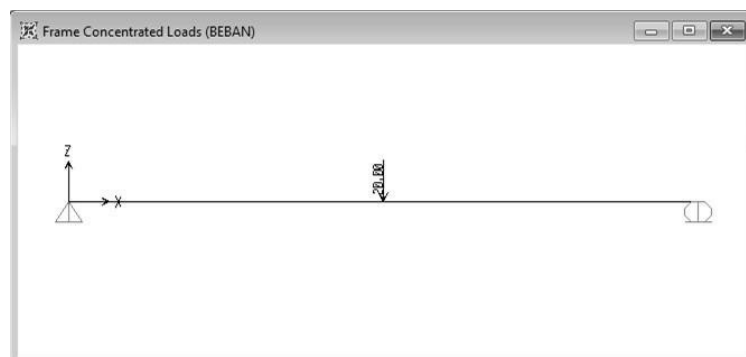
- 1) Pada *Load Pattern Name*, yaitu beban mati (DEAD)
- 2) Cek satuan pada bagian *Units*
- 3) Pilih jenis bebannya pada *Load Pattern Name* sesuai yang sudah dibuat.

- 4) Pilih beban yang akan bekerja, apakah berupa gaya atau momen pada *Load Type and Direction*.
- 5) Bagian *direction* untuk menentukan arah dari gaya/beban tersebut.
- 6) Pada bagian *Options*, *add* berarti memasukkan atau menambah gaya, *Replace* berarti mengganti gaya/beban, dan *Delete* berarti untuk menghapus gaya yang ada.
- 7) Isikan letak dan besar pembebanan pada bagian *Point Loads*.
- 8) *Relative Distance from End-I* berarti jarak yang digunakan yaitu jarak relatif dari titik awal ke titik akhir (bernilai 0-1)
- 9) *Absolute Distance from End-I* berarti jarak yang digunakan yaitu jarak sebenarnya dari titik awal ke titik akhir.



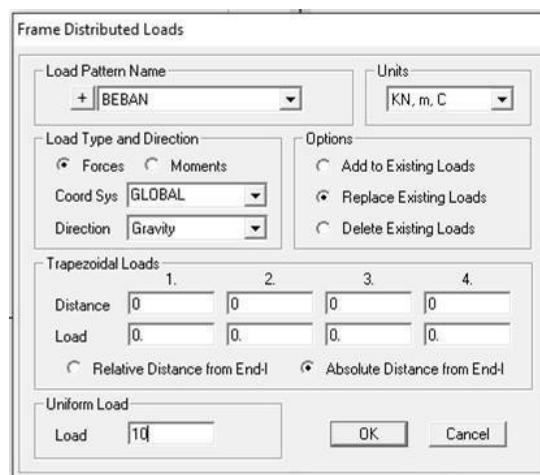
Gambar 3.20 Kotak dialog *Frame Point Loads*

- d. Setelah isian pada jendela *Frame Point Load* di isi, kemudian klik OK, maka beban akan muncul.




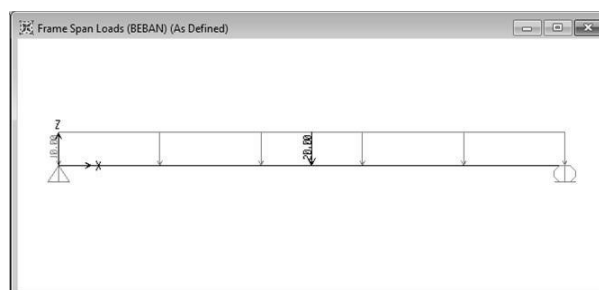
Gambar 3.21 Tampilan *Frame* yang sudah diberi beban titik

- e. Apabila beban merata, maka klik terlebih dahulu *frame*-nya, kemudian klik *Assign > Frame Loads > Distributed...*, maka akan muncul jendela *Frame distribution Loads*.
- f. Cara *input* beban untuk beban merata hampir sama dengan cara *input* beban titik yang telah dibahas. Untuk beban merata di *input* di *Uniform load* atau di *Trapezoidal Loads*. *Uniform Load* merupakan *input* beban merata untuk semua *frame* yang dipilih, dan *trapezoidal loads* untuk *input* beban merata di sebagian *frame* atau beban tidak merata (seperti beban segitiga).



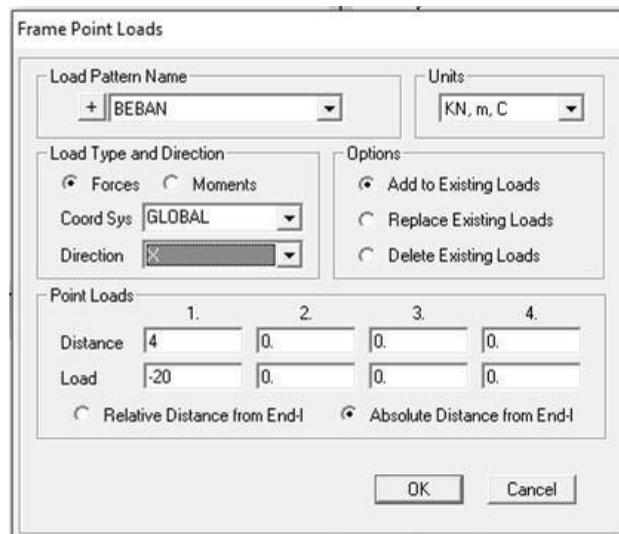
Gambar 3.22 Kotak dialog *Frame Distributed Loads*

- g. Setelah semua data beban telah di *input*-kan, klik OK. Maka beban akan muncul di pemodelan.
- h. Beban merata yang telah dibuatkan akan  ditampilkan pada lembar kerja dan beban titik menjadi menghilang, padahal hanya disembunyikan. Agar beban titik muncul kembali dengan cara klik perintah pada toolbar, maka akan muncul jendela *Show Frame Load*.
- i. Kemudian klik OK, maka beban titik yang tadi tersembunyi akan muncul.



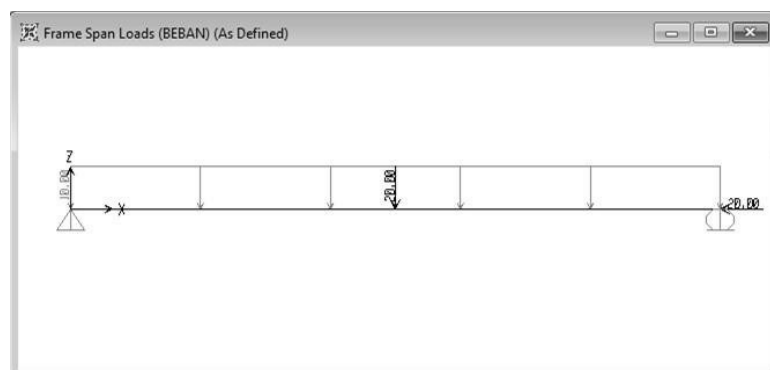
Gambar 3.23 Tampilan *Frame* yang sudah diberikan pembebanan

- j. Cara di atas apabila arahnya merupakan arah gravitasi atau arah vertikal ke bawah, apabila arahnya horizontal, maka caranya adalah sebagai berikut:
- 1) Klik *frame* yang akan diberi pembebanan.
 - 2) Klik Assign > Frame Loads > Point (Karena yang akan di *input* merupakan beban titik, maka dipilih Point), maka akan muncul jendela *Frame Point Load*.
 - 3) Struktur Balok akan diberi beban tekan sejajar dengan sumbu X, maka pada bagian *direction*, ganti menjadi X. Apabila nilai beban positif, maka arahnya searah dengan sumbu X, apabila nilai beban negative, maka arahnya berlawanan arah dengan sumbu X.
 - 4) Isi jendela *Frame Points Loads* sesuai dengan gambar di bawah ini



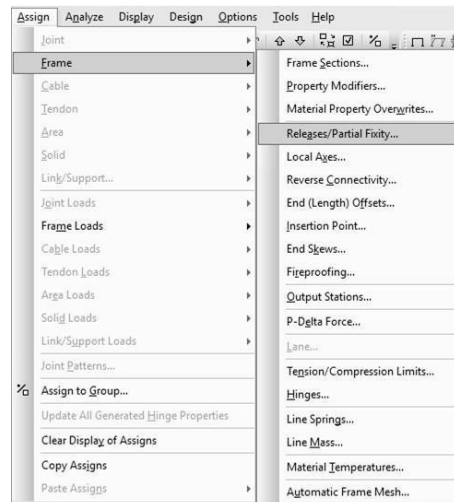
Gambar 3.24 Kotak dialog *Frame Points Loads*

- k. Klik OK. maka beban akan muncul dengan arah yang kita tentukan.



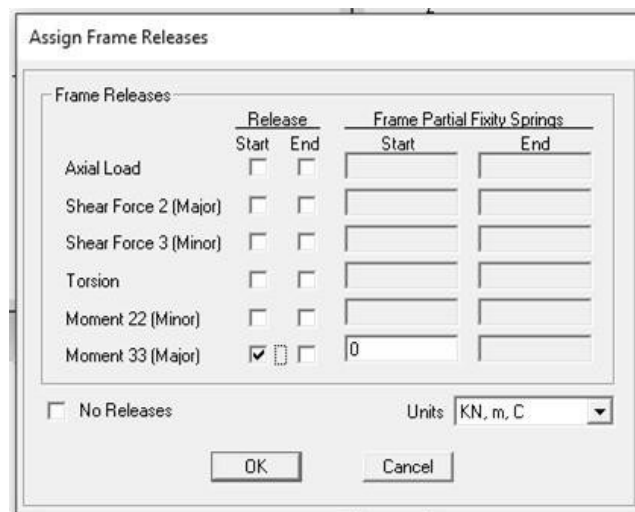
Gambar 3.25 Tampilan *Frame* dengan beban titik horizontal

- l. Pada struktur gerber terdapat sambungan sendi, untuk memodelkan sambungan tersebut pilih *Frame* yang akan dijadikan sambungan. Kemudian pilih menu *Assign > Frame > Releases/Partial Fixie...*



Gambar 3.26 Tampilan *Frame* dengan beban titik horizontal

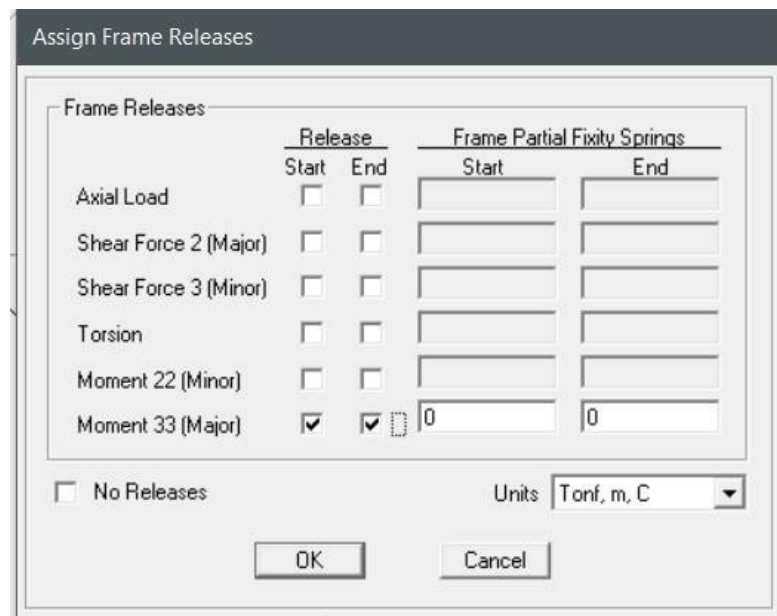
- m. Setelah muncul kotak dialog *Assign Frame Releases* maka centang pada Momen 33 (Major). Centang pada bagian *start/end* saja tergantung dimana balok tambahan tersebut akan diletakkan.



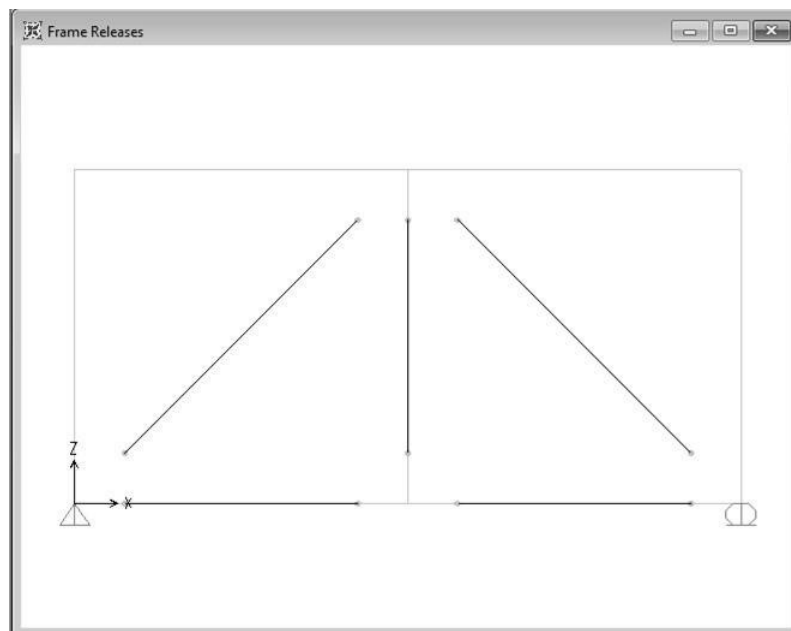
Gambar 3.27 Tampilan *Frame* dengan beban titik horizontal

- n. Pada struktur rangka atau *truss* terdapat batang yang disambung disetiap titiknya, sehingga untuk memodelkan sambungan tersebut pilih semua *Frame* yang akan dijadikan sambungan. Kemudian pilih menu *Assign > Frame > Release /Partial Fixie...*, setelah muncul kotak dialog *Assign Frame Releases* maka

centang pada Momen 33 (Major). Centang pada bagian *start* dan *end* karena batang tersebut disambung di setiap titik.



Gambar 3.28 Tampilan *Frame* dengan beban titik horizontal




Gambar 3.29 Tampilan *Frame* dengan beban titik horizontal

3.4. Langkah-langkah Analisis Struktur

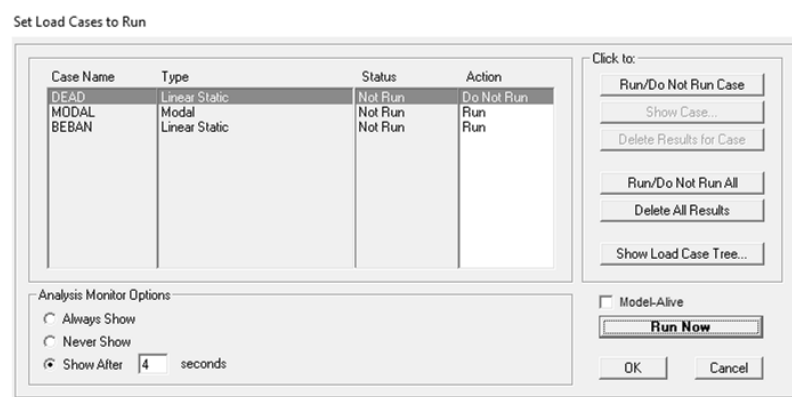
Setelah *frame*, tumpuan dan pembebanannya telah selesai di-*input*, maka dilakukan analisis terhadap struktur tersebut. Hasil analisis struktur yang akan ditampilkan pada praktikum ini adalah reaksi perletakan dan diagram gaya dalam.

3.4.1. Run Analysis

Analisis Struktur tersebut dilakukan dengan menggunakan perintah dibawah ini.

a. Klik perintah di toolbar,  atau klik menu *Analyze > Run Analysis* atau klik F5 pada keyboard.

b. Akan muncul jendela *Set Load Case to Run*



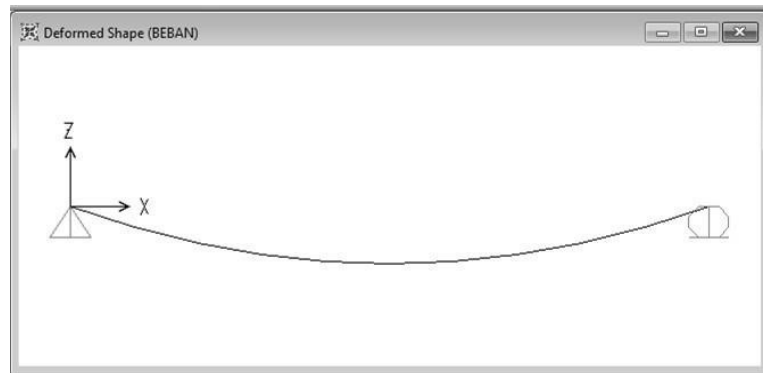
Gambar 3.30 Kotak dialog *Set Load Case to Run*

c. Matikan DEAD LOAD dengan cara, klik case DEAD, kemudian klik *Run/Do Not Run Case*, karena kita hanya menghitung pembebanan untuk jenis beban yang telah kita buat sebelumnya.

d. *Case MODAL* berfungsi untuk analisis dinamis, namun tidak terlalu berpengaruh pada pemodelan sederhana seperti pemodelan statika ini, sehingga boleh dibiarkan berjalan (*run*) atau boleh juga dimatikan

e. Kemudian Klik *Run Now*, tunggu sampai proses selesai. Apabila proses analisis telah berhasil, maka akan muncul deformasi dari pemodelan struktur tersebut.

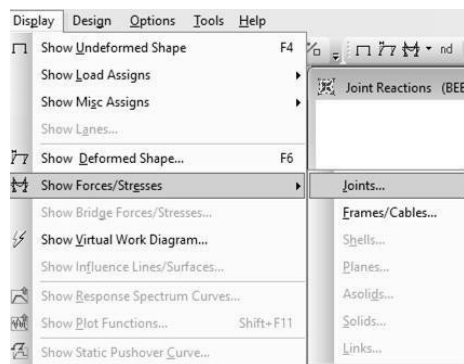
f. Setelah proses analisis, kita juga akan memperoleh reaksi perletakan dan gaya dalam, dari perancangan sturktur tersebut.

Gambar 3.31 Tampilan *Deformed Shape*

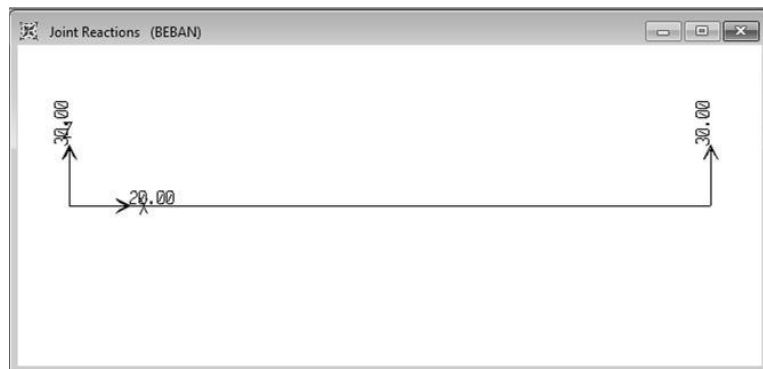
3.4.2. Melihat Reaksi Perletakan

Reaksi perletakan dapat diketahui menggunakan perintah dibawah ini.

- Klik *Display > Show Forces/Stersses > Joints.*

Gambar 3.32 Menu *Display*

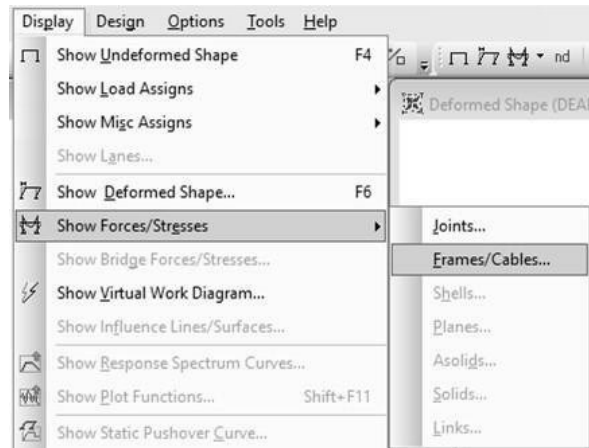
- Akan muncul jendela *Joint Reaction Forces*, centang pada *Show Result as Arrows* agar terlihat arah reaksi.
- Klik OK.

Gambar 3.33 Tampilan Reaksi perletakan (*Joint Reactions*)

3.4.3. Melihat Diagram Gaya Dalam

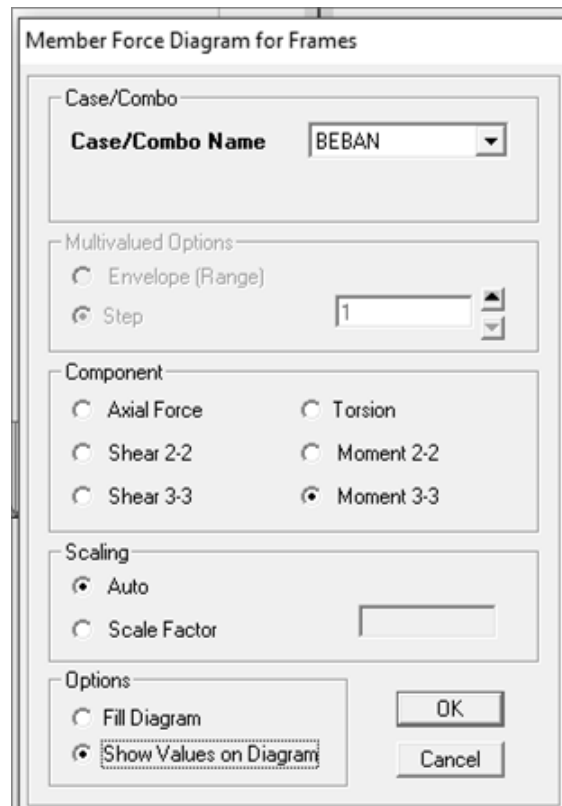
Diagram Gaya dalam dapat diketahui menggunakan perintah dibawah ini.

- a. Klik Menu *Display > Show Forces/Stresses > Frames/Cables...*



Gambar 3.34 Menu *Display*

- b. Akan muncul jendela *Member Force Diagram for Frames*

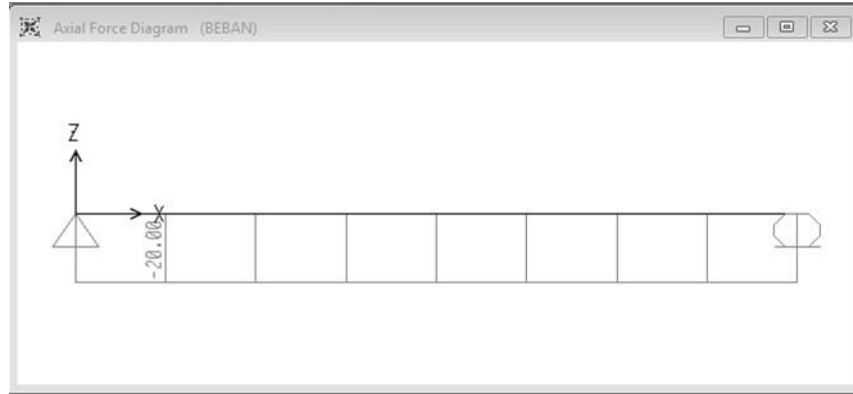


Gambar 3.35 Kotak dialog *Member Force Diagram for Frames*

- c. Pada bagian component, pilih *Axial Force* untuk NFD, *Shear 2-2* untuk SFD dan *Moment 3-3* untuk BMD.

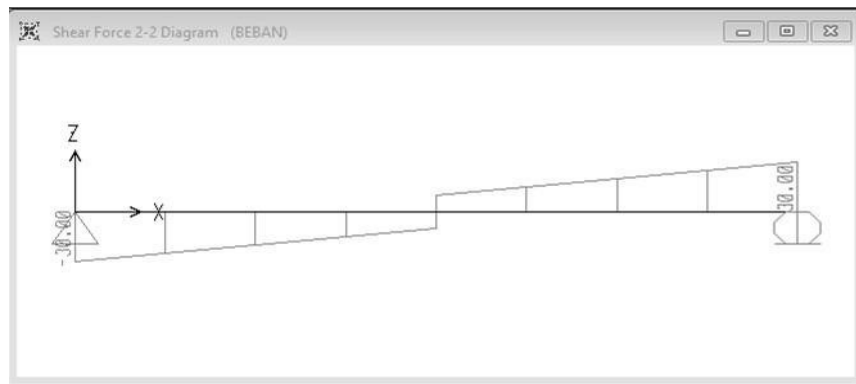
d. Setelah di klik OK, maka akan ada tampilan sebagai berikut:

1) *Axial Force (NFD)*



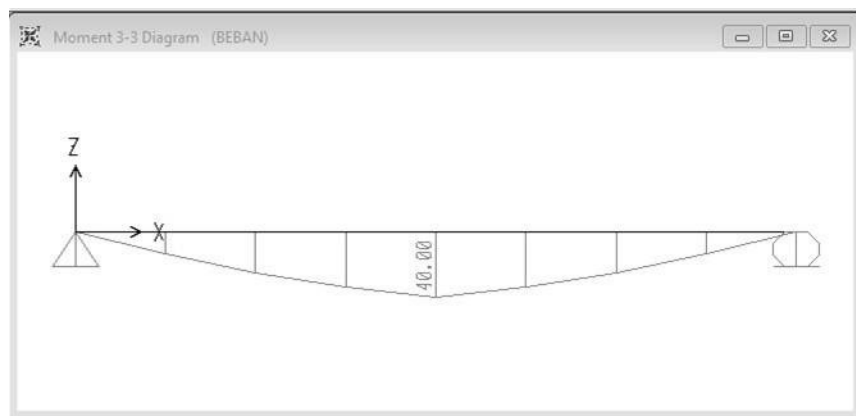
Gambar 3.36 Tampilan *Axial Force Diagram*

2) *Shear 2-2 (SFD)*



Gambar 3.37 Tampilan *Shear 2-2 Diagram*

3) *Moment 3-3 (BMD)*



Gambar 3.38 Tampilan *Moment 3-3 Diagram*

BAB IV. SIMPLE BEAM

4.1. Pendahuluan

Simple Beam (Balok sederhana) adalah balok yang ditumpu oleh tumpuan sendi pada salah satu ujungnya, dan tumpuan rol pada ujung lainnya. Contoh aplikasi struktur balok sederhana adalah jembatan sederhana yang menggunakan tumpuan sendi pada salah satu ujungnya dan tumpuan rol pada ujung lainnya.

4.2. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan nilai reaksi perletakan yang dihasilkan dari beban yang diberikan pada struktur *simple beam*.

4.3. Alat

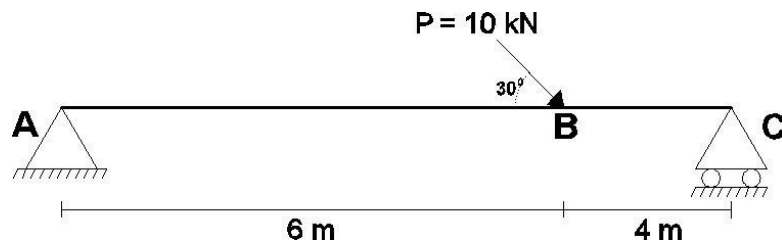
- a. Pemberat
- b. Timbangan
- c. Alat Pengukur (meteran)

4.4. Cara Pengujian

- a. Atur dan susun rangka batang dan tumpuan sesuai dengan struktur *simple beam*.
- b. Pasang dan atur pengait beban dengan jarak yang sudah ditentukan sesuai dengan pembebanan struktur.
- c. Lakukan kalibrasi timbangan setelah semua tersusun sesuai dengan struktur *simple beam*.
- d. Letakkan pemberat dengan berat yang sudah ditentukan pada pengait beban.
- e. Baca dan catat reaksi perletakan yang dihasilkan pada timbangan.

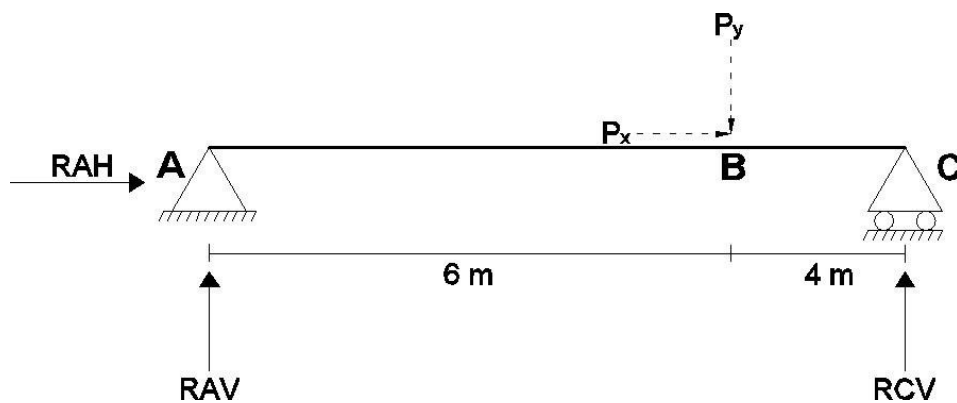
4.5. Perhitungan

Diketahui sebuah balok sederhana seperti gambar dibawah ini, hitung reaksi perletakan dan gaya dalam yang bekerja pada balok.



Gambar 4.1 Contoh soal balok sederhana

Jika diuraikan gaya-gayanya, maka akan menjadi gambar dibawah ini.



Gambar 4.2 Uraian gaya-gaya dalam perhitungan

$$\begin{aligned} P_x &= P \cos 30^\circ \\ &= 10 \cos 30^\circ \\ &= 8,667 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_y &= P \sin 30^\circ \\ &= 10 \sin 30^\circ \\ &= 5 \text{ kN} \end{aligned}$$

4.5.1. Reaksi Perletakan

$$\sum M_C = 0$$

$$R_{AV} \cdot (6+4) - P_y \cdot (4) = 0$$

$$R_{AV} \cdot (10) - 5 \cdot (4) = 0$$

$$R_{AV} \cdot (10) - 20 = 0$$

$$R_{AV} = 2 \text{ Kn}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$P_y \cdot (6) - R_{CV} \cdot (6+4) = 0$$

$$5 \cdot (6) - R_{CV} \cdot (10) = 0$$

$$30 - R_{CV} \cdot (10) = 0$$

$$R_{CV} = 3 \text{ kN}$$

Kontrol

$$\sum V = 0$$

$$R_{AV} + R_{CV} - P_y = 0$$

$$2 + 3 - 5 = 0 \dots(\text{OK})$$

$$\sum H = 0$$

$$R_{AH} + P_x = 0$$

$$R_{AH} = -P_x$$

$$R_{AH} = -8,667 \text{ kN}$$

4.5.2. Gaya-gaya dalam

a. NFD

Anggapan arah NFD berlawanan arah dengan reaksi perletakan

$$\begin{aligned} N_A &= -R_{AH} & N_B &= -R_{AH} \\ &= -(-8,667) & &= -(-8,667) \\ &= 8,667 \text{ kN} & &= 8,667 \text{ kN} \\ & & N_C &= 0 \text{ kN} \end{aligned}$$

(Balok tersebut mengalami tarik dari titik A sampai B)

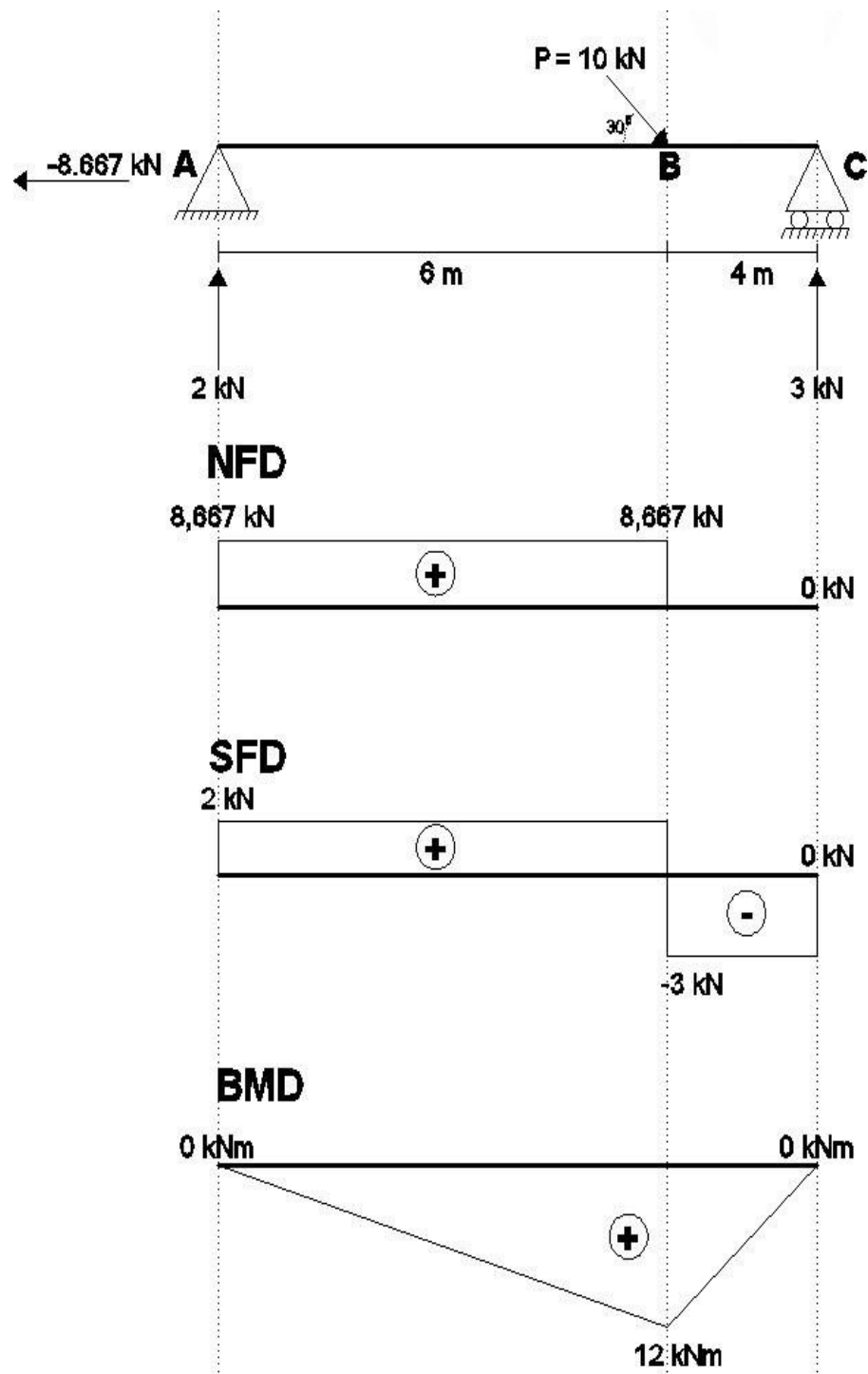
b. SFD

$$\begin{aligned} V_A &= R_{AV} & V_C &= V_B + R_{CV} \\ &= 2 \text{ kN} & &= -3 + 3 \\ & & &= 0 \text{ kN} \\ V_B &= V_A - P_y \\ &= 2 - 5 \\ &= -3 \end{aligned}$$

c. BMD

$$\begin{aligned} M_A &= 0 \text{ kNm} \\ M_B &= R_{AV} \cdot (6) \\ &= 2 \cdot (6) \\ &= 12 \text{ kNm} \\ M_C &= [R_{AV} \cdot (6+4)] - (P_y \cdot 4) \\ &= 2 \cdot (10) - (5 \cdot 4) \\ &= 0 \text{ kNm} \end{aligned}$$

4.5.3. Penggambaran Reaksi Perletakan dan Diagram Gaya Dalam



Gambar 4.3 Penggambaran Reaksi Perletakan dan Diagram Gaya Dalam

BAB V. SIMPLE BEAM OVERHANG

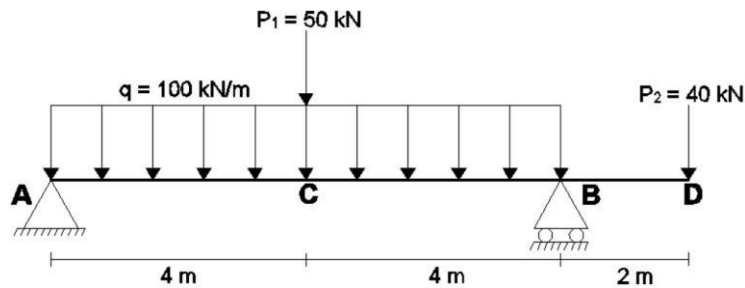
5.1. Pendahuluan

Balok menggantung (*beam overhanging*) merupakan balok sederhana yang salah satu sisinya memanjang/berlebih melewati kolom tumpuannya. Sehingga balok tersebut seperti menggantung di salah satu sisinya. Konsep perhitungan dari *simple beam overhang* ini hampir sama dengan dengan konsep pada balok sederhana.

Penerapan *simple beam overhang* di lapangan biasanya adalah untuk penopang atau dudukan panel lantai.

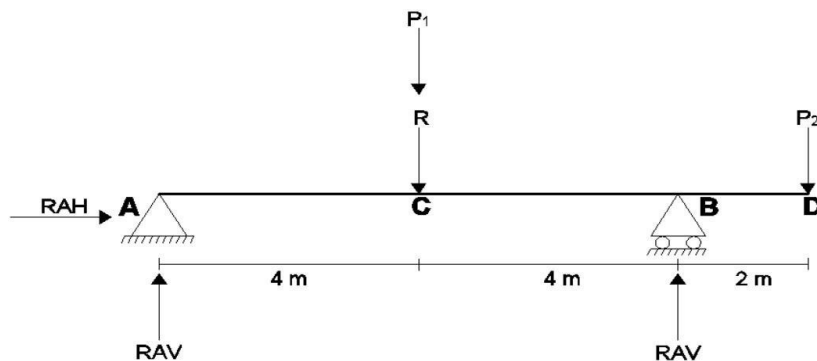
5.2. Perhitungan

Diketahui sebuah *beam cantilever* seperti gambar dibawah ini, tentukan reaksi perletakan, dan gaya normal yang bekerja pada struktur dibawah ini.



Gambar 5.1 Contoh soal *simple beam overhang*

Jika diuraikan gaya-gayanya, maka akan menjadi gambar dibawah ini.



Gambar 5.2 Uraian gaya-gaya dalam perhitungan

5.2.1. Reaksi Perletakan

$$\begin{aligned}\sum M_B &= 0 \\ R_{AV} \cdot (8) - R \cdot (0,5 \cdot 8) - P_1 \cdot (4) + P_2 \cdot (2) &= 0 \\ R_{AV} \cdot (8) - 800 \cdot (4) - 50 \cdot (4) + 40 \cdot (2) &= 0 \\ R_{AV} \cdot (8) - 3200 - 200 + 80 &= 0 \\ R_{AV} \cdot (8) &= 3320 \\ R_{AV} &= 415 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum M_A &= 0 \\ -R_{BV} \cdot (8) + R \cdot (0,5 \cdot 8) + P_1 \cdot (4) + P_2 \cdot (10) &= 0 \\ -R_{BV} \cdot (8) + 800 \cdot (4) + 50 \cdot (4) + 40 \cdot (10) &= 0 \\ -R_{BV} \cdot (8) + 3200 + 200 + 400 &= 0 \\ -R_{BV} \cdot (8) &= -3800 \\ R_{BV} &= 475 \text{ kN}\end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}\sum M_B &= 0 \\ R_{AV} + R_{BV} - R - P_1 - P_2 &= 0 \\ 415 + 475 - 800 - 50 - 40 &= 0 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum H &= 0 \\ R_{AH} &= 0\end{aligned}$$

5.2.2. Gaya-gaya dalam

a. NFD

Anggapan arah NFD berlawanan arah dengan reaksi perletakan

$$\begin{aligned}N &= -R_{AH} \\ &= 0\end{aligned}$$

(Tidak ada gaya aksial yang bekerja pada balok)

b. SFD

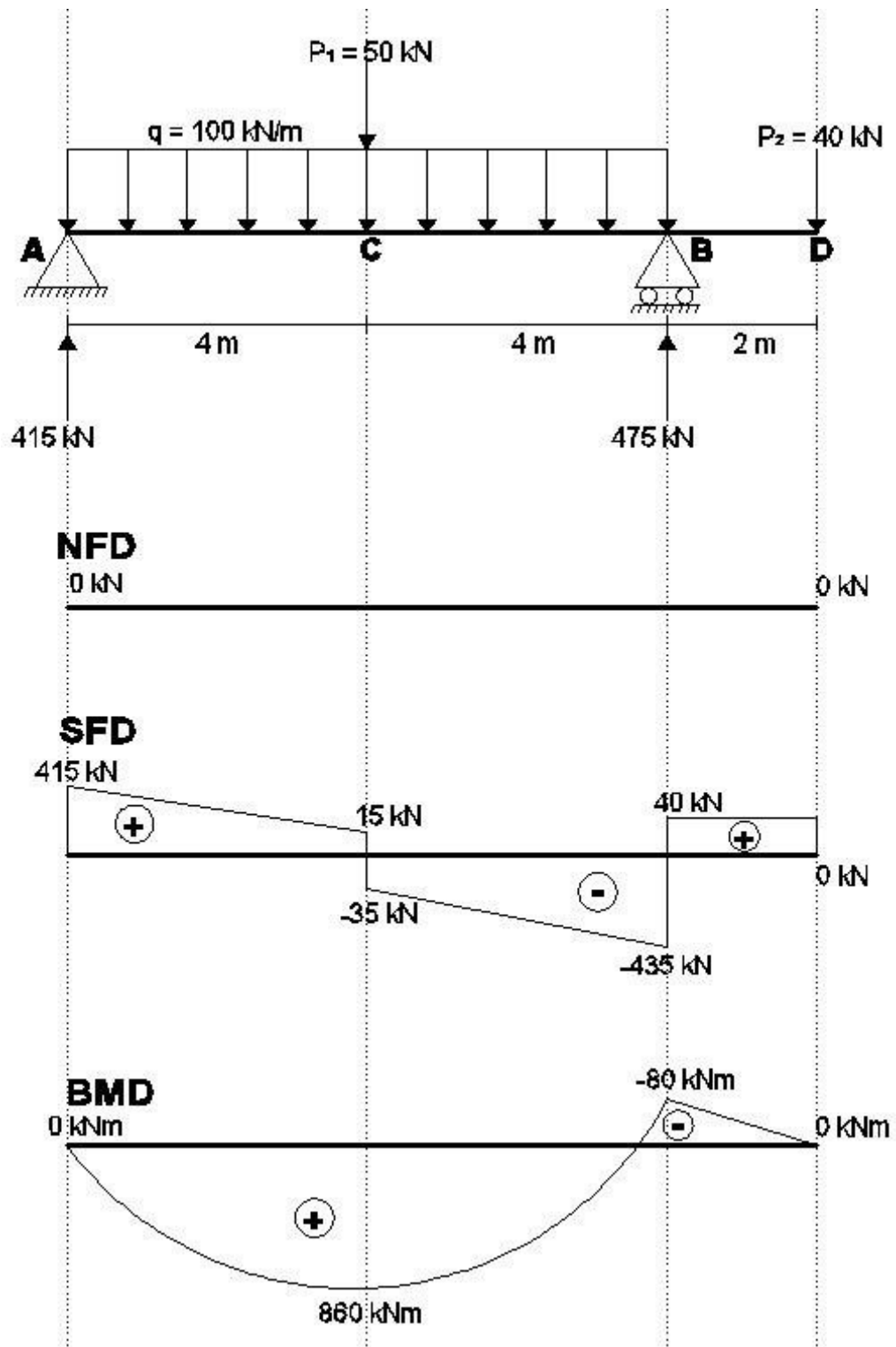
$$\begin{aligned}V_A &= R_{AV} & V_C &= V_C - P_1 & V_{B'} &= V_B + R_{BV} \\ &= 415 \text{ Kn} & &= 15 - 50 & &= -435 + 475 \\ & & &= -35 \text{ kN} & &= 40 \text{ kN} \\ V_c &= V_A - q \cdot (4) & V_B &= V_C - q \cdot (4) & V_D &= V_{B'} - P_2 \\ &= 415 - 100 \cdot (4) & &= -35 - 100 \cdot (4) & &= 40 - 40 \\ &= 15 \text{ kN} & &= -435 \text{ kN} & &= 0 \text{ kN}\end{aligned}$$

c. BMD

$$\begin{aligned}M_A &= 0 \text{ kNm} \\ M_C &= R_{AV} \cdot (4) - q \cdot 4 \cdot (4/2) & M_B &= R_{AV} \cdot (8) - q \cdot 8 \cdot (8/2) - P_1 \cdot (4) \\ &= 415 \cdot (4) - 100 \cdot 4 \cdot (2) & &= 415 \cdot (8) - 100 \cdot 8 \cdot (4) - 50 \cdot (4) \\ &= 860 \text{ kNm} & &= -80 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_D &= R_{AV} \cdot (10) - q \cdot 8 \cdot ((8/2) + 2) - P_1 \cdot (6) + R_{BV} \cdot (2) \\ &= 415 \cdot (10) - 100 \cdot 8 \cdot (6) - 50 \cdot (6) + 475 \cdot (2) = 0 \text{ kNm}\end{aligned}$$

5.2.3. Penggambaran Reaksi Perletakan dan Diagram Gaya Dalam



Gambar 5.3 Penggambaran Reaksi Perletakan dan Diagram Gaya Dalam

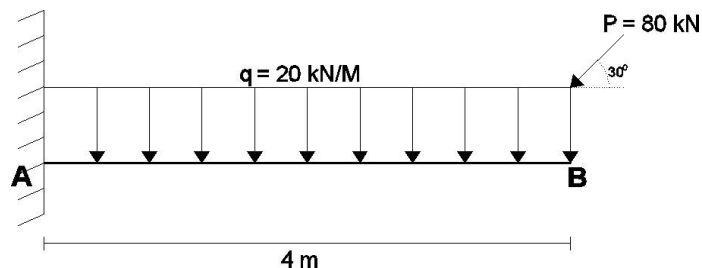
BAB VI. KANTILEVER

6.1. Pendahuluan

Kantilever merupakan balok yang terjepit pada salah satu ujungnya (terdapat tumpuan jepit) sedangkan ujung lainnya bebas tanpa ditumpu oleh tumpuan lain. Tumpuan jepit mampu menahan gaya dari berbagai arah dan menahan momen, sehingga terdapat 3 variabel reaksi yang harus di cari dalam struktur balok kantilever, yaitu R_{AH} , R_{AV} , dan M_A (apabila tumpuan jepit di titik A). Penerapan balok kantilever biasanya digunakan untuk balkon, dinding penahan tanah, dan lain-lain.

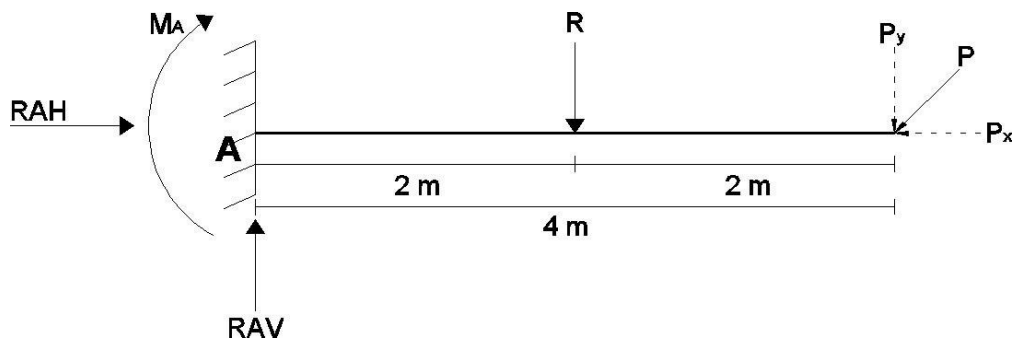
6.2. Perhitungan

Diketahui sebuah kantilever seperti gambar dibawah ini, tentukan reaksi perletakan dan gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur tersebut.



Gambar 6.1 Contoh soal kantilever

Jika diuraikan gaya-gayanya, maka akan menjadi gambar dibawah ini.



Gambar 6.2 Uraian gaya-gaya dalam perhitungan

$P_x = P \cos 30^\circ$	$P_y = P \sin 30^\circ$	$R = 8 \sin 30^\circ$
$= 8 \cos 30^\circ$	$= 8 \sin 30^\circ$	$= 2 \cdot 4$
$= 6,93 \text{ kN}$	$= 4 \text{ kN}$	$= 8 \text{ kN}$

6.2.1. Reaksi Perletakan

$$\sum V = 0$$

$$R_{AV} - R - P_y = 0$$

$$R_{AV} = R + P_y$$

$$R_{AV} = 8 + 4 = 12 \text{ kN}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$M_A + R \cdot (0,5 \cdot 4) + P_y \cdot (4) = 0$$

$$M_A + 8 \cdot (2) + 4 \cdot (4) = 0$$

$$M_A = -16 - 16 = -32 \text{ kN}$$

Kontrol

$$\sum M_B = 0$$

$$M_A + R_{AV} \cdot (4) + R \cdot (0,5 \cdot 4) = 0$$

$$-32 + 12 \cdot (4) - 8 \cdot (2) = 0 \dots (\text{OK})$$

$$\sum H = 0$$

$$R_{AH} - P_x = 0$$

$$R_{AH} = P_x$$

$$R_{AH} = 6,93 \text{ kN}$$

6.2.2. Gaya-gaya dalam

a. NFD

Anggapan arah NFD berlawanan arah dengan reaksi perletakan

$$\begin{aligned} N_A &= -R_{AH} \\ &= -6,93 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_B &= -R_{AH} \\ &= -6,93 \text{ kN} \end{aligned}$$

(Balok tersebut mengalami tekan di seluruh bentang)

b. SFD

$$\begin{aligned} V_A &= R_{AV} \\ &= 12 \text{ kN} \end{aligned}$$

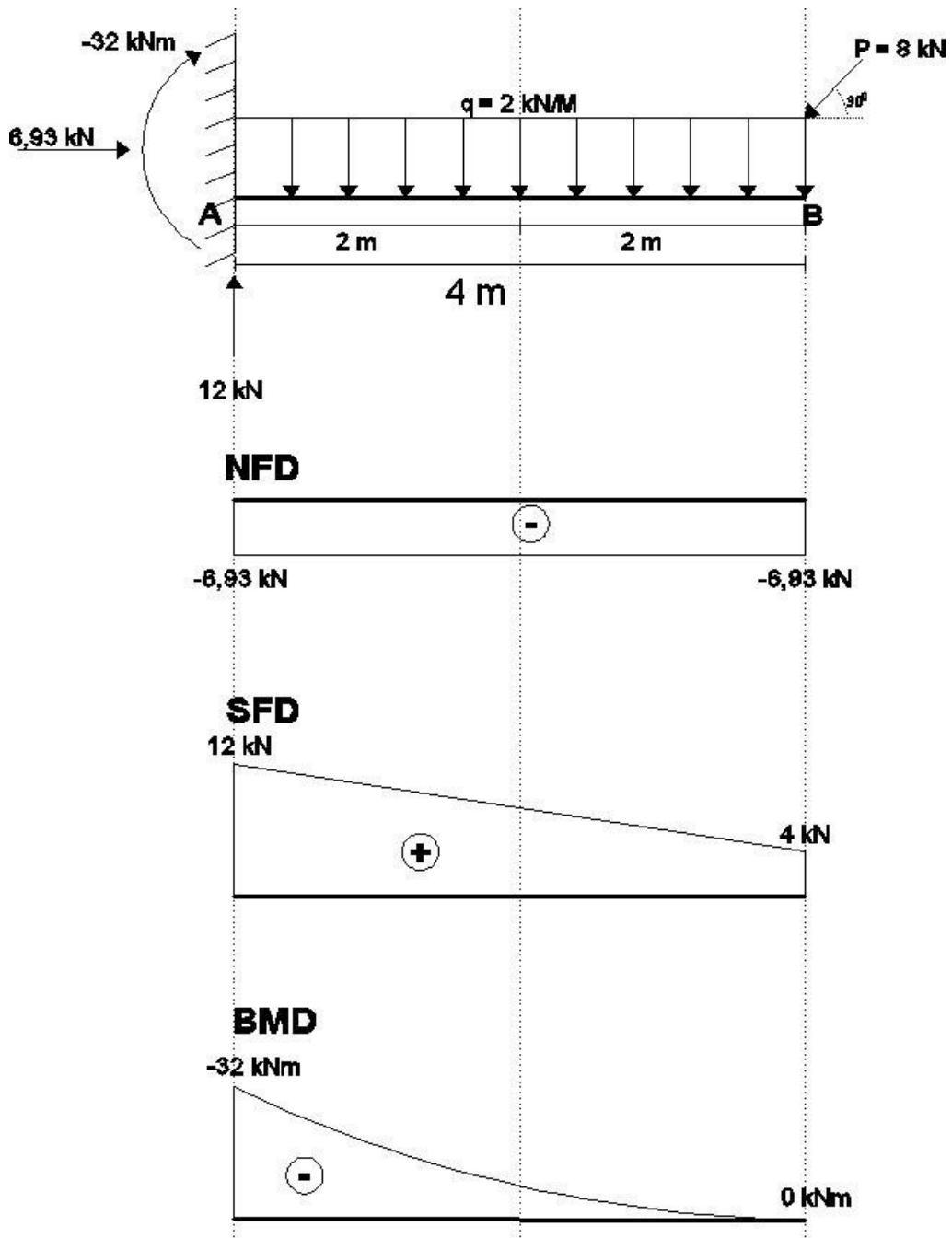
$$\begin{aligned} V_B &= V_A - R \\ &= 12 - 8 \\ &= 4 \text{ kN} \end{aligned}$$

c. BMD

$$\begin{aligned} M_A &= -[P_y \cdot (4) + R \cdot (\frac{1}{2} \cdot 4)] \\ &= -[4 \cdot (4) + 8 \cdot (2)] \\ &= -32 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_B &= M_A + R_{AV} \cdot (4) + R \cdot (\frac{1}{2} \cdot 4) \\ &= -32 + 12 \cdot (4) - 8 \cdot (2) \\ &= 0 \text{ kNm} \end{aligned}$$

6.2.3. Penggambaran Reaksi Perletakan dan Diagram Gaya Dalam



Gambar 6.3 Penggambaran Reaksi Perletakan dan Diagram Gaya Dalam

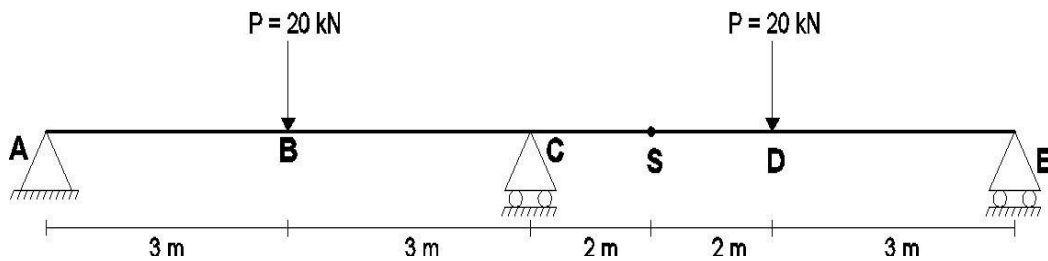
BAB VII. GERBER

7.1. Pendahuluan

Balok gerber merupakan konstruksi balok di atas beberapa tumpuan, yang merupakan gabungan konstruksi balok menggantung (*beam cantilever*) yang disambungkan dengan balok lain. Balok menggantung yang terlalu panjang akan menyebabkan terjadinya momen lentur yang terlalu besar, sehingga perlu ditambah dengan konstruksi balok lain. Hal ini menyebabkan konstruksi tersebut menjadi struktur statis tak tentu (lihat persamaan 1.4). Agar sifat konstruksi itu kembali menjadi statis tertentu maka digunakan sambungan sendi.

7.2. Perhitungan

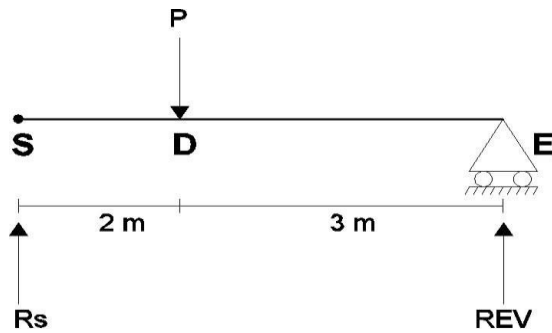
Diketahui sebuah balok gerber seperti gambar dibawah ini, tentukan reaksi perletakan dan gaya-gaya dalam yang bekerja dalam balok tersebut.



Gambar 7.1 Contoh soal balok gerber

7.2.1. Reaksi Perletakan

a. Tinjau batang S-E untuk mengetahui nilai R_{EV} dan V_S .



Gambar 7.2 Tinjauan batang S-E

$$\sum M_S = 0$$

$$R_{EV} \cdot (2 + 3) - P \cdot (2) = 0$$

$$R_{EV} \cdot (5) - 20 \cdot (2) = 0$$

$$R_{EV} \cdot (5) - 40 = 0$$

$$R_{EV} \cdot (5) = 40$$

$$R_{EV} = 8 \text{ kN}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$R_S \cdot (2 + 3) - P \cdot (3) = 0$$

$$R_S \cdot (5) - 20 \cdot (3) = 0$$

$$R_S \cdot (5) - 60 = 0$$

$$R_S \cdot (5) = 60$$

$$R_S = 12 \text{ kN}$$

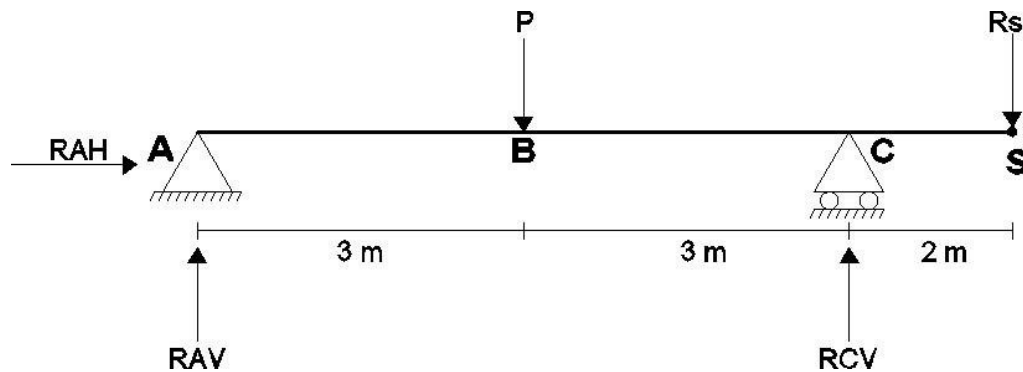
Kontrol batang S-E

$$\sum V = 0$$

$$R_{EV} + R_S - P = 0$$

$$8 + 12 - 20 = 0 \text{ ..(OK)}$$

- b. Tinjau batang A-C-S untuk mengetahui nilai RAV dan RCV.



Gambar 7.3 Tinjauan batang A-C-S

$$\sum M_C = 0$$

$$\sum M_A = 0$$

$$R_{AV} \cdot (3 + 3) - P \cdot (3) + R_S \cdot (2) = 0$$

$$P \cdot (3) - R_{CV} \cdot (3 + 3) + R_S \cdot (3 + 3 + 2) = 0$$

$$R_{AV} \cdot (6) - 20 \cdot (3) + 12 \cdot (2) = 0$$

$$20 \cdot (3) - R_{CV} \cdot (6) + 12 \cdot (8) = 0$$

$$R_{AV} \cdot (6) - 60 + 24 = 0$$

$$60 - R_{CV} \cdot (6) + 96 = 0$$

$$R_{AV} \cdot (6) = 36$$

$$-R_{CV} \cdot (6) = -156$$

$$R_{AV} = 6 \text{ kN}$$

$$R_{CV} = 26 \text{ kN}$$

Kontrol batang A-C-E

$$\sum H = 0$$

$$\sum V = 0$$

$$R_{AH} = 0$$

$$R_{AV} + R_{CV} + R_{EV} + P - P = 0$$

$$6 + 26 + 8 - 20 - 20 = 0 \dots(\text{OK})$$

7.2.2. Gaya-gaya dalam

- a. NFD

Anggapan arah NFD berlawanan arah dengan reaksi perletakan

$$N = -R_{AH}$$

$$= 0$$

(Tidak ada gaya aksial yang bekerja pada balok)

- b. SFD

$$V_A = R_{AV}$$

$$V_C = V_B + R_{CV}$$

$$= 6 \text{ kN}$$

$$= -14 + 26$$

$$V_B = V_A - P$$

$$= 12 \text{ kN}$$

$$= 6 - 20$$

$$= -14 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 V_D &= V_C - P \\
 &= 12 - 20 \\
 &= -8 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_E &= V_D + R_{EV} \\
 &= -8 + 8 \\
 &= 0 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

c. BMD

$$M_A = 0 \text{ kNm}$$

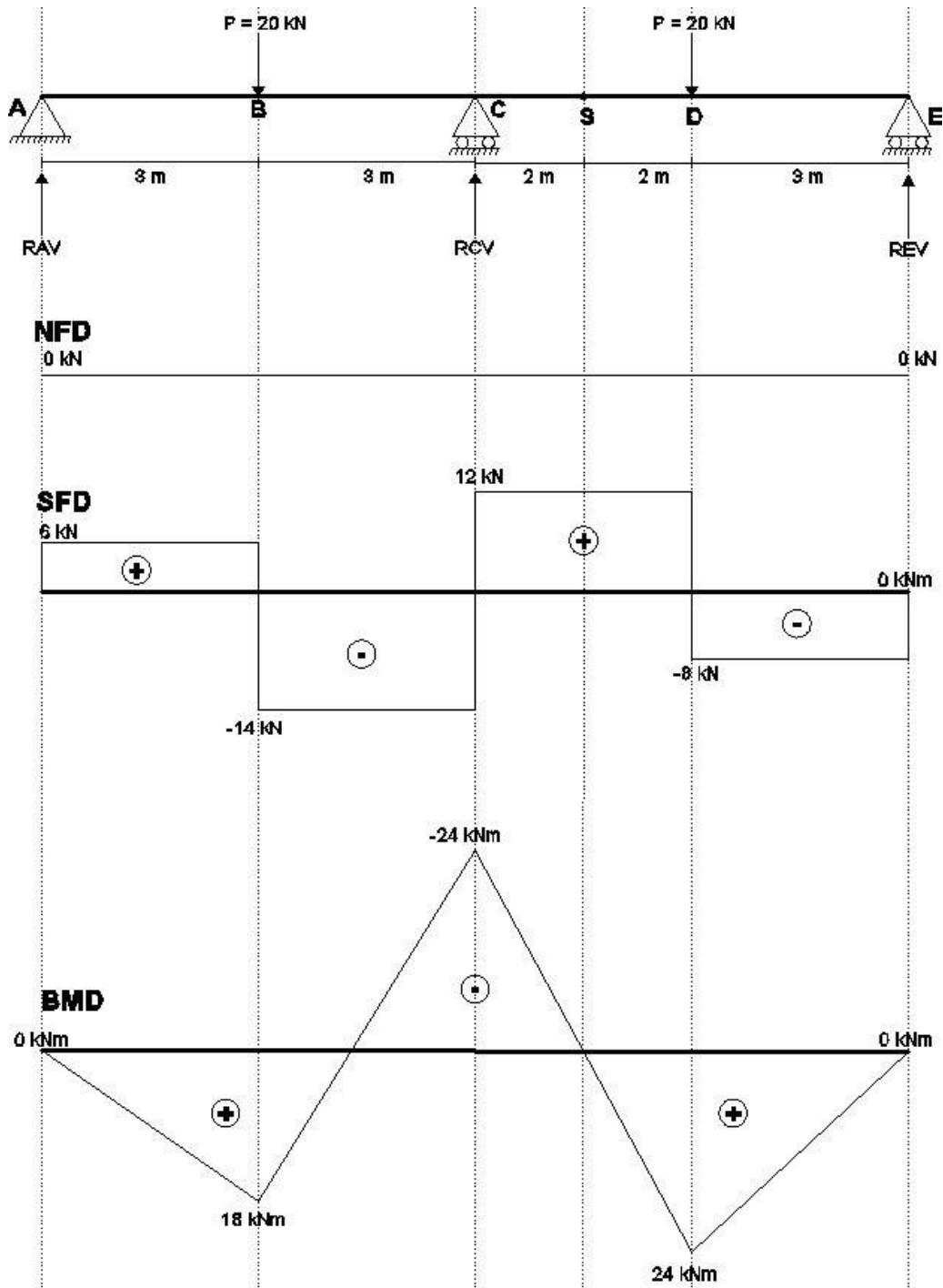
$$\begin{aligned}
 M_B &= R_{AV} \cdot (3) \\
 &= 6 \cdot (3) \\
 &= 18 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_C &= R_{AV} \cdot (3+3) - P \cdot (3) \\
 &= 6 \cdot (6) - 20 \cdot (3) \\
 &= -24 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_D &= R_{AV} \cdot (3+3+2+2) - P \cdot (3+2+2) \\
 &\quad + R_{CV} \cdot (2+2) \\
 &= 6 \cdot (10) - 20 \cdot (7) + 26 \cdot (4) \\
 &= 24 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_E &= R_{AV} \cdot (3+3+2+2+3) - \\
 &\quad P \cdot (3+2+2+3) + R_{CV} \cdot (2+2+3) \\
 &\quad - P \cdot (3) \\
 &= 6 \cdot (13) - 20 \cdot (10) + 26 \cdot (7) - \\
 &\quad 20 \cdot (3) \\
 &= 0 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

7.2.3. Penggambaran Reaksi Perletakan dan Diagram Gaya Dalam



Gambar 7.4 Penggambaran Reaksi Perletakan dan Diagram Gaya Dalam

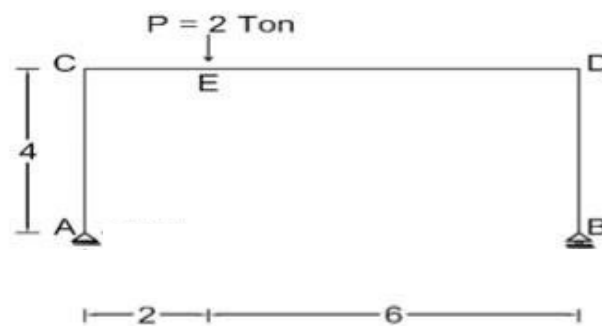
BAB VIII. PORTAL 2D

8.1. Pendahuluan

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan yang berfungsi menahan beban sebagai suatu kesatuan lengkap yang berdiri sendiri dengan atau tanpa dibantu oleh diafragma-diafragma horizontal atau sistem-sistem lantai. Bangunan portal banyak dijumpai sebagai konstruksi bangunan gudang, hangar dan jembatan.

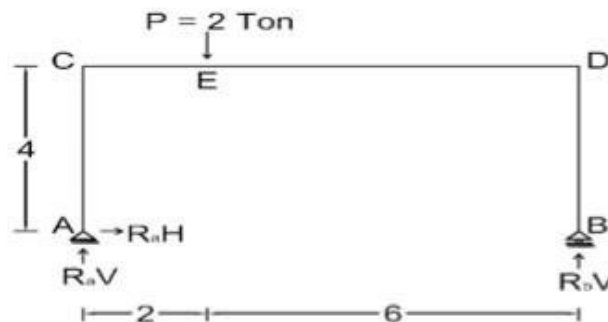
8.2. Perhitungan

Diketahui sebuah portal seperti gambar 7.1 di bawah ini, tentukan reaksi perletakan dan gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur tersebut.



Gambar 8.1 Contoh soal portal

Jika diuraikan gaya-gayanya, maka akan menjadi gambar di bawah ini.



Gambar 8.2 Uraian gaya-gaya dalam perhitungan

8.2.1. Reaksi Perletakan

$$\Sigma M_B = 0$$

$$8R_a - P \cdot 6 = 0$$

$$8R_a - 2 \cdot 6 = 0$$

$$R_a = \frac{12}{8} = 1,5 \text{ T}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$8R_b - P \cdot 2 = 0$$

$$8R_b - 2 \cdot 2 = 0$$

$$R_b = \frac{4}{8} = 0,5 \text{ T}$$

Kontrol

$$\Sigma M_V = 0$$

$$R_a + R_b - P = 0$$

$$1,5 + 0,5 - 2 = 0$$

8.2.2. Gaya-gaya dalam

a. NFD

Anggapan arah NFD berlawanan arah dengan reaksi perletakan

$$\begin{aligned} N_{AC} &= -R_{AV} \\ &= -1,5 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{BD} &= -R_{BV} \\ &= -0,5 \text{ T} \end{aligned}$$

(Balok tersebut mengalami tekan di seluruh bentang)

b. SFD

$$D_A = 0 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} D_C &= R_{AV} \\ &= 1,5 \text{ T} \end{aligned}$$

$$D_E = R_{AV} - P$$

$$= 1,5 - 2$$

$$= 0,5 \text{ T}$$

$$D_D = R_{AV} - P + R_{BV}$$

$$= 1,5 - 2 + 0,5$$

$$= 0 \text{ T}$$

c. BMD

$$M_A = 0 \text{ Tm}$$

$$M_C = 0 \text{ Tm}$$

$$M_E = R_{AV} \cdot 2$$

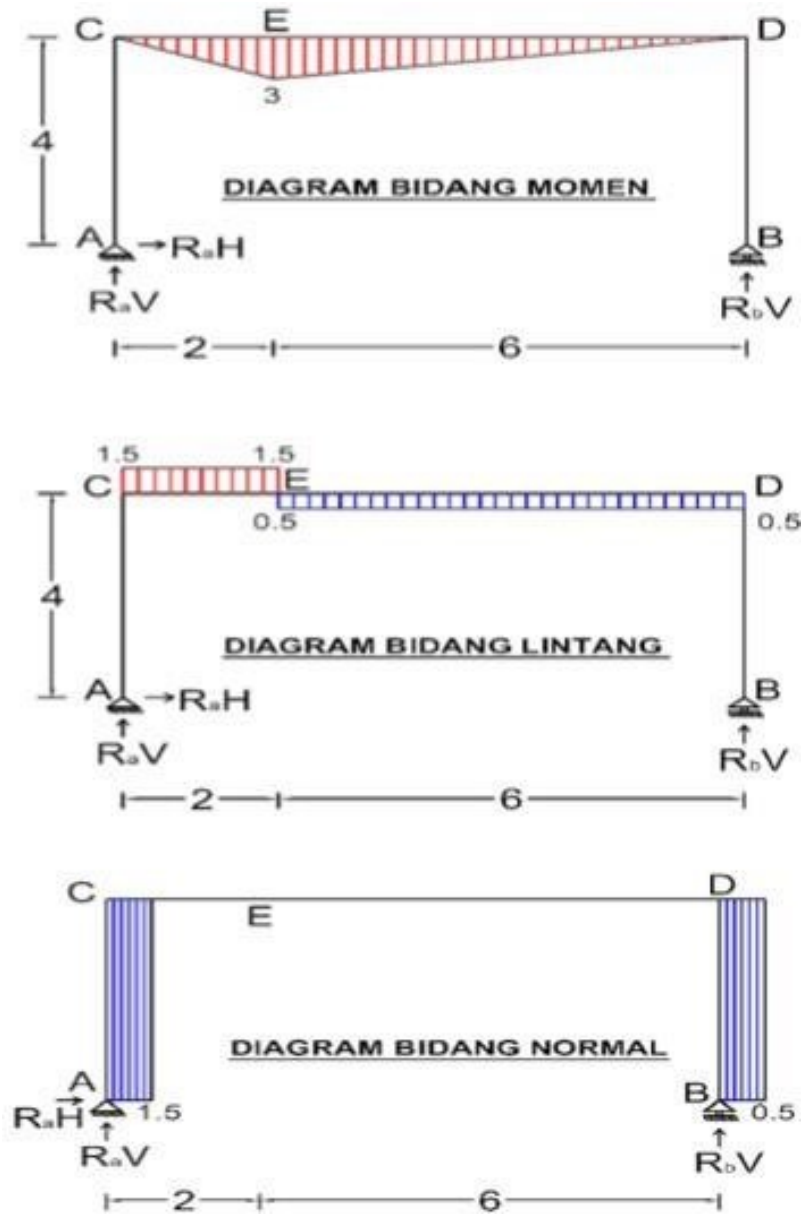
$$= 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ Tm}$$

$$M_D = R_{AV} \cdot 8 - P \cdot 6$$

$$= 1,5 \cdot 8 - 2 \cdot 6 = 0 \text{ Tm}$$

$$M_B = 0 \text{ Tm}$$

8.2.3. Penggambaran Reaksi Perletakan dan Diagram Gaya Dalam



Gambar 8.3 Penggambaran Reaksi Perletakan dan Diagram Gaya Dalam

BAB IX. RANGKA BATANG (*TRUSS*)

9.1. Pendahuluan

Dalam melakukan analisis suatu struktur rangka batang terlebih dahulu harus ditetapkan suatu aturan perjanjian tanda. Dalam struktur rangka batang, setiap batang diasumsikan hanya memikul gaya aksial, sehingga hanya dimungkinkan timbul gaya aksial tekan atau gaya aksial tarik. Arah gaya pada masing-masing batang digambarkan sebagai tanda panah yang berpusat pada suatu titik kumpul. Gaya aksial tarik digambarkan sebagai satu anak panah yang berarah keluar dari titik kumpul (meninggalkan *joint*) dan diberi tanda positif (+), sedangkan gaya aksial tekan digambarkan sebagai satu anak panah yang berarah masuk ke dalam titik kumpul (menuju *joint*) dan diberi tanda negatif (-).

Selanjutnya untuk menentukan besaran gaya batang harus dilakukan analisis struktur, ada beberapa metode analisis struktur yang sering digunakan. Tiap metode dapat digunakan tergantung keperluan atau tujuan analisisnya. Dalam modul ini akan dibahas mengenai Metode Titik Kumpul (*Method of Joints*) dan Metode *Cremona*. Kemudian dari kedua metode tersebut nantinya akan dibandingkan dengan hasil dari pemodelan menggunakan program SAP2000.

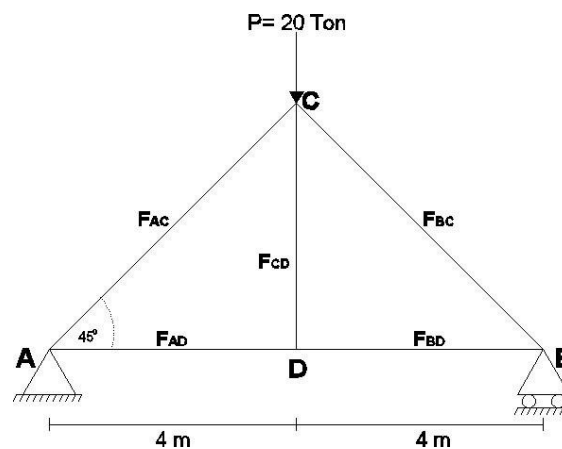
9.2. Metode Titik Kumpul (*Method of Joints*)

Metode ini merupakan metode dasar yang dapat digunakan untuk menganalisis suatu struktur rangka batang. Apabila diperlukan untuk mengetahui seluruh nilai gaya batang, maka dapat digunakan metode *joint* ini. Metode ini dilakukan dengan cara meninjau syarat kesetimbangan gaya di setiap titik kumpul, menggunakan persamaan $H = 0$ dan $V = 0$. Pada titik kumpul (*joint*) yang ditinjau, dapat digambarkan semua gaya batang yang ada beserta gaya-gaya luar yang bekerja pada *joint* tersebut, termasuk reaksi tumpuan bila ada. Sebagai asumsi awal, semua gaya batang yang digambarkan pada tiap *joint* dapat digambar sebagai suatu gaya tarik (meninggalkan *joint*). Jika pada saat analisis diperoleh hasil negatif, berarti arah gaya tersebut berlawanan dengan arah gaya asumsi awal.

Langkah pertama untuk melakukan metode ini adalah dengan menghitung reaksi perletakan terlebih dahulu. Selanjutnya perhitungan gaya batang dengan metode ini dapat dimulai pada *joint* yang hanya memiliki maksimum dua buah batang yang tidak diketahui dan diasumsikan meninggalkan *joint* (diasumsikan tarik). Biasanya dapat dimulai pada titik tumpuan. Analisis dapat dilanjutkan pada tiap *joint*, hingga seluruh gaya batang dapat dihitung besarnya.

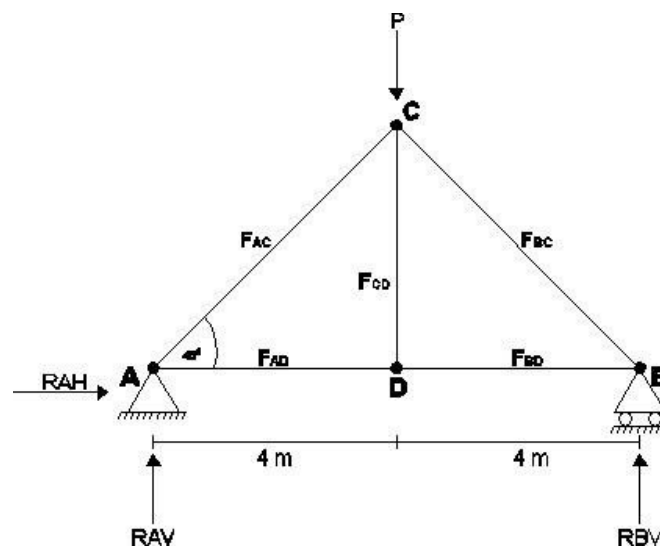
9.2.1. Perhitungan

Diketahui sebuah stuktur rangka atap seperti gambar dibawah ini, hitunglah reaksi perletakan dan gaya dalam yang bekerja pada struktur tersebut.



Gambar 9.1 Contoh soal rangka batang

Jika diuraikan gaya-gayanya, maka akan menjadi gambar dibawah ini.



Gambar 9.2 Reaksi perletakan

$$\sum M_B = 0$$

$$R_{AV} \cdot (6) - P \cdot (3) = 0$$

$$R_{AV} \cdot (6) - 20 \cdot (3) = 0$$

$$R_{AV} \cdot (6) = 60$$

$$R_{AV} = 10 \text{ Ton}$$

Kontrol

$$\sum V = 0$$

$$R_{AV} + R_{BV} - P = 0$$

$$10 + 10 - 20 = 0 \text{ ..(OK)}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-R_{BV} \cdot (6) + P \cdot (3) = 0$$

$$-R_{BV} \cdot (6) + 20 \cdot (3) = 0$$

$$-R_{BV} \cdot (6) = -60$$

$$R_{BV} = 10 \text{ Ton}$$

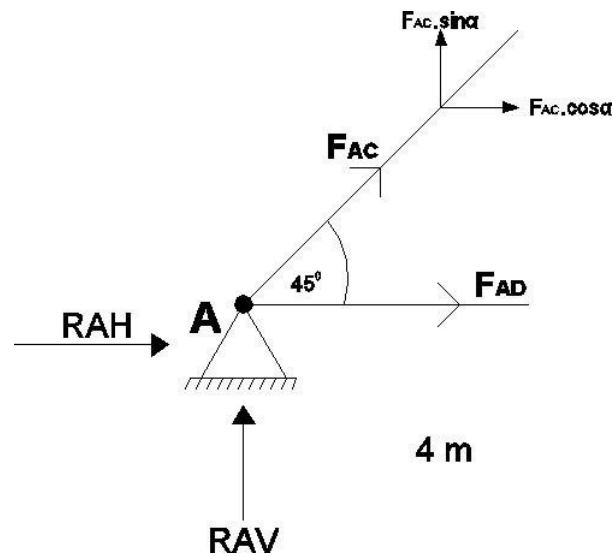
$$\sum H = 0$$

$$R_{AH} = 0$$

9.2.2. Tinjauan gaya batang pada tiap joint

a. Joint A

$$\sum V = 0$$



Gambar 9.3 Tinjauan di titik A

$$\sum H = 0$$

$$F_{AD} + F_{AC} \cdot \cos \alpha = 0$$

$$F_{AD} = -F_{AC} \cdot \cos(45)$$

$$F_{AD} = -14,14 \cdot \cos(45)$$

$$F_{AD} = 10 \text{ Ton (Tarik)}$$

$$R_{AV} + F_{AC} \cdot \sin \alpha = 0$$

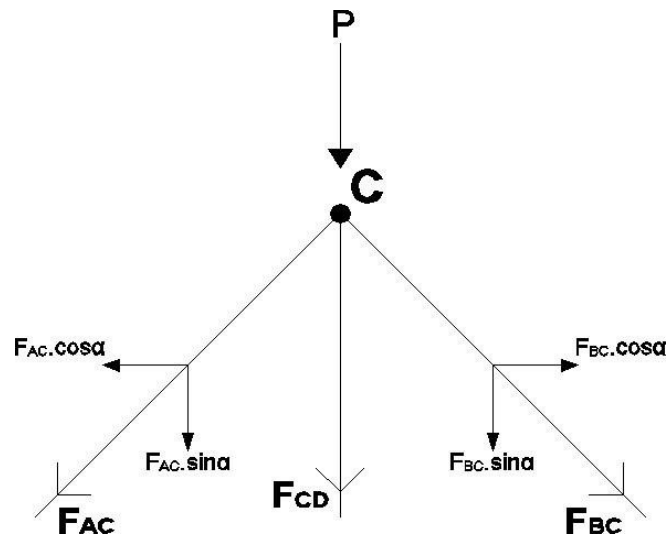
$$F_{AC} \cdot \sin \alpha = -R_{AV}$$

$$F_{AC} = \frac{-R_{AV}}{\sin \alpha}$$

$$F_{AC} = \frac{-10}{\sin 45} = -14,14 \text{ Ton (Tekan)}$$

Jika diperoleh nilai negatif, berarti arah gaya berlawanan dengan arah asumsi awal.

b. Joint C



Gambar 9.4 Tinjauan di titik C

$$\sum H = 0$$

$$-F_{AC} \cdot c \alpha + F_{BC} \cdot c \alpha = 0$$

$$F_{BC} \cdot c \alpha = F_{AC} \cdot c \alpha$$

$$F_{BC} = F_{AC}$$

$$F_{BC} = -14,14 \text{ Ton (Tekan)}$$

$$\sum V = 0$$

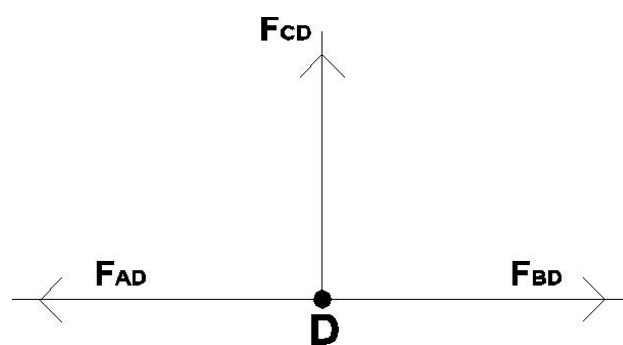
$$-F_{AC} \cdot \alpha - F_{BC} \cdot \alpha - P - F_{CD} = 0$$

$$F_{CD} = -(-14,14 \cdot \sin(45)) - (-14,14 \cdot \sin(45)) - 20$$

$$F_{CD} = -(-10) - (-10) - 20$$

$$F_{CD} = 0 \text{ Ton}$$

c. Joint D



Gambar 9.5 Tinjauan di titik

$$\sum H = 0$$

$$-F_{AD} + F_{BD} = 0$$

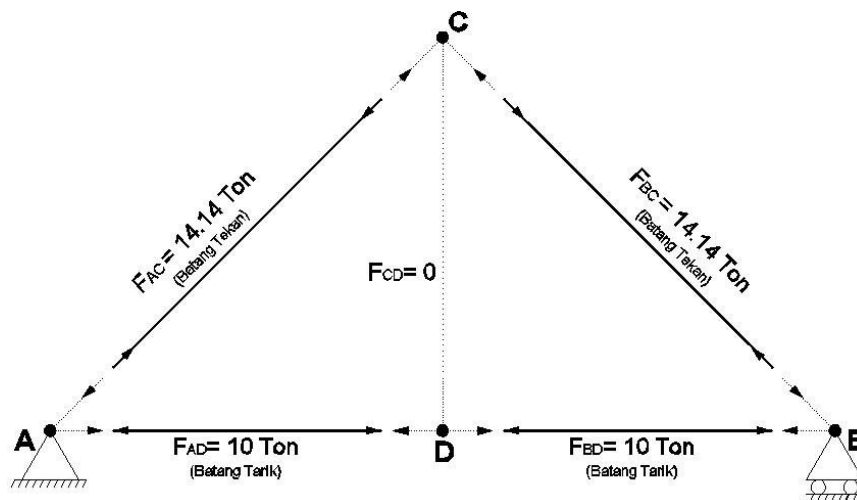
$$F_{BD} = F_{AD}$$

$$F_{BD} = 10 \text{ Ton (Tarik)}$$

9.2.3. Kesimpulan metode *joint*

Tabel 9.1 Gaya batang menggunakan metode *joint*

Batang	Gaya (Ton)	Keterangan
AC	-14,14	Tekan
AD	10	Tarik
CD	0	-
BD	10	Tarik
BC	-14,14	Tekan



Gambar 9.6 Gaya Aksial yang dialami batang

9.2.4. Perbandingan Gaya Batang dari Metode *Joint* dengan Program *SAP2000*

Tabel 9.2 Perbandingan Gaya Batang

Batang	Metode <i>Joint</i>	Program <i>SAP2000</i>	
		Gaya (Ton)	Error*)
AC	-14,14	-14,14	0 %
AD	10	10	0 %
CD	0	0	0 %
BD	10	10	0 %
BC	-14,14	-14,14	0 %

*)persentase ketidak tepatan terhadap nilai gaya dari metode *joint*

9.3. Metode Cremona

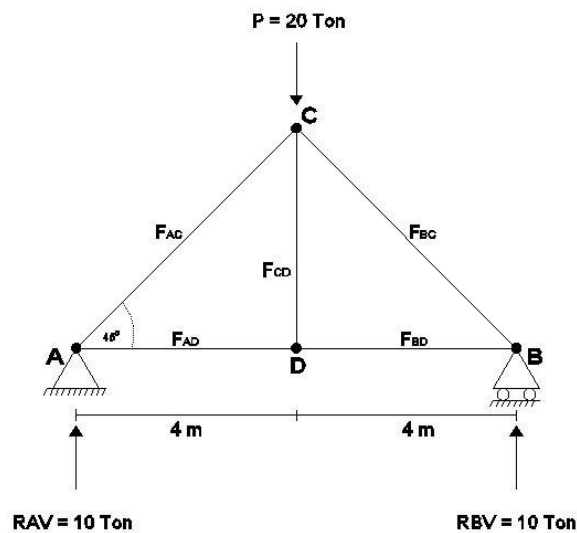
Metode *Cremona* adalah metode penyelesaian gaya-gaya batang dengan cara grafis. Pemahaman konsep tentang perhitungan dengan metode ini perlu dikuasai. Prinsip dalam perhitungan Metode *Cremona* yaitu sebagai berikut

Langkah-langkah:

1. hitung terlebih dahulu reaksi-reaksi tumpuan
2. skala perlu diperhatikan sebelum memulai penggambaran.
3. pada setiap titik buhul maksimum hanya ada 2 gaya yang belum diketahui, biasanya penggambaran gaya batang dimulai dari titik tumpuan (perletakan).
4. penggambaran gaya batang diurutkan searah jarum jam.
5. besarnya gaya batang berprinsip bahwa resultan seluruh gaya luar dan gaya dalam sama dengan 0.
6. penggambaran arah gaya batang harus sejajar batang yang dihitung gayanya.
7. gaya yang arahnya **meninggalkan** titik buhul adalah **batang tarik**, sedangkan gaya yang arahnya **menuju** titik buhul adalah **batang tekan**.
8. penggambaran gaya harus membentuk sebuah polygon tertutup yang membentuk sebuah siklus, dan
9. besarnya gaya tiap batang dibuatkan dalam tabel dan kemudian perhitungan tersebut disimpulkan.

9.3.1. Perhitungan

Langkah pertama sama seperti metode *joint* yaitu terlebih dahulu dicari reaksi perletakkannya, sehingga didapat nilai R_{AV} dan R_{BV} sebesar 10 Ton seperti gambar di bawah ini.



Gambar 9.7 Nilai reaksi perletakan

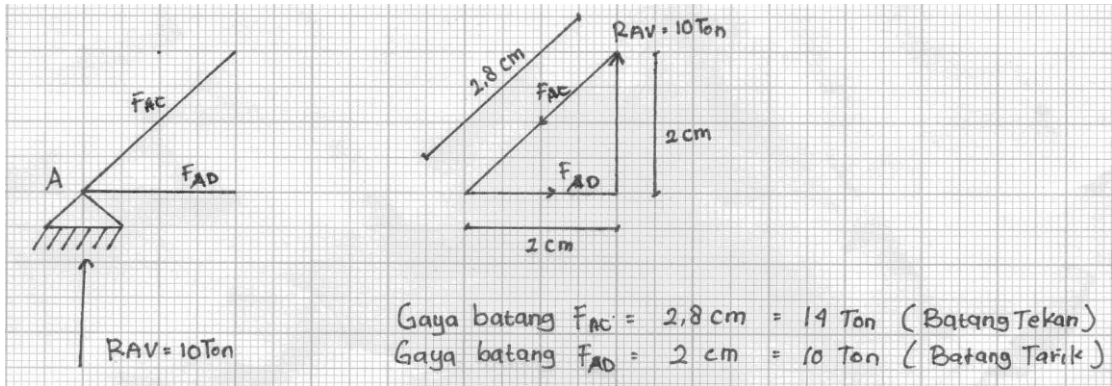
Selanjutnya membuat daftar kontruksi gaya batang yang ada pada titik buhul untuk mengetahui gaya batang yang sudah diketahui dan yang akan dicari nilai gayanya.

Buatlah tabel seperti Tabel 8.3 di bawah ini, tanda kurung pada kolom gaya adalah gaya yang sudah diketahui nilainya sedangkan yang tidak dikurung adalah gaya yang akan dicari nilainya. Sepakati juga tentang arah penggambaran gayanya, pada praktikum ini penggambaran gayanya searah jarum jam.

Tabel 9.3 Daftar kontruksi gaya batang

Titik Buhul	Gaya
A	(R_{AV}) , F_{AC} , F_{AD}
D	(F_{AD}) , F_{BD} , F_{CD}
C	(F_{AC}) , (F_{CD}) , F_{BC}
B	(F_{BD}) , (F_{BC}) , (R_{BV})

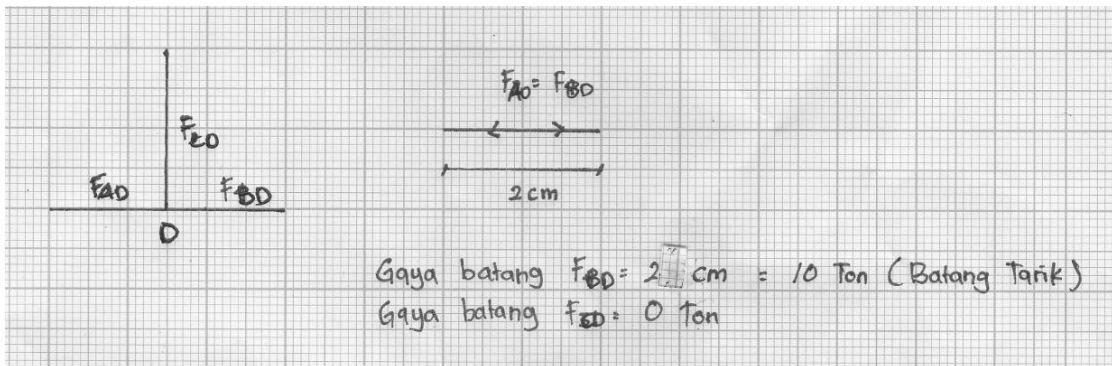
Titik A



Skala jarak 1 : 100 cm, skala gaya 1 : 5000 kg

Gambar 9.8 Gaya batang pada titik A

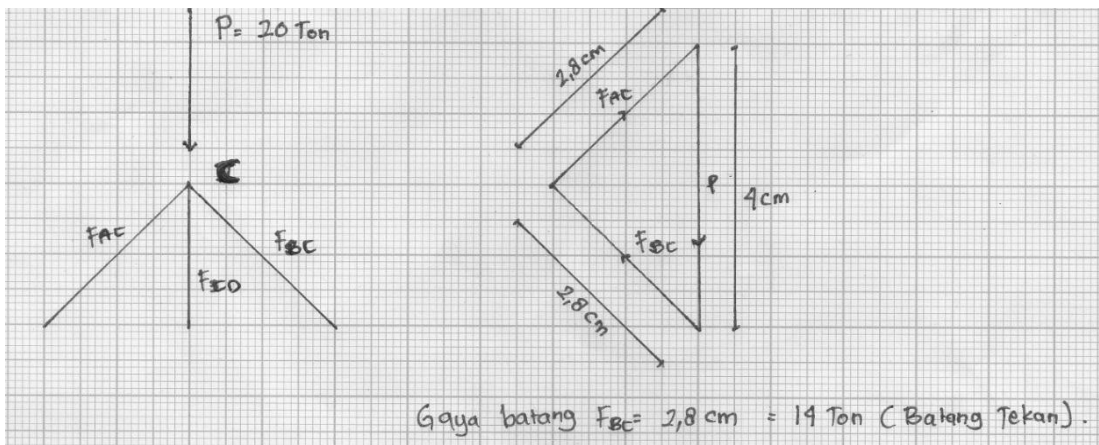
Titik D



Skala jarak 1 : 100 cm, skala gaya 1 : 5000 kg

Gambar 9.9 Gaya batang pada titik D

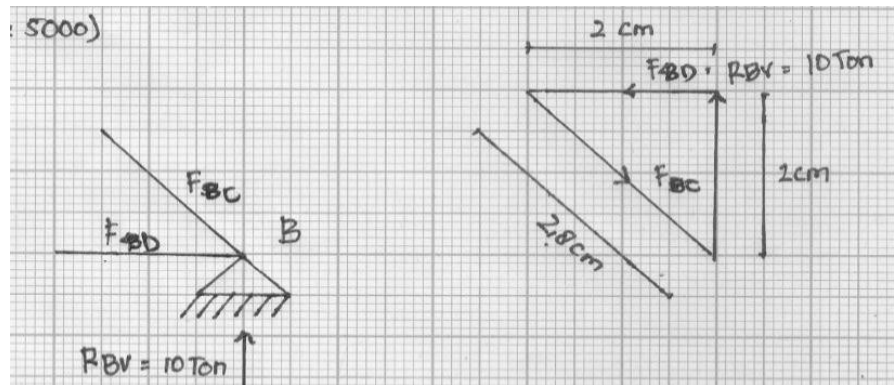
Titik C



Skala jarak 1 : 100 cm, skala gaya 1 : 5000 kg

Gambar 9.10 Gaya batang pada titik C

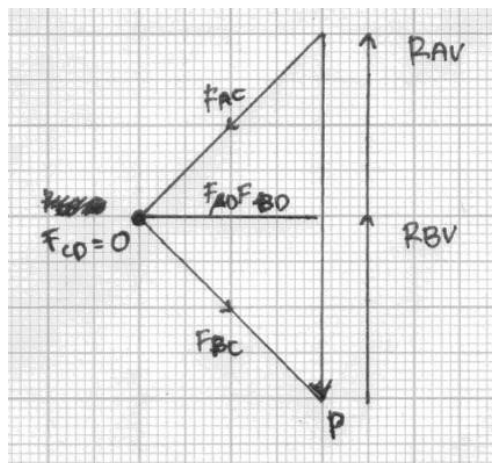
Titik B



Skala jarak 1 : 100 cm, skala gaya 1 : 5000 kg

Gambar 9.11 Gaya batang pada titik B

Gabungan dari semua gaya



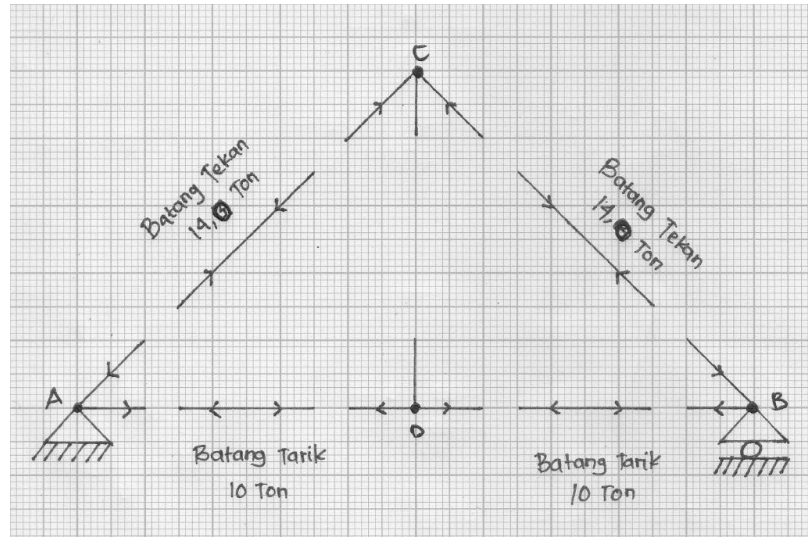
Skala jarak 1 : 100 cm, skala gaya 1 : 5000 kg

Gambar 9.12 Gabungan gaya batang

9.3.2. Kesimpulan Metode Cremona

Tabel 9.4 Gaya batang menggunakan metode *cremona*

Batang	Panjang (cm)	Skala	Gaya (Ton)	Keterangan
AC	2,8	1 : 5000 kg	14	Tekan
AD	2	1 : 5000 kg	10	Tarik
CD	0	1 : 5000 kg	0	-
BD	2	1 : 5000 kg	10	Tarik
BC	2	1 : 5000 kg	14	Tekan



(Skala jarak 1 : 100 cm, skala gaya 1 : 5000 kg)

Gambar 9.13 Gaya Aksial yang dialami batang

9.3.3. Perbandingan Gaya Batang dari Tiga Metode

Tabel 9.5 Perbandingan Gaya Batang dari Tiga Metode

Batang	Metode <i>Joint</i>	Metode <i>Cremona</i>		Program SAP2000	
		Gaya (Ton)	<i>Error</i> *)	Gaya (Ton)	<i>Error</i> *)
AC	-14,14	-14	1 %	-14,14	0 %
AD	10	10	0 %	10	0 %
CD	0	0	0 %	0	0 %
BD	10	10	0 %	10	0 %
BC	-14,14	-14	1 %	-14,14	0 %

*)persentase ketidak tepatan terhadap nilai gaya dari metode *joint*

9.4. Metode Potongan (*Method of Ritter*)

Pada metode ini, penentuan besarnya gaya-gaya batang dilakukan dengan menganalisis potongan yang dibuat oleh garis fiktif yang memotong maksimum 3 batang yang belum diketahui gaya batangnya.

Langkah-langkah:

1. hitunglah reaksi peletakan dengan menganggap rangka batang sebagai balok sederhana di atas dua peletakan.
2. buatlah garis potongan fiktif dengan pertimbangan garis tersebut hanya memotong batang maksimum 3 batang yang belum diketahui gaya batangnya.
3. peninjauan potongan hanya pada salah satu bagian atau sisi saja (*freebody kiri atau freebody kanan*), karena peninjauan freebody kiri maupun freebody kanan akan menghasilkan besar gaya dan arah gaya yang sama.
4. seluruh gaya batang yang dicari, gaya-gaya luar (beban) dan reaksi peletakan harus diperhitungkan, demikian pula jarak joint dari batang yang terpotong harus tergambar.
5. gaya batang yang belum diketahui selalu diumpamakan sebagai gaya tarik / positif (+) terlebih dahulu. Bila hasil perhitungannya memberikan hasil negatif (-), maka arah gaya batang dapat dibalik tetapi nilainya berubah menjadi positif.
6. menentukan besarnya gaya batang dengan menghitung jumlah momen pada suatu titik tertentu (akibat reaksi, beban luar dan gaya batang pada irisan yang ditinjau) harus sama dengan nol $\rightarrow \sum M = 0$
7. buatlah potongan-potongan yang lainnya sehingga semua gaya batang dapat ditentukan.

Beberapa catatan penting tentang cara Ritter :

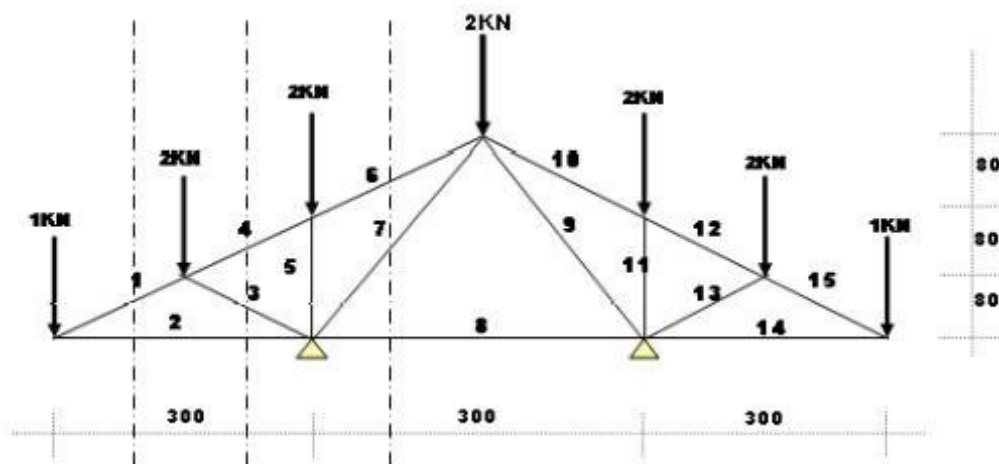
1. Metode Ritter dapat dikombinasikan dengan metode Keseimbangan Titik, dalam arti setelah mencari beberapa gaya batang dengan menggunakan cara Ritter dapat dilanjutkan mencari gaya batang lainnya dengan menggunakan cara keseimbangan titik, atau sebaliknya.
2. Gaya-gaya batang yang terpotong bersama-sama dengan reaksi-reaksi peletakan dan beban-beban yang bekerja harus membentuk keseimbangan.
3. Gaya-gaya batang yang terpotong mewakili beban-beban luar dan reaksi- reaksi tumpuan dari bagian potongan yang tidak ditinjau.

4. Setiap freebody yang ditinjau dapat dikontrol keseimbangannya, sehingga gaya batang yang diperoleh dapat lebih diyakini kebenarannya dibandingkan dengan metode Keseimbangan Titik.
5. Garis fiktif dapat memotong jumlah batang lebih dari tiga buah asalkan gaya batang yang belum diketahui paling banyak tiga buah.
6. Perhitungan gaya-gaya batang yang lainnya harus dilakukan potongan melalui gaya-gaya batang yang dicari.

Contoh:

Berikut ini contoh dari rangka batang (contoh pertama) yang telah dihitung reaksi peletakannya. Perhatikan rangka batang tersebut ! Garis fiktif x-y memotong maksimum 3 batang yang tidak diketahui gaya batangnya, yaitu S_1 , S_3 , dan S_7 . Kemudian dilakukan pemisahan potongan pada garis fiktif tersebut, yaitu freebody kiri dan freebody kanan.

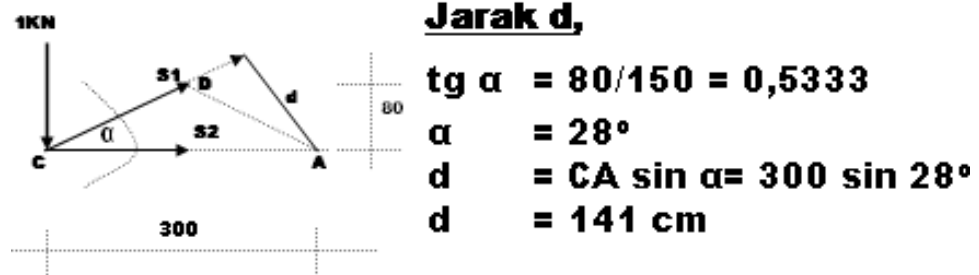
9.4.1. Perhitungan



Gambar 9.14 Gaya Aksial yang dialami batang

Karena konstruksi dan bebannya simetris maka besar RA dan RB sama yaitu sama dengan setengah dari jumlah bebannya

POTONGAN A – A



$$\sum MD = 0$$

$$(-1)(150) - S_2(80) = 0; \quad S_2 = \frac{150}{80} = -1,875 \text{ kN}$$

(batang 2 tekan)

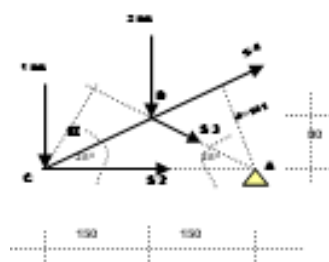
Gambar 9.15 Penyelesaian Potongan A-A

$$\sum MA = 0$$

$$(-1)(300) + S_1 \cdot d = 0; \quad S_1 = \frac{300}{141} = 2,13 \text{ kN}$$

(batang 1 tarik)

POTONGAN B – B



$$\sum M_A = 0$$

$$(-1)(300) + S_4 \cdot d - (2)(150) = 0$$

$$S_4 = \frac{300+300}{141} = 4,25 \text{ kN}$$

(batang 4 tarik)

$$\sum MC = 0$$

$$(2)(150) + S_3 \cdot d = 0; \quad S_3 = \frac{-300}{141} = -2,13 \text{ kN}$$

(batang 3 tekan)

Gambar 9.16 Penyelesaian Potongan B-B

$$S_8 = \frac{1350 - 900}{-240} = -\frac{450}{240} = -1,875 \text{ kN} \quad (\text{batang 8 tekan})$$

$$\sum MA = 0$$

$$(-1)(300) - (2)(150) + S_6(141) = 0$$

$$S_6(141) = 300 + 300 ;$$

$$S_6 = \frac{600}{141} = 4,25 \text{ kN}$$

(batang 6 tarik)

$$\sum ME = 0;$$

$$(-1)(300) - (2)(150) - S_8(160) - S_7(85) = 0$$

$$S_7(85) = -300 - 300 - (-1,875)(160)$$

$$S_7 = \frac{-600 + 300}{85} = \frac{-300}{85} = -3,53 \text{ kN}$$

(batang 7 tekan)

Gambar 9.17 Penyelesaian Potongan

POTONGAN C - C

$\delta = \gamma - \beta = 62^\circ - 32^\circ = 30^\circ$
 $e = EF \sin 30^\circ = 170 \sin 30$
 $e = 85$

Jarak e,

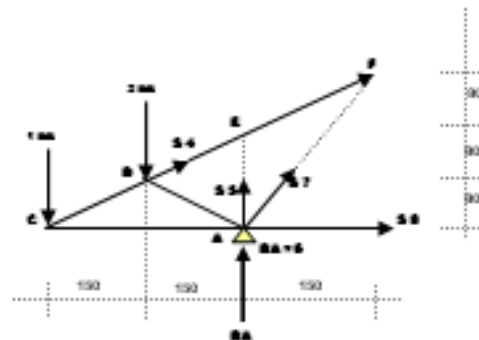
$EF = \sqrt{80^2 + 150^2} = 170 \text{ cm}$
 $\gamma = 180^\circ - 90^\circ = 62^\circ$
 $\text{tg } \beta = \frac{150}{240} = 0,625$
 $\beta = 32^\circ$

$\sum MF = 0$

$(-1).(450) - (2).(300) - (2).(150) + RA(150) - S_8(240) = 0$
 $- S_8(240) = 450 + 600 + 300 - 6(150)$

Gambar 9.18 Penyelesaian Potongan C-C

POTOGAN D - D



$$\sum M_F = 0$$

$$(-1)(450) - (2)(300) + (6)(150) - (S_5)(240) + S_5(150) = 0$$

$$S_5(150) = 450 + 600 - 900 - 450$$

$$S_5 = \frac{-300}{150} = -2,00 \text{ kN}$$

(batang 5 tekan)

NOMOR BATANG	GAYA BATANG	
	TARIK	TEKAN
1 = 15	2,13	
2 = 14		1,875
3 = 13		2,130
4 = 13	4,25	
5 = 11		2,000
6 = 10	4,25	
7 = 9		3,530
8		1,875

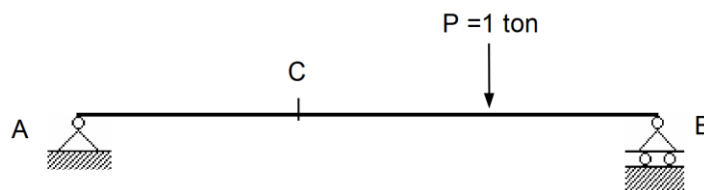
BAB X. GARIS PENGARUH

10.1. Pendahuluan

Garis pengaruh merupakan grafik yang menunjukkan besarnya pengaruh dari suatu satuan beban untuk setiap perubahan kedudukan. Konstruksi pada umumnya dan jembatan pada khususnya mendukung beban yang bergerak. Kedudukan beban tersebut selalu berubah-ubah, sehingga pengaruhnya pada setiap tampang konstruksi akan selalu berubah-ubah pula. Maka perlu diketahui posisi yang bagaimana yang akan menimbulkan maksimum. Untuk keperluan ini kita mempergunakan GARIS PENGARUH.

10.2. Perhitungan

Diketahui konstruksi jembatan dilalui oleh beban bergerak P maka pada suatu titik tertentu (misal titik C) pada gelagar memanjang akan terdapat gaya-gaya dalam seperti gaya lintang dan momen yang berubah besarnya sesuai dengan letak beban bergerak pada saat itu, lihat gambar 9.1 berikut.



Gambar 10.1 Contoh soal garis pengaruh

Untuk mengetahui berapa sebenarnya besar gaya lintang maksimum dan momen maksimum yang mungkin terjadi pada titik C apabila dilalui oleh beban bergerak P , maka diperlukan suatu diagram yang disebut Garis Pengaruh. Untuk menggambarkan diagram ini digunakan beban bergerak terpusat tunggal dengan nilai $P = 1$ ton, yang diletakkan pada beberapa titik secara bergantian seperti berikut. diuraikan gaya-gayanya, maka akan menjadi gambar dibawah ini.

10.2.1. Garis pengaruh R_A .

$P = 1$ t berada di A ,

$$R_A = + P = + 1 \text{ (ton)}$$

$P = 1$ t berada di C,

$$\Sigma MB = 0$$

$$RA = + P \cdot (L-a)/L = + 1 \cdot (L-a)/L \text{ (ton)}$$

$P = 1$ t berada di B,

$$RA = 0 \text{ (ton) NFD}$$

10.2.2. Garis pengaruh RB

$P = 1$ t berada di A,

$$RB = 0 \text{ (ton)}$$

$P = 1$ t berada di C,

$$\Sigma MA = 0$$

$$RB = + P \cdot a/L = + 1 \cdot a/L \text{ (ton)}$$

$P = 1$ t berada di B,

$$RB = + P = + 1 \text{ (ton)}$$

10.2.3. Garis pengaruh gaya lintang pada titik C

$P = 1$ t berada di A, $Ra = + P = + 1$ t, $Dc = Ra - P = 0$

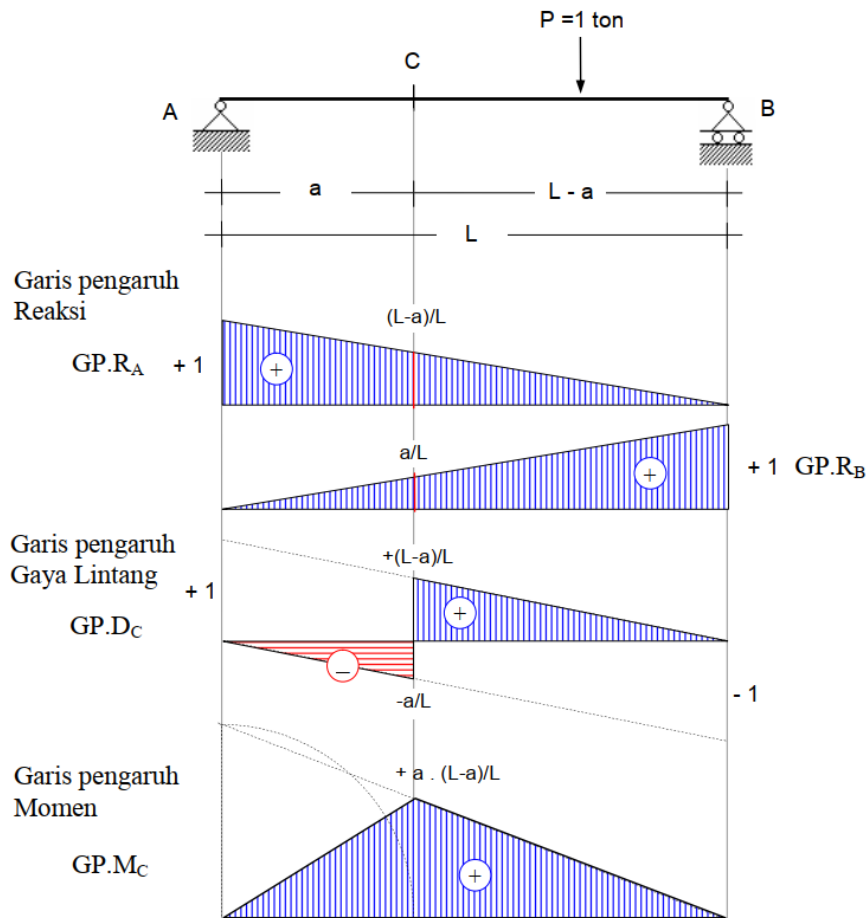
$P = 1$ t berada di C (P belum melewati C),

$$\Sigma MB = 0$$

$$RA = + P \cdot (L-a)/L = + (L-a)/L \text{ (ton)}$$

$$Dc = RA - P = P \cdot (L-a)/L - P = P \cdot (L-a)/L - P \cdot L/L = - P \cdot a/L$$

$$Dc = - a/L \text{ (ton)}$$



$P = 1 \text{ t}$ berada di C (P sudah melewati C),

$$\Sigma MB = 0$$

$$R_A = + P \cdot (L-a)/L = + (L-a)/L \text{ (ton)}$$

$$D_c = + R_A = + P \cdot (L-a)/L = + (L-a)/L \text{ (ton)}$$

10.2.4. Garis pengaruh momen pada titik C

$P = 1 \text{ t}$ berada di C,

$$\Sigma MB = 0$$

$$R_a = + P \cdot (L-a)/L = + (L-a)/L \text{ (ton)}$$

$$M_c = R_A \cdot a = P \cdot (L-a)/L \cdot a = a \cdot (L-a)/L \text{ (t.m.)}$$

DAFTAR PUSTAKA

- Frick, Heinz. 1978. *Mekanika Teknik I dan Kegunaannya*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Megson, T. H. G. 2019. *Structural and Stress Analysis – 4th Edition*. Britain: Elsevier.
- Permana, Pendi. 2012. *Mengenal Sistem Koordinat Pada Program SAP2000*. <http://fendypernama.blogspot.com/2012/05/mengenal-sistem-koordinat-pada-program.html>. diakses tanggal 1 Januari 2020 pukul 9.40 WIB
- Satyarno, Iman, dkk. 2012. *Belajar SAP2000 Seri 1*. Yogyakarta: Zamil Publishing.
- Setiawan, Agus. 2015. *Analisis Struktur*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- SNI 1727:2020. 2020. *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standarsasi Nasional.



MODUL PRAKTIKUM
STATIKA

TIM PENYUSUN MODUL STATIKA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA



JL. BRAWIJAYA, GEBLAGAN, TAMANTIRTO, KEC. KASIHAN,
KAB. BANTUL, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA 55183



(0274)387649 EXT. 199 & 200 (HUNTING)

