

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202430983, 16 April 2024

Pencipta

Nama : **Margaretha Yuneta, Muhammad Abi Berkah Nadi dkk**
Alamat : Jn. Diponegoro, RT 018/ RW 005, Kelurahan Wolomarang, Alok Barat, Sikka, Nusa Tenggara Timur, 86114
Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Margaretha Yuneta, Muhammad Abi Berkah Nadi dkk**
Alamat : Jn. Diponegoro, RT 018/ RW 005, Kelurahan Wolomarang, Alok Barat, Sikka, Nusa Tenggara Timur, 86114

Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Buku**

Judul Ciptaan : **ILMU DASAR TEKNIK SIPIL: MEKANIKA REKAYASA**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali : 6 April 2024, di Padang
di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.

Nomor pencatatan : 000606339

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

u.b

Direktur Hak Cipta dan Desain Industri

Anggoro Dasananto
NIP. 196412081991031002

LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	Margaretha Yuneta	Jn. Diponegoro, RT 018/ RW 005, Kelurahan Wolomarang, Alok Barat, Sikka
2	Muhammad Abi Berkah Nadi	Jalan Griya Sejahtera No. 2 , Langkapura, Bandar Lampung
3	Rusmawati	Dusun Laba, Desa Rossoan, Enrekang, Enrekang
4	Erniati Bachtiar	Perumahan Griya Pondok Mandiri Blok B No.7, Maros , Turikale, Maros
5	Teddy Irawan	Perum Griya Sejahtera Blok S.17 RT 087 RW 007 Kelurahan Sukajaya, Sukarami, Palembang
6	Rahma Nindya Ayu Hapsari	Perum Intan Sambiroto. Jl Berlian 1 No 270 A. Mangunharjo. , Tembalang, Semarang
7	Adnan	Jln. Jend. Sudirman No. 227 Parepare Sulsel, Ujung, Parepare
8	Nurlita Pertiwi	Jalan A.P.Petta Rani 3 No. 19D, Panakkukang, Makassar
9	Irma Aswani Ahmad	Jl Rutan No 1 , Rappocini, Makassar
10	Nedra Neswita	Jl. Sultan Gang Mulia No.16, Rengat, Indragiri Hulu
11	Sri Agustin	Jl. D.I Panjaitan Kelurahan Sekip Hilir RT 008 RW 003, Rengat, Indragiri Hulu

LAMPIRAN PEMEGANG

No	Nama	Alamat
1	Margaretha Yuneta	Jn. Diponegoro, RT 018/ RW 005, Kelurahan Wolomarang, Alok Barat, Sikka
2	Muhammad Abi Berkah Nadi	Jalan Griya Sejahtera No. 2 , Langkapura, Bandar Lampung
3	Rusmawati	Dusun Laba, Desa Rossoan, Enrekang, Enrekang
4	Erniati Bachtiar	Perumahan Griya Pondok Mandiri Blok B No.7, Maros , Turikale, Maros
5	Teddy Irawan	Perum Griya Sejahtera Blok S.17 RT 087 RW 007 Kelurahan Sukajaya, Sukarami, Palembang

6	Rahma Nindya Ayu Hapsari	Perum Intan Sambiroto. Jl Berlian 1 No 270 A. Mangunharjo. , Tembalang, Semarang
7	Adnan	Jln. Jend. Sudirman No. 227 Parepare Sulsel, Ujung, Parepare
8	Nurlita Pertiwi	Jalan A.P.Petta Rani 3 No. 19D, Panakkukang, Makassar
9	Irma Aswani Ahmad	Jl Rutan No 1 , Rappocini, Makassar
10	Nedra Neswita	Jl. Sultan Gang Mulia No.16, Rengat, Indragiri Hulu
11	Sri Agustin	Jl. D.I Panjaitan Kelurahan Sekip Hilir RT 008 RW 003, Rengat, Indragiri Hulu





ILMU DASAR TEKNIK SIPIL: **MEKANIKA REKAYASA**

Penulis :

**Margaretha Yuneta, Muhammad Abi Berkah Nadi, Rusmawati,
Erniati Bachtiar, Teddy Irawan, Rahma Nindya Ayu Hapsari, Adnan,
Nurlita Pertiwi, Irma Aswani Ahmad, Nedra Neswita, Sri Agustin**

ILMU DASAR TEKNIK SIPIL: MEKANIKA REKAYASA

**Margaretha Yuneta
Muhammad Abi Berkah Nadi
Rusmawati
Erniati Bachtiar
Teddy Irawan
Rahma Nindya Ayu Hapsari
Adnan
Nurlita Pertiwi
Irma Aswani Ahmad
Nedra Neswita
Sri Agustin**



GET PRESS INDONESIA

ILMU DASAR TEKNIK SIPIL: MEKANIKA REKAYASA

Penulis :

Margaretha Yuneta
Muhammad Abi Berkah Nadi
Rusmawati
Erniati Bachtiar
Teddy Irawan
Rahma Nindya Ayu Hapsari
Adnan
Nurlita Pertiwi
Irma Aswani Ahmad
Nedra Neswita
Sri Agustin

ISBN : 978-623-125-134-3

Editor : Diana Purnama Sari., S.E., M.E

Penyunting : Ari Yanto., M.Pd

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd

Penerbit : GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jln. Palarik Air Pacah No 26 Kel. Air Pacah
Kec. Koto Tangah Kota Padang Sumatera Barat
Website : www.getpress.co.id
Email : adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, April 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan
dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Ilmu Dasar Teknik Sipil: Mekanika Rekayasa ini.

Buku ini membahas Pengertian Dari Mekanika Rekayasa, Pentingnya Mempelajari Mekanika Rekayasa, Tujuan Mekanika Rekayasa, Manfaat Mekanika Rekayasa, Gaya, Pembebanan, Tegangan, Besaran Penampang, Portal Simetris, Portal Tidak Simetris, Momen Inersia.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, April 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1 PENGERTIAN DARI MEKANIKA REKAYASA.....	1
1.1 Pengantar Teknik.....	1
1.2 Konsep dan Penerapan Mekanika dalam ilmu Teknik	2
1.3 Pengertian Mekanika Rekayasa	9
DAFTAR PUSTAKA.....	15
BAB 2 PENTINGNYA MEMPELAJARI MEKANIKA REKAYASA 17	
2.1 Pendahuluan.....	17
2.2 Lingkup Ilmu Pengetahuan dan Rekayasa (<i>Engineering</i>)	17
2.3 Perkembangan Ilmu Mekanika.....	18
2.4 Apa Perlunya Mempelajari Mekanika Di Teknik.....	21
2.5 Rumpun Ilmu Mekanika	21
2.6 Ilmu Mekanika Mana Yang Diperlukan.....	23
DAFTAR PUSTAKA.....	25
BAB 3 TUJUAN MEKANIKA REKAYASA	27
3.1 Pendahuluan.....	27
3.2 Tujuan Mekanika Rekayasa	28
3.2.1 Menganalisis Perilaku Material	28
3.2.2 Desain Struktur yang Efisien	29
3.2.3 Memprediksi Kegagalan Struktur.....	31
3.2.4 Inovasi Teknologi Konstruksi	32
3.2.5 Keberlanjutan Lingkungan	34
3.3 Kesimpulan.....	36
DAFTAR PUSTAKA.....	37
BAB 4 MANFAAT MEKANIKA REKAYASA.....	39
4.1 Pendahuluan.....	39
4.2 Desain Struktural	40
4.3 Analisis Material	41
4.4 Dinamika Mesin	43
4.5 Mekanika Fluida	45

4.6 Kesimpulan	46
DAFTAR PUSTAKA	48
BAB 5 GAYA.....	49
5.1 Pendahuluan	49
5.2 Sifat Gaya	49
5.3 Sistem dan Komponen Gaya	50
5.4 Resultan Gaya	51
5.5 Gaya-gaya dalam Teknik Sipil	54
5.5.1 Gaya Dalam.....	54
5.5.2 Gaya Luar.....	57
DAFTAR PUSTAKA	62
BAB 6 PEMBEBANAN	63
6.1 Pendahuluan	63
6.2 Pembebanan	63
6.2.1 Beban Mati	64
6.2.2 Beban Hidup	65
6.2.3 Beban Angin.....	66
6.2.4 Beban Gempa	67
6.2.5 Beban Tanah.....	67
6.2.6 Tekanan Hidrostatik.....	68
6.3 Kombinasi pembebanan	68
6.3.1 Perencanaan berdasarkan Load and Resistance Factor Design	68
6.3.2 Perencanaan berdasarkan Allowable Stress Design.....	70
DAFTAR PUSTAKA	72
BAB 7 TEGANGAN	73
7.1 Pendahuluan	73
7.2 Tegangan	75
7.3 Tegangan normal dan geser	84
7.4 Tegangan bidang.....	85
7.4.1 Tegangan di potongan miring	87
7.4.2 Kasus-kasus khusus pada tegangan bidang	90
7.5 Regangan.....	94
7.5.1 Kurva Tegangan - Regangan Pada Material.....	95
7.5.2 Tegangan, Regangan dan Modulus Elastisitas	99
7.6 Kesimpulan	100

DAFTAR PUSTAKA.....	102
BAB 8 BESARAN PENAMPANG.....	103
8.1 Pendahuluan.....	103
8.2 Perhitungan Luas Penampang Balok.....	106
8.2.1 Perhitungan Luas Penampang Balok T.....	106
8.2.2 Perhitungan Momen Statis Penampang dan Contoh Penampangnya.....	107
8.2.3 Perhitungan Momen Inersia.....	108
8.3 Penggunaan sifat penampang dalam analisa struktur....	110
8.3.1 Tegangan normal.....	110
8.3.2 Tegangan Lentur.....	111
8.3.3 Tegangan geser.....	112
8.4 Contoh Perhitungan Luas Penampang dan Momen Inersia.....	113
8.5 Penutup	119
DAFTAR PUSTAKA.....	120
BAB 9 PORTAL SIMETRIS.....	121
9.1 Pendahuluan.....	121
9.2 Analisis Struktur Portal Simetris	122
9.3 Tahapan Perhitungan Reaksi Perletakan	122
9.4 Contoh Perhitungan Reaksi Perletakan.....	124
9.5 Tahapan Perhitungan Gaya Dalam.....	126
9.6 Contoh Perhitungan Gaya Dalam.....	127
DAFTAR PUSTAKA.....	136
BAB 10 PORTAL TIDAK SIMETRIS.....	137
10.1 Pendahuluan.....	137
10.2 Portal Tidak Simetris Karena Balok Overhang Sebelah	138
10.2.1 Beban Terpusat Vertikal Tidak Simetris.....	139
10.2.2 Beban Merata Tidak Simetris.....	141
10.3 Portal Tidak Simetris Karena Kolom Tinggi Sebelah	145
10.3.1 Beban Terpusat Vertikal Tidak Simetris.....	146
10.3.2 Beban Terpusat Horizontal Tidak Simetris.....	149
10.4 Portal Tidak Simetris Karena Kolom Miring Sebelah	153
10.4.1 Beban Terpusat Vertikal Tidak Simetris.....	154
10.4.2 Beban Terpusat Horizontal Tidak Simetris.....	157
DAFTAR PUSTAKA.....	161

BAB 11 MOMEN INERSIA 163
11.1 Pengertian Momen Inersia..... 163
11.2 Momen Inersia Terhadap Garis = I..... 164
11.2.1 Contoh soal 167
DAFTAR PUSTAKA..... 172
BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Perbandingan mekanika klasik dan kuantum.....	4
Gambar 1.2. Contoh ilustrasi dari Hukum Newton	312
Gambar 2.1. Peranan Ilmu Pengetahuan dan Ilmu Rekayasa.....	18
Gambar 2.2. Perkembangan Ilmu Mekanika dalam Ilmu Rekayasa.....	20
Gambar 2.3. Regim dari Ilmu Mekanika.....	20
Gambar 5.1. Aksi dan Reaksi Suatu Gaya.....	50
Gambar 5.2. Resultan Gaya	51
Gambar 5.3. Kondisi Resultan Gaya Berlawanan.....	52
Gambar 5.4. Kondisi Resultan Gaya Searah.....	52
Gambar 5.5. Resultan Gaya	53
Gambar 5.5. Hasil Perhitungan Resultan Gaya.....	54
Gambar 5.6. Beban Mati.....	55
Gambar 5.7. Balok sederhana	55
Gambar 5.8. Momen.....	56
Gambar 5.9. Beban Mati.....	57
Gambar 5.10. Beban Hidup.....	57
Gambar 5.11. Beban Pusat	58
Gambar 5.12. Beban Merata.....	58
Gambar 5.13. Gaya Tekan.....	59
Gambar 5.14. Gaya Tarik.....	59
Gambar 5.15. Rangka Kuda-kuda	60
Gambar 5.16. Gambar Gaya Batang dengan Metode Cremona.....	61
Gambar 7.1. Benda diberi beban dan dipotong pada penampang x-x, maka akan diperoleh suatu sistem keseimbangan	74
Gambar 7.2. Tegangan normal (F_n) dan tegangan tangensial (F_q).	75
Gambar 7.3. Batang Prismatic, (sumber, Gere dan Temoshenco)	76
Gambar 7.4. Contoh soal, Tabung yang terbuat dari aluminium	77

Gambar 7.5. Komponen Tegangan Normal dan Geser dari Tegangan	78
Gambar 7.6. Tegangan Akibat Gaya Dalam Normal.....	78
Gambar 7.7. Tegangan Normal Pada Titik Tertentu.....	79
Gambar 7.8. Tegangan Geser.....	80
Gambar 7.9. Tegangan Pada Suatu Titik.....	81
Gambar 7.10. Contoh soal, lampu digantung pada kedua batang.....	81
Gambar 7.11. Diagram kesetimbangan gaya-gaya	82
Gambar 7.12. Pipa selinder yang menerima tekanan.....	83
Gambar 7.13. Pukulan (puch) untuk membuat lubang pada pelat baja	84
Gambar 7.14. Elemen yang berada dalam keadaan tegangan bidang; (a) tinjauan tiga dimensi suatu elemen yang berorientasi pada sumbu-su	

mbu xyz, (b) tinjauan dua dimensi elemen yang sama, dan (c) tinjauan dua dimensi elemen yang berorientasi pada sumbu $x_1y_1z_1$	86
Gambar 7.15. Elemen tegangan dalam keadaan tegangan bidang: (a) tegangan-tegangan yang bekerja di elemen, dan (b) gaya-gaya yang bekerja di elemen tersebut.....	88
Gambar 7.16. Grafik tegangan normal σ_{x1} dan tegangan geser τ_{x1y1} , versus sudut θ (untuk $\sigma_x = 0, 2 \sigma_x$ dan $\tau_{xy} = 0,8 \sigma_x$	90
Gambar 7.17. Elemen yang berada dalam keadaan tegangan uniaksial.....	91
Gambar 7.18. Elemen yang berada dalam keadaan tegangan bidang.....	92
Gambar 7.19. Elemen yang miring pada sudut $\theta = 45^\circ$	92
Gambar 7.20. Regangan normal pada elemen batang.....	94
Gambar 7.21. Perilaku benda uji pada uji Tarik	95
Gambar 7.22. Kurva teganga-regangan secara umum	96
Gambar 7.23. Skema dari pemuatan dan pelepasan beban uji Tarik.....	97
Gambar 7.24. Gaya tertentu yang mengalami perubahan bentuk.....	99
Gambar 7.25. Grafik perbandingan tegangan terhadap regangan untuk baja dan aluminium	100
Gambar 8.1. Penampang balok bentuk persegi panjang	104
Gambar 8.2. Penampang balok bentuk persegi	104
Gambar 8.3. Penampang balok bentuk lingkaran	105
Gambar 8.4. Penampang balok dengan bentuk huruf T	105
Gambar 8.5. Luas penampang lingkaran	106
Gambar 8.6. Luas penampang balok T	106
Gambar 8.7. Luas penampang bersusun	107
Gambar 8.8. Perhitungan Momen Statis Penampang.....	107
Gambar 8.9. Perhitungan momen inersia penampang persegi	108
Gambar 8.10. Perhitungan momen inersia pada	

penampang segitig.....	109
Gambar 8.11. Perhitungan momen inersia penampang lingkaran.....	109
Gambar 8.12. Gaya aksial yang terjadi pada penampang balok.....	110
Gambar 8.13. Balok Momen Lentur Kantilever.....	111
Gambar 8.14. Penampang Bersusun dan jarak titik berat elemen terhadap sumbu x.....	113
Gambar 8.15. Jarak titik berat penampang terhadap sumbu x.....	118
Gambar 9.1. Portal dengan beban merata dan terpusat.....	123
Gambar 9.2. Segmen AC	127
Gambar 9.3. Segmen CE.....	128
Gambar 9.4. Segmen ED	128
Gambar 9.5. Segmen BF.....	129
Gambar 9.6. Segmen FD	129
Gambar 9.7. Diagram Lintang	130
Gambar 9.8. Diagram Normal	132
Gambar 9.9. Diagram Momen	134
Gambar 10.1. Struktur Statis Tentu Overhang Sebelah Dengan Beban Terpusat Vertikal	139
Gambar 10.2. Diagram Gaya Dalam Struktur Statis Tentu Overhang Sebelah Dengan Beban Terpusat Vertikal	141
Gambar 10.3. Struktur Statis Tentu Overhang Sebelah Dengan Beban Merata Tidak Simetris.....	142
Gambar 10.4. Diagram Gaya Dalam Struktur Statis Tentu Overhang Sebelah Dengan Beban Merata Tidak Simetris.....	145
Gambar 10.5. Struktur Statis Tentu Kolom Tinggi Sebelah Dengan Beban Terpusat Vertikal Tidak Simetris.....	146
Gambar 10.6. Diagram Gaya Dalam Struktur Statis Tentu Kolom Tinggi Sebelah Dengan Beban Terpusat Vertikal Tidak Simetris	149
Gambar 10.7. Struktur Statis Tentu Kolom Tinggi Sebelah	

	Dengan Beban Terpusat Horizontal Tidak Simetris.....	150
Gambar 10.8.	Diagram Gaya Dalam Struktur Statis Tentu Kolom Tinggi Sebelah Dengan Beban Terpusat Horizontal Tidak Simetris.....	152
Gambar 10.9.	Struktur Statis Tentu Kolom Miring Sebelah Dengan Beban Terpusat Vertikal Tidak Simetris.....	154
Gambar 10.10.	Diagram Gaya Dalam Struktur Statis Tentu Kolom Miring Sebelah Dengan Beban Terpusat Vertikal Tidak Simetris	157
Gambar 10.11.	Struktur Statis Tentu Kolom Miring Sebelah Dengan Beban Terpusat Horizontal Tidak Simetris1	57
Gambar 10.12.	Diagram Gaya Dalam Struktur Statis Tentu Kolom Miring Sebelah Dengan Beban Terpusat Horizontal Tidak Simetris	160
Gambar 11.1.	Momen inersia	164

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1. Rekapitulasi Besar Gaya Batang	61
Tabel 6.1. Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung.....	65
Tabel 6.2. Berat Hidup Pada Lantai Gedung.....	66
Tabel 7.1. Sifat Mekanik Berbagai Bahan pada Suhu Kamar.....	98
Tabel 8.1. Perhitungan Letak Titik Berat (y)	118
Tabel 8.2. Perhitungan Momen Inersia (I_y)	119

BAB 1

PENGERTIAN DARI MEKANIKA REKAYASA

Oleh Margaretha Yuneta

1.1 Pengantar Teknik

Ilmu dalam Teknik sipil membahas banyak hal di dalamnya dan erat kaitannya dengan berbagai macam bidang ilmu lainnya. Teknik sipil merupakan sub bagian dari ilmu yang membahas mengenai rancangan yang harus dibangun, pembangunan serta memperbaiki atau merenovasinya bukan hanya infrastruktur dan bangunan gedung melainkan juga kondisi dan keadaan keselamatan dan keberlanjutan hidup manusia. Pengaruh ilmu teknik sipil mencakup beberapa bidang ilmu lain yakni ilmu kimia dan fisika, matematika, biologi dan juga geologi serta penggunaan komputer dalam perkembangan kegunaan dari masing-masing bidang ilmu yang berkaitan dengan teknik sipil. Perkembangan ilmu teknik sipil akan terus bergerak seiring perkembangan zaman, dari kebutuhan hidup manusia, sehingga menjadi dasar perkembangan bidang ilmu lainnya.

Teknik sipil sangatlah erat kaitannya dengan proses dalam dunia konstruksi. Perkembangan sejarah teknik sipil dimulai dengan pembangunan tembok besar Tiongkok di Tiongkok dan juga pembangunan piramida di Mesir, yang menjadi tanda awal mulanya konstruksi yakni 4000 tahun sebelum masehi. Hal ini terus berkembang dari waktu ke waktu. Dalam penerapannya, ilmu teknik sipil akan terbentuk secara alami dengan penggabungan dari beberapa bidang ilmu, hingga saat ini terus berkembang dan sejalan dengan pemanfaatannya dengan teknologi guna mengikuti perkembangan zaman. Perkembangan dunia tidak akan nampak apabila tidak dilihat dari perkembangan dunia pembangunan atau konstruksinya.

oleh karena itu, teknik sipil yang paling memberikan dampak dan peran terhadap perkembangan dan kemajuan dunia.

Pada intinya adalah kehidupan modern yang ada saat ini terbentuk dan di nikmati sekarang, karena adanya perkembangan dalam dunia teknik sipil. Bidang ilmu teknik sipil memberikan kontribusi yang sangat signifikan karena adanya pelaksanaan pembangunan, perawatan, perbaikan serta pembaharuan atau renovasi beberapa komponen fasilitas serta kebutuhan infrastruktur yang ada hingga pada kehidupan sekarang atau kehidupan modern. Contohnya adalah infrastruktur jalan, jembatan, gedung, kereta api, pembangkit listrik dari bendungan, dalam hal pengairan seperti pelabuhan laut serta udara, bangunan lepas pantai serta pembangunan kilang minyak, serta berbagai macam infrastruktur lainnya. Hal ini juga tentunya mempengaruhi perkembangan perekonomian, karena infrastruktur yang ada sebagai hasil dari bidang ilmu teknik sipil akan menjadi kunci pergerakan ekonomi yang bertumbuh. Dengan contoh bahwa pengadaan proyek infrastruktur akan berdampak pada munculnya kebutuhan ekonomi dari tukang, pedagang, para ahli dan juga lainnya yang menjadi roda perputaran perekonomian.

Ilmu teknik sipil selalu mengadopsi perkembangan dengan ilmu lain dan saling terintegrasi mulai dari perencanaan, desain, pelaksanaan, operasi dan pemeliharaan. Ini akan terus terjadi berulang kali atau merupakan suatu siklus yang tidak akan pernah terputus dengan tuntutan perkembangan kebutuhan kehidupan manusia.

1.2 Konsep dan Penerapan Mekanika dalam ilmu Teknik

Kata mekanika akan menjadi dasar bagaimana bidang ilmu teknik sipil terus berkembang. Hal ini akan di jelaskan bagaimana mekanika mampu memberikan keterkaitan dengan berbagai komponen penting dalam bidang ilmu teknik sipil. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), Mekanika merupakan bagian dari ilmu fisika yang menjelaskan mengenai

alasan dan penyebab suatu benda dapat bergerak serta bagaimana pergerakan itu dapat terjadi.

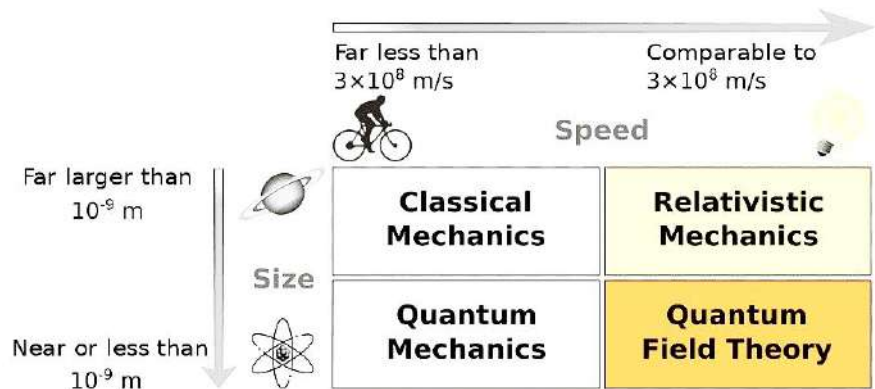
Mekanika (*mechanica* dari Bahasa Belanda) adalah kategori ilmu yang membahas fungsi pekerjaan atau bagaimana proses penggunaan dan pelaksanaan suatu alat atau benda yang bisa di sebut dengan mesin. Para ilmuwan dan rekayasawan menjadikan mekanika sebagai hal penting yang mempengaruhi dan erat kaitannya dengan ilmu fisika. Mekanika juga dapat diartikan dengan ilmu pengetahuan yang menjelaskan pergerakan dari benda serta dampak yang ditimbulkan akibat dari pergerakan tersebut, dengan kata lain ada aksi maka ada juga reaksi. Ini erat kaitannya dengan ilmu dan hukum dalam ilmu fisika.

Ilmu fisika klasik merupakan komponen utama dari mekanika, yang ada saat zaman Newton dan galileo, berabad-abad yang lalu. Pembagiannya dapat dilihat dari pengamatan masing-masingnya yaitu Newton mengamati tentang pergerakan benda secara umum, sedangkan Galileo memberikan rumus inti dan memberikan konsep dasar untuk hukum-hukum benda yang bergerak jatuh (Sarojo, 2002). Mekanika adalah salah satu cabang ilmu fisika yang mempelajari gerak yang bekerja pada suatu benda. Mekanika dibagi menjadi beberapa sub pembelajaran antara lain statika yang mempelajari benda diam, kinematika yang mempelajari benda bergerak, dan dinamika yang mempelajari benda yang diberi gaya. Dinamika serta suatu sistem terbentuk menggambarkan adanya mekanika. Dinamika adalah salah satu cabang ilmu mekanika yang mengkaji gerak partikel dalam suatu kondisi yang ditentukan dengan memperhatikan sebab-sebab geraknya, melibatkan konsep tentang kondisi gerak suatu benda dan kondisi luar yang menyebabkan perubahan keadaan gerak suatu benda. Dengan kata lain pengamatan secara intens terhadap pola pergerakan suatu benda.

Pembahasan mengenai hubungan gerakan benda maka mekanika adalah bagian tertua dari bidang ilmu yang mempelajari hal ini. Tentunya dengan tinjauan bahwa benda yang di amati disini adalah benda yang harusnya bergerak atau

disebut dengan dinamika atau kinematika dan benda yang tidak bergerak atau diam di sebut statis/statika. Dinamika dan kinematika merupakan bagian dari mekanika. Jika kinematika adalah salah satu cabang ilmu yang mempelajari gerak suatu benda tanpa adanya pertimbangan dan memperhatikan sebab gerak benda tersebut, maka dinamika adalah salah satu cabang ilmu yang mempelajari gerak suatu benda dengan memperhatikan dan memperhitungkan sebab geraknya, jelas ini merupakan perbandingan yang membedakan kedua hal ini yakni dinamika dan kinematika (Frick, 1983).

Permasalahan yang perlu di perhatikan dalam perkembangan ilmu tekni adalah mengenai ilmu mekanika. Proses pembelajaran dengan mengamati gejala alam dan mampu untuk di ukur dengan ilmu yang pasti atau dasar-dasar hukum tertentu disebut dengan ilmu teknik. Tidak membedakannya dengan mekanika, yakni pada hal yang mampu di ukur setelah diamati. Mekanika di kelompokkan kedalam dua bagian yakni mekanika kuantum dan mekanika klasik. Hal ini dapat di intepretasikan dengan Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Perbandingan mekanika klasik dan kuantum
(www.pngwing.com/id/free-png-tphrv)

Mekanika klasik memperjelas adanya peran yang sangat signifikan dari komponen energi, ini sangat fundamental untuk mekanika klasik. Energi ini di bagi menjadi 2 kelompok yaitu,

energi yang muncul karena pergerakan partikel itu sendiri dan energi potensial karena adanya interaksi yang sangat luas dengan lingkungan dan kondisi kedudukan dari partikel satu dengan lain. Posisi dan besaran momen dapat diprediksi disini karena penggunaan mekanika klasik di dalamnya sehingga mampu memprediksi posisi partikel (Soemono, 1984).

Sedangkan untuk mekanika kuantum memiliki perbedaan pemahaman yang membingungkan. Hal ini ditinjau dari sifat dari partikel itu sendiri yakni sifatnya dikatakan ganda karena sebagai gelombang ataupun sebagai partikel. Namun sebenarnya harus dikatakan bahwa mekanika kuantum merupakan penemuan yang besar dan berkembang karena hal ini akurat dalam prediksi spektra, tingkat energi dan juga ukuran. Ini masih menjadi masalah yang ditemukan dalam mekanika kuantum (Anugraha, 2016).

Dalam konstruksi yang menjadi suatu kepastian yakni bidang ilmu teknik sipil bertujuan untuk perencanaan dan pembangunan seluruh bangunan di muka bumi. Manusia akan menghuni dan menggunakan sesuai keperluannya. Oleh karena itu, metode atau cara agar tujuan pembangunan dan perencanaan kedepannya ini dapat tercapai, maka dengan mempelajari ilmu-ilmu yang berkaitan dengan konstruksi bangunan.

Tenaga ahli teknik sipil atau *civil engineer* adalah seseorang yang ahli dalam bidang teknik sipil, atau dianggap memiliki kemampuan dan mampu merancang dan membangun suatu bangunan. Pembagiannya meliputi tenaga ahli struktur (*structure engineer*), tenaga ahli geoteknik (*geotechnical engineer*) dan lain sebagainya menurut konsentrasi infrastruktur yang mampu di kerjakann untuk menjadi seorang ahli atau insinyur, kemampuan dalam penguasaan terhadap ilmu-ilmu yang terkait menjadi hal penting atau mutlak dimiliki lmu-ilmu apa saja yang wajib atau tidak wajib dikuasai seorang dalam bidang konstruksi. Pertimbangannya bahwa hal yang harus dipikirkan adalah banyak bidang ilmu yang harus di kuasai, bidang ilmu manakah yang menjadi dasarnya, serta kelanjutannya ilmu apa saja,

sehingga menjadi kesatuan yang kuat untuk seorang ahli dalam bidang konstruksi. Tentu saja hal ini sering terlintas di benak para mahasiswa dan lulusan muda teknik sipil. Mengapa lulusan teknik sipil masih bertanya-tanya tentang kegunaannya dari ilmu-ilmu dasar ini, karena banyak lulusan teknik sipil yang tidak mengetahui apa yang sebenarnya mereka pelajari di perguruan tinggi dan seberapa bermanfaatnya. Basis pengetahuan industri konstruksi sipil adalah mekanika, khususnya mekanika klasik.

Mekanika klasik yang mampu dibedakan dari mekanika kuantum. Hakikat ilmu mekanika adalah mempelajari permasalahan gerak dan sebab-sebabnya. Ilmu mekanika sangatlah luas, khususnya mekanika terapan, serta pengaplikasiannya. Disini akan coba diungkapkan cabang-cabang dalam ilmu mekanika supaya dipahami mengenai, pengetahuan ilmu komponen dasar yang harus dikembangkan untuk melakukan analisa dan penyelesaian permasalahan dalam dunia konstruksi.

Seperti disebutkan di atas, mekanika mempelajari masalah gerak dan sebab-sebabnya, yang penyebab utamanya adalah gaya. Gaya menjadi suatu tinjauan khusus didalam pembahasan mengenai mekanika. Jika suatu benda atau partikel dalam suatu sistem tidak dipengaruhi oleh apapun, maka benda tersebut tidak akan bergerak. Tetapi jika suatu benda atau partikel dalam suatu sistem, jika dikenai gaya, akan mengalami dua hal: tidak ada gerak atau gerak. Suatu sistem dikatakan stasioner/ tetap apabila dalam sistem terdapat keadaan setimbang, atau secara teknis gaya-gaya yang bekerja pada sistem dikatakan berjumlah nol. Hal ini menunjukkan tidak ada gaya sama sekali.

Perilaku dalam sistem yang tidak bergerak atau tidak seimbang ini merupakan salah satu kelompok mekanika yang dipelajari sebagai ilmu statika. Secara umum, dalam statika, hanya keseimbangan akibat gaya yang dipelajari. Pendekatan lain terhadap kesetimbangan sistem adalah metode energi, yang jarang diperkenalkan dalam statika. Keadaan suatu sistem yang bergerak kemudian disebut kinematika. Kinematika

mempelajari gerak secara geometris tanpa memeriksa atau mempertimbangkan sebab-sebabnya. Jelas ini sangat berbeda dan berbanding terbalik. Jika kita memperhatikan sebab-sebab gerak suatu sistem, maka cabang ilmu mekanika yang mempelajarinya adalah kinematika. Dalam kinematika, pertanyaan tentang momentum, usaha dan usaha, serta energi dan entropi juga dibahas. Kekuatan sebab akibat yang ditimbulkan dapat berupa kekuatan statis atau harmonik. Kinematika dan kineetik dapat digabungkan menjadi satu kelompok keilmuan, yaitu dinamika.

Statika dan dinamika merupakan turunan langsung dari mekanika dan juga dapat dianggap sebagai dasar mekanika klasik yang dapat diterapkan pada semua jenis benda atau partikel. Penerapannya ini berlaku untuk semua jenis benda yang mengalami pergerakan. Ilmu mekanika klasik kemudian berkembang ke bidang lain seperti elektromagnetisme, gelombang dan mekanika kuantum. Khusus pada material bergelombang yang gelombangnya melebihi kecepatan cahaya, teori dasar mekanika klasik (*hukum Newton*) tidak dapat diterapkan sepenuhnya melainkan menggunakan teori relativitas Einstein. Adanya teori relativitas yang dikemukakan oleh Einstein akan mempengaruhi pergerakan gelombang partikel/ benda. Begitu pula jika materialnya berskala atom maka teori dasar mekanika klasik tidak dapat diterapkan sepenuhnya melainkan teori mekanika kuantum yang digunakan (Frick, 1979).

Statika dan dinamika akan memungkinkan konsep penggunaan material berkembang dalam konstruksi. Jenis bahan yang sering kita perhatikan adalah bahan padat dan bahan cair seperti air atau udara, merupakan komponen material yang akan digabungkan dalam konstruksi. Bahan dengan kepadatan curah dapat dianggap bahan kontinu. Kelompok khusus mekanika material ini disebut mekanika kontinum. Dalam mekanika kontinum dibahas permasalahan gerak partikel atau kinematika, gerak partikel serta perubahan atau deformasi dan regangan (deformasi) partikel. Kemudian mempelajari gaya yang menyebabkannya dan gaya internal yang

terjadi di dalam partikel, yang juga dikenal sebagai tegangan. Hubungan kedua parameter partikel (tegangan – regangan) ini dibangun untuk memperoleh persamaan umum masalah gaya dan gerak ini sebagai kelanjutan dari adanya pergerakan. Penyelesaian masalah gerak dan gaya tentu saja berbeda untuk kedua material tersebut. Untuk bahan padat dikembangkan turunan dari ilmu mekanika kontinum menjadi ilmu elastisitas dan plastisitas, sedangkan untuk bahan fluida dikembangkan turunan dari ilmu mekanika kontinum menjadi ilmu mekanika fluida dan termodinamika.

Dalam ilmu elastisitas dan plastisitas, perilaku partikel benda padat dirumuskan secara tepat dengan rumus matematika (walaupun belum terselesaikan secara tuntas). nDalam permasalahan yang melibatkan balok, kabel, pelat, cangkang, pelat padat tak terhingga, dan sebagainya, tegangan dan regangan yang terjadi dapat ditentukan secara geometri. Dari kelompok ilmu ini dikembangkan kelompok ilmu lain tergantung pada jenis bahannya seperti pasangan bata, beton, baja, kayu, alumunium. Lebih tepatnya pada konstruksi sipil, kompleks Ilmu yang akan dipelajari seperti struktur beton bertulang atau pratekan, struktur baja, struktur kayu, dan lain-lain, yang dapat dipelajari secara mendalam jika dasar elastis dan plastis dapat dikontrol.

Secara khusus ilmu mekanika tanah adalah kemampuan mengatai suatu jenis tanah, batuan juga mengandung zat cair (air), ilmu elastisitas, plastisitas, dan mekanika fluida juga harus diketahui, karena merupakan cabang ilmu yang saling berhubungan. Selain itu, material aspal mempunyai sifat viskoelastik, sehingga penguasaan mekanika medium yang berkelanjutan harus menjadi dasar pemahaman yang jelas dan mendalam tentang perilaku material tersebut. Pengamatan didasarkan bagaimana perilaku material. Struktur permukaan jalan atau landasan pendaratan pesawat merupakan masalah mekanis, sehingga menguasai mekanika kendaraan secara berlanjut dan mekanika tanah merupakan hal yang penting untuk permasalahan seperti ini dalam dunia konstruksi.

Pembahasan masalah geometri dan material nonlinier masuk dalam kategori Ilmu elastisitas. Ilmu ini juga mencakup pengaruh getaran pada unsur padat yang menjadi dasar dinamika struktur. Proses untuk menguraikan masalah getaran dan elemen padat akan merujuk pada dinamika akibat getaran gempa bumi. Semua landasan ilmiah tersebut dapat menjelaskan mengenai rekayasa gempa.

Praktisi industri Konstruksi atau tenaga ahli teknik sipil dapat mengembangkan ilmunya dari ilmu yang paling dibutuhkan seperti dijelaskan di atas. Pada umumnya bangunan yang diutamakan adalah bangunan yang selain memerlukan pengetahuan dasar juga memerlukan pengetahuan material beton, baja atau kayu serta teknik gempa. Demikian pula dengan memprioritaskan pembangunan jembatan, menara atau tower untuk pekerjaan telekomunikasi, pekerjaan irigasi, pekerjaan lepas pantai. Dunia praktisi industri konstruksi tidak perlu harus mempelajari rumusan yang ada secara mendalam yang menekankan pada penerapan hal-hal di atas. Pengetahuan untuk konstruksi di lokasi, yang tentu saja dapat bervariasi tergantung pada pengaruh lingkungan, dan lain-lain. Misalnya, topik hangat mencakup interaksi antara tanah dan struktur (interaksi struktur tanah) dan interaksi fluida dengan struktur bangunan (interaksi struktur fluida). Teknik dan metode konstruksi yang tepat juga dapat menjadi topik mendalam bagi para praktisi. Namun tentunya harus menguasai dasar-dasarnya karena ini sangat berguna untuk penerapan di lapangan, khususnya dasar-dasar mekanika teknik.

1.3 Pengertian Mekanika Rekayasa

Mekanika rekayasa adalah bidang ilmu yang mempelajari perilaku struktur di bawah pengaruh beban pada struktur tersebut. Pada pembelajaran mekanika teknik akan mempelajari tentang konstruksi suatu bangunan, baik dari komponen bangunan maupun perhitungan konstruksinya karena erat kaitannya dengan gerak benda (Sucahyo, 2006).

Menurut Pytel, Andrew & Klusalaas, (2010), mekanika adalah implementasi cabang dari ilmu fisika yang mengcangk

pengaruh gaya pada benda diam atau bergerak. Mekanika dibagi menjadi dua cabang yakni statika dan dinamika. Mekanika Rekayasa adalah ilmu yang mempelajari prinsip-prinsip mekanik dengan tujuan merancang suatu mekanisme atau proses yang terjadi. Tujuan utama dari mekanika rekayasa adalah membantu menggunakan mekanika untuk memecahkan masalah yang berkaitan erat dengan mekanisme. Mekanika teknik menjadi hal penting karena merupakan ilmu dasar teknik, dasar dari semua ilmu di bidang teknik.

Menurut Meriam, J. L. & Kraige, (2011) mekanika (statis) adalah ilmu fisika yang mempelajari pengaruh gaya pada suatu benda. Prinsip-prinsip mekanika tidak banyak tetapi kegunaannya dalam bidang teknik sangat luas. Mekanika (statistika) merupakan mata pelajaran fisika tertua dan merupakan awal mula perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Menurut para ahli di atas, mekanika teknik merupakan pengetahuan yang berkaitan dengan struktur dasar suatu proyek dan cara menghitung gaya-gaya yang bekerja pada proyek yang diusulkan dalam proses perancangan struktur bangunan. Oleh karena itu, mata pelajaran mekanika teknik sangat penting dan perlu dipelajari ketika merencanakan konstruksi karena merupakan mata pelajaran ilmu dasar untuk teknik sipil sebagai dasar perencanaan dan pelaksanaan konstruksi.

Mekanika teknik, juga dikenal sebagai mekanika rekayasa, juga dikenal sebagai statika, adalah bidang ilmu utama yang dikhususkan untuk perilaku struktur atau benda ketika dikenai beban yang diterapkan padanya. Bidang penerapan mekanika teknik melibatkan gaya internal, gaya eksternal, tegangan, deformasi, torsi, dan defleksi yang terjadi pada berbagai tampilan penampang dan material.

Perilaku umum struktur ini adalah perilaku deformasi dan gaya (gaya reaksi dan gaya dalam). Dengan mengetahui gaya-gaya dan lendutan yang terjadi, maka besaran struktur kemudian dapat direncanakan atau diproporsi berdasarkan bahan yang digunakan agar aman dan nyaman (tidak terjadi lendutan yang berlebihan) dalam menerima beban.

Mekanika rekayasa merupakan ilmu dasar yang dipelajari pertama kali dan utama pada ilmu konstruksi atau teknik sipil. Tenaga ahli dalam teknik sipil menggunakan pengetahuan ini untuk mempelajari perilaku struktur di bawah pengaruh beban pada struktur tersebut. Perilaku umum struktur tersebut adalah perilaku defleksi dan gaya, baik gaya reaksi maupun gaya dalam.

Dalam studi tentang perilaku struktur, stabilitas, keseimbangan gaya, kesesuaian antara deformasi dan jenis tumpuan, serta elastisitas sering dibahas di dalam mekanika rekayasa. Dengan mengetahui gaya-gaya dan lendutan yang terjadi, maka besaran struktur kemudian dapat direncanakan atau diproporsikan dan diketahui ketahanan konstruksi yang dimaksud, sehingga tercapailah tujuan dari pengetahuan ilmu mekanika rekayasa merupakan ilmu dasar dalam bidang teknik sipil. Jadi pada dasarnya mekanika teknik adalah tentang pengukuran dimensi, perhitungan kontrol dan perhitungan kekuatan, yang sangat erat kaitannya dengan struktur konstruksi suatu bangunan.

Ilmu dasar dalam teknik sipil yang membahas mengenai struktur perlu menguasai hal dasarnya yakni mekanika rekayasa. Perilaku struktur biasanya didefinisikan dalam gaya-gaya serta lendutan sesuai dengan Hukum Newton. *Hukum Newton 3* menyatakan bahwa benda menunjukkan reaksi pemberian gaya berlawanan yang sama besarnya/sebangding dengan gaya yang menekan atau mendorongnya. Sebagai contoh dengan mendorong dinding atau tembok maka secara normal yang di lihat adalah seseorang yang memberikan gaya terhadap tembok. Tetapi kenyataannya adalah tembok juga melanjutkan pengembalian gaya sebaliknya yakni gaya yang besarnya sama. Dalam artian bahwa dinding memberikan gaya reaksi yang besarnya sama dengan aksi, sehingga tampak tembok tersebut tidak bergerak.

Hukum Newton inilah yang memelopori atau menjadi dasar pemahaman untuk mekanika dalam ilmu teknik. Ilustrasi dari gaya adanya aksi dan reaksi seseorang terhadap tembok dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2. Contoh ilustrasi dari Hukum Newton 3
(www.ruangguru.com/blog/hukum-gerak-newton)

Mekanika Rekayasa akan dikenal pula istilah statika. Statika merupakan bagian ilmu mekanika teknik yang mempelajari semua benda diam atau statis, sedangkan cabang ilmu yang mempelajari segala sesuatu yang bergerak disebut dinamika. Kedua bagian ini mempunyai dua persamaan yaitu gaya dan gerak. Hanya dalam statika saja terdapat ketentuan khusus mengenai gerak ini, yaitu gerak $v = 0$. Artinya dalam statika kita hanya menangani gaya-gaya yang tidak bergerak, dengan dinamik gerak $= 0$. Peristiwa ini akan terjadi apabila semua gaya yang bekerja pada suatu benda dan gaya-gaya yang bekerja pada lengan tuas (dengan jarak antara gaya dan benda = momen) berimpit, sehingga semua gaya tersebut seimbang. Oleh karena itu, ilmu statika disebut juga ilmu keseimbangan gaya atau singkatnya ilmu keseimbangan.

Tujuan dari perencanaan bangunan adalah berharap agar bangunan yang kita tempati akan stasioner atau dalam keadaan seimbang. Mula-mula tidak ada keseimbangan dan bila tercapai keseimbangan akan segera terganggu kembali. Bisa juga terjadi perubahan keseimbangan, yang disebabkan oleh tarikan gravitasi bumi (dalam ilmu statis disebut berat atau berat sendiri), akibat beban-beban yang diberikan pada konstruksi benda atau struktur (beban) maupun oleh gaya-gaya yang ada di alam, misalnya air hujan, tekanan angin, dan perubahan suhu.

Beban ini disebut gaya luar. Karena beban terjadi bersamaan dengan beban luar, yaitu beban yang diberikan dari luar benda, maka di dalam/pada benda itu sendiri timbul gaya/kekerasan, seperti hambatan gaya luar disebut hambatan. Meskipun benda berada dalam keadaan setimbang, benda tersebut tidak benar-benar kaku atau tidak bergerak. Ini hanyalah sebuah komposisi yang tidak selalu terlihat dengan mata telanjang. Benda itu sendiri, atau lebih tepatnya sifat benda itu, akan menarik muatan yang diberikan dari luar. Benda tersebut telah berubah bentuknya. Perubahan bentuk dapat terjadi melalui perubahan panjang (memanjang atau memendek), putaran, pembengkokan.

Mekanika teknik merupakan bagian yang sangat penting dalam fisika, terutama bagi ilmuwan dan insinyur. Mekanika juga mengacu pada ilmu yang mempelajari gaya gerak suatu benda dan pengaruh gaya yang dihasilkannya. Cabang ilmu mekanika terbagi menjadi dua cabang utama yaitu statika dan dinamika. Perhitungan pengendalian memverifikasi bahwa bangunan dibangun cukup kuat dan kaku untuk menahan beban yang diharapkan.

Mekanika Teknik merupakan ilmu dasar teknik sipil. Kegunaan ilmu mekanika teknik dalam bidang teknik sipil khususnya untuk mempelajari struktur bangunan menurut fundamentalnya atau berada dalam hierarki tertinggi sebagai dasar komponen pengetahuan untuk bidang teknik sipil. Lebih khusus lagi, mekanika teknik digunakan untuk menentukan beban-beban yang bekerja pada suatu bangunan berdasarkan perilaku struktur bangunan itu sendiri. Perilaku struktur bangunan dianalisis menggunakan hukum gerak Newton, yang dinyatakan dalam gaya reaksi, gaya yang diterapkan, dan defleksi. Lebih khusus lagi, mekanika teknik sipil menggunakan hukum ketiga Newton. Prinsip yang digunakan adalah keseimbangan gaya resultan antara gaya yang diterapkan dan gaya reaksi.

Dengan beberapa kajian konsep mekanika rekayasa yang akan di bahas yakni :

1. Gaya

Gaya adalah gaya yang dapat menyebabkan benda diam bergerak. Gaya sering dianggap sebagai besaran terarah dan direpresentasikan sebagai vektor. Gaya yang bekerja sepanjang medan/garis yang dilaluinya disebut garis gaya.

2. Pembebanan

Beban merupakan faktor penting dalam desain struktur. Oleh karena itu, dalam merancang struktur perlu ditentukan beban-beban yang bekerja pada sistem struktur. Beban yang bekerja pada struktur disebabkan langsung oleh gaya alam dan gaya buatan manusia.

3. Tegangan

Tegangan merupakan reaksi yang terjadi pada seluruh bagian sampel untuk menahan beban tertentu. Jika penampang kecil dijumlahkan untuk mendapatkan penampang sampel, besarnya gaya per satuan luas yang terjadi di dalam material harus sama dengan beban yang datang dari luar.

4. Portal Simetris dan Portal Tidak Simetris

Bangunan portal banyak dijumpai sebagai konstruksi bangunan gudang, hangar dan jembatan. Prinsip perhitungan tetap sama dengan balok diatas dua perletakan selagi masih dalam bentuk statis tertentu, yaitu $V = 0$, $H = 0$ dan $M = 0$.

5. Momen Inersia

Momen inersia adalah ukuran kelembaman suatu benda yang berputar pada porosnya. Semakin jauh massa suatu benda dari pusat rotasi, maka semakin besar momen inersia benda tersebut. Momen inersia atau massa sudut menentukan torsi yang dibutuhkan untuk memberikan percepatan sudut pada benda. Besarnya momen inersia dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu massa benda, posisi sumbu rotasi, dan jarak antara ujung lengan dengan sumbu rotasi benda (momen lengan).

DAFTAR PUSTAKA

- Anugraha, R. (2016) '*Pengantar mekanika klasik*', in. Gadjah Mada University Press.
- Frick, H. (1979) "*Mekanika Teknik Statika dan Kegunaannya*". Yogyakarta.
- Frick, H. (1983) *Mekanika Teknik I: statika dan kegunaannya*. Kanisius.
- Meriam, J. L. & Kraige, L.G.E. (2011) *egineering Mechanics*. . United State of America : John Willey & Sons Inc.
- Pytel, Andrew & Klusalaas, J. (2010) '*Engineering Mechanics : Statics*'
- Sarojo (2002) *Mekanika*. Seri Fisik. Edited by S. Teknika. Jakarta.
- Soemono (1984) *Mekanika Teknik: Kokoh 1*.
- Soemono, 1978. Statika 1. Penerbit Institute Teknologi Bandung, 1978.
- Soemono, 1979. Statika 2. Penerbit Institute Teknologi Bandung, 1979.
- Sucahyo, B. (2006) '*Mekanika Teknik Jilid 2.*', in. Jakarta: Tiga Serangkai.
- Suwarno Wiryomartono, 1977. *Mekanika Teknik Bagian 1: Konstruksi Statis Tertentu. Jilid II* Cetakan VI Kakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

BAB 2

PENTINGNYA MEMPELAJARI MEKANIKA REKAYASA

Oleh Muhammad Abi Berkah Nadi

2.1 Pendahuluan

Mekanika adalah ilmu Fisika yang mempelajari keadaan status benda, baik dalam keadaan diam atau bergerak akibat pengaruh gaya-gaya yang bekerja (Edi, 2018). Ilmu ini sangat penting perannya dalam sistem analisis kerekayasaan, dan seringkali orang menyebut bahwa awal dari rekayasa adalah mekanika (Maulana, 2018). Dalam riset dan pengembangan yang modern pada ilmu mekanika juga masih diserapkan, misalnya dalam bidang-bidang getaran, stabilitas, kekuatan dari struktur, desain, mesin, performansi engine, aliran fluida, mesin-mesin listrik dan peralatannya, perilaku molekul, atom dan sub atom (A Suprihanto, 2008). Disamping itu ilmu mekanika tergolong ilmu fisika yang paling tua dibandingkan ilmu-ilmu fisika yang lain.

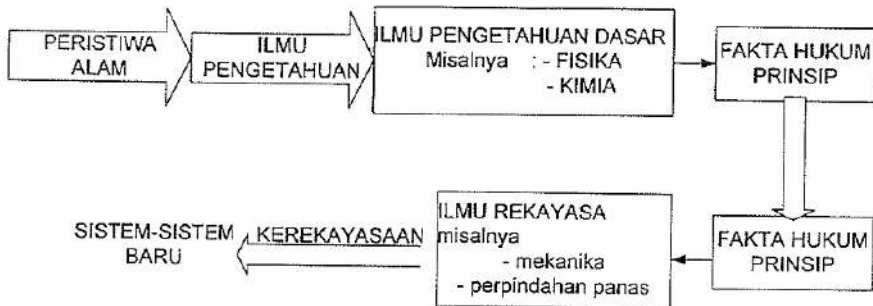
2.2 Lingkup Ilmu Pengetahuan dan Rekayasa (Engineering)

Kerekayasaan adalah suatu aktivitas yang berhubungan dengan ciptakan dari sistem-sistem yang baru untuk memanfaatkan umat manusia (A Suprihanto, 2008). Proses dari penciptaan dapat ditempuh mealui berbagai cara, misalnya riset merancang, dan membangun serta mengembangkan. Dari kamus *The Living Webster Encyclopedic*, *Engineering* didefinisikan sebagai: "*the art of executing a partial application of scientific knowledge*".

Perlu diketahui bahwa perkembangan suatu teknologi bergantung dari tiga hal, yaitu: tuntutan jaman, perkembangan ilmu pengetahuan, dan perkembangan ilmu rekayasa. Jadi sangatlah penting untuk mengerti perbedaan antara ilmu rekayasa dan ilmu pengetahuan (A Suprihanto, 2008).

Ilmu pengetahuan ialah sesuatu yang berkenaan dengan paham yang terstruktur dan kumpulan dari berbagai fakta, hukum, dan prinsip tentang penguasaan fenomena (gejala) alam (A Suprihanto, 2008). Sedangkan ilmu rekayasa adalah sebaliknya yaitu suatu seni yang berdasarkan dari penerapan berbagai fakta, hukum, dan prinsip untuk mencipta fenomena tertentu yang diinginkan, hal ini dapat dilihat pada gambar 2.1.

Pentingnya dalam mempelajari ilmu rekayasa bagi *engineering* dapat memperhatikan tingkat keamanan yang diperlukan dalam suatu pembangunan infrastruktur ataupun ketahanan dalam keilmuan struktur. Dalam hal ini mempelajari keilmuan mekanika rekayasa dari berbagai keilmuan yang dipelajari dalam dunia Teknik.



Gambar 2.1. Peranan Ilmu Pengetahuan dan Ilmu Rekayasa
(Sumber : Mekanika untuk Teknik Sipil, Gultom 2021)

2.3 Perkembangan Ilmu Mekanika

Mekanika merupakan ilmu fisika yang tertua, maka dengan perjalanan waktu ilmu ini mengalami perkembangan sehingga melahirkan cabang-cabang ilmu yang baru dalam bidang rekayasa.

Pada dasarnya ilmu mekanika dibagi menjadi tiga kelompok dan pengelompokan ini berdasarkan sifat materi pembangun bendanya, yaitu:

1. Mekanika benda padat (*solid body*)
2. Mekanika kontinum
3. Mekanika fluida (gas atau cairan)

Mekanika benda padat dibagi menjadi dua yaitu statika benda kaku dimana benda dianggap kaku sempurna (*rigid*) dan pengaruh gaya-gaya luar yang bekerja pada benda tidak menyebabkan timbulnya percepatan translasi atau percepatan sudut, jadi benda masih dalam keadaan diam (kalau awalnya diam) atau bergerak translasi dengan kecepatan konstan (kalau awalnya bergerak).

Tetapi bila gaya-gaya luar yang bekerja pada benda menyebabkan timbulnya percepatan translasi atau percepatan sudut maka keadaan ini disebut dengan keadaan dinamis, ilmunya disebut dinamika benda kaku. Jadi mekanika benda padat dibagi menjadi dua yaitu statika dan dinamika, sedangkan pada dinamika benda kaku bisa dibagi menjadi dua cabang ilmu yaitu kinematika dan kinetika.

Kinematika adalah ilmu yang mempelajari tentang seluk beluk gerak benda (kecepatan dan percepatan) tanpa memperdulikan gaya-gaya penyebab timbulnya gerak. Bila gaya penyebab timbulnya gerak diperhatikan maka ilmunya disebut kinetika.

Pola keberlakuan dari mekanika klasik tidak berlaku lagi bila benda bergerak dengan kecepatan mendekati kecepatan cahaya dan bila ukuran partikel mendekati ukuran atom. Hal inilah yang menyebabkan misteri pada struktur atom dan benda-benda yang berkecepatan tinggi sebelum prinsip mekanika kuantum dan mekanika relativitas dikemukakan. Mekanika relativitas dilandasi konsep baru dari ruang, waktu, massa dan energi, serta kerangka acuan. Berikut gambar pada ilmu mekanika ditunjukkan pada gambar 2.2.

Aliran fluida non-Newtonian Hypersonics (kecepatan diatas kecepatan suara) Viskoelastisitas (viscoelasticity)	Getaran (Vibrations) Elastisitas (Elasticity) Plastisitas (plasticity)	Mekanika Ruang (Space Mechanics) Mekanika Girooskop (Gyromechanics)
TOPIK LANJUTAN DALAM MEKANIKA		
Aliran fluida Newtonian (ideal) : non Viscous, inkompresibel Aliran fluida viskos Aliran fluida kompresibel Aeromechanics Viscoelastic fluids	Mekanika benda yang mudah berubah bentuk (ilmu kekuatan material) Mekanika partikel	Dinamika benda kaku (kinematika&kinetika) Statika benda kaku
MEKANIKA FLUIDA	MEKANIKA KONTINUM	MEKANIKA BENDA PADAT
LANDASAN MEKANIKA TERAPAN AKSIOMA, HUKUM, PRINSIP		

Gambar 2.2. Perkembangan Ilmu Mekanika dalam Ilmu Rekayasa
(Sumber : Mekanika untuk Teknik Sipil, Gultom 2021)

Perlu diingat bahwa kegunaan dari mekanika klasik sampai saat ini masih mutlak diperlukan dalam bidang rekayasa, karena itu mutlak ilmu ini harus dikuasai dengan baik dan benar.



Gambar 2.3. Regim dari Ilmu Mekanika
(Sumber : Mekanika untuk Teknik Sipil, Gultom 2021)

2.4 Apa Perlunya Mempelajari Mekanika Di Teknik

Pelajar dan praktisi industri konstruksi sudah pasti mengetahui bahwa tujuan dari bidang ilmu terutama pada bidang teknik sipil dapat merencanakan dan membangun suatu bangunan (tentunya yang tidak bergerak) yang dibangun. Lantas bagaimana caranya agar dapat merencanakan dan membangun suatu bangunan dengan baik. Tentunya dengan mempelajari ilmu-ilmu yang berkaitan dengan konstruksi bangunan.

Secara umum, seorang ahli dalam bidang konstruksi bangunan dapat disebut tenaga ahli teknik sipil atau *civil engineer*. Spesialisasi dari keahlian dalam teknik sipil ini dapat terbagi lagi menjadi tenaga ahli struktur (*structure engineer*), tenaga ahli geoteknik (*geotechnical engineer*) dan lain sebagainya. Agar dapat menjadi “insinyur-insinyur”, penguasaan terhadap ilmu-ilmu yang terkait harus menjadi hal yang mutlak dimiliki.

Ilmu-ilmu apa saja yang wajib atau tidak wajib dikuasai. Jika banyak ilmu yang harus dikuasai, ilmu yang mana yang pertama kali harus dipelajari, dan kemudian ilmu apa yang perlu dipahami. Pertanyaan- pertanyaan tersebut tentunya sering timbul dalam benak mahasiswa, juga lulusan muda teknik. Mengapa lulusan teknik masih bertanya. Karena banyak lulusan teknik terutama di teknik sipil tidak mengetahui.

Dasar ilmu dalam teknik sipil adalah mekanika, terlebih khususnya mekanika klasik. Dikatakan mekanika klasik agar membedakan dengan mekanika kuantum. Intisari dari mempelajari mekanika adalah mempelajari masalah gerak dan penyebabnya. Ilmu mekanika sangat luas, terutama mekanika terapan.

2.5 Rumpun Ilmu Mekanika

Mekanika mempelajari masalah GERAK dan penyebabnya, utama yaitu adalah GAYA. Suatu benda atau partikel dalam suatu sistem, jika tidak dipengaruhi apapun, benda tersebut tidak akan bergerak. Tetapi jika suatu benda atau partikel dalam suatu sistem, jika dipengaruhi oleh gaya akan mengalami dua hal, tidak bergerak atau bergerak. Sistem dikatakan tidak bergerak apabila terjadi kesetimbangan dalam sistem tersebut, atau secara teknis dikatakan

bahwa gaya-gaya yang mempengaruhi sistem tersebut berjumlah nol.

Perilaku sistem yang tidak bergerak atau mengalami kesetimbangan ini, menjadikan salah satu rumpun dalam mekanika yang dipelajari sebagai ilmu STATIKA. Umumnya dalam statika hanya dipelajari kesetimbangan akibat gaya-gaya yang mempengaruhi. Pendekatan lain mengenai kesetimbangan dari suatu sistem adalah dengan metode energi, yang jarang diperkenalkan pada statika. Sesungguhnya, metode energi ini yang merupakan dasar dalam analisis mekanika yang saat ini kita gunakan, terutama pada analisis populer seperti metode elemen hingga (*finite element method*).

Kemudian, keadaan suatu sistem yang bergerak dinamakan KINEMATIKA. Kinematika mempelajari gerak secara geometri tanpa melihat atau mempertimbangkan apa penyebabnya. Jika penyebab gerak dalam sistem tersebut kita dipertimbangkan, cabang ilmu mekanika yang mengupasnya adalah KINETIK. Dalam kinetik, juga dikupas masalah momentum, usaha dan kerja, serta energi dan entropi. Gaya penyebab yang dikupas dapat berupa gaya yang statik ataupun harmonik. Kinematika dan kinetik dapat disatukan dalam suatu rumpun ilmu yaitu DINAMIKA.

Statika dan dinamika merupakan turunan langsung ilmu mekanika, dan dapat dikatakan juga sebagai dasar ilmu mekanika klasik yang dapat diterapkan untuk seluruh jenis benda atau partikel. Oleh karena itu ilmu mekanika klasik ini dikembangkan pada bidang lainnya seperti elektro-magnet, gelombang dan kuantum. Khusus pada material gelombang yang memiliki gelombang melebihi kecepatan cahaya, teori dasar mekanika klasik (Hukum Newton) tidak dapat diterapkan sepenuhnya, melainkan menggunakan teori relativitas Einstein. Begitu pula apabila material ini berskala atom, teori dasar mekanika klasik tidak dapat diterapkan sepenuhnya, melainkan menggunakan teori mekanika kuantum.

Kemudian, apa pengembangan dari statika dan dinamika pada material pada umumnya. Jenis material yang umum kita perhatikan adalah material padat atau solid dan material fluida seperti air atau udara. Material yang memiliki kepadatan massa

dapat dikatakan material yang kontinu. Rumpun mekanika khusus pada material ini disebut MEKANIKA KONTINUM.

Dalam mekanika kontinum, dikupas mengenai masalah gerak atau kinematika partikel, perpindahan partikel dan perubahan partikel atau deformasi dan regangan (*strain*). Juga dipelajari masalah gaya penyebabnya serta gaya dalam yang terjadi pada partikel, atau lebih dikenal sebagai tegangan yang terjadi (*stress*). Hubungan kedua parameter pada partikel ini (*stress-strain*) dirumuskan untuk mendapatkan persamaan umum masalah gerak dan gaya ini.

2.6 Ilmu Mekanika Mana Yang Diperlukan

Dari sekian banyak rumpun ilmu mekanika yang sudah kita bahas di atas, tentunya tidak cukup waktu setahun untuk mempelajari ataupun memahami ilmu-ilmu tersebut. Oleh karena itu kita perlu secara bijak mengelola waktu kita untuk dapat memilah, mana saja ilmu yang kita perlukan. Saya mencoba membagi dua bagian lingkup profesi yang sesuai dengan kebutuhan industri konstruksi.

Kelompok pertama adalah kelompok akademisi dan peneliti. Dunia akademisi WAJIB menguasai dasar keilmuan mekanika, juga turunannya mekanika kontinum. Akademisi dan praktisi juga WAJIB menguasai hingga dasar ilmu elastisitas, baik tinjauan statika dan dinamika. Kemudian akademis baru dapat memilah sesuai objek penelitiannya. Jika penelitiannya mengutamakan masalah material solid, dapat memperdalam masalah elastisitas dan plastisitas linier dan non-linier, metode elemen hingga atau metode elemen batas sebagai tools yang membantu dalam penyelesaian. Pengembangan dari sini, dapat melakukan penelitian mengenai material terapan seperti beton, baja atau kayu. Seiring dengan perkembangan teknologi nano, dapat mengembangkan material modifikasi dengan bantuan teknologi nano.

Untuk penelitian pada material tanah, selain elastisitas dan plastisitas, tentunya juga WAJIB memahami mekanika fluida dan viscoelastisitas dan viscoplastisitas. Hal ini berguna dalam pengembangan mekanika tanah, teknik pondasi serta perkerasan jalan. Sebagai alat bantu penyelesaian masalah pada geoteknik,

metode elemen batas lebih sesuai dibandingkan metode elemen hingga.

Untuk penelitian mengenai bangunan air, tentunya ilmu mekanika fluida sebagai dasar yang harus dikuasai. Topik mengenai gelombang, yang dikupas dalam dinamika juga tentunya harus dikuasai. Pada geoteknik, masalah likuifaksi juga belum dapat dimengerti secara utuh dan dapat menjadi obyek penelitian.

Kelompok kedua adalah kelompok mahasiswa dan praktisi. Pada kelompok ini, statika dan dasar dinamika tentunya WAJIB dikuasai. Selain itu, kelompok ini juga WAJIB menguasai mekanika bahan, sebagai ilmu dasar yang lebih mudah dan merumuskan ilmu elastisitas dan plastisitas. Penguasaan terhadap metode elemen hingga sebagai tools dalam mencari solusi analisis mekanika juga diperlukan.

Dunia praktisi industri konstruksi dapat mengembangkan keilmuannya dari pengetahuan wajib yang diuraikan di atas. Umumnya pengutamaan lebih kepada bangunan, seperti bangunan gedung yang selain memerlukan ilmu dasar, juga pengetahuan mengenai material beton, baja atau kayu dan rekayasa gempa. Hal yang serupa juga berlaku untuk keutamaan pada bangunan jembatan, tower atau menara tinggi untuk telekomunikasi, bangunan air, struktur lepas pantai dan sebagainya.

Dunia praktisi industri konstruksi tidak perlu secara mendalam meneliti formula-formula yang sudah ada, tetapi lebih menekankan kepada aplikasi dari keilmuan di atas terhadap konstruksi di lokasi yang tentunya dapat beragam akibat pengaruh lingkungan dan lain sebagainya. Sebagai contoh topik hangat saat ini seperti interaksi tanah dan struktur (soil-structure interaction) dan interaksi fluida dengan struktur bangunan (fluid-structure interaction). Teknik dan metode konstruksi yang sesuai juga dapat menjadi topik pendalaman bagi praktisi. Tetapi tentunya ilmu dasar WAJIB dikuasai, karena hal ini sangat membantu dalam penerapan di lokasi.

DAFTAR PUSTAKA

- A Suprihanto. 2008. *Mekanika Teknik Statika*. Jakarta: Bahan Ajar Universitas Diponegoro.
- Gultom, Heru. 2021. *MEKANIKA UNTUK TEKNIK SIPIL*.
- Maulana. 2018. Jakarta: *Relevansi Ilmu Fisika Dalam Teknik Sipil*.
- Widodo, Edi. 2018. *Pengantar Mekanika Teknik*. Jawa Timur: UMSIDA Press.

BAB 3

TUJUAN MEKANIKA REKAYASA

Oleh Rusmawati

3.1 Pendahuluan

Dalam dunia teknik sipil, mekanika rekayasa menjadi tulang punggung yang mendukung segala aspek dari perancangan dan konstruksi struktur hingga pengembangan teknologi yang inovatif. Sebagai seorang insinyur sipil, pemahaman yang mendalam tentang tujuan mekanika rekayasa adalah kunci untuk menciptakan solusi yang efisien, aman, dan berkelanjutan (Santoso, 2023).

Tujuan utama mekanika rekayasa melibatkan analisis, desain, dan inovasi dalam pembangunan struktur. Salah satu fokus utama adalah pada pemahaman perilaku material yang digunakan dalam struktur tersebut. Melalui penelitian dan analisis yang cermat, insinyur dapat mengoptimalkan penggunaan material, memastikan keberlanjutan dan efisiensi dalam proyek konstruksi (Yunita Messa, Reini Wirahadikusumah, 2017).

Desain struktur yang efisien merupakan tujuan mekanika rekayasa lainnya. Dengan meminimalkan biaya produksi dan memaksimalkan kinerja struktural, insinyur berusaha menciptakan solusi yang tidak hanya tahan lama tetapi juga ekonomis. Keberhasilan dalam desain struktur memerlukan pemahaman yang mendalam tentang teori-teori mekanika rekayasa dan penerapannya dalam kondisi dunia nyata.

Pentingnya mekanika rekayasa terletak pada kemampuannya untuk memprediksi dan mencegah kegagalan struktur. Para insinyur, dengan landasan mekanika rekayasa, dapat mengidentifikasi potensi risiko dan mengambil tindakan pencegahan yang diperlukan untuk memastikan keamanan dan keberlanjutan proyek.

Namun, mekanika rekayasa bukan hanya tentang keamanan; itu juga berkaitan dengan inovasi. Dalam upaya untuk terus memajukan teknologi konstruksi, mekanika rekayasa mendorong

penelitian dan pengembangan teknologi baru. Dari struktur berteknologi tinggi hingga konsep konstruksi berkelanjutan, tujuan mekanika rekayasa adalah menjadi pionir dalam menciptakan masa depan teknik sipil yang lebih baik (Novanda and Br, 2023).

Dalam bab ini, kita akan menjelajahi lebih dalam mengenai tujuan-tujuan ini, bagaimana mekanika rekayasa memainkan peran integral dalam setiap langkah dari konsepsi hingga implementasi proyek rekayasa.

3.2 Tujuan Mekanika Rekayasa

Mekanika rekayasa memainkan peran krusial dalam disiplin teknik sipil, menyediakan landasan untuk pemahaman dan analisis struktur, bahan, dan sistem rekayasa. Dalam bab ini, kita akan mengeksplorasi tujuan utama mekanika rekayasa yang membimbing para insinyur dalam merancang dan memahami kinerja struktur.

3.2.1 Menganalisis Perilaku Material

Salah satu tujuan utama mekanika rekayasa adalah memahami perilaku material structural (Farhan Septianto, Anisah, 2023). Dengan mempelajari elastisitas, plastisitas, dan deformasi material, para insinyur dapat merancang struktur yang tahan terhadap beban eksternal dan kondisi lingkungan.

Mekanika rekayasa mencakup analisis yang mendalam terhadap perilaku material, suatu aspek kritis dalam perancangan struktur yang memerlukan pemahaman yang kuat dan teliti. Perilaku material merujuk pada cara bahan-bahan yang digunakan dalam konstruksi dan rekayasa berinteraksi dengan beban eksternal, suhu, dan lingkungan sekitar (Effendi, 2021).

1. Elastisitas: Respon terhadap Beban

Elastisitas adalah sifat material untuk kembali ke bentuk aslinya setelah beban diterapkan dan kemudian dihilangkan. Pemahaman elastisitas memungkinkan insinyur untuk memprediksi deformasi dan respons material terhadap beban, yang penting dalam menilai keamanan dan integritas struktur.

2. Plastisitas: Perilaku Deformasi Permanen

Plastisitas mencakup perubahan deformasi permanen yang terjadi dalam material ketika beban melebihi batas elastis. Memahami titik plastisitas material penting untuk mencegah kegagalan struktural yang tidak diinginkan dan memastikan bahwa desain struktur memperhitungkan batas plastis material yang digunakan.

3. Deformasi Material: Studi perubahan Bentuk

Analisis deformasi material melibatkan pemahaman tentang bagaimana bahan berubah bentuk atau mengalami perubahan dimensi saat dikenai beban. Inilah yang membantu insinyur merancang struktur dengan mempertimbangkan deformasi yang dapat terjadi dan mengidentifikasi apakah deformasi tersebut dapat diterima atau memerlukan Tindakan korektif.

4. Modulus Elastis: Kestabilan Struktural

Modulus elastisitas adalah ukuran kekakuan material, dan pemahaman tentang konsep ini penting dalam menentukan kestabilan struktural. Material dengan modulus elastisitas yang tinggi dapat menahan beban dengan lebih baik, sementara material dengan modulus rendah mungkin lebih rentan terhadap deformasi berlebihan.

5. Pengaruh Suhu dan Lingkungan

Perilaku material dapat dipengaruhi oleh suhu dan kondisi lingkungan. Pemahaman tentang bagaimana material berperilaku dalam berbagai kondisi dapat membantu insinyur merancang struktur yang tahan terhadap fluktuasi suhu dan lingkungan eksternal.

Melalui analisis perilaku material, insinyur dapat membuat keputusan informasi tentang pemilihan material, desain struktur, dan langkah-langkah pencegahan yang diperlukan untuk memastikan kinerja optimal dan keamanan dalam proyek rekayasa.

3.2.2 Desain Struktur yang Efisien

Mekanika rekayasa bertujuan untuk mengembangkan metode desain yang efisien, meminimalkan penggunaan material

dan biaya produksi tanpa mengorbankan keamanan dan kinerja struktural.

Desain struktur yang efisien adalah inti dari keberhasilan setiap proyek rekayasa. Dalam mekanika rekayasa, tujuan utama adalah menciptakan struktur yang tidak hanya tahan lama dan aman, tetapi juga memaksimalkan penggunaan sumber daya dengan cara yang paling efisien (Annasir, 2023). Berikut adalah beberapa aspek utama yang terlibat dalam desain struktur yang efisien:

1. Optimalisasi Penggunaan Material

Desain struktur yang efisien memperhatikan penggunaan material secara optimal. Ini melibatkan pemilihan bahan yang sesuai dengan kebutuhan struktural dan meminimalkan limbah atau kelebihan material. Analisis ketat terhadap karakteristik material dan beban yang diterapkan membantu mencapai efisiensi dalam penggunaan material.

2. Analisis Beban dan Distribusi Beban

Desain struktur yang efisien memerlukan pemahaman yang mendalam tentang jenis beban yang akan diterapkan pada struktur. Dengan menganalisis distribusi beban dengan cermat, insinyur dapat merancang struktur yang efisien dan dapat menanggung beban dengan optimal tanpa kelebihan beban yang tidak perlu.

3. Keberlanjutan dan Ramah Lingkungan

Desain struktur yang efisien juga melibatkan pertimbangan terhadap keberlanjutan dan dampak lingkungan. Pemilihan material ramah lingkungan dan strategi konstruksi berkelanjutan menjadi bagian penting dari desain yang efisien, menciptakan struktur yang tidak hanya berkinerja tinggi tetapi juga mengurangi jejak lingkungan.

4. Optimalisasi Bentuk dan Struktur

Mengoptimalkan bentuk dan konfigurasi struktur adalah elemen kunci dalam desain yang efisien. Dengan memanfaatkan bentuk yang tepat dan struktur yang optimal, insinyur dapat mengurangi beban bekerja pada

material, sehingga menciptakan struktur yang lebih ringan dan efisien secara struktural.

5. Biaya Produksi dan Pengelolaan Proyek

Desain struktur yang efisien juga mempertimbangkan aspek ekonomi proyek. Ini melibatkan pemantauan biaya produksi, pengelolaan sumber daya, dan efisiensi konstruksi. Insinyur berusaha mencapai keseimbangan antara kualitas struktural dan biaya produksi agar proyek tetap dalam anggaran dan selesai tepat waktu.

3.2.3 Memprediksi Kegagalan Struktur

Memprediksi kegagalan struktur adalah langkah kritis dalam mekanika rekayasa yang bertujuan untuk mengidentifikasi potensi risiko dan mengambil tindakan pencegahan yang tepat sebelum terjadinya kegagalan. Analisis yang cermat dan pemahaman yang mendalam tentang perilaku material dan beban yang diterapkan memungkinkan insinyur untuk melakukan prediksi kegagalan dengan akurasi. Berikut adalah aspek utama yang terlibat dalam memprediksi kegagalan struktur: (Mirnayani and Suwandari, 2020)

1. Analisis Beban dan Batas Keamanan

Sebelum kegagalan struktur adalah langkah kritis dalam mekanika rekayasa yang bertujuan untuk mengidentifikasi potensi risiko dan mengambil tindakan pencegahan yang tepat sebelum terjadinya kegagalan. Analisis yang cermat dan pemahaman yang mendalam tentang perilaku material dan beban yang diterapkan memungkinkan insinyur untuk melakukan prediksi kegagalan dengan akurasi. Berikut adalah aspek utama yang terlibat dalam memprediksi kegagalan struktur

2. Perilaku Material dan Pemilihan Model Analisis

Pemahaman yang mendalam tentang perilaku material sangat penting dalam memprediksi kegagalan struktur. Insinyur menggunakan model matematika dan analisis numerik untuk meramalkan bagaimana material akan merespons terhadap beban eksternal. Model analisis ini membantu mengidentifikasi potensi titik kegagalan dan zona yang rentan terhadap deformasi berlebihan.

3. Analisis Struktur Terhadap Beban Ekstrim

Memprediksi kegagalan melibatkan analisis terhadap beban ekstrim yang mungkin terjadi selama umur pakai struktur. Analisis beban gempa, angin kencang, atau beban dinamis lainnya membantu insinyur mengidentifikasi titik kegagalan potensial dan merancang struktur dengan mempertimbangkan kondisi ekstrim ini.

4. Penggunaan Metode-Faktor Keamanan

Insinyur menggunakan metode-faktor keamanan untuk memastikan bahwa struktur memiliki toleransi yang memadai terhadap variasi beban dan kondisi eksternal. Pemilihan faktor keamanan yang tepat membantu mencegah kegagalan yang tidak terduga dan memastikan kinerja struktur sesuai dengan standar keamanan yang ditetapkan.

6. Monitoring Struktur dan Pemeliharaan Periodik

Prediksi kegagalan tidak berakhir pada tahap perancangan; pemantauan struktur selama umur pakai adalah kunci untuk memastikan keamanan berkelanjutan. Insinyur mengimplementasikan sistem pemantauan dan perawatan periodik untuk mendeteksi potensi kerusakan atau perubahan kondisi yang dapat menyebabkan kegagalan.

Memprediksi kegagalan struktur bukan hanya tugas sekali waktu, melainkan suatu pendekatan berkelanjutan yang melibatkan analisis, perencanaan, dan tindakan yang konsisten selama seluruh siklus hidup struktur.

3.2.4 Inovasi Teknologi Konstruksi

Inovasi teknologi konstruksi mencerminkan evolusi konstan dalam cara kita merancang, membangun, dan memelihara infrastruktur (Berutu, 2023). Sebagai bagian integral dari mekanika rekayasa, inovasi ini mendefinisikan masa depan konstruksi yang lebih efisien, aman, dan berkelanjutan. Berikut adalah beberapa aspek utama terkait inovasi teknologi konstruksi:

1. Penggunaan Teknologi *BIM (Building Information Modeling)*
Building Information Modeling (BIM) telah menjadi pendorong utama inovasi dalam perencanaan dan desain konstruksi. *BIM* memungkinkan para profesional untuk membuat model digital yang menyatukan informasi dari seluruh siklus hidup proyek, termasuk desain, konstruksi, dan pemeliharaan. Dengan *BIM*, kolaborasi tim menjadi lebih efisien, dan kesalahan desain dapat diidentifikasi lebih awal.
2. Robotika dan Automasi Konstruksi
Penggunaan robotika dan otomatisasi dalam konstruksi meningkatkan produktivitas dan keselamatan pekerja. Robot konstruksi dapat digunakan untuk tugas-tugas berulang, seperti penggalian dan pemasangan struktur. Selain itu, otomatisasi juga digunakan dalam penyusunan dan penempatan material untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi waktu konstruksi.
3. Material Inovatif dan Nano teknologi
Pengembangan material inovatif, termasuk material ramah lingkungan dan cerdas, menjadi fokus utama dalam inovasi konstruksi. Nano teknologi digunakan untuk meningkatkan sifat material, termasuk kekuatan, ketahanan, dan kemampuan termal. Material cerdas bahkan dapat memberikan fungsi tambahan, seperti self-healing atau kemampuan adaptasi terhadap perubahan lingkungan.
4. Pemantauan *Real-time* dan *Internet of Things (IoT)*
Teknologi pemantauan *real-time* dan *IoT* memungkinkan pengumpulan data yang terus-menerus dari kondisi struktur dan lingkungan sekitar. Dengan analisis data yang tepat, insinyur dapat mendeteksi potensi masalah lebih awal, merencanakan perawatan preventif, dan meningkatkan efisiensi operasional. Sensor-sensor pintar terpasang pada struktur untuk memantau deformasi, suhu, kelembaban, dan faktor-faktor lainnya
5. Cetak 3D dan Modularitas Konstruksi
Cetak 3D membuka peluang baru dalam metode konstruksi. Struktur dapat dicetak secara langsung di lokasi proyek

menggunakan teknologi cetak 3D, mengurangi pemborosan material dan waktu. Modularitas konstruksi, dengan prefabricasi dan prefabrikasi, memungkinkan pembangunan cepat dan efisien, serta meminimalkan gangguan pada lokasi proyek.

6. Kecerdasan Buatan (*AI*) dan Analisis *Big Data*

Penerapan kecerdasan buatan dan analisis *big data* memberikan wawasan mendalam dalam pengelolaan proyek konstruksi. *AI* digunakan untuk perencanaan proyek yang lebih baik, optimasi sumber daya, dan prediksi kegagalan atau masalah potensial. Analisis *big data* membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih informasional dan mengoptimalkan kinerja proyek.

Inovasi teknologi konstruksi tidak hanya mempercepat proses konstruksi, tetapi juga mengarah pada pembangunan infrastruktur yang lebih tahan lama dan efisien.

3.2.5 Keberlanjutan Lingkungan

Tujuan penting mekanika rekayasa adalah mencapai keberlanjutan lingkungan. Ini mencakup pemilihan bahan ramah lingkungan, perancangan struktur yang dapat didaur ulang, dan pendekatan konstruksi yang berkelanjutan (Siagian, 2005).

Keberlanjutan lingkungan merupakan pendekatan integral dalam rekayasa dan konstruksi yang bertujuan untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan dan meningkatkan efisiensi sumber daya. Dalam konteks mekanika rekayasa, prinsip-prinsip keberlanjutan ini mencakup berbagai aspek yang membantu menciptakan solusi rekayasa yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (Saragi, 2023).

1. Pemilihan Bahan Ramah Lingkungan

Pertimbangan utama keberlanjutan lingkungan adalah pemilihan bahan konstruksi yang memiliki dampak lingkungan yang rendah. Ini melibatkan pemilihan material yang dapat didaur ulang, memiliki siklus hidup yang panjang, dan diproduksi dengan cara yang mengurangi emisi karbon dan limbah.

2. Desain Energi Efisien

Desain struktur yang berfokus pada efisiensi energi merupakan langkah penting dalam keberlanjutan. Ini mencakup pemanfaatan sumber energi terbarukan, desain bangunan yang memaksimalkan pemanfaatan cahaya alami, dan penerapan teknologi yang mengurangi konsumsi energi selama siklus hidup struktur.

3. Pertimbangan Siklus Hidup

Keberlanjutan lingkungan juga memperhatikan siklus hidup keseluruhan suatu proyek konstruksi. Ini mencakup tahap perencanaan, konstruksi, penggunaan, dan akhir hayat struktur. Melibatkan siklus hidup dalam perencanaan membantu mengidentifikasi cara untuk mengurangi dampak lingkungan dari awal hingga akhir.

4. Pemeliharaan dan Pemantauan

Pemeliharaan yang baik dan pemantauan teratur merupakan bagian kunci dari keberlanjutan lingkungan. Perawatan yang tepat dapat memperpanjang umur pakai struktur dan mengurangi kebutuhan akan penggantian material. Pemantauan juga membantu mendeteksi perubahan kondisi dan potensi kerusakan sejak dini.

5. Manajemen Limbah dan Daur Ulang

Praktik keberlanjutan mencakup manajemen limbah yang efisien dan daur ulang material. Proyek konstruksi harus meminimalkan limbah yang dihasilkan dan memprioritaskan daur ulang material bekas untuk mengurangi penggunaan sumber daya baru.

6. Kolaborasi dan Keterlibatan Stakeholder

Keterlibatan dan kolaborasi dengan berbagai pihak, termasuk pemerintah, masyarakat, dan pemangku kepentingan lainnya, merupakan aspek kunci dalam mencapai keberlanjutan lingkungan. Ini melibatkan pemahaman bersama tentang tujuan keberlanjutan dan adopsi praktik terbaik dalam industri.

7. Inovasi Teknologi untuk Lingkungan

Pengembangan dan penerapan teknologi inovatif dapat memainkan peran besar dalam mencapai keberlanjutan.

lingkungan. Ini mencakup penggunaan teknologi canggih seperti sensor pintar, *AI*, dan solusi teknologi lainnya untuk memantau dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya.

3.3 Kesimpulan

Mekanika rekayasa memainkan peran sentral dalam dunia teknik sipil dengan tujuan yang luas dan mendalam. Melalui pemahaman perilaku material, desain struktur yang efisien, prediksi kegagalan, inovasi teknologi konstruksi, dan komitmen pada keberlanjutan lingkungan, mekanika rekayasa bertujuan untuk menciptakan solusi teknik yang canggih dan berkelanjutan.

Tujuan utama mekanika rekayasa mencakup analisis yang mendalam terhadap sifat-sifat material, memastikan desain struktur yang efisien dan tahan lama, serta memprediksi dan mencegah potensi kegagalan. Di samping itu, mekanika rekayasa juga mendorong inovasi teknologi konstruksi, termasuk pemanfaatan BIM, robotika, dan material inovatif, untuk membangun masa depan infrastruktur yang lebih baik.

Keberlanjutan lingkungan merupakan aspek krusial, memandang mekanika rekayasa sebagai kekuatan untuk menghasilkan dampak positif pada lingkungan. Dengan mengintegrasikan pemilihan bahan yang ramah lingkungan, desain energi efisien, dan praktik konstruksi berkelanjutan, mekanika rekayasa menciptakan jembatan antara proyek rekayasa dan lingkungan yang sehat.

Sebagai suatu kesatuan, tujuan mekanika rekayasa mencerminkan upaya terus-menerus untuk meningkatkan keamanan, efisiensi, dan keberlanjutan dalam dunia teknik sipil. Dengan terus berinovasi dan mematuhi prinsip-prinsip etika dan keberlanjutan, mekanika rekayasa memberikan sumbangan berharga untuk mencapai masa depan yang lebih baik dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Annasir, M.A.M. (2023) 'Tesis analisis *value engineering* pada proyek pembangunan rumah sakit ki ageng sedayu kabupaten pekalongan'.
- Berutu, B.R. (2023) 'Inovasi Konstruksi Berkelanjutan : Menjaga Lingkungan di Era Teknik Budi Rasmianto Berutu Sipil'.
- Effendi, M.K. (2021) 'Pengaruh Model Analisa Elemen Hingga dan Sifat Material Terhadap Perilaku Struktural Tabung Baja Persegi Diisi Beton', *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 19(1), p. 1. Available at: <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v19i1.4967>.
- Farhan Septianto, Anisah, D. (2023) 'KAJIAN LITERATUR KARAKTERISTIK BETON DALAM HAL ENERGI FRAKTUR PENDAHULUAN Konstruksi bangunan sangat penting bagi kehidupan manusia , seperti tempat tinggal , tempat beribadah , tempat bekerja . Beton adalah salah satu bahan konstruksi yang paling umum di', 1.
- Mirnayani, M. and Suwandari, Y.D. (2020) 'Pemodelan Probabilistik untuk Memprediksi Risiko Kerusakan Struktur Beton pada Tahap Konstruksi pada Gedung Bertingkat', *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2020*, 2459(9727), pp. 316–322.
- Novanda, A.P. and Br, U. (2023) 'Hukum Lingkungan: Membangun Masa Depan yang Berkelanjutan'.
- Santoso, A. (2023) 'Rekayasa Energi : Inovasi dan Efisiensi dalam Mesin Konversi Energi', pp. 1–8.
- Saragi, M. (2023) 'MEMBANGUN INFRASTRUKTUR BERKELANJUTAN: KONTRIBUSI INSINYUR SIPIL UNTUK MASA DEPAN (Building Sustainable Infrastructure: The Contribution of Civil Engineers to the Future)', *Jurnal Kependudukan Dan Pembangunan Lingkungan*, 4(1), pp. 28–35.
- Siagian, I.S. (2005) 'Bahan Bangunan yang Ramah Lingkungan', *Universitas Sumatera Utara*, pp. 1–13.

Yunita Messa, Reini Wirahadikusumah, M.A. (2017) 'Konsep dan Penerapan Pengadaan Berkelanjutan untuk Proyek Konstruksi-Studi Literatur', *Prosiding Konferensi ...* [Preprint], (April 2022). Available at: https://www.researchgate.net/profile/Yunita-Messah/publication/359938441_KONSEP_DAN_PENERAPAN_PENGADAAN_BERKELANJUTAN_UNTUK_PROYEK_KONSTRUKSI-STUDI_LITERATUR/links/6257d0ae4173a21a0d11725f/KONSEP-DAN-PENERAPAN-PENGADAAN-BERKELANJUTAN-UNTUK-PROYEK-KONSTRU.

BAB 4

MANFAAT MEKANIKA REKAYASA

Oleh Erniati Bachtiar

4.1 Pendahuluan

Mekanika rekayasa memiliki berbagai manfaat dalam berbagai bidang, termasuk desain struktural, analisis material, dinamika mesin, dan mekanika fluida. Ilmu mekanika rekayasa merupakan ilmu dasar yang sangat bermanfaat diberbagai bidang, sehingga mekanika rekayasa sangat penting karena memberikan dasar teoritis dan praktis bagi perancangan, analisis, dan pemahaman perilaku bahan dan struktur, serta mesin dan sistem mekanik lainnya.

Dalam desain struktural, mekanika rekayasa digunakan untuk merancang struktur bangunan, jembatan, dan infrastruktur lainnya agar dapat menahan beban dan tekanan dengan aman (Hibbeler, 2013; McCormac & Csernak, 2015). Dalam analisis material, mekanika rekayasa membantu menganalisis sifat mekanik material seperti kekuatan tarik, kekuatan lentur, dan kekerasan untuk memastikan kecocokan dalam aplikasi tertentu (Beer et al., 2014; Gere & Goodno, 2018). Dalam dinamika mesin, mekanika rekayasa digunakan dalam analisis dinamika mesin untuk memahami pergerakan dan gaya pada komponen-komponen mesin (Norton, 2014; Shigley et al., 2010). Mekanika rekayasa dibidang mekanika fluida sangat bermanfaat dalam analisis dan desain sistem fluida seperti pompa, turbin, dan saluran air (Fox et al., 2011; Munson et al., 2016). Penerapan mekanika rekayasa dapat menghasilkan produk dengan biaya yang lebih rendah dan meningkatkan efisiensi proses produksi untuk mengatasi tantangan baru dan mendorong inovasi di berbagai industri (Groover, 2018). Manfaat mekanika rekayasa secara detail untuk berbagai bidang dibahas untuk sub bab selanjutnya.

4.2 Desain Struktural

Mekanika rekayasa memiliki peran krusial dalam desain struktural, yaitu merancang dan menganalisis struktur bangunan atau sistem lain agar dapat menahan beban dan tekanan dengan aman serta efisien. Berikut adalah beberapa pemanfaatan mekanika rekayasa dalam desain struktural:

1. Analisis Beban:

Mekanika rekayasa membantu dalam menganalisis dan memahami beban-beban yang akan diterima oleh struktur. Ini melibatkan identifikasi beban mati (berat sendiri struktur), beban hidup (beban dinamis seperti manusia dan peralatan), dan beban lingkungan lainnya.

2. Penentuan Kekuatan Material:

Melalui mekanika rekayasa, insinyur dapat menganalisis sifat mekanik material yang akan digunakan dalam struktur. Pengetahuan tentang kekuatan tarik, kekuatan lentur, dan sifat-sifat elastis material membantu menentukan material yang sesuai.

3. Perhitungan Struktur:

Mekanika rekayasa digunakan untuk melakukan perhitungan yang sangat rinci terkait dengan distribusi beban, deformasi, dan respons struktural. Ini melibatkan penggunaan persamaan-persamaan mekanika seperti persamaan keseimbangan dan persamaan gerak.

4. Desain Balok, Kolom, dan Fondasi:

Insinyur struktural menggunakan prinsip mekanika rekayasa untuk merancang elemen-elemen struktural seperti balok, kolom, dan fondasi. Mekanika rekayasa memastikan bahwa dimensi dan bentuk elemen struktural tersebut memenuhi persyaratan kekuatan dan keamanan.

5. Analisis Stabilitas dan Keamanan:

Mekanika rekayasa membantu dalam menganalisis stabilitas keseluruhan struktur. Ini mencakup pemeriksaan kestabilan kolom, analisis beban lateral, dan penentuan keamanan terhadap potensi kegagalan seperti geser, lentur, atau tekan.

6. Pemodelan Struktur:

Dengan menggunakan prinsip mekanika rekayasa, insinyur dapat memodelkan struktur secara matematis dan melakukan analisis elemen hingga untuk memperoleh gambaran yang akurat tentang respons struktural terhadap beban-beban tertentu.

7. Optimasi Desain:

Mekanika rekayasa membantu dalam merancang struktur secara efisien dengan mempertimbangkan distribusi material dan bentuk struktur yang optimal untuk meminimalkan berat atau biaya struktur.

8. Penggunaan Perangkat Lunak Analisis Struktural:

Berbagai perangkat lunak analisis struktural memanfaatkan konsep mekanika rekayasa untuk memberikan simulasi dan analisis yang mendalam terhadap perilaku struktur dalam berbagai kondisi beban.

9. Pemahaman Terhadap Deformasi Struktural:

Mekanika rekayasa membantu dalam memahami deformasi struktural, yang penting untuk memastikan bahwa tingkat deformasi yang diterima oleh struktur masih dalam batas yang dapat diterima dan tidak mengganggu fungsi atau keamanan struktur.

Pemanfaatan mekanika rekayasa dalam desain struktural memberikan dasar yang kuat untuk menciptakan struktur yang efisien, kuat, dan aman. Keseluruhan proses ini membantu dalam meminimalkan risiko kegagalan dan memastikan bahwa struktur dapat berfungsi sesuai dengan tujuannya dalam jangka Panjang.

4.3 Analisis Material

Mekanika rekayasa memiliki peran penting dalam analisis material, yang mencakup pemahaman sifat-sifat mekanik dan perilaku material. Pemanfaatan mekanika rekayasa dalam analisis material melibatkan beberapa aspek, di antaranya:

1. Penentuan Kekuatan Material

Mekanika rekayasa membantu dalam menentukan berbagai parameter kekuatan material, seperti kekuatan tarik, kekuatan lentur, kekerasan, dan modulus elastisitas. Informasi ini sangat

penting dalam menilai kecocokan material dengan aplikasi tertentu.

2. Analisis Tegangan dan Regangan:

Konsep tegangan dan regangan adalah bagian integral dari mekanika rekayasa. Pada analisis material, mekanika rekayasa digunakan untuk memahami dan mengukur distribusi tegangan dan regangan pada berbagai kondisi beban.

3. Pemahaman Kurva Tegangan-Regangan:

Mekanika rekayasa digunakan untuk menganalisis kurva tegangan-regangan, yang memberikan gambaran tentang perilaku material dalam respons terhadap beban. Ini membantu insinyur memahami batas elastisitas, kekuatan ultimate, dan titik leleh material.

4. Uji Mekanik Material:

Mekanika rekayasa terlibat dalam perencanaan, pelaksanaan, dan interpretasi uji mekanik material seperti uji tarik, uji lentur, dan uji keras. Data dari uji ini digunakan untuk mengkonfirmasi sifat-sifat mekanik material.

5. Pemilihan Material yang Tepat:

Dengan pengetahuan mekanika rekayasa, insinyur dapat memilih material yang sesuai dengan kebutuhan spesifik suatu aplikasi. Ini mencakup pertimbangan terhadap kekuatan, berat, biaya, dan karakteristik lainnya.

6. Analisis Kegagalan Material:

Mekanika rekayasa digunakan untuk menganalisis kegagalan material dan memahami faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan atau pecahnya material. Ini membantu dalam meningkatkan desain untuk mencegah kegagalan di masa mendatang.

7. Optimasi Desain Material:

Mekanika rekayasa memungkinkan insinyur untuk mengoptimalkan desain material dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti distribusi tegangan, keausan, dan keamanan struktural.

8. Penentuan Siklus Hidup Material:

Dalam aplikasi seperti desain mesin dan komponen, mekanika rekayasa digunakan untuk menganalisis siklus hidup material, termasuk kelelahan dan deformasi permanen, untuk memastikan bahwa material dapat bertahan dalam jangka waktu yang diinginkan.

9. Pemodelan Material dalam Analisis Struktural:

Mekanika rekayasa digunakan untuk memodelkan perilaku material dalam analisis struktural yang lebih besar, seperti ketika struktur tunduk pada beban-beban eksternal.

Dengan pemanfaatan mekanika rekayasa dalam analisis material, insinyur dapat membuat keputusan yang informasional dan tepat saat memilih, merancang, dan menggunakan material untuk berbagai aplikasi rekayasa. Hal ini mendukung pencapaian kinerja optimal dan keamanan dalam penggunaan material pada berbagai proyek rekayasa.

4.4 Dinamika Mesin

Mekanika rekayasa sangat penting dalam bidang dinamika mesin, yang berkaitan dengan analisis gerak, gaya, dan momen pada komponen mesin dan sistem mekanik. Pemanfaatan mekanika rekayasa dalam dinamika mesin mencakup beberapa aspek kunci, antara lain:

1. Analisis Gerak Mesin:

Mekanika rekayasa digunakan untuk menganalisis gerak relatif antara komponen-komponen mesin. Ini melibatkan pemahaman kinematika dan dinamika mesin untuk memodelkan pergerakan bagian-bagian seperti poros, roda gigi, dan tuas.

2. Pemodelan Dinamika Mesin:

Mekanika rekayasa digunakan untuk memodelkan sistem mesin secara matematis. Ini mencakup pembuatan persamaan gerak yang menggambarkan respons mesin terhadap gaya dan momen yang bekerja padanya.

3. Analisis Gaya dan Momen:

Mekanika rekayasa membantu dalam menganalisis gaya dan momen yang diterapkan pada komponen mesin. Ini melibatkan

pemahaman prinsip-prinsip dasar seperti hukum Newton dan hukum kekekalan momen.

4. Desain Mekanisme dan Transmisi:

Dengan mekanika rekayasa, insinyur dapat merancang mekanisme dan transmisi yang efisien. Analisis kinematika dan dinamika membantu memastikan bahwa transmisi daya dari satu komponen ke komponen lainnya dapat dilakukan dengan optimal.

5. Analisis Getaran Mesin:

Mekanika rekayasa digunakan untuk menganalisis dan memahami getaran mesin. Ini termasuk analisis frekuensi dan amplitudo getaran, serta pengaruhnya terhadap kinerja dan umur mesin.

6. Analisis Keseimbangan dan Putaran:

Mekanika rekayasa membantu dalam analisis keseimbangan dinamis dan putaran komponen mesin. Ini penting untuk memastikan bahwa mesin beroperasi dengan stabil dan efisien.

7. Pemodelan Energi dan Daya:

Mekanika rekayasa digunakan untuk memodelkan energi dan daya yang terlibat dalam operasi mesin. Ini melibatkan analisis kebutuhan daya, transfer energi, dan efisiensi mesin.

8. Analisis Beban Torsional:

Mekanika rekayasa digunakan untuk menganalisis beban torsional pada poros dan struktur mesin lainnya. Pemahaman terhadap momen torsi sangat penting untuk memastikan kekuatan dan keandalan sistem.

9. Desain Bantalan dan Sistem Pengendalian:

Mekanika rekayasa membantu dalam desain bantalan dan sistem pengendalian untuk mengelola gesekan, vibrasi, dan keausan pada komponen mesin.

10. Analisis Kegagalan dan Pemeliharaan:

Dengan menggunakan prinsip mekanika rekayasa, insinyur dapat menganalisis potensi kegagalan dan merencanakan program pemeliharaan preventif untuk memastikan kinerja dan keandalan mesin.

Pemanfaatan mekanika rekayasa dalam dinamika mesin membantu insinyur merancang, menganalisis, dan mengoptimalkan

kinerja berbagai komponen dan sistem mesin. Hal ini mendukung pencapaian efisiensi, keandalan, dan keamanan operasional pada berbagai aplikasi mesin, termasuk di dalamnya kendaraan, peralatan manufaktur, dan mesin industri lainnya.

4.5 Mekanika Fluida

Mekanika rekayasa memiliki peran yang signifikan dalam mekanika fluida, yaitu studi tentang perilaku fluida (cairan dan gas) serta interaksinya dengan benda-benda padat. Pemanfaatan mekanika rekayasa pada mekanika fluida mencakup beberapa aspek kunci, seperti:

1. **Analisis Aliran Fluida:**
Mekanika rekayasa membantu dalam menganalisis aliran fluida, termasuk perhitungan laju aliran, kecepatan, dan distribusi tekanan dalam suatu sistem. Hal ini penting untuk desain saluran, pipa, dan komponen fluida lainnya.
2. **Hukum Kekekalan Massa dan Energi:**
Prinsip-prinsip mekanika rekayasa, seperti hukum kekekalan massa dan energi, digunakan dalam analisis aliran fluida. Ini membantu dalam memahami distribusi massa dan energi dalam suatu sistem fluida.
3. **Analisis Tekanan dan Gaya pada Permukaan:**
Mekanika rekayasa membantu dalam memahami distribusi tekanan pada permukaan benda yang terkena aliran fluida. Analisis ini penting untuk memastikan bahwa struktur dapat menahan tekanan fluida dengan aman.
4. **Pemodelan Dinamika Fluida:**
Mekanika rekayasa digunakan untuk memodelkan dinamika fluida dalam berbagai situasi, termasuk aliran laminar dan turbulen. Pemodelan ini membantu dalam merancang sistem yang efisien dan stabil.
5. **Analisis Hambatan Fluida:**
Dalam desain kendaraan, pesawat, atau bangunan, mekanika rekayasa membantu menganalisis hambatan fluida yang dikenakan oleh benda terhadap aliran fluida. Hal ini penting untuk efisiensi aerodinamika dan penghematan energi.
6. **Analisis Tegangan pada Struktur Terendam:**

Mekanika rekayasa digunakan untuk menganalisis tegangan dan beban hidrodinamika pada struktur terendam seperti kapal dan platform lepas pantai.

7. Desain Pompa dan Turbin:

Mekanika rekayasa membantu dalam desain pompa dan turbin dengan memahami prinsip-prinsip hidrodinamika yang terlibat. Hal ini melibatkan analisis performa pompa dan turbin dalam menggerakkan fluida.

8. Analisis Perpindahan Panas dalam Fluida:

Dalam aplikasi termal, mekanika rekayasa digunakan untuk menganalisis perpindahan panas dalam fluida. Ini mencakup pemahaman tentang konveksi termal dan pemanfaatan mekanika fluida dalam desain penukar panas.

9. Studi Kontaminan dalam Air atau Udara:

Mekanika rekayasa digunakan untuk memodelkan dan menganalisis perpindahan kontaminan dalam air atau udara. Ini relevan dalam situasi seperti polusi udara atau pencemaran air.

10. Desain Sistem Pipa dan Saluran:

Mekanika rekayasa membantu dalam desain sistem pipa dan saluran, termasuk analisis distribusi tekanan, kecepatan aliran, dan kerugian gesekan.

11. Analisis Gempa Bumi dalam Air:

Mekanika rekayasa digunakan untuk menganalisis dampak gempa bumi terhadap struktur bawah air, seperti pipa minyak dan gas bawah laut.

Pemanfaatan mekanika rekayasa dalam mekanika fluida memungkinkan insinyur untuk merancang dan menganalisis sistem fluida dengan akurat, mengoptimalkan kinerja, dan memastikan keamanan dalam berbagai aplikasi dari transportasi hingga industri.

4.6 Kesimpulan

Penerapan mekanika rekayasa menjadi kunci dalam berbagai industri, termasuk sipil, mekanikal, aeronautika, otomotif, dan lainnya. Keberhasilan dalam rekayasa proyek dan

pengembangan teknologi seringkali sangat tergantung pada pemahaman yang baik terhadap prinsip-prinsip mekanika rekayasa.

DAFTAR PUSTAKA

- Beer, F. P., Johnston, E. R., & DeWolf, J. T. (2014). *Mechanics of Materials* (7th ed.). McGraw-Hill.
- Fox, R. W., McDonald, A. T., & Pritchard, P. J. (2011). *Introduction to Fluid Mechanics* (8th ed.). Wiley.
- Gere, J. M., & Goodno, B. J. (2018). *Mechanics of Materials* (9th ed.). Cengage Learning.
- Groover, M. P. (2018). *Fundamentals of Modern Manufacturing* (6th ed.). Wiley.
- Hibbeler, R. C. (2013). *Engineering Mechanics: Statics & Dynamics* (13th ed.). Pearson.
- McCormac, J. C., & Csernak, S. (2015). *Structural Steel Design* (6th ed.). Pearson.
- Munson, B. R., Young, D. F., Okiishi, T. H., & Huebsch, W. W. (2016). *Fundamentals of Fluid Mechanics* (8th ed.). Wiley.
- Norton, R. L. (2014). *Design of Machinery*. McGraw-Hill.
- Shigley, J. E., Mischke, C. R., & Budynas, R. G. (2010). *Mechanical Engineering Design* (9th ed.). McGraw-Hill.

BAB 5

GAYA

Oleh Teddy Irawan

5.1 Pendahuluan

Gaya dapat dijelaskan sebagai suatu tindakan yang diberikan oleh suatu objek terhadap objek lain yang sedang bergerak, mengikuti arah dari gaya tersebut, dan sifatnya sebagai besaran vektor dapat menggambarkan tidak hanya besarnya tetapi juga arahnya dalam konteks interaksi fisik antarobjek (Manalip dkk, 2022).

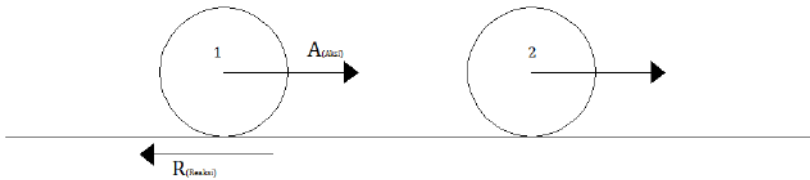
Gaya dapat diartikan sebagai kekuatan yang memiliki kemampuan untuk mengubah keadaan diam suatu benda menjadi pindah tempat. Representasi gaya umumnya dilambangkan sebagai suatu besaran dengan arah tertentu, yang sering digambarkan dalam bentuk vektor. Gaya beroperasi sepanjang lintasan atau jalur yang dilaluinya, yang dikenal sebagai garis kerja gaya. Posisi gaya diubah sepanjang garis kerja gaya. Ketika suatu benda mendapat pengaruh gaya, baik itu dalam bentuk angkatan, tarikan, atau dorongan, terjadi resistensi terhadap gaya tersebut yang dikenal sebagai reaksi. (Manalip dkk, 2022).

5.2 Sifat Gaya

Menurut penelitian Manalip dan rekan-rekan pada tahun 2022, sifat-sifat gaya dapat dirangkum sebagai berikut:

1. Gaya memiliki kemampuan untuk dipindahkan dengan cara mengubah posisi titik tangkap gaya sepanjang garis kerja yang ditempuh.
2. Dua gaya dianggap sama apabila arah dan besar yang sama dimiliki oleh 2 gaya tersebut..
3. Gaya yang berlawanan arah tetapi sejajar satu sama lain disebut sebagai dua gaya yang berlawanan.

4. Gaya kopel, yang terjadi ketika dua gaya memiliki besaran yang setara namun arahnya berlawanan, dapat menghasilkan momen.



Gambar 5.1. Aksi dan Reaksi Suatu Gaya
(Sumber : Wesli, 2017)

Gambar 5.1 memperlihatkan suatu objek yang awalnya berada pada posisi a dan kemudian dikenai gaya aksi, sehingga mengakibatkan objek tersebut berpindah ke posisi b. Fenomena ini bisa ada karena aksi yang diterapkan lebih besar dibandingkan dengan gaya reaksi. Jika besarnya reaksi setara dengan aksi, maka objek akan diam. Gaya reaksi sendiri muncul sebagai respons terhadap gaya gesek antara berat objek dengan permukaan lantai tempat objek tersebut berada. Oleh karena itu, interaksi antara gaya aksi dan gaya reaksi memainkan peran krusial dalam pergerakan atau keadaan diam suatu objek.

5.3 Sistem dan Komponen Gaya

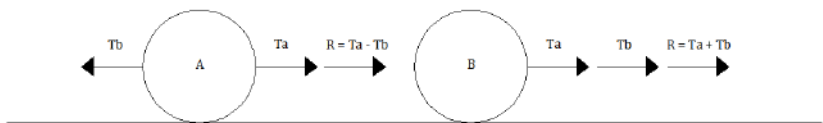
Ada tiga jenis sistem gaya yang dapat diidentifikasi, yaitu sistem gaya koplanar, sistem gaya kongkuren, dan sistem gaya kolinear. Dalam sistem gaya koplanar, garis kerja gaya disusun pada satu bidang datar tertentu. Sementara itu, sistem gaya kongkuren terjadi ketika garis kerja gaya bersilangan pada satu titik tertentu. Di sisi lain, sistem gaya kolinear terjadi ketika gaya-gaya tersebut memiliki arah tunggal sepanjang garis kerja yang sama. Selanjutnya, komponen gaya merujuk pada besaran hasil proyeksi gaya dalam suatu tata ruang dimensi. (Manalip dkk, 2022).

5.4 Resultan Gaya

Apabila dua atau lebih gaya pada suatu benda bekerja, kita dapat menggabungkan gaya-gaya tersebut dalam konsep yang disebut dengan Resultante Gaya (R). Apabila sudatu gaya di tambah maka berlaku penjumlahan dengan araha gaya yang sama. Namun, jika suatu gaya terjadi pengurangan artinya kedua gaya tersbut memiliki arah yang berlawananan, sehingga nilai atau arah gaya tersebut di ambil gaya mana yang paling besar di antara keduanya. (Wesli,2017).

Contoh 1

Pada suatu benda, terdapat dua gaya yang bekerja, yaitu T_a sebesar 1,5 kg dan T_b sebesar 2,12 kg. Dalam skenario di mana gaya T_a bekerja ke arah kiri dan gaya T_b bekerja ke arah kanan. Maka kita perlu menentukan besaran dan arah dari Resultante Gaya. Sebaliknya, pada situasi di mana gaya T_a dan T_b berkerja ke arah kanan kita juga perlu menentukan besaran dan arah dari Resultante Gaya. (lihat Gambar 5.2)



Gambar 5.2. Resultan Gaya
(Sumber : Wesli, 2017)

Dalam kedua kasus tersebut, untuk menemukan besarnya gaya Resultante, kita dapat menggunakan prinsip penjumlahan atau pengurangan besaran gaya tergantung pada arahnya. Secara matematis, besaran Resultante Gaya dapat dihitung dengan menjumlahkan atau mengurangkan besaran masing-masing gaya, dan arahnya ditentukan oleh gaya yang memiliki besaran mutlak lebih besar di antara keduanya.

Penyelesaian:

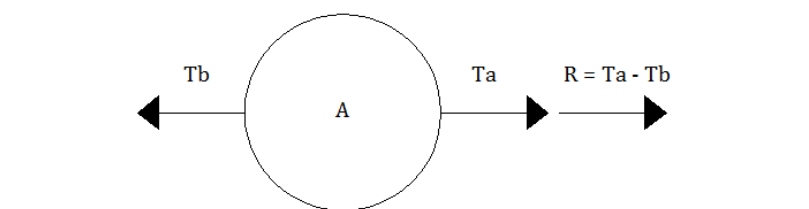
Dalam Keadaan 1 (Gambar 5.3), terdapat gaya T_a yang bergerak ke arah kiri sebesar 1,5 kg dan gaya T_b yang bergerak ke arah

kanan sebesar 2,11 kg. Jika kita menganggap arah ke kiri sebagai negatif (-) dan arah ke kanan sebagai positif (+), kita dapat menentukan besaran dan arah Resultan Gaya sebagai berikut:

$$R = T_a + T_b$$

$$R = -1,5 + 2,11$$

$$R = +0,61 \text{ kg (Arah positif ke kanan)}$$



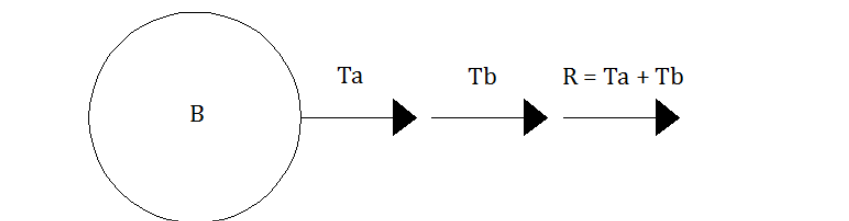
Gambar 5.3. Kondisi Resultan Gaya Berlawanan

Gambar 5.4 memperlihatkan Gaya T_a yang bergerak ke arah kanan sebesar 1,5 kg dan gaya T_b yang juga bergerak ke arah kanan sebesar 2,11 kg. Dengan asumsi arah ke kiri sebagai negatif (-) dan arah ke kanan sebagai positif (+), kita dapat menentukan besaran dan arah Resultan Gaya sebagai berikut:

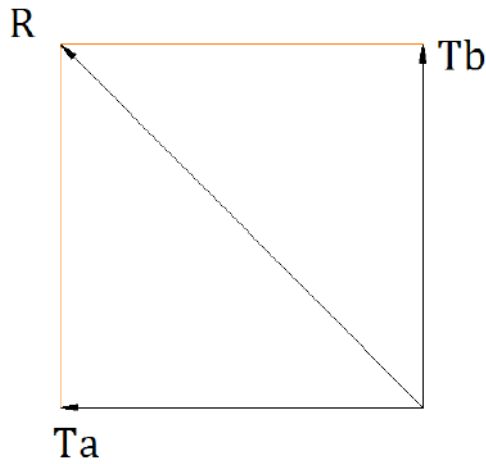
$$R = T_a + T_b$$

$$R = +1,5 + 2,11$$

$$R = +3,511 \text{ kg (Arah positif ke kanan)}$$



Gambar 5.4. Kondisi Resultan Gaya Searah



Gambar 5.5. Resultan Gaya

Dalam Gambar 5.5, terlihat bahwa gaya Ta merupakan posisi tegak lurus. Dengan menggabungkan kedua gaya Ta dan Tb, kita dapat menentukan Resultan Gaya, yang besarnya adalah:

$$R = \sqrt{Ta^2 + Tb^2}$$

Dimana:

R : Resultan Gaya.

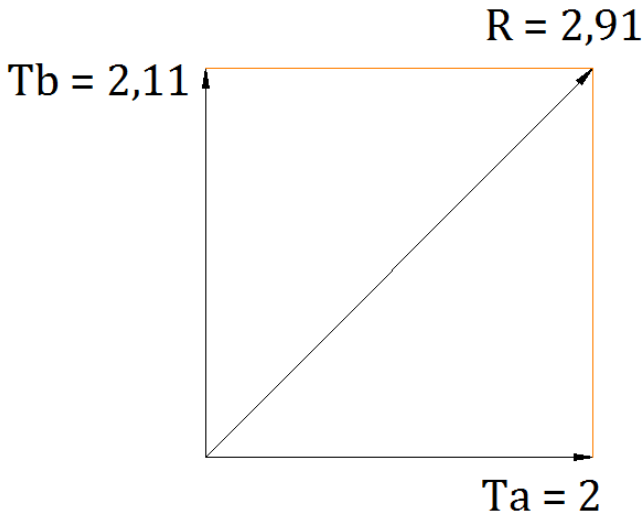
Ta : Gaya Vertikal.

Tb : Gaya Horizontal.

Contoh 2

Pada suatu objek, terdapat dua gaya yang bekerja saling tegak lurus, dengan Ta sebesar 1,75 kg dan Tb sebesar 2 kg. Dalam konteks di mana gaya Ta bergerak ke arah atas dan gaya Tb bergerak ke arah kanan, kita dapat menentukan besaran dan arah dari Resultan Gaya sebagai berikut:

Penyelesaian:



Gambar 5.5. Hasil Perhitungan Resultan Gaya

Gambar 5.5. menjelaskan hasil perhitungan resultan gaya. Gaya T_a bergerak ke atas sebesar 2 kg dan gaya T_b bergerak ke kanan sebesar 2,11 kg, kita dapat menentukan besaran dan arah dari Resultan Gaya sebagai berikut:

$$R = \sqrt{T_a^2 + T_b^2}$$

$$R = \sqrt{2^2 + 2,11^2}$$

$$R = \sqrt{4 + 4,4521}$$

$$R = \sqrt{8,4521} = 2,91 \text{ ke atas bagian kanan}$$

5.5 Gaya-gaya dalam Teknik Sipil

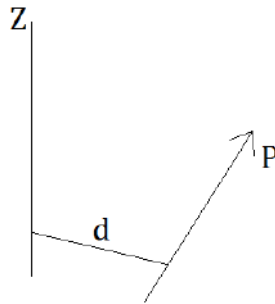
Berikut adalah gaya-gaya yang ada dalam bidang teknik sipil.

5.5.1 Gaya Dalam

Gaya-gaya yang aktif di dalam suatu struktur atau yang merambat dari muatan ke reaksi penopangan disebut sebagai gaya dalam. Menurut Heiz Frick, 2011. Gaya-gaya dalam dapat berwujud:

1. Gaya yang sejajar atau horizontal dengan sumbu pada suatu batang disebut gaya Normal (N)

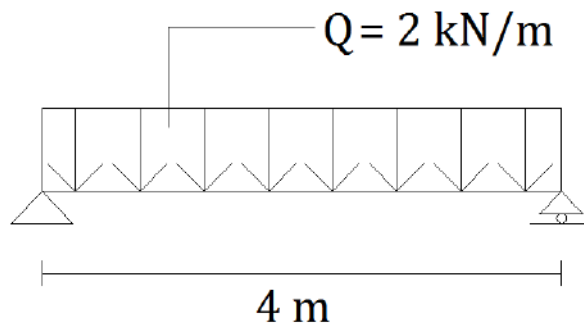
2. Gaya tegak lurus atau vertikal terhadap sumbu batang disebut Gaya Lintang. (Q)
3. Momen (M) adalah gaya yang dapat untuk membuat membengkoknya suatu batang. Rumus momen adalah Gaya dikalikan Jarak (M). Rumus nya adalah $p \times d$



Gambar 5.6. Beban Mati
(Amirsyam, 2009)

Menurut Sidharta, 1980, Gaya yang bekerja pada balok terdiri dari keadaan sebagai berikut : Apabila gaya tersebut bekerja pada balok maka gaya yang searah dengan balok tersebut merupakan **gaya normal**. Apabila gaya tersebut bekerja pada balok maka gaya yang tegak lurus dengan balok tersebut merupakan **gaya lintang**. Sedangkan **Momen** adalah gaya yang menahan lentur.

Contoh soal



Gambar 5.7. Balok sederhana

Perhitungan Reaksi Perletakan

$$\sum M_A = 0$$

$$-V_B \cdot 4 \text{ m} + Q L \cdot (1/2 \cdot L) = 0$$

$$-V_B \cdot 4 \text{ m} + 2 \text{ kN} \cdot 4 \text{ m} \cdot (1/2 \cdot L) = 0$$

$$-V_B \cdot 4 \text{ m} + 2 \text{ kN/m} \cdot 4 \text{ m} \cdot (1/2 \cdot 4 \text{ m}) = 0$$

$$-V_B \cdot 4 \text{ m} + 16 \text{ kN.m} = 0$$

$$V_B = 4 \text{ kN}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$V_A \cdot 4 \text{ m} - Q L \cdot (1/2 \cdot L) = 0$$

$$V_A \cdot 4 \text{ m} - 2 \text{ kN} \cdot 4 \text{ m} \cdot (1/2 \cdot L) = 0$$

$$V_A \cdot 4 \text{ m} - 2 \text{ kN/m} \cdot 4 \text{ m} \cdot (1/2 \cdot 4 \text{ m}) = 0$$

$$V_A \cdot 4 \text{ m} - 16 \text{ kN.m} = 0$$

$$V_A = 4 \text{ kN}$$

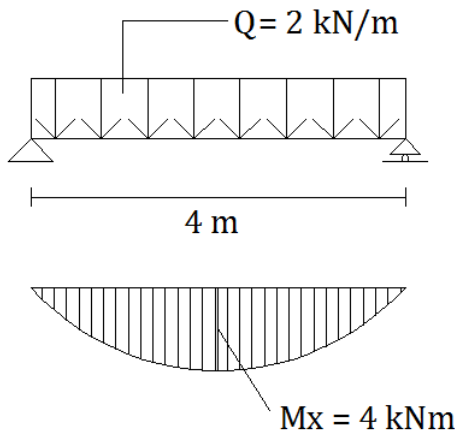
Mencari Nilai Momen

$$M_x = V_A \cdot x - \frac{1}{2} Q x^2$$

$$M_x = 4 \text{ kN} \cdot 2 \text{ m} - \frac{1}{2} 2 \text{ kN/m} \cdot (2^2)$$

$$M_x = 8 \text{ kNm} - 4 \text{ kNm}$$

$$M_x = 4 \text{ kNm}$$

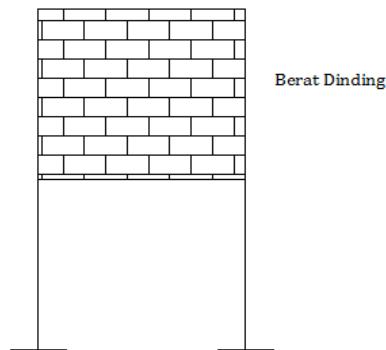


Gambar 5.8. Momen

5.5.2 Gaya Luar

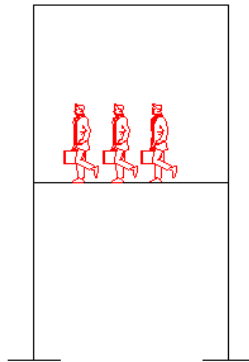
Berdasarkan Sidharta, 1980. Gaya luar merupakan gaya yang beroperasi di luar struktur Yang mempunyai mekanisme operasinya, di kelompokkan menurut waktu penerapannya, seperti:

1. Beban mati/*Deadload* adalah beban yang beroperasi secara terus-menerus atau bersifat permanen pada struktur, tidak dapat dipindahkan, contohnya adalah berat sendiri bangunan. Gambar beban mati dapat dilihat pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9. Beban Mati

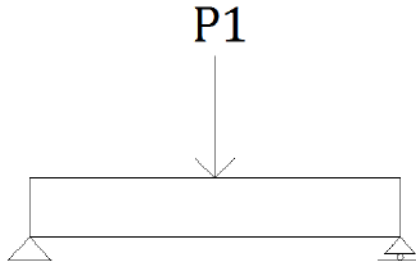
2. beban hidup/*Live Load* adalah muatan yang bersifat tidak tetap dan dapat dipindah seperti beban orang atau mobil yang bergerak. Beban Hidup dapat dilihat pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10. Beban Hidup

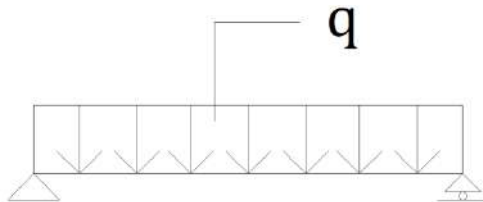
Berdasarkan sidharta, 1980 garis kerjanya atau permukaan yang menekan:

1. Beban pusat/beban simpul adalah beban yang bekerja pada suatu satu titik/simpul, contohnya adalah suatu benda di satu titik. Gambar 5.11. memperlihatkan Beban Terpusat di suatu balok.



Gambar 5.11. Beban Pusat

2. Beban terbagi rata (beban merata) adalah muatan yang merata di seluruh bidang atau permukaan, bekerja dengan distribusi yang sama pada setiap satuan luas. Contoh dari beban ini adalah berat air dalam suatu bak. Gambar 5.12. menunjukkan Beban Merata di suatu balok.



Gambar 5.12. Beban Merata

Dalam Bidang Teknik Sipil Terdapat beberapa gaya sebagai berikut :

1. Gaya Tekan

Gaya tekan adalah jenis gaya yang memiliki kecenderungan untuk menyebabkan kerusakan pada elemen struktural. Gaya ini dapat menimbulkan tekanan pada suatu elemen hingga mengakibatkan keretakan atau bahkan kehancuran. Gaya tekan

biasanya diterapkan secara vertikal pada suatu bidang. Ilustrasi Gaya Tekan dapat dilihat pada Gambar 5.13.



Gambar 5.13. Gaya Tekan

Bahan atau material struktural yang sangat efektif untuk menahan gaya tekan adalah bekg. Bekg merupakan campuran dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air, dapat juga mencakup bahan tambahan tertentu, membentuk suatu massa padat.

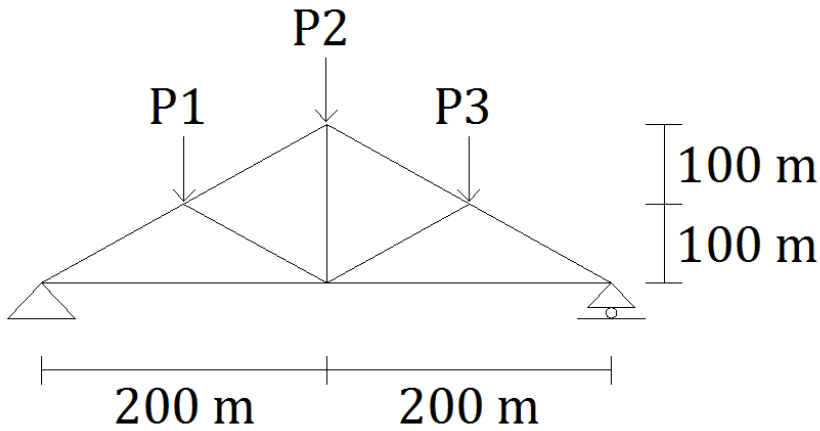
2. Gaya Tarik

Gaya tarik adalah jenis gaya yang cenderung untuk menarik elemen hingga mencapai titik putus. Bahan atau material struktural yang sangat efektif dalam menahan gaya tarik adalah baja. Baja merupakan bahan struktural yang memiliki sifat yang baik, dengan kekuatan tinggi yang konsisten baik pada kondisi tarik maupun tekan. Baja digunakan sebagai elemen struktural yang memiliki batasan sempurna, mampu menahan berbagai jenis beban, termasuk beban tarik aksial, tekan aksial, dan lentur, dengan fasilitas yang hampir serupa. Gambar 5.14 memperlihatkan Gaya Tarik pada suatu batang.



Gambar 5.14. Gaya Tarik

Contoh Gaya Batang pada Rangka Atap dengan Nilai $P_1 = 20$ kN, $P_2 = 20$ kN, $P_3 = 20$ kN pada tiga titik.



Gambar 5.15. Rangka Kuda-kuda

Mencari reaksi perletakan

$$\sum M_A = 0$$

$$-V_B \cdot 400 \text{ cm} + P_1 \cdot 100 \text{ cm} + P_2 \cdot 200 + P_3 \cdot 300 \text{ cm} = 0$$

$$-V_B \cdot 400 \text{ cm} + 20 \text{ kN} \cdot 100 \text{ cm} + 20 \text{ kN} \cdot 200 \text{ cm} + 20 \text{ kN} \cdot 300 \text{ cm} = 0$$

$$-V_B \cdot 400 \text{ cm} + 200 \text{ kN} \cdot \text{cm} + 400 \text{ kN} \cdot \text{cm} + 600 \text{ kN} \cdot \text{cm} = 0$$

$$-V_B \cdot 400 \text{ cm} + 1200 \text{ kN} \cdot \text{cm} = 0$$

$$V_B = 30 \text{ kN}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$V_A \cdot 400 \text{ cm} - P_1 \cdot 300 \text{ cm} - P_2 \cdot 200 \text{ cm} - P_3 \cdot 100 \text{ cm} = 0$$

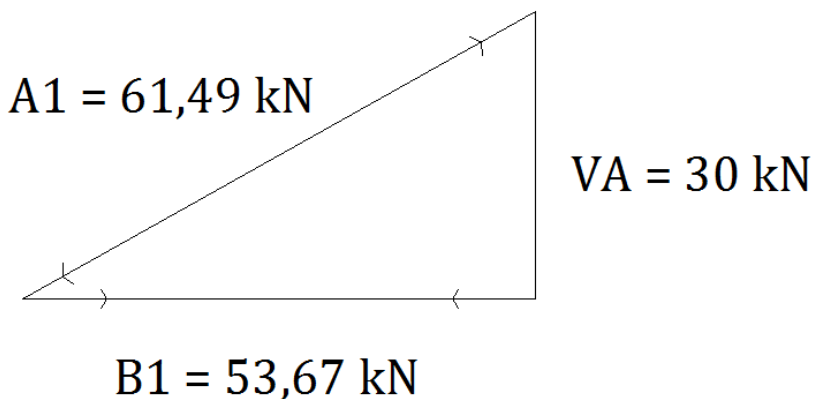
$$V_A \cdot 400 \text{ cm} - 20 \text{ kN} \cdot 300 \text{ cm} + 20 \text{ kN} \cdot 200 \text{ cm} + 20 \text{ kN} \cdot 100 \text{ cm} = 0$$

$$V_A \cdot 400 \text{ cm} + 600 \text{ kN} \cdot \text{cm} + 400 \text{ kN} \cdot \text{cm} + 200 \text{ kN} \cdot \text{cm} = 0$$

$$V_A \cdot 400 \text{ cm} + 1200 \text{ kN} \cdot \text{cm} = 0$$

$$V_A = 30 \text{ kN}$$

Contoh Mencari Gaya Batang dengan metode Cremona



Gambar 5.16. Gambar Gaya Batang dengan Metode Cremona

Tabel 5.1. Rekapitulasi Besar Gaya Batang

No	Nama Batang	Besar Gaya (kN)	
		Tekan	Tarik
1	A1	61,49	
2	B1		53,67

Berdasarkan Gambar 5.13 dapat dilihat nilai Gaya Batang tekan A1 sebesar 61,49 kN dan batang tarik pada batang sebesar 53,67 kN.

DAFTAR PUSTAKA

- Frick H. 2011. *Mekanika Teknik 1 Statika dan Kegunaanya*. Kanisius.
- Kamarwan Sidharta S. 1980. *Statika Bagian Dari Mekanika Teknik*. Jakarta: UIP.
- Nasution A. 2009. *Statika Struktur*. Jakarta: Univ Medan Area.
- Asrul, dkk. 2014. *Evaluasi Pembelajaran*. Medan: Cipta pustaka Media.
- Manalip H, H Kummat Ellen J, Windah Reky S. 2022. *Statika.Unsrat Press*

BAB 6

PEMBEBANAN

Oleh Rahma Nindya Ayu Hapsari

6.1 Pendahuluan

Desain struktur bangunan, terutama pada gedung dengan konstruksi utama dari beton dan baja, harus mematuhi peraturan yang berlaku untuk memastikan kenyamanan dan keamanan bagi pemilik dan penghuni gedung. Perencanaan konstruksi beton dan baja harus memperhatikan efektivitas ruang agar memenuhi standar kenyamanan dan pemanfaatan, sekaligus memastikan pencapaian kekuatan maksimal dan efisiensi struktur secara keseluruhan.

Beban struktur merujuk pada gaya atau suatu aksi yang dikenakan pada elemen struktur. Pemberian beban pada struktur dapat mengakibatkan munculnya tegangan, deformasi, dan perpindahan yang berpotensi merusak integritas struktural. Oleh karena itu, dalam proses perancangan struktur, penting untuk mempertimbangkan jenis beban yang akan dikenakan pada struktur selama masa operasionalnya. Tujuannya adalah agar struktur yang dibuat mampu menanggung beban dengan baik, tanpa risiko kerusakan, memberikan tingkat kenyamanan yang memadai, dan dirancang dengan efisiensi sumber daya.

6.2 Pembebanan

Beban adalah suatu gaya yang berada diluar suatu elemen ataupun struktur, dan gaya tersebut memberikan suatu pengaruh langsung pada elemen atau struktur tersebut. Tidak mudah untuk secara tepat menentukan besaran beban yang ada pada suatu elemen struktur. Meskipun kita mengetahui lokasi beban pada struktur, namun pendistribusian beban pada suatu struktur memerlukan pemahaman dan metode tertentu.

Ketika akan mengevaluasi suatu beban, kita harus memastikan bahwa kita tidak hanya menilai besarnya saja, tetapi

juga harus mempertimbangkan perilaku beban tersebut terhadap struktur. Hal tersebut berhubungan juga dengan sifat elastisitas bahan struktural, elastisitas adalah kemampuan suatu bahan atau material struktur untuk dapat kembali ke bentuk aslinya ketika kita meniadakan beban yang sebelumnya dikenakan pada bahan atau material struktur tersebut. Oleh karena itu, ketika dibebani, struktur memiliki kecenderungan untuk mengalami pergoyangan ke arah samping (*sidesway*) atau melendut ke arah bawah (*deflection*).

Ketika suatu struktur dikenakan suatu beban dan mengalami pergoyangan ke arah samping secara berulang, terjadilah suatu siklus goyangan. Waktu yang diperlukan untuk terjadinya satu siklus goyangan disebut sebagai periode getar. Pada umumnya bangunan memiliki variasi nilai periode getar, di mana periode getar terpanjangnya disebut periode dasar (*fundamental period*). Kekakuan lateral pada bangunan sangatlah bervariasi, yang tentu saja mengakibatkan variasi periode getar. Periode getar dari struktur bangunan biasanya berkisar antara 0,2 detik untuk bangunan tingkat rendah atau yang bersifat sangat kaku, hingga 9 detik untuk bangunan yang tinggi atau bangunan bersifat fleksibel.

Untuk menganalisis dan merencanakan suatu struktur bangunan, besarnya masing-masing beban harus diperhitungkan terlebih dahulu. Jenis-jenis beban yang umumnya ada pada suatu perencanaan struktur yaitu:

6.2.1 Beban Mati

Yang dimaksud dengan beban mati yaitu beban yang tetap pada posisinya dan terus-menerus bekerja dengan arah ke bumi karena adanya pengaruh gravitasi. Beban mati melibatkan berat struktur itu sendiri, serta seluruh peralatan dan perlengkapan yang terpasang secara tetap pada bangunan, contohnya saluran air dan listrik, AC, lampu penerangan, dan penutup atap. Secara singkatnya, semua objek yang tidak bergerak dari tempatnya selama bangunan itu ada, adalah beban mati.

Contoh beban mati sesuai dengan peraturan dapat dilihat pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1. Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

Bahan Bangunan	Berat
Baja	7850 kg/m ³
Beton	2200 kg/m ³
Beton Bertulang	2400 kg/m ³
Kayu (Kelas 1)	1000 kg/m ³
Pasir (Kering Udara)	1600 kg/m ³
Komponen Gedung	Berat
Spesi dari semen, per cm tebal	21 kg/m ³
Dinding bata merah ½ batu	250 kg/m ³
Penutup atap genteng	50 kg/m ³
Penutup lantai ubi semen per cm tebal	24 kg/m ³

Menurut standar SNI 03-1729-2020, beban mati merujuk kepada seluruh beban yang terpasang pada struktur, termasuk komponen seperti dinding, keramik, atap, tangga, serta komponen arsitektural dan juga struktural lain. Dalam konteks ini, beban mati dapat dibagi menjadi dua jenis:

1. Beban mati akibat berat sendiri struktur
Beban mati diartikan sebagai beban yang muncul karena berat sendiri dari komponen struktur bangunan, seperti halnya kolom, balok, struktur atap dan pelat lantai.
2. Beban mati tambahan
Beban mati tambahan diartikan sebagai beban mati yang muncul akibat berat dari komponen tambahan bersifat tetap pada bangunan, seperti AC, pipa dan saluran pada bangunan.

6.2.2 Beban Hidup

Beban hidup merujuk pada beban gravitasi yang bervariasi dalam ukuran juga lokasinya pada struktur. Contoh beban hidup adalah manusia, mebel, dan peralatan yang dapat bergerak. Beberapa beban hidup mungkin bersifat tetap, sementara yang lain hanya berlangsung sesaat. Karena besarnya, lokasi, dan kepadatan beban hidup sering tidak dapat diprediksi, menentukan nilai aktual dan lokasi dari beban ini sangatlah rumit. Beberapa variasi beban

hidup yang disesuaikan dengan fungsi bangunan tertentu dapat ditemukan dalam Tabel 6.2.

Tabel 6.2. Berat Hidup Pada Lantai Gedung

Kegunaan Bangunan	Berat
Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana	125 kg/m ³
Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama, dan RS	250 kg/m ³
Lantai ruang olah raga	400 kg/m ³
Lantai pabrik, bengkel, gudangm perpustakaan, ruang arsip, toko buku, ruang mesin, dan lain-lain	400 kg/m ³
Lantai gedung parkir bertingkat, untuk lantai bawah	800 kg/m ³

(Sumber: Peraturan Pembebanan Untuk Gedung, 1983)

6.2.3 Beban Angin

Beban angin pada struktur bangunan sangat bervariasi tergantung dari kerapatan massa udara, kecepatan dari pergerakan angin, lokasi geografis dari bangunan, bentuk dan tinggi bangunan, serta kekakuan dari bangunan. Lokasi bangunan pada jalur angin dapat menyebabkan angin mengalami pembelokan maupun angin mengalami henti. Akibatnya, terjadi perubahan energi kinetik dari angin yang menjadi energi potensial, yang dapat berupa suatu tekanan atau hisapan pada bangunan.

Salah satu faktor yang dapat mendasari besarnya tekanan dan hisapan pada bangunan adalah kecepatan angin. Besar kecepatan angin bervariasi tergantung pada lokasi geografis dari bangunan itu sendiri, dan biasanya dihitung berdasarkan rencana untuk periode ulang 50 tahun. Rencana kecepatan angin juga disesuaikan secara proporsional, karena kecepatan angin cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya ketinggian bangunan,

Besarnya tekanan angin umumnya diatur dengan nilai minimum sekitar 25 kg/m², kecuali dalam kasus bangunan sebagai berikut:

1. Untuk bangunan yang berada pada tepi laut hingga jarak 5 km dari pantai, besaran tekanan tiup minimum 40 kg/m^2
2. Untuk bangunan berada di daerah lain yang kemungkinan tekanan tiupnya lebih dari 40 kg/m^2 , maka kecepatan angin diambil minimum sebesar $p = \frac{V^2}{16} \text{ kg/m}^2$, dimana V adalah kecepatan angin dalam m/s
3. Untuk bangunan dengan cerobong, tekanan tiup dalam kg/m^2 ditentukan dengan rumusan $(42,5 + 0,6h)$, dimana h adalah tinggi cerobong dalam meter.

6.2.4 Beban Gempa

Beban gempa mencakup besarnya beban statik ekuivalen yang mempengaruhi struktur karena pergerakan tanah secara vertikal dan horizontal. Secara umum, percepatan horizontal cenderung lebih besar dibandingkan percepatan vertikal, maka dari itu pengaruh gempa horizontal lebih dominan dibandingkan dengan vertikal. Besarnya gaya geser dasar (*statik ekuivalen*) dapat dihitung dengan rumusan berikut:

$$V = \frac{C \times I}{R} W_t \dots\dots\dots \text{(Pers 6.1)}$$

Dimana:

- C = faktor respon gempa yang didasarkan oleh lokasi bangunan dan juga jenis tanah dimana lokasi bangunan berdiri
- I = faktor keutamaan gedung
- R = faktor reduksi gempa, ditentukan berdasarkan jenis struktur.
- W_t = berat total bangunan, termasuk didalamnya adalah beban mati dan beban hidup.

6.2.5 Beban Tanah

Beban tanah merujuk pada tekanan atau gaya yang dihasilkan oleh tanah pada suatu struktur atau elemen bangunan. Beban tanah dapat berasal dari berbagai faktor, termasuk berat sendiri tanah di atas struktur, beban tambahan yang diberikan oleh

konstruksi atau bangunan di atasnya, serta tekanan lateral dari tanah di sekitarnya. Beban tanah adalah suatu faktor yang perlu diperhitungkan dalam perencanaan dan desain struktur, terutama untuk menilai kemampuan struktur dalam menahan beban tersebut.

6.2.6 Tekanan Hidrostatik

Beban lateral hidrostatik adalah tekanan yang dihasilkan oleh cairan atau fluida yang mendukung atau berada di sekitar struktur. Tekanan hidrostatik terjadi karena berat fluida di atas suatu titik dalam cairan dan dapat memberikan gaya lateral pada struktur. Beban lateral hidrostatik seringkali muncul dalam konteks konstruksi bawah tanah, seperti pada dinding penahan tanah atau struktur penahan air, di mana tekanan air tanah dapat memberikan beban lateral pada struktur tersebut.

6.3 Kombinasi pembebanan

Dalam suatu perancangan, analisis struktur bangunan yang terdiri dari berbagai beban harus mempertimbangkan kemungkinan kombinasi pembebanan dari beberapa jenis beban gabungan dalam suatu struktur bangunan selama masa pakai rencana.

Dalam perencanaan struktur ada dua konsep dasar perencanaan, yaitu Perencanaan Berdasarkan Tegangan Kerja (*Allowable Stress Design / ASD*) dan Perencanaan Berdasarkan Beban Terfaktor (*Load and Resistance Factor Design / LRFD*).

6.3.1 Perencanaan berdasarkan Load and Resistance Factor Design

Load and Resistance Factor Design (LRFD) adalah cara perencanaan struktur yang dipakai untuk memperhitungkan faktor beban dan faktor resistensi dalam desain struktur baja dan beton. Dalam LRFD, kombinasi beban dihitung dengan mempertimbangkan kombinasi yang mungkin terjadi selama masa hidup struktur. Faktor keamanan (*Load and Resistance Factors*) diterapkan pada beban dan resistensi struktur untuk memastikan keamanan dan kehandalan struktur.

Berikut adalah langkah-langkah umum dalam mengkombinasikan beban dengan metode LRFD:

1. Identifikasi beban:
Identifikasi semua beban yang akan bekerja pada struktur.
2. Penentuan faktor beban (*Load factors*):
Tentukan faktor beban yang sesuai untuk setiap jenis beban. Faktor beban menyesuaikan nilai beban yang dihitung untuk mempertimbangkan ketidakpastian dalam perkiraan beban dan variasi dalam kondisi operasional.
3. Penentuan faktor resistensi (*Resistance factors*):
Tentukan faktor resistensi untuk material dan jenis struktur yang digunakan. Faktor resistensi menyesuaikan kapasitas resistensi struktur untuk memperhitungkan ketidakpastian dalam bahan dan metode konstruksi.
4. Penentuan kombinasi beban:
Hitung kombinasi beban untuk mencakup beban-beban yang mungkin terjadi secara bersamaan. LRFD memberikan kombinasi beban karakteristik (*ultimate*) dan kombinasi beban yang mungkin terjadi selama masa hidup struktur (*service*).
5. Perhitungan kapasitas struktur:
Hitung kapasitas struktur untuk setiap kombinasi beban dengan mempertimbangkan faktor resistensi dan faktor beban. Kapasitas struktur harus lebih besar dari beban yang diterapkan untuk memastikan keamanan dan keandalan.

Dengan menerapkan metode LRFD, desain struktur memperhitungkan variasi dalam beban dan resistensi serta memberikan tingkat keamanan yang lebih konsisten dan dapat diandalkan selama masa hidup struktur.

Kombinasi beban pada metode LRFD terdiri dari:

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5(L_a \text{ atau } H)$
3. $1,2D + 1,6(L_a \text{ atau } H) + (\gamma_L L \text{ atau } 0,8W)$
4. $1,2D + 1,3W + \gamma_L L + 0,5(L_a \text{ atau } H)$
5. $1,2D \pm 1,0 E + \gamma_L L$
6. $0,9D \pm (1,3W \text{ atau } 1,0 E)$

Dimana:

D = beban mati

L = beban hidup

La = beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan atap oleh pekerja, peralatan, dan material

W = beban angin

E = beban gempa

γL = $\gamma L = 0,5$ bila $L < 5$ kPa, dan $\gamma L = 1$ bila $L \geq 5$ kPa

Faktor beban untuk L harus bernilai 1,0 untuk garasi parkir, kemudian lokasi yang digunakan untuk tempat pertemuan umum dan juga semua lokasi struktur yang menerima beban hidup lebih dari 5 kPa.

6.3.2 Perencanaan berdasarkan *Allowable Stress Design*

Allowable Stress Design (ASD) adalah salah satu cara perencanaan dan desain struktur yang dipakai dalam rekayasa sipil. Metode ASD berfokus pada penentuan tegangan yang diperbolehkan atau stress yang dapat diterima pada material struktur dan memastikan bahwa stres tersebut tetap di bawah batas yang ditetapkan untuk keamanan dan kehandalan.

Berikut adalah langkah-langkah umum dalam perencanaan dengan metode ASD:

1. Identifikasi beban:

Identifikasi dan tentukan semua jenis beban yang akan bekerja pada struktur.

2. Penentuan faktor keamanan:

Tentukan faktor keamanan untuk setiap jenis beban. Faktor keamanan ini digunakan untuk mengurangi nilai beban yang diterapkan pada struktur agar mempertimbangkan ketidakpastian dan variasi dalam beban operasional.

3. Penentuan tegangan yang diperbolehkan:

Tentukan tegangan yang diperbolehkan atau stres yang dapat diterima pada material struktur. Tegangan ini biasanya didasarkan pada karakteristik material dan pengujian laboratorium yang relevan.

4. Penghitungan beban efektif:

Hitung beban efektif pada struktur dengan mempertimbangkan faktor keamanan dan kombinasi beban yang relevan. Beban efektif ini digunakan untuk mengevaluasi kapasitas struktur.

5. Perhitungan kapasitas struktur:

Hitung kapasitas struktur dengan mempertimbangkan tegangan diperbolehkan dan beban efektif. Pastikan bahwa tegangan yang dihasilkan oleh beban efektif berada di bawah tegangan diperbolehkan.

6. Pemilihan ukuran dan bentuk struktur:

Pilih ukuran dan bentuk elemen struktur yang memenuhi persyaratan tegangan diperbolehkan dan dapat menahan beban-beban yang bekerja pada struktur.

7. Verifikasi kestabilan:

Verifikasi kestabilan struktur, termasuk analisis terhadap kemungkinan pergeseran lateral, kestabilan geser, dan kestabilan balok dan kolom.

Perencanaan dengan metode ASD berfokus pada memastikan bahwa tegangan pada material struktur tetap di bawah batas yang ditetapkan, sehingga dapat memberikan keamanan dan keandalan yang memadai selama masa hidup struktur.

Kombinasi beban pada metode ASD:

1. Pembebanan tetap:

$$D + L$$

2. Pembebanan sementara:

$$D + L + W$$

$$D + L + E$$

Dimana:

D = beban mati

L = beban hidup

W = beban angin

E = beban gempa

DAFTAR PUSTAKA

- Setiawan. Agus, 2008. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2013). Penerbit Erlangga.
- Nawangalam. Purbolaras, 2022. Desain Struktur Bangunan. Penerbit Wahana Resolusi. Jakarta.
- Gere. James, 1990. Mekanika Bahan. Penerbit Erlangga.
- Tjokrodimuljo. Kardiyono, 1996. Teknologi Beton. Nafiri. Yogyakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. SNI 03-1729-2020 Spesifikasi Bangunan Gedung Baja Struktural. Badan Standardisasi Nasional. Indonesia
- Badan Standardisasi Nasional. SNI 03- 1726-2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional. Indonesia

BAB 7

TEGANGAN

Oleh Adnan

7.1 Pendahuluan

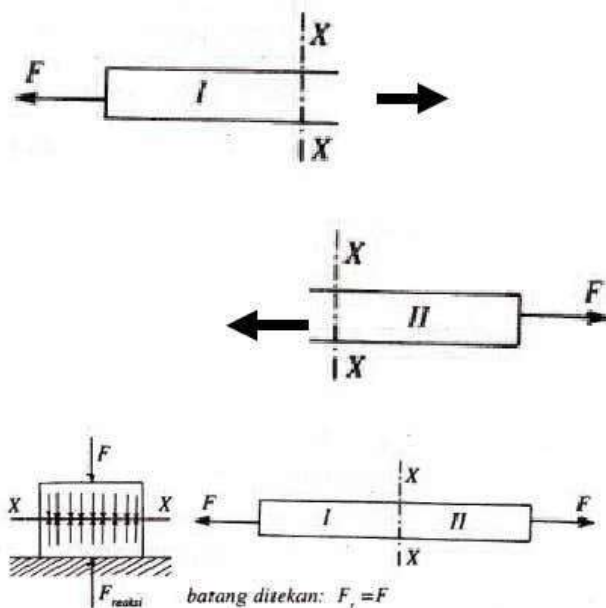
Mekanika bahan mempermasalahkan bagaimana gaya-gaya bekerja pada sebuah benda akibat lentur, puntir, atau pada saat benda hancur. Dalam menganalisis masalah, dari sudut pandang statika struktur dianggap badan kaku yang ideal yang tidak berdeformasi maupun gagal, dan hancur. Pada kenyataannya, struktur dapat berdeformasi atau gagal bergantung pada material pembentuknya dan beban yang diterima struktur. Guna menganalisa bagaimana perilaku material sesungguhnya ketika struktur yang bersangkutan menerima beban, perlu diperkenalkan konsep tegangan dan regangan, sehingga perlu lebih dahulu memahami statika untuk menyelesaikan semua gaya internal dan eksternal yang bekerja pada sebuah badan.

Suatu sistem struktur menanggung beban luar (*external forces*) akan menyebabkan timbulnya gaya dalam (*internal forces*) pada elemen-elemen penyusun struktur, gaya dalam berfungsi untuk menahan beban yang bekerja sesuai dengan hukum keseimbangan (*equilibrium*). Apabila gaya dalam bertambah akan menyebabkan bertambahnya tahanan dalam material yang digunakan sampai mencapai nilai maksimum, jika penambahan beban masih terus dilanjutkan maka akan terjadi kegagalan pada elemen struktur tersebut. Kekuatan sebagai batas maksimum kemampuan elemen struktur dalam memberikan tahanan guna melawan beban luar yang bekerja, kekuatan struktur sangat dipengaruhi oleh material yang digunakan, jenis pembebanan, sistem struktur, temperatur, jangka waktu pembebanan dan sebagainya.

Kriteria kekuatan juga berhubungan dengan material, tergantung pada besarnya gaya tarik-menarik dan tolak-menolak antar atom-atom penyusun material yang digunakan pada elemen

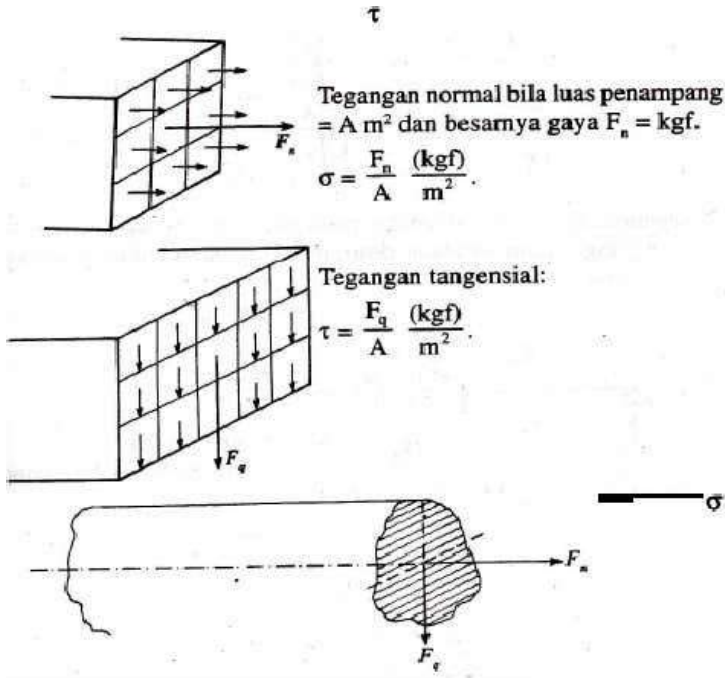
struktur sebagai hasil perubahan jarak antar atom (interatomic spacing) akibat bekerjanya gaya luar. Analisis kekuatan bahan perlu mempertimbangkan intensitas gaya dalam yang bekerja untuk menahan seluruh beban luar yang bekerja pada elemen struktur, intensitas gaya dalam yang bekerja pada setiap titik material disebut sebagai *tegangan*. Sedangkan tegangan maksimum yang terukur pada saat terjadinya kegagalan disebut sebagai kekuatan bahan. Tegangan adalah reaksi yang timbul diseluruh bagian molekul benda dalam rangka menahan beban yang akan diberikan.

Terjadinya tegangan akibat deformasi, sebuah batang dibebani suatu gaya maka didalam batang itu sendiri akan timbul gaya reaksi atau gaya lawan yang dihasilkan oleh gaya diantara molekul-molekul itu sendiri. Reaksi atau gaya lawan didalam batang itu disebut gaya lawan, misalnya benda diberi beban dan dipotong pada penampang x-x, maka akan diperoleh suatu sistem keseimbangan.



Gambar 7.1. Benda diberi beban dan dipotong pada penampang x-x, maka akan diperoleh suatu sistem keseimbangan

Gaya dalam yang diarahkan tegak lurus penampang normal dinamakan gaya normal (F_n). Gaya dalam yang arahnya sejajar dan atau terletak pada penampang normal dinamakan gaya tangensial (F_q). Gaya dalam yang bekerja pada setiap satuan luas penampang inilah yang dinamakan *tegangan*.



Gambar 7.2. Tegangan normal (F_n) dan tegangan tangensial (F_q).

$$\text{Tegangan} = \frac{\text{gaya dalam}}{\text{luas satuan penampang}}$$

$$\text{Tegangan} = \frac{\text{beban yang diterima}}{\text{luas penampang benda}}$$

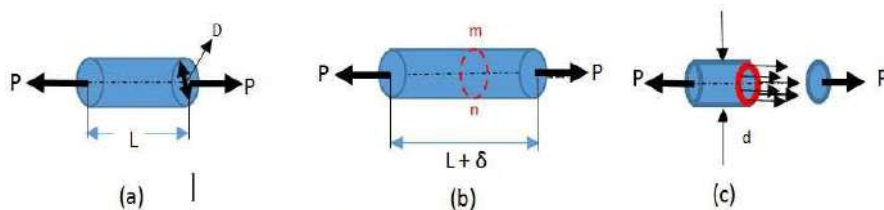
7.2 Tegangan

Tegangan mekanika bahan adalah cabang ilmu dari mekanika terapan yang membahas perilaku benda padat yang mengalami berbagai pembebanan (Gere & Temoshenco, 1996). Adapun benda yang akan dianalisa adalah *batang (bar)* yang mengalami beban aksial, *poros (shaft)* yang mengalami beban torsi, *balok (beam)* yang

mengalami beban lentur, dan kolom (column) yang mengalami beban tekan. Tujuan utama dalam mekanika bahan adalah menentukan tegangan (stress), regangan (strain), dan perubahan panjang (displacement) pada struktur dan komponen-komponennya akibat beban yang bekerja padanya. Apabila nilai besaran-besaran ini menyebabkan kegagalan, maka kita mempunyai gambaran tentang perilaku mekanis pada struktur tersebut. Pemahaman perilaku mekanis sangat penting untuk design yang aman pada semua jenis struktur. (Diktat Mekanika kekuatan material, Asyari Darami Yunus, 2010).

Setiap material adalah elastis pada keadaan alaminya. Karena itu jika gaya luar bekerja pada benda, maka benda tersebut akan mengalami deformasi. Ketika benda tersebut mengalami deformasi, molekulnya akan membentuk tahanan terhadap deformasi. Tahanan ini persatuan luas dikenal dengan istilah tegangan. Secara matematik tegangan bisa didefinisikan sebagai gaya persatuan luas. (Diktat Mekanika kekuatan material, Zainal Arif, ST. MT, 2014).

Konsep dasar dalam mekanika bahan adalah tegangan dan regangan. Untuk memahami konsep ini dapat ditinjau pada sebuah benda berbentuk prismaatik, seperti ditunjukkan pada gambar 7.3.



Gambar 7.3. Batang Prismaatik, (sumber, Gere dan Temoshenco)

Dengan asumsi bahwa tegangan terbagi merata pada setiap batang (gambar 7.1.c), maka dapat diturunkan rumus untuk menghitung tegangan adalah:

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

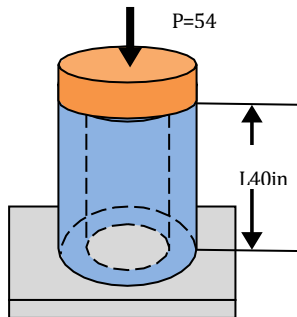
Dimana: σ = tegangan normal (N/mm²)
 P = besaran gaya yang bekerja (N)

A = luas penampang (mm^2)

Satuan tegangan, gaya diukur dalam Kgf atau N, sedangkan luas penampang m^2 maka: tegangan = Kgf/m^2 atau N/m^2 atau dyne/cm^2 . Secara garis besar tegangan ada dua macam yaitu tegangan normal σ (sigma) dan tegangan tangensial τ (thau)

Contoh soal 1:

Sebuah tabung terbuat dari aluminium, seperti pada gambar 7.4, mengalami beban tekan dengan beban 54 kips, dimana diameter dalam adalah 3,6 in, dan diameter luar adalah 5 in. Hitung tegangan yang terjadi pada tabung tersebut?



Gambar 7.4. Contoh soal, Tabung yang terbuat dari aluminium

Jawab :

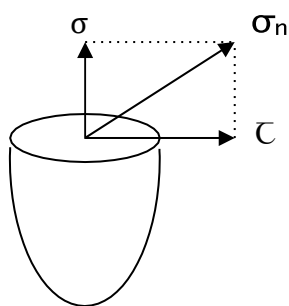
Dengan menggunakan persamaan (1)

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{6 \text{ N}}{\frac{\pi}{4}(d_2^2 - d_1^2)} = \frac{6 \text{ N}}{\frac{\pi}{4}(5 \text{ in}^2 - 3,6 \text{ in}^2)} = 9,456 \text{ psi}$$

Dari eksperimen ditemukan bahwa regangan aksial yang terjadi pada sebuah benda selalu diikuti regangan dengan tanda yang berlawanan pada bagian lain yang tegak lurus terhadapnya. Secara umum, terdapat dua jenis regangan pada benda jika benda tersebut mengalami tegangan yaitu regangan primer atau linier dan regangan sekunder atau lateral.

Tegangan merupakan intensitas gaya dalam pada elemen struktur sebagai reaksi terjadinya deformasi yang timbul akibat

bekerjanya beban luar, pada umumnya intensitas gaya ini berarah miring pada bidang potongan. Dalam praktek keteknikan, intensitas gaya tersebut diuraikan menjadi tegak lurus dan sejajar dengan irisan yang sedang dianalisis sehingga menghasilkan tegangan normal dan geser, seperti diperlihatkan pada gambar 7.5.

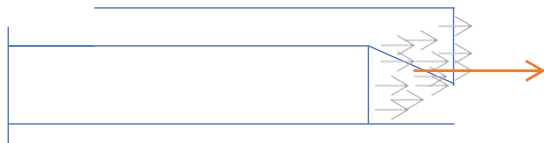


Gambar 7.5. Komponen Tegangan Normal dan Geser dari Tegangan

Tegangan normal merupakan intensitas gaya yang bekerja tegak lurus terhadap potongan tampang melintang, apabila tegangan normal tersebut bekerja ke arah luar dari penampang maka disebut sebagai tegangan tarik dengan tanda positif, sedangkan tegangan yang menuju potongan tampang disebut tegangan tekan dengan tanda negatif. Besarnya tegangan normal dihitung menurut persamaan 1, sedangkan Tegangan geser merupakan intensitas gaya yang bekerja sejajar dengan potongan tampang melintang yang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\tau = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2)$$

Dalam pembahasan di statika, kita ketahui bahwa akibat pembebanan pada suatu benda, akan menimbulkan gaya-gaya dalam. Gaya-gaya dalam ini merupakan resultante dari tegangan di tiap titik di seluruh penampang. Perhatikan gambar berikut, untuk gaya dalam normal:

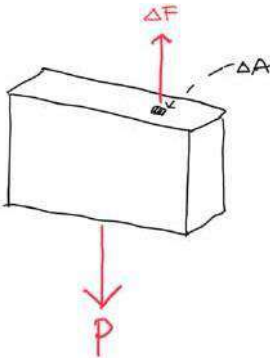


Gambar 7.6. Tegangan Akibat Gaya Dalam Normal

Gaya dalam normal yang bekerja pada penampang, didistribusikan di seluruh penampang (diasumsikan pada penampang ini yang merupakan bidang segiempat, sehingga distribusi dianggap seragam), atau dalam formulasi menjadi:

$$\sigma_{rata-rata} = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (3)$$

Formulasi di atas merupakan salah satu jenis tegangan, yaitu tegangan akibat gaya dalam normal. Tegangan normal bekerja tegak lurus pada penampang. Tegangan normal dapat terjadi akibat adanya gaya-gaya dalam normal dan lentur. Formula tegangan normal di atas berlaku jika tegangan bekerja terdistribusi merata di sepanjang penampang. Kondisi ini dapat terjadi apabila gaya dalam normal bekerja tepat pada titik pusat penampang. Sedangkan tegangan normal pada titik tertentu pada penampang seperti yang diberikan pada gambar berikut ini:



Gambar 7.7. Tegangan Normal Pada Titik Tertentu.

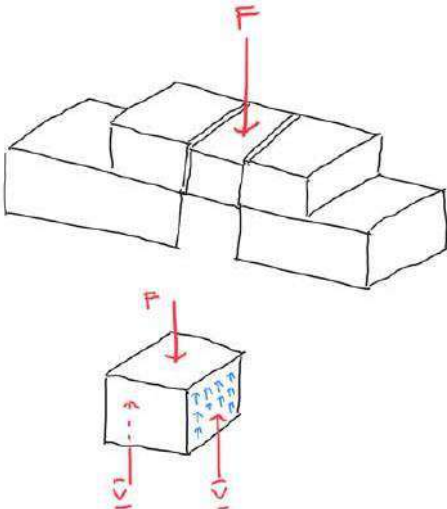
$$\sigma = \lim_{\Delta A} \frac{F}{A} \dots \dots \dots (4)$$

Jenis tegangan lainnya adalah tegangan geser. Tegangan geser bekerja sejajar pada penampang. Tegangan geser dapat terjadi

akibat adanya gaya-gaya dalam lintang atau geser dan torsi. Formulasi dari tegangan geser adalah:

$$\sigma_{rata-rata} = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (5)$$

Ilustrasi mengenai tegangan geser adalah sebagai berikut:

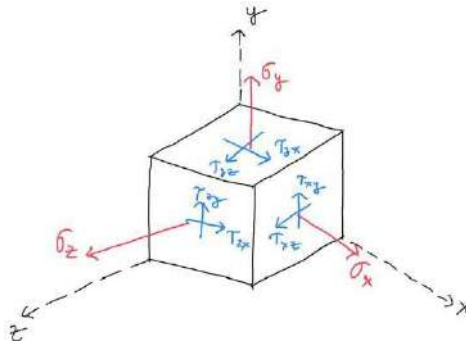


Gambar 7.8. Tegangan Geser.

Sedangkan tegangan geser pada titik tertentu pada penampang adalah:

$$r = \lim_{\Delta A} \frac{F}{A} \dots \dots \dots (6)$$

Pernyataan umum untuk keseluruhan tegangan, baik tegangan normal maupun tegangan geser yang terjadi di suatu titik pada benda ruang (tiga dimensi) dalam koordinat kartesius adalah seperti dalam gambar di bawah ini. Perhatikan bahwa baik notasi maupun arah tegangan, diingat dengan baik karena konsep tegangan pada titik inilah yang sangat berguna dalam analisis kekuatan bahan.

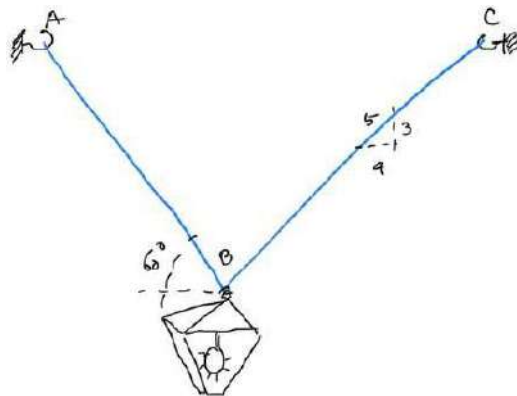


Gambar 7.9. Tegangan Pada Suatu Titik.

Satu hal menarik pada kasus tegangan geser murni (*pure shear*), yaitu hanya terjadi tegangan geser saja, dalam kesetimbangan tegangan geser akan bernilai sama tetapi berbeda tanda saja untuk tegangan geser yang terjadi pada bidang yang saling tegak lurus. Dalam gambar dinyatakan bahwa $\tau_{xy} = \tau_{yx}$, $\tau_{xz} = \tau_{zx}$, dan $\tau_{yz} = \tau_{zy}$. Kesetimbangan geser ini dikenal sebagai *complementary of shear*, dan berlaku untuk perilaku geser pada umumnya.

Karena tegangan merupakan pembagian gaya dalam dengan luasan penampang, maka satuan dalam tegangan umumnya dalam N/m^2 , tetapi adapula yang menggunakan satuan megapascal, yaitu MPa (N/mm^2).

Contoh soal 2:

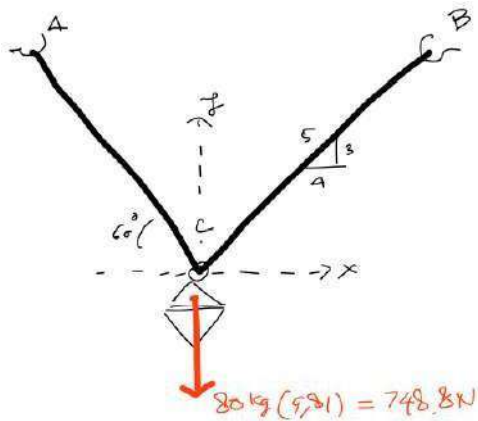


Gambar 7.10. Contoh soal, lampu digantung pada kedua batang.

Lampu seberat 80 kg digantung pada kedua batang seperti gambar di bawah ini. Batang AB memiliki diameter 10 mm dan batang BC memiliki diameter 8 mm. Hitung tegangan pada tiap batang.

Jawab:

Dari kesetimbangan gaya-gaya di titik C (seperti yang kita pelajari di statika) maka:



Gambar 7.11. Diagram kesetimbangan gaya-gaya

$$\sum F_x = F_{BC} - F_{BA} \cos 60 = 0$$

$$\sum F_y = F_{BC} + F_{BA} \sin 60 - 748,8 = 0$$

Maka didapatkan: $F_{BC} = 395.2 \text{ N}$ dan : $F_{BA} = 632.4 \text{ N}$; kedua batang mengalami gaya tarik. Tegangan normal tarik yang terjadi pada kedua batang adalah:

$$\sigma_{BC} = \frac{F_{BA}}{A_{BF}} = \text{---} = 7,86 \text{ MPa}$$

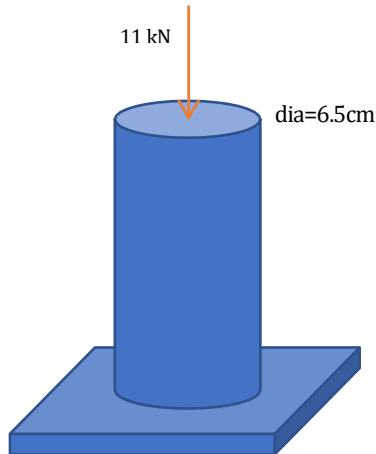
$$\sigma_{BC} = \frac{F_{BA}}{A_{BA}} = \text{---} = 7,86 \text{ MPa}$$

Tipe lain dari tegangan (yang sebenarnya termasuk tegangan normal), yaitu tegangan tumpu (*bearing stress*). Tegangan tumpu merupakan tegangan tekan normal pada bidang kontak antara dua benda, dengan besaran:

$$\sigma_{rata-rata} = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (7)$$

Contoh soal 3:

Pipa silinder yang menerima tekanan 11 kN, dengan diameter luar 6.5 cm dan tebal dinding pipa sebesar 0.25 cm. Berapa tegangan tumpu antara pipa dan plat baja ?



Gambar 7.12. Pipa selinder yang menerima tekanan

Jawab:

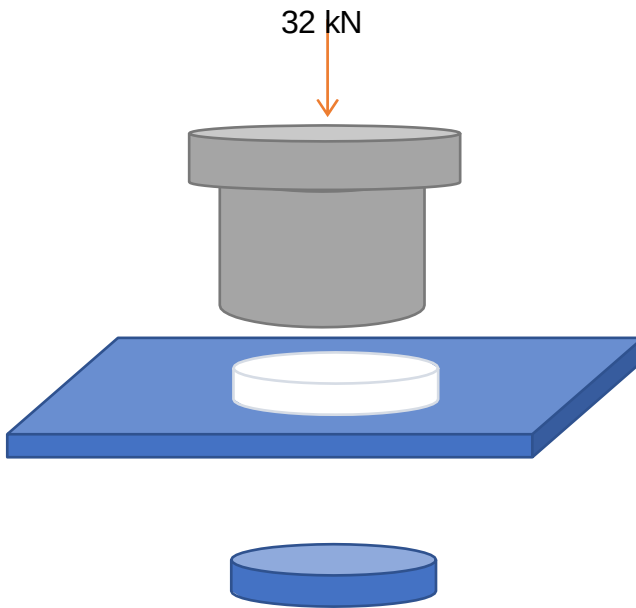
$$\text{Luas pipa } A = \frac{\pi}{4} (D^2 - (d^2)) = \frac{\pi}{4} (6,5^2 - 6^2) = 4,909 \text{ cm}^2$$

$$\text{Tegangan tumpu} = \sigma_{Tumpu} = \frac{F}{A} \dots \dots \dots$$

Selain jenis tegangan geser seperti diuraikan di atas, terdapat istilah lain yaitu *puching shear*. Contoh jelas mengenai *puching shear*, seperti contoh soal di bawah ini.

Contoh soal 4:

Suatu pukulan (*puch*) untuk membuat lubang pada pelat baja seperti gambar di bawah ini. Gaya pukulan (*punching*) sebesar 32 kN, untuk membuat lubang dengan diameter luar 0.75 cm dan tebal sebesar 0.25 cm. Berapa tegangan geser yang terjadi akibat pukulan tersebut ?



$$t = 0,25 \text{ cm}$$

Gambar 7.13. Pukulan (*puch*) untuk membuat lubang pada pelat baja

Jawab:

$$\text{Luas geser } A_v = \pi dt = \pi (0,75)(0,25) = 0,589 \text{ cm}^2$$

$$\text{Tegangan geser rata - rata} = r = \frac{F}{A_v} = 54 \text{ kN/ cm}^2$$

7.3 Tegangan normal dan geser

Tegangan normal dan geser di balok poros dan batang dapat dihitung dari rumus-rumus. Sebagai contoh tegangan di balok dinyatakan dengan rumus lentur dan geser, dan tegangan di batang yang mengalami torsi dinyatakan dengan rumus torsi. Namun

tegangan yang dihitung dengan rumus-rumus bekerja di penampang suatu elemen struktur, dan kadang-kadang tegangan yang lebih besar terjadi di potongan miring. Dengan demikian kita mulai analisis tegangan dan regangan dengan membahas metode untuk mencari tegangan normal dan geser yang bekerja di potongan miring suatu elemen struktur.

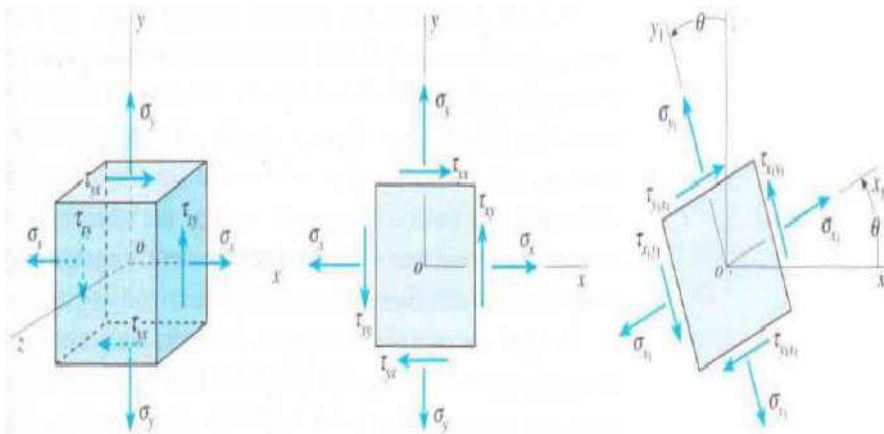
Dengan cara analogi, tegangan di potongan miring suatu balok dapat lebih besar dari pada tegangan yang bekerja di potongan melintang. Untuk menghitung tegangan tersebut kita perlu menentukan tegangan yang bekerja di bidang miring, yang lebih umum lebih dikenal dengan tegangan bidang. Didalam pembahasan kita mengenai tegangan bidang, kita akan menggunakan elemen regangan untuk mempresentasikan keadaan tegangandi suatu titik di dalam benda.

Di dalam meninjau elemen tegangan, kita harus selalu mengingat bahwa hanya ada satu keadaan tegangan di suatu titik di benda yang mengalami tegangan, tidak peduli bagaimana orientasi elemen yang di gunakan menggambarkan keadaan tegangan tersebut. Situasi ini analog dengan representasi suatu vektor gaya dengan komponen-komponennya meskipun berbeda apabila sumbu koordinatnya dirotasikan ke posisi yang baru, gaya ini sendiri tetap sama.

7.4 Tegangan bidang

Kondisi tegangan dalam menganalisis batang yang mengalami tarik, tekan, atau torsi, serta di balok yang mengalami lentur adalah contoh-contoh keadaan tegangan yang disebut *tegangan bidang*. Untuk menjelaskan tegangan bidang, kita akan meninjau elemen tegangan yang terlihat dalam gambar 1. Elemen ini berukuran sangat kecil dan dapat digambarkan sebagai sebuah kubus atau sebagai *parallelepiped* persegi panjang. Sumbu xy , sejajar dengan tepi-tepi elemen, dan muka-muka elemen didesain dengan arah normal ke luarnya. Sebagai contoh sebelah kanan disebut sebagai muka x positif, dan muka sebelah kiri (tak terlihat) disebut sebagai muka x negatif. Dengan cara yang sama, muka atas adalah muka y positif, dan muka depan adalah muka z positif.

Simbol-simbol untuk tegangan yang terlihat dalam gambar 7.14, mempunyai arti sebagai berikut. Tegangan normal σ mempunyai subskrip yang menunjukkan muka di mana tegangan bekerja; sebagai contoh, tegangan σ_x bekerja di muka x dari elemen dan tegangan σ_y bekerja di muka y dari elemen. Karena elemen ini berukuran sangat kecil, maka tegangan normal yang sama bekerja di muka yang berlawanan. Perjanjian tanda untuk tegangan normal yaitu tarik adalah positif dan tekan adalah negatif.



Gambar 7.14. Elemen yang berada dalam keadaan tegangan bidang; (a) tinjauan tiga dimensi suatu elemen yang berorientasi pada sumbu-sumbu xyz, (b) tinjauan dua dimensi elemen yang sama, dan (c) tinjauan dua dimensi elemen yang berorientasi pada sumbu $x_1y_1z_1$.

Tegangan geser τ mempunyai dua subskrip,. Subskrip pertama menunjukkan muka di mana tegangan bekerja, dan yang kedua menunjukkan arah di muka tersebut. Jadi tegangan τ_{xy} , bekerja di muka x dalam arah sumbu y (gambar 14.a), dan tegangan τ_{yx} , bekerja di muka y dalam arah sumbu x. Perjanjian tanda untuk tegangan geser adalah sebagai berikut. Tegangan geser adalah positif jika bekerja pada muka positif suatu elemen dalam arah positif suatu sumbu, dan bertanda negatif jika bekerja di muka positif suatu elemen dalam arah negatif suatu sumbu. Dengan demikian, tegangan τ_{xy} dan τ_{yx} yang terlihat di muka x dan y positif dalam gambar 14.a adalah tegangan geser positif. Dengan cara yang

sama, di muka negatif elemen, tegangan geser adalah positif jika bekerja di arah negatif suatu sumbu. Dengan demikian, tegangan τ_{xy} dan τ_{yx} yang di tunjukkan dalam muka elemen juga positif.

Jadi perjanjian tanda untuk tegangan geser mudah untuk diingat, jika kita menyatakan sebagai berikut: suatu tegangan geser adalah positif jika arah yang berkaitan dengan subskrip adalah positif-positif atau negatif-negatif: tegangan adalah negatif jika arah-arahnya positif-negatif atau negatif-positif. Perjanjian tanda ini, untuk tegangan geser konsisten dengan kesetimbangan elemen, karena kita mengetahui bahwa tegangan geser di muka-muka yang berlawanan dari elemen yang sangat kecil harus sama besar dan berlawanan arah. Dengan demikian, menurut perjanjian tanda, tegangan positif τ_{xy} bekerja keatas di muka positif (gambar 14.a) dan ke bawah di muka negatif. Dengan cara yang sama, tegangan τ_{yx} yang bekerja di muka atas dan bawah dari elemen adalah positif meskipun mempunyai arah yang berlawanan. Kita juga mengetahui bahwa tegangan geser di bidang-bidang yang saling tegak lurus adalah sama besar dan mempunyai arah sedemikian rupa sehingga keduanya saling mendekati, atau keduanya saling menjauhi, garis-garis perpotongan kedua muka. Apabila tegangan τ_{xy} dan τ_{yx} positif dalam arah seperti terlihat dalam gambar tersebut, keduanya konsisten dengan pengamatan ini, dengan demikian kita catat bahwa:

$$\tau_{xy} = \tau_{yx} \quad \text{.....hubungan kesetimbangan elemen.....(8)}$$

Untuk memudahkan penggambaran elemen tegangan bidang, biasanya kita menggambarkan hanya tinjauan dua dimensi dari elemen, seperti terlihat dalam gambar 7.14.b.

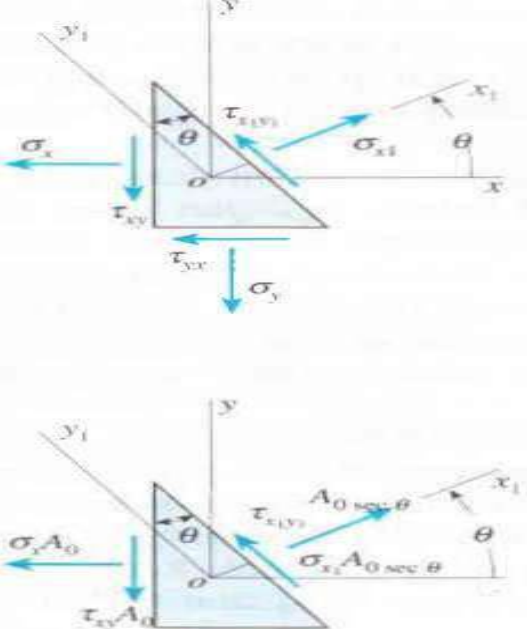
7.4.1 Tegangan di potongan miring

Tegangan-tegangan yang bekerja di potongan miring, dengan mengasumsikan bahwa tegangan-tegangan σ_x , σ_y , dan τ_{xy} (gambar 7.14.a dan 7.14.b) diketahui. Untuk menggambarkan tegangan-tegangan yang bekerja di potongan miring, kita meninjau elemen tegangan baru (gambar 7.14.c) yang terletak di titik yang sama di bahan tersebut seperti di elemen semula (gambar 7.14.b). Namun, elemen baru ini mempunyai muka yang sejajar dan tegak

lurus arah miring. Berkaitan dengan elemen-elemen baru ini adalah sumbu-sumbu x_1, y_1 , dan z_1 , sedemikian hingga sumbu z_1 berimpit dengan sumbu z dan sumbu x_1y_1 , di putar berlawanan jarum jam melalui sudut θ terhadap sumbu xy . Tegangan normal dan geser yang bekerja di elemen baru ini di beri notasi $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{x_1y_1}$, dan $\tau_{y_1x_1}$, dengan menggunakan notasi subskrip sama dan perjanjian tanda sebagaimana di uraikan di atas, untuk tegangan-tegangan yang bekerja di elemen xy . Kesimpulan sebelumnya mengenai tegangan geser tetap berlaku, sehingga;

$$\tau_{x_1y_1} = \tau_{y_1x_1} \dots\dots\dots\text{hubungan kesetimbangan elemen}\dots\dots\dots(9)$$

Dari persamaan ini dan kesetimbangan elemen tersebut, kita lihat bahwa tegangan geser yang bekerja di empat sisi suatu elemen yang mengalami tegangan bidang diketahui jika kita menentukan tegangan geser yang bekerja disalah satu muka tersebut.



Gambar 7.15. Elemen tegangan dalam keadaan tegangan bidang: (a) tegangan-tegangan yang bekerja di elemen, dan (b) gaya-gaya yang bekerja di elemen tersebut

Tegangan yang bekerja di elemen miring x_1y_1 (gambar 7.14.c) dapat dinyatakan dalam tegangan di elemen xy (gambar 7.14.b), dengan menggunakan persamaan kesetimbangan, untuk itu, kita pilih potongan elemen tegangan dengan bentuk seperti terlihat dalam gambar 7.15.a, yang mempunyai muka miring yang sama dengan muka x_1 dari elemen miring. Dua muka lainnya dari potongan ini sejajar dengan sumbu-sumbu x dan y .

Untuk menulis persamaan kesetimbang potongan elemen tersebut, kita perlu membuat diagram benda bebas yang menunjukkan gaya-gaya yang bekerja di semua muka. Luas muka kiri (yaitu muka x negatif) kita beri notasi A_0 . Selanjutnya, gaya-gaya normal dan geser yang bekerja di muka tersebut adalah $\sigma_x A_0$ dan $C_{xy} A_0$ seperti terlihat dalam diagram benda bebas dalam gambar 7.15.b. Luas muka bawah (atau muka y negatif) adalah $A_0 \tan \theta$, dan luas muka miring (atau muka x_1 positif) adalah $A_0 \sec \theta$. Jadi, gaya normal dan geser yang bekerja di muka-muka tersebut mempunyai besar dan arah sebagaimana terlihat dalam gambar tersebut.

Gaya-gaya yang bekerja di muka kiri dan bawah dapat diuraikan menjadi komponen-komponen ortogonal yang bekerja dalam arah x_1 dan y_1 . Selanjutnya, kita dapat memperoleh dua persamaan keseimbangan dengan menjumlahkan gaya-gaya dalam arah-arrah tersebut. Persamaan pertama, diperoleh dengan menjumlahkan gaya-gaya dalam arah x_1 , yaitu:

$$\sigma_{x_1} A_0 \sec \theta - \sigma_x A_0 \cos \theta - C_{xy} A_0 \sin \theta - \sigma_y A_0 \tan \theta \sin \theta - C_{xy} A_0 \tan \theta \cos \theta = 0 \dots\dots\dots(10)$$

Dengan cara yang sama, penjumlahan gaya-gaya dalam arah y_1 menghasilkan:

$$C_{x_1y_1} A_0 \sec \theta + \sigma_x A_0 \sin \theta - C_{xy} A_0 \cos \theta - \sigma_y A_0 \tan \theta \cos \theta + C_{yx} A_0 \tan \theta \sin \theta = 0 \dots\dots\dots(11)$$

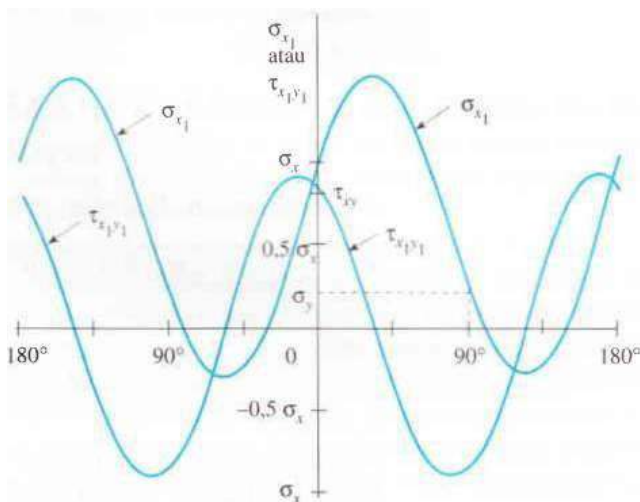
Dengan menggunakan hubungan $C_{xy} = C_{yx}$, dan juga dengan menyederhanakan dan menyusun ulang, maka kita dapat memperoleh dua persamaan berikut:

$$\sigma_{x_1} = \sigma_x \cos^2 \theta + \sigma_y \sin^2 \theta + 2 C_{xy} A_0 \sin \theta \cos \theta \dots\dots\dots(12)$$

$$C_{xy} = -(\sigma_x - \sigma_y) \sin \theta \cos \theta + C_{xy} (\cos^2 - \sin^2) \dots\dots\dots(13)$$

Persamaan ini memberikan tegangan normal dan geser yang bekerja di bidang x_1 yang dinyatakan dalam sudut θ dan tegangan-tegangan σ_x , σ_y , dan τ_{xy} yang bekerja di bidang-bidang x dan y .

Bagaimana tegangan normal dan tegangan geser bervariasi ditunjukkan dalam gambar 7.16, yang merupakan grafik antara σ_{x_1} dan $\tau_{x_1y_1}$ versus sudut θ dari persamaan 14 dan 15. grafik ini diplot untuk kasus khusus berupa $\sigma_y = 0,2 \sigma_x$ dan $\tau_{xy} = 0,8 \sigma_x$. Kita lihat dari grafik tersebut bahwa tegangan bervariasi secara kontinu apabila orientasi elemen berubah. Pada sudut-sudut tertentu, tegangan normal mencapai harga maksimum atau minimum; pada sudut-sudut lainnya, tegangan normal menjadi nol. Dengan cara yang sama, tegangan geser mencapai maksimum, minimum, dan nol pada sudut-sudut tertentu.



Gambar 7.16. Grafik tegangan normal σ_{x_1} dan tegangan geser $\tau_{x_1y_1}$, versus sudut θ (untuk $\sigma_y = 0,2 \sigma_x$ dan $\tau_{xy} = 0,8 \sigma_x$)

7.4.2 Kasus-kasus khusus pada tegangan bidang

Kasus umum mengenai tegangan bidang dapat menjadi keadaan tegangan yang lebih sederhana pada kondisi khusus. Sebagai contoh, jika semua tegangan yang bekerja di elemen xy (gambar 7.14.b) adalah nol kecuali untuk tegangan normal σ_x , maka elemen tersebut berada dalam keadaan tegangan uniaksial (gambar

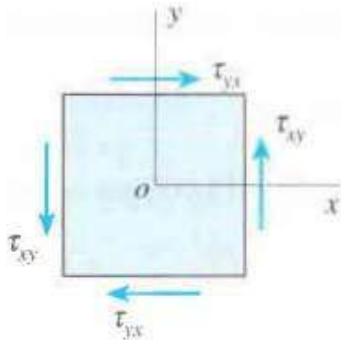
7.17). Persamaan transformasi yang berkaitan dengan ini yang diperoleh dengan menetapkan σ_y , dan τ_{xy} sama dengan nol dalam persamaan:

$$\sigma_{x1} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\theta + \tau_{xy} \sin 2\theta \dots \dots \dots (14)$$

dan

$$\sigma_{x1y1} = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\theta + \tau_{xy} \cos 2\theta \dots \dots \dots (15)$$

, adalah :



Gambar 7.17. Elemen yang berada dalam keadaan tegangan uniaksial

$$\sigma_{x1} \frac{\sigma_x}{2} (1 + \cos 2\theta) \dots \dots \dots \tau_{x1y1} = -\frac{\sigma_x}{2} \sin 2\theta \dots \dots \dots (16)$$

Contoh soal 5:

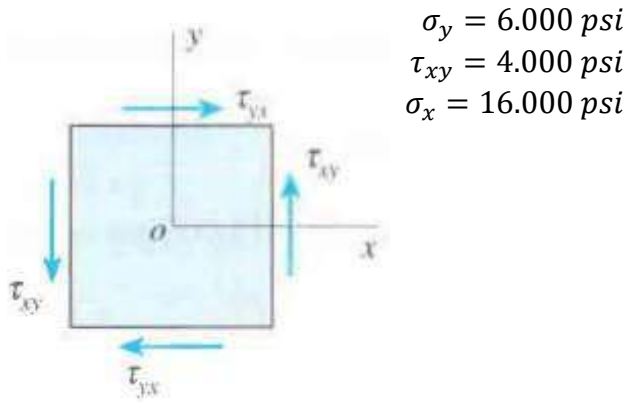
Sebuah elemen yang berada dalam keadaan tegangan bidang mengalami tegangan $\sigma_x = 16.000$ psi, $\sigma_y = 6.000$ psi, dan $\tau_{xy} = 4.000$ psi, seperti terlihat dalam gambar 7.18. Tentukan semua tegangan yang bekerja di suatu elemen yang miring pada sudut $\theta = 45^\circ$.

Jawab:

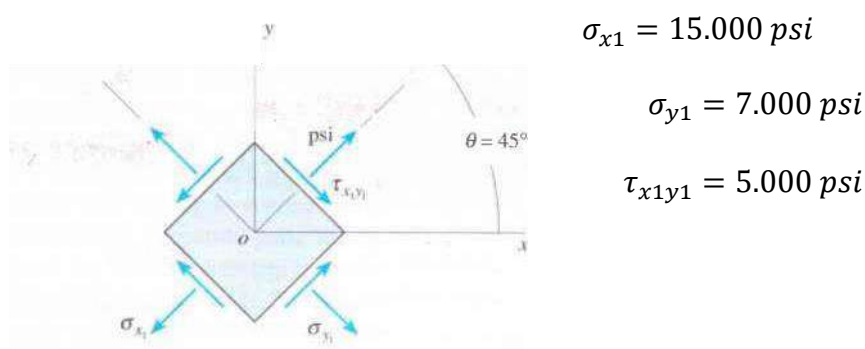
Untuk menentukan tegangan-tegangan yang bekerja di elemen miring, kita akan menggunakan persamaan transformasi (persamaan transformasi untuk tegangan bidang)

$$\begin{aligned} \sigma_{x1} &= \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\theta + \tau_{xy} \sin 2\theta \\ \sigma_{x1y1} &= \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\theta + \tau_{xy} \cos 2\theta \end{aligned}$$

Dari data numerik yang diberikan kita peroleh harga-harga berikut untuk dimasukkan ke dalam persamaan tersebut.



Gambar 7.18. Elemen yang berada dalam keadaan tegangan bidang



Gambar 7.19. Elemen yang miring pada sudut $\theta = 45^\circ$.

Sehingga: $\sin 2 \theta = \sin 90^0 = 1$ dan $\cos 2 \theta = \cos 90^0 = 0$

$$\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} = 5.000\text{ psi}$$

$$\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} = 11.000\text{ psi}$$

$$\tau_{xy} = 4.000\text{ psi}$$

Dengan memasukkan harga-harga ini ke dalam Persamaan, maka:

$$\begin{aligned}\sigma_{x1} &= \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\theta + \tau_{xy} \sin 2\theta \\ &= 11.000 \text{ psi} + 5.000 \text{ psi} \cdot 0 + 4.000 \text{ psi} \cdot 1 \\ \tau_{x1} &= 15.000 \text{ psi}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{x1y1} &= -\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\theta + \tau_{xy} \cos 2\theta \\ &= -(5.000 \text{ psi}) \cdot 1 + 4.000 \text{ psi} \cdot 0 = -5.000 \text{ psi}\end{aligned}$$

Selain itu, tegangan σ_{y1} dapat diperoleh dari persamaan

$$\begin{aligned}\sigma_{y1} &= \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\theta - \tau_{xy} \sin 2\theta \\ &= 11.000 \text{ psi} - 5.000 \text{ psi} \cdot 0 - 4.000 \text{ psi} \cdot 1 \\ \tau_{y1} &= 7.000 \text{ psi}\end{aligned}$$

Dari hasil-hasil ini, kita dapat langsung memperoleh tegangan-tegangan yang bekerja di sisi-sisi suatu elemen yang miring dengan sudut $\theta = 45^\circ$, seperti terlihat dalam Gambar 7.19. Panah-panah yang tergambar menunjukkan arah sebenarnya dari tegangan. Perhatikan khususnya arah tegangan geser, yang semuanya mempunyai besar yang sama. Juga, perhatikan bahwa jumlah semua tegangan normal, tetap konstan dan sama dengan 22.000 psi. lihat Persamaan

$$\sigma_{x1} + \sigma_{y1} = \sigma_x + \sigma_y$$

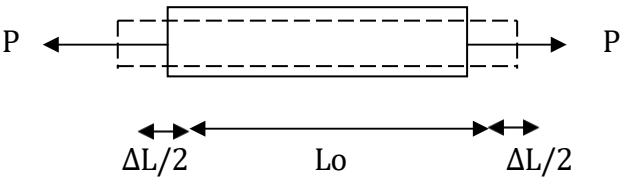
Tegangan-tegangan yang terlihat dalam Gambar 7.19 menunjukkan keadaan tegangan yang sama dengan yang terlihat dalam Gambar 18. Namun, tegangan-tegangan tersebut mempunyai harga yang berbeda karena elemen di mana tegangan-tegangan tersebut bekerja mempunyai orientasi yang berbeda

7.5 Regangan

Analisis deformasi pada suatu elemen batang dinyatakan dengan parameter yang diukur pada suatu garis sistem batang. Garis sistem batang ini biasanya ditentukan berimpit dengan garis berat, yaitu garis yang melewati titik-titik pusat berat penampang melintang. Penampang itu sendiri diambil sebagai potongan fiktif yang merupakan bidang datar dengan garis sistem sebagai sumbu normal.

Deformasi yang terjadi pada elemen batang yang menerima beban luar tergantung pada ukuran awal penampang, sehingga lebih tepat jika dinyatakan dalam bentuk regangan yang merupakan nilai banding perubahan dimensi persatuan ukuran terhadap dimensi awalnya, regangan dapat juga disefinisikan sebagai ekspresi non-dimensional dari deformasi.

Regangan normal



Gambar 7.20. Regangan normal pada elemen batang

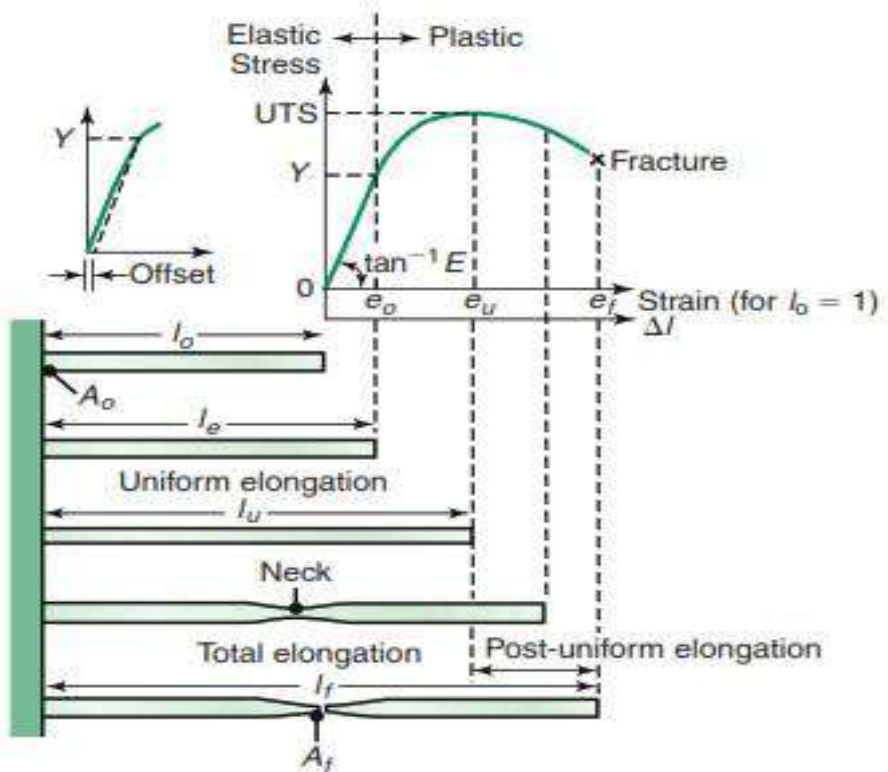
Berdasarkan dimensi panjang elemen batang (L_0) yang menerima beban tarik sebesar P , akan terjadi perpanjangan sebesar ΔL pada elemen batang, seperti diperlihatkan pada gambar 7.20. Besaran regangan normal dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan berikut:

$\epsilon = \Delta L / L_0 \dots \dots \dots (17)$

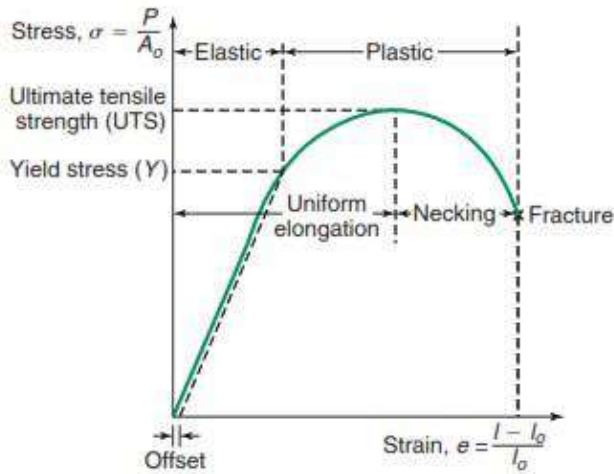
Regangan diberi tanda positif jika terjadi gaya tarik yang menyebabkan bertambahnya dimensi batang, sebaliknya digunakan tanda negatif jika diberikan gaya tekan yang menyebabkan berkurangnya dimensi batang dibandingkan ukuran semula.

7.5.1 Kurva Tegangan - Regangan Pada Material

Ketika beban pertama kali diterapkan pada spesimen uji, spesimen memanjang sebanding dengan beban, disebut perilaku elastis linier. Jika beban dihilangkan, spesimen kembali ke panjang dan kembali ke bentuk aslinya. Analoginya seperti meregangkan karet gelang dan melepaskannya.



Gambar 7.21. Perilaku benda uji pada uji tarik



Gambar 7.22. Kurva teganga-regangan secara umum

Tegangan σ ditentukan oleh hubungan $\sigma = F/A_0$ dan Regangan ϵ dapat dituliskan

$$\epsilon = (l_i - l_0) / l_0 = \Delta l / l_0. \dots\dots\dots(18)$$

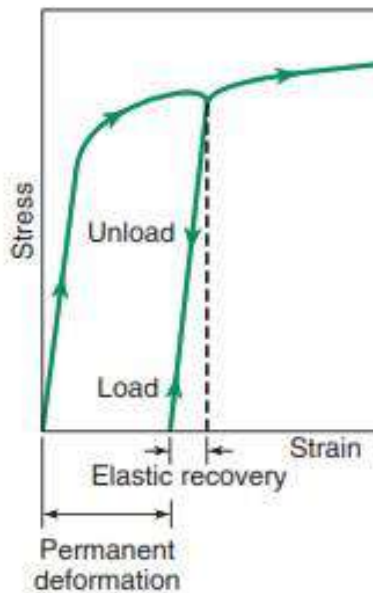
l adalah panjang benda uji.

Dengan bertambahnya beban, spesimen mulai mengalami deformasi elastisitas nonlinier pada tegangan yang disebut batas proporsional. Pada saat itu, tegangan dan regangan tidak lagi proporsional, karena berada di daerah elastis linier, tetapi ketika diturunkan, spesimen masih kembali ke bentuk aslinya. Permanen deformasi (plastis) terjadi ketika tegangan luluh, Y , dari material tercapai.

Untuk bahan lunak dan ulet, mungkin tidak mudah untuk menentukan lokasi yang tepat pada kurva tegangan-regangan di mana luluh terjadi, karena kemiringan kurva mulai menurun perlahan di atas batas proporsional. Oleh karena itu, Y biasanya didefinisikan dengan menggambar garis dengan kemiringan yang sama dengan kurva elastis linier, tapi itu diimbangi oleh regangan 0,002, atau perpanjangan 0,2%. Tegangan luluh adalah didefinisikan

sebagai tegangan di mana garis offset ini memotong kurva tegangan-regangan.

Saat spesimen mulai memanjang di bawah beban yang terus meningkat, luas penampang berkurang secara permanen dan seragam di seluruh panjang pengukurnya. Jika spesimen diturunkan dari tingkat tegangan yang lebih tinggi dari tegangan luluh, kurva mengikuti garis lurus ke bawah dan sejajar dengan kemiringan awal kurva. Ketika beban meningkat lebih jauh, tegangan akhirnya mencapai maksimum dan kemudian mulai menurun. Tegangan disebut kekuatan tarik, atau kekuatan tarik ultimate (UTS/ *ultimate tensile strength*), dari bahan.



Gambar 7.23. Skema dari pemuatan dan pelepasan beban uji tarik

Tabel 7.1. Sifat Mekanik Berbagai Bahan pada Suhu Kamar

Metals (wrought)	E (GPa)	Y (MPa)	UTS (MPa)	Elongation in 50 mm (%)	Poisson's ratio, ν
Aluminum and its alloys	69–79	35–550	90–600	45–4	0.31–0.34
Copper and its alloys	105–150	76–1100	140–1310	65–3	0.33–0.35
Lead and its alloys	14	14	20–55	50–9	0.43
Magnesium and its alloys	41–45	130–305	240–380	21–5	0.29–0.35
Molybdenum and its alloys	330–360	80–2070	90–2340	40–30	0.32
Nickel and its alloys	180–214	105–1200	345–1450	60–5	0.31
Steels	190–210	205–1725	415–1750	65–2	0.28–0.33
Titanium and its alloys	80–130	344–1380	415–1450	25–7	0.31–0.34
Tungsten and its alloys	350–400	550–690	620–760	0	0.27
Zinc and its alloys	50	25–180	240–550	65–5	0.27

Jika benda uji dibebani melebihi kekuatan tarik maksimalnya, benda tersebut mulai menekuk (necking), atau necking ke bawah. Luas penampang spesimen tidak lagi seragam pada panjang pengukur dan lebih kecil di daerah necking. Saat tes berlangsung, tegangan turun lebih jauh dan spesimen akhirnya patah di daerah necking; tegangan pada kondisi patah dikenal sebagai breaking atau tegangan patah.

Rasio tegangan terhadap regangan di daerah elastis adalah modulus elastisitas, E, atau modulus Young.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots\dots\dots (19)$$

Karena regangan teknik tidak berdimensi, E memiliki unit yang sama dengan stres. Modulus elastisitas adalah kemiringan bagian elastis dari kurva dan karenanya kekakuan material. Semakin tinggi nilai E, semakin tinggi beban yang diperlukan untuk meregangkan benda uji ke tingkat yang sama, dan dengan demikian semakin kaku bahannya. Bandingkan, misalnya, kekakuan kawat logam dengan karet pita atau lembaran plastik saat diberi beban.

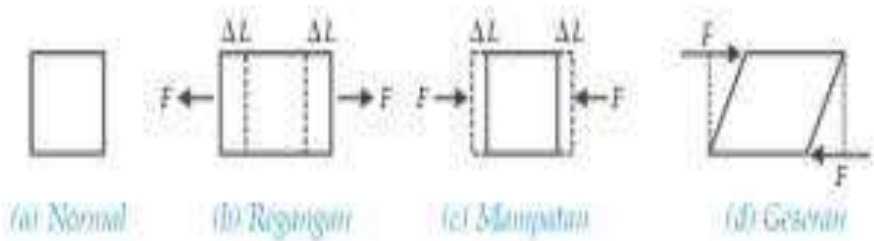
Perpanjangan spesimen di bawah tegangan disertai dengan kontraksi lateral; efek ini dapat dengan mudah diamati dengan meregangkan karet gelang. Nilai absolut rasio regangan lateral terhadap regangan longitudinal dikenal sebagai rasio Poisson dan dilambangkan dengan simbol ν .

Pengetahuan tentang sifat mekanik material ini sangatlah penting untuk mendesain struktur, baik mesin ataupun bangunan.

Salah satu metode yang paling komprehensif dan detail untuk mendesain struktur ini adalah menggunakan *Finite Element Analysis* (FEA). Software MSC Apex merupakan software FEA generasi terbaru dengan user interface dan workflow yang sangat produktif, telah menjadi standar industri pada berbagai aplikasi. MSC Apex merupakan salah satu produk dari MSC Software, developer FEA pertama di dunia.

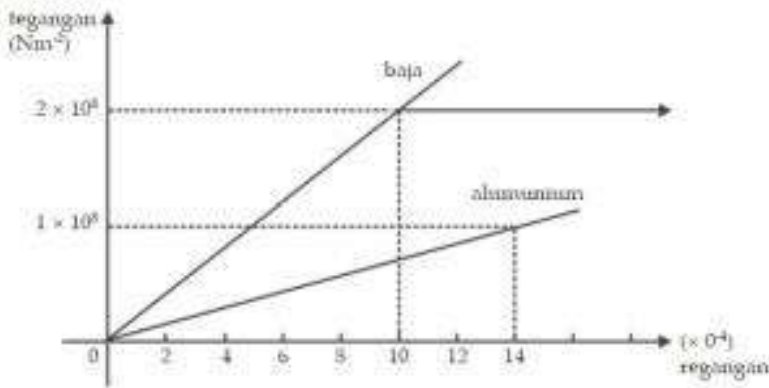
7.5.2 Tegangan, Regangan dan Modulus Elastisitas

Tegangan, regangan, dan modulus elastisitas terjadi pada benda yang dikenai gaya tertentu akan mengalami perubahan bentuk. Perubahan bentuk bergantung pada arah dan letak gaya-gaya tersebut diberikan. Ada tiga jenis perubahan bentuk yaitu regangan, mampatan, dan geseran. Advertisement.



Gambar 7.24. Gaya tertentu yang mengalami perubahan bentuk

1. Regangan. Renggan merupakan perubahan bentuk yang dialami sebuah benda jika dua buah gaya yang berlawanan arah (menjauhi pusat benda) dikenakan pada ujung-ujung benda.
2. Mampatan. Mampatan adalah perubahan bentuk yang dialami sebuah benda jika dua buah gaya yang berlawanan arah (menuju pusat benda) dikenakan pada ujung-ujung benda.
3. Geseran. Geseran adalah perubahan bentuk yang dialami sebuah benda jika dua buah gaya yang berlawanan arah dikenakan pada sisi-sisi bidang benda



Gambar 7.25. Grafik perbandingan tegangan terhadap regangan untuk baja dan aluminium

7.6 Kesimpulan

1. Sifat-sifat mekanis bahan meliputi

- Kekakuan (*stiffnes*): sifat bahan mampu renggang pada tegangan tinggi tanpa diikuti regangan yang besar. Contoh baja
- Kekuatan (*strength*): sifat bahan yang ditentukan oleh tegangan paling besar material mampu renggang sebelum rusak (*failure*) ini dapat didefinisikan sebagai batas proporsionalitas
- Elastisitas (*elasticity*): sifat material yang dapat kembali ke dimensi awal setelah beban dihilangkan.
- Keuletan (*ductility*): sifat bahan yang mampu deformasi terhadap beban tarik sebelum benar-benar patah (*rupture*). Analogi material yang dapat ditarik menjadi kawat tipis tanpa rusak.
- Kegetasan (*brittleness*): tidak adanya deformasi plastis sebelum rusak. (tidak ada tanda-tanda jika materialnya rusak). Contoh batu, semen cor.
- Kelunakan (*malleability*): sifat bahan yang mengalami deformasi plastis terhadap beban tekan yang bekerja sebelum benar-benar patah.

- g. Ketangguhan (*toughness*): sifat material yang mampu menahan beban impak tinggi atau beban kejut. (sebagian energi diserap dan sebagian dipindahkan)
- h. Kelenturan (*resilience*): sifat material yang mampu menerima beban inpak tinggi tanpa menimbulkan tegangan lebih pada batas elastis.

2. Tegangan (stress) pada benda: didefinisikan sebagai gaya persatuan luas penampang benda tersebut. Tegangan diberi simbol (dibaca sigma). Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$\text{Tegangan } \sigma = \frac{F}{A} = \frac{\text{besar gaya tekan/tarik}}{\text{luas penampang}} = \frac{N}{m^2}$$

Bila dua buah kawat dari bahan yang sama tetapi luas penampangnya berbeda diberi gaya, maka kedua kawat tersebut akan mengalami tegangan yang berbeda. Kawat dengan penampang kecil mengalami tegangan yang lebih besar dibandingkan kawat dengan penampang lebih besar. Tegangan benda sangat diperhitungkan dalam menentukan ukuran dan jenis bahan penyangga atau penopang suatu beban, misalnya penyangga jembatan gantung dan bangunan bertingkat.

3. Regangan (strain): didefinisikan sebagai perbandingan antara penambahan panjang benda ΔX terhadap panjang mula-mula X. Regangan dirumuskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{regangan strain } \epsilon &= \frac{\Delta x}{x} = \frac{\text{pertambahan panjang}}{\text{panjang mula - mula}} \\ &= \frac{m}{m} = (\text{tanpa satuan}) \end{aligned}$$

Makin besar tegangan pada sebuah benda, makin besar juga regangannya. Artinya, ΔX juga makin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin Zainal. 2012. *Evaluasi Pembelajaran*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Islam Kementerian Agama RI.
- Arikunto Suharsimi. 2001. *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Asrul, dkk. 2014. *Evaluasi Pembelajaran*. Medan: CiptapustakaMedia.
- Danial, D., Nurjannah, N., & Mirna, M. 2019. *Evaluation of The Learning Program of Mathematics Study Program at Islamic Institute Of Muhammadiyah Sinjai*. *Matematika Dan Pembelajaran*, 7(1), 65. <https://doi.org/10.33477/mp.v7i1.1046>.
- Fitriani. 2019. Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa SMP. *JTMT: Journal Tadris Matematika*, 01(01), 25–30. <http://journal.iaimsinjai.ac.id/index.php/Jtm/article/view/393>.
- Hamalik, Oemar. 2010. *Manajemen Pengembangan Kurikulum*. Bandung : PT Remaja Rosdakarya.
- Elis Ratnawulan. 2014. *Evaluasi Pembelajaran*. Bandung: Penerbit pustaka.
- Ida Farida. 2017. *Evaluasi Pembelajaran*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Muhammad Afandi. 2013. *Evaluasi Pembelajaran Sekolah Dasar*. Semarang: UNISSULA Press
- Sukardi. 2009. *Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: PT Bumi Aksara.

BAB 8

BESARAN PENAMPANG

Oleh Nurlita Pertiwi

8.1 Pendahuluan

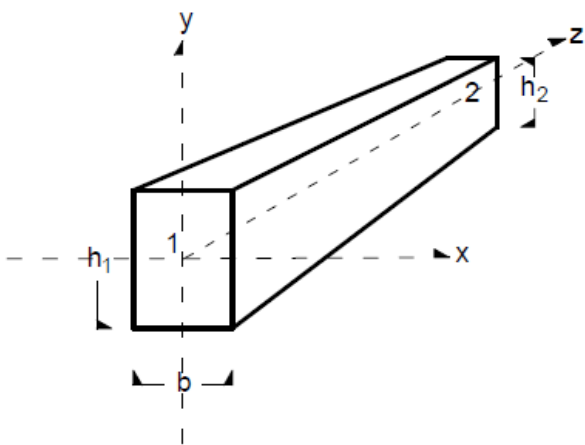
Perhitungan struktur tidak hanya mempertimbangkan beban luar, namun dalam perancangannya penampang juga menjadi indikator penting. Sifat penampang yang utama adalah titik berat, luas penampang, momen statis, momen inersia (Pilkey & Pilkey, 2005). Letak titik berat suatu penampang sebagai lokasi pusat gravitasi suatu material adalah faktor penting dalam perencanaan struktur. Jika perhitungan letak titik berat tersebut keliru, maka akan berdampak pada kegagalan struktur.

Titik berat menjadi indikator dalam perhitungan keseimbangan suatu benda. Perpindahan atau pergerakan benda dapat translasi atau rotasi. Perpindahan atau translasi ditandai dengan pergeseran benda pada jarak dan arah tertentu. Sedangkan rotasi terjadi dalam bentuk adanya perputaran pada sumbunya (Muvdi & McNabb, 2012). Selanjutnya luas penampang material menjadi penentu terhadap beratnya. Berat bahan merupakan hasil kali dari luas penampang dengan berat jenisnya.

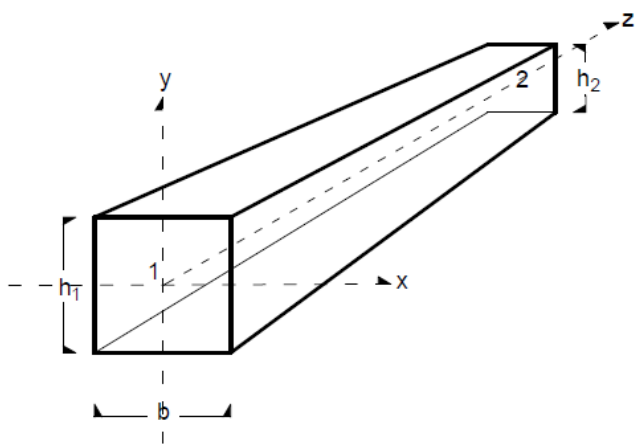
Momen statis suatu penampang merupakan hasil kali dari luas penampang terhadap jarak titik beratnya dengan garis netral. Selanjutnya, momen inersia menunjukkan ukuran kelembaman suatu benda untuk berputar. Suatu benda dengan momen inersia yang besar akan memiliki kestabilan atau tingkat kelembaman yang tinggi (Utomo, 2022). Dalam suatu perencanaan struktur, penampang yang memiliki momen inersia yang tinggi mengindikasikan kemampuannya menerima beban yang tinggi pula. Sifat penampang ini digunakan dalam perhitungan tegangan geser, tegangan lentur dan lendutan yang terjadi pada balok (Fuchs, 1991).

Secara umum, balok pada struktur balok atau rangka umumnya berbentuk persegi atau lingkaran sebagaimana tergambar pada gambar 8.1, gambar 8.2 dan gambar 8.3 dan

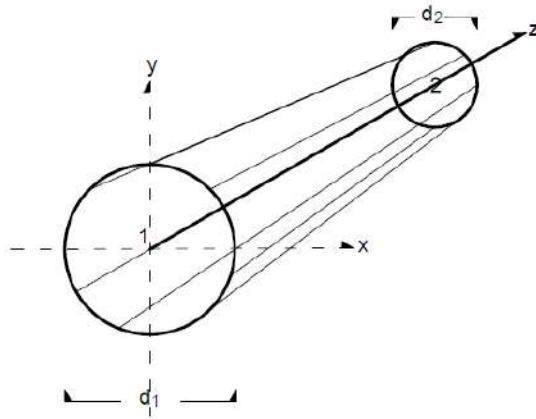
gambar 8.4. Keempat gambar menyajikan ukuran panjang dan lebar balok pada balok persegi.



Gambar 8.1. Penampang balok bentuk persegi panjang (Tena-Colunga, 1996)



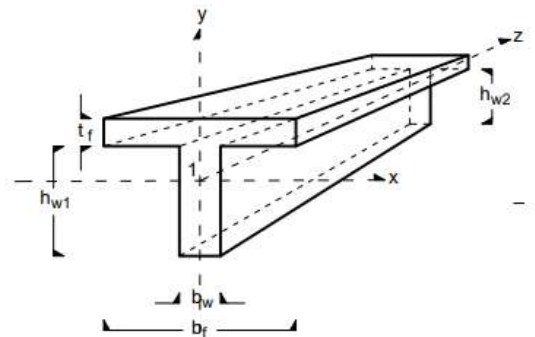
Gambar 8.2. Penampang balok bentuk persegi (Tena-Colunga, 1996)



Gambar 8.3. Penampang balok bentuk lingkaran (Tena-Colunga, 1996)

Gambar 8.1 dan gambar 8.2 menunjukkan penampang balok dengan ukuran lebar b dan ukuran tinggi h_1 . Titik beratnya berada pada pertemuan antara sumbu x dan sumbu y . Gambar 8.3 adalah penampang dengan bentuk lingkaran dengan diameter d_1 dan d_2 .

Selanjutnya, terdapat pula bentuk penampang yang berbentuk tidak beraturan seperti pada profil baja atau balok-plat yang dicor secara monolit (gambar 8.4).

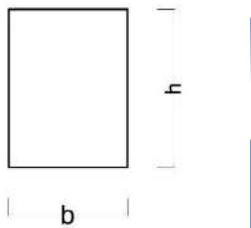


Gambar 8.4. Penampang balok dengan bentuk huruf T (Tena-Colunga, 1996)

Penampang dengan bentuk huruf T merupakan penggabungan dua bentuk penampang persegi. Penampang pertama adalah balok persegi dengan ukuran lebar b_w dan tinggi h_w . Sedangkan penampang kedua adalah ukuran balok persegi lebar b_f dan tinggi t_f . Ukuran dan posisi kedua balok tersebut menjadi acuan dalam penentuan letak titik berat.

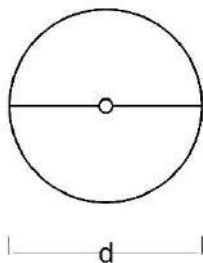
8.2 Perhitungan Luas Penampang Balok

Luas penampang balok untuk penampang persegi dan lingkaran dihitung berdasarkan rumus umum (gambar 8. 5).



$$A = b \times h$$

(Pers.8. 1)

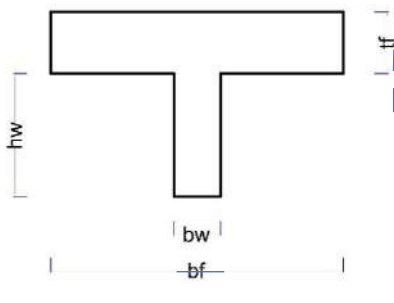


$$A = \frac{1}{4} \pi^2$$

(Pers 8. 2)

Gambar 8.5. Luas penampang lingkaran

8.2.1 Perhitungan Luas Penampang Balok T

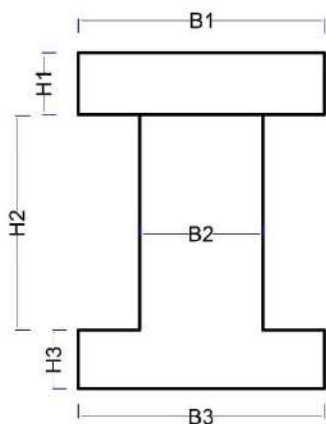


$$A_1 = b_w \times h_w \quad (\text{Pers 8. 3})$$

$$A_2 = b_f \times t_f \quad (\text{Pers 8.4})$$

$$A_{\text{total}} = A_1 + A_2 \quad (\text{Pers 8.5})$$

Gambar 8.6. Luas penampang balok T

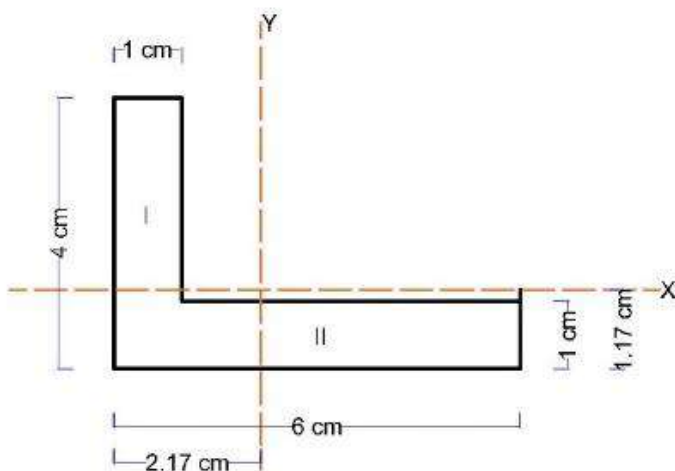


$$A = B1 \cdot H1 + B2 \cdot H2 + B3 \cdot H3 \text{ (Pers 8.6)}$$

Gambar 8.7. Luas penampang bersusun

8.2.2 Perhitungan Momen Statis Penampang dan Contoh Penampangnya

Perhitungan momen statis penampang diawali dengan membagi segmen beraturan. Nilai luas penampang selanjutnya dikalikan dengan jarak titik berat terhadap koordinat cartesius. Koordinat cartesius terdiri atas dua sumbu yang saling berpotongan. Sumbu X diletakkan pada posisi bawah penampang dan sumbu Y diletakkan pada posisi kiri penampang.



Gambar 8.8. Perhitungan Momen Statis Penampang

Penyelesaian:

Statis Momen Terhadap Sisi Bawah (S_x)

$$(1 \cdot 4 + 5 \cdot 1) \cdot Y = 4 \cdot 1 \cdot 2 + 1 \cdot 5 \cdot 0 \cdot 5$$

$$9Y = 10 \cdot 5$$

$$Y = 1.17 \text{ cm}$$

Statis Momen terhadap Sisi Kiri (S_y)

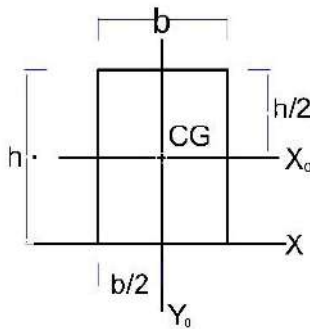
$$(1 \cdot 4 + 5 \cdot 1) \cdot X = 1 \cdot 4 \cdot 0.5 + 1 \cdot 5 \cdot 3.5$$

$$9X = 19.5$$

$$X = 2.17 \text{ cm}$$

8.2.3 Perhitungan Momen Inersia

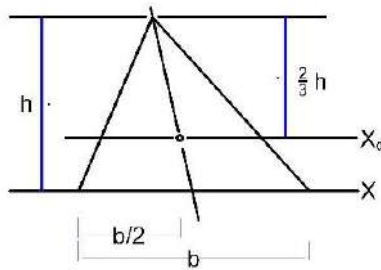
Perhitungan Momen inersia penampang yang beraturan menggunakan rumus praktis yang disajikan sebagai berikut:



Gambar 8.9. Perhitungan momen inersia penampang persegi

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad \text{Pers 8.7}$$

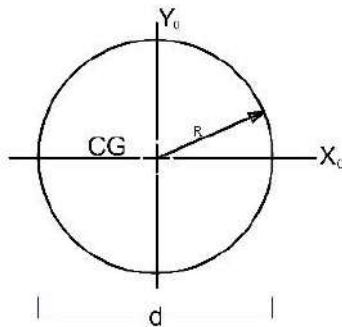
$$I_y = \frac{h \cdot b^3}{12} \quad \text{Pers 8.8}$$



Gambar 8.10.
Perhitungan

momen inersia pada penampang segitiga

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{36} \quad \text{Pers 8.9}$$



Gambar 8.11. Perhitungan momen inersia penampang lingkaran

$$I_x = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \quad \text{Pers 8.10}$$

$$I_y = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \quad \text{Pers 8.11}$$

8.3 Penggunaan sifat penampang dalam analisa struktur

Pada analisis struktur, kekuatan dan kestabilan memperhitungkan sifat penampang. Hal tersebut terlihat pada perhitungan tegangan normal, tegangan lentur dan tegangan geser (Gere et al., 2000). Ketiga parameter tersebut diuraikan sebagai berikut:

8.3.1 Tegangan normal

Tegangan normal pada elemen struktur yang berbentuk prisma dengan ukuran penampang konstan seluruh panjangnya dihitung berdasarkan beban aksial pada batang. Beban tersebut bekerja tegak lurus terhadap penampang atau sejajar dengan sumbu batang. Akibat beban aksial, Batang mengalami gaya tekan atau gaya tarik (gambar 8.11). Perhitungan tegangan tersebut biasanya dilakukan pada analisis rangka batang pada konstruksi jembatan atau konstruksi kuda-kuda.



Gambar 8.12. Gaya aksial yang terjadi pada penampang balok

Tegangan yang terjadi pada batang dihitung dengan membandingkan antara besarnya gaya dengan luas penampang. tegangan σ (sigma) tersebut adalah besarnya gaya aksial bekerja pada penampang dan terdistribusi kontinu pada seluruh penampang. Rumus umum perhitungan tegangan adalah

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \text{Pers. 8.12}$$

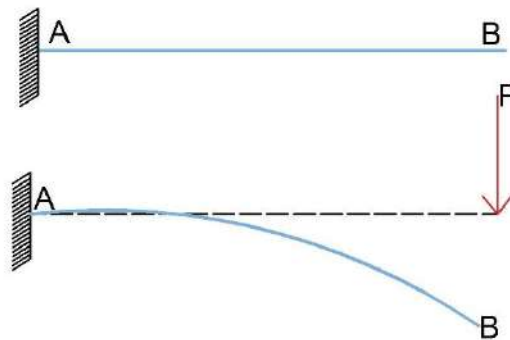
σ = Intensitas gaya normal (N/m², Mpa)

P = gaya tekan (N)

A = Luas penampang batang (m,mm)

8.3.2 Tegangan Lentur

Tegangan lentur dihitung berdasarkan momen lentur yang terjadi pada sepanjang batang. Ilustrasi momen lentur pada balok kantilever diuraikan pada gambar 6.



Gambar 8.13. Balok Momen Lentur Kantilever

Balok kantilever AB mengalami perubahan bentuk akibat adanya gaya P diujung batang. Pada kondisi normal, balok kantilever berbentuk lurus tanpa terjadi lengkungan. Akibat adanya beban, maka balok tersebut melengkung sesuai dengan tegangan lentur yang terjadi. Tegangan lentur berbanding lurus dengan momen lentur jarak posisi y dari sumbu netral. Selain itu, nilai tersebut berbanding terbalik dengan momen inersia penampang. Tegangan lentur dinyatakan dengan persamaan 8.13. Rumus tegangan tersebut hanya berlaku bagi balok dengan material yang bersifat kontinu.

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} \quad \text{Pers 8.13}$$

σ = Intensitas gaya lentur (N/m², Mpa)

M = Momen yang berkerja (N.m)

I = momen inersia (m⁴)

8.3.3 Tegangan geser

Tegangan geser (τ) yang bekerja di penampang disebabkan oleh adanya gaya yang bekerja sejajar dengan sumbu batang. Tegangan geser diasumsikan terdistribusi secara merata di seluruh lebar balok, meskipun tegangan tersebut bervariasi terhadap tingginya. Tegangan geser berbanding lurus dengan gaya geser dan berbanding terbalik dengan momen inersia penampang. Besarnya tegangan bervariasi secara kuadratik terhadap jarak y dari sumbu netral, dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$\tau = \frac{V \cdot Q}{I \cdot b} \text{ Pers. 8.14}$$

τ = tegangan geser (N/m²)

V = besarnya gaya geser yang bekerja (N)

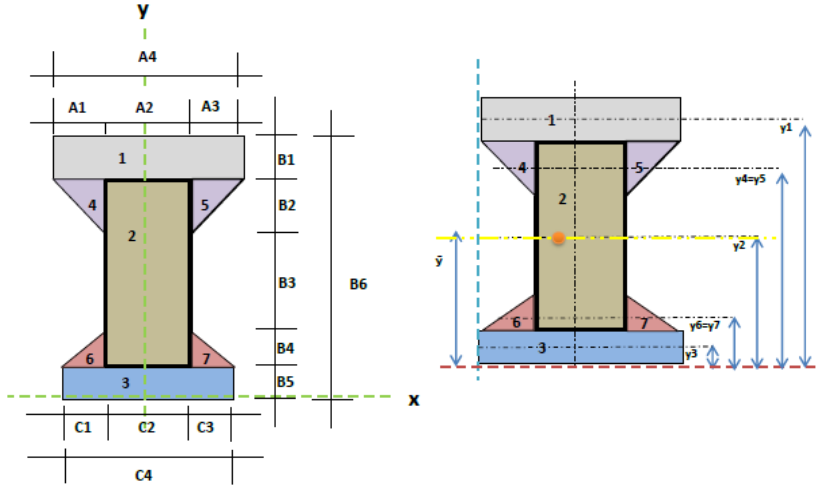
Q = statis momen dari tegangan geser terhadap sumbu netral
(m³)

I = momen inersia penampang (m⁴)

b = lebar penampang pada serat yang ditinjau (m)

8.4 Contoh Perhitungan Luas Penampang dan Momen Inersia

Perhitungan penampang bersusun dengan variasi persegi dan segitiga.



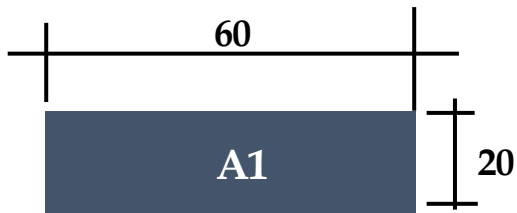
Gambar 8.14. Penampang Bersusun dan jarak titik berat elemen terhadap sumbu x

Uraian panjang dan lebar penampang pada setiap segmen diuraikan sebagai berikut :

A1 =	15	cm	B1 =	20	cm	C1 =	20	cm
A2 =	20	cm	B2 =	10	cm	C2 =	20	cm
A3 =	15	cm	B3 =	50	cm	C3 =	20	cm
A4 =	60	cm	B4 =	20	cm	C4 =	60	cm
			B5 =	20	cm			
			B6 =	120	cm			

Penampang tersebut terbagi atas tujuh elemen yang dibagi sebagai berikut :

Segmen A1



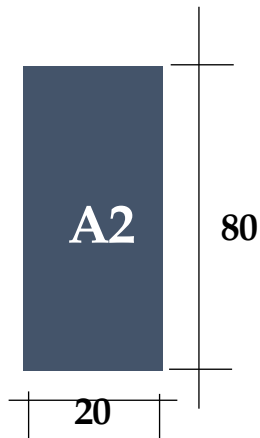
$$A1 = 60 \times 20 = 1200 \text{ cm}^2$$

Menentukan Titik Berat Terhadap Sumbu X dan Y

$$y1 = 120 - 0.5 \times 20 = 110$$

$$A.Y = 1200 \times 110 = 132000$$

*Segmen A2



Luas A2

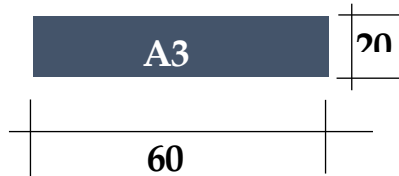
$$\begin{aligned} &= 20 \times 80 \\ &= 1600 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Menentukan Titik Berat Terhadap Sumbu X dan Y

$$y_2 = 20 + 0.5 \times 20 + 50 + 10 = 60$$

$$A.Y = 1600 \times 60 = 96000$$

*Segmen A3



Luas A3

$$= 60 \times 20$$

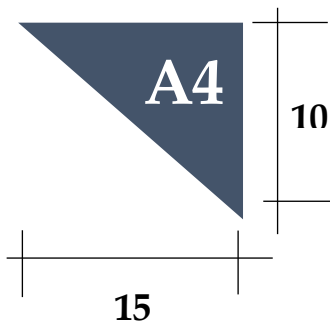
$$= 1200 \text{ cm}^2$$

Menentukan Titik Berat Terhadap Sumbu X dan Y

$$y_3 = 0.5 \times 20 = 10$$

$$A.Y = 1200 \times 10 = 12000$$

*Segmen A4



Luas A4

$$= \frac{1}{2} \times 15 \times 10$$

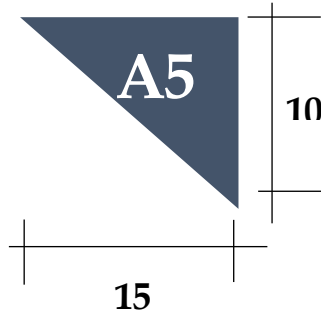
$$= 75 \text{ cm}^2$$

Menentukan Titik Berat Terhadap Sumbu X dan Y

$$y_4 = 120 - 20 - \frac{1}{3} \times 10 = 96.67$$

$$A.Y = 75 \times 96.67 = 7250$$

*Segmen A5



Luas A5

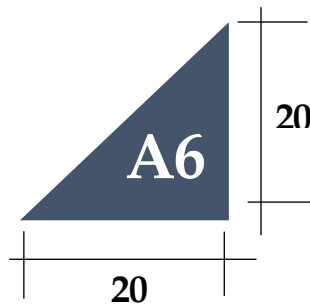
$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} \times 15 \times 10 \\ &= 75 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Menentukan Titik Berat Terhadap Sumbu X dan Y

$$y_5 = 120 - 20 - \frac{1}{3} \times 10 = 96.67$$

$$A.Y = 75 \times 96.67 = 7250$$

*Segmen A6



Luas A6

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} \times 20 \times 20 \\ &= 200 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Menentukan Titik Berat Terhadap Sumbu X dan Y

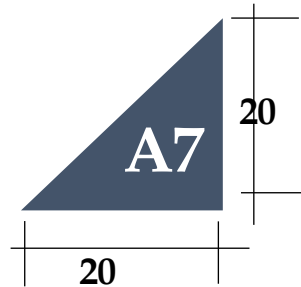
$$y_6 = 20 + \frac{1}{3} \times 20 = 26.7$$

$$A.Y = 200 \times 26.7 = 5333.3$$

*Segmen A7

Luas A7

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} \times 20 \times 20 \\ &= 200 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$



Menentukan Titik Berat Terhadap Sumbu X dan Y

$$y_6 = 20 + \frac{1}{3} \times 20 = 26.67$$

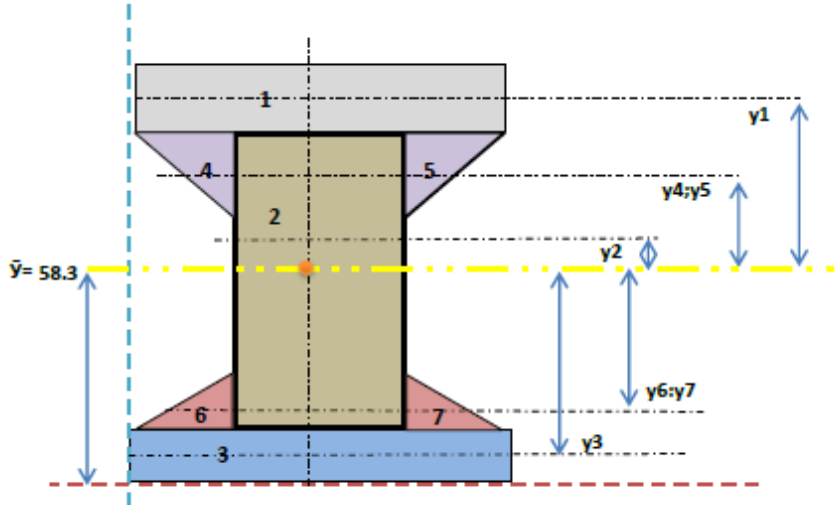
$$A.Y = 200 \times 26.7 = 5333.3$$

Rekapitulasi hasil perhitungan luas penampang serta jarak diperoleh sebagai hasil penjumlahan perkalian luas penampang dan jaraknya terhadap sumbu x dan sumbu y. Perhitungan tersebut disajikan pada tabel 8.1

Tabel 8.1. Perhitungan Letak Titik Berat (y)

<i>i</i>	$A_i (cm^2)$	$y_i (cm)$	$A_i y_i$
1	60 x 20 = 1200	120 - 0.5 x 20 = 110	1200 x 110 = 132000
2	20 x 80 = 1600	20 + 0.5 x 20 + 50 + 10 = 60	1600 x 60 = 96000
3	60 x 20 = 1200	0.5 x 20 = 10	1200 x 10 = 12000
4	1/2 x 15 x 10 = 75	120 - 20 - 1/3 x 10 = 96.67	75 x 96.67 = 7250
5	1/2 x 15 x 10 = 75	120 - 20 - 1/3 x 10 = 96.67	75 x 96.67 = 7250
6	1/2 x 20 x 20 = 200	20 + 1/3 x 20 = 26.67	200 x 26.67 = 5333.33
7	1/2 x 20 x 20 = 200	20 + 1/3 x 20 = 26.67	200 x 26.67 = 5333.33
$\Sigma A_i (cm^2) = 4550$			$\Sigma A_i y_i (cm^3) = 265166.67$

$$y = \frac{\sum A y_i}{\sum A_i} = \frac{265166.67 \text{ cm}^3}{4550 \text{ cm}^2} = 58,3 \text{ cm}$$



Gambar 8.15. Jarak titik berat penampang terhadap sumbu x

Perhitungan momen inersia I_x dilakukan berdasarkan penjumlahan momen inersia elemen (I_y) dan hasil kali perpindahan sumbu batang ($y_i - y$) dan luas penampang elemen. Perhitungan tersebut disajikan pada tabel 8.2.

Tabel 8.2. Perhitungan Momen Inersia (I_y)

i	$\delta y_i = y_i - \bar{Y}$	$A_i \delta y_i^2$	I_{x_i}
1	$110 - 58.3 = 51.7$	$1200 \times 51.7^2 = 3210150.1$	$\frac{60 \times 20^3}{12} = 40000.00$
2	$60 - 58.3 = 1.7$	$1600 \times 1.7^2 = 4742$	$\frac{20 \times 80^3}{12} = 853333.33$
3	$10 - 58.3 = -48.3$	$1200 \times (-48.3)^2 = 2796963.3$	$\frac{60 \times 20^3}{12} = 40000$
4	$96.67 - 58.3 = 38.4$	$75 \times 38.4^2 = 110524.5$	$\frac{15 \times 10^3}{36} = 416.67$
5	$96.67 - 58.3 = 38.4$	$75 \times 38.4^2 = 110524.5$	$\frac{15 \times 10^3}{36} = 416.67$
6	$26.67 - 58.3 = -31.6$	$200 \times (-31.6)^2 = 199860$	$\frac{20 \times 20^3}{36} = 4444.44$
7	$26.67 - 58.3 = -31.6$	$200 \times (-31.6)^2 = 199860$	$\frac{20 \times 20^3}{36} = 4444.44$
		$\Sigma A_i \delta y_i^2 = 6632625$	$\Sigma I_{x_i} = 943055.56$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 I_{xx} &= \Sigma I_{x_i} + \Sigma A_i \delta y_i^2 \\
 &= 943055.56 + 6632625.153 \\
 &= \mathbf{7575680.71 \text{ cm}^4}
 \end{aligned}$$

8.5 Penutup

Sifat penampang merupakan elemen penting dalam perencanaan struktur. Sifat tersebut berupa luas penampang, titik berat, statis momen dan momen inersia. Sifat penampang terkait dengan perhitungan tegangan geser, tegangan normal, tegangan lentur. Dengan demikian pengetahuan tersebut menjadi dasar dalam analisis struktur yang akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Fuchs, M. B. (1991). Unimodal beam elements. *International Journal of Solids and Structures*, 27(5), 533–545.
- Gere, J. M., Timoshenko, S. P., Hardani, W., & Suryoatmono, B. (2000). *Mekanika bahan*. Erlangga.
- Muvdi, B. B., & McNabb, J. W. (2012). *Engineering mechanics of materials*. Springer Science & Business Media.
- Pilkey, W. D., & Pilkey, W. D. (2005). *Formulas for stress, strain, and structural matrices* (Vol. 107). John Wiley & Sons Hoboken, NJ, USA.
- Tena-Colunga, A. (1996). Stiffness formulation for nonprismatic beam elements. *Journal of Structural Engineering*, 122(12), 1484–1489.
- Utomo, T. T. (2022). *Analisis Kekuatan Komposit Berpenguat Serat Rami Dalam Pengaplikasian Sebagai Dudukan Dan Sandaran Pada Bangku*. Universitas Diponegoro.

BAB 9

PORTAL SIMETRIS

Oleh Irma Aswani Ahmad

9.1 Pendahuluan

Filosofi yang digunakan dalam analisis suatu bangunan adalah kekuatan bangunan harus sama atau lebih besar dari beban yang akan dipikul bangunan tersebut. Ilmu Teknik sipil menyebutnya dengan perilaku struktur dalam menahan beban. Perilaku struktur ini diukur dengan gaya dan simpangan/lendutan.

Jenis elemen bangunan dibagi menjadi 3 yaitu balok, rangka batang dan portal. Istilah portal banyak digunakan untuk tiang pengalang di jalan gang perumahan. Tetapi dalam bangunsipil istilah portal dapat menggambarkan suatu perkantoran bahkan menggambarkan suatu hangar pesawat. Jadi portal itu terdiri dari bagian horizontal (balok) dan ditopang oleh bagian vertikal (kolom) (Sholeh, 2019).

Jenis bangunan dapat dibagi dalam dua yaitu struktur statis tertentu dan struktur statis tak tentu. Jenis portal itu sendiri ada portal simetris dan tidak simetris. Bagian ini akan membahas secara detail mengenai perhitungan pada portal simetris statis tertentu. Untuk itu maka ada tiga syarat kesetimbangan yang harus dipenuhi (Dewi, 2012) yaitu :

1. Kesetimbangan gaya horizontal (normal).
2. Kesetimbangan gaya verikal (lintang).
3. Kesetimbangan momen.

Sedangkan tumpuan yang digunakan pada portal ada tiga jenis, yaitu dapat berupa sendi, rol dan momen (Priambodo, 2021). Jika tumpuan dapat menahan beban horisontal dan vertikal maka dikategorikan tumpuan sendi. Sedangkan jika hanya menahan vertikal saja dikategorikan tumpuan rol. Selanjutnya momen jika dapat menahan horisontal, vertikal dan putaran.

Pembebanan pada portal dapat berupa beban terpusat, merata ataupun tak merata (Widodo, 2018). Bentuk beban ini

mewakili beban sesungguhnya yang biasa dipikul oleh portal. Beban mati balok dan dinding merupakan beban merata. Sedangkan beban kolom merupakan beban terpusat.

9.2 Analisis Struktur Portal Simetris

Sebenarnya bentuk portal pada umumnya memiliki kondisi struktur statis tak tentu. Hal ini disebabkan struktur portal menggunakan pondasi dalam, sehingga tumpuan yang digunakan tidak lagi statis tertentu. Akan tetapi pada bagian buku ini akan membahas bentuk portal statis tertentu sebagai dasar pemahaman untuk struktur tak tentu.

Metode penyelesaian analisis struktur dewasa ini berkembang dengan menggunakan *software* seperti SAP 2000, ETABS dan lainnya. Penggunaan *software* diharapkan dapat mengefisienkan waktu perhitungan. Walaupun demikian untuk perhitungan struktur statis tertentu perhitungan secara manual akan efektif untuk memberikan pemahaman mengenai filosofinya. Selain itu hasil perhitungan antara manual dan *software* tidak terjadi perbedaan (Deshariyanto, Diana and Fansuri, 2022), (Sholeh, 2021).

Metode perhitungan manual pun banyak jenisnya, tergantung dari bentuk kerumitan portal. Sebagai contoh terdapat metode *Cross* dan metode kekakuan dalam perhitungan baik portal simetris atau tidak simetris (Suna, Nur and Kadarningsih, 2022). Tahapan analisis suatu struktur berbentuk portal secara umum terbagi menjadi dua yaitu perhitungan mencari reaksi perletakan dan perhitungan mencari gaya dalam dengan persamaan kesetimbangan gaya (Frick, 1976).

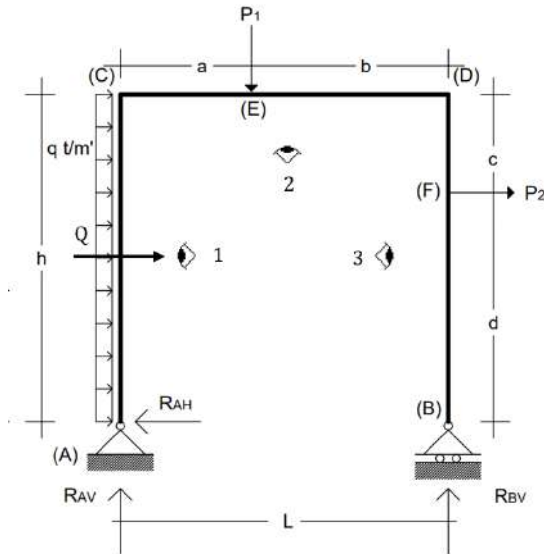
9.3 Tahapan Perhitungan Reaksi Perletakan

Secara garis besar langkah yang digunakan untuk menghitung reaksi perletakan sendi/rol adalah sebagai berikut:

1. Gambar Soal, jika ada beban merata dan tidak merata digambarkan beban ekuivalen terpusatnya
2. Gambar reaksi perletakan (arah gaya/panah)
3. $\Sigma M = 0$, di Tumpuan / Perletakan
 - a. Anggapan (searah jarum jam + atau sebaliknya)

- b. Gaya x Jarak
 - c. Tanda + / - sesuai anggapan
 - d. Jika hasil reaksi +, maka arah sesuai gambar langkah No 2
 - e. Jika hasil reaksi -, maka arah gambar terbalik dari arah panah langkah No 2
4. $\Sigma H = 0$
- a. Anggapan (arah kanan + atau sebaliknya)
 - b. Gaya horizontal yang ikut dalam perhitungan
 - c. Tanda + / - sesuai anggapan
 - d. Jika hasil reaksi horizontal +, arah sudah benar
 - e. Jika hasil reaksi horizontal -, arah terbalik
5. $\Sigma V = 0$ kontrol besar dan arah reaksi perletakan yang dihitung Langkah No 3
- a. Anggapan (arah ke atas + atau sebaliknya)
 - b. Gaya vertikal yang ikut dalam perhitungan
 - c. Tanda + / - sesuai anggapan
 - d. Jika hasil $\Sigma V = 0$ atau mendekati 0, maka reaksi perletakan besarnya dan arahnya sudah benar. Jika hasil $\Sigma V \neq 0$, maka reaksi perletakan besarnya dan arahnya ada yang salah.

9.4 Contoh Perhitungan Reaksi Perletakan



Gambar 9.1. Portal dengan beban merata dan terpusat

Diketahui data portal simetris adalah $a = 3$ m; $b = 5$ m; $c = 2$ m; $d = 4$ m; $P_1 = 5,5$ ton; $P_2 = 2,8$ ton; $q = 0,8$ t/m. Tumpuan di A berupa sendi dan tumpuan di B berupa rol (Gambar 9.1).

1. Karena pada bagian AB ada beban merata, maka dikonversi menjadi beban terpusat Q (arah sama dengan arah beban di soal).
2. Gambar reaksi perletakan R_{AV} dan R_{AH} (pada tumpuan sendi A) dan reaksi perletakan R_{BV} (pada tumpuan rol B). Arah reaksi dimisalkan saja, nanti akan dikontrol apakah arah yang digambar sudah benar.
3. $\Sigma M = 0$, di Tumpuan / Perletakan

$$\Sigma M_B = 0$$

$$R_{AV} \cdot L - R_{AH} \cdot 0 + Q \cdot \frac{1}{2} h - P_1 \cdot b + P_2 \cdot d = 0$$

$$R_{AV} \cdot L - R_{AH} \cdot 0 + q \cdot h \cdot \frac{1}{2} h - P_1 \cdot b + P_2 \cdot d = 0$$

$$R_{AV} = P_1 \cdot b/L - P_2 \cdot d/L - \frac{1}{2} q \cdot h^2/L$$

$$= 6 \cdot 5 / 8 - 3 \cdot 4 / 8 - 1/2 \cdot 0,8 \cdot 6^2 / 8$$

$$= 3 - 1,4 - 1,80$$

$$R_{AV} = + 0,24 \text{ ton (keatas } \uparrow)$$

- a. $\Sigma M_B = 0$ (searah jarum jam diberi tanda +)
- b. Gaya x Jarak terhadap titik B
- c. Tanda + jika arah putaran searah jarum jam dan tanda – jika berlawanan arah jarum jam
- d. R_{AV} didapatkan bernilai + maka arah gaya sama dengan yang digambar pada langkah sebelumnya yaitu ke atas.

$$\Sigma M_A = 0$$

$$-R_{BV} \cdot L + P_1 \cdot a + P_2 \cdot d + q \cdot h \cdot \frac{1}{2} h = 0$$

$$R_{BV} = P_1 \cdot a/L + P_2 \cdot d/L + \frac{1}{2} \cdot h^2/L$$

$$= 6 \cdot 3 / 8 + 3 \cdot 4 / 8 + 1/2 \cdot 0,8 \cdot 6^2 / 8$$

$$= 2 + 1,4 + 1,8$$

$$R_{BV} = + 5,26 \text{ ton (keatas } \uparrow)$$

- e. $\Sigma M_A = 0$ (searah jarum jam diberi tanda +)
- f. Gaya x Jarak terhadap titik A
- g. Tanda + jika arah putaran searah jarum jam dan tanda – jika berlawanan arah jarum jam
- h. R_{BV} didapatkan bernilai + maka arah gaya sama dengan yang digambar pada langkah sebelumnya yaitu ke atas.

4. $\Sigma H = 0$ digunakan untuk menghitung reaksi perletakan R_{AH} .

$$\Sigma H = 0$$

$$-R_{AH} + q \cdot h + P_2 = 0$$

$$R_{AH} = P_2 + q \cdot h$$

$$R_{AH} = 3 + 0,8 \cdot 6$$

$$R_{AH} = + 7,6 \text{ ton (kekiri } \leftarrow)$$

- a. Anggapan : gaya arah kanan diberi tanda +
 - b. Gaya horizontal yang ikut dalam perhitungan
 - c. Tanda + diberikan jika gaya arah ke kanan dan tanda - jika gaya arah ke kiri
 - d. R_{AH} didapatkan bernilai + maka arah gaya sama dengan yang digambar pada langkah sebelumnya yaitu ke kiri.
5. $\Sigma V = 0$ digunakan untuk mengontrol kebenaran besar dan arah reaksi perletakan R_{AV} dan R_{BV} yang dihitung Langkah No 3

Kontrol :

$$\Sigma V = 0$$

$$\begin{aligned}\Sigma V &= R_{AV} + R_{BV} - P_1 \\ &= 0,24 + 5,26 - 6 \\ &= 0 \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

- a. Anggapan : gaya arah ke atas diberi tanda +
- b. Gaya vertikal yang ikut dalam perhitungan
- c. Tanda + diberikan jika gaya arah ke atas dan tanda - jika gaya arah ke bawah
- d. Hasil $\Sigma V = 0$ maka reaksi perletakan besarnya dan arahnya sudah benar.

9.5 Tahapan Perhitungan Gaya Dalam

Perhitungan gaya dalam yang terdiri dari lintang, normal dan momen dilakukan dengan membagi bentang portal per segmen. Langkah perhitungannya sebagai berikut :

1. Gaya Lintang
 - a. Buat persamaan gaya lintang per segmen
 - b. Gaya yang ikut adalah gaya yang tegak lurus sumbu segmen yang ditinjau
 - c. Arah + / - ditentukan sesuai ketentuan berikut :

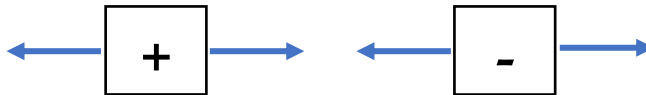


Jika gaya menyebabkan bergeser ke atas bagian kirinya berarti +. Jika gaya menyebabkan bergeser ke bawah bagian kirinya berarti -.

d. Gambar diagram gaya lintang

2. Gaya normal

- Buat persamaan gaya normal per segmen
- Gaya yang ikut adalah gaya yang sejajar sumbu segmen yang ditinjau
- Arah + / - ditentukan sesuai ketentuan berikut :



Jika gaya menyebabkan tarik berarti normal +. Jika gaya menyebabkan tekan berarti normal -.

d. Gambar diagram gaya normal

3. Momen

- Buat persamaan momen per segmen
- Gaya x jarak ke titik ujung segmen
- Arah + / - ditentukan sesuai ketentuan berikut :



- Jika momen menyebabkan tarik di bagian bawah dan tekan di bagian atas berarti +. Jika momen menyebabkan tekan di bawah dan tarik di bagian atas berarti -.

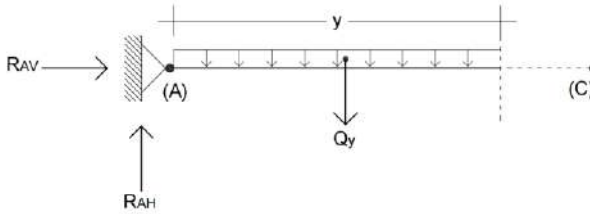
e. Gambar diagram momen.

9.6 Contoh Perhitungan Gaya Dalam

Perhitungan gaya dalam yang terdiri dari lintang, normal dan momen dilakukan dengan membagi bentang portal per segmen. Langkah perhitungannya sebagai berikut :

1. Gaya Lintang

- Persamaan gaya lintang segmen AC (kolom sebelah kiri), dengan pandangan mata ada di posisi 1. Segmen AC dipotong sedikit di depan titik C, dapat dilihat pada Gambar 9.2.



Gambar 9.2. Segmen AC

- b. Gaya yang ikut adalah gaya yang tegak lurus sumbu segmen AC yaitu R_{AH} dan Q_y .
- c. Peninjauan segmen dari kiri ke kanan, artinya arah yang digunakan adalah sebelah kiri :



- d. Arah R_{AH} ke atas artinya tanda + dan arah Q_y ke bawah artinya tanda -.

Segmen A $\rightarrow$ C ($0 \leq y \leq 6$)

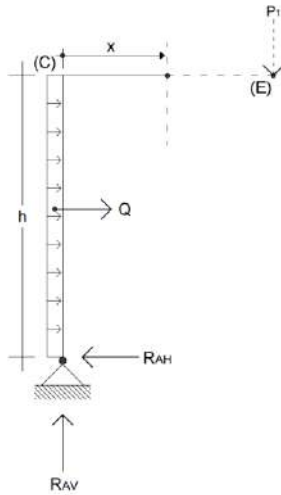
$$\begin{aligned}
 D_y &= + R_{AH} - Q_y \\
 D_y &= + R_{AH} - q \cdot y \\
 D_{AC} = D_{y=0} &= + R_{AH} - q \cdot y \\
 &= + 7,6 - 0,8 \cdot 0 \\
 &= + 7,6 \text{ ton} \\
 D_{CA} = D_{y=6} &= + R_{AH} - q \cdot y \\
 &= + 7,6 - 0,8 \cdot 6 \\
 &= 2,8 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

- e. Persamaan gaya lintang segmen CE (balok CD), dengan pandangan mata ada di posisi 2. Segmen CE dipotong sedikit di depan titik E (beban P1 tidak ikut dalam perhitungan segmen), gambar segmen menjadi Gambar 9.3.
- f. Gaya yang ikut adalah gaya yang tegak lurus sumbu segmen CE yaitu hanya R_{AV} .
- g. Peninjauan segmen dari kiri ke kanan sama segmen AC.
- h. Arah R_{AV} ke atas artinya tanda +.

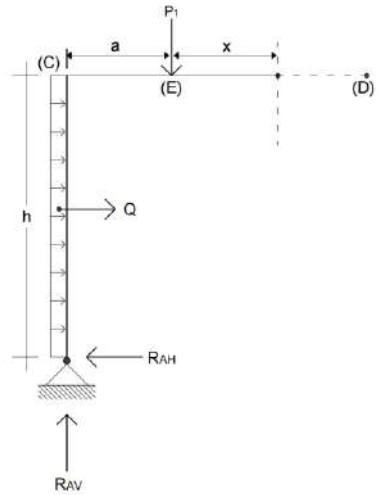
Segmen C $\rightarrow$ E ($0 \leq x \leq 3$)

$$\begin{aligned}
 D_x &= + R_{AV} = + 0,24 \text{ ton} \\
 D_{CE} &= + 0,24 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

- i. Persamaan gaya lintang segmen ED (balok CD), dengan pandangan mata ada di posisi 2. Segmen ED dipotong sedikit di depan titik D (beban P₁ ikut dalam perhitungan segmen), sehingga gambar segmen seperti Gambar 9.4.



Gambar 9.3. Segmen CE



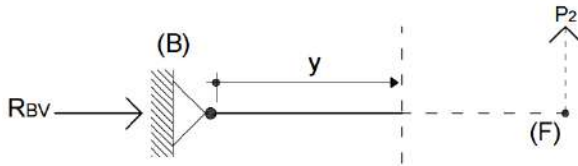
Gambar 9.4. Segmen ED

- j. Gaya yang ikut adalah gaya yang tegak lurus sumbu segmen ED yaitu hanya R_{AV} dan P₁.
- k. Peninjauan segmen dari kiri ke kanan sama segmen AC.
- l. Arah R_{AV} ke atas artinya tanda +. Arah P₁ ke bawah artinya tanda -.

Segmen E → D ($0 \leq x \leq 5$)

$$\begin{aligned}
 D_x &= + R_{AV} - P_1 \\
 &= + 0,24 - 5,5 \\
 &= -5,26 \text{ ton} \\
 D_{ED} &= -5,26 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

- m. Persamaan gaya lintang segmen BF (kolom BD), dengan pandangan mata ada di posisi 3. Segmen BF dipotong sedikit di depan titik F (beban P₂ tidak ikut dalam perhitungan segmen), dapat dilihat pad Gambar 9.5.

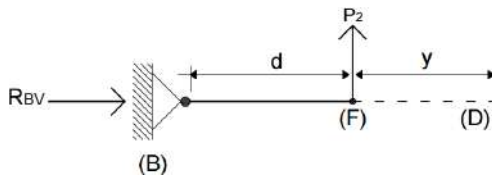


Gambar 9.5. Segmen BF

- n. Terlihat tidak ada gaya yang tegak lurus sumbu segmen BF, sehingga tidak ada gaya lintang yang bekerja di sepanjang segmen BF.

$$D_{BF} = 0$$

- o. Persamaan gaya lintang segmen FD (kolom BD), dengan pandangan mata ada di posisi 3. Segmen FD dipotong sedikit di depan titik D (beban P_2 ikut dalam perhitungan segmen), dapat dilihat pada Gambar 9.6.



Gambar 9.6. Segmen FD

- p. Gaya yang ikut adalah gaya yang tegak lurus sumbu segmen FD yaitu hanya P_2 .
- q. Peninjauan segmen dari kanan ke kiri, artinya arah yang digunakan adalah sebelah kanan :



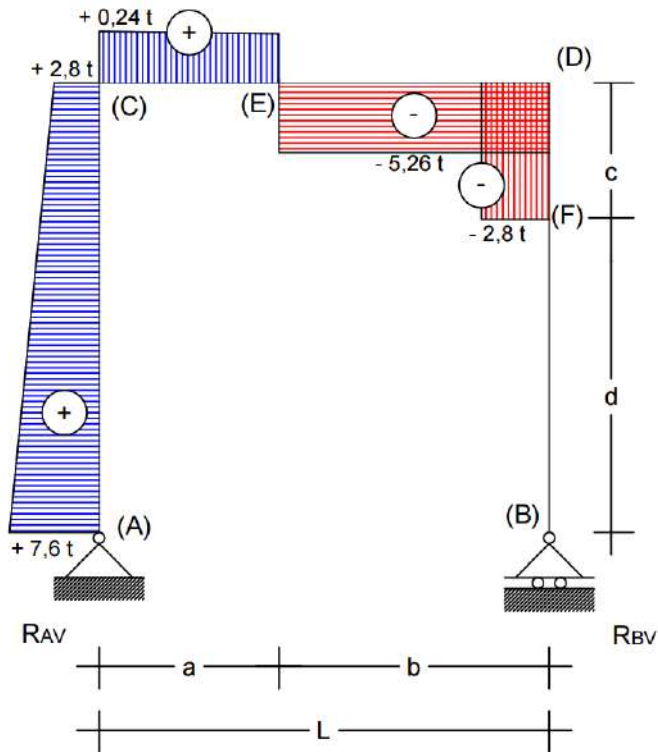
- r. Arah P_2 ke atas artinya tanda -.

Segmen $F \rightarrow D$ ($0 \leq y \leq 2$)

$$D_y = - \quad P_2 = - \quad 2,8 \text{ ton}$$

$$D_{FD} = - \quad 2,8 \text{ ton}$$

- s. Gambar diagram gaya lintang (Gambar 9.7)



Gambar 9.7. Diagram Lintang

2. Gaya normal

- Gambar segmen AC dapat dilihat pada Gambar 9.2.
- Gaya yang ikut adalah gaya yang sejajar sumbu segmen AC yaitu R_{AV} .
- Peninjauan segmen dari kiri ke kanan, artinya arah yang digunakan adalah sebelah kiri :



- Arah R_{AV} ke kanan menekan segmen artinya diberi tanda -.
 $N_{AC} = - R_{AV} = - 0,24 \text{ ton (tekan)}$
- Gambar segmen CE dapat dilihat pada Gambar 9.3.
- Gaya yang ikut adalah gaya yang sejajar sumbu segmen CE yaitu R_{AH} dan Q .
- Peninjauan segmen dari kiri ke kanan sama segmen AC.

- h. Arah R_{AH} ke kiri (tarik) segmen artinya diberi tanda + dan Q ke kanan (tekan) segmen artinya diberi tanda -.

$$\begin{aligned} N_{CE} &= + R_{AH} - q \cdot h \\ &= + 7,6 - 0,8 \cdot 6 \\ &= + 7,6 - 4,8 \\ &= + 2,8 \text{ ton (tarik)} \end{aligned}$$

- i. Gambar segmen ED dapat dilihat pada Gambar 9.4.
j. Gaya yang ikut adalah gaya yang sejajar sumbu segmen ED yaitu R_{AH} dan Q , sehingga sama dengan gaya normal segmen CE sebelumnya.

$$\begin{aligned} N_{ED} &= + R_{AH} - Q \\ &= + R_{AH} - q \cdot h \\ &= + 7,6 - 0,8 \cdot 6 \\ &= + 7,6 - 4,8 \\ &= + 2,8 \text{ ton (tarik)} \end{aligned}$$

- k. Gambar segmen BF dapat dilihat pada Gambar 9.5.
l. Gaya yang ikut adalah gaya yang sejajar sumbu segmen BF yaitu R_{BV} .
m. Peninjauan segmen dari kanan ke kiri, artinya arah yang digunakan adalah sebelah kanan :



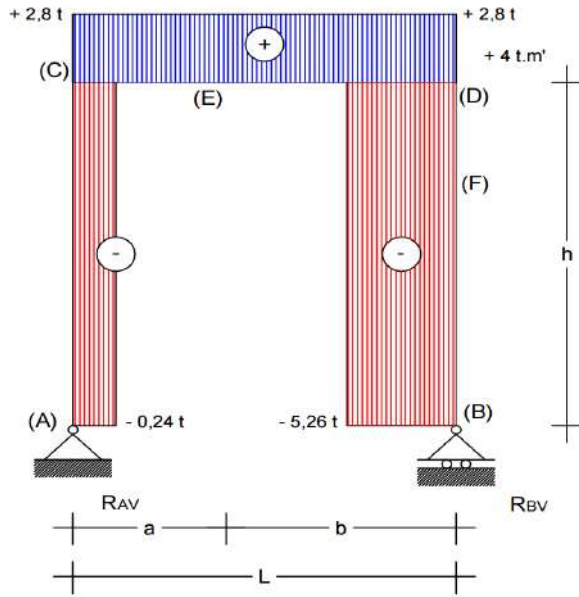
- n. Arah R_{BV} ke kiri menekan segmen artinya diberi tanda -.

$$N_{BF} = - R_{BV} = - 5,26 \text{ ton (tekan)}$$

- o. Gambar segmen FD dapat dilihat pada Gambar 9.6.
p. Gaya yang ikut adalah gaya yang sejajar sumbu segmen FD yaitu R_{BV} , sehingga sama dengan segmen BF sebelumnya.

$$N_{FD} = - R_{BV} = - 5,26 \text{ ton (tekan)}$$

- q. Gambar diagram gaya normal (Gambar 9.8)



Gambar 9.8. Diagram Normal

3. Momen

- Persamaan momen segmen AC (Gambar 9.2)
- Gaya yang ikut adalah R_{AH} dan Q_y yaitu yang memiliki jarak ke titik potong segmen, yaitu jarak ke titik ujung segmen.
- Peninjauan segmen dari kiri ke kanan, artinya arah yang digunakan adalah sebelah kiri :



$$M_y = + R_{AH} \cdot y - Q_y \cdot \frac{1}{2} \cdot y$$

$$M_y = + R_{AH} \cdot y - \frac{1}{2} \cdot q \cdot y^2$$

$$M_A = M_{y=0} = 0$$

$$\begin{aligned} M_C = M_{y=6} &= + R_{AH} \cdot h - \frac{1}{2} \cdot q \cdot h^2 \\ &= + 7,6 \cdot 6 - \frac{1}{2} \cdot 0,8 \cdot 6^2 \\ &= 45,6 - 14,4 \end{aligned}$$

$$M_C = + 31,2 \text{ t.m}$$

- Persamaan momen segmen CE (Gambar 9.3)

- e. Gaya yang ikut adalah R_{AV} , R_{AH} dan Q yaitu yang memiliki jarak ke titik potong segmen, yaitu jarak ke titik ujung segmen.

- f. Peninjauan segmen dari kiri ke kanan sama segmen AC.

$$\begin{aligned}
 M_x &= + R_{AH} \cdot h - Q \cdot \frac{1}{2} \cdot h + R_{AV} \cdot x \\
 M_C = M_{x=0} &= + R_{AH} \cdot h - \frac{1}{2} \cdot q \cdot h^2 + R_{AV} \cdot 0 \\
 M_C &= + 7,6 \cdot 6 - \frac{1}{2} \cdot 0,8 \cdot 6^2 \\
 &= + 31,2 \text{ t.m} \quad (\text{Harus sama dengan } M_C \text{ sebelumnya}) \\
 M_E = M_{x=a=3} &= + R_{AH} \cdot h - \frac{1}{2} \cdot q \cdot h^2 + R_{AV} \cdot a \\
 &= + 7,6 \cdot 6 - \frac{1}{2} \cdot 0,8 \cdot 6^2 + 0,24 \cdot 3 \\
 &= 45,6 - 14,4 + 0,71 \\
 M_E &= + 31,9 \text{ t.m}
 \end{aligned}$$

- g. Persamaan momen segmen ED (Gambar 9.4)

- h. Gaya yang ikut adalah R_{AV} , R_{AH} , Q dan P_1 yaitu yang memiliki jarak ke titik potong segmen, yaitu jarak ke titik ujung segmen.

- i. Peninjauan segmen dari kiri ke kanan sama segmen AC.

$$\begin{aligned}
 M_x &= + R_{AH} \cdot h - Q \cdot \frac{1}{2} \cdot h + R_{AV} \cdot (a + x) - P_1 \cdot x \\
 M_E = M_{x=0} &= + R_{AH} \cdot h - \frac{1}{2} \cdot q \cdot h^2 + R_{AV} \cdot (a + 0) - P_1 \cdot 0 \\
 &= + 7,6 \cdot 6 - \frac{1}{2} \cdot 0,8 \cdot 6^2 + 0,24 \cdot 3 \\
 &= 45,6 - 14,4 + 0,71 \\
 &= + 31,9 \text{ t.m} \quad (\text{Harus sama dengan } M_E \text{ sebelumnya}) \\
 M_D = M_{x=b=5} &= + R_{AH} \cdot h - \frac{1}{2} \cdot q \cdot h^2 + R_{AV} \cdot (a + 5) - P_1 \cdot 5 \\
 &= + 7,6 \cdot 6 - \frac{1}{2} \cdot 0,8 \cdot 6^2 + 0,24 \cdot 8 - 5,5 \cdot 5 \\
 &= 45,6 - 14,40 + 1,9 - 27,5 \\
 M_D &= + 5,6 \text{ t.m}
 \end{aligned}$$

- j. Persamaan momen segmen BF (Gambar 9.5)

- k. Tidak ada gaya yang ikut dalam perhitungan karena reaksi perletakan R_{BV} tidak memiliki jarak ke titik potong segmen, yaitu jarak ke titik ujung segmen. Jadi $M_B = 0$ dan $M_F = 0$

- l. Persamaan momen segmen FD (Gambar 9.6)

- m. Gaya yang ikut hanya P_2 yaitu yang memiliki jarak ke titik potong segmen, yaitu jarak ke titik ujung segmen.

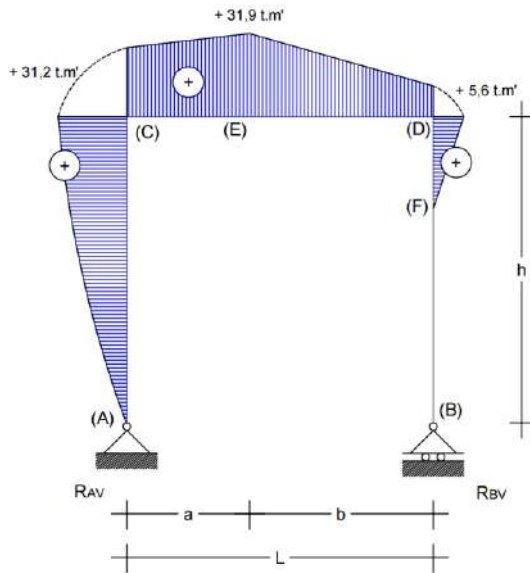
- n. Peninjauan segmen dari kanan ke kiri, artinya arah yang digunakan adalah sebelah kiri :



$$\begin{aligned}
 M_y &= + P_2 \cdot y \\
 M_D = M_{y=c=2} &= + 2,8 \cdot 2 \\
 &= + 5,6 \text{ t.m}
 \end{aligned}$$

(Harus sama dengan MD sebelumnya)

- o. Gambar diagram momen (Gambar 9.9)



Gambar 9.9. Diagram Momen

DAFTAR PUSTAKA

- Deshariyanto, D., Diana, A. I. N. and Fansuri, S. (2022) 'Perbandingan Struktur Rangka Batang Statis Tertentu Menggunakan Metode Mekanika Klasik Dan Program (Sap 2000)', *Jurnal Ilmiah MITSU (Media Informasi Teknik Sipil Universitas Wiraraja)*, 10(1), pp. 63–72. doi: 10.24929/ft.v10i1.1614.
- Dewi, S. M. (2012) *Statika*. Malang: Bargie Media.
- Frick, H. (1976) *Statistika dan kegunaannya*. Penerbit Kanisius.
- Priambodo, T. (2021) *Teori Dasar Struktur*. Bandung: Penerbit Yrama Widya.
- Sholeh, M. N. (2019) *Mekanika Rekayasa Ilmu Dasar Teknik Sipil*. Yogyakarta: Penerbit Deepublish.
- Sholeh, M. N. (2021) *Analisa Struktur SAP2000 v22*. Pustaka Pranala.
- Suna, U., Nur, K. S. and Kadarningsih, R. (2022) 'Analisis Perbandingan Hasil Perhitungan Metode Cross dan Metode Kekakuan pada Portal Ekuivalen', *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)*, 10(1), pp. 50–60.
- Widodo, E. (2018) *Pengantar Mekanika Teknik*. Sidoarjo: UMSIDA Press.

BAB 10

PORTAL TIDAK SIMETRIS

Oleh Nedra Neswita

10.1 Pendahuluan

Portal tidak simetris merupakan sebuah elemen struktural yang tidak memiliki simetri putar atau simetri reflektif. Dalam konteks analisis struktural, portal tidak simetris adalah suatu konfigurasi di mana elemen-elemen struktural utama seperti kolom, balok, dan dinding tidak memiliki pola simetri yang jelas. Relevansi portal tidak simetris dalam analisis struktural melibatkan pemahaman terhadap distribusi beban, gaya, dan momen yang mungkin berbeda-beda di sepanjang struktur, memerlukan pendekatan analisis yang lebih cermat.

Struktur portal tidak simetris dapat muncul dalam berbagai konteks arsitektur dan konstruksi. Misalnya, pada bangunan dengan desain inovatif, struktur atap yang tidak simetris dapat memberikan keunikan estetika, tetapi juga menantang insinyur struktural untuk memastikan kestabilan dan keamanan struktur tersebut.

Perbedaan antara portal simetris dan tidak simetris mencakup pengetahuan mengenai distribusi beban dan momen. Dalam portal simetris, elemen-elemen struktural cenderung memiliki pola simetri yang jelas, yang memudahkan analisis dan desain. Sebaliknya, pada portal tidak simetris, distribusi beban dan momen dapat bervariasi di sepanjang struktur, menciptakan tantangan tambahan dalam merancang elemen-elemen struktural yang efisien.

Penting untuk memahami bahwa ketidaksimetrisan portal dapat timbul dari variasi beban, geometri, atau pemilihan material. Dengan memahami perbedaan ini, dapat mengidentifikasi faktor-faktor kunci yang mempengaruhi desain dan kinerja struktur.

Konsep dasar desain struktural mencakup pemahaman mengenai penyeimbangan kekuatan dan kestabilan dalam struktur. Insinyur struktural memiliki peran sentral dalam menciptakan

struktur yang efisien dan aman. Mereka harus mempertimbangkan faktor-faktor seperti beban bekerja, karakteristik material, dan kondisi lingkungan.

Pentingnya peran insinyur struktural terletak pada kemampuannya untuk menciptakan struktur yang tidak hanya memenuhi persyaratan teknis, tetapi juga estetika dan fungsionalitasnya. Dengan melibatkan insinyur struktural sejak awal tahap desain, proyek konstruksi dapat meminimalkan risiko kegagalan struktural dan memastikan bahwa struktur berkinerja optimal.

10.2 Portal Tidak Simetris Karena Balok Overhang Sebelah

Portal struktural yang tidak simetris karena adanya balok overhang pada satu sisi adalah suatu konfigurasi dalam desain struktural yang cukup umum. Balok overhang mengacu pada bagian dari balok yang melampaui batas pendukung atau kolom di satu sisi.

Keputusan untuk membuat portal tidak simetris dengan adanya balok overhang dapat dipengaruhi oleh berbagai pertimbangan teknis, desain, atau arsitektural. Beberapa alasan yang mungkin mencakup:

1. **Kebutuhan Ruang atau Desain:**

Balok overhang dapat memberikan perlindungan tambahan atau penutup kepada pintu atau jendela yang berada di bawahnya. Keinginan untuk menciptakan desain arsitektural yang menarik atau unik.

2. **Distribusi Beban:**

Pemisahan beban yang diterapkan ke struktur dapat memerlukan distribusi yang tidak simetris. Keputusan ini dapat didasarkan pada analisis struktural untuk memastikan keamanan dan stabilitas struktur.

3. **Penyimpanan atau Penggunaan Ruang:**

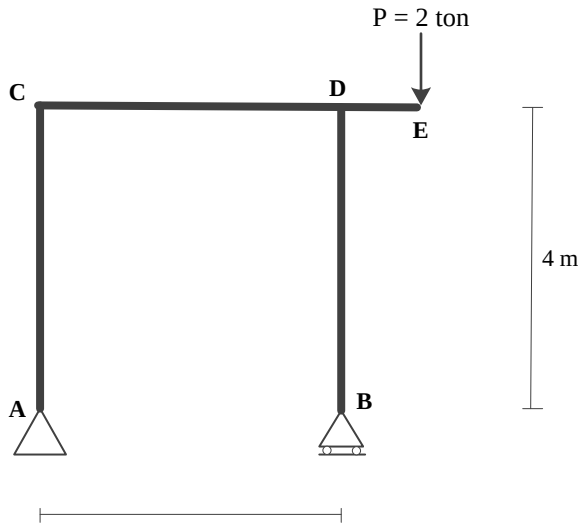
Balok overhang dapat menciptakan area tambahan untuk penyimpanan atau digunakan untuk keperluan tertentu.

4. **Kondisi Situasional:**

Beberapa kondisi situs, seperti topografi atau pembatasan lahan, mungkin mempengaruhi desain struktural.

10.2.1 Beban Terpusat Vertikal Tidak Simetris

Contoh Perhitungan dan diagram gaya normal (NFD), diagram gaya geser (SFD) dan diagram momen lentur (BMD) pada struktur statis tentu overhang sebelah dengan beban terpusat vertikal.



Gambar 10.1. Struktur Statis Tentu Overhang Sebelah Dengan Beban Terpusat Vertikal

Penyelesaian

Perhitungan reaksi perletakan:

$$\Sigma H = 0$$

$$H_A = 0$$

$$\Sigma V = 0$$

$$V_A + V_B - P = 0$$

$$V_A + V_B = 2$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$P \cdot 5 - V_B \cdot 4 = 0$$

$$2.5 - V_B \cdot 4 = 0$$

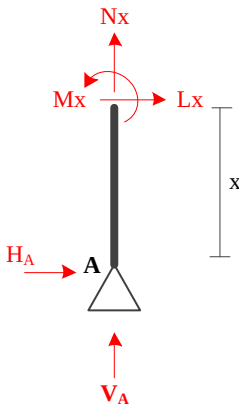
$$V_B = \frac{2}{5}$$

$$V_A + V_B = 2$$

$$V_A + \frac{2}{5} = 2$$

$$V_A = \frac{8}{5}$$

Bentang AC ($0 \leq x \leq 4$)



$$\Sigma H = 0$$

$$H_A + L_x = 0$$

$$L_x = 0$$

$$\Sigma V = 0$$

$$V_A - N_x = 0$$

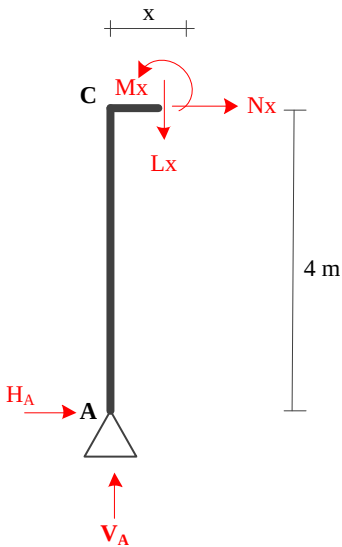
$$N_x = -V_A = -\frac{8}{5}$$

$$\Sigma M_x = 0$$

$$-M_x - H_A \cdot x = 0$$

$$M_x = 0$$

Bentang CD ($0 \leq x \leq 4$)



$$\Sigma H = 0$$

$$H_A + N_x = 0$$

$$N_x = 0$$

$$\Sigma V = 0$$

$$V_A - L_x = 0$$

$$L_x = V_A = \frac{8}{5}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$V_A \cdot x - H_A \cdot 4 - M_x =$$

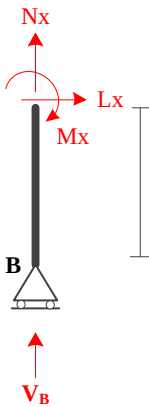
$$0$$

$$M_x = \frac{8}{5} \cdot x$$

$$x=0 \rightarrow M_x = 0$$

$$x=4 \rightarrow M_x = \frac{32}{5}$$

Bentang BD ($0 \leq x \leq 4$)



$$\Sigma H = 0$$

$$L_x = 0$$

$$\Sigma V = 0$$

$$V_B + N_x = 0$$

$$\frac{2}{5} + N_x = 0$$

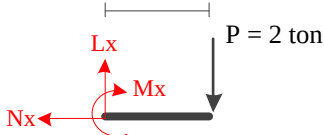
$$N_x = -\frac{2}{5}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$-M_x = 0$$

$$M_x = 0$$

Bentang ED ($0 \leq x \leq 1$)



$$\Sigma H = 0$$

$$L_x = 0$$

$$\Sigma V = 0$$

$$L_x - P = 0$$

$$L_x = 2$$

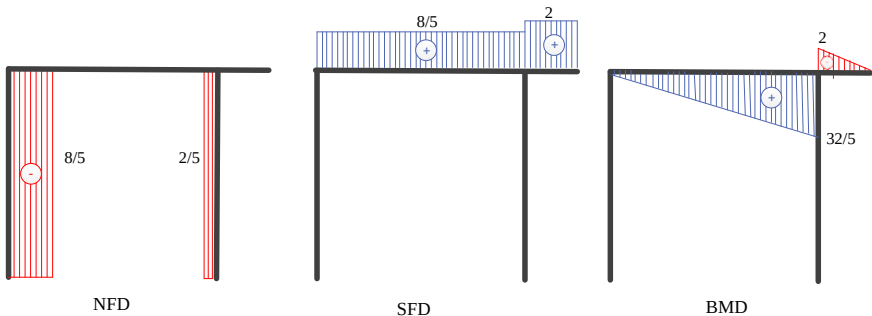
$$\Sigma M_x = 0$$

$$M_x + P \cdot x = 0$$

$$M_x = -2x$$

$$x=0 \rightarrow M_x = 0$$

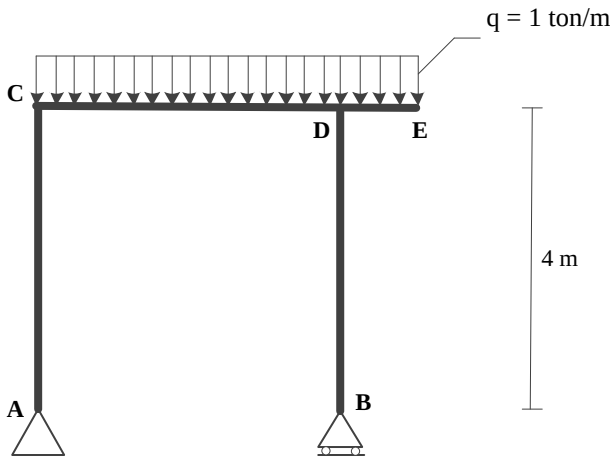
$$x=4 \rightarrow M_x = -2$$



Gambar 10.2. Diagram Gaya Dalam Struktur Statis Tentu Overhang Sebelah Dengan Beban Terpusat Vertikal

10.2.2 Beban Merata Tidak Simetris

Perhitungan dan diagram gaya normal (NFD), diagram gaya geser (SFD) dan diagram momen lentur (BMD) pada struktur statis tentu overhang sebelah dengan beban merata tidak simetris.



Gambar 10.3. Struktur Statis Tumpuan Overhang Sebelah Dengan Beban Merata Tidak Simetris

Penyelesaian

Perhitungan reaksi perletakan:

$$\Sigma H = 0$$

$$H_A = 0$$

$$\Sigma V = 0$$

$$V_A + V_B - R = 0$$

$$V_A + V_B = 5$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$R \cdot \frac{5}{2} - V_B \cdot 4 = 0$$

$$5 \cdot \frac{5}{2} - V_B \cdot 4 = 0$$

$$V_B = \frac{25}{8}$$

Kontrol

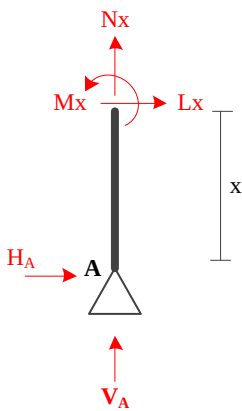
$$\Sigma M_B = 0$$

$$V_A \cdot 4 - R \cdot \frac{3}{2} = 0$$

$$\frac{15}{8} \cdot 4 - 5 \cdot \frac{3}{2} = 0$$

$$0 = 0 \text{OK}$$

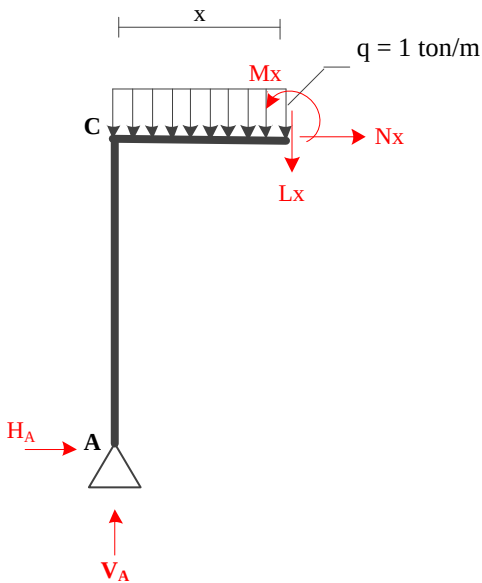
Perhitungan bidang gaya dalam
Bentang AC ($0 \leq x \leq 4$)



$$\begin{aligned}\Sigma H &= 0 \\ H_A + L_x &= 0 \\ \Sigma V &= 0 \\ V_B + N_x &= 0 \\ \frac{15}{8} + N_x &= 0 \\ N_x &= -\frac{15}{8}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma M_x &= 0 \\ H_A \cdot x &= 0 \\ M_x &= 0\end{aligned}$$

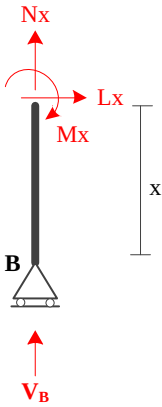
Bentang CD ($0 \leq x \leq 4$)



$$\begin{aligned}\Sigma H &= 0 \\ H_A + N_x &= 0 \\ N_x &= 0 \\ \Sigma V &= 0 \\ V_A - R - L_x &= 0 \\ \frac{15}{8} - x - L_x &= 0 \\ L_x &= \frac{15}{8} - x \\ x=0 &\rightarrow L_x = \frac{15}{8} \\ x=4 &\rightarrow L_x = -\frac{17}{8}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma M_x &= 0 \\ V_A \cdot x - H_A \cdot 4 - R \cdot \frac{1}{2}x - M_x &= 0 \\ \frac{15}{8}x - 0 - \frac{1}{2}x^2 - M_x &= 0 \\ M_x &= \frac{15}{8}x - \frac{1}{2}x^2 \\ x=0 &\rightarrow M_x = 0 \\ x=4 &\rightarrow M_x = -\frac{1}{2}\end{aligned}$$

Bentang BD ($0 \leq x \leq 4$)



$$\Sigma H = 0$$

$$L_x = 0$$

$$\Sigma V = 0$$

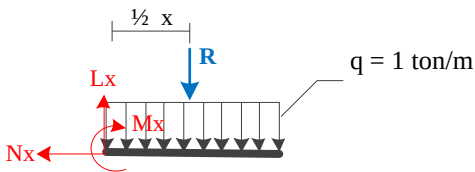
$$V_B + N_x = 0$$

$$N_x = -\frac{25}{8}$$

$$\Sigma M_x = 0$$

$$M_x = 0$$

Bentang ED ($0 \leq x \leq 1$)



$$\Sigma H = 0$$

$$N_x = 0$$

$$\Sigma V = 0$$

$$L_x - R = 0$$

$$L_x = R$$

$$L_x = x$$

$$x=0 \rightarrow L_x = 0$$

$$x=1 \rightarrow L_x = 1$$

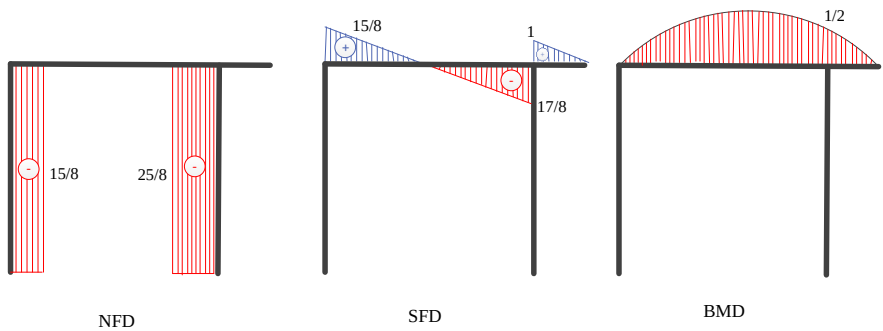
$$\Sigma M_x = 0$$

$$M_x + R \cdot \frac{1}{2}x = 0$$

$$M_x = -\frac{1}{2}x^2$$

$$x=0 \rightarrow M_x = 0$$

$$x=4 \rightarrow M_x = -\frac{1}{2}$$



Gambar 10.4. Diagram Gaya Dalam Struktur Statis Tentu Overhang Sebelah Dengan Beban Merata Tidak Simetris

10.3 Portal Tidak Simetris Karena Kolom Tinggi Sebelah

Desain portal struktural yang tidak simetris karena tinggi kolom yang berbeda di satu sisi dapat disebabkan oleh berbagai pertimbangan teknis dan arsitektural. Beberapa alasan umum untuk memilih tinggi kolom yang berbeda di satu sisi dari portal melibatkan aspek-aspek berikut:

1. Analisis Struktural

Distribusi beban yang tidak merata dari struktur di atasnya dapat memerlukan kolom dengan tinggi yang berbeda untuk menangani beban yang diterapkan.

2. Estetika dan Desain Arsitektural

Pemilihan tinggi kolom yang berbeda bisa menjadi pilihan desain untuk menciptakan penampilan yang menarik atau unik. Dapat digunakan untuk mencapai efek visual tertentu atau untuk mencocokkan dengan estetika bangunan atau lingkungan sekitarnya.

3. Fungsionalitas Ruang

Kebutuhan untuk memberikan ruang ekstra di atas atau di bawah portal dapat mempengaruhi tinggi kolom yang dipilih.

4. Ketidaksimetrisan Kondisi Lingkungan atau Situs

Ketidaksimetrisan bisa disebabkan oleh kondisi topografi atau pembatasan lingkungan yang mempengaruhi desain struktural.

5. Pertimbangan Ekonomi

Keputusan ini mungkin juga dipengaruhi oleh pertimbangan biaya dan efisiensi konstruksi.

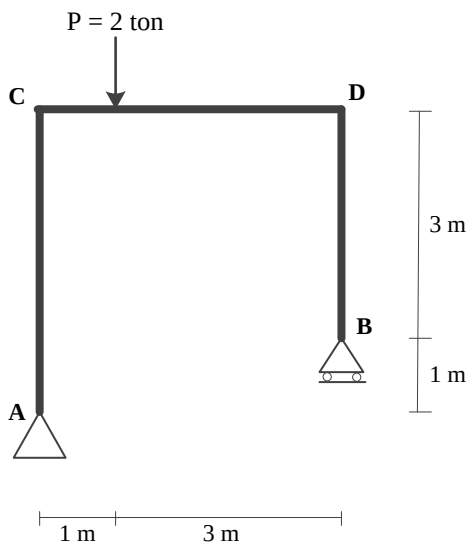
6. Distribusi Ruang Dalam Bangunan

Pemisahan ruang atau fungsi di dalam bangunan dapat memerlukan penyesuaian tinggi kolom.

Keputusan untuk membuat portal tidak simetris karena tinggi kolom yang berbeda harus didasarkan pada perhitungan struktural yang cermat dan mempertimbangkan faktor-faktor seperti beban struktural, ketahanan terhadap gempa, dan keamanan bangunan.

10.3.1 Beban Terpusat Vertikal Tidak Simetris

Perhitungan dan diagram gaya normal (NFD), diagram gaya geser (SFD) dan diagram momen lentur (BMD) pada struktur statis tentu kolom tinggi sebelah dengan beban terpusat vertikal tidak simetris.



Gambar 10.5. Struktur Statis Tentu Kolom Tinggi Sebelah Dengan Beban Terpusat Vertikal Tidak Simetris

Penyelesaian

Perhitungan reaksi perletakan:

$$\Sigma H = 0$$

$$H_A = 0$$

$$\Sigma V = 0$$

$$V_A + V_B - P = 0$$

$$V_A + V_B = 2$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$P \cdot 1 - V_B \cdot 4 = 0$$

$$2 \cdot 1 - V_B \cdot 4 = 0$$

$$V_B = \frac{1}{2} \text{ ton}$$

$$V_A + V_B = 2$$

$$V_A = \frac{3}{2} \text{ ton}$$

Kontrol

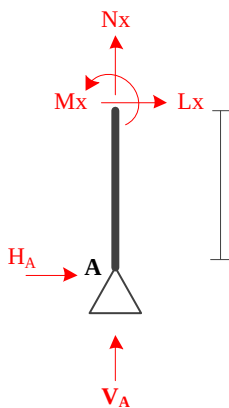
$$\Sigma M_B = 0$$

$$V_A \cdot 4 - P \cdot 3 = 0$$

$$\frac{3}{2} \cdot 4 - 2 \cdot 3 = 0$$

$$0 = 0 \text{ OK}$$

Perhitungan bidang gaya dalam Bentang AC ($0 \leq x \leq 4$)



$$\Sigma H = 0$$

$$H_B + L_x = 0$$

$$L_x = 0$$

$$\Sigma V = 0$$

$$V_A + N_x = 0$$

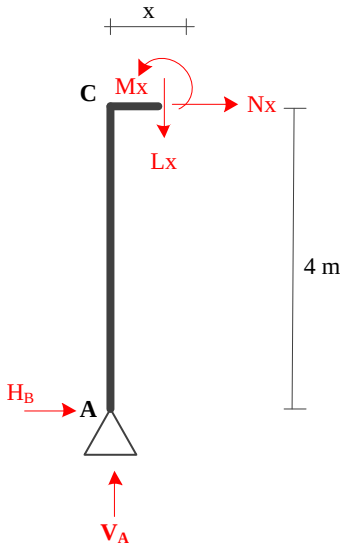
$$N_x = -\frac{3}{2}$$

$$\Sigma M_x = 0$$

$$-H_B \cdot x - M_x = 0$$

$$M_x = 0$$

Bentang CE ($0 \leq x \leq 1$)



$$\Sigma H = 0$$

$$H_A + N_x = 0$$

$$N_x = 0$$

$$\Sigma V = 0$$

$$V_A - L_x = 0$$

$$L_x = \frac{3}{2}$$

$$\Sigma M_x = 0$$

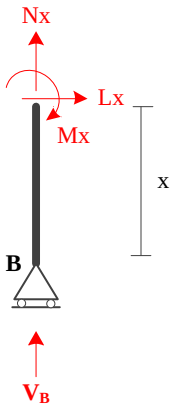
$$V_A \cdot x - H_A \cdot 4 - M_x = 0$$

$$\frac{3}{2} \cdot x = M_x$$

$$x=0 \rightarrow M_x = 0$$

$$x=1 \rightarrow M_x = \frac{3}{2}$$

Bentang BD ($0 \leq x \leq 3$)



$$\Sigma H = 0$$

$$L_x = 0$$

$$\Sigma V = 0$$

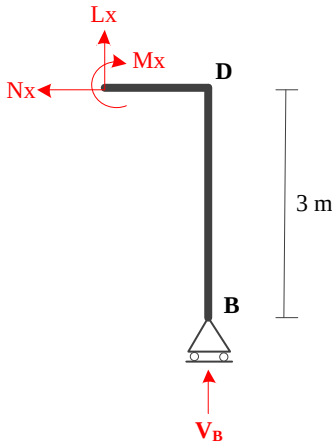
$$V_A + N_x = 0$$

$$N_x = -\frac{1}{2}$$

$$\Sigma M_x = 0$$

$$M_x = 0$$

Bentang DE ($0 \leq x \leq 3$)



$$\Sigma H = 0$$

$$-N_x = 0$$

$$N_x = 0$$

$$\Sigma V = 0$$

$$V_B + L_x = 0$$

$$L_x = -\frac{1}{2}$$

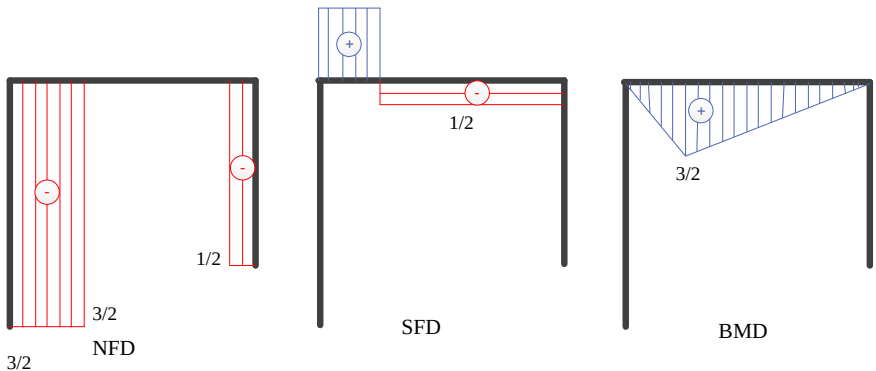
$$\Sigma M_x = 0$$

$$M_x - V_B \cdot x = 0$$

$$M_x = \frac{1}{2}x$$

$$x=0 \rightarrow M_x = 0$$

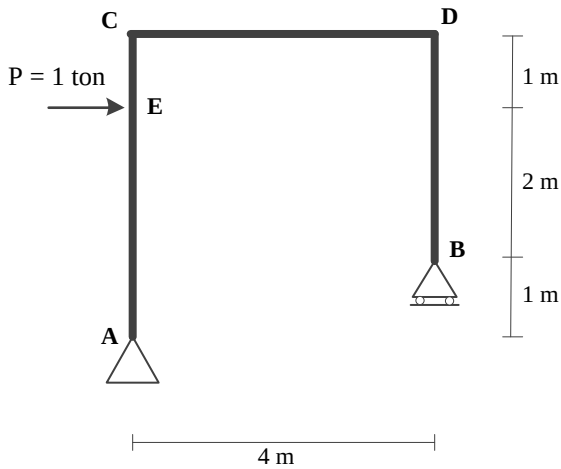
$$x=3 \rightarrow M_x = \frac{3}{2}$$



Gambar 10.6. Diagram Gaya Dalam Struktur Statis Tentu Kolom Tinggi Sebelah Dengan Beban Terpusat Vertikal Tidak Simetris

10.3.2 Beban Terpusat Horizontal Tidak Simetris

Perhitungan dan diagram gaya normal (NFD), diagram gaya geser (SFD) dan diagram momen lentur (BMD) pada struktur statis tentu kolom tinggi sebelah dengan beban terpusat horizontal tidak simetris.



Gambar 10.7. Struktur Statis Tentu Kolom Tinggi Sebelah Dengan Beban Terpusat Horizontal Tidak Simetris

Penyelesaian

Perhitungan reaksi perletakan:

$$\Sigma H = 0$$

$$H_A + P = 0$$

$$H_A = -1$$

$$\Sigma V = 0$$

$$V_A + V_B = 0$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$P \cdot 3 - V_B \cdot 4 = 0$$

$$1 \cdot 3 - V_B \cdot 4 = 0$$

$$V_B = \frac{3}{4} \text{ ton}$$

$$V_A + \frac{3}{4} = 0$$

$$V_A = -\frac{3}{4} \text{ ton}$$

Kontrol

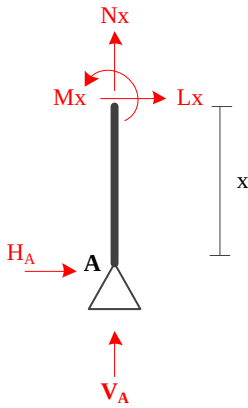
$$\Sigma M_B = 0$$

$$P \cdot 2 - H_A \cdot 1 + V_A \cdot 4 = 0$$

$$1 \cdot 2 - (-1 \cdot 1) + (-\frac{3}{4} \cdot 4) = 0$$

$$0 = 0 \text{ OK}$$

Perhitungan bidang gaya dalam
Bentang AE ($0 \leq x \leq 3$)



$$\Sigma H = 0$$

$$H_A + L_x = 0$$

$$L_x = -H_A = 1$$

$$\Sigma V = 0$$

$$V_A + N_x = 0$$

$$N_x = -V_A$$

$$N_x = -\frac{3}{4}$$

$$\Sigma M_x = 0$$

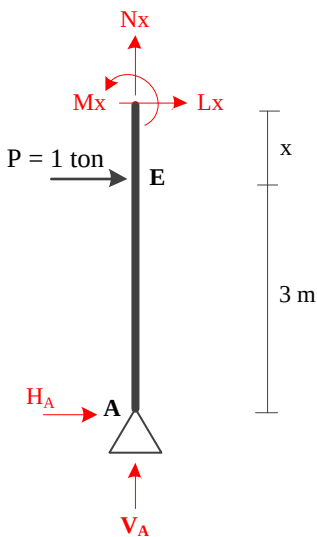
$$-M_x - H_A x = 0$$

$$M_x = x$$

$$x=0 \rightarrow M_x = 0$$

$$x=3 \rightarrow M_x = 3$$

Bentang EC ($0 \leq x \leq 1$)



$$\Sigma H = 0$$

$$H_A + P + L_x = 0$$

$$L_x = -H_A - P$$

$$L_x = -1 - 1$$

$$L_x = 0$$

$$\Sigma V = 0$$

$$V_A + N_x = 0$$

$$-\frac{3}{4} + N_x = 0$$

$$N_x = -\frac{3}{4}$$

$$\Sigma M_x = 0$$

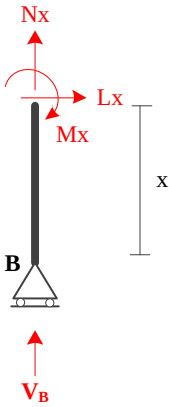
$$-M_x - H_A (3+x) -$$

$$P \cdot x = 0$$

$$M_x = 1 \cdot (3+x) - 1 \cdot x$$

$$M_x = 3$$

Bentang BD ($0 \leq x \leq 3$)



$$\Sigma H = 0$$

$$L_x = 0$$

$$\Sigma V = 0$$

$$V_B + N_x = 0$$

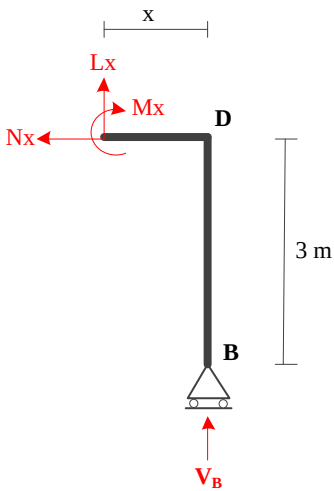
$$N_x = -V_B$$

$$N_x = -\frac{3}{4}$$

$$\Sigma M_x = 0$$

$$M_x = 0$$

Bentang DC ($0 \leq x \leq 4$)



$$\Sigma H = 0$$

$$N_x = 0$$

$$\Sigma V = 0$$

$$V_B + L_x = 0$$

$$L_x = -V_B$$

$$L_x = -\frac{3}{4}$$

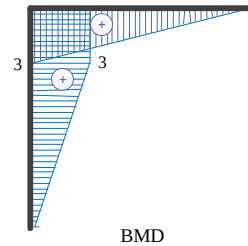
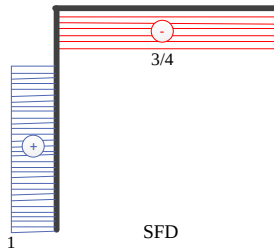
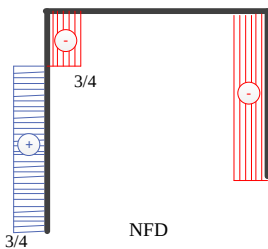
$$\Sigma M_x = 0$$

$$M_x - V_B \cdot x = 0$$

$$M_x = \frac{3}{4}x$$

$$x=0 \rightarrow M_x = 0$$

$$x=4 \rightarrow M_x = 3$$



Gambar 10.8. Diagram Gaya Dalam Struktur Statis Tentu Kolom Tinggi Sebelah Dengan Beban Terpusat Horizontal Tidak Simetris

10.4 Portal Tidak Simetris Karena Kolom Miring Sebelah

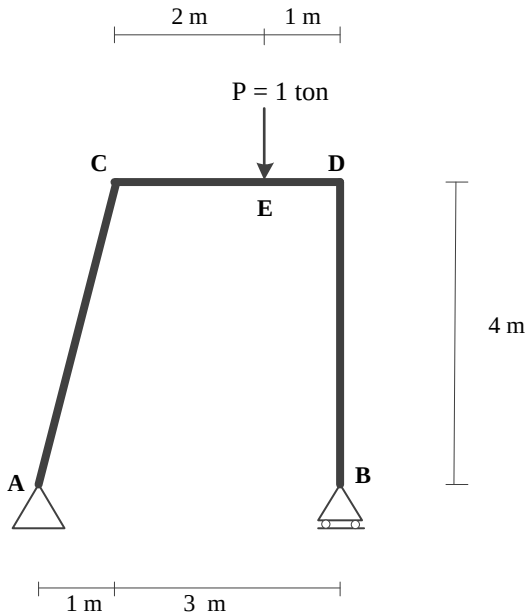
Desain portal struktural dengan kolom miring di satu sisi adalah suatu konfigurasi yang mungkin dipilih karena pertimbangan tertentu. Beberapa alasan umum untuk memilih kolom miring dalam desain struktural portal melibatkan aspek-aspek berikut:

1. **Estetika dan Desain Arsitektural**
Kolom miring dapat digunakan untuk menciptakan penampilan yang unik atau menarik secara visual. Desain arsitektural tertentu mungkin memerlukan elemen-elemen seperti kolom miring untuk mencapai efek artistik atau estetika tertentu.
2. **Distribusi Beban dan Keseimbangan Struktural**
Penempatan kolom miring dapat membantu mendistribusikan beban struktural dengan cara yang efisien. Pengaturan kolom miring mungkin diperlukan untuk mencapai keseimbangan struktural yang diinginkan.
3. **Fleksibilitas dalam Pemilihan Lokasi**
Kolom miring dapat memberikan fleksibilitas dalam menempatkan struktur pada lokasi yang mungkin memiliki pembatasan fisik atau topografi.
4. **Pertimbangan Ruang dan Fungsi**
Kolom miring dapat digunakan untuk menciptakan ruang tambahan atau mengakomodasi kebutuhan fungsional tertentu di dalam bangunan.
5. **Desain yang Bersifat Unik atau Inovatif**
Pemilihan kolom miring dapat mencerminkan desain inovatif atau eksperimental yang bersifat unik.

Menggunakan kolom miring harus didasarkan pada analisis struktural yang cermat dan mempertimbangkan faktor-faktor seperti beban struktural, keamanan, dan kestabilan.

10.4.1 Beban Terpusat Vertikal Tidak Simetris

Perhitungan dan diagram gaya normal (NFD), diagram gaya geser (SFD) dan diagram momen lentur (BMD) pada struktur statis tentu kolom miring sebelah dengan beban terpusat vertikal tidak simetris.



Gambar 10.9. Struktur Statis Tentu Kolom Miring Sebelah Dengan Beban Terpusat Vertikal Tidak Simetris

Penyelesaian

Perhitungan reaksi perletakan:

$$\Sigma H = 0$$

$$H_A = 0$$

$$\Sigma V = 0$$

$$V_A + V_B - P = 0$$

$$V_A + V_B = 1$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$P \cdot 3 - V_B \cdot 4 = 0$$

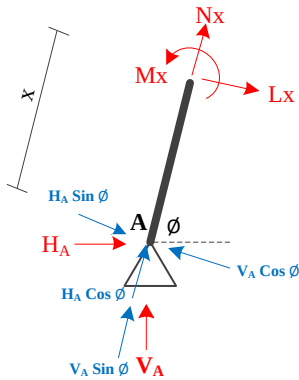
$$V_B = \frac{3}{4}$$

$$V_A + V_B = 1$$

$$V_A + \frac{3}{4} = 1$$

$$V_A = \frac{1}{4}$$

Bentang AC ($0 \leq x \leq \sqrt{17}$)



$$\Sigma H = 0$$

$$H_A \cos \phi + V_A \sin \phi + N_x = 0$$

$$0 + \frac{1}{4} \cdot \frac{4}{\sqrt{17}} + N_x = 0$$

$$N_x = -\frac{1}{\sqrt{17}}$$

$$\Sigma V = 0$$

$$V_A \cos \phi - H_A \sin \phi - L_x = 0$$

$$\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{17}} - 0 - L_x = 0$$

$$L_x = \frac{1}{68} \sqrt{17}$$

$$\Sigma M_x = 0$$

$$V_A \cos \phi \cdot x - H_A \sin \phi \cdot x - M_x = 0$$

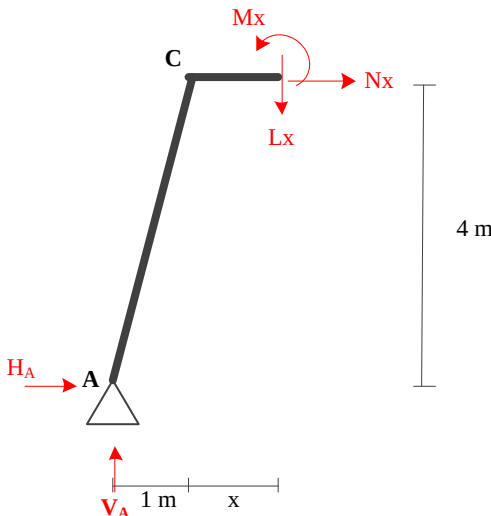
$$\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{17}} x - 0 - M_x = 0$$

$$M_x = \frac{1}{4\sqrt{17}} \cdot x$$

$$x=0 \rightarrow M_x = 0$$

$$x=\sqrt{17} \rightarrow M_x = \frac{1}{4}$$

Bentang CE ($0 \leq x \leq 2$)



$$\Sigma H = 0$$

$$H_A + N_x = 0$$

$$N_x = 0$$

$$\Sigma V = 0$$

$$V_A - L_x = 0$$

$$\frac{1}{4} - L_x = 0$$

$$L_x = \frac{1}{4}$$

$$\Sigma M_x = 0$$

$$V_A \cdot (1+x) - H_A \cdot 4 - M_x = 0$$

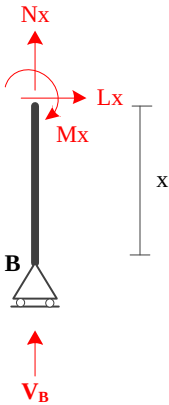
$$\frac{1}{4} \cdot (1+x) - 0 - M_x = 0$$

$$M_x = \frac{1}{4} + \frac{1}{4}x$$

$$x=0 \rightarrow M_x = \frac{1}{4}$$

$$x=2 \rightarrow M_x = \frac{3}{4}$$

Bentang BD ($0 \leq x \leq 4$)



$$\Sigma H = 0$$

$$L_x = 0$$

$$\Sigma V = 0$$

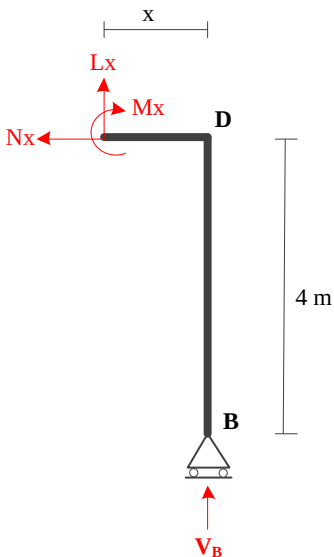
$$V_B + N_x = 0$$

$$N_x = -\frac{3}{4}$$

$$\Sigma M_x = 0$$

$$M_x = 0$$

Bentang DE ($0 \leq x \leq 1$)



$$\Sigma H = 0$$

$$N_x = 0$$

$$\Sigma V = 0$$

$$L_x + V_B = 0$$

$$L_x + \frac{3}{4} = 0$$

$$L_x = -\frac{3}{4}$$

$$\Sigma M_x = 0$$

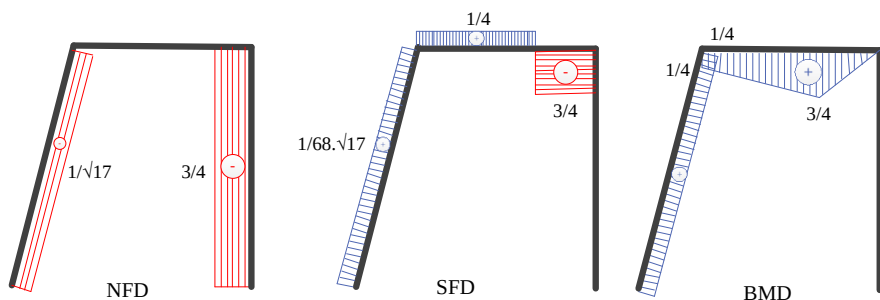
$$M_x - V_B \cdot x = 0$$

$$M_x - \frac{3}{4}x = 0$$

$$M_x = \frac{3}{4}x$$

$$x=0 \rightarrow M_x = 0$$

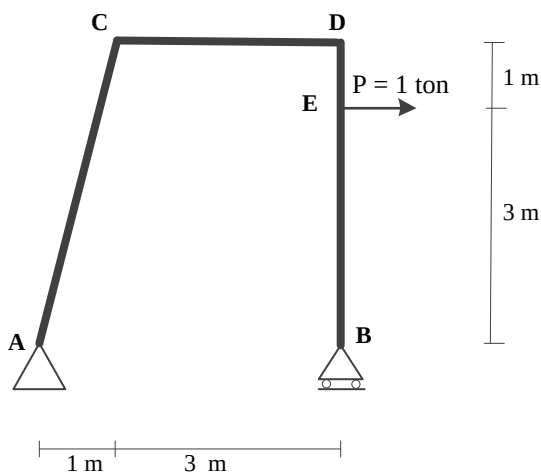
$$x=1 \rightarrow M_x = \frac{3}{4}$$



Gambar 10.10. Diagram Gaya Dalam Struktur Statis Tentu Kolom Miring Sebelah Dengan Beban Terpusat Vertikal Tidak Simetris

10.4.2 Beban Terpusat Horizontal Tidak Simetris

Perhitungan dan diagram gaya normal (NFD), diagram gaya geser (SFD) dan diagram momen lentur (BMD) pada struktur statis tentu kolom miring sebelah dengan beban terpusat horizontal tidak simetris.



Gambar 10.11. Struktur Statis Tentu Kolom Miring Sebelah Dengan Beban Terpusat Horizontal Tidak Simetris

Penyelesaian

Perhitungan reaksi perletakan:

$$\Sigma H = 0$$

$$\Sigma M_A = 0$$

Kontrol

$$H_A + P = 0$$

$$H_A + 1 = 0$$

$$H_A = -1$$

$$\Sigma V = 0$$

$$V_A + V_B = 0$$

$$P.3 - V_B.4 = 0$$

$$V_B = \frac{3}{4}$$

$$V_A + V_B = 0$$

$$V_A + \frac{3}{4} = 0$$

$$V_A = -\frac{3}{4}$$

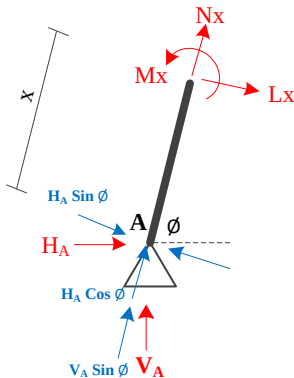
$$\Sigma M_B = 0$$

$$V_A.4 + P.3 = 0$$

$$-\frac{3}{4}.4 + 1.3 = 0$$

$$0 = 0 \dots\dots\dots \text{OK}$$

Bentang AC ($0 \leq x \leq \sqrt{17}$)



$$\Sigma H = 0$$

$$H_A \cos \emptyset + V_A \sin \emptyset + N_x = 0$$

$$-1. \frac{1}{\sqrt{17}} + \frac{-3}{4} \cdot \frac{4}{\sqrt{17}} + N_x = 0$$

$$N_x = -\frac{4}{\sqrt{17}}$$

$$\Sigma V = 0$$

$$V_A \cos \emptyset - H_A \sin \emptyset - L_x = 0$$

$$\frac{-3}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{17}} - (-1 \cdot \frac{4}{\sqrt{17}}) - L_x = 0$$

$$L_x = \frac{13}{68} \sqrt{17}$$

$$\Sigma M_x = 0$$

$$V_A \cos \emptyset \cdot x - H_A \sin \emptyset \cdot x - M_x = 0$$

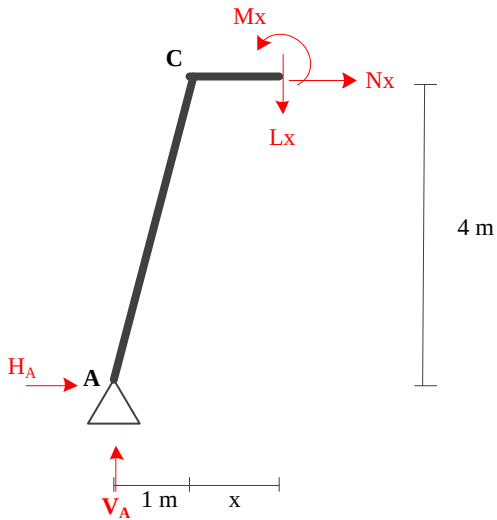
$$\frac{-3}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{17}} x - (-1 \cdot \frac{4}{\sqrt{17}}) x - M_x = 0$$

$$M_x = \frac{13}{4\sqrt{17}} \cdot x$$

$$x=0 \rightarrow M_x = 0$$

$$x=\sqrt{17} \rightarrow M_x = \frac{13}{4}$$

Bentang CD ($0 \leq x \leq 3$)



$$\Sigma H = 0$$

$$H_A + N_x = 0$$

$$-1 + N_x = 0$$

$$N_x = -1$$

$$\Sigma V = 0$$

$$V_A - L_x = 0$$

$$\frac{-3}{4} - L_x = 0$$

$$L_x = \frac{-3}{4}$$

$$\Sigma M_x = 0$$

$$V_A \cdot (1 + x) - H_A \cdot 4 - M_x = 0$$

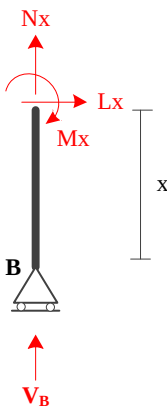
$$\frac{1}{4} \cdot (1 + x) - (-1 \cdot 4) - M_x = 0$$

$$M_x = \frac{13}{4} + \frac{3}{4}x$$

$$x=0 \rightarrow M_x = \frac{13}{4}$$

$$x=3 \rightarrow M_x = 1$$

Bentang BE ($0 \leq x \leq 3$)



$$\Sigma H = 0$$

$$L_x = 0$$

$$\Sigma V = 0$$

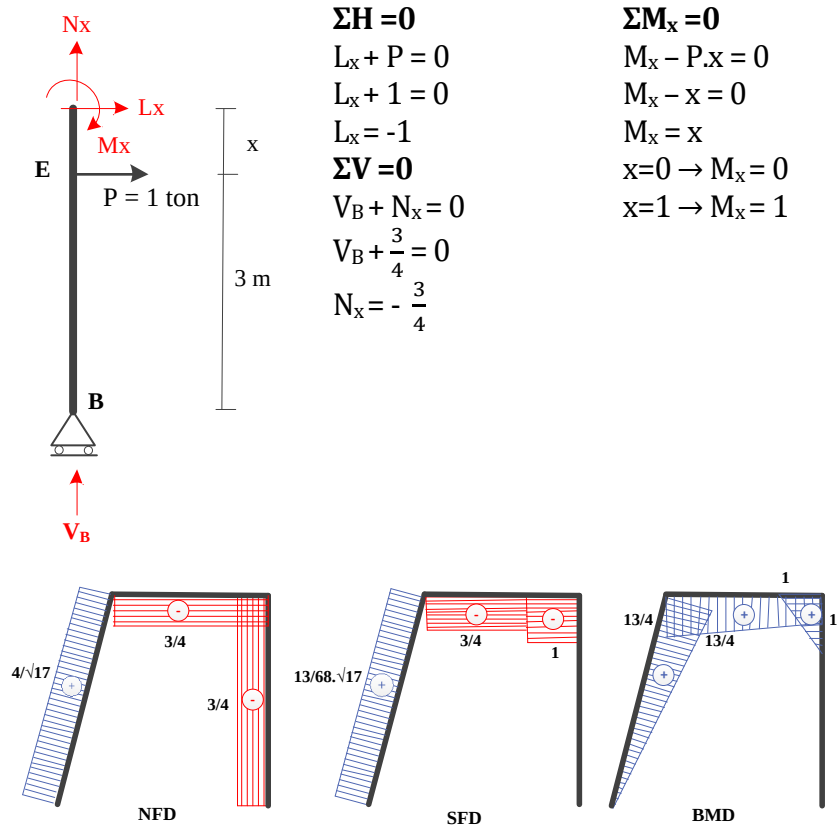
$$V_B + N_x = 0$$

$$N_x = -\frac{3}{4}$$

$$\Sigma M_x = 0$$

$$M_x = 0$$

Bentang ED ($0 \leq x \leq 1$)



Gambar 10.12. Diagram Gaya Dalam Struktur Statis Tentu Kolom Miring Sebelah Dengan Beban Terpusat Horizontal Tidak Simetris

DAFTAR PUSTAKA

- Frick, Heinz, 1979, *Mekanika Teknik Statika dan Kegunaannya*, Kanisius,
- Hibbeler, R. C., 2006, *Structural Analysis 8th Edition*, Pearson Education Inc, New Jeysey.

BAB 11

MOMEN INERSIA

Oleh Sri Agustin

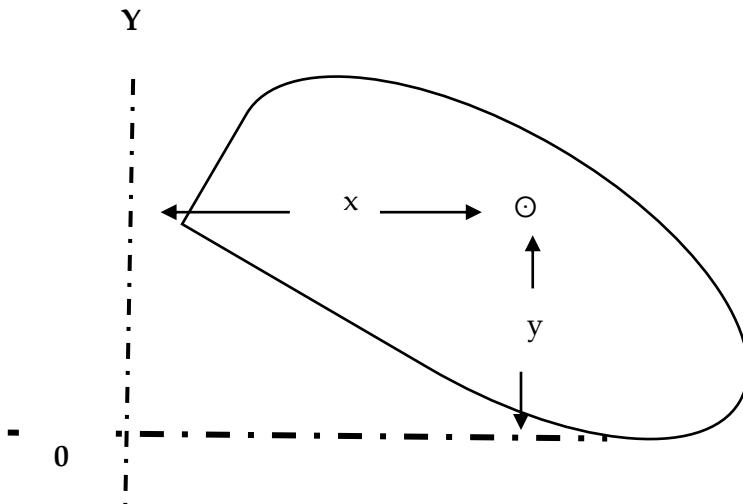
11.1 Pengertian Momen Inersia

Momen inersia didefinisikan sebagai parameter yang mengukur ketidakmampuan atau kelembaman suatu objek untuk mengalami rotasi sekitar porosnya. Dalam konteks ini, momen inersia benda padat dipengaruhi secara signifikan oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Massa objek
2. Geometri objek (bentuk dan dimensi)
3. Posisi sumbu rotasi
4. Panjang lengan momen (jarak dari titik rotasi ke titik terluar objek)

Untuk momen inersia benda padat, sering kali pendekatannya dianggap sebagai fungsi dari kerapatan massa terhadap luas suatu benda, atau dituliskan dalam bentuk $\int r^2 dA$. Hal ini menunjukkan bahwa momen inersia adalah hasil kali antara kuadrat panjang lengan momen dan setiap elemen kecil luas benda yang ditempatkan dalam sistem koordinat Cartesian. Oleh karena itu, dalam suatu koordinat tertentu, momen inersia dapat dihitung sebagai:

- Momen inersia terhadap sumbu X
$$I_x = \int y^2 dA \quad \dots(11-1)$$
- Momen inersia terhadap sumbu Y
$$I_y = \int x^2 dA \quad \dots(11-2)$$



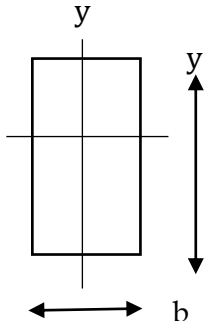
Gambar 11.1. Momen inersia

Momen inersia yang dijelaskan oleh dua persamaan di atas memiliki dimensi 4 atau L^4 dan dapat dinyatakan dalam satuan milimeter atau meter, tergantung pada unit yang digunakan untuk panjang lengan momen (L) dan elemen luas (dA). Jika panjang lengan momen dan elemen luas diukur dalam milimeter, maka momen inersia akan memiliki satuan milimeter^4 . Sebaliknya, jika panjang lengan momen dan elemen luas diukur dalam meter, satuan momen inersia akan menjadi meter^4 . (Dr Marthen Paloboran, S.T.,M.T, Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Yahya, M.Kes., M.Eng., IPU., ASEAN Eng, 2021).

11.2 Momen Inersia Terhadap Garis = I

Momen inersia ini dipakai untuk perhitungan yang terkait dengan momen lentur (M)

1. Momen inersia terhadap garis netral penampang segi empat



$$I_x = \frac{1}{12} b h^3 \quad \dots(11-3)$$

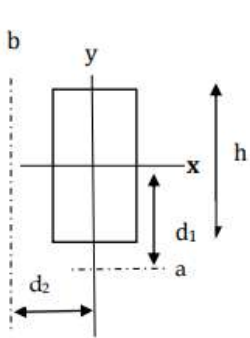
$$I_y = \frac{1}{12} h b^3 \quad \dots(11-4)$$

I_x = momen inersia terhadap sb-x (m^4)
 I_y = momen inersia terhadap sb-y (m^4)
 b = lebar (m)
 h = tinggi (m)

2. Momen inersia terhadap garis yang sejajar garis netral

Garis a sejajar garis netral sb x dan jarak d_1

Garis a sejajar garis netral sb y dan jarak d_2

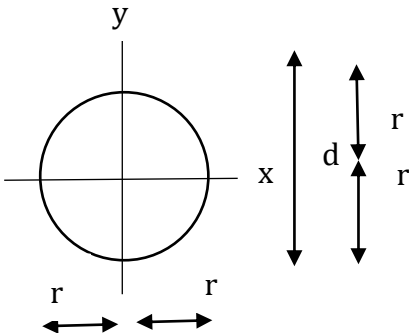


$$I_a = I_x + A(d_1)^2 \quad \dots(11-5)$$

$$I_b = I_y + A(d_2)^2 \quad \dots(11-6)$$

I_a = momen inersia terhadap grs-a (m^4)
 I_b = momen inersia terhadap grs-b (m^4)
 A = luas penampang (m^2)
 d_1 = jarak sb-x dan grs-a(m)
 d_2 = jarak sb-y dan grs-b (m)

3. Momen inersia terhadap garis netral penampang lingkaran



$$I_x = I_y = \frac{1}{4} \mu r^2$$

atau $\dots(11-7)$

$$I_x = I_y = \frac{1}{64} \mu r^2$$

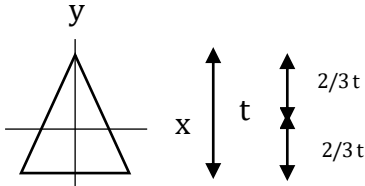
I_x = momen inersia terhadap sb-x (m^{-4})

I_y = momen inersia terhadap sb-y (m^{-4})

d = diameter (m)

r = jari-jari (m)

4. Momen inersia terhadap garis netral penampang segitiga



$$I_x = \frac{1}{36} a t^3 \quad \dots(11-8)$$

$$I_y = \frac{1}{48} t a^3 \quad \dots(11-9)$$

I_x = momen inersia terhadap sb-x (m^{-4})

I_y = momen inersia terhadap sb-y (m^{-4})

a = alas (m)

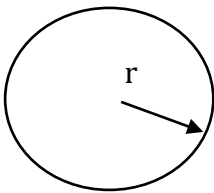
t = tinggi (m)

Momen inersia terhadap titik pusat penampang lingkaran (momen inersia polair) = I_p

Momen inersia ini dipakai untuk perhitungan yang terkait dengan puntir/torsi (T)

Ada 3 (tiga) macam bentuk penampang lingkaran:

5. Lingkaran penuh/padat

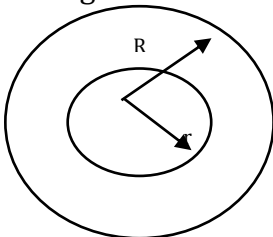


$$I_p = \frac{1}{2} \mu r^4 \quad \dots(11-10)$$

I_p = momen inersia terhadap pusat (m^{-4})

r = jari-jari (m)

6. Lingkaran berlubang



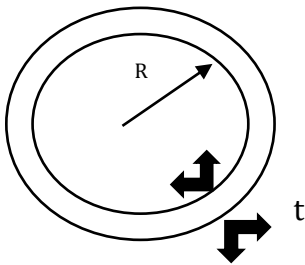
$$I_p = \frac{1}{2} \mu (R^4 - r^4) \quad \dots(11-11)$$

I_p = momen inersia terhadap pusat (m^{-4})

R = Jari-jari luar (m)

r = jari-jari dalam (m)

7. Lingkaran Berdinding tipis (pipa)



$$I_p = 2 \pi r^3 t$$

...(11-12)

I_p = momen inersia terhadap pusat (m^4)

r = Jari-jari (m)

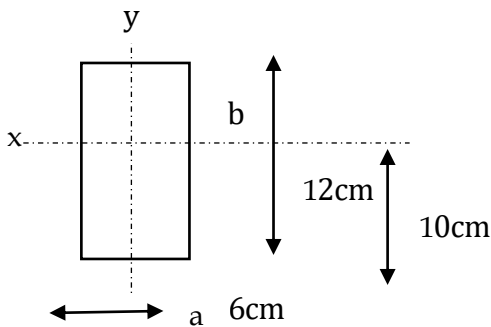
t = tebal dinding (m)

11.2.1 Contoh soal

1. Sebuah balok kayu dengan penampang berukuran 6cm x 12 cm.

Hitung:

- a. Luas penampang dan letak garis netral
- b. Momen inersia terhadap garis netral
- c. Momen inersia terhadap garis a yang sejajar sb-x dan berjarak 10cm
- d. Momen inersia terhadap garis b yang sejajar sb-y dan berimpit dengan salah satu sisi penampang tersebut



Penyelesaian:

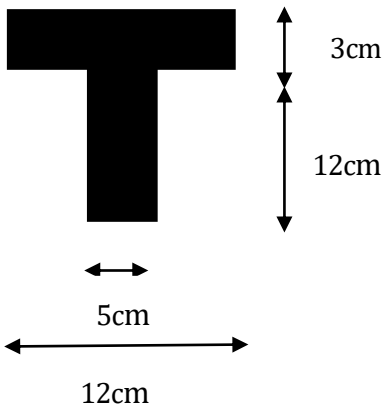
- a. Luas Penampang $A = 6 \times 12 = 72 \text{ cm}^2$, karena penampang simetris terhadap garis horizontal maupun garis vertikal, maka :
 - Letak garis netral sb-x membagi penampang atas dan bawah sama besar.

- Letak garis netral sb-y membagi penampang kiri dan kanan sama besar.
- b. Momen inersia terhadap garis netral
- Momen inersia terhadap garis netral sb-x =

$$I_x = 1/12 \times 6 \times 12^3 = 864 \text{ cm}^4$$
 - Momen inersia terhadap garis netral sb-y =

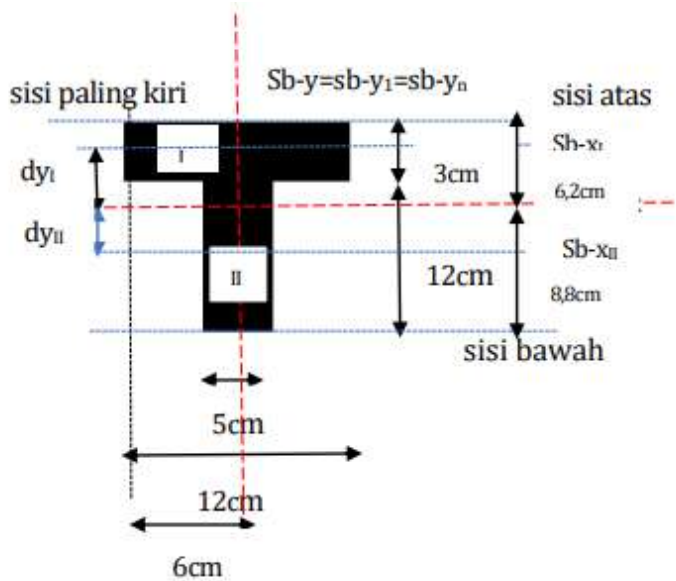
$$I_y = 1/12 \times 12 \times 6^3 = 216 \text{ cm}^4$$
- c. Momen inersia terhadap garis a
Momen inersia terhadap garis a = $I_a = I_x + A(d_a)^2 = 864 + 72 \times 10^2 = 8064 \text{ cm}^4$
- d. Momen inersia terhadap garis b
Momen inersia terhadap garis b = $I_b = I_y + A(d_b)^2 = 216 + 72 \times 3^2 = 864 \text{ cm}^4$

2.



Hitunglah besar momen inersia dari gambar tersebut !

Penyelesaian :



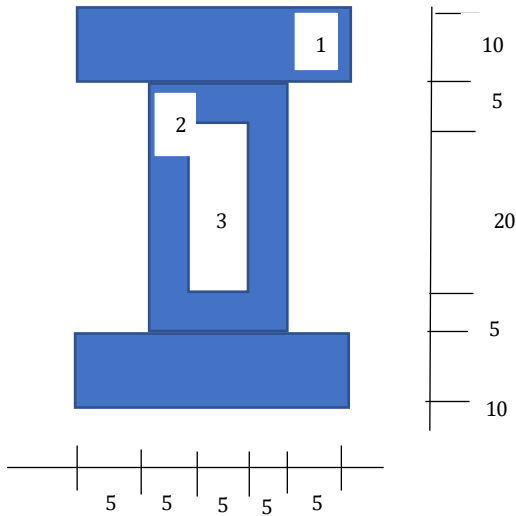
$$\begin{aligned}
 I_x &= I_{xI} + A_I(dy_I)^2 + I_{xII} + A_{II}(d_{xII})^2 \\
 &= 1/12 \times 12 \times 3^3 + (12 \times 3)(6,2 - 1,5)^2 + 1/12 \times 5 \times 12^3 + (5 \times 12) \\
 &\quad (8,8 - 6)^2 \\
 &= 27 + 795 + 720 + 470 \\
 &= 2.012 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_y &= I_{yI} + I_{yII} \\
 &= 1/12 \times 3 \times 12^3 + 1/12 \times 12 \times 5^3 \\
 &= 432 + 125 \\
 &= 557 \text{ cm}^4 \text{ (ir. Bambang Sujatmiko, M.T., ir. K. Budi Hartono, S.T.,} \\
 &\text{M.T., ir. Rudy Santosa, M.T. 2023)}
 \end{aligned}$$

3. Hitunglah momen inersia dari penampang tersusun dibawah ini!

Diketahui : $A_1 = 250 \text{ cm}^2$, $A_2 = 450 \text{ cm}^2$, $A_3 = 100 \text{ cm}^2$, $A_4 = 250 \text{ cm}^2$, $A = 850 \text{ cm}^2$, $x = 12,5 \text{ cm}$ dan $y = 25 \text{ cm}$

Penyelesaian :



- Menghitung momen inersia terhadap sb-x

$$\begin{aligned}
 I_x &= \frac{1}{12} \times b_1 h_1^3 + A_1(y_1 - y)^2 + \frac{1}{12} \times b_2 h_2^3 + A_2(y_2 - y)^2 - \\
 &\quad \frac{1}{12} \times b_3 h^3 - A_3(y_3 - y)^2 + \frac{1}{12} \times b_4 h_4^3 + A_4(y_4 - y)^2 \\
 &= \frac{1}{12} \times 25 \times 10^3 + 250 \times (45 - 25)^2 + \frac{1}{12} \times 15 \times 30^3 + 450 \\
 &\quad (25 - 25)^2 - \frac{1}{12} \times 5 \times 20^3 - 100 (25 - 25)^2 + \frac{1}{12} \times 25 \times \\
 &\quad 10^3 + 250 (5 - 25)^2 \\
 &= 2883,33 + 100000 + 56250 + 0 - 3333,33 - 0 + 2083,33 + \\
 &\quad 100000 \\
 &= 257083,33 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

- Menghitung momen inersia terhadap sumbu y

$$\begin{aligned}
 I_y &= \frac{1}{12} \times b_1 h_1^3 + A_1(x_1 - x)^2 + \frac{1}{12} \times b_2 h_2^3 + A_2(x_2 - x)^2 - \\
 &\quad \frac{1}{12} \times b_3 h^3 - A_3(x_3 - x)^2 + \frac{1}{12} \times b_4 h_4^3 + A_4(x_4 - x)^2 \\
 &= \frac{1}{12} \times 10 \times 25^3 + 250 \times (12,5 - 12,5)^2 + \frac{1}{12} \times 30 \times 15^3 + \\
 &\quad 450 (12,5 - 12,5)^2 - \frac{1}{12} \times 20 \times 5^3 - 100 (12,5 - 12,5)^2 + \\
 &\quad \frac{1}{12} \times 10 \times 25^3 + 250 (12,5 - 12,5)^2 \\
 &= 13020,83 + 0 + 8437,5 + 0 - 208,33 - 0 + 13020,83 \\
 &= 34270,83 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

- Menghitung momen inersia terhadap sumbu x dan y

$$I_{xy} = A1(x1-x)(y1-y) + A2(x2-x)(y2-y) - A3(x3-x)(y3-y) + A4$$

$$+ (x4-x)(y4-y)$$

$$= 250(12,5-12,5)(45-25) + 450(12,5-12,5)(25-25) + 100$$

$$(12,5-12,5)(25-25) + 250(12,5-12,5)(5-25)$$

$$= 0 \text{ (Moh Nur Sholeh. 2019)}$$

DAFTAR PUSTAKA

- Dr Marthen Paloboran, S.T.,M.T, Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Yahya, M.Kes., M.Eng., IPU, ASEAN Eng. 2021. *Mekanika Bahan Teknik Mesin*. Surabaya: Scopindo Media Pustaka.
- ir. Bambang Sujatmiko, M.T., ir. K. Budi Hartono, S.T., M.T., ir. Rudy Santosa, M.T. 2023. *Mekanika Bahan*. Surabaya: Scopindo Media Pustaka.
- Moh Nur Sholeh . 2019. *Mekanika Rekayasa Ilmu Dasar Teknik Sipil*. Sleman. CV Budi Utama

BIODATA PENULIS



Margaretha Yuneta, S.T., M.T
Dosen Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Nusa Nipa

Penulis lahir di Maumere, Kabupaten Sikka, Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT), pada tanggal 1 Juni 1996. Anak dari pasangan Bapak Servasius Adris dan Ibu Rosa Kordula. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Nusa Nipa. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Sipil, Universitas Katolik Widya Mandira Kupang pada tahun 2014 sampai tahun 2018 dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik sipil, konsentrasi manajemen Proyek Konstruksi, Universitas Udayana Bali pada tahun 2019 sampai tahun 2022. Pengabdianannya melalui kegiatan mengajar sebagai dosen sejak 2022. Penulis diangkat menjadi Dosen Tetap Universitas Nusa Nipa pada tahun 2022. Penulis aktif sebagai dosen beberapa mata kuliah yaitu Mekanika Tanah I, Mekanika tanah II, Analisa Struktur II, Penjadwalan Proyek dengan Bantuan komputer. Statistik dan probabilitas dan juga Teknik Gempa. Penulis aktif menerbitkan beberapa artikel jurnal nasional di Increate-Inovasi dan Kreasi dalam Teknologi Informasi tahun 2023 Volume 1 dan 2, Journal of Civil Engineering and Infrastructure Technology tahun 2023, dan Jurnal Jurnal Spektran tahun 2022.

BIODATA PENULIS



Ir. Muhammad Abi Berkah Nadi, S.T., M.T., IPM.

Dosen Keilmuan Teknik Sipil
Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan
Institut Teknologi Sumatera

Penulis adalah dosen ASN pada Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan, Institut Teknologi Sumatera. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Sipil lalu melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Sipil dan mengambil Profesi bidang Insinyur (Ir). Penulis menekuni bidang riset penelitian, kajian pada bidang manajemen dan transportasi, mendalami modeling dan menulis beberapa opini, buku dan artikel. Pada bidang keilmuan yang didalami berbagai bidang di Teknik Sipil.

BIODATA PENULIS



Rusmawati, S.Pd., M.T

Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Muhammadiyah Enrekang

Penulis lahir di Laba tanggal 4 September 1990. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Enrekang. Menyelesaikan Pendidikan D3 pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Makassar, kemudian melanjutkan pendidikan S1 pada jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan pada universitas yang sama dan melanjutkan Pendidikan S2 pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Muslim Indonesia Makassar.

BIODATA PENULIS



Prof. Dr. Ir. Erniati. ST., MT.

Dosen Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Fajar

Penulis lahir di Watampone, 06 Oktober 1977. Penulis anak ke dua dari pasangan Drs. H. Bachtiar Rasyid (Alm) dan Hj. Hatijah Nur. Penulis menikah dengan Dr. Nur Zaman, SP., M.Si pada tahun 2006 dan Penulis telah memiliki 1 putra 2 putri yaitu Fitrah Alif Firmasnyah, Fadhilah Dwi Fatimah dan Faiqah Fauziah. Penulis menyelesaikan studinya S1–Sarjana Teknik (S.T) pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Muslim Indonesia (UMI) tahun 2000, S2 – Magister Teknik (M.T) Jurusan Teknik Sipil Univeristas Gadjah Mada (UGM) tahun 2003, S3–Program Doktor (Dr) Program studi ilmu Teknik sipil Universitas Hasanuddin (UNHAS) tahun 2015. Mengikuti Program Profesi Insinyut (PPI) di UNHAS tahun 2019 dan telah peroleh gelar Insinyur (Ir) Tahun 2020. Bergabung jadi Dosen Tetap pada Universitas Fajar sejak tahun 2008 - sekarang. Penulis telah meraih Guru Besar menjelang umur 45 tahun tepatnya pada tanggal 1 Oktober 2022 di bidang Teknik Struktur dan Material. Penulis merupakan Guru Besar Pertama di Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar. Penulis mengampuh mata kuliah Kalkulus, Teknologi Bahan, Statika, Konstruksi Beton 1 dan 2, Topik Khusus Struktur, Teknologi Bahan lanjut. Penulis sangat tertarik tentang penelitian tentang Self Compacting Concrete (SCC), Beton Geopolimer dengan Bahan Dasar Limbah Fly Ash, Beton Ringan dengan Agregat Buatan dari Limbah Plastik. Penulis telah menulis beberapa jurnal nasional dan internasional dan buku.

Penulis sebagai Ketua Lembaga Pengembangan dan Penjaminan Mutu Internal LP2MI (2015-2019), Dekan FT (2019-sekarang), asesor BKD dan Verifikator Sinta serta Ketua Tim PAK pada Universitas Fajar. SINTA ID: 5975589; Scopus ID:56568222900, email: erni@unifa.ac.id. HP/wa: 081354937610.

BIODATA PENULIS



Teddy Irawan, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palembang

Penulis lahir di Padang tanggal 19 September 1985. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Palembang. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Sriwijaya dan melanjutkan S2 pada Teknik Sipil Universitas Sriwijaya. Penulis menekuni bidang Struktur Design dan juga sudah mengeluarkan beberapa jurnal.

BIODATA PENULIS



Rahma Nindya Ayu Hapsari, S.T., M.T

Dosen Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Penulis adalah dosen pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret dan melanjutkan S2 pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Diponegoro. Penulis memfokuskan diri pada bidang Struktur. Mata Kuliah yang diampu oleh Penulis adalah Struktur Baja, Struktur Beton Pratekan, Mekanika Material, Teknologi Beton, Teknologi Bahan Konstruksi, Differensial dan Kalkulus, serta Deret Seri dan Kalkulus Multivariabel.

BIODATA PENULIS



Dr. Adnan, ST., MT

Dosen Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare

Penulis lahir di Bojo pada tanggal 8 Agustus 1968. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Sipil dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Sipil dan melanjutkan S3 pada Jurusan Teknik Sipil. Penulis menekuni bidang Menulis sejak tahun 2005.

BIODATA PENULIS



Prof. Dr. Ir. Nurlita Pertiwi, M.T
Profesor
Dosen Universitas Negeri Makassar

Penulis lahir di Palembang tanggal 02 April 1969 dan saat ini bertempat tinggal di Makassar. Penulis bertugas sebagai dosen tetap pada Program Studi D4 Teknik Sipil Bangunan Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar. Selain itu, penulis juga mendapatkan tugas mengajar pada Prodi Magister dan Doktoral Pendidikan Kependudukan dan Lingkungan Hidup Program Pascasarjana Universitas Negeri Makassar.

Penulis menyelesaikan pendidikan S1 dan S2 pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyelesaikan pendidikan Doktor pada Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan pada Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor pada tahun 2011.

Penulis telah menulis beberapa buku referensi serta aktif pula menulis pada beberapa book chapter yang mengulas tentang permasalahan lingkungan.

BIODATA PENULIS



Dr. Irma Aswani Ahmad, S.T., M.T.

**Dosen Program Studi Teknik Sipil Bangunan Gedung
Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar**

Penulis lahir pada 26 Agustus 1972 di kota Cairo Mesir. Setelah tamat dari Sekolah Menengah Atas berangkat ke Makassar untuk melanjutkan pendidikan di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanudin pada tahun 1990. Gelar Sarjana Teknik berhasil diperoleh pada tahun 1996. Tahun 1997 ditugaskan untuk melanjutkan pendidikan di Universitas Gajah Mada Yogyakarta dan memperoleh gelar Master Teknik pada tahun 2001. Selanjutnya gelar doktor pada bidang Teknik Sipil diperoleh pada Universitas Hasanudin Makassar pada tahun 2014. Sejak tahun 1998 sampai sekarang bertugas sebagai dosen tetap di Program Studi Teknik Sipil Bangunan Gedung Jurusan Pendidikan Teknik Sipil Dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar.

BIODATA PENULIS



Nedra Neswita, S.T., M.T.
Dosen Program Studi S1 Teknik Sipil
Institut Teknologi dan Bisnis Indragiri

Penulis lahir di Rengat tanggal 28 April 1980. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi S1 Teknik Sipil Institut Teknologi dan Bisnis Indragiri. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung.

BIODATA PENULIS



Sri Agustin, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Sipil
Institut Teknologi dan Bisnis Indragiri

Penulis lahir di Rengat tanggal 23 Agustus 1984. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Sipil di Institut Teknologi dan Bisnis Indragiri. Menyelesaikan pendidikan S1 (Strata1) pada Jurusan Teknik Sipil di Muhammadiyah Malang dan melanjutkan S2 (Magister) pada Program Studi Teknik Sipil di Universitas Riau. Saat ini penulis sebagai Subbag Akademik dan GKM Program Studi S1 Teknik Sipil Institut Teknologi dan Bisnis Indragiri. Penulis juga berpengalaman sebagai Konsultan dan Fasilitator Teknik. Email penulis sriagustin1402@gmail.com.