

**ANALISIS STRUKTUR KOLOM PENDEK DENGAN
PENDEKATAN PROBABILITAS MENGGUNAKAN KOMBINASI
PEMBEBANAN STATIK DAN DINAMIK**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana
Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Universitas Islam Riau
Pekanbaru*



OLEH :

MADIAN

163110523

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2021

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

**ANALISIS STRUKTUR KOLOM PENDEK DENGAN
PENDEKATAN PROBABILITAS MENGGUNAKAN KOMBINASI
PEMBEBANAN STATIK DAN DINAMIK**

DISUSUN OLEH :

MADIAN
163110523

Diperiksa dan Disetujui oleh :

Mahadi Kurniawan, ST.,MT
Pembimbing


.....
Tanggal : 23 Maret 2022

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

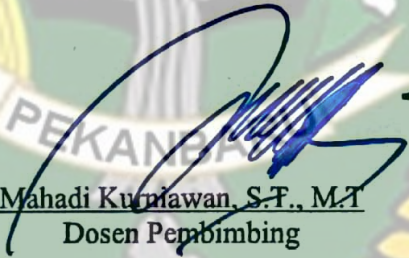
**ANALISIS STRUKTUR KOLOM PENDEK DENGAN
PENDEKATAN PROBABILITAS MENGGUNAKAN KOMBINASI
PEMBEBANAN STATIK DAN DINAMIK**


DISUSUN OLEH :


MADIAN
163110523

Telah Disetujui di Depan Dewan Penguji Tanggal 15 Desember 2022 Dan
Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat Untuk Diterima

SUSUNAN DEWAN PENGUJI


Mahadi Kurniawan, S.T., M.T
Dosen Pembimbing


Sri Hartati Dewi, S.T., M.T
Dosen Penguji I


Sapitri, S.T., M.T
Dosen Penguji II

Pekanbaru, 23 Maret 2022

— UNIVERSITAS ISLAM RIAU
FAKULTAS TEKNIK

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (strata satu) di Universitas Islam Riau.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan tidak ada kebenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Pekanbaru, 23 Maret 2022

Madian
163110523

KATA PENGANTAR

Assalamualiku Warahmatullah Wabarokatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini mengenai **“Analisis Struktur Kolom Pendek Dengan Pendekatan Probabilitas Menggunakan Kombinasi Pembebanan Statik Dan Dinamik”**. Tugas akhir ini berupa skripsi sebagai syarat untuk meraih gelar sarjana starta 1 (S1) Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.

Tugas akhir ini berisi tentang rangkuman dan kesimpulan selama penulis melakukan penelitian dan analisa. Rangkuman dan kesimpulan ini disusun dalam bab-bab, bab tersebut diulai dari bab I yang berisi tentang latar belakang, bab II menyajikan tentang tinjauan pustaka, bab III menampilkan mengenai landasan teori, bab IV menjelaskan tentang metodologi penelitian, bab V berisi tentang hasil dan pembahasan, dan bab VI berisi tentang kesimpulan dan saran.

Penulis berharap tugas akhir ini bisa bermfaat bagi mahasiswa/I Teknik sipil, penulis juga menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam menyusun tugas akhir ini, maka dari itu kritik dan saran sangat diharapkan dari pembaca agar kedepannya bisa lebih baik lagi.

Pekanbaru, 27 Agustus 2021

MADIAN

NPM.163110523

UCAPAN TERIMA KASIH

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum Wr.Wb.

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini dengan baik. Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Penulis menyadari bahwa penelitian ini tidak akan terwujud tanpa adanya dorongan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi, S.H., M.C..L, Rektor Universitas Islam Riau.
2. Bapak Dr. Eng. Muslim, ST., MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, dan sebagai Dosen Pembimbing.
3. Ibu Dr. Mursyidah, S.Si., M.Sc., selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Dr. Anas Puri, ST., MT., selaku Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak Ir. Akmar Efendi, S.Kom., M.Kom., Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
6. Ibu Harmiyati, ST., M.Si., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
7. Ibu Sapitri, ST., MT., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau sekaligus Dosen Penguji.
8. Bapak Mahadi Kurniawan, ST., MT., selaku Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau sekaligus Pembimbing Tugas Akhir.

9. Ibu Sri Hartati Dewi, ST., MT., selaku Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau sekaligus Dosen Penguji.
10. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
11. Bapak dan Ibu Seluruh Staff Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
12. Ayahanda dan Ibunda tercinta Sahril dan Ernawati, sebagai Orang Tua penulis yang selalu memberikan dukungan dan mendo'akan yang terbaik serta sangat berperan dalam proses pendewasaan penulis. Serta adik adikku tercinta Asmi Purwandi, Aldi yan syahputra, Muhammad Farhan dan Wirda Nasywa Salsabila yang selalu memberikan semangat untuk menyelesaikan skripsi.

Terima kasih atas segala bantuannya, semoga penelitian ini bermanfaat bagi kita semua dan semoga segala amal baik kita mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT. Amin...

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Pekanbaru, 27 Agustus 2020

Penulis

MADIAN

NPM.163110523

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
UCAPAN TERIMA KASIH	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR NOTASI	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Penelitian Terdahulu.....	5
2.3 Keaslian Penelitian	7
BAB III LANDASAN TEORI	8
3.1 Pengertian Kolom Pendek	8
3.2 Defenisi Beban Statik Ekuivalen.....	11
3.3 Defenisi Beban Dinamik	13

3.3.2	Persamaan Gerak Dinamik Struktur	15
3.3.3	Persamaan Diffrensial Gerak Struktur SDOF.....	17
3.3.4	Gaya Dalam Struktur akibat Beban Dinamik	18
3.3.5	Karakteristik Dinamik.....	19
3.4	Perbedaan Antara Beban Statik dan Beban Dinamik	22
3.3.1	Model Matematik Problem Dinamik	23
3.5	Konsep Dasar Probabilitas	24
3.5.1	Nilai Rata-Rata (<i>Mean</i>).....	27
3.5.2	Standar Deviasi	27
3.5.3	Fungsi Kepadatan Probabilitas (<i>PDF</i>)	28
3.5.4	Fungsi Kepadatan Komulatif (<i>Comulative Distribution Function</i>)	28
3.6	Distribusi Peluang	29
3.6.1	Distribusi Normal (<i>Gaussian</i>).....	29
3.6.2	Distribusi LogNormal	32
3.7	Konsep Dasar Keandalan (<i>Reliability</i>).....	33
3.8	Keandalan dan Risiko Keruntuhan Struktur.....	34
3.9	Teori Peluang dalam Rekayasa Struktur Bangunan	36
3.10	Analisis Korelasi Dan Regresi Linier	39
BAB IV METODE PENELITIAN		43
4.1	Deskripsi Umum struktur	43
4.2	Data Struktur Gedung	45
4.2.1	Spesifikasi Material Struktur.....	45
4.2.2	Dimensi Elemen Struktur	46

4.3	Pembebanan Struktur	47
4.3.1	Pembebanan Gravitasi.....	47
4.3.2	Pembebanan Gempa.....	49
4.3.3	Kombinasi Pembebanan.....	51
4.4	Tahapan Penelitian	53
4.4.1	Persiapan penelitian	53
4.4.2	Analisis Data	53
4.4.3	Analisa Struktur	54
4.4.4	Hasil Analisis	54
4.4.5	Kesimpulan	55
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		57
5.1	Deskripsi Struktur Gedung	57
5.2	Menentukan Nilai Rata-Rata (μ)	59
5.3	Menentukan Nilai Standar Deviasi (σ).....	60
5.4	Menghitung Fungsi Kepadatan Probabilitas (f_x).....	61
5.5	Perhitungan Probabilitas Dengan <i>Comulative Distribution Function</i>	62
5.6	Perhitungan Keandalan Masing-Masing Kombinasi Pembebanan	63
5.7	Menentukan Nilai Batas Resiko	64
5.8	Analisa Kolerasi (r) dan Regresi Linier	65
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		68
6.1	Kesimpulan.....	68
6.2	Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA		69

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Batas Perbandingan Antara Lebar Dan Tebal Untuk Elemen Tekan Baja Pada Batang Komposisi.....	9
Tabel 4.1	Deskripsi Umum Struktur	42
Tabel 4.2	Mutu dan Bahan material.....	44
Tabel 4.3	Dimensi Elemen Kolom.....	45
Tabel 4.4	Dimensi Elemen Balok.....	45
Tabel 4.5	Dimensi Pelat Pada Struktur Gedung.....	45
Tabel 4.6	Beban Mati Tambahan pada Pelat Lantai	47
Tabel 4.7	Beban Mati Tambahan pada Pelat Atap.....	47
Tabel 4.8	Beban Mati Tambahan pada Balok	47
Tabel 4.9	Parameter <i>Response spectrum</i>	49
Tabel 4.10	Kombinasi Pembebanan Struktur.....	51
Tabel 5.1	Hasil Kombinasi pembebanan pada kolom struktur C26.....	57
Tabel 5.2	Perbandingan Probabilitas dengan Realibility	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Faktor Panjang Efektif, K (RSNI T-12-2004)	8
Gambar 3.2	a) Analisis Dinamik, b) gaya Horizontal Ekuivalen Statik	11
Gambar 3.3	Mode Getar Struktur	14
Gambar 3.4	Model Matematik Problem Dinamik	15
Gambar 3.5	Beban-Beban Dinamik pada suatu sistim	16
Gambar 3.6	Model Matematik dan Gaya-gaya Dinamik	17
Gambar 3.7	Perubahan Bentuk Struktur Akibat Perpindahan	18
Gambar 3.9	Contoh Kasus	21
Gambar 3.10	Diagram Beban (P) – Waktu (t)	23
Gambar 3.11	Dual Redundant System	27
Gambar 3.12	Distribusi Normal	28
Gambar 3.13	Distribusi Normal Standar	30
Gambar 3.14	Distribusi LogNormal	33
Gambar 3.15	Interferensi dua distribusi peluang (Beban-Kekakuan)	35
Gambar 3.16	Contoh Distribusi Frekuensi Beban dan Kekuatan	38
Gambar 3.17	Contoh Distribusi Kekuatan Bahan Menyebar dan Merapat	39
Gambar 4.1	Pemodelan Struktur Tiga Dimensi	43
Gambar 4.2	Denah Kolom Pada <i>Basemen</i>	43
Gambar 4.3	Respons Spektral Desain Kota Pekanbaru	49
Gambar 4.4	Uraian Pelaksanaan Penelitian	54
Gambar 4.5	Uraian hasil analisis metode distribusi normal	55

Gambar 5.1 Detail Kolom Struktur56
Gambar 5.2 Probability Density Function (PDF).....60
Gambar 5.3 Comulative distribution Function.....62



Dokumen ini adalah Arsip Milik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR NOTASI



A_g	= Luas penampang
DL	= Beban mati, termasuk beban mati tambahan
EX	= Beban gempa arah X
EY	= Beban gempa arah Y
F_D	= Gaya Pegas
F_D	= Gaya Rendaman
F_I	= Gaya Inersia
I	= momen inersia
K	= Keandalan
LL	= Beban hidup
L_r	= Beban hidup atap
M_1	= Momen yang kecil pada ujung kolom
M_2	= Momen yang besar pada ujung kolom
P_f	= Probabilitas Of Failure
R	= Beban hujan
S_{DS}	= Percepatan spektral desain pada periode pendek
W	= Beban angin
f_x	= Fungsi Kepadatan Probabilitas
k	= faktor panjang efektif kolom

r = radius girasi atau jari-jari inersia penampang kolom,

x = Banyaknya Data

μ = Rata-Rata

σ = Standar Deviasi

λ_u = Panjang Bersih Kolom

ρ = Faktor redundansi



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A : Analisis Data

Lampiran B : Data-data Pendukung Dalam Penelitian

Lampiran C : Administrasi Dalam Melakukan Penelitian



Dokumen ini adalah Arsip Milik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

ANALISIS STRUKTUR KOLOM PENDEK DENGAN PENDEKATAN PROBABILITAS MENGGUNAKAN KOMBINASI PEMBEBANAN STATIK DAN DINAMIK

MADIAN
163110523

ABSTRAK

Salah satu gedung perkuliahan dan auditorium 3 lantai di Pekanbaru mempunyai struktur bangunan yang cukup unik, dimana kolom dasar atau *basemen* memiliki tinggi yang lebih pendek dari di atasnya. Kolom ini disebut dengan kolom pendek, dimana dengan struktur seperti itu dapat menimbulkan resiko kegagalan struktur pada kolom pendek tersebut. Dengan struktur kolom pendek tersebut besar kemungkinan menimbulkan resiko terjadi guling pada struktur kolom. Sehingga, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya probabilitas kegagalan serta keandalan struktur kolom pendek tersebut.

Pada penelitian ini probabilitas kegagalan bangunan dihitung menggunakan metode distribusi normal (*Gaussian*). Distribusi normal merupakan sebuah fungsi probabilitas yang menunjukkan distribusi atau penyebaran suatu variabel. Fungsi tersebut umumnya dibuktikan oleh sebuah grafik simetris yang disebut kurva lonceng (*Bell curve*). Perhitungan distribusi normal menggunakan gaya aksial kolom pendek sebagai variabel untuk menghitung probabilitas. Gaya aksial ini didapatkan dari kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1926-2019 dan dihitung dengan bantuan *software* ETABS 2016. Hasil dari probabilitas dihitung berdasarkan variasi beban dari 20 ton sampai 220 ton dengan interval 40.

Hasil perhitungan distribusi normal didapatkan nilai probabilitas masing-masing variasi beban ialah 20 ton sebesar 13.6%, beban 60 ton sebesar 27.4%, beban 100 ton sebesar 50%, beban 140 ton sebesar 69.1%, beban 180 ton sebesar 86.4%, dan beban 220 ton sebesar 95.5%. Adapun nilai keandalan masing-masing variasi beban ialah 20 ton 86.4%, beban 60 ton 72.6%, beban 100 ton 50%, beban 140 ton 30.9%, beban 180 ton 30.9%, beban 220 ton 4.5%. Berdasarkan batas risiko gempa 10^{-2} didapatkan hasil sebesar ≤ 65.72 ton, beban yang digunakan sebagai perencanaan ialah beban ≤ 60 ton dengan probabilitas keruntuhan sebesar 27,4% dan keandalan 72,6%.

Kata kunci: Kolom Pendek, Probabilitas, Distribusi Normal, dan Keandalan Struktur.

**SHORT COLUMN STRUCTURE ANALYSIS WITH PROBABILITY
APPROACH USING COMBINATION LOADING
STATIC AND DYNAMIC**

**MADIAN
163110523**

ABSTRACT

One of the lecture buildings and a 3-story auditorium in Pekanbaru has a quite unique building structure, where the base column or basement has a shorter height than above. This column is called a short column, where with such a structure there can be a risk of structural failure in the short column. With such a short column structure, it is likely that there will be a risk of overturning in the column structure. Thus, this study aims to determine the probability of failure and the reliability of the short column structure.

In this study the probability of building failure is calculated using the normal distribution method (Gaussian). The normal distribution is a probability function that shows the distribution or spread of a variable. The function is generally proved by a symmetrical graph called a bell curve. The calculation of the normal distribution uses the short column axial force as a variable to calculate the probability. This axial force is obtained from a combination of loading in accordance with SNI 1926-2019 and calculated with the help of the ETABS 2016 software. The results of the probability are calculated based on load variations from 20 tons to 220 tons with intervals of 40.

The results of the normal distribution calculation show that the probability value of each load variation is 20 tons by 13.6%, 60 tons at 27.4%, 100 tons at 50%, 140 tons at 69.1%, 180 tons at 86.4%, and 220 tons at load. tons of 95.5%. The reliability values for each load variation are 20 tons 86.4%, 60 tons 72.6% load, 50 tons load 50 percent, 140 tons load 30.9%, 180 tons load 30.9%, load 220 tons 4.5%. Based on the 10-2 earthquake risk limit, the result is 65.72 tons, the load used as a design is a load of 60 tons with a probability of collapse of 27.4% and reliability of 72.6%.

Keywords: Short Column, Probability, Normal Distribution, and Structural Reliability.

BAB I
PENDAHULUAN



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

**ANALISIS STRUKTUR KOLOM PENEK DENGAN
PENDEKATAN PROBABILITAS MENGGUNAKAN KOMBINASI
PEMBEBANAN STATIK DAN DINAMIK**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu gedung 3 lantai disalah satu kota Pekanbaru yang berfungsi sebagai gedung perkuliahan dan auditorium mempunyai struktur yang berbeda dari struktur pada umumnya. Dimana, pada kolom lantai dasar atau *basemen* memiliki tinggi kolom yang lebih pendek dari kolom di atasnya. Adapun, untuk desain kolom pada umumnya ialah tinggi kolom harus sama atau lebih tinggi dari kolom di atasnya. Desain tersebut bertujuan untuk menghindari terjadinya guling pada kolom struktur. Kolom yang lebih pendek dari kolom di atasnya ini disebut dengan kolom pendek. Kolom merupakan bagian dari rangka bangunan, yang menempati posisi terpenting dalam struktur bangunan. Keruntuhan kolom dapat menyebabkan runtuhnya komponen lain yang terkait, atau runtuhnya seluruh struktur bangunan (Istimawan D, 1999). Struktur kolom tersebut memiliki dimensi yaitu pada lantai dasar atau *basemen* tinggi 3.30 m, lantai 1 tinggi 4.35 m, lantai 2 tinggi 3.60 m, dan lantai 3 tinggi 3.60 m. Dengan dimensi tersebut maka gedung akan menimbulkan resiko terjadinya guling pada struktur kolom pendek karena struktur kolom tersebut lebih pendek dari kolom di atasnya.

Maka gedung tersebut perlu ditinjau dengan menggunakan SNI 1726-2019 untuk menghitung probabilitas dan keandalan pada struktur kolom pendek tersebut apakah gedung tersebut aman atau perlu perkuatan. Probabilitas adalah ilmu dasar inferensi statistik melalui eksperimen dan analisis data. Teori probabilitas sangat relevan dengan rekayasa saat ini dengan menerapkannya pada isu-isu seperti menilai keandalan sistem, menafsirkan akurasi pengukuran, dan menjaga kualitas yang tepat (Hayter, 2012). Perhitungan struktur kolom pendek dibantu dengan menggunakan program Etabs 2016 dengan asumsi pembebanan pada input Etabs menggunakan kombinasi pembebanan sesuai dengan peraturan SNI 1726-2019. Untuk perhitungan probabilitas menggunakan metode distribusi normal (*Gaussian*) berdasarkan dari salah satu kolom pendek yang

menerima beban maksimum atau kritis sebagai tinjauan dalam perhitungan. Dengan mengetahui besarnya probabilitas kegagalan struktur kolom pendek kita bisa mengetahui keandalan dari struktur kolom pendek.

Masalah keandalan bangunan gedung diatur dalam Undang-Undang Bangunan Gedung No. 28 Republik Indonesia Tahun 2002. Pasal 18 menjelaskan bahwa persyaratan struktur bangunan gedung yang stabil dan kuat menahan beban adalah kemampuan struktur gedung yang stabil dan kuat untuk menahan beban hidup dan permanen untuk area/zona tertentu di bawah kondisi beban maksimum. Kemampuan untuk menahan tekanan dari perilaku alami. Keandalan merupakan alat penilaian dengan hasil yang stabil dan konsisten. Definisi keandalan menurut ISO 8402 yaitu kemampuan suatu gedung untuk melakukan fungsi yang diperlukan, dibawah kondisi lingkungan dan operasional yang diberikan dan untuk jangka waktu tertentu (Martina, 2015).

untuk memperoleh keakuratan dari standar dan peraturan bangunan gedung yang sifatnya lebih luas, Jika ditinjau dari pembebanan statik maka gedung ini cukup Stabil dan kukuh namun bagaimana jika di tinjau dari pembebanan dinamik?. dimana beban statik adalah beban hidup dan beban mati sedangkan beban dinamik adalah beban angin dan beban gempa. Maka penelitian ini dilakukan dengan menganalisis struktur kolom pendek tersebut dengan pendekatan probabilitas dengan menggunakan pembebanan statik dan dinamik.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian berikut adalah:

1. Berapa probabilitas kegagalan kolom pendek akibat dari kombinasi pembebanan struktur menggunakan SNI 1726-2019?
2. Berapa keandalan kolom pendek akibat dari kombinasi pembebanan struktur menggunakan SNI 1726-2019?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapaun tujuan dalam penelitian berikut adalah:

1. Menghitung besarnya probabilitas kegagalan struktur kolom pendek.
2. Menghitung besarnya keandalan struktur kolom pendek.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mendesain suatu bangunan sesuai dengan keadaan yang sebenarnya namun tetap dalam kondisi yang aman sehingga bisa berfungsi sebagai beban layan.
2. Menambah ilmu pengetahuan, wawasan dan pengalam penulis agar mampu melakukan pekerjaan yang sama saat terjun kelapangan.
3. Bagi mahasiswa sebagai referensi mengenai probabilitas dan reliabilitas kolom pendek dalam menahan beban kombinasi.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada permasalahan ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung ulang beban struktur bangunan yang bekerja dengan kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1726-2019.
2. Menghitung probabilitas struktur kolom pendek pada keadaan kritis dengan dari kombinasi maksimum sesuai dengan poin 1.
3. Variabel perhitungan di ambil dari besarnya beban maksimum (gaya aksial) dari masing-masing kombinasi
4. Properti material atau mutu beton atau mutu baja disesuaikan dengan kondisi eksisting. Yaitu kuat tekan beton (f_c') = 25,2 Mpa, f_y = 400 Mpa, tegangan leleh tulang geser = 370 Mpa, Modulus elastisitas beton (E_c) = 23500 Mpa, E_s = 200000 Mpa, Mutu Baja = Bj 37, berat jenis beton bertulang = 2400 kg/m³, berat jenis baja = 7850 kg/m³.

5. Dimensi kolom sesuai dengan kondisi existing.
6. Analisis struktur menggunakan program Etabs 2016.
7. Fungsi bangunan adalah perkuliahan dan auditorium.
8. Metode perhitungan probabilitas menggunakan metode distribusi normal (*Gaussian*).
9. Target resiko keandalan 10^{-2} karna menggunakan desain gedung menggunakan beban gempa.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

**ANALISIS STRUKTUR KOLOM PENEK DENGAN
PENDEKATAN PROBABILITAS MENGGUNAKAN KOMBINASI
PEMBEBANAN STATIK DAN DINAMIK**

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tinjauan Pustaka adalah kegiatan menemukan, membaca, dan mendengarkan laporan penelitian dan bahan pustaka yang memuat teori-teori yang relevan dengan penelitian yang dilakukan. Kegiatan ini merupakan bagian terpenting dari pendekatan ilmiah yang harus diikuti dalam semua penelitian ilmiah di bidang ilmu pengetahuan. Hasil dari kegiatan tersebut disajikan dalam bentuk bahan untuk disajikan dalam proposal atau laporan penelitian, yang menjadi dasar atau dasar pemikiran penelitian. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan literature review dari penelitian yang telah diterbitkan sebelumnya serta buku atau artikel yang ditulis oleh peneliti sebelumnya.

2.2 Penelitian Terdahulu

Beberapa hasil penelitian yang pernah dilakukan pada peranan teori probabilitas dalam bidang rekayasa antara lain sebagai berikut:

Hariyanto A (2011), telah melakukan penelitian dengan judul “*Analisis Kinerja Struktur Pada Bangunan Bertingkat Tidak Beraturan Dengan Analisis Dinamik Menggunakan Metode Analisis Respons Spektrum*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keamanan suatu bangunan ditinjau dari perpindahan, pembongkaran, dan geser pondasi. Metode yang digunakan adalah analisis dinamik spektrum respon menggunakan software ETABS. Penyimpangan total maksimum dalam arah X adalah 0,00825 m dan arah Y adalah 0,00588 m, sehingga bangunan aman terhadap batas kinerja maksimum (0,02 jam) dan batas pelayanan $\{(0,03 / R) \times \text{jam}\}$. Nilai offset pada arah X adalah 0,06941m dan nilai offset pada arah Y adalah 0,05274m. Offset dalam bangunan tidak melebihi offset maksimum, sehingga bangunan aman dari gempa rencana.

Tri Efendi T (2016), telah melakukan penelitian mengenai “*Analisa keandalan Struktur Akibat Beban Gelombang Pada Kapal Perang Tipe Corvette*” Penelitian ini mengkaji desain kapal perang untuk operasi lepas pantai di Indonesia dengan tinggi gelombang rata-rata sekitar 36m, dan berfokus pada perhitungan nilai keandalan struktur akibat tegangan beban gelombang. Analisis dilakukan dengan mensimulasikan kapal menggunakan software Poseidon dan software perhitungan RAO untuk mendapatkan nilai tegangan. Metode simulasi Monte Carlo digunakan untuk menentukan keandalan struktur. Panjang gelombang dan sudut pandang berubah. Berdasarkan hasil simulasi Monte Carlo, keandalan struktur pada ketinggian gelombang 3 m adalah 0,999, dan probabilitas 0,001, pada ketinggian gelombang 4 m, 0,998, probabilitas kegagalan 0,002, dan tinggi gelombang adalah 0,002. 5m adalah 0,955, peluang gagal 0,045, tinggi gelombang 6m - 0,805, peluang gagal - 0,195.

Wagey F (1996), telah melakukan penelitian dengan judul “*Analisa Keandalan Struktur Terapung Akibat Pembebanan Memanjang*” Studi ini merupakan studi desain untuk menentukan tingkat keamanan struktur terapung dengan mempertimbangkan kekuatan longitudinal. Evaluasi ini menggunakan dua metode yaitu metode semi stokastik dengan metode Advanced First Order Second Moment Method (AFOSM) dan simulasi komputer dengan metode Monte Carlo. Kapal penumpang PT PAI pax500 dipilih sebagai contoh dari kedua metode tersebut. Indonesia, dimana bangunan tersebut seluruhnya dirancang oleh para ahli pelayaran Indonesia. Kedua metode ini diterapkan pada mode kegagalan pertama dari struktur geladak utama pada kondisi pembebanan yang diperoleh dari data PT.PAI. Dalam ABS% untuk momen lentur Sul Water dan momen lentur gelombang. Jarak konstruksi geladak utama dihitung sebagai sumbu netral $(y) = 4,89\text{m}$, momen inersia $(i) = 7,55\text{m}$, dan sekitar 100018 kNm (data ABS% dan PT.PAI) di bawah kondisi beban indeks keselamatan target $(\beta) = 3,0 - 4,0$ berdasarkan perhitungan beban gelombang menggunakan Hasil perhitungan menggunakan prosedur AFOSM dan simulasi Monte Carlo mengasumsikan titik leleh yang sama yaitu sekitar $200 \text{ N}\cdot\text{mm}^2$.

2.3 Keaslian Penelitian

Berdasarkan berbagai penelitian peneliti sebelumnya, terdapat kesamaan teori dan penggunaan. Perbedaan penelitian ini dengan peneliti sebelumnya adalah metode, objek dan tinjauan. Peneliti sebelumnya menggunakan metode log normal, menggunakan *software excel dan Easyfit 5.5*. Tinjauan peneliti sebelumnya yaitu pada baja sedangkan penelitian ini meninjau beton bertulang pada kolom.



BAB III
LANDASAN TEORI



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

**ANALISIS STRUKTUR KOLOM PENEK DENGAN
PENDEKATAN PROBABILITAS MENGGUNAKAN KOMBINASI
PEMBEBANAN STATIK DAN DINAMIK**

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Pengertian Kolom Pendek

Di dalam SNI 03-2847-2002 (Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung), pada pasal 12.12 dan pasal 12.13, disebutkan bahwa suatu kolom disebut kolom pendek jika memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Untuk kolom pada rangka portal tak bergoyang (Pasal 12.12.2):

$$\frac{K\lambda_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \dots\dots\dots(3.1)$$

- b. Untuk kolom pada rangka portal bergoyang (Pasal 12.13.2):




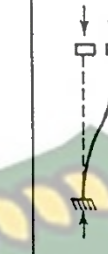

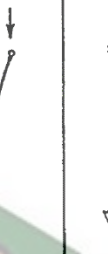




$$\frac{K\lambda_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \dots\dots\dots(3.2)$$

$$r = \sqrt{I/A} \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan:

- K = faktor panjang efektif kolom
- λ_u = panjang bersih kolom
- r = radius girasi atau jari-jari inersia penampang kolom,
- M_1 dan M_2 = momen yang kecil dan yang besar pada ujung kolom,
- I dan A = momen inersia dan luas penampang kolom

Nilai K sangat berpengaruh pada kelangsingan kolom yang ditentukan berdasarkan ujung kedua kolom. Nilai K ditunjukkan pada gambar 3.1

	Kolom Tak Bergoyang			Kolom Bergoyang		
Bentuk tekuk						
Faktor panjang efektif (k)	0.70	0.85	1.00	1.2	2.2	2.2
Simbol untuk keadaan penahan ujung	 = Rotasi terjepit, translasi terjepit	 = Rotasi bebas, translasi terjepit	 = Rotasi terjepit, translasi bebas	 = Rotasi bebas, translasi bebas		

Gambar 3.1 Faktor Panjang Efektif, K

(Sumber: RSNI T 2004)

Menurut metode LRFD untuk desain baja struktural berdasarkan pedoman AISC dalam buku McComack dan Nelson, persamaan kekuatan kolom pendek didasarkan pada keadaan lentur batas tekuk (Persamaan 3.4). Persamaan 3.4 adalah hubungan empiris untuk rentang inelastis.

Perasamaan ini mencakup dampak tegangan sisa dan kelangsingan. Batas antara ketidakstabilan elastis (*inelastic*) dan elastis (*elastic*) adalah $\lambda_c = 1.5$ dimana parameternya:

$$\lambda_c = \frac{KL}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \dots \dots \dots (3.4)$$

Untuk beban kolom aksial dengan semua elemen yang memiliki lebar rasio kelangsingan $< \lambda_c$, desain kekuatan tekan = $\Phi_c P_n$

Dimana,

$$\Phi = 0.9$$

$$P_n = A_g F_{cr}$$

A_g = Luas penampang

Untuk kolom pendek memiliki nilai $\lambda_c \leq 1.5$. persamaan tegangan kritisnya didapat sebagai berikut:

$$F'_{cr} = (0.658^{\lambda_c^2}) F_y$$

Pada AISC 2010, batang komposit dapat diklasifikasikan sebagai batang kompak, tidak kompak dan ramping. Dikatakan batang tidak kompak apabila rasio perbandingan maksimum antara lebar dan tebal dari satu atau lebih elemen tekan bajanya melebihi λ_p tetapi tidak melebihi λ_r . Untuk klasifikasi batang komposit dan rasio perbandingan lebar dan tebal dari elemen tekan baja dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Batas perbandingan lebar dan tebal material tekan baja batang komposit (AISC, 2010)

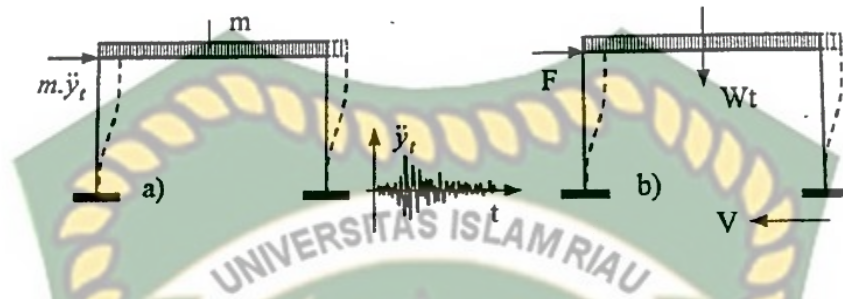
<i>Description of Element</i>	<i>Width-to-Thickness Ratio</i>	λ_p <i>Compact/Noncompact</i>	λ_r <i>Noncompact/slender</i>	<i>Maximum Permitted</i>
<i>Walls of Rectangular HSS and Boxes of Uniform Thickness</i>	b/t	$22,6 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$3 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

3.2 Defenisi Beban Statik Ekuivalen

Analisis beban statik ekuivalen adalah metode analisis struktur yang memperlakukan pengaruh gempa pada struktur sebagai beban statik horizontal dengan mempertimbangkan hanya respon getaran tipe I (Pramono, 2011). Oleh karena itu, analisis statik ekuivalen adalah metode analisis statik tiga dimensi linier yang sebenarnya hanya menentukan respon dinamik dengan menganalisis beban statik ekuivalen gempa pada sifat-sifat bangunan umum yang sebenarnya berperilaku seperti struktur dua dimensi. Ini dapat direpresentasikan sebagai hasil dari respons varians pertama. Analisis beban statik ekuivalen adalah metode analisis struktur yang mempertimbangkan pengaruh gempa pada struktur sebagai beban statik horizontal yang diperoleh dengan hanya mempertimbangkan respons getaran primer, dan umumnya menyederhanakan distribusi gaya ini ke dalam segitiga terbalik.

Analisis statik ekuivalen adalah teknik analisis struktur yang memodelkan getaran seismik sebagai beban horizontal statik yang bekerja pada pusat massa suatu bangunan. Dalam sejumlah besar bangunan, banyak gaya horizontal bekerja, masing-masing bekerja pada massa ini. Menurut prinsip keseimbangan, dapat dibandingkan dengan gaya horizontal yang bekerja pada lantai bangunan dan ini disebut gaya geser dasar V . Gaya geser dasar ini diseimbangkan dengan gaya horizontal yang bekerja pada setiap bangunan secara keseluruhan. Massa bangunan (Pavirodikmoro, 2001). Akselerometer pertama diproduksi di Amerika Serikat pada tahun 1933 dan mampu merekam percepatan tanah selama Gempa Helena Montana tahun 1935, Gempa Fundal California 1938, dan Gempa EI Centro 1940. Pada saat itu, ada catatan percepatan tanah akibat gempa, tetapi menyatakannya sebagai gaya horizontal yang bekerja pada pusat massa masih dalam pengembangan. Hal ini dilakukan karena dianggap tidak praktis menggunakan analisis dinamik untuk keperluan lapangan. Bukan hanya karena membutuhkan banyak perhitungan, tetapi juga karena kalkulator (komputer) yang cepat dan otomatis belum tersedia saat itu. Oleh karena itu, keberadaan gaya horizontal

yang bekerja pada pusat massa suatu bangunan sebagai tanda terjadinya guncangan bumi akibat gempa masih relevan bagi praktisi.



Gambar 3.2. a) Analisis Dinamik, b) gaya Horisontal Ekuivalen Statik

(Sumber: Pawirodikromo, 2012)

Pada analisis dinamik Gambar 3.2.a), getaran/getaran bangunan sebenarnya disebabkan oleh beban getaran yang diberikan ke tanah berupa percepatan. Untuk alasan yang disebutkan sebelumnya, efek beban dinamis disederhanakan menjadi beban F yang bekerja pada pusat massa. Gaya horizontal yang bekerja pada pusat massa bangunan hanya statis dan oleh karena itu memiliki ukuran dan posisi yang tetap, sedangkan beban dinamis berubah seiring waktu (dinamis). Gaya-gaya horizontal ini pada dasarnya ekuivalen hanya sebagai pengganti/ekspresi dari efek pembebanan dinamis yang sebenarnya terjadi pada saat gempa. Oleh karena itu, gaya-gaya horizontal ini biasa disebut sebagai gaya-gaya horizontal ekuivalen statis.

Analisis beban gempa ekuivalen statis adalah teknik analisis struktur yang memperlakukan beban gempa sebagai beban statis dan mensimulasikan beban gempa aktual sesuai dengan pergerakan tanah.

- Merancang gempa bumi berdasarkan perulangan gempa 500 tahun dengan probabilitas 10%.
- Daerah gempa dapat dilihat dalam tabel dan peta.
- Untuk struktur bangunan umum saja.

3.3 Defenisi Beban Dinamik

Menurut Widodo (2001), beban dinamik merupakan beban yang berubah-ubah terhadap waktu, sehingga beban dinamis merupakan fungsi dari waktu. Menurut Clough dan Penzen (1993) "Beban dinamik adalah beban yang berubah dalam besaran, arah dan/atau posisi dari waktu ke waktu." Beban dinamik adalah getaran yang ditimbulkan oleh sumber getaran. Getaran tersebut dapat berupa getaran yang disebabkan oleh mesin yang berjalan, kereta api yang berjalan di atas rel, gempa bumi, dan lain-lain. Pembahasan dalam tugas akhir ini adalah tentang beban dinamis akibat gempa.

Gempa tidak terjadi secara rutin, tetapi merupakan sumber dan penyebab getaran. Pada saat terjadi gempa, energi mekanik dari kerusakan struktur pendukung diubah menjadi energi gelombang yang menggetarkan batuan di sekitarnya. Getaran batuan yang disebabkan oleh gempa bumi ditransmisikan ke permukaan oleh media tanah. Gempa yang mengguncang tanah menggetarkan gedung-gedung di atas tanah. Kerusakan bangunan sering disebabkan oleh gempa bumi, terutama di daerah rawan gempa. Kerusakan struktural terjadi ketika getaran tanah cukup besar, berulang, dan terjadi dalam jangka waktu yang relatif lama.

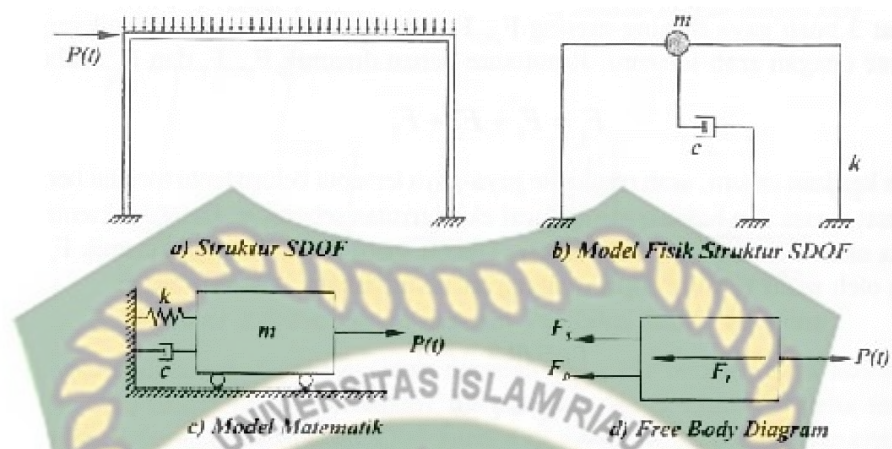
Analisis dinamik adalah analisis struktur yang distribusi tingkat gaya geser seismiknya berasal dari pengaruh dinamik gerakan tanah pada suatu struktur. Analisis dinamis dibagi menjadi dua bagian. Yaitu:

- a. Analisis spektral varians dan analisis riwayat waktu. Analisis spektrum respons dari respons keseluruhan diperoleh dengan melapiskan respons masing-masing jenis getaran.
- b. Analisis riwayat waktu percepatan gempa adalah analisis dinamis yang menerapkan model struktural percepatan gempa ke input berupa percepatan dan menghitung respon struktur langkah demi langkah secara berkala.

Analisis dinamik untuk desain struktur seismik dilakukan bila diperlukan evaluasi yang lebih akurat dari gaya-gaya yang bekerja pada struktur dan untuk menentukan perilaku struktur akibat pengaruh gempa. Analisis dinamik digunakan untuk memahami distribusi gaya geser akibat gerakan tanah selama gempa bumi, dan dapat dilakukan dengan menganalisis distribusi spektrum respons. Pemisahan gaya geser lantai dimaksudkan untuk menggantikan distribusi beban geser dasar akibat gempa di seluruh ketinggian gedung dalam analisis beban ekuivalen statis. Analisis fluktuasi spektrum respons sebagai spektrum percepatan untuk perencanaan respons gempa harus menggunakan grafik tingkat gempa default untuk setiap daerah gempa.

Analisis dinamis dapat dilakukan dengan cara yang elastis atau tidak elastis. Metode elastis dibagi menjadi analisis ragam riwayat waktu (*time history modal analysis*), di mana percepatan gempa harus dicatat, dan analisis ragam Spektrum Respon (*Respon Spectrum Modal Analysis*) yang menunjukkan respons maksimum untuk setiap jenis getaran yang terjadi. Sama seperti yang didapat dari Plan Response Spectrum (*Design Spectra*). Analisis elastik dinamik digunakan untuk mencari respon suatu struktur terhadap gempa yang sangat kuat melalui integrasi langsung (*Direct Integration Method*). Analisis dinamik elastik lebih sering digunakan karena kesederhanaannya. Saat menganalisis spektrum percepatan respons seismik serta varians spektrum respons, rencana tersebut harus menggunakan plot seismik (C) default untuk setiap wilayah seismik. Nilai C tidak berdimensi, sehingga respon dari setiap kelas bersifat relatif.

Analisis dinamik-struktural untuk gempa bumi adalah analisis yang menitikberatkan pada kemampuan struktur menahan gempa akibat getaran tanah yang disebabkan oleh berbagai jenis getaran/*mode shape* struktur. *mode shape* timbul dari kombinasi beban struktur yang ada. Struktur yang dirancang sebagai hasil dari analisis seismik dinamis harus mampu menahan semua *mode shape* struktur yang baru. Gambar 3.3 adalah contoh dari berbagai getaran yang terjadi pada sebuah bangunan.



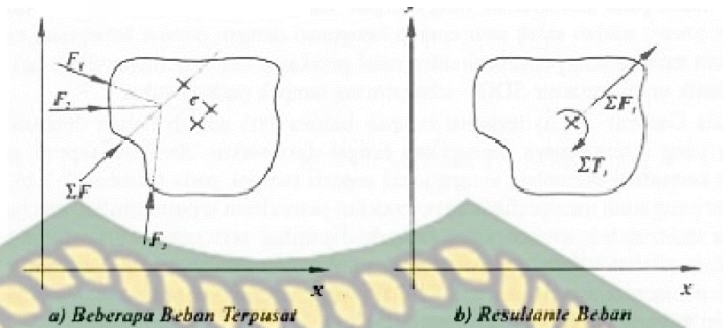
Gambar 3.3 Mode Getar Struktur

(Sumber: Matahari tarigan, 2013)

Dalam penelitian ini memahami bahwa analisis dinamik merupakan suatu metode struktur dinamik dengan menerapkan model matematis struktur pada *Spektrum Respons* gempa rencana, maka digunakan analisis *Spektrum Respons*, Berdasarkan hal tersebut maka respon struktural terhadap gempa rencana adalah sebagai berikut. Hal ini ditentukan melalui tanggapan untuk setiap tingkat kelas.

3.3.2 Persamaan Gerak Dinamik Struktur

Prinsip d'Alembert, Prinsip d'Alembert menyatakan bahwa keseimbangan dinamis suatu massa/sistem dapat diperoleh dengan menambahkan gaya luar dan gaya imajiner yang bekerja pada massa tersebut, yang disebut gaya inersia.



Gambar 3.5 Beban Sistem Dinamik

(Sumber: Budiono, 2011)

Dari gambar 3.5, resultan beban dinamik:

$$F_t = F_1 + F_2 + F_3 \dots \dots \dots (3.4)$$

Jika gaya yang dihasilkan tidak melewati pusat massa, massa berputar. dalam keseimbangan dinamis. \$F_t\$ dan \$T_t\$ membatalkan gaya inersia \$F_I\$ dan \$T_I\$, yang dapat dihitung menurut hukum Newton.

$$F_I = m \cdot a = m \cdot y \dots \dots \dots (3.5)$$

$$T_I = I_m \cdot \theta_a \dots \dots \dots (3.6)$$

Dimana \$m\$: massa sistim, \$y\$: Percepatan sistim. \$I_m\$: momen inersia massa dan \$\theta_a\$ = percepatan sudut (angular acceleration).

Karena \$F_t = F_I\$ dan \$T_t = T_I\$, maka diperoleh :

$$F_t - m \cdot y = 0 \dots \dots \dots (3.7)$$

$$T_t - I_m \cdot \theta_a = 0 \dots \dots \dots (3.8)$$

Artinya, dalam kesetimbangan dinamik suatu massa yang bergerak terdapat gaya-gaya imajiner atau inersia \$F_I\$ dan \$T_I\$ yang arahnya berlawanan dengan arah gerak, yang umumnya diklasifikasikan berdasarkan prinsip d'Alembert.

3.3.3 Persamaan Diffrensial Gerak Struktur SDOF

Seperti gaya inersia, gaya pegas dan redaman struktural juga memiliki arah yang berlawanan dengan arah gerak massa, sehingga benda bebas dari sistem struktur yang bergerak dinamis SDOF ditunjukkan pada Gambar 3.6.

$$F_I + F_D + F_s = P(t) \dots \dots \dots (3.9)$$



Gambar 3.6 Model Matematik dan Gaya-gaya Dinamik pada *Freebody* Struktur

(Sumber : Bestari Muin R, 2010)

Dimana:

- F_I = gaya inersia = $m \cdot y$
- F_D = gaya redaman = $c y$
- F_D = gaya pegas = $k y$

Dengan mensubtitusikan pers. (3.5) ke dalam pers (3.9) dihasilkan

$$m y + c y + k y = P(t) \dots \dots \dots (3.10)$$

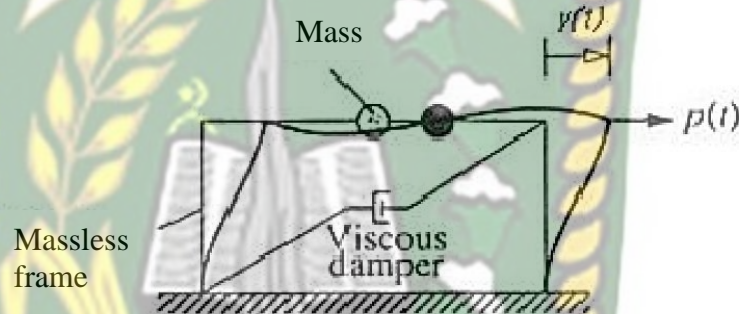
atau

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} + c \frac{dy}{dt} + k y = P(t) \dots \dots \dots (3.11)$$

Pada persamaan (3.10) atau pers. (3.11) merupakan persamaan gerak sistem SDOF¹ dengan beban dinamis P(t). Secara matematis disebut persamaan diferensial

orde dua. Mengingat besar dan fungsi massa (m), redaman (c), kekakuan struktur (k), dan beban dinamis yang diterapkan $P(t)$, secara matematis simpangan struktur dari persamaan di atas (3.11) selalu pada t , yaitu pada y_t dapat dihitung.

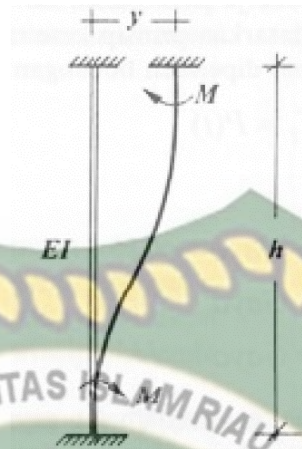
3.3.4 Gaya Dalam Struktur akibat Beban Dinamik



Gambar 3.7 Perubahan Bentuk Struktur Karena Perpindahan

(Sumber: Dewabroto, 2007)

Akibat perpindahan struktur sebesar y_t pada saat detik ke t , maka struktur akan berdeformasi seperti gambar 3.8. Deformasi ini menghasilkan momen pada kolom, momen yang dihasilkan berbanding lurus dengan perpindahan $y(t)$.



Gambar 3.8 Momen Pada Kolom

(Sumber: Agus Pronoto, 2012)

Jika lantai dan balok dianggap sangat kaku, maka,

$$M = \frac{6EI}{h^2} y(t) \dots \dots \dots (3.12)$$

Selanjutnya jika momen pada kolom diketahui, gaya geser pada kolom juga dapat dihitung.

3.3.5 Karakteristik Dinamik

Persamaan gerak dinamis sistem SDOF berisi nilai tiga sifat utama struktur, yakni :

1. Massa (m)
2. Redaman (c), dan
3. Kekakuan (k)

Kekakuan merupakan nilai karakteristik yang juga digunakan pada pekerjaan statik, sedangkan massa dan redaman hanya digunakan pada pekerjaan dinamik. Untuk menyelesaikan persamaan diferensial, perlu diketahui terlebih dahulu bahwa

ketiga nilai karakteristik ini dapat dengan mudah dirumuskan dan membuat beberapa asumsi.

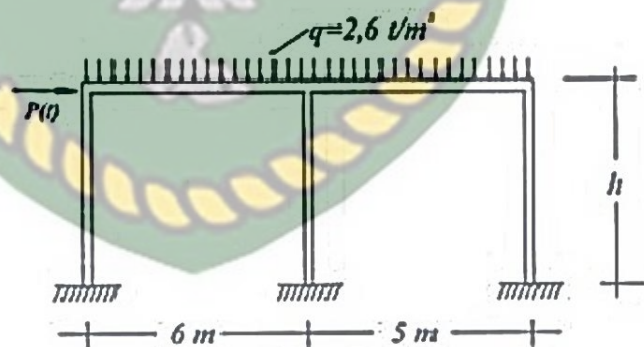
a. Massa Struktur

Menurut metode diskritisasi struktural yang digunakan, ada dua pendekatan utama untuk menggambarkan massa suatu struktur:

- Massa terkelompok (*Lumped-Mass*) massa struktur dianggap terpusat/terkelompok pada suatu titik tertentu atau beberapa titik tertentu.
- Massa terdistribusi (*Consistent Mass*) cara ini lebih mendekati kondisi sesungguhnya.

Secara umum, menggunakan prinsip massa yang dikelompokkan dalam struktur multi-lapisan di mana massa struktur terkonsentrasi di setiap lapisan/tingkat sudah cukup untuk mencapai hasil yang baik.

Sebagai contoh, perhatikan Gambar 3.9 untuk struktur seperti Gambar 3.9 yang dibebani secara dinamis dalam arah horizontal.



Gambar 3.9 Contoh Kasus

(Sumber: Agus pronoto, 2012)

Pada lantai, Jika berat jenis lantai per meter panjang $q = 2,6 \text{ t / m}$ dan percepatan gravitasi $g = 9,8 \text{ m / s}^2$, maka massa struktur diambil sebagai massa yang dikelompokkan di pusat lantai. Karena hanya ada satu lapisan, massa struktur juga satu (sistem SDOF).

Berat total beban pada lantai adalah:

$$W = 2,6 (6 + 5) = 28.600 \text{ kg}$$

Sehingga massa struktur SDOF adalah

$$M = \frac{W}{g} = \frac{28.600 \text{ kg}}{980 \text{ cm/dt}^2} = 29,18 \frac{\text{kg dt}^2}{\text{cm}}$$

b. Redaman Struktur

Redaman merupakan peristiwa pelepasan energi oleh struktur akibat:

- Pergerakan antar molekul materi.
- Gesekan konektor dan sistem pendukung.
- Gesekan dengan udara.
- Respons inelastis

Redaman mengurangi respon/defleksi struktur dan ada dua jenis sistem redaman.

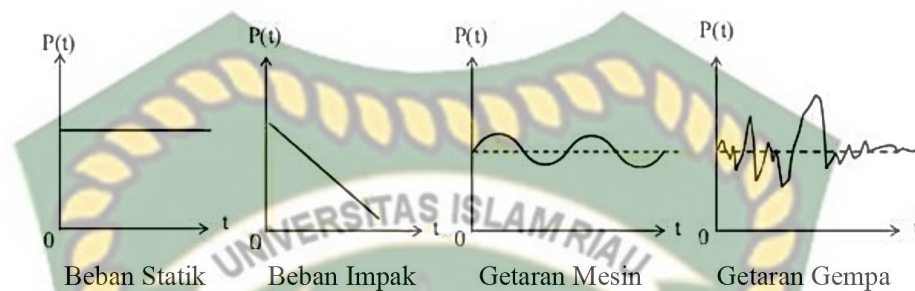
- Redaman klasik (*classical damping*) Peredam sistem struktur menggunakan bahan struktur yang sama.
- Redaman nonklasik (*NonClassical Damping*) Redaman sistem struktur yang terbuat dari berbagai bahan.

3.4 Perbedaan Antara Beban Statis dan Dinamis

Dalam keadaan statis, keseimbangan gaya didasarkan pada keadaan statis dimana gaya mempertahankan kekuatannya, tetap pada tempatnya, dan memiliki garis arah/aksi yang tetap. Gaya-gaya ini diklasifikasikan sebagai beban statis. Menurut Widodo (2001), kondisi ini berbeda dari beban dinamis dalam perbedaan utama berikut:

1. Beban dinamis adalah beban yang berubah terhadap waktu dan merupakan fungsi waktu.
2. Beban dinamis biasanya hanya bekerja selama rentang waktu tertentu. Untuk gempa, rentang waktunya terkadang hanya beberapa detik. Bahkan beberapa detik dapat merusak struktur dengan kerugian besar.
3. Beban dinamis dapat menimbulkan gaya inersia di pusat massa yang arahnya berlawanan dengan arah gerak. Tumpukan beban yang berguling ke belakang saat kendaraan bergerak dan maju saat pengereman adalah contoh gaya inersia yang dikenai beban dinamis.
4. Pembebanan dinamis lebih kompleks daripada pembebanan statis, baik dalam bentuk maupun sebagai akibat dari fungsi pembebanan. Terkadang asumsi harus dibuat untuk memperhitungkan kemungkinan ketidakpastian dalam pembebanan dinamis.
5. Karena beban dinamis berubah kekuatannya dari waktu ke waktu, dampaknya terhadap struktur juga berubah seiring waktu, sehingga perlu untuk memecahkan masalah dinamis secara iteratif sambil menelusuri riwayat beban yang ada. Berbeda dengan memecahkan masalah statis yang merupakan solusi tunggal, memecahkan masalah dinamis adalah multi-solusi.
6. Solusi struktural dengan beban dinamis akibat solusi iteratif lebih mahal dan memakan waktu..

Berbagai macam beban (P) seperti beban statik, beban impact, getaran mesin dan getaran gempa serta hubungannya terhadap waktu (t) dapat digambarkan menjadi suatu diagram seperti yang terlihat pada Gambar 3.10.



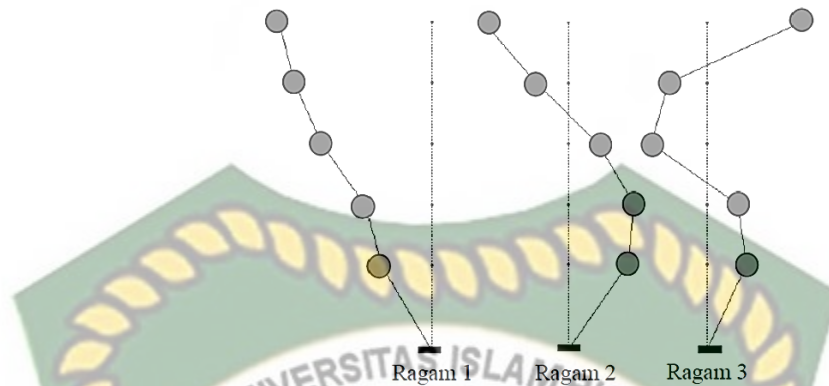
Gambar 3.10 Diagram Beban (P) – Waktu (t)

(Sumber: Kurniawan, 2005)

Beban dinamis menyebabkan respons yang berubah seiring waktu, dan struktur yang sesuai juga bergetar atau bergerak. Dalam hal ini, material menahan gerakan, dan material biasanya dikatakan memiliki kemampuan meredam getaran. Oleh karena itu, peristiwa redaman terjadi di bawah beban dinamis daripada beban statis.

3.3.1 Model Matematik Problem Dinamik

Jika beban dapat diterapkan secara dinamis pada struktur dan dianalisis secara matematis, seluruh sistem struktur dapat dimodelkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. 3.4, di mana kolom berperilaku seperti pegas k tergantung pada kekakuan kolom. Selain itu, struktur juga dapat mereduksi beban sesuai dengan konstanta c .



Gambar 3.4 Model Matematik Problem Dinamik

(Sumber: Kurniawan, 2005)

3.5 Konsep Dasar Probabilitas

Probabilitas adalah ukuran kemungkinan bahwa suatu peristiwa akan terjadi di masa depan, dan hasilnya tidak pasti (*uncertain event*). Probabilitas dinyatakan sebagai 0 (nol) hingga 1 (1) atau sebagai persentase. Probabilitas 0 menunjukkan suatu kejadian yang tidak mungkin terjadi dan probabilitas 1 menunjukkan suatu kejadian yang pasti akan terjadi. $P(A) = 0.99$ artinya A mempunyai peluang 99 dan ada 1% kemungkinan A tidak terjadi.

Ada tiga hal penting dalam rangka membicarakan probabilitas, yaitu percobaan (*experiment*), ruang sampel (*sample space*) dan kejadian (*event*). Percobaan (*experiment*) Pengamatan beberapa perilaku atau proses yang memungkinkan setidaknya 2 (dua) peristiwa terjadi, terlepas dari peristiwa mana yang terjadi..

Setiap kejadian yang berpeluang dapat terjadi, dapat kita nyatakan peluangnya terjadinya (*probability of occurrence*) dalam suatu range bilangan real, misalnya 0 sampai 1. Peluang kejadian mendekati 0 berarti kejadian tersebut jarang terjadi, dan peluang kejadian 1 berarti kejadian tersebut harus terjadi. Sebagai contoh, indikasi

peluang terambilnya salah satu sisi dari kedua sisi mata uang, yaitu suatu mata uang mempunyai peluang $1/6$ untuk setiap sisi dari 6 sisi yang sama.

Seperti koin dan dadu, peristiwa ini adalah peristiwa independen. Suatu peristiwa yang terjadi di masa lalu tidak mempengaruhi peristiwa selanjutnya (O'connor, 1991). Dipengaruhi oleh lemparan sebelumnya. Dengan asumsi koin atau dadu itu adil/semurna, Anda dapat memperkirakan probabilitas bahwa satu sisi koin atau dadu akan muncul, dan setiap sisi selalu memiliki probabilitas yang sama.

Dalam praktiknya, probabilitas ditentukan berdasarkan hasil eksperimen statistik sebelumnya, pertimbangan analitis, atau asumsi kondisi eksperimen.

Probabilitas dapat didefinisikan dalam dua cara (O'connor, 2001):

1. Jika sebuah kejadian dapat terjadi dalam N cara yang sama, dan jika kejadian A terjadi dalam n cara, maka probabilitas terjadinya A adalah:

$$P(A) = n/N \dots \dots \dots (3.5.1)$$

2. Jika dalam suatu percobaan, sebuah kejadian A terjadi n kali dalam N percobaan dan N , dan suatu nilai yang besar, probabilitas dari kejadian A mendekati n/N , yaitu:

$$P(A) = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{n}{N} \right) \dots \dots \dots (3.5.2)$$

Defenisi pertama mencakup contoh pada koin dan dadu, dan defenisi kedua lebih mengarah pada *quality control* dan *reliability*.

Angka probabilitas memberi tahu kita dengan tingkat kepastian tertentu bahwa suatu peristiwa akan terjadi. Misalnya, dalam pertandingan antara A dan B, probabilitas Grup A akan menang adalah 0,8 dan Grup B adalah 0,2, sehingga Anda akan lebih yakin bahwa Grup A akan menang, apa pun yang terjadi selanjutnya.

Notasi-notasi dasar dan hukum-hukum probabilitas.

1. Peluang terjadinya A dinotasikan sebagai $P(A)$.
2. Peluang gabungan terjadinya A dan B dinotasikan $P(AB)$.
3. Peluang terjadinya A atau B dinotasikan $P(A+B)$.
4. Peluang kondisional/bersyarat terjadinya A , dengan syarat B telah terjadi dinotasikan $P(A/B)$.
5. Peluang komplemen, yaitu peluang tidak terjadinya A dinotasikan $P(\bar{A}) = 1 - P(A)$.
6. Jika (dan hanya jika) kejadian A dan B adalah kejadian bebas, maka

$$\begin{aligned} P(A \setminus B) + P(A \setminus \bar{B}) &= P(A) \text{ dan} \\ P(B \setminus A) + P(B \setminus \bar{A}) &= P(B) \dots\dots\dots(3.5.3) \end{aligned}$$

$P(A)$ tidak mempunyai keterkaitan apakah B terjadi atau tidak dan sebaliknya.

7. Peluang gabungan terjadinya A dan B dimana A dan B saling bebas, maka

$$P(AB) = P(A)P(B) \dots\dots\dots(3.5.4)$$

8. Jika kejadian A dan B saling tak bebas maka

$$P(AB) + P(A)P(B \setminus A) = P(B)P(A \setminus B) \dots\dots\dots(3.5.5)$$

Yaitu peluang terjadinya A dikali peluang terjadinya B dengan syarat kejadian A telah terjadi atau sebaliknya.

Jika $P(A) \neq 0$ maka persamaannya dapat ditulis kembali

$$P(B \setminus A) = \frac{P(AB)}{P(A)} \dots\dots\dots(3.5.6)$$

9. Peluang terjadinya salah satu kejadian dari dua kejadian A dan B adalah :

$$P(A+B) = P(A) + P(B) - P(AB) \dots\dots\dots(3.5.7)$$

10. Peluang terjadinya kejadian A dan B , jika A dan B adalah kejadian bebas adalah

$$P(A+B) = P(A) + P(B) - P(A)P(B) \dots\dots\dots(3.5.8)$$

11. Jika kejadian A dan B adalah satu sama lain saling eksklusif (*mutually exclusive*), yaitu A dan B tidak dapat terjadi secara bersamaan maka :

$$P(AB) = 0$$

$$P(A+B) = P(A) + P(B) \dots\dots\dots(3.5.9)$$

12. Jika diperbanyak, satu sama lain saling eksklusif, peluang keluarnya B_0 secara bersamaan memberi sebuah peluang keluarnya A , maka

$$P(A) = \sum_i P(AB_i) = \sum_i P(A \setminus B_i)P(B_i) \dots \dots \dots (3.5.10)$$

3.5.1 Nilai Rata-Rata (*Mean*)

Rata-rata atau *mean*, adalah nilai umum yang menunjukkan pusat atau lokasi sentral dari sekumpulan nilai data. Rumus untuk rata-rata atau *mean* adalah:

$$\mu = E [x] = \int_{-\infty}^{\infty} x f_x (x) dx \dots \dots \dots (3.5.11)$$

dimana:

$$\mu = \text{Rata - rata}$$

x = banyaknya data

3.5.2 Standar Deviasi

Standar deviasi atau simpangan baku merupakan ukuran varians data yang paling umum digunakan. Sebagian besar nilai data biasanya berada dalam 1 standar deviasi dari mean. Standar deviasi dirumuskan sebagai:

$$\sigma^2 = Var [x] = E [x^2] - \mu x^2 = \int_{-\infty}^{\infty} x^2 f_x (x) - \mu^2 \dots \dots \dots (3.5.12)$$

$$var \text{ data} = \left(\frac{1}{n-1} \right) \sum_{i=1}^{25} (x_i - \bar{X} \text{ data})^2 \dots \dots \dots (3.5.13)$$

Dimana:

$$\sigma^2 = \text{Standar Deviasi}$$

3.5.3 Fungsi Kepadatan Probabilitas (PDF)

Fungsi kepadatan probabilitas digunakan dalam tugas transisi gerak. Ini karena kerusakan komponen berubah seiring waktu. Fungsi padat probabilitas dapat dilihat pada gambar 3.12 dalam kurva kontinyu sebagai berikut:



Gambar 3.11 Kurva Fungsi Padat Probabilitas

(Sumber: Jardine, 2007)

Persamaan untuk fungsi kepadatan probabilitas adalah $f(t)$. Area di bawah kurva probabilitas solid mewakili probabilitas kerusakan pada interval waktu tertentu ketika total area sama dengan 1. Jika $f(t)$ adalah fungsi solid dari probabilitas kegagalan antara interval waktu (tx, ty) :

$$\int_{tx}^{ty} f(t) dt = 1 \dots \dots \dots (3.5.14)$$

Probabilitas terjadinya kerusakan antara ta dan tz adalah:

$$\int_{tz}^{ta} f(t) dt = 1 \dots \dots \dots (3.5.15)$$

3.5.4 Fungsi Kepadatan Komulatif (Comulative Distribution Function)

Fungsi kepadatan komulatif atau (Comulative Density Function) adalah Fungsi yang menjumlahkan nilai probabilitas untuk peristiwa tertentu. Atau

dituliskan dengan $P(X \leq x_k)$. bila $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$, maka fungsi kepadatan komulatif untuk $X = x_k$ dituliskan dengan:

$$P(X \leq x_k) = \sum_{i=1}^k p(x_i) \dots \dots \dots (3.5.16)$$

3.6 Distribusi Peluang

Distribusi probabilitas yang disajikan hanya menggunakan distribusi probabilitas kontinu, yaitu distribusi normal dan distribusi lognormal, dalam penelitian ini hanya distribusi normal yang digunakan.

3.6.1 Distribusi Normal (*Gaussian*)

Distribusi normal pertama kali dipelajari pada abad ke-18, ketika model kesalahan pengukuran yang diamati mengikuti distribusi berbentuk lonceng simetris. Ini pertama kali disajikan secara matematis oleh DeMoivre pada tahun 1733, yang menurunkannya sebagai bentuk terbatas dari distribusi binomial. Distribusi diperkenalkan oleh Laplace pada tahun 1775. Meskipun kesalahan historis dicatat, kesalahan itu ditunjukkan oleh Gauss, pertama kali diterbitkan pada tahun 1809, dan istilah distribusi Gaussian sering digunakan. Pada abad ke-18 dan ke-19, upaya dilakukan untuk menjadikan distribusi ini sebagai dasar hukum probabilitas untuk semua bentuk kontinu, dan istilah "normal" dapat digunakan.

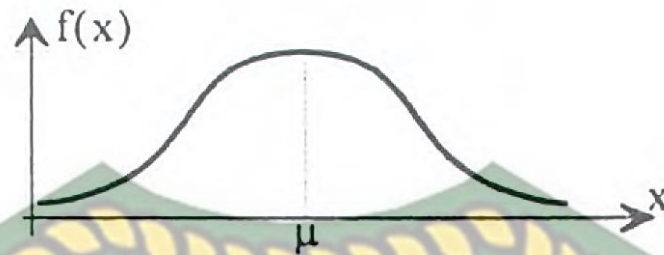
Distribusi normal, dalam arti tertentu, adalah dasar dari statistik. (Hines, W. W. dan Montgomery, DC, 1972).

Persamaan distribusi ditulis sebagai berikut:

$$f_x(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right)^2 \right] \dots \dots \dots (3.6.1)$$

Dimana μ adalah *mean* dan σ adalah varian.

Distribusi ini diilustrasikan secara grafik pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 Distribusi Normal

(Sumber: Ang dan Tang, 1992)

Distribusi normal digunakan secara luas bahwa notasi yang disingkat $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ sering digunakan untuk menunjukkan bahwa variable random X adalah berdistribusi normal dengan rata-rata μ dan varian σ^2 .

Beberapa sifat penting yang dimiliki distribusi normal:

1. $\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1$ (3.6.2)
2. $f(x) \geq 0$ untuk seluruh x . (no. 1 dan 2 dibutuhkan untuk seluruh fungsi densitas)
3. $\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = 0$ dan $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = 0$ (3.6.3)
4. $f[(x + \mu)] = f[-(x - \mu)]$, densitas tersebut adalah simetris disekitar μ . Karena ekor dari distribusi normal adalah simetris maka lebar ekor sebelah kiri sama dengan sebelah kanannya.
5. Nilai maksimum f terjadi pada $x = \mu$.
6. Titik perubahan dari f adalah pada $x = \mu \pm \sigma$.

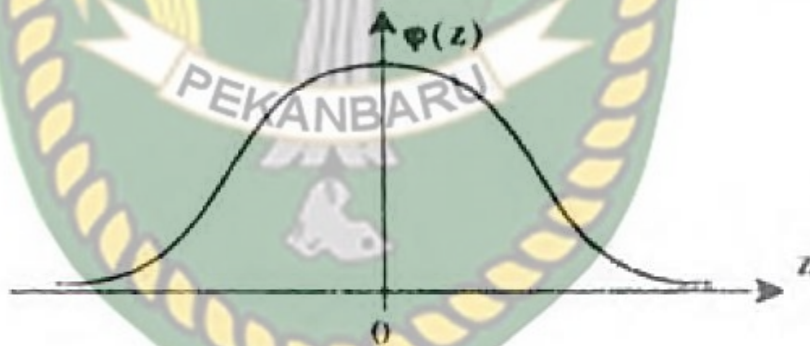
Disamping sifat-sifat diatas, alasan penting untuk penggunaan yang luas adalah bahwa, terlepas dari bentuk distribusi, hasil kongruen dari distribusi probabilitas dapat didekati sebagai distribusi normal ketika beberapa distribusi mengganggu satu sama lain (SSC 351, 1990).

Fungsi distribusi F adalah:

$$F(x) = P(X \leq x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp^{-\left(\frac{1}{2}\right)\left[\frac{\mu-x}{\sigma}\right]^2} du \dots\dots\dots(3.6.4)$$

Hal ini tidak mungkin untuk menghitung integral ini tanpa menggunakan metode-metode secara numeric, dan seringkali penilain ini dilakukan dengan menyelesaikan masing-masing pasangan (μ, σ^2) . Meskipun hanya dengan sebuah transformasi sederhana dari variable $z = (x-\mu)/\sigma$, menyebabkan penilaian bebas dari μ dan σ , yaitu :

$$\begin{aligned} f(x) P(X \leq x) &= P(Z \leq \left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)) = \int_{-\infty}^{\frac{x-\mu}{\sigma}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2} dz \\ &= \int_{-\infty}^{(x-\mu)/\sigma} \varphi(z) dz = \Phi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right) \dots\dots\dots(3.6.5) \end{aligned}$$



Gambar 3.12 Distribusi Normal Standar

(Sumber Ang dan Tang, 1992)

$$\varphi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}z^2\right) \quad -\infty < z < \infty \dots\dots\dots(3.6.6)$$

Mempunyai rata-rata 0 dan varian 1, yaitu $z \sim N(0,1)$.

Persamaan (3.5.6) merupakan fungsi distribusi standar normal seperti pada gambar 3.13.

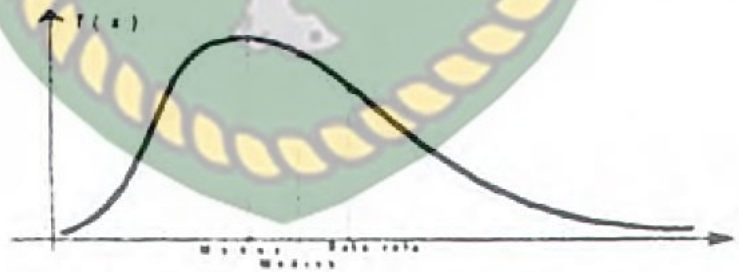
Fungsi distribusi kumulatifnya

$$\Phi(z) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}u^2\right) du \dots\dots\dots(3.6.7).$$

3.6.2 Distribusi LogNormal

Distribusi log-normal dalam bentuk sederhana adalah Fungsi kepadatan variabel yang logaritmanya mematuhi hukum distribusi normal. Distribusi lognormal didasarkan pada distribusi normal. Hal ini terlihat pada kombinasi acak dengan proses perkalian.

Distribusi banyak digunakan dalam berbagai bidang, termasuk fisika, psikologi, ilmu sosial, dan teknik. Dalam aplikasi rekayasa, distribusi lognormal telah digunakan untuk menggambarkan "waktu untuk kegagalan" untuk stabilitas rekayasa dan "waktu untuk pemulihan" untuk pemeliharaan rekayasa.



Gambar 3.13 Distribusi LogNormal

(Sumber: Ang dan Tang, 1992)

Karena distribusi ini memiliki area yang tajam, seringkali lebih cocok untuk data reliabilitas, seperti populasi dengan karakteristik tertentu (SSC351, 1990). Distribusi ini muncul sebagai distribusi hingga ketika variabel acak dibangkitkan dari beberapa variabel acak independen dan terdistribusi merata.

Kita perhatikan sebuah variabel random X dengan *range* R_s , dimana $Y = \ln(x)$ berdistribusi normal dengan rata-rata μ_y dan varian σ_y , yaitu:

Persamaan lognormal distribusi ditulis sebagai berikut:

$$f(x) = \left\{ \frac{1}{m_r \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - \mu_r}{\sigma_r} \right)^2 \right] \right\} \dots \dots \dots (3.6.8)$$

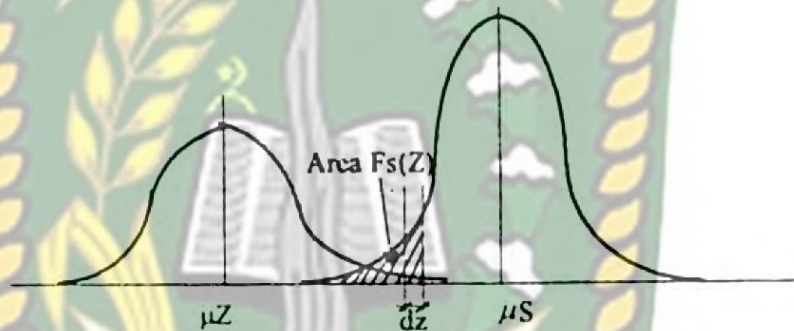
3.7 Konsep Dasar Keandalan (Reliability)

Misalnya, secara tradisional saat merancang balok, praktisi dan perancang menggunakan nilai deterministik yang ketat untuk menentukan nilai beban dan kekuatan balok. Dalam prakteknya, nilai-nilai ini tidak unik, tetapi cenderung memiliki distribusi probabilitas tertentu yang mencerminkan ketidakpastian yang melekat pada nilai beban dan kekuatan balok. Untuk mengakomodasi ketidaktahuan ini, pendekatan yang sensitif terhadap keamanan digunakan, yang biasanya mengarah pada *overdesign*.

Teori keandalan struktural berfokus pada estimasi ketidakpastian dan metode untuk mengukur dan merasionalisasi proses desain. Keandalan suatu struktur itu sendiri didefinisikan sebagai kemampuan suatu struktur untuk melakukan pekerjaan desain dalam jangka waktu tertentu dalam kondisi tertentu. Untuk mengevaluasi keandalan struktur, perlu memperhatikan semua kemungkinan malfungsi. Artinya, memperhitungkan semua kemungkinan bahwa struktur tidak akan menahan segala bentuk kegagalan selama interval waktu yang ditentukan. Ada berbagai jenis kegagalan, seperti kekuatan material, stabilitas struktural, dan defleksi, dan keandalan struktural dapat ditentukan secara terpisah untuk setiap pola kegagalan.

Hasil perhitungan keandalan hanya memberikan angka yang dapat diartikan sebagai probabilitas kegagalan atau keberhasilan sistem/struktur yang diuji. Intinya di sini adalah menilai apakah suatu sistem/struktur baik atau tidak berdasarkan angka keandalan sangat subjektif dan terserah pada perancang, konsultan, pemilik, kantor klasifikasi atau pihak berkepentingan lainnya.

Sebuah contoh yang sederhana, pada gambar 3.15 memperlihatkan fungsi kerapatan peluang (*Probability Density Function; pdf*) untuk variable beban (Z) dan kekuatan (S).



Gambar 3.15 Interferensi dua distribusi peluang (Beban-Kekakuan)

(Sumber: Ang dan tang, 1992)

Kita tetapkan suatu fungsi sederhana yang disebut fungsi keadaan batas, yang menerangkan batas aman *safety margin SM* antara kekuatan beam dan beban yang bekerja.

3.8 Keandalan dan Risiko Keruntuhan Struktur

Sebuah bangunan dirancang melalui perhitungan yang cermat tentang beban-beban yang akan dipikulnya dan dijamin kuat memikul beban rencananya itu. Pernyataan dijamin hal ini bukanlah suatu pernyataan yang mutlak, karena sepanjang

sejarah tak pernah ada jaminan yang mutlak seratus persen. Selalu ada risiko walaupun sangat kecil bahwa bangunan akan runtuh. Risiko bangunan akan runtuh disebut peluang runtuh, sedangkan jaminan bangunan tidak runtuh disebut peluang aman atau keandalan (*reliability*). Jika P_f = risiko atau peluang runtuh dan K = keandalan atau peluang aman maka:

$$K = 1 - P_f \dots\dots\dots(3.8.1)$$

Dimana:

K = Keandalan

P_f = Risiko

Walaupun bangunan telah direncanakan dengan baik, risiko runtuh tetap ada. Hal ini dikarenakan semua data perencanaan bangunan gedung selalu memiliki unsur ketidakpastian dalam hal beban dan kualitas material, ukuran dan faktor lainnya. Faktor-faktor ketidakpastian ini melalui teori statistic dapat digunakan untuk menghitung risiko runtuh. Dengan menghitung risiko runtuh dapat dihitung keandalan atau peluang aman terhadap kekuatan bangunan. Data dimengerti bahwa untuk memahami keandalan bangunan perlu memahami konsep tentang statistic peluang, distribusi peluang, pengolahan dan interpretasi data, dalam perhitungan bangunan.

Konsep yang sama juga terdapat dalam sebuah infrastruktur yang berfungsi melayani kebutuhan masyarakat. Pelayanan infrastruktur dihitung dengan cermat dan volume, ragam maupun dimensi yang lain agar dapat memenuhi kebutuhan atau *demand* masyarakat atau pelanggan. Perancangan ini tetap mengandung risiko pada suatu saat terjadi gagal *supply*. Gagal layanan ini terjadi karena berbagai faktor ketidakpastian dalam komponen pelayanan maupun faktor ketidakpastian dalam kebutuhan konsumen.

3.9 Teori Peluang dalam Rekayasa Struktur Bangunan

Terdapat dua pendekatan dalam rekayasa struktur yaitu:

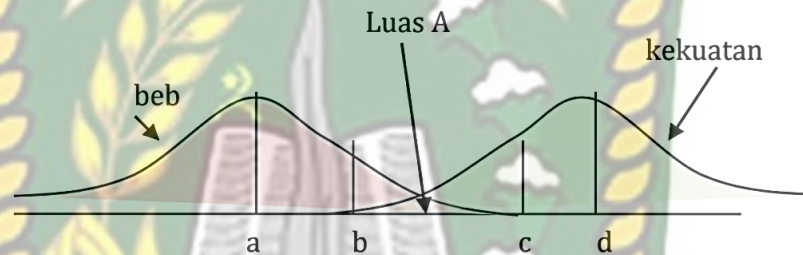
1. Rekayasa berdasarkan ketentuan yang ditetapkan secara *deterministik* berdasarkan regulasi dan konvensi yang diperoleh berdasarkan pengalaman empirik. Dalam model rekayasa ini nilai beban diasumsikan tetap yaitu nilai maksimum yang diperkirakan. Demikian pula nilai ketahanan diasumsikan tetap yaitu nilai minimum yang dianggap aman.
2. Rekayasa memakai Konsep peluang menggunakan distribusi data dari variabel rekayasa yang biasanya acak, tersebar di sekitar nilai pusat, dan memiliki pola distribusi tertentu. Pada pendekatan ini semua unsur ketidakpastian atau variasi parameter diperhitungkan. Variasi yang mungkin timbul seperti variasi beban, variasi material, variasi faktor pelaksana dan variasi model struktur yang dipakai dipertimbangkan dalam menghitung risiko keruntuhan.

Pada pendekatan pertama beban ditetapkan berdasarkan regulasi atau perkiraan maksimum yang wajar dan kekuatan ditetapkan berdasarkan hasil minimum pengujian yang bisa diterima. Berdasarkan nilai yang ditetapkan dihitung geometri yang diperlukan dengan mengambil faktor keamanan memakai regulasi atau pengalaman. Faktor keamanan diperlukan karena bisa saja beban aktual melebihi beban *deterministic* yang ditetapkan dan juga bisa saja terjadi kekuatan aktual lebih kecil dari kekuatan *deterministic* yang ditetapkan. Yang menjadi masalah dalam metode ini adalah besarnya faktor keamanan yang tidak sepenuhnya langsung terkait dengan risiko yang mungkin terjadi.

Pendekatan peluang atau probabilistik mulai berkembang dengan meluasnya teori statistik dalam rekayasa dan pengendalian mutu. Berdasarkan teori statistik, jika distribusi frekuensi nilai tersedia, Anda dapat menghitung probabilitas bahwa suatu nilai lebih tinggi atau lebih rendah dari nilai pusat. Oleh karena itu, mengetahui

distribusi beban, kita tahu bahwa probabilitas nilai ini lebih tinggi dari nilai nominal yang ditentukan. Demikian juga bila distribusi kekuatan diketahui dapat dihitung peluang kekuatan berada dibawah nilai nominal yang ditetapkan. Karena keruntuhan akan terjadi jika kekuatan lebih kecil dari beban maka pada akhirnya dari kedua distribusi ini dapat dihitung peluang beban berada diatas kekuatan yang merupakan peluang keruntuhan struktur.

Peluang keruntuhan struktur ini sama dengan risiko yang diperhitungkan dalam setiap rekayasa.



Gambar 3.16 Contoh Distribusi Frekuensi Beban dan Kekuatan

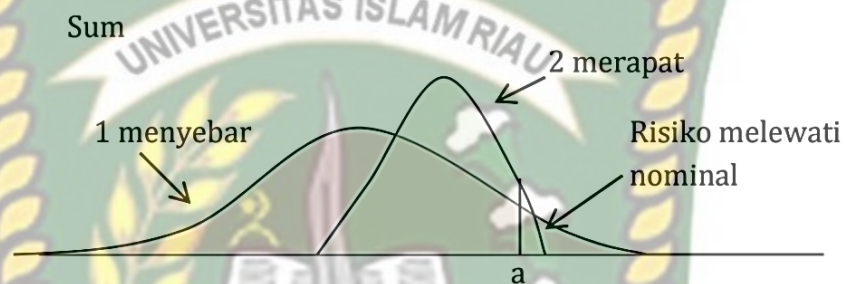
(Sumber: Murni Dewi S, 2018)

Dari Gambar 3.16. terlihat, bahwa jika a adalah nilai sentral beban, maka umumnya nilai rencana beban diambil lebih besar dari a , yaitu b . jika d adalah nilai sentral kekuatan, maka nilai nominal untuk perencanaan diambil lebih kecil dari d yaitu c . selisih antara a dan b merupakan faktor keamanan beban atau *load factor*, selisih antara c dan d merupakan faktor keamanan bahan atau faktor resisten. Selisih antara b dan c adalah faktor margin yang ada dalam perencanaan.

Peluang kegagalan struktur diperoleh berdasarkan luas diagram perpotongan kurva frekuensi beban dan kurva frekuensi kekuatan (luas A dalam Gambar 3.16). Dari Gambar 3.16, dapat dilihat bahwa walaupun telah tersedia margin perencanaan, tidak dijamin bahwa struktur tidak gagal (peluang kegagalan tidak nol). Besarnya peluang,

selain dipengaruhi oleh margin perencanaan, juga sangat bergantung pada kurva distribusi frekuensi beban dan kurva distribusi frekuensi kekuatan. Apakah distribusi frekuensi merapat atau menyebar.

Distribusi frekuensi beban yang merapat menunjukkan suatu beban yang tetap atau konsisten dan distribusi frekuensi beban yang menyebar menunjukkan tipe beban yang fluktuatif dan tidak menentu seperti tampak dalam gambar 3.17.



Gambar 3.17 Contoh Distribusi Kekuatan Bahan Menyebar (1) dan Merapat (2)

(Sumber: Murni Dewi S, 2018)

Pada nilai nominal (a), bahan (1) lebih mungkin untuk tidak mencapai kekuatan nominal dari pada bahan (2). Distribusi kekuatan bahan diperoleh dari pengujian laboratorium sejumlah besar bahan, sedangkan distribusi beban diperoleh dari survey kebutuhan pengguna.

Konsep keandalan struktur dapat diterapkan pada keandalan sistem infrastruktur dengan mengganti beban dengan kebutuhan konsumen, serta mengganti kekuatan dengan ketersediaan atau jumlah layanan. Untuk melakukan rekayasa dengan konsep peluang diperlukan data akurat tentang distribusi beban dan distribusi kekuatan tanpa data akurat perhitungan yang dilakukan punya risiko untuk bias.

3.10 Analisis Korelasi Dan Regresi Linier

a) Analisis Korelasi

Korelasi adalah istilah yang digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antar variabel. Analisis korelasi adalah suatu metode untuk mengetahui ada tidaknya hubungan antar variabel. Koefisien korelasi digunakan untuk mengukur keeratan hubungan antara dua variabel.

- **Koefisien Korelasi**

Koefisien korelasi (r) adalah Angka yang menunjukkan kekuatan hubungan antar variabel atau arah hubungan antar variabel. Nilai r berkisar dari -1 hingga $+1$, kekuatan ikatan diketahui secara numerik, dan arahnya dinyatakan sebagai bilangan positif (+) atau negatif (-). Koefisien korelasi nilainya $-1 \leq r \leq 1$ sebagai tanda menunjukkan arah hubungan. di mana $r = 1$ berarti korelasi yang sepenuhnya positif. Hal ini menunjukkan bahwa ketika variabel X meningkat dan variabel Y menurun maka terdapat hubungan terbalik antara variabel X dan variabel Y. Jika $r = +1$ berarti korelasi positif sempurna, artinya ada hubungan satu arah antara variabel X dan variabel Y, dan semakin besar variabel X maka variabel Y juga meningkat. Besar/ *magnitude* menunjukkan kekuatan hubungan semakin mendekati $+1$ atau -1 maka semakin erat hubungannya dan jika mendekati 0 maka hubungannya semakin lemah. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung koefisien korelasi (*pearson*) adalah sebagai berikut:

$$r_{xy} = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} \dots\dots\dots 3.10.1$$

$$S_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n-1} \dots\dots\dots 3.10.2$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \text{ dan } S_y = \sqrt{\frac{\sum(y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \dots\dots\dots 3.10.3$$

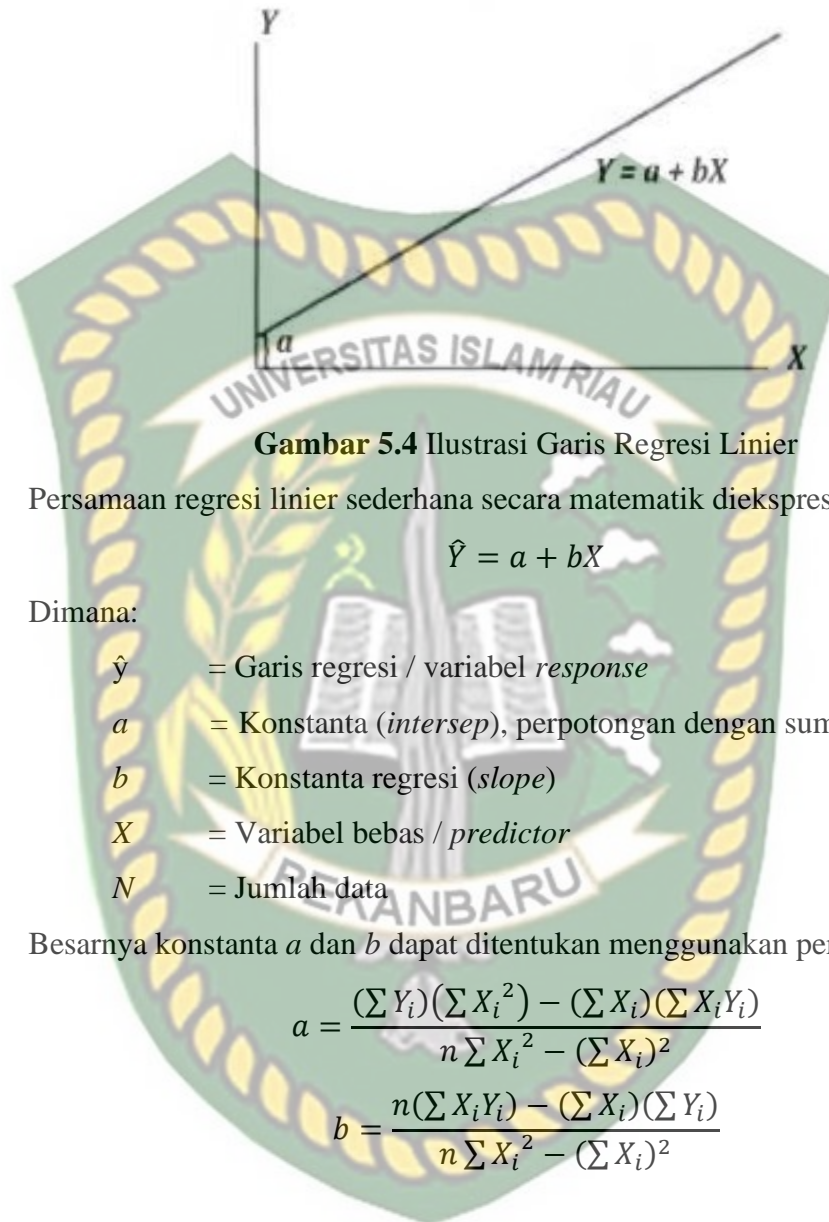
b) Analisis Regresi Linier

Analisis regresi pada dasarnya adalah studi tentang ketergantungan satu atau lebih variabel independen (penjelas/variabel independen) dan satu variabel dependen (terkait) untuk memperkirakan dan/atau memprediksi rata-rata populasi atau rata-rata variabel dependen. Sebuah variabel yang didasarkan pada nilai-nilai yang diketahui dari variabel independen. Fokusnya adalah pada upaya menggambarkan dan mengevaluasi hubungan antara suatu variabel dengan satu atau lebih variabel bebas.

Hasil analisis regresi disajikan sebagai koefisien regresi untuk setiap variabel bebas. Koefisien ini diperoleh dengan memprediksi nilai variabel dependen menggunakan persamaan tunggal. Koefisien regresi dihitung untuk dua tujuan sekaligus: pertama, untuk meminimalkan penyimpangan antara nilai aktual dan estimasi variabel dependen, dan kedua, untuk mengoptimalkan korelasi antara nilai aktual dan estimasi variabel dependen. pada data yang ada. Metode pendugaan variabel terikat yang menjadi dasar analisis regresi disebut kuadrat terkecil umum.

- **Persamaan Regresi Linier Sederhana**

Persamaan regresi linier sederhana adalah model persamaan yang menggambarkan hubungan satu variabel bebas/prediktor (X) dan satu variabel terikat/respon (Y), biasanya diwakili oleh garis lurus, seperti disajikan pada gambar 5.4.



Gambar 5.4 Ilustrasi Garis Regresi Linier

Persamaan regresi linier sederhana secara matematik diekspresikan oleh:

$$\hat{Y} = a + bX$$

Dimana:

- \hat{y} = Garis regresi / variabel *response*
- a = Konstanta (*intersep*), perpotongan dengan sumbu vertical
- b = Konstanta regresi (*slope*)
- X = Variabel bebas / *predictor*
- N = Jumlah data

Besarnya konstanta a dan b dapat ditentukan menggunakan persamaan:

$$a = \frac{(\sum Y_i)(\sum X_i^2) - (\sum X_i)(\sum X_i Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$b = \frac{n(\sum X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

- Langkah-langkah Analisis dan Uji Regresi Linier Sederhana

Berikut adalah langkah-langkah yang perlu Anda ambil untuk melakukan analisis dan uji regresi linier sederhana:

1. Tentukan tujuan dari analisis linier sederhana.
2. Tentukan prediktor dan variabel respon.

3. Kumpulkan data dalam format tabel.
4. Hitung X^2 , XY dan jumlah masing-masing.
5. Hitung a dan b menggunakan rumus yang diberikan.
6. Membuat model persamaan garis regresi.
7. Membuat prediksi berdasarkan prediktor atau tanggapan. delapan. Uji signifikansi menggunakan tes untuk menentukan tingkat signifikansi.



BAB IV
METODE PENELITIAN



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

**ANALISIS STRUKTUR KOLOM PENEK DENGAN
PENDEKATAN PROBABILITAS MENGGUNAKAN KOMBINASI
PEMBEBANAN STATIK DAN DINAMIK**

BAB IV METODE PENELITIAN

Bab ini memberikan metode perencanaan dan teknik pengolahan data yang digunakan untuk menghasilkan hasil dari rencana ini. Metode penelitian mengandung informasi yang menentukan tahap pekerjaan yang perlu dilakukan. Anda dapat memeriksa kegiatan sistematis dan alur penelitian di lampiran A1.

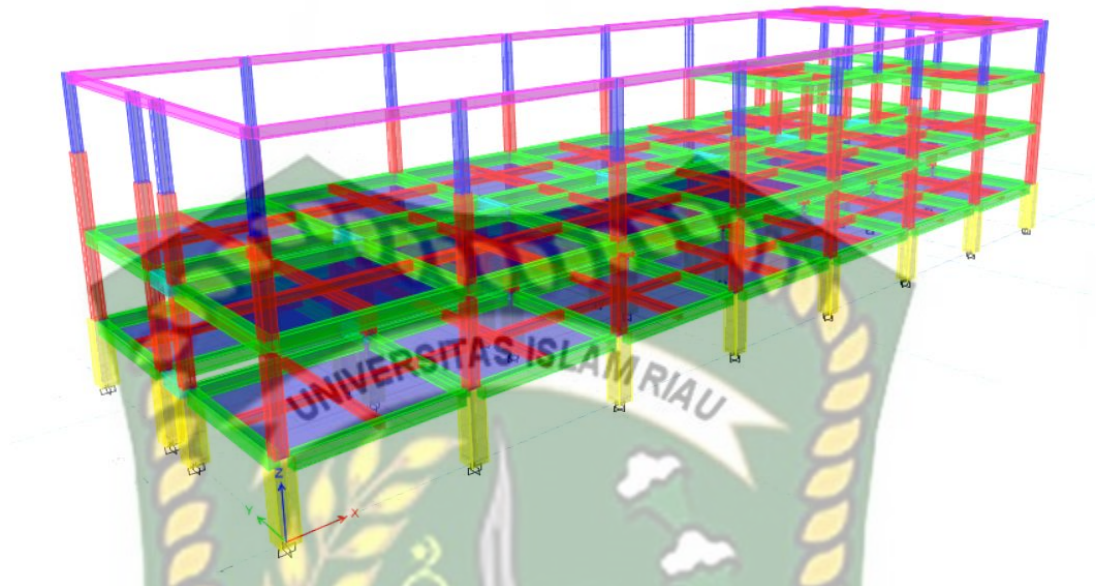
4.1 Deskripsi Umum struktur

Pada penelitian ini, struktur akan dimodelkan sebagai bangunan auditorium 3 lantai yang terletak di wilayah Pekanbaru. Bangunan ini direncanakan dengan lantai dasar sebagai *basemen*, lantai 1 sebagai ruang perkuliahan serta lantai 2 dan 3 sebagai ruang auditorium. Bangunan ini memiliki ketinggian 14,85 m. Berikut deskripsi umum yang berkaitan dengan struktur bangunan dapat dilihat pada Tabel 4.1 yaitu sebagai berikut:

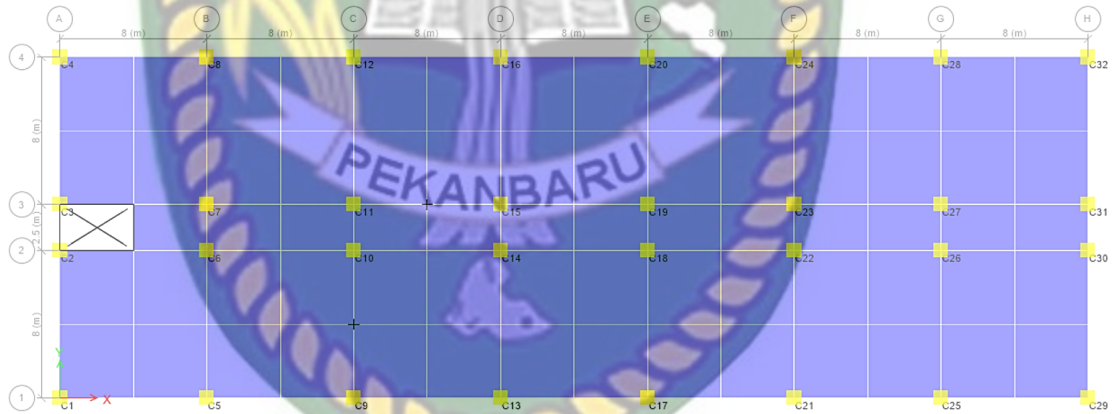
Tabel 4.1 Deskripsi Umum Struktur

No	Kriteria	Studi Kasus
1	Fungsi Gedung	Auditorium dan Gedung Perkuliahan
2	Lokasi	Pekanbaru
3	Sistem Struktur	Sistem Ganda
4	Jumlah Lantai	3
5	Jenis Rangka	Beton Bertulang
6	Tinggi Tingkat Lantai Dasar	3,3 m
7	Tinggi Tingkat Lantai 1	4,35 m
8	Tinggi Tingkat Lantai 2 dan 3	3,6 m
9	Tinggi Total Bangunan	14,85 meter

Struktur bangunan dimodelkan sebagai gedung tiga dimensi dengan menggunakan program ETABS yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 untuk dengan dan model struktur dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.1 Pemodelan Struktur Tiga Dimensi



Gambar 4.2 Denah Kolom Pada *Basemen*

4.2 Data Struktur Gedung

Data struktur gedung yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah data eksisting struktur yang sudah ada.

4.2.1 Spesifikasi Material Struktur

Pada penelitian ini spesifikasi material yang digunakan pada struktur gedung dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Mutu dan Bahan material

No	Mutu Bahan	Nilai
1	Beton	
	Mutu beton	$f_c' = 25,2 \text{ Mpa} = \text{K-300}$
	Modulus elastisitas beton	$E_c = 23500 \text{ Mpa}$
	Berat jenis beton bertulang	2400 kg/m^3
2	Baja Tulangan	
	Mutu baja	BJ 37
	Berat jenis baja	7850 kg/m^3
	Modulus elastisitas tulangan baja	200000 Mpa
	Tegangan leleh tulangan utama	$f_y = 400 \text{ Mpa}$
Tegangan leleh tulangan geser	370 Mpa	

4.2.2 Dimensi Elemen Struktur

Perencanaan dimensi elemen struktur pada tahap awal untuk bangunan tahan gempa dilakukan berdasarkan SNI 2847-201, yaitu Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.

Untuk dimensi gedung kolom, balok dan Pelat Lantai dapat dilihat pada Tabel 4.3 sampai Tabel 4.5.

Tabel 4.3 Dimensi Elemen Kolom

No	Lantai	Tipe	Dimensi (mm)
1	Base	KB-80x80	800/800
2	1	K1-50x50	500/500
3	2	K2-40x40	400/400
4	3	K2-40x40	400/400

Tabel 4.4 Dimensi Elemen Balok

No	Tipe	Tinggi (h)	Lebar (b)
1	B1-40x60	600	400
2	B2-40x60	600	400
3	BA-25x40	400	250
4	BR-25x40	400	250

Tabel 4.5 Dimensi Pelat Pada Struktur Gedung

No	Lantai	Tipe	Dimensi (mm)
1	Base	Plat Basemen	120
2	1-3	Plat Lantai	120

4.3 Pembebanan Struktur

Acuan dalam menganalisa pembebanan struktur yang akan dipikul oleh gedung harus mengikuti standar yang telah ditetapkan yaitu meliputi:

- a) Peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG 1983), sebagai acuan beban mati
- b) Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI-1727-2013), sebagai acuan beban hidup.
- c) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung (SNI-1726-2019), sebagai acuan beban gempa.

4.3.1 Pembebanan Gravitasi

Pembebanan Gravitasi pada struktur meliputi beban mati (*dead load*), beban mati tambahan (*superimpose dead load*), dan beban hidup (*live load*). Pembebanan gravitasi yang dipikul oleh struktur gedung dapat dilihat sebagai berikut:

1. Beban Mati Struktur (*Dead Load*)

Beban mati struktur (*dead load*) adalah berat sendiri elemen struktur yang terdiri dari kolom, balok, dan plat. Beban mati dihitung secara otomatis dengan bantuan program ETABS. Material yang digunakan pada struktur yaitu beton bertulang dengan berat isi jenis material 24 kN/m^3 .

2. Beban Mati Tambahan (*Superimpose Dead Load*)

Beban mati tambahan (*Superimpose dead load*) adalah berat elemen non structural berupa komponen arsitektur dan MEP yang secara permanen membebani struktur. Beban mati tambahan pada struktur dapat dilihat pada Tabel 4.6 sampai Tabel 4.8 sebagai berikut:

Tabel 4.6 Beban Mati Tambahan pada Pelat Lantai

No	Jenis Beban	Tebal (m)	Berat Jenis (kN/m ³)	Beban (kN/m ²)
1	<i>Finishing</i>	0,03	21	0,63
2	Keramik	0,02	24	0,48
3	Plafond	-		0,18
4	Instalasi MEP	-		0,20
Total beban mati				1,49

Tabel 4.7 Beban Mati Tambahan pada Pelat Atap

No	Jenis Beban	Tebal (m)	Berat Jenis (kN/m ³)	Beban (kN/m ²)
1	<i>Finishing</i>	0,03	21	0,63
2	Plafond	-	-	0,28
3	Instalasi MEP	-	-	0,20
Total beban mati				1,01

Tabel 4.8 Beban Mati Tambahan pada Balok

No	Jenis Beban	Tinggi (m)	Berat (kN/m ²)	Total Beban (kN/m)
1	Pasangan dinding ½ bata	3,2	2,5	8,0
2	Dinding dalam B.ringan	3,2	1,0	3,2
3	Railing atap	1,2	2,5	3,0

3. Beban Hidup

Beban hidup (*live load*) adalah beban yang terjadi akibat fungsi dan penggunaan struktur gedung yang berasal dari barang atau orang yang dapat berpindah dan bergerak. Besar beban hidup pada struktur disesuaikan dengan penggunaan dan fungsi ruangan pada bangunan. Beban hidup yang diambil sesuai SNI 1727-2013 yaitu sebagai berikut:

- | | |
|---------------------|--------------------------|
| a) Lantai Atap | = 0,96 kN/m ² |
| b) Ruang Pertemuan | = 4,79 kN/m ² |
| c) Ruang Kelas | = 1,92 kN/m ² |
| d) Koridor dan Lobi | = 4,79 kN/m ² |

4.3.2 Pembebanan Gempa

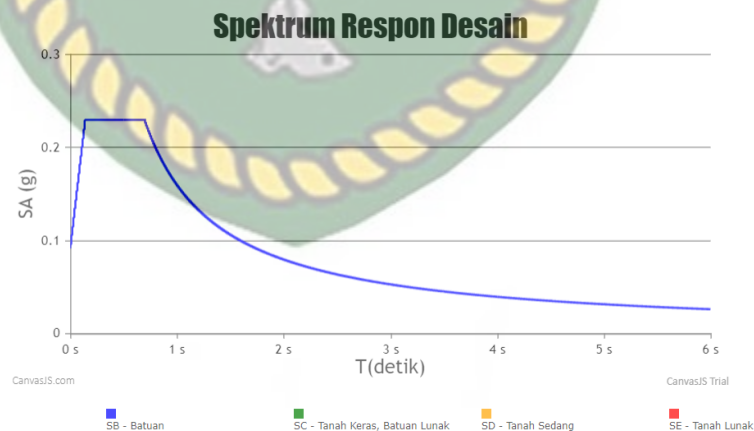
Analisa pembebanan gempa yang digunakan pada penelitian ini adalah Analisa Respons Spektra (*Response Spectrum Analysis*). Gempa yang digunakan adalah gempa dengan periode ulang 2500 tahun, yakni 2% kemungkinan gempa rencana terlampaui dalam 50 tahun umur rencana bangunan. Standar dan peraturan yang digunakan sebagai acuan dalam pembebanan gempa yaitu Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung (SNI 1726-2019). Analisis ini dilakukan dengan menggunakan program ETABS. Parameter-parameter yang digunakan pada analisis respons spektra diperoleh berdasarkan data dari website.rpuskim2019.litbang.pu.go.id sesuai dengan koordinat lokasi yang diambil pada penelitian ini. Dalam hal ini, struktur bangunan berada di daerah kota Pekanbaru.

Parameter yang digunakan dalam analisis metode respons spektra dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut:

Tabel 4.9 Parameter *Response spectrum*

Parameter Respons Spektra		
Lokasi	Pekanbaru	
Klasifikasi Situs	<i>(SB)</i> Batuan	
<i>Peak Ground Acceleration</i>	<i>PGA (g)</i>	0,214
Percepatan Respons Spektral MCER Periode Pendek	$S_s (g)$	0,434
Percepatan Respons Spektral MCER periode 1 Detik	$S_1 (g)$	0,273
Koefisien Situs untuk Periode Pendek	F_a	1,2
Koefisien Situs untuk Periode Panjang	F_v	1,527
Percepatan Respons Spektral pada Periode Pendek	$S_{MS} (g)$	0,521
Percepatan Respons Spektral pada Periode 1 Detik	$S_{M1} (g)$	0,417
Percepatan Spektral Desain pada Periode Pendek	$S_{DS} (g)$	0,348
Percepatan Spektral Desain pada Periode 1 Detik	$S_{D1} (g)$	0,3
Parameter Periode	T_0 (detik)	0,16
	T_s (detik)	0,799

Berdasarkan parameter-parameter diatas, maka diperoleh respons spektral desain seperti terlihat pada Gambar 4.3 berikut:

**Gambar 4.3** Respons Spektral Desain Kota Pekanbaru

(rsapuskim2019.litbang.pu.go.id,2021)

4.3.3 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan untuk metode ultimit struktur harus dirancang sedemikian rupa sehingga kuat rencananya melebihi beban terfaktor sesuai dengan SNI 1726-2019 pasal 4.2.2, yaitu sebagai berikut:

1. $1,4 DL$
2. $1,2 DL + 1,6 LL + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
3. $1,2 DL + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + 0,5 (L_r \text{ atau } 0,5 W)$
4. $1,2 DL + 1,0 W + LL + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
5. $1,2 DL + 1,0 E + LL$
6. $0,9 DL + 1,0 W$
7. $0,9 DL + 1,0 E$

Untuk penggunaan kombinasi beban 5 dan 7 yang terdapat pengaruh gempa. Menurut SNI 1736-2019 Pasal 7.4.2, terdapat faktor dan kombinasi beban untuk beban mati nominal, beban hidup nominal, dan beban gempa nominal yaitu sebagai berikut:

1. $(1,2 + 0,2 S_{DS}) DL + 1,0 LL \pm 0,3 \rho EX \pm 1,0 \rho EY$
2. $(1,2 + 0,2 S_{DS}) DL + 1,0 LL \pm 1,0 \rho EX \pm 0,3 \rho EY$
3. $(0,9 - 0,2 S_{DS}) DL \pm 0,3 \rho EX \pm 1,0 \rho EY$
4. $(0,9 - 0,2 S_{DS}) DL \pm 1,0 \rho EX \pm 0,3 \rho EY$

Dimana:

DL = Beban mati, termasuk beban mati tambahan

LL = Beban hidup

L_r = Beban hidup atap

R = Beban hujan

W = Beban angin

EX = Beban gempa arah X

EY = Beban gempa arah Y

ρ = Faktor redundansi

S_{DS} = Percepatan spektral desain pada periode pendek

Dengan nilai $S_{DS} = 0,384$ dan nilai faktor redundansi (ρ) sebesar 1,3 maka diperoleh kombinasi pembebanan yang diterapkan pada struktur seperti pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Kombinasi Pembebanan Struktur

Kombinasi	Koefisien					
	<i>DL</i>	<i>SIDL</i>	<i>LL</i>	<i>L_r</i>	<i>Spec EX</i>	<i>Spec EY</i>
Comb 1.1	1,4	1,4				
Comb 2.1	1,2	1,2	1,6			
Comb 2.1	1,2	1,2	1,6	0,5		
Comb 3.1	1,2	1,2	1			
Comb 3.2	1,2	1,2	1	1,6		
Comb 5.1	1,311	1,311	1		0,39	1,31
Comb 5.2	1,311	1,311	1		0,39	-1,31
Comb 5.3	1,311	1,311	1		-0,39	1,31
Comb 5.4	1,311	1,311	1		-0,39	-1,31
Comb 5.5	1,311	1,311	1		1,3	0,39
Comb 5.6	1,311	1,311	1		-1,3	0,39
Comb 5.7	1,311	1,311	1		1,3	-0,39
Comb 5.8	1,311	1,311	1		-1,3	-0,39
Comb 7.1	0,789	0,789			0,39	1,3
Comb 7.2	0,789	0,789			0,39	-1,3
Comb 7.3	0,789	0,789			-0,39	1,3
Comb 7.4	0,789	0,789			-0,39	-1,3
Comb 7.5	0,789	0,789			1,3	0,39
Comb 7.6	0,789	0,789			-1,3	0,39
Comb 7.7	0,789	0,789			1,3	-0,39
Comb 7.8	0,789	0,789			-1,3	-0,39

4.4 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan dalam menyusun tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

4.4.1 Persiapan penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini yaitu pemilihan struktur gedung sebagai bahan penelitian. Struktur gedung yang dipilih oleh peneliti mengambil contoh gedung auditorium 3 lantai yang terletak di kota Pekanbaru. Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis dengan pendekatan probabilitas menggunakan metode distribusi normal.

4.4.2 Analisis Data

Analisa data yang digunakan adalah analisis dengan pendekatan probabilitas menggunakan kombinasi pembebanan statik dan dinamik. Setelah seluruh data yang dibutuhkan terkumpul, data akan dianalisa sebagai berikut:

1. Menghitung Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 1726-2019 kombinasi pembebanan bisa kita lihat pada pasal 4.2.2, kombinasi disesuaikan dengan pengaruh gempa berdasarkan dengan asumsi perencanaan.

2. Menentukan Kolom Risiko

Seluruh kolom pada lantai dasar akan menerima seluruh kombinasi pembebanan sehingga didapat kolom mana yang akan memikul beban yang paling besar, kolom ini disebut dengan kolom risiko yang artinya kolom tersebut berpeluang paling besar akan mengalami keruntuhan.

3. Menentukan Variabel Probabilitas

Setelah menentukan kolom risiko pada struktur kolom, hasil output seluruh pembebanan pada kolom tersebut diambil sebagai variabel perhitungan probabilitas dengan menggunakan metode distribusi normal.

4.4.3 Analisa Struktur

Uraian prosedur analisis struktur kolom pendek di hitung dengan metode distribusi normal (*Gaussian*), Adapun Langkah-langkah perhitungan probabilitas struktur kolom pendek sebagai berikut:

1. Menentukan Nilai Rata-Rata (μ)

Nilai rata-rata adalah sebuah nilai pada suatu bilangan yang mewakili sekumpulan data. Dari nilai beban masing-masing kombinasi di ambil rata-rata sebagai acuan beban yang dihitung.

2. Menentukan Nilai Standar Deviasi (σ)

Standar deviasi (σ) adalah nilai statistika yang digunakan untuk menentukan bagaimana pesebaran data dalam suatu sampel dan melihat seberapa dekat data-data tersebut dengan *mean* atau rata-rata dari sampel tersebut.

3. Menghitung Probabilitas Metode Distribusi Normal (*Gaussian*)

Salah satu bentuk distribusi peluang dengan menggunakan pendekatan kurva normal. Distribusi ini juga dijuluki kurva lonceng (*bell curve*) karena grafik fungsi kepekatan probabilitasnya mirip dengan lonceng.

4. Menghitung Fungsi Kepadatan Probabilitas

Cara menunjukkan distribusi data agar kesimpulan yang diambil dapat menunjukkan kondisi sesungguhnya.

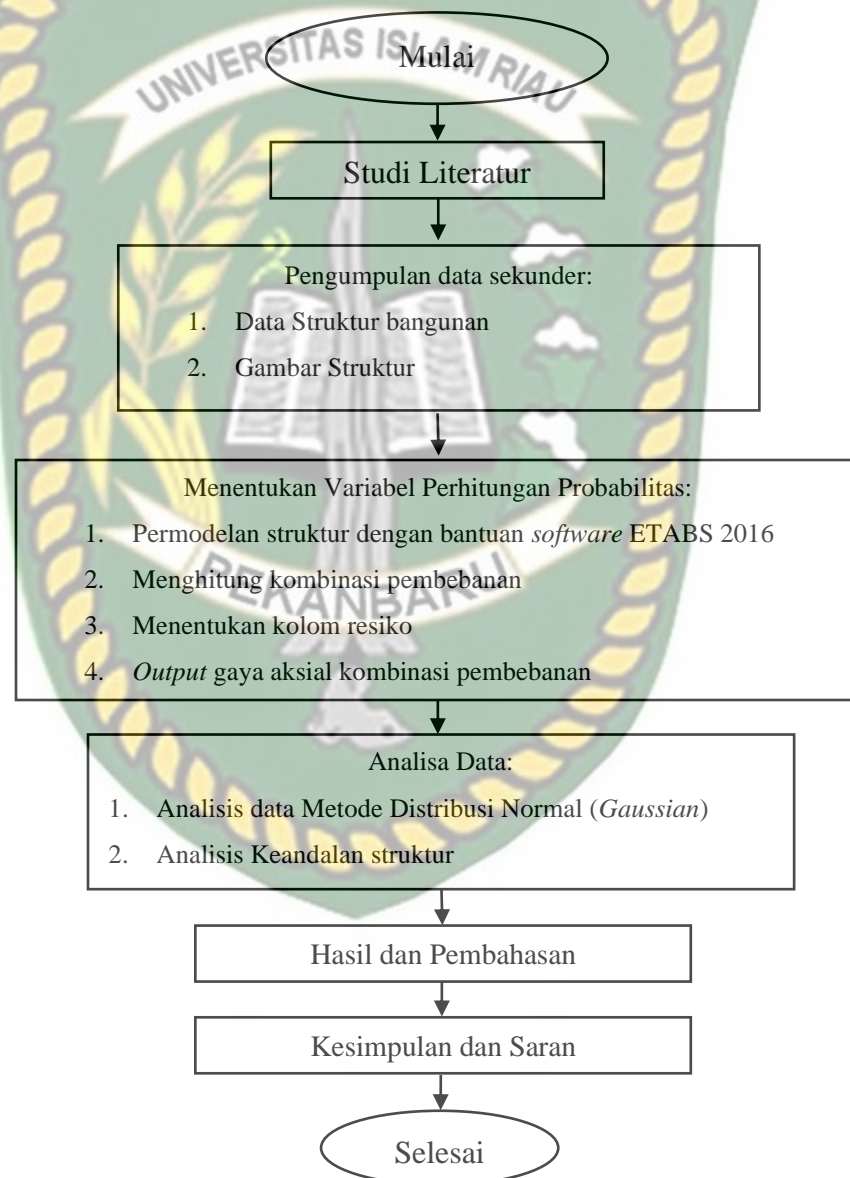
4.4.4 Hasil Analisis

Dari perhitungan probabilitas menggunakan metode distribusi normal maka akan didapat hasil analisis berupa nilai besarnya probabilitas kegagalan struktur kolom pendek berdasarkan masing-masing beban serta keandalan struktur kolom pendek dalam memikul masing-masing beban dari kombinasi pembebanan.

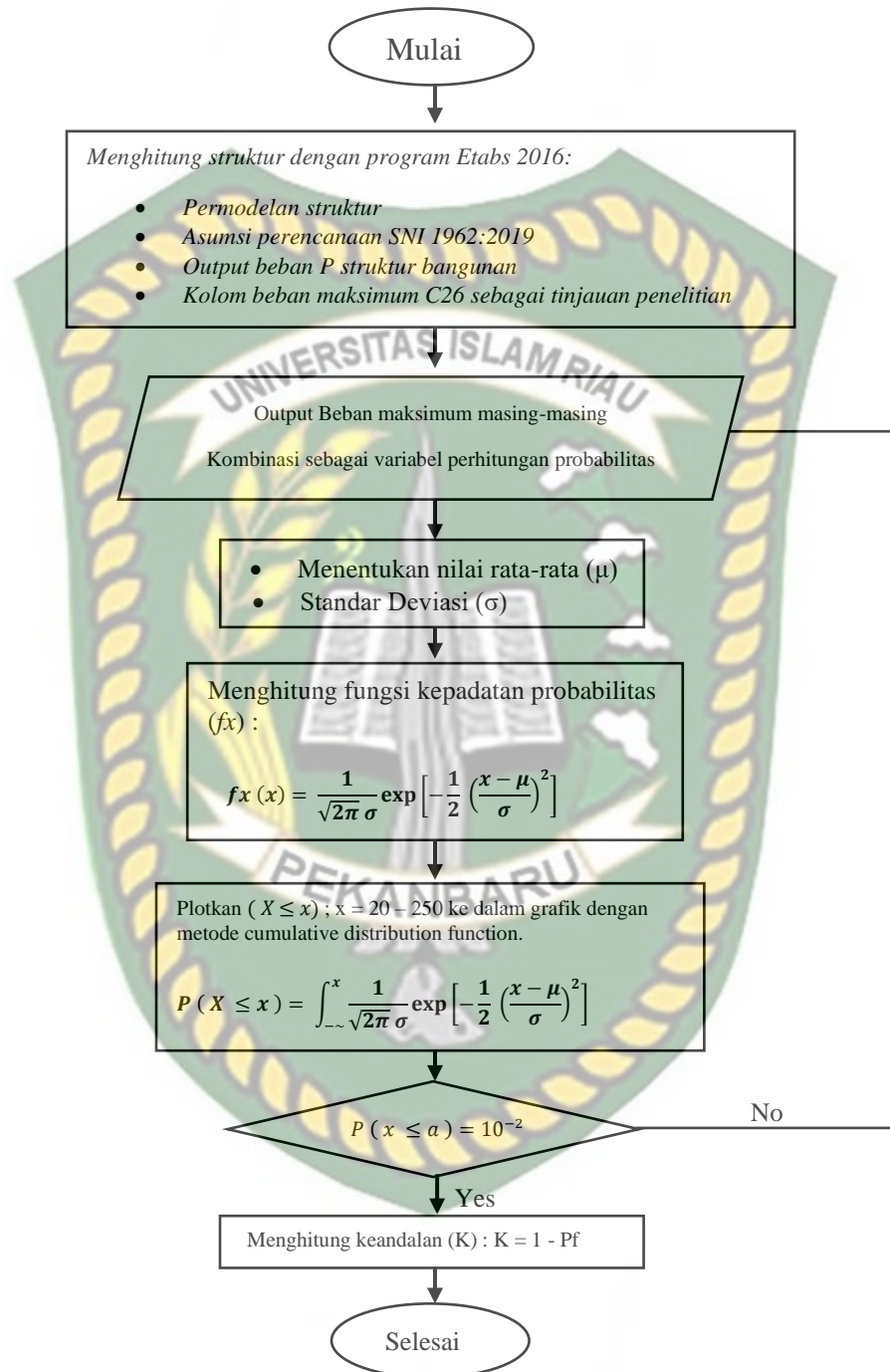
4.4.5 Kesimpulan

Kesimpulan merupakan tahap akhir penelitian dari hasil Analisa dan pembahasan yang dilakuakn sehingga dapat menjawab rumusan masalah.

Pada penyusunan penelitian ini, penulis menyajikan diagram alir penelitian. Adapun uraian penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan uraian pembahasan hasil perhitungan probabilitas dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.4 Uraian Pelaksanaan Penelitian



Gambar 4.5 Uraian hasil analisis metode distribusi normal

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

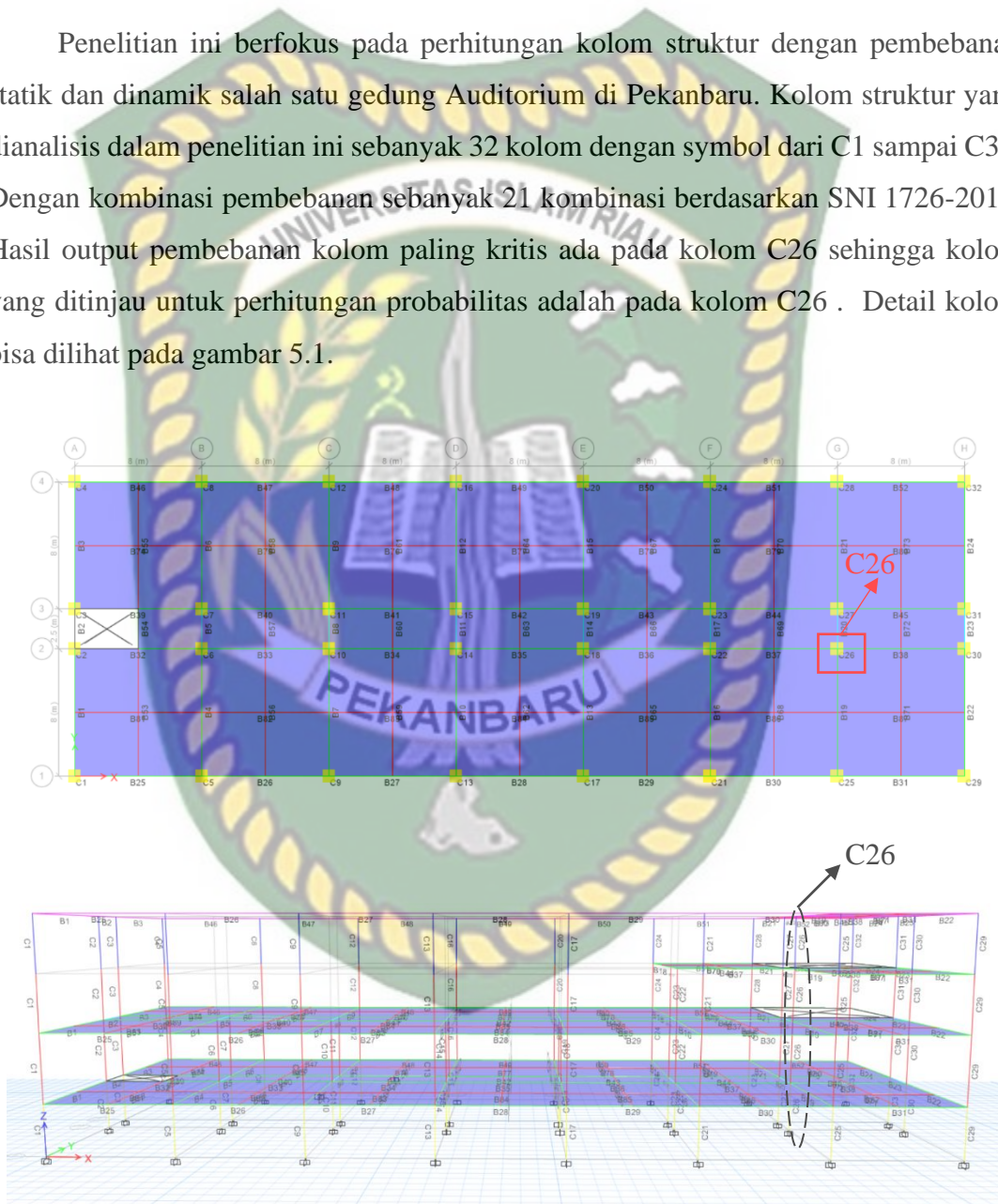
Perpustakaan Universitas Islam Riau

**ANALISIS STRUKTUR KOLOM PENEK DENGAN
PENDEKATAN PROBABILITAS MENGGUNAKAN KOMBINASI
PEMBEBANAN STATIK DAN DINAMIK**

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Deskripsi Struktur Gedung

Penelitian ini berfokus pada perhitungan kolom struktur dengan pembebanan statik dan dinamik salah satu gedung Auditorium di Pekanbaru. Kolom struktur yang dianalisis dalam penelitian ini sebanyak 32 kolom dengan symbol dari C1 sampai C32. Dengan kombinasi pembebanan sebanyak 21 kombinasi berdasarkan SNI 1726-2019. Hasil output pembebanan kolom paling kritis ada pada kolom C26 sehingga kolom yang ditinjau untuk perhitungan probabilitas adalah pada kolom C26 . Detail kolom bisa dilihat pada gambar 5.1.



Gambar 5.1 Detail Kolom Struktur

Dari gambar di atas dapat kita lihat bahwa kolom yang paling banyak memikul beban adalah kolom pada C26 karena struktur bangunan arah kiri gedung untuk ruangan auditorium tidak memerlukan kolom agar bisa memiliki ruangan yang luas. Adapaun hasil Kombinasi pembebanan pada kolom C26 bisa dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Kombinasi pembebanan pada kolom struktur C26

Nama Kombinasi Pembebanan	Kombinasi Pembebanan SNI 1726-2019	Beban Aksial (P) (Max) (ton)
1.1	1.4 D + 1.4 SIDL	171,04348
2.1	1.2 D + 1.2 L + 1.6 SIDL	221,66228
2.2	1.2 D + 1.2 L + 1.6 SIDL + 0.5 Lroof	221,66228
3.1	1.2 D + 1 L + 1.2 SIDL	193,51719
3.2	1.2 D + 1 L + 1.2 SIDL + 1.6 Lroof	193,51719
5.1	1.311 D + 1 L + 1.311 SIDL + 0.39 Spec Ex + 1.31 Spec Ey	23,44724
5.2	1.311 D + 1 L + 1.311 SIDL + 0.39 Spec Ex - 1.31 Spec Ey	23,44724
5.3	1.311 D + 1 L + 1.311 SIDL - 0.39 Spec Ex + 1.31 Spec Ey	23,44724
5.4	1.311 D + 1 L + 1.311 SIDL - 0.39 Spec Ex - 1.31 Spec Ey	23,44724
5.5	1.311 D + 1 L + 1.311 SIDL + 1.3 Spec Ex + 0.39 Spec Ey	140,91338
5.6	1.311 D + 1 L + 1.311 SIDL - 1.3 Spec Ex + 0.39 Spec Ey	140,91338
5.7	1.311 D + 1 L + 1.311 SIDL + 1.3 Spec Ex - 0.39 Spec Ey	140,91338
5.8	1.311 D + 1 L + 1.311 SIDL - 1.3 Spec Ex - 0.39 Spec Ey	140,91338
7.1	0.789 D + 0.789 SIDL + 0.39 Spec Ex + 1.3 Spec Ey	85,86318

Tabel 5.1 Hasil Kombinasi Pembebanan Pada Kolom Struktur (Lanjutan)

Nama Kombinasi Pembebanan	Kombinasi Pembebanan SNI 1726-2019	Beban Aksial (P) (Max) (ton)
7.2	0.789 D + 0.789 SIDL + 0.39 Spec Ex - 1.3 Spec Ey	85,86318
7.3	0.789 D + 0.789 SIDL - 0.39 Spec Ex + 1.3 Spec Ey	85,86318
7.4	0.789 D + 0.789 SIDL - 0.39 Spec Ex - 1.3 Spec Ey	85,86318
7.5	0.789 D + 0.789 SIDL + 1.3 Spec Ex + 0.39 Spec Ey	30,2301
7.6	0.789 D + 0.789 SIDL - 1.3 Spec Ex + 0.39 Spec Ey	30,2301
7.7	0.789 D + 0.789 SIDL + 1.3 Spec Ex - 0.39 Spec Ey	30,2301
7.8	0.789 D + 0.789 SIDL - 1.3 Spec Ex - 0.39 Spec Ey	30,2301

Dari kombinasi pembebanan diatas didapat beban yang paling kecil sebesar 23,45 ton dan beban yang paling besar 221,66 ton. Sehingga besarnya beban masing-masing kombinasi adalah variabel yang dipakai untuk perhitungan probabilitas

5.2 Menentukan Nilai Rata-Rata (μ)

Nilai rata-rata adalah sebuah nilai pada suatu bilangan yang mewakili sekumpulan data. Nilai rata-rata bisa di hitung dengan cara yaitu jumlah nilai data dibagi dengan banyak data. Dari 21 kombinasi pembebanan pada kolom C26 di dapat nilai rata-rata sebesar 101,11 ton. untuk detail perhitungannya terdapat pada lampiran A9.

$$\bar{X} \text{ data} = \frac{\sum_{i=1}^{21} x_i}{21}$$

$$\bar{X} \text{ data} = \frac{171 + 221.6 + 221.6 + 193.5 + 193.5 + 23.4 + 23.4 + 23.4 + 23.4 + 140.9 + 140.9 + 140.9 + 140.9 + 85.9 + 85.9 + 85.9 + 85.9 + 30.2 + 30.2 + 30.2}{21}$$

$$\bar{X} \text{ data} = \frac{2123.2}{21}$$

$$\bar{X} \text{ data} \approx \mu = 101.11 \text{ ton}$$

5.3 Menentukan Nilai Standar Deviasi (σ)

Standar deviasi (σ) adalah nilai statistika yang digunakan untuk menentukan bagaimana pesebaran data dalam suatu sampel dan melihat seberapa dekat data-data tersebut dengan *mean* atau rata-rata dari sampel tersebut. Dari hasil perhitungan yaitu dengan rumus akar dari varian data maka di dapat standar deviasi sebesar 71,6. untuk lebih lengkapnya perhitungan terdapat pada lampiran A9.

$$\begin{aligned} \text{var data} &= \left(\frac{1}{n-1} \right) \sum_{i=1}^{25} (x_i - \bar{X} \text{ data})^2 \\ &= \left(\frac{1}{21-1} \right) \left(\begin{aligned} &(171 - 101.11)^2 + (221.6 - 101.11)^2 + (221.6 - 101.11)^2 + \\ &(193.5 - 101.11)^2 + (193.5 - 101.11)^2 + (23.4 - 101.11)^2 + \\ &(23.4 - 101.11)^2 + (23.4 - 101.11)^2 + (23.4 - 101.11)^2 + \\ &(140.9 - 101.11)^2 + (140.9 - 101.11)^2 + (140.9 - 101.11)^2 + \\ &(85.9 - 101.11)^2 + (85.9 - 101.11)^2 + (85.9 - 101.11)^2 + \\ &(85.9 - 101.11)^2 + (30.2 - 101.11)^2 + (30.2 - 101.11)^2 + \\ &(30.2 - 101.11)^2 + (30.2 - 101.11)^2 \end{aligned} \right) \\ &= \left(\frac{1}{20} \right) (102523.53) \end{aligned}$$

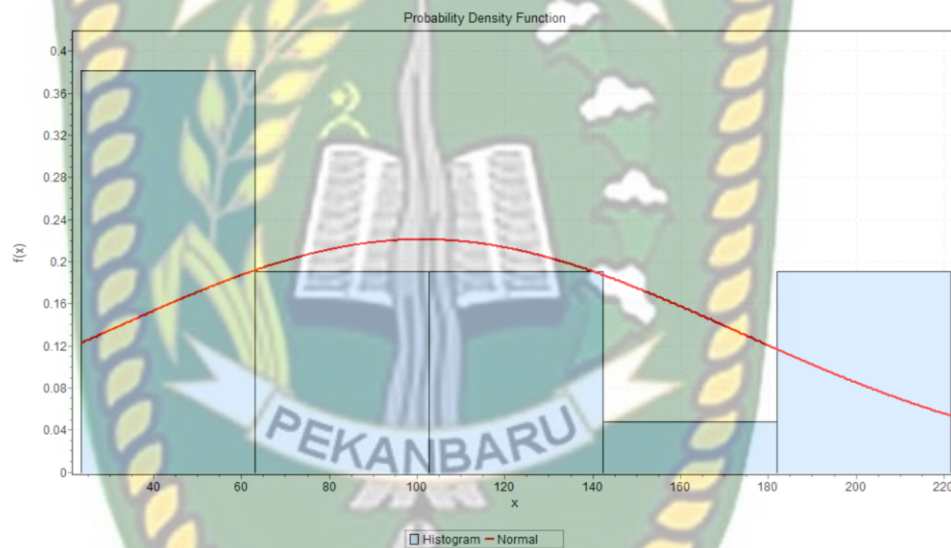
$$\text{var data} = 5216.18$$

$$\sigma \text{ data} = \sqrt{\text{var data}} = \sqrt{5216.18} = 71.6$$

$$\sigma \text{ data} = \sigma = 71.6$$

5.4 Menghitung Fungsi Kepadatan Probabilitas ($f(x)$)

Fungsi kepadatan probabilitas atau *probability density function* (PDF) menyatakan nilai probabilitas dari setiap kejadian X dan dituliskan dengan $f(x)$. Beban diurutkan dari yang terkecil sampai yang terbesar yaitu 23.4, 30.2, 85.9, 140.9, 171, 193.5, 221.7 ton. Adapun fungsi kepadatan probabilitas dari masing-masing beban adalah 0.0031, 0.0034, 0.0054, 0.0048, 0.0035, 0.0024, 0.0014. Untuk perhitungan lebih lengkapnya terdapat pada lampiran A10. Grafik dari *Probability Density Function* (PDF) bisa dilihat pada gambar 5.2.



Gambar 5.2 *Probability Density Function* (PDF)

(Sumber: *Software Easyfit 5.5 Professional*)

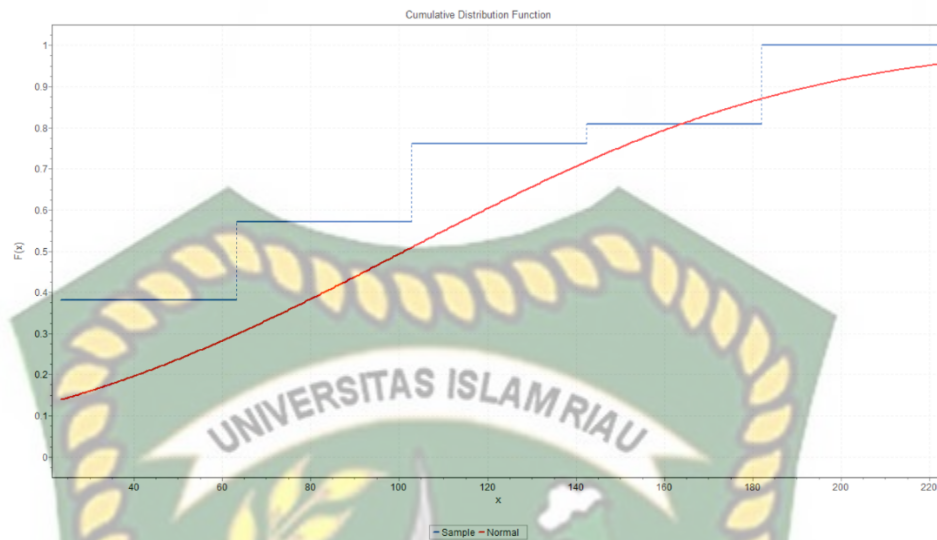
Pada grafik histogram data diatas adalah hubungan antara fungsi kepadatan probabilitas ($f(x)$) dengan x data. Di mana garis merah menunjukkan sebaran data x terhadap $f(x)$.

5.5 Perhitungan Probabilitas Dengan *Comulative Distribution Function*

Probabilitas dihitung dengan metode *Comulative distribution Function* dimana nilai pembebanan di ambil dari nilai 20 – 250 dengan interval 40. Sehingga probabilitas kegagalan struktur di hitung mulai dari 20, 60, 100, 140, 180, 220. Berikut hasil probabilitas dari masing-masing beban:

- $P = (x \leq 20) = 13.6 \%$
- $P = (x \leq 60) = 27.4 \%$
- $P = (x \leq 100) = 50.0 \%$
- $P = (x \leq 140) = 69.1 \%$
- $P = (x \leq 180) = 86.4 \%$
- $P = (x \leq 220) = 95.5 \%$

Dari hasil diatas dapat diambil kesimpulan bahwasanya semakin besar beban maka semakin besar pulak probabilitas kegagalan struktur kolom C26 mengalami kegagalan. Dan untuk perencanaan struktur dengan beban gempa yaitu 10^{-2} beban yang direncanakan ialah sebesar ≤ 65.72 ton. Sehingga bebang yang di gunakan sebagai perancangan desain adalah $P = (x \leq 60) = 27.4\%$ dengan interprestari 27.4% struktur akan mengalami kegagalan jika direncanakan dengan beban tersebut. Untuk perhitungan lebih detail terdapat pada lampiran A12. Grafik dari *Comulative distribution Function* bisa dilihat pada gambar 5.3.



Gambar 5.3 *Cumulative distribution Function*

(Sumber: *Software Easyfit 5.5 Professional*)

Fungsi kepadatan komulatif atau (*Cumulative Density Function*) adalah fungsi yang menjumlahkan nilai kemungkinan sampai suatu kejadian tertentu. Dari grafik diatas menunjukkan hubungan f_x dengan beban P , di dapat kesimpulan bahwa semakin besar beban maka semakin besar pula keandalan struktur kolom pendek C26.

5.6 Perhitungan Keandalan Masing-Masing Kombinasi Pembebanan

Keandalan (*reability*) struktur pada kolom C26 dapat dihitung menggunakan rumus $K = 1 - Pf$. dimana nilai pf adalah nilai probabilitas yang telah di hitung pada pembahasan sebelumnya. Maka jika di masukkan ke dalam rumus dengan masing-masing beban sebesar 20, 60, 100, 140, 180, 220, maka nilai keandalan yang didapat setelah melakukan perhitungan adalah 86.4 %, 72.6 %, 50%, 30.9%, 13.6%, 4.5 %.

Adapun untuk Perhitungan lebih detailnya terdapat pada lampiran A16. Untuk hasil hasil dari perbandingan antara probabilitas dan keandalan bisa dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 Perbandingan Probabilitas dengan Realibility

No	Beban P (ton)	Probabilitas (Pf)	Probabilitas (Pf) (%)	Realibility (K)	Realibility (K) (%)
1	≤ 20	0.135666	13.5666	0.864334	86.4334
2	≤ 60	0.274235	27.4235	0.725747	72.5747
3	≤ 100	0.500000	50.0000	0.500000	50
4	≤ 140	0.691463	69.1463	0.308537	30.8537
5	≤ 180	0.864334	86.4334	0.135666	13.5666
6	≤ 220	0.955435	95.5435	0.044565	4.4565

Dari tabel diatas diketahui bahwa probabilitas pada beban maksimum 220 ton sebesar 95,54% maka struktur kolom pendek akan mengalami keruntuhan bangunan sehingga perlu dilakukan perkuatan pada struktur kolom tersebut. Namun, jika perencanaan bangunan dengan beban sebesar ≤ 60 ton maka struktur kolom pendek masih cukup kuat memikul beban dengan *probability of failure* sebesar 27,42%.

5.7 Menentukan Nilai Batas Resiko

Menentukan struktur dengan beban gempa $P(x \leq a) = 10^{-2}$

$$P(x \leq a) = 0,01$$

$$\int_{-\infty}^c \frac{1}{2\pi} \exp\left(-\frac{1}{2} \cdot y^2\right) dy = 0,01$$

$$\frac{a - \mu}{\sigma} = \Phi^{-1}(0,01)$$

$$\frac{a - \mu}{\sigma} = -\Phi^{-1}(0,99)$$

$$\frac{a - 101.11}{71.6} = -2,33$$

$$a = 101.11 - (2,33 \times 71.6)$$

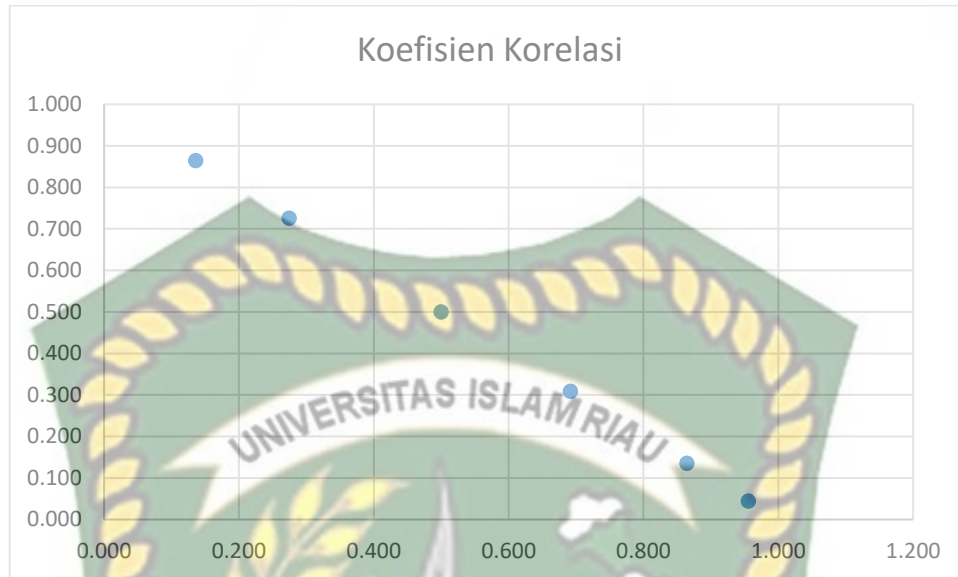
$$a = 65,72 \text{ ton}$$

Dari perhitungan diatas di dapat bahwa nilai $a = 65,72$ ton artinya jika gedung di beri beban sebesar $65,72$ ton sebanyak 100 kali maka struktur hanya akan mengalami keruntuhan sebanyak 1 kali. Maka kesimpulannya, beban yang dapat di pakai sebagai beban perencanaan ≤ 60 ton dengan probabilitas keruntuhan sebesar 27,42% serta keandalan sebesar 72,57%.

5.8 Analisa Kolerasi (r) dan Regresi Linier

a) Analisa Kolerasi (r)

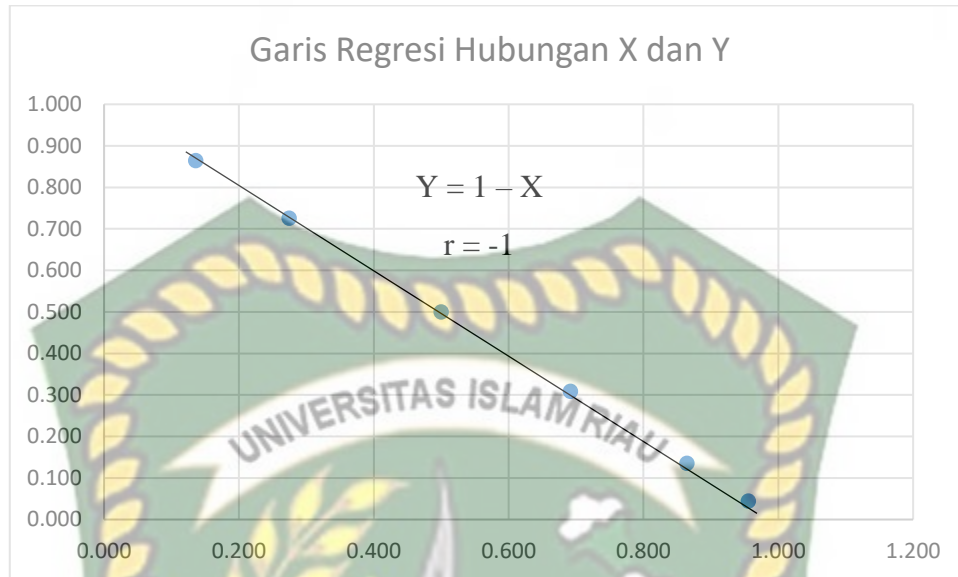
Analisa kolerasi (r) adalah bilangan yang menyatakan kekuatan hubungan antar variabel ataupun arah hubungan dari variabel-variabel. Nilai r bergerak dari -1 sampai +1, kekuatan hubungan diketahui dari nilai angka, sedangkan arah dinyatakan dalam bentuk positif (+) atau negatif (-). Koefisien korelasi nilainya $-1 \leq r \leq 1$ sebagai tanda menunjukkan arah hubungan. Pada penelitian ini korelasi antara hubungan probabilitas ialah $r = -1$ bisa dilihat pada Gambar 5.4, dan untuk perhitungan detailnya bisa dilihat pada lampiran A17.



Gambar 5.4 Korelasi Probabilitas dan Keandalan

b) Regresi Linier

Hasil analisis regresi linier adalah berupa koefisien regresi untuk masing-masing variabel *independent*. Koefisien ini diperoleh dengan cara memprediksi nilai variabel *dependen* dengan satu persamaan. Untuk hasil perhitungan regresi linier bisa dilihat pada **Gambar 5.5**.



Gambar 5.5 Regresi Linier Hubungan Probabilitas dan Keandalan

Dari garis regresi linier probabilitas dan keandalan diatas terlihat bahwa hubungan linier keduanya sangat erat dimana variabel terikat dengan seluruh variabel bebas secara bersama-sama.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

**ANALISIS STRUKTUR KOLOM PENEK DENGAN
PENDEKATAN PROBABILITAS MENGGUNAKAN KOMBINASI
PEMBEBANAN STATIK DAN DINAMIK**

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Pada kondisi pembebanan statik dan dinamik sebanyak 21 kombinasi pembebanan, kolom pendek C26 akan mengalami keruntuhan pada beban aksial maksimum, sehingga jika ingin memakai beban maksimum maka perlu perkuatan pada struktur kolom pendek. Nilai probabilitas dari beban terkecil 20 ton sebesar 13,6% dan terbesar 220 ton sebesar 95,5%. berdasarkan perhitungan beban gempa 10^{-2} beban yang dapat di terima oleh gedung adalah $a = 65,72$ ton, maka pada perencanaan beban yang di pakai ialah ≤ 60 dimana probabilitas keruntuhan strukturnya sebesar 27,42% dan keandalan struktur kolom sebesar 72,57% .
2. Keandalan (*Reliability*) pada struktur kolom C26 sangat erat hubungannya dengan probabilitas keruntuhan bangunan, dimana keandalan struktur kolom tergantung berapa besarnya probabilitas yang terjadi pada struktur, semakin besar probabilitas keruntuhannya maka keandalan struktur tersebut semakin kecil. Begitupun sebaliknya, semakin kecil probabilitas keruntuhan struktur semakin besar keandalan pada struktur kolom tersebut. Adapun nilai keandalan dari beban terkecil 20 ton ialah 86,4% dan beban terbesar 220 ton sebesar 4,46%.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan hasil dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Supaya tidak terjadi kegagalan pada struktur kolom pendek maka beban yang bekerja diusahakan untuk tidak melebihi beban yang direncanakan.
2. Jika beban yang direncanakan lebih besar dari beban yang bekerja maka sebaiknya dilakukan perkuatan pada struktur.

3. Dapat dilakukan studi lanjutan dengan menghitung Probabilitas tegangan atau regangan pada struktur bangunan. Serta dengan menggunakan metode Distribusi Log Normal atau metode lainnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Amatulhay Pribadi. (2018). *Evaluasi Pembebanan Jembatan Box Girder Beton Prategang dengan Pendekatan Probabilitas Menggunakan Hasil Pengukuran Beban Kendaraan Bergerak*. 4(2).
- Ang, A. H-S., Tang, W. H., *Probability Concepts in Engineering Planning and Design, Volume II : Decision, Risk and Reliability*, John Wiley and Sons, New York, 1994.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung*. SNI 03-1726-2012.
- Dan, K., & Pondasi, P. (2015). Jurnal rekayasa infrastruktur issn : 2460-335x keandalan komponen struktur kolom gedung dengan kerusakan dan penurunan pondasi.
- Dymiotis, C. 2001. *Reliability Based Code Calibration for Earthquake-Resistant Design*. Edinburgh. JCSS Workshop on Reliability Based Code Calibration.
- Hines, Willam W and Montgomery Douglas C., "Probabilita dan Statistik dalam Ilmu Rekayasa dan Manajemen", Edisi kedua, Penerjemah Rudiansyah, pendamping Alder Haymans Marpaung, UI- PRESS,1990.
- Kapur,K.C. dan Lamberson L.R., "Reliability in Engineering Design", John Wiley And Sons,Inc.Canada,1977

- Kurniawan, M. (2019). Optimasi Struktur Rangka Batang Menggunakan Metode Algoritma Genetika Dengan Kendala Tegangan Dan Probabilitas Kegagalan. *Jurnal Saindis*, 19(1), 15–23. [https://doi.org/10.25299/saindis.2019.vol19\(1\).3043](https://doi.org/10.25299/saindis.2019.vol19(1).3043)
- Nugraha, W. (2015). Tesis: Evaluasi Pembebanan Jembatan dengan Pendekatan Probabilitas menggunakan Hasil Pengukuran Beban Kendaraan Bergerak / WIM (Weigh-In-Motion). Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Purwono Rahmat, Prof. Ir Msc. (2005). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Jakarta
- Sidi, I. D. (2017). Keandalan Menara Televisi Rangka Baja Akibat Beban Gempa. *Jurnal Teknik Sipil*, 24(3), 223–228. <https://doi.org/10.5614/jts.2017.24.3.5>
- Soelarso, Baehaki, & Subhan, F. D. (2015). Analisis Struktur Beton Bertulang SPRMK terhadap Beban Gempa Statik dan Dinamik dengan Peraturan SNI 1726: 2012. *Jurnal Fondasi*, 4 Nomor 2, 1–7.
- Wantalangie, R. O. F., Pangouw, J., & Windah, R. (2016). Analisa Statik dan Dinamik Gedung Bertingkat Banyak Akibat Gempa berdasarkan SNI 1726-2012 dengan Variasi Jumlah Tingkat. *Jurnal Sipil Statik*, 4 No. 8(8), 471–480.
- Puskim. (2016, 22 Juli). *Desain Spektra Indonesia 2011*. Diperoleh 22 Juli, dari http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/