

**ANALISA GEMPA DINAMIK PADA GEDUNG BERLANTAI
DENGAN PENDEKATAN METHODODA DERET
FOURIER SERIES**

Tesis

**untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Magister**

Program Studi Magister Teknik Sipil



BENNY PASAMBUNA
0052.09.02.2010

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS MUSLIM INDONESIA
MAKASSAR
2020**

Tesis

**ANALISA GEMPA DINAMIK PADA GEDUNG BERLANTAI
DENGAN PENDEKATAN METHODA DERET
FOURIER SERIES**

BENNY PASAMBUNA

0052.09.02.2010

telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji
pada tanggal **11 Juni 2020**
dan telah diperbaiki

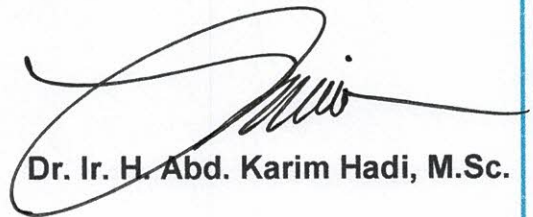


Ketua,

Anggota,



Dr. Ir. H. Hanafi Ashad, MT.



Dr. Ir. H. Abd. Karim Hadi, M.Sc.

Makassar,
Program Studi Magister Teknik Sipil
Ketua,



Dr. Ir. Ratna Musa, MT.

**ANALISA GEMPA DINAMIK PADA GEDUNG BERLANTAI
DENGAN PENDEKATAN METHODODA DERET
FOURIER SERIES**

BENNY PASAMBUNA

0052.09.02.2010

telah diujikan pada tanggal **11 Juni 2020**
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

Ketua


Dr. Ir. Ratna Musa, MT.


Dr. Ir. H. Abd. Karim Hadi, M.Sc.


Dr. Ir. H. Hanafi Ashad, MT.

Dr. Ir. H. Winarno Arifin, M.Sc.


Dr. Ir. Ali Mallombasi, MT.

26 JUN 2020

Makassar,
Program Pascasarjana UMI
Direktur


Prof. Dr. Baharuddin Semmaila

ABSTRAK

ANALISIS GEMPA DINAMIK PADA GEDUNG BERLANTAI DENGAN PENDEKATAN METHODA DERET FOURIER SERIES

Benny Pasambuna⁽¹⁾, Hanafi Ashad⁽²⁾, Abdul Karim Hadi⁽³⁾

- 1). Mahasiswa Program Magister Teknik Sipil Pps Umi
- 2). Dosen Program Magister Teknik Sipil Pps Umi
- 3). Dosen Program Magister Teknik Sipil Pps Umi

Secara umum Analisa Gempa Dinamik Pada Gedung Berlantai Dengan Pendekatan Methoda Deret Fourier Series dapat dijumpai pada beberapa macam analisa gempa dinamik, salah satu adalah perilaku struktur pada gedung berlantai, ditinjau dari segi pembebanan gempa dan memerlukan beberapa transformasi tahapan yang sangat signifikan dengan penganalisaan struktur gedung berlantai satu. Model fisik dapat dilihat secara visual sehingga memudahkan dalam menuangkan ekspresi matematika atas suatu keseimbangan. Model matematika ini diperlukan pada problem dinamik. Permodelan dinamik merupakan suatu hal yang untuk dan berbeda dengan pemodelan beban statik. Dinamik artinya adalah berubah-ubah menurut fungsi dari waktu, oleh karena itu struktur yang dibebani dengan beban# dinamik akan mempunyai respon yang berubah-ubah menurut waktu. Hal ini harus dimodel secara fisik maupun matematik. Untuk lebih mengarahkan kepada pemodelan peristiwa dinamik maka diambil suatu struktur bangunan 1-tingkat, pada struktur tersebut portal bangunan satu lantai dibebani dengan beban terbagi rata dan beban dinamik misalnya beban titik dengan simbol $q(t/m)$ yang artinya intensitas beban akan berubah-ubah. Metoda respons spektrum masih mempunyai keterbatasan yaitu beban gempa yang dipakai tidak spesifik karena menggunakan respon spektrum. Respon spektrum itu sendiri dibuat berdasarkan banyak rekaman gempa sehingga respon spektrum disain tidak mencerminkan salah satu gempa yang spesifik. Apabila dikehendaki simpangan horizontal struktur yang sangat besar bahkan secara matematis dapat bernilai tak terhingga. Tujuan dari penulisan ini adalah: 1. Mengetahui reaksi-reaksi yang timbul pada gedung berlantai apabila ditinjau dari segi statika, jepit (fixed), Akibat pemberian gaya luar gempa dinamik. 2. Mengetahui perbedaan karakteristik bangunan berlantai satu menurut aksi strukturalnya. 3. Menganalisa karakteristik bangunan berlantai satu yang memikul beban gempa pada satu arah bentang yaitu bentang pendek. Hasil dari penulisan ini menunjukkan bahwa Analisa Gempa Dinamik Pada Gedung Berlantai Satu Dengan Pendekatan Methoda Deret Fourier Series adalah sebagai berikut: Respon pada struktur dengan redaman (damped) memperlihatkan grafik periodik getar yang besar dan pendek. Respon pada struktur tanpa redaman (undamped) memperlihatkan grafik periodik getar yang kecil dan panjang.

Kata kunci : Deret Fourier Series, Dinamik, Gempa

ABSTRACT

ANALYSIS OF EARTHQUAKE DYNAMIC TO THE SINGLE STOREY BUILDING WITH THE APPROACH OF FOURIER SERIES METHOD

Benny Pasambuna⁽¹⁾, Hanafi Ashad⁽²⁾, Abdul Karim Hadi⁽³⁾

(1) Student of Postgraduate Civil Engineering Master Program Umi

(2) Lecturer of Postgraduate Civil Engineering Master Program Umi

(3) Lecturer of Postgraduate Civil Engineering Master Program Umi

(4)

In general, Dynamic Earthquake Analysis in a Single Storey Building Using the Fourier Series Method Approach can be found in some types of dynamic earthquake analysis, one of which is the structural behavior of the level building, in terms of earthquake loading and requires some very significant stage transformation with analyzing the structure of the single storey building. The physical models can be seen visually making it easier to pour mathematical expressions of a balance. This mathematical model is needed in dynamic problems. Dynamic modeling is a thing that and different from static load modeling. Dynamic means that it changes according to the function of time, therefore a structure that is burdened with dynamic loads will have a response that changes according the time. It must be physically and mathematically modeled. To further lead to the modeling of dynamic events then a 1-level building structure is taken, on these structures one-story building portals are loaded with evenly distributed loads and dynamic loads such as point loads with the symbol $q(t/m)$ which means the load intensity will change- The spectrum response method still has limitations of the earthquake load used is not specific because it uses spectrum response. The spectrum response itself is based on many earthquake recordings so that the response spectrum of the design does not reflect one specific earthquake. When required horizontal deviations of very large structures can even mathematically can be of infinite value. The purpose of this paper is: 1. to know the reactions that appear on the floor of the building when viewed in terms of static, clamp (fixed), due to the application of dynamic forces outside the earthquake. 2. Know the differences in the characteristics of the single storey building according to structural action. 3. Analyzing the characteristics of the single storey building that assume the earthquake burden in one direction is short span. The results of this study show that the Analysis of Dynamic Earthquakes in the One-Storey Building with the Fourier Series Method Approach is as follows: Responses to the structures with damping (damped) show the periodic chart of the big and short vibration. Responses to the structures without damping (undamped) show the periodic chart of small and long vibration.

Keywords: Fourier Series, Dynamic, Earthquake

KATA PENGANTAR

Assalamu alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Dengan memanjatkan puji dan syukur yang setinggi-tingginya kehadirat Allah SWT. Atas berkat dan rahmat yang dikaruniaNya, sehingga Penulis memperoleh kesehatan dan kekuatan lahir batin dalam penyelesaian tesis dengan judul : **Analisa Gempa Dinamik Pada Gedung Berlantai Dengan Pendekatan Deret Fourier Series**. Dalam menyelesaikan proporsal tesis ini penulis banyak menemukan berbagai kesulitan, namun berkat dorongan dan bantuan dari berbagai pihak sehingga apa yang penulis harapkan dapat terwujud. Oleh karena itu dengan penuh kerendahan hati Penulis menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya dan ucapan terima kasih kepada keluarga, Sahabat, dan seluruh Civitas Akademika Pasca Sarjana Univesitas Muslim Indonesia yang telah turut memberikan bantuan baik moril maupun materil.

Ucapan ini kami tujukan terutama kepada :

1. Ibu DR.Ir. Ratna Musa. MT selaku ketua program Pasca Sarjana Teknik Sipil Universitas Muslim Indonesia
2. Bapak DR Ir.H.Hanafi Ashad MT dan Bapak DR Ir. H.Abdul Karim Hadi.Msc Selaku Komisi pembimbing dan Anggota Komisi pembimbing dalam penyelesaain Proporsal ini, yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan penulis,
3. Staf dosen pengasuh serta staf tata usaha pada program pasca sarjana Teknik Sipil Universitas Muslim Indonesia atas segala bantuan pada Penulis.
4. Isteri yang tercinta dan seluruh keluarga yang telah banyak memberikan dorongan moril maupun materil, serta do'a yang tulus kepada Penulis dalam penyelesaian studi dan juga dalam penulisan terutama Proporsal ini.

semoga Allah SWT.Membalas budi baik yang telah diberikan kepada Penulis selama ini serta memohon perlindungan-Nya kepada kita semua. Amin

Makassar, Juni 2020

PENULIS

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN TESIS.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Manfaat Penelitian.....	5
E. Batasan Masalah.....	5
F. Metoda Penulisan	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Teori dan Konsep.....	6
A.1. Pengertian Analisa.....	8

A.2. Pengertian Deret Fourier Dengan Periode $T = 2\pi$	15
A.3. Rumus Fourier dan Koefisien Fourier.....	16
A.4. Langkah Pertama Menentukan a_0	16
A.5. Langkah Kedua Menentukan a_n	17
A.6. Langkah Ketiga Menentukan b_n	18
A.7. Ekspansi Deret Fourier.....	19
A.8. Menentukan Koefisien Deret Fourier.....	20
A.9. Deret Fourier Periode $T = 2L$	20
A.10. Konvergensi Deret Fourier.....	21
A.11. Pengertian Gempa Dinamik.....	24
A.12. Kinerja Struktur.....	25
A.13. Respon Struktur SDOF dengan Metoda Numerik.....	26
B. Penulisan Terdahulu.....	33
C. Kerangka Pikir.....	36
D. Metoda Analisa Data.....	36

BAB III. METHODE PENULISAN

A. Pendekatan dan Jenis Penulisan.....	38
B. Pengelolaan Peran Sebagai Penulis.....	40
C. Sumber Data.....	41
D. Teknik Pengumpulan Data.....	43

BAB IV. APLIKASI METODA KECEPATAN KONSTAN DAN METODA DIRECT FOURIER

A. Aplikasi Dengan Metoda Kecepatan Konstan Pada Struktur SDOF Tanpa Redaman	44
A.1. Proses Hitungan Dinamik Struktur.....	44
B. Aplikasi dengan Metoda Direct Fourier Pada Struktur SDOF Tanpa Redaman.....	51
B.1. Langkah Pertama Menentukan a_0	51
B.2. Langkah Kedua Menentukan a_n	53
B.3. Langkah Ketiga Menentukan b_n	55
B.4. Penyelesaian Metoda Direct Fourier Pada Struktur SDOF Tanpa Redaman (Undamped).....	58
B.5. Penyelesaian Metoda Direct Fourier Pada Struktur SDOF Dengan Redaman (Damped).....	65

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN.....	73
B. SARAN – SARAN.....	77
DAFTAR PUSTAKA.....	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.(a), (b), Rambatan Energi Gelombang Gempa.....	7
Gambar 2.2. Percepatan Kecepatan dan simpangan Tanah Gempa El Centro.....	8
Gambar 2.3. Gaya Inersial pada Problem Dinamik.....	10
Gambar 2.4 macam – macam respon Dinamik.....	11
Gambar 2.5 grafik Fungsi $F(x) = \cos x$	14
Gambar 2.6 grafik Fungsi $F(x) = \sin x$	14
Gambar 2.7. Fungsi Periodik	15
Gambar 2.8. Fungsi $F(x)$ mempunyai titik Kontinju.....	22
Gambar 2.9. Grafik Fungsi $F(x) = \cos x$	28
Gambar 2.10. Contoh Grafik Fungsi Genap.....	29
Gambar 2.11. Fungsi Ganjil.....	32
Gambar 2.12. Kerangka Pikir Perhitungan Gempa Dinamik Dengan Metoda Deret Fourier Series	36
Gambar 4.1. Struktur SDOF.....	44
Gambar 4.2(a). Respon Struktur Dumped.....	50

Gambar 4.2(b) Respon Struktur Undumped.....	51
Gambar 4.3. Grafik Simpang y_0 Undumped.....	63
Gambar 4.4. Grafik Simpang y_1 Undumped.....	64
Gambar 4.5. Grafik Simpang y_{i+1} Undumped.....	65
Gambar 4.6. Pelat Beton Sederhana.....	67
Gambar 4.7. Grafik Simpang y_0 Dumped.....	70
Gambar 4.8. Grafik Simpang y_1 Dumped.....	71
Gambar 4.9. Grafik Simpang y_{i+1} Dumped.....	72
Gambar 5.1. Grafik Simpang y_0 Undumped.....	73
Gambar 5.2. Grafik Simpang y_1 Undumped	74
Gambar 5.3. Grafik Simpang y_{i+1} Undumped.....	74
Gambar 5.4. Grafik Simpang y_0 Dumped.....	75
Gambar 5.5. Grafik Simpang y_1 Dumped	75
Gambar 5.6. Grafik Simpang y_{i+1} Dumped.....	76

.

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penulisan Terdahulu	34
Tabel 3.1. Data Primer yang diperoleh Langsung dari contoh Kasus Persoalan Balok.....	41
Tabel 3.2. Data Sekunder yang diperoleh tidak Langsung melalui Penelitian Kepustakaan.....	42
Tabel 4.1. Respon Struktur SDOF dengan cara Numerik.....	48
Tabel 4.2. Respon Struktur SDOF dengan Cara Deret Fourier Series.....	58
Tabel 4.3. Perhitungan Simpangan y_0 Undumped dengan Metoda Deret Fourier Series.....	62
Tabel 4.4. Perhitungan Simpang y_1 dengan Deret Fourier. Series.....	63
Tabel 4.5. Perhitungan Simpang y_{i+1} dengan Deret Fourier Series.....	64
Tabel 4.6. Perhitungan Simpang y_0 dengan Redaman (Dumped).....	69
Tabel 4.7. Perhitungan Simpang y_1'' dengan Redaman (Dumped).....	70
Tabel 4.8. Perhitungan Simpang y_{i+1} dengan Redaman (Dumped).....	72
Tabel 5.1. Perhitungan Simpangan y_0 Undumped dengan Metoda Deret Fourier Series.....	73
Tabel 5.2. Perhitungan Simpang y_1 dengan Deret Fourier. Series.....	74
Tabel 5.3. Perhitungan Simpang y_{i+1} dengan Deret Fourier Series.....	74
Tabel 5.4. Perhitungan Simpang y_0 dengan Redaman (Dumped).....	74
Tabel 5.5. Perhitungan Simpang y_1'' dengan Redaman (Dumped).....	75

Tabel 5.6. Perhitungan Simpang y_{i+1} dengan Redaman (Dumped).....	76
---	----

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Gempa bumi adalah salah satu peristiwa alam yang dapat mengakibatkan suatu bencana. Dikatakan suatu peristiwa alam karena terjadiannya disebabkan oleh proses tektonik alamiah yang berlangsung sangat lama dan diyakini bukan akibat langsung dari perbuatan manusia. Kejadian alam seperti gempa bumi belum tentu mengakibatkan suatu bencana, apabila magnitudo gempa yang terjadi relatif kecil, apalagi kalau jarak epicenternya jauh dan fokus atau hiposenternya relatif dalam maka dampaknya terhadap kehidupan manusia sudah relatif kecil tidak sampai mengganggu. Namun demikian apabila sebaliknya gempa bumi dapat mengakibatkan bencana yang apabila dampak-dampak gempa bumi tersebut sudah mengganggu aktivitas normal suatu komunitas lokal, regional, maupun nasional.

Gerakan tanah akibat gempa bumi umumnya sangat random dan hanya terjadi beberapa detik sampai puluhan detik saja, walaupun kadang-kadang dapat terjadi lebih dari satu menit. Namun demikian gempa yang durasinya lebih satu menit ini sangat jarang terjadi karena sifat getarannya yang random dan tidak seperti beban statik pada umumnya maka efek beban gempa terhadap respon struktur tidaklah dapat diketahui dengan mudah . oleh karena itu diperlukan usaha-usaha penyederhanaan agar model analisis pengaruh gempa terhadap respon struktur dapat diperhitungkan oleh kebanyakan kebanyakan engineer.

Sistem – sistem beton dibentuk dari berbagai elemen struktur beton yang bila dipadukan menghasilkan suatu sistem menyeluruh. Salah satu elemen struktur yang terpenting adalah struktur portal dari bangunan bertingkat satu.

Yang dimaksud dengan struktur portal bertingkat satu yaitu struktur portal yang dibuat dari beton bertulang atau baja dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada struktur portal simetris tersebut. Ketinggian bidang portal simetris ini relatif sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidang portal simetris ini sangat kaku dan arahnya horizontal, sehingga pada bangunan gedung, portal simetris ini berfungsi sebagai diafragma/unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal simetris.

Dalam rangka memudahkan menyelesaikan masalah secara dinamik model matematika banyak dipakai salah satunya adalah methoda deret fourier series dimana dalam metoda deret fourier series tersebut menyatakan bahwa semua gaya – gaya dalam dan gaya luar yang terlibat dalam suatu keseimbangan yang ditinjau telah dimodel, maka ekspresi matematik atas keseimbangan yang bersangkutan dapat disusun dengan mudah dan benar apabila telah dilakukan pemodelan fisik secara lengkap dan betul.

Model fisik dapat dilihat secara visual sehingga memudahkan dalam menuangkan ekspresi matematika atas suatu keseimbangan. Model matematika ini diperlukan pada problem dinamik. Permodelan dinamik merupakan suatu hal yang unik dan berbeda dengan pemodelan beban statik. Dinamik artinya adalah berubah-ubah menurut fungsi dari waktu, oleh karena itu struktur yang dibebani dengan beban dinamik akan mempunyai respon yang berubah-ubah menurut waktu. Hal ini harus dimodel secara fisik maupun matematik. Untuk lebih mengarahkan kepada pemodelan peristiwa dinamik maka diambil suatu struktur bangunan 1-tingkat, pada struktur tersebut portal bangunan satu lantai dibebani dengan beban terbagi rata dan beban dinamik misalnya beban titik dengan simbol $q(t/m)$ yang artinya intensitas beban q akan berubah-

Disamping beban dinamik maka portal juga menahan beban gravitasi misalnya dengan intensitas beban q t/m'. Apabila bentang balok sepanjang L maka berat beban W dapat dihitung dengan mudah. Pada problem dinamik, beban gravitasi dimodel sebagai suatu massa m , yan mana massa m dapat dihitung menurut,

$$m = W/g, \dots\dots\dots (1.1)$$

yang mana W adalah berat beban gravitasi dan g adalah percepatan gravitasi

dua parameter yang perlu diperhatikan yaitu massa bangunan dan kekakuan kolom, semakin kaku kolom maka goyangan semakin kecil dan sebaliknya. Kolom yang memegang peranan penting pada proses goyangan umumnya mempunyai kekakuan. Kekakuan kolom merupakan fungsi langsung dari sistem pengekangan (jepit atau sendi), modulus elastik dan momen inersia berbanding terbalik dengan panjang kolom. Pada problem dinamik, kekakuan kolom dimodel secara mekanik (model mekanik/mechanical model) yang direpresentasikan oleh pegas elastik dengan koefisien kekakuan tertentu.

Metoda respons spektrum masih mempunyai keterbatasan yaitu beban gempa yang dipakai tidak spesifik karena menggunakan respon spektrum. Respon spektrum itu sendiri dibuat berdasarkan banyak rekaman gempa sehingga respon spektrum disain tidak mencerminkan salah satu gempa yang spesifik. Apabila dikehendaki simpangan horizontal struktur yang sangat besar bahkan secara matematis dapat bernilai tak terhingga. Apabila demikian maka struktur akan mengalami kerusakan besar dan bahkan akan rubuh total.

ubah menurut waktu t . Apabila struktur dibebani degan beban dinamik $P(t)$ maka struktur akan bergoyang dengan simpangan horizontal yang berubah-ubah menurut

waktu pula yang misalnya diberi notasi $y(t)$. Pada sisi yang lain bergoyangnya struktur akan dikendalikan atau akan ditahan oleh kolom yang secara matematis direpresentasikan oleh kekuatan kolom.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dan hal tersebut diatas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Reaksi reaksi yang timbul pada gedung berlantai satu akibat pemberian gaya luar berupa gempa dinamik
2. Terdapat dua parameter penting yang perlu diperhatikan yaitu massa bangunan dan kekakuan kolom, secara sepintas akan mudah diketahui bahwa berapa besar perbedaan karakteristik bangunan berlantai satu menurut aksi strukturalnya.
3. Untuk dapat menganalisa karakteristik bangunan berlantai satu yang memikul beban gempa maka struktur tersebut diarahkan pada permodelan peristiwa dinamik .

C. Tujuan Penulisan

Sesuai dengan rumusan masalah di atas, maka tujuan dalam penulisan ini adalah :

1. Mengetahui reaksi - reaksi yang timbul pada gedung berlantai satu apabila ditinjau dari segi statika, jepit (fixed), Akibat pemberian gaya luar gempa dinamik.
2. Mengetahui perbedaan karakteristik bangunan berlantai satu menurut aksi strukturalnya.
3. Menganalisa karakteristik bangunan berlantai satu yang memikul beban gempa dinamik.

D. Manfaat Penulisan

Manfaat – manfaat yang diharapkan dari penulisan ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi peneliti, penelitian ini dapat menambah wawasan dalam pengembangan ilmu akademik dan pengetahuan dibidang ilmu struktur khususnya masalah tegangan.
2. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan kajian untuk menjadi masukan dan pembandingan bagi penelitian – penelitian lain yang serupa.

Adapun manfaat dari penelitian secara praktis adalah :

1. Dapat menjadi bahan pertimbangan bagi penentu kebijakan untuk kembali mengevaluasi kinerja structure Engineer pada kekokohan struktur suatu bangunan dengan penampang beton sebagai stuktur utamanya atau main structure .
2. Dapat menjelaskan setiap permasalahan – permasalahan yang mengakibatkan timbulnya keruntuhan structure suatu bangunan gedung

E . Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang ditetapkan dalam penulisan ini adalah:

1. Bangunan berlantai yang diteliti bangunan berlantai satu.
2. Portal yang ditinjau adalah portal simetris.

F . Metoda Penulisan

Adapun metoda yang dipakai pada penulisan ini adalah :

1. Penggunaan methoda Direct Fourier pada portal berlantai satu dibatasi pada portal simetris beton yang timbul akibat pemberian gaya – gaya luar.
2. Pembebanan dalam penulisan ini adalah pembebananan vertical.

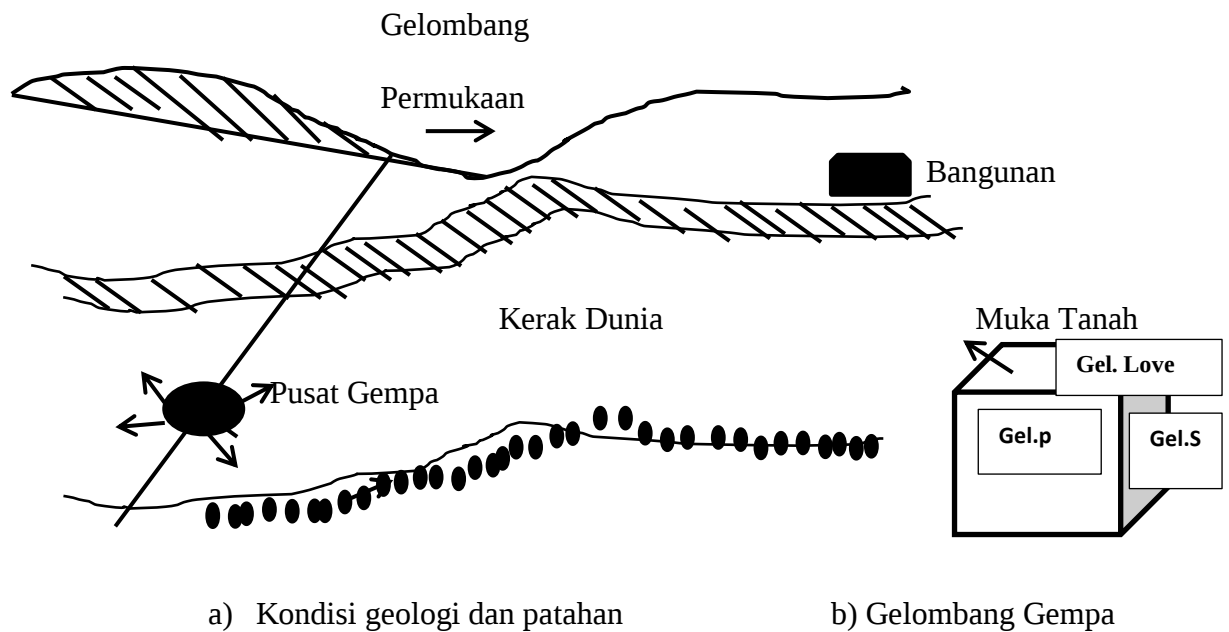
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Teori dan Konsep

Gempa bumi terjadi karena adanya gerakan plat tektonik/lapis kerak bumi secara tiba-tiba. Gerakan tersebut timbul karena adanya deformasi kerak bumi secara tiba-tiba yang umumnya diikuti dengan terjadinya patahan/sesar(fault). Patahan tersebut terjadi karena batuan kerak bumi tidak dapat menahan akumulasi energi/tegangan geser ataupun tegangan lentur yang terjadi. Tegangan geser dan tegangan lentur tersebut terjadi karena adanya gerakan plat-plat tektonik menurut arahnya masing-masing.

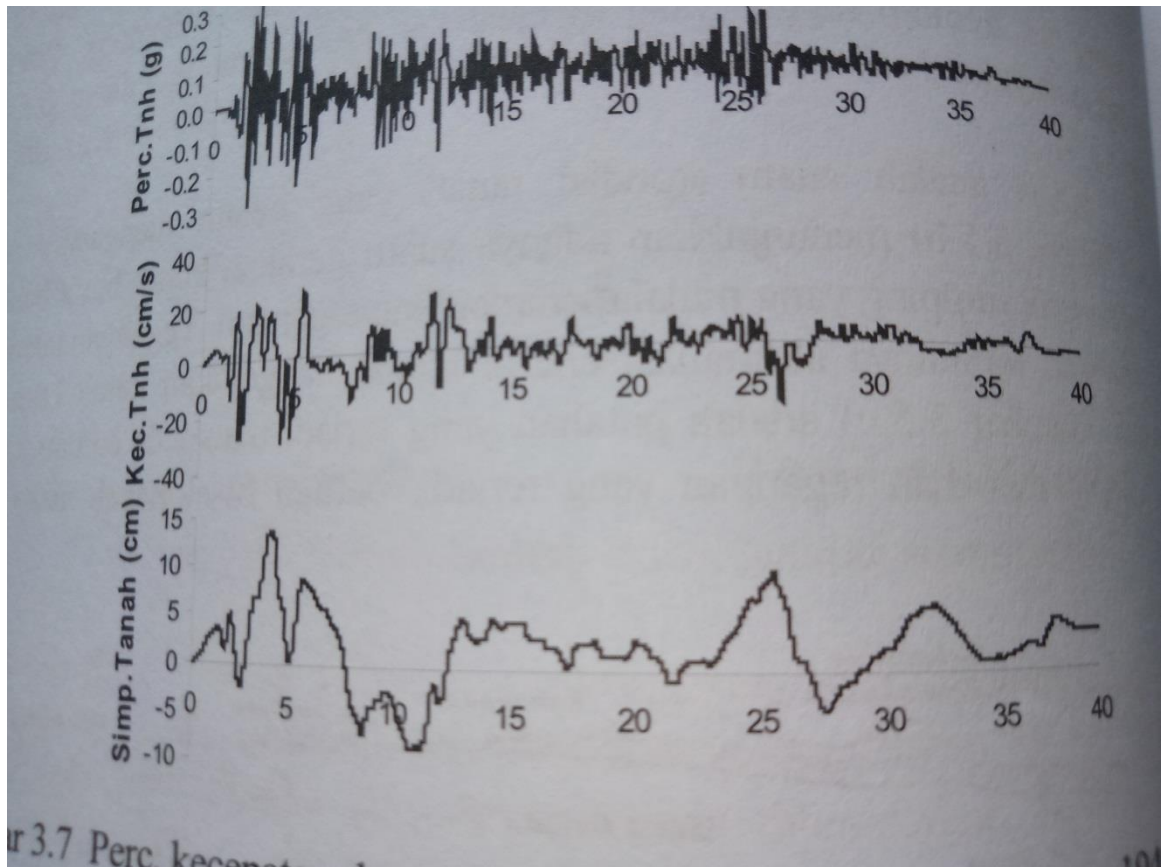
Patahan (fault) yang terjadi umumnya berupa suatu bidang (yang belum tentu merata dan teratur bentuknya) dengan luasan tertentu. Bidang patahan dapat terjadi sampai permukaan tanah maupun hanya terjadi didalam tanah (tidak kelihatan), terjadinya patahan kemudian diikuti oleh terpecahnya sejumlah energi kesegala arah seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.1). energi mekanik akibat batuan yang patah/pecah kemudian diubah menjadi energi gelombang. Hal ini seperti suatu benda yang dijatuhkan kedalam air. Energi mekanik yang terjadi karena tumbukan antara benda dengan air kemudian diubah menjadi energi gelombang yang menyebar kesegala arah. Energi gelombang yang menyebar kesegala arah tersebut ditunjukkan oleh timbulnya gelombang bodi dan sesampainya dilapisan permukaan tanah terjadilah gelombang R dan gelombang L (Rayleigh & love waves). Gelombang – gelombang inilah yang paling merusakkan struktur, karena menurut hitungan kurang lebih 2/3 energi gempa diteruskan gelombang-gelombang permukaan ini.



Gambar 2.1.(a), (b), Rambatan Energi Gelombang Gempa

Tanah merupakan media perantara getaran tanah akibat gempa bumi sekaligus sebagai peredam. Sistem peredam yang dilakukan oleh tanah sangat efektif untuk memfilter getaran-getaran dengan frekuensi tinggi. Sedangkan ukuran gempa akan bergantung pada banyak hal yang diantaranya adalah energi yang dilepas, ukuran patahan, stress drop dan sebagainya. Umumnya gempa bumi merupakan gempa dinamik yang mempunyai daya rusak yang cukup besar, selain beban dinamik diatas terdapat beban-beban dinamik yang lain misalnya adalah getaran yang diakibatkan oleh orang atau serombongan orang yang sedang berjalan. Pengaruh beban-beban tersebut akan terasa pada struktur jembatan yang panjang dan relatif fleksibel misalnya. Menurut Smith(1988) efek beban dinamik akibat hentakan kaki orang atau sepasukan yang sedang berjalan adalah lebih besar pengaruhnya daripada beban statik. Hal ini dapat dilihat dari rasio antara beban dinamik dan beban statik

yang nilainya >1 . Rasio ini akan lebih besar pada kecepatan langkah yang lebih besar



Gambar 2.2. Percepatan kecepatan dan simpangan tanah gempa EL Centro, 1940

NSC

Mengacu pada judul yang dikemukakan maka perlu penjelasan terkait makna komponen judul sebagai berikut :

A.1. Pengertian Analisa

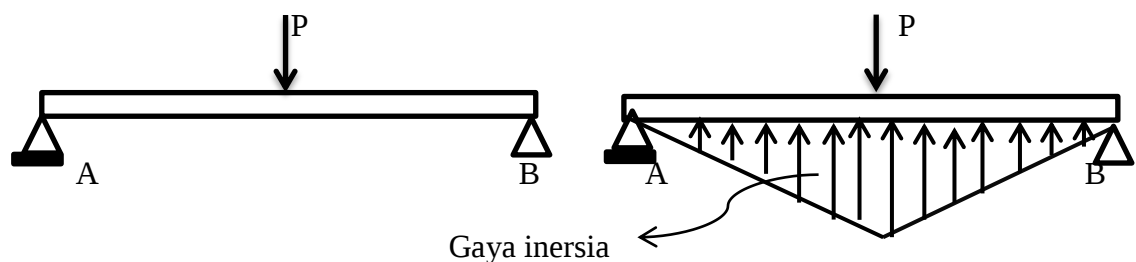
Pengertian Analisis adalah perbuatan menganalisa, sedangkan menurut beberapa ahli bahwa analisis adalah suatu perbuatan mempraktekan suatu rumusan yang merupakan cara pendekatan untuk menganalisa sebuah permasalahan dalam rekayasa struktur

Pada ilmu statika keseimbangan gaya-gaya didasarkan atas kondisi statik artinya gaya-gaya tersebut tetap ditempat kerjanya, tetap besarnya, tetap arahnya, gaya-gaya tersebut dikategorikan sebagai beban statik. Kondisi seperti ini akan berbeda dengan beban dinamik, secara garis besar prinsip keseimbangan gaya-gaya juga dipakai pada problem dinamik. Kalau persoalan statik memakai prinsip keseimbangan statik maka pada persoalan dinamik dipakai prinsip keseimbangan gaya- gaya pada kondisi dinamik. Untuk dapat menyelesaikan problem dinamik maka perlu diketahui model-model analisis yang harus dilakukan.

Adapun pokok-pokok perbedaan beban statik dengan beban dinamik sebagai berikut:

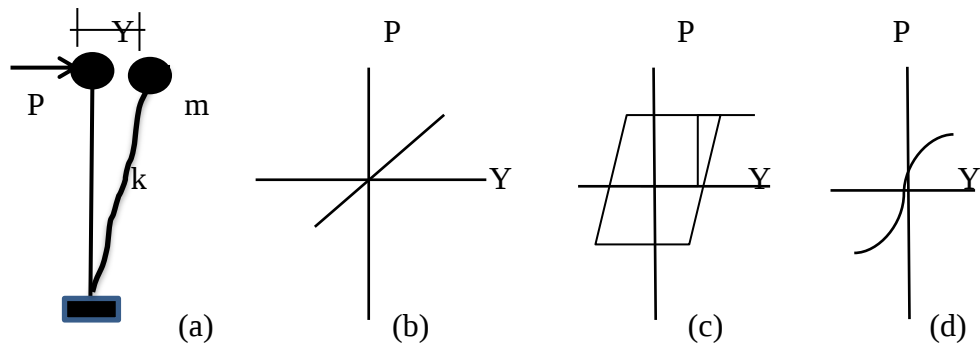
1. Beban dinamik adalah beban yang berubah-ubah menurut waktu (time varying) sehingga beban dinamik merupakan fungsi dari waktu. Ekspresi beban dinamik misalnya adalah $P(t)$, $Y(t)$ dan sebagainya.
2. Beban dinamik umumnya hanya bekerja pada waktu rentang waktu tertentu. Untuk beban gempa bumi maka rentang waktu tersebut kadang-kadang hanya beberapa detik saja, walaupun hanya beberapa detik namun beban angin dan beban gempa dapat merusakkan struktur dengan kerugian yang sangat besar.
3. Beban dinamik dapat menyebabkan timbulnya gaya inersia pada pusat massa yang arahnya berlawanan dengan arah gerakan. Tumpukan barang yang terguling kebelakang ketika kendaraan dijalankan dan terguling kedepan ketika kendaraan direm adalah salah satu contoh adanya gaya inersia pada pembebanan dinamik.
4. Beban dinamik lebih kompleks dibanding dengan beban statik, baik dari bentuk fungsi bebannya maupun akibat yang ditimbulkan. Asumsi-asumsi kadang-kadang perlu diambil untuk mengatasi ketidakpastian yang mungkin hadir pada beban dinamik.

5. Karena beban dinamik berubah-ubah intensitasnya menurut waktu maka pengaruhnya terhadap struktur juga berubah-ubah menurut waktu. Oleh karena itu penyelesaian problem dinamik harus dilakukan secara berulang-ulang menyertai sejarah pembebanan yang ada. Kalau penyelesaian problem statik bersifat penyelesaian tunggal (single solution), maka penyelesaian problem dinamik bersifat penyelesaian berulang-ulang (multiple solution).
6. Sebagai akibat dari butir 5, maka penyelesaian problem struktur dengan beban dinamik akan lebih mahal, selain diakibatkan oleh persoalan yang lebih kompleks, maka waktu penyelesaiannya juga lebih lama (karena berulang-ulang). Clough dan Penzien (1992) memberikan ilustrasi adanya gaya inersia pada problem dinamik, sebagaimana disajikan pada Gambar 2.3)



Gambar 2.3. Gaya inersia pada problem dinamik

Perlu diketahui bahwa respon struktur dipengaruhi oleh intensitas beban. Pada intensitas beban yang masih relatif kecil maka respon struktur masih dalam kondisi elastik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 a.). respon elastik adalah respon yang mana apabila beban diiadakan maka posisi massa struktur akan kembali keposisi semula (tidak ada permanent displacement).



Gambar 2.4. Macam – macam respon dinamik

Namun demikian apabila intensitas beban sudah besar, maka struktur beton sudah retak-retak, tulangan sudah leleh dan hal tersebut akan mempengaruhi kekakuan elemen. Dengan demikian hal tersebut akan mempengaruhi pemodelan kekakuan kolom. Apabila struktur beton sudah retak-retak dan tulangan sudah leleh maka respon struktur tidak lagi elastik dalam kategori inelastik sebagaimana hubungan $P - y$ ditunjukkan oleh Gambar 2.4.c) pada kondisi tersebut apabila beban ditiadakan atau unloading maka posisi massa struktur tidak akan kembali ke posisi semula tetapi sudah ada simpangan permanen (permanent displacement). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa apabila intensitas beban relatif kecil maka respon struktur masih elastik dan apabila intensitas beban besar/ tinggi maka respon struktur sudah inelastik.

Pada sisi yang lain jenis bahan akan mempengaruhi pola hubungan antara beban P dengan simpangan Y , pada bahan baja dan beban masih relatif kecil maka pola hubungan $P-Y$ tersebut berperilaku linear dengan peningkatan beban P . Namun demikian pada bahan lainnya misalnya tanah dan struktur beton, pada bahan yang relatif rendah, hubungan $P-Y$ ditunjukkan oleh Gambar 2.4.c). dengan demikian terdapat 4 kombinasi antara perilaku bahan dan intensitas beban sehingga respon struktur menjadi :

1. Linear elastik (bahan baja intensitas beban kecil)
2. Nonlinear elastik (tanah/beton dengan intensitas beban kecil)
3. Linear inelastik (pemodelan struktur beton dengan intnsitas beban besar)
4. Non linear inelastik (respons dinamik tanah dengan intensitas beban besar)

Pemodelan persoalan dinamik suatu massa struktur yang bergoyang akibat beban dinamik dengan respon elastik, maka lama kelamaan massa struktur akan berhenti dan kembali ke posisi semula. Hal ini terjadi karena adanya sistem penyerapan energi/absorpsi energi didalam struktur. Penyerapan/absorpsi pada struktur tersebut memberikan pertanda bahwa struktur yang bersangkutan mampu melakukan peredaman goyangan. Umumnya kemudian dikatakan bahwa struktur yang bersangkutan mempunyai redaman. Terhadap redaman yang dimaksud, pada umumnya terdapat jenis-jenis redaman sebagai berikut:

1. Structural Damping , structural damping adalah redaman yang dihasilkan oleh adanya gesekan internal atas molekul-molekul didalam bahan, gesekan antara bagian-bagian struktur dengan alat-alat penyambung ataupun gesekan antara struktur dengan sistem dukungan jenis bahan, alat penyambung, kualitas sambungan serta kondisi dukungan akan mempengaruhi kemampuan meredam.
2. Coulomb Damping, coulomb damping adalah redaman yang dihasilkan oleh gesekan antara sesama benda padat, misalnya gesekan antara kotak yang dibebani gaya normal N dengan permukaan lantai. Gesekan antara telapak fondasi beton bertulang dengan tanah pendukung. Besarnya gaya redaman C akan bergantung pada besarnya gaya normal N dan sudut gesek alam material. Gaya redaman tersebut dinyatakan dalam hubungan

$$C = N \tan \Theta \dots \dots \dots (2.1)$$

Yang mana N adalah gaya normal dan Θ adalah sudut gesek alam material.

3. Viscous Damping, viscous damping adalah redaman yang dihasilkan oleh gesekan antara sesama benda padat dengan zat cair (air, minyak, oli ataupun udara/gas . sebagai contoh perlawanan/redaman gerakan torak didalam selinder yang dilumasi, gerakan perahu diatas air, gerakan kendaraan dijalan raya dan goyangan/getaran struktur akibat beban dinamik umumnya dimodel sebagai viscous damping. Oleh karena itu redaman jenis ini umumnya dimodel sebagai gerakan torak didalam selinder. Humar (1988) mengatakan bahwa untuk material yang mempunyai koefisien redaman yang relatif kecil, maka gaya redam C pada model viscous damping dapat dihitung dengan ,

$$C = c. Y \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan c adalah koefisien redaman dan y adalah kecepatan gerakan

Persamaan (2.2) menunjukkan bahwa gaya redam C merupakan fungsi lurus dari koefisien redaman

Dalam banyak Analisa dari matematika teknik sering dijumpai fungsi – fungsi yang periodik, dan masalah yang timbul adalah mempresentasikan fungsi priodik tersebut secara umum. Salah satu pendekatan yang digunakan untuk mempresentasikan fungsi tersebut adalah dengan menggunakan metode deret fourier. Deret Fourier adalah deret tak terhingga dengan suku – suku sinus dan cosinus.(Ashad Hanafi,2013)

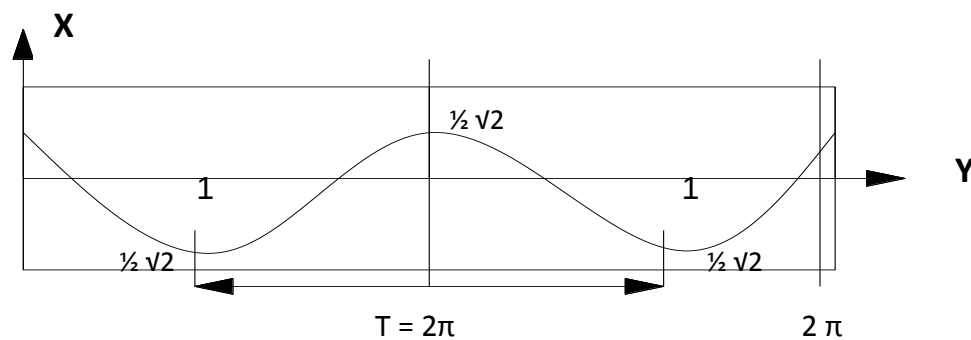
Fungsi $f(x)$ dikatakan priodik dengan periode $T = 2L$, jika f didefinisikan untuk semua x , ada bilangan positif $T = 2L$, sedemikian sehingga :

$$f(x + T) = f(x + 2L) = f(x) \dots \dots \dots (2.3)$$

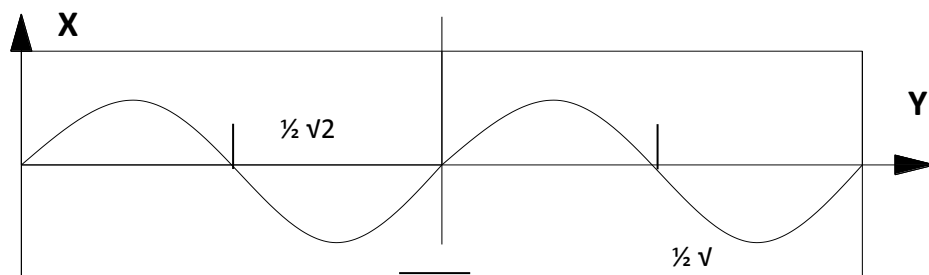
sebagai ilustrasi fungsi periodik yang telah dikenal adalah fungsi sinus dan cosinus. Fungsi – fungsi ini mempunyai periode $T = 2\pi$, karena $\sin(x + 2\pi) = \sin x$, dan $\cos(x + 2\pi) = \cos x$, Hal ini ditunjukkan oleh sektsa grafiknya di gambar 2.1 dan gambar 2.2

disamping fungsi periodik sinus dan cosinus yang telah dikenal secara luas, fungsi periodik tidak hanya mempunyai periode 2π , sebagai ilustrasi lainnya tentang fungsi periodik dimana periodenya bukan 2π , misalnya terlihat pada gambar 2.3.

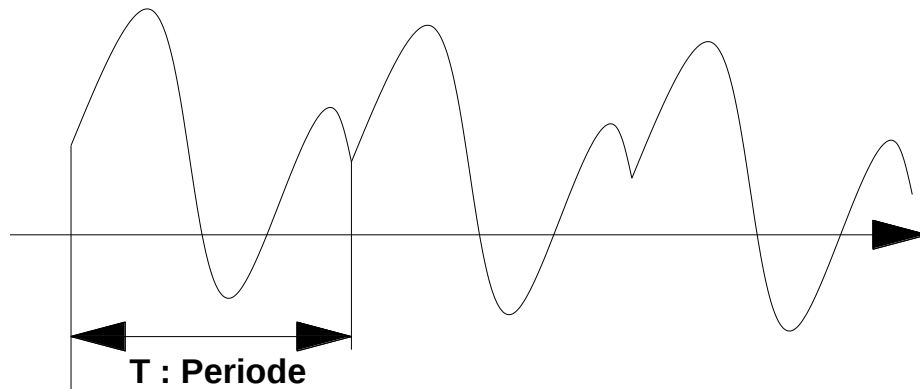
disamping fungsi sinus dan cosinus, fungsi – fungsi periodik lainnya biasanya didefinisikan dengan menggunakan beberapa banyak persamaan atau fungsi periodik didefinisikan pada daerah asal yang berbeda, persamaan fungsinya berbeda. Fungsi jenis ini seperti ini biasanya muncul pada masalah keteknikan secara umum.



Gambar 2.5. Grafik Fungsi $f(x) = \cos x$



Gambar 2.6. Grafik Fungsi $f(x) = \sin x$



Gambar 2.7. Fungsi Priodik

A.2 .Pengertian Deret Fourier Series dengan Periodik $T = 2\pi$

Sebagaimana telah dijelaskan bahwa masalah utama yang timbul dari fungsi periodik adalah mempersentasikan fungsi itu secara umum. Salah satu pendekatannya adalah menggunakan deret trigonometri sinus dan cosinus. Untuk itu, andaikan bahwa diberikan fungsi dengan periode $T = 2\pi$. Sebagaimana telah diketahui bahwa fungsi yang mempunyai periode 2π adalah fungsi – fungsi trigonometri yaitu misalnya.

$1, \cos x, \sin x, \cos 2x, \sin 2x, \cos 3x, \sin 3x, \cos 4x, \sin 4x, \dots, \cos nx, \sin nx$

dari fungsi – fungsi trigonometri itu, bilamana dituliskan dalam bentuk deret trigonometric, dihasilkan

$$a_0 + a_1 \cos x + b_1 \sin x + a_2 \cos 2x + b_2 \sin 2x + \dots + a_n \cos nx + b_n \sin nx \text{ atau } (a_0 + a_1 \cos x + a_2 \cos 2x + \dots + a_n \cos nx) + (b_1 \sin x + b_2 \sin 2x + \dots + b_n \sin nx)$$

dimana $a_0, a_2, \dots, a_n$ dan $b_1, b_2, \dots, b_n$ adalah bilangan real, dengan menggunakan notasi sigma deret tersebut dapat dituliskan menjadi

$$a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana a_0, a_n , dan b_n disebut dengan koefisien deret, dan deretnya disebut dengan deret trigonometrik. Deret trigonometri demikian ini selanjutnya akan disebut dengan deret fourier, dan koefisien – koefisiennya disebut dengan deret fourier yang dapat diperoleh rumus euler.(Ashad Hanafi,2013)

A.3. Rumus Euler dan Koefisien Fourier

Andaikan $f(x)$ fungsi periodik dengan periode 2π , yang dapat dinyatakan dalam bentuk deret trigonometri,

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) \dots\dots\dots (2.5)$$

Artinya deret diatas konvergen, dan jumlahnya adalah $f(x)$. Andaikan $f(x)$ diketahui, dengan rumus euler maka dapat ditentukan koefisien – koefisien deret trigonometri diatas.

A.4. Langkah pertama menentukan a_0

Untuk menentukan a_0 , dan $f(x)$ periodik dengan periode 2π , dengan mengintegralkan ruas kiri dan ruas kanan terhadap x pada interval, $-\pi < x < \pi$ diperoleh,

$$\begin{aligned} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) dx &= \int_{-\pi}^{\pi} a_0 dx + \int_{-\pi}^{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) dx \\ &= a_0(2\pi) + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \int_{-\pi}^{\pi} \cos nx dx + b_n \int_{-\pi}^{\pi} \sin nx dx) \\ &= (2\pi)a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \left[\frac{1}{n} \right] + b_n \left[-\frac{1}{n} \cos nx \right]_{-\pi}^{\pi}) \\ &= (2\pi)a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n (0) + b_n (0)) \\ &= (2\pi)a_0 \end{aligned}$$

Jadi,

$$a_0 = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) dx \dots \dots \dots (2.6)$$

A.5. Langkah Kedua Menentukan a_n

Untuk menentukan a_n kalikanlah deret trigonometri dengan $\cos nx$ dimana x sembarang bilangan bulat positif sehingga dihasilkan,

$$f(x) \cos nx = a_0 \cos nx + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) \cos nx$$

Selanjutnya integral kedua ruas terhadap x pada interval, $-\pi < x < \pi$ diperoleh,

$$\begin{aligned} \int_{-\pi}^{\pi} \cos nx dx &= a_0 \int_{-\pi}^{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) \cos nx dx \\ &= a_0 \int_{-\pi}^{\pi} \cos nx dx + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \int_{-\pi}^{\pi} \cos nx \cos nx dx \\ &\quad + b_n \int_{-\pi}^{\pi} \sin nx \cos nx dx) \end{aligned}$$

karena,

$$\int_{-\pi}^{\pi} \cos nx dx = \left[\frac{1}{n} \sin nx \right]_{-\pi}^{\pi} = 0$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} \cos nx \cos nx dx = \int_{-\pi}^{\pi} \cos^2 nx dx = \left[\frac{1}{2n} \cos nx \sin nx + \frac{1}{2} x \right]_{-\pi}^{\pi} = 0$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} \cos nx \cos nx dx = \left[\frac{1}{2n} \sin^2 nx \right]_{-\pi}^{\pi} = 0$$

Maka diperoleh hasil,

$$\int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nx dx = a_n (\pi)$$

Atau,

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nx \, dx \dots \dots \dots (2.7)$$

A.6. Langkah Ketiga Menentukan b_n

Untuk menentukan b_n kalikanlah deret trigonometri dengan $\sin nx$ dimana n sembarang bilangan bulat positif sehingga dihasilkan,

$$f(x) \sin nx = a_0 \sin nx + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) \sin nx$$

Selanjutnya integralkan kedua ruas terhadap x pada interval, $-\pi < x < \pi$ diperoleh,

$$\begin{aligned} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin nx \, dx &= a_0 \int_{-\pi}^{\pi} \sin nx \, dx + \int_{-\pi}^{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) \sin nx \, dx \\ &= a_0 \int_{-\pi}^{\pi} \sin nx \, dx + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \int_{-\pi}^{\pi} \cos nx \sin nx \, dx + b_n \int_{-\pi}^{\pi} \sin nx \sin nx \, dx) \end{aligned}$$

Karena,

$$\int_{-\pi}^{\pi} \sin nx \, dx = \left[-\frac{1}{n} \cos nx \right]_{-\pi}^{\pi} = 0$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} \cos nx \sin nx \, dx = \left[\frac{1}{2} \sin^2 nx \right]_{-\pi}^{\pi} = 0$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} \sin nx \sin nx \, dx = \int_{-\pi}^{\pi} \sin^2 nx \, dx = \left[-\frac{1}{2} \cos nx \sin nx + \frac{1}{2} x \right]_{-\pi}^{\pi} = \pi$$

Maka diperoleh hasil,

$$\int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin nx \, dx = b_n (\pi)$$

Atau,

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin nx \, dx \dots\dots\dots (2.8)$$

Berdasarkan hasil diatas, secara umum dapat dihasilkan ekspansi deret fourier bagi fungsi priode 2π berikut ini.

A.7. Ekspansi deret fourier series

Andaikan $f(x)$ fungsi priodik dengan priode 2π dan $f(x)$ terdefiniskan pada interval, $-\pi < x < \pi$. ekspansi deret fourier bagi $f(x)$ adalah

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana koefisien fouriernya diberikan oleh,

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) dx$$

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nx \, dx$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin nx \, dx$$

Andaikan bahwa fungsi priodik $f(x)$ terdefiniskan pada interval $0 < x < 2\pi$, maka koefisien fourier diatas dapat dihitung dengan rumus,

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) dx$$

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos nx \, dx$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \sin nx \, dx$$

A.8. Menentukan koefisien deret fourier series

Karena pada fungsi didefinisikan memuat dua persamaan pada interval yang berbeda, maka koefisien deret fouriernya adalah sebagai berikut :

Untuk koefisien a_0 diperoleh dari,

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) dx = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^0 dx + \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} x dx \\ &= \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2} x^2 \right]_{-\pi}^{\pi} = \frac{1}{\pi} \left(\frac{1}{2} \pi^2 \right) = \frac{\pi}{2} \end{aligned}$$

Untuk koefisien a_n diperoleh dari,

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nx dx = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^0 x \cos nx dx + \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} x \cos nx dx$$

A.9. Deret Fourier, Periode $T = 2L$

Pada persamaan ekspansi direct fourier, sering kali dijumpai bahwa fungsi periodik pada kenyataannya tidak semuanya mempunyai periode, $T = 2\pi$, melainkan mempunyai periode $T = 2L$. Andaikan $f(x)$ adalah suatu fungsi periodic dengan periode $T = 2L$, dan terdefiniskan pada interval, $-L < x < L$. Ekspansi deret fourier yang persesuaian dengan $f(x)$ adalah :

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos \frac{n\pi x}{L} + b_n \sin \frac{n\pi x}{L} \right) \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana koefisien fouriernya, menurut rumus euler diberikan oleh,

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{1}{L} \int_{-L}^L f(x) dx \\ a_n &= \frac{1}{L} \int_{-L}^L f(x) \cos \frac{n\pi x}{L} dx \\ b_n &= \frac{1}{L} \int_{-L}^L f(x) \sin \frac{n\pi x}{L} dx \end{aligned}$$

Dari rumus ekspansi deret fourier diatas, terlihat bahwa deret tak hingga konvergen dan jumlahnya adalah $f(x)$. Pendekatan lain untuk menghitung koefisien fourier, andaikan $f(x)$ adalah suatu fungsi periodic dengan periode $T = 2L$, maka terdefiniskan pada interval, $c < x < (c + 2L)$, maka koefisien fouriernya dihitung dengan rumus :

$$a_0 = \frac{1}{L} \int_c^{c+2L} f(x) dx$$

$$a_0 = \frac{1}{L} \int_c^{c+2L} f(x) \cos \frac{n\pi x}{L} dx$$

$$a_0 = \frac{1}{L} \int_c^{c+2L} f(x) \sin \frac{n\pi x}{L} dx, \dots \dots \dots (2.11)$$

A.10. .Konvergensi Deret Fourier Series

Permasalahan konvergensi deret fourier series secara tidak langsung telah dibahas pada dua sub sebelumnya. Dari definisi telah dipenuhi bahwa, jika $f(x)$ fungsi priodic dengan periode $T = 2L$ maka ekspansi deret fouriernya dapat diberikan,

Artinya adalah deret trigonometri tersebut konvergen dan jumlahnya menuju $f(x)$. Konsistensi konvergensi deret fourier series ini diberikan oleh syarat dirchlet yang menjamin konvergensi deret fourier series.

Andaikan bahwa.

1. Fungsi $f(x)$ didefinisikan dan bernilai tunggal di sejumlah titik di dalam interval terbuka, $-L < x < L$,
2. Fungsi $f(x)$ priodic dengan priode $t = 2L$.
3. Fungsi $f(x)$ kontinu, dan $f(x)$ kontinu sepotong – sepotong di dalam interval terbuka, $-L < x < L$.

Maka deret fourier konvergen ke

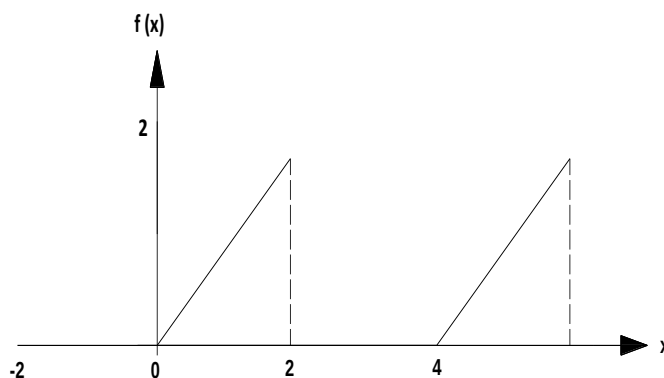
- a. $f(x)$ jika x adalah sebuah titik kontinu
- b. $\frac{f(x+0^+) + f(x-0^+)}{2}$ jika x adalah sebuah titik diskontinu.

Konsep dari persyaratan Dirichlet ini secara tidak langsung telah digunakan pada pembahasan sebelumnya, khususnya diambil untuk x sebuah titik kontinu. Dari syarat Dirichlet diatas, pada dasarnya nilai $f(x + 0^+)$ adalah nilai limit kanan, dan $f(x - 0^+)$ adalah limit kiri. Sedangkan konvergensi b, bahwa persyaratan Dirichlet menjamin bahwa konvergensi deret fourier series tidak dipengaruhi oleh diskontinu suatu fungsi $f(x)$, dengan kata lain, jika $f(x)$ mempunyai titik diskontinu maka direct fourier yang dihasilkan tetap konvergen.

Sebagai ilustrasi . telah diperoleh bahwa untuk fungsi

$$f(x) = \begin{cases} 0, & \text{jika } -2 < x < 0 \\ x, & \text{jika } 0 < x < 2 \end{cases}, \text{ periode } T = 2L = 4 \text{ atau } L = 2$$

Dimana sketsa grafiknya adalah sebagai berikut,



Keterangan

Dimana $f(x)$ = titik kontinju

X = waktu getar t (detik)

Gambar 2.8. Fungsi $f(x)$ mempunyai titik diskontinu

Ekspansi deret fourier series untuk fungsi pada gambar diatas diberikan oleh,

$$f(x) = \frac{1}{2} - \frac{4}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} \cos \frac{(2n-1)\pi}{2} x + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \sin \frac{n\pi}{2} x \dots\dots\dots (2.12)$$

Karena untuk $x = 0$, $f(0) = 0$, dan $f(x)$ kontinu di $x = 0$, dengan demikian menurut syarat Dirichlet deret diatas konvergen ke $f(x)$ untuk $x = 0$. Akibatnya dihasilkan

$$f(0) = \frac{1}{2} - \frac{4}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} \cos(0) + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \sin(0)$$

Pada akhirnya akan diperoleh jumlahan tak hingga dengan suku-suku positif yaitu,

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} = \frac{\pi^2}{8}, \dots\dots\dots (2.13)$$

Demikian gambar diatas terlihat bahwa fungsi $f(x)$ diskontinu di $x=2$, maka menurut syarat Dirichlet deret akan konvergen ke,

$$\frac{f(2 + 0^+) + f(2 - 0^+)}{2}$$

Katena, $f(2 + 0^+) = (0)$ dan $f(2 - 0^+) = 2$ dengan demikian diperoleh,

$$\frac{f(2 + 0^+) + f(2 - 0^+)}{2} = \frac{0 + 2}{2} = 1$$

Dengan demikian untuk $x = 2$, deret fourier diatas akan konvergen ke 1, sehingga dihasilkan,

$$1 = \frac{1}{2} - \frac{4}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} \cos(2n-1)\pi + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \sin n\pi$$

Karena, $\sin n\pi = 0$, $\cos(2n - 1)\pi = -1$, maka dihasilkan

$$1 = \frac{1}{2} - \frac{4}{\pi^2} \left(\cos \pi + \frac{1}{3^2} \cos 3\pi + \frac{1}{5^2} \cos 5\pi + \dots \right)$$

$$1 = \frac{1}{2} - \frac{4}{\pi^2} \left(1 + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{5^2} + \dots \right)$$

Pada akhirnya juga akan diperoleh jumlahan tak hingga dengan suku-suku positif yaitu,

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} = \frac{\pi^2}{8} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dari ilustrasi diatas terlihat bahwa syarat Dirichlet dan konvergensi deret fourier sangat bermanfaat untuk menentukan konvergensi dan jumlahan deret tak hingga, baik dengan suku-suku positif, maupun deret berganti tanda.

A.11 . Pengertian Gempa Dinamik

Gempa Dinamik adalah gempa bumi yang dapat dikategorikan dalam dua jenis yaitu gempa bumi vulkanik dan gempa bumi tektonik. Gempa vulkanik terjadi akibat aktivitas gunung berapi yang memuntahkan lahar panas dari perut gunung berapi . biasanya gempa vulkanik terjadi sebelum letusan gunung berapi. Di Indonesia terdapat banyak gunung berapi aktif yang dapat meletus setiap saat namun dampak, dari gempa vulkanik akan letusan gunung berapi tidak sebesar gempa tektonik. Hal ini disebabkan energy gempa sudah dilepaskan pada saat terjadi letusan – letusan sebelum letusan besar terjadi sehingga dampak gempa tersebut hanya dapat dirasakan disekitar lokasi gunung berapi. Gempa tektonik terjadi karena adanya pergerakan lempeng kerak bumi atau karena adanya garis patahan bumi . gempa tektonik akibat

pergerakan lempeng dapat terjadi di laut dan di darat. Beberapa lempeng kerak bumi dan patahan yang terkenal di dunia dan dapat menyebabkan gempa bumi tektonik adalah lempeng Eurasia, lempeng Indo – Australia, lempeng pacific dan patahan San Andreas. Di Indonesia sendiri dilewati oleh lempeng Eurasia dan lempeng Indo - Australia sehingga bencana gempa dapat terjadi kapan saja, maka dari itu bangunan gedung dan non gedung di Indonesia harus didesain mampu menahan gaya gempa yang besar. Untuk itu perlu adanya pengetahuan yang luas mengenai kegempaan dan teknologi gempa di negara – negara maju.

A.12. Kinerja Struktur

Kinerja struktur adalah tingkatan performa suatu struktur terhadap gempa rencana. Tingkatan performa struktur dapat diketahui dengan melihat tingkat kerusakan struktur saat terkena gempa rencana dengan periode ulang tertentu, oleh karenanya tingkat kinerja struktur akan selalu berhubungan dengan biaya perbaikan terhadap bangunan tersebut. Dalam desain struktur berbasis kinerja biasanya kinerja struktur didesain sesuai dengan tujuan dan kegunaan suatu bangunan, dengan pertimbangan factor ekonomis terhadap perbaikan bangunan saat terjadi gempa tanpa mengesampingkan keselamatan terhadap pengguna bangunan.

Respon bangunan terhadap gerakan tanah akibat gempa menyebabkan perpindahan lateral dan deformasi pada setiap elemen struktur pada level respon rendah, deformasi elemen akan dalam rentang elastis (linier) dan tidak akan ada kerusakan yang timbul. Pada level respon tinggi, deformasi elemen akan melebihi kapasitas linier elastis dan bangunan akan mengalami kerusakan. Untuk memberikan kinerja seismic yang andal bangunan harus memiliki system penahan gaya lateral yang lengka, yang mampu membatasi perpindahan lateral akibat gempa pada level kerusakan yang berkelanjutan

dan untuk tujuan kinerja yang diinginkan. Factor – factor dasar yang mempengaruhi kemampuan system penahan gaya lateral untuk melakukan hal tersebut meliputi massa bangunan, kekuatan, redaman dan konfigurasi: kapasitas deformasi pada elemen, kekuatan dan karakteristik gerakan tanah. (ATC – 40, 1996).

Dalam desain struktur bangunan tahan gempa, ada tiga konsep desain yaitu :

1. Metoda desain layan, diutamakan kemampuan layan control pada tegangan yang terjadi.
2. Metoda desain ultimit (desain berbasis gaya /*force based design*) diutamakan kekuatan, control pada regangan.
3. Metoda desain berbasis kinerja (*performance based design*) diutamakan keamanan, control pada deformasi dan kinerja.

Perkembangan konsep desain layan yang menggunakan konsep material izin, control pada batas deformasi beban rencana saat ini sudah ditinggalkan dan beralih pada konsep desain ultimit yang berbasis kriteria keruntuhan material kapasitas penampang untuk beban terfaktor dan yang terbaru saat ini adalah konsep desain gempa berbasis kinerja dimana daktalitas, kapasitas deformasi dan kapasitas beban pada deformasi yang besar menjadi parameternya

A,13. Respons Struktur SDOF Dengan Metoda Numerik

Pembahasan tentang beban harmonik dan beban dinamik umum (general dinamik loadings) bahwa respon struktur SDOF (Single Degree Of Freedom) akibat beban dinamik masih dapat dievaluasi dengan memakai cara/metoda analitik (rigorous methods). Cara analitik akan memberikan hasil yang eksak, namun demikian untuk struktur beban dinamik yang relatif kompleks, dengan menggunakan cara analitik banyak dijumpai kendala terutama tidak sederhananya penyelesaian secara matematik.

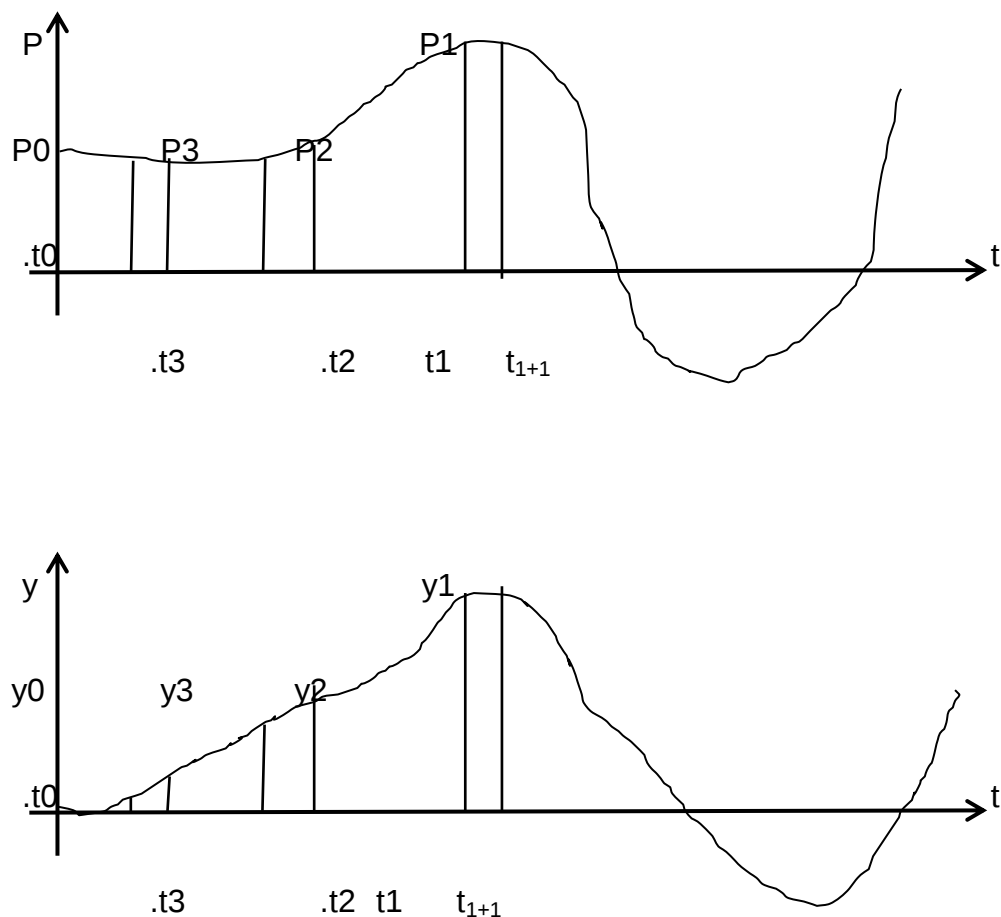
Pada beban dinamik yang sudah sangat random sebagaimana beban gempa, maka apabila digunakan cara analitik penyelesaian persoalan menjadi sangat kompleks, ekspresi matematikanya menjadi panjang dan cenderung kurang praktis.

Untuk mengatasi problema seperti itu, maka alternatif lain perlu dikembangkan yaitu dengan mendiskritkan beban yang kontinju menjadi beban diskrit yang dapat dinyatakan dalam dalam ekspresi numerik. Respon struktur tidak lagi dinyatakan dalam rumus general sebagaimana cara analitik, tetapi dihitung secara numerik pada setiap step pembebanan sambung menyambung sampai aakhir pembebanan dinamik. Sesuai dengan sifat penyelesaian proses dinamik yang ber ulang-ulang yang berjumlah banyak maka penggunaan alat hitung komputer sangat diperlukan.

Untuk dapat menggunakan metoda numerik, maka perlu diketahui terlebih dahulu beberapa metode numerik yang dapat digunakan. Terdapat banyak metoda numerik yang dapat dipakai untuk keperluan ini mulai dari yang sederhana sampai yang cukup kompleks. Clough dan Pensin (1993) mengatakan bahwa terdapat beberapa hal yang perlu diambil pada proses integrasi numerik. Prinsip utama adalah bahwa penyelesaian masalah denga integrasi numerik adalah bersifat pendekatan (approximate). Hal itu berarti bahwa hasil proses numerik tidaklah eksak tetapi dapat dekat dan bahkan dekat sekali dengan hasil eksak.

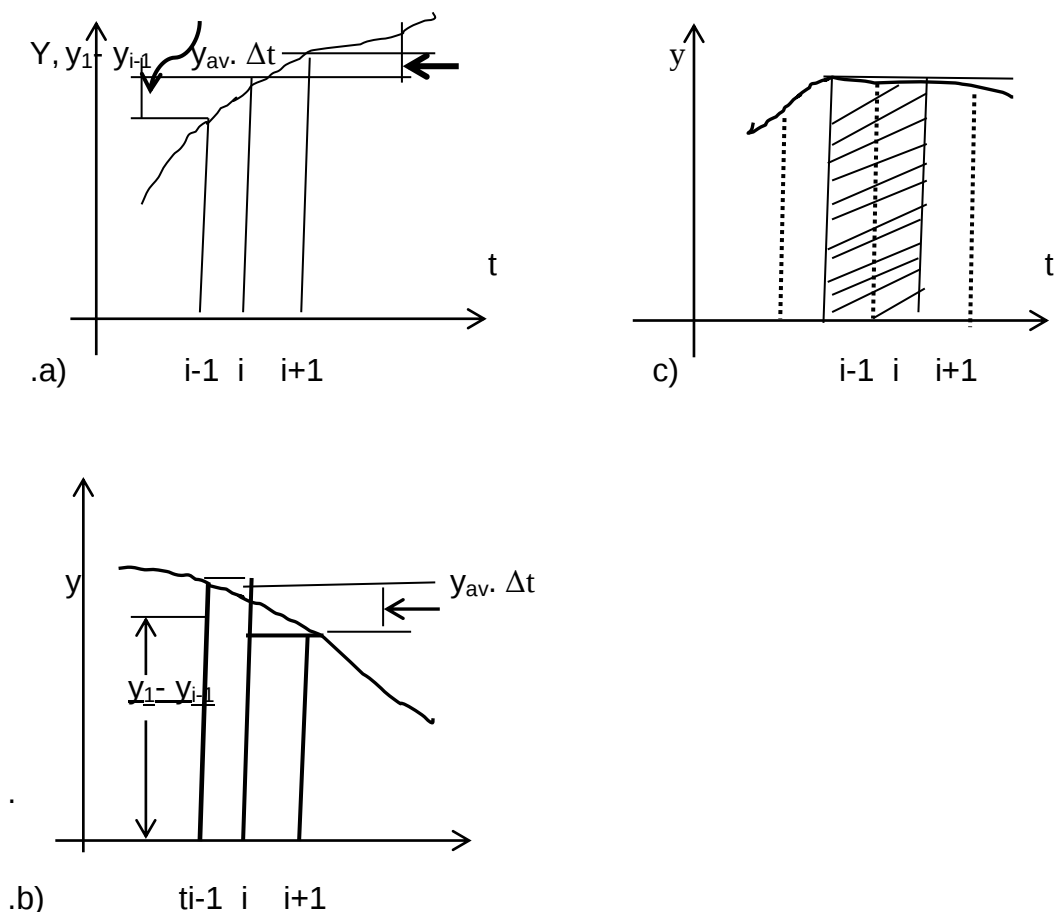
Prinsip umum metoda numerik yang dipakai untuk menghitung respon struktur akibat beban dinamik adalah bahwa beban dinamik yang bersangkutan dibagi menjadi pias-pias kecil yang umumnya disebut time step dan diberi notasi Δt . Respon struktur dihitung dan dimulai dari step pembebanan yang pertama. Respon struktur pada step berikutnya didasarkan atas respon struktur pada step sebelumnya, dan hitungan

diteruskan secara sambung menyambung sampai pada akhir pembebanan. Pendekatan numerik ini akan memberikan hasil yang cukup eksak apabila dipakai Δt yang relatif kecil dibanding dengan periode getar struktur. Pemakaian berapa besarnya Δt akan bergantung pada tingkat ketelitian persyaratan kestabilan numeri, durasi beban dinamik dan kapasitas komputer. Prinsip proses numerik yang beban dan proses penyelesaian problemnya dilakukan secara bertahap, secara visual disajikan pada Gambar 2.9)



Gambar 2.9 Tata cara pentahapan pembebanan dan notasi yang dipakai
(Chopra,1993)

Metoda kecepatan konstan adalah salah satu metoda yang memakai prinsip seperti Gambar. 2.9), cukup sederhana dan cukup akurat apabila syarat – syaratnya dipenuhi apabila respon pada step ke i dan ke $i+1$ telah diketahui. Karena metoda ini relatif sederhana. Maka akan menjadi metoda yang kurang teliti apabila Δt yang dipakai terlalu besar. Bigg (1965) mengatakan bahwa metoda ini masih akan memberikan durasi yang cukup baik apabila time step Δt yang dipakai tidak lebih dari 0,1 dari periode getar struktur. Untuk membahas masalah ini maka diambil model respon struktur seperti Gambar 2.10)



Gambar 2.10. Simpangan dan kecepatan pada metode kecepatan konstan

Sebagaimana disebut sebelumnya bahwa, pada metode ini dipakai suatu anggapan bahwa respon struktur pada poin step ke $-i$ atau y_{i-1} telah diketahui. Berdasarkan Gambar 2.15a, simpangan pada time step ke $i+1$ yaitu y_{i+1} dapat dihitung dengan cara ekstrapolasi yaitu,

$$y_{i+1} = y_1 + y_{av} \Delta t, \dots \dots \dots (2.15)$$

Yang mana y_{av} adalah simpangan rata-rata antara point step i dan $i + 1$ dan t adalah time step.

Kecepatan rata – rata tersebut menurut Biggs (1965) dapat dinyatakan dalam,

$$y_{av} = \left\{ y_1 + y_{i+1} / \Delta t \right\} + y_1 \Delta t, \dots \dots \dots (2.16)$$

Pada persamaan (2.26) adalah kecepatan rata-rata pada point step ke $i-1$ dan ke i dan ruas kedua adalah perubahan kecepatan pada point step ke $-i$ dan $i+1$ dengan anggapan bahwa y_i adalah rata-rata akselerasi pada time step ke $-i$. Apabila akselerasi rata-rata pada time step ke $-i$, y_i dianggap seperti impulse dan bekerja selama Δt , maka yang terjadi adalah perubahan kecepatan pada awal point step ke $-i$.

Apabila pers. (2.16) disubsitusiksn kedalam pers. (2.15), maka selanjutnya akan diperoleh

$$y_{i+1} = \left\{ (y_1 + y_1 - y_{i-1} / t) + y_1 \Delta t \right\} \Delta t$$

$$y_{i+1} = 2y_1 - y_{i-1} + y_i (\Delta t)^2 \dots \dots \dots (2.17)$$

Persamaan (2.17) adalah persamaan yang mampu mengekstrapolasi simpangan struktur pada point step ke $i+1$ apabila simpangan ke- i , y_i dan simpangan sebelumnya yaitu y_{i+1} telah diketahui. Selanjutnya Biggs (1965) mengatakan bahwa apabila nilai time step Δt relatif besar, namun demikian

apabila nilai Δt tersebut mendekati nol, maka simpangan yang dihasilkan akan mendekati eksak. Apabila dipakai nilai $\Delta t = 0,01$ dt yaitu time step yang umum dipakai pada integrasi numerik, maka hasilnya akan mendekati eksak, apalagi untuk integrasi numerik bangunan bertingkat banyak (T relatif besar).

Untuk memulai integrasi dengan memakai pers, (2.17) pada $i =$, nilai y_{i+1} dapat dianggap sama dengan nol. Terdapat dua pendekatan untuk memulai integrasi yaitu :

- a. Apabila pada saat $t = 0$, tidak ada percepatan tanah/beban

Apabila pada awal integrasi atau pada $t = 0$ tidak ada gaya yang bekerja/tidak ada percepatan tanah, maka dapat dipakai nilai pendekatan,

$$.y_1 = 1/6 [2y_0 + y_1] (\Delta t)^2 , \dots\dots\dots (2.18)$$

- b. Apabila pada saat $t = 0$ terdapat percepatan/gaya

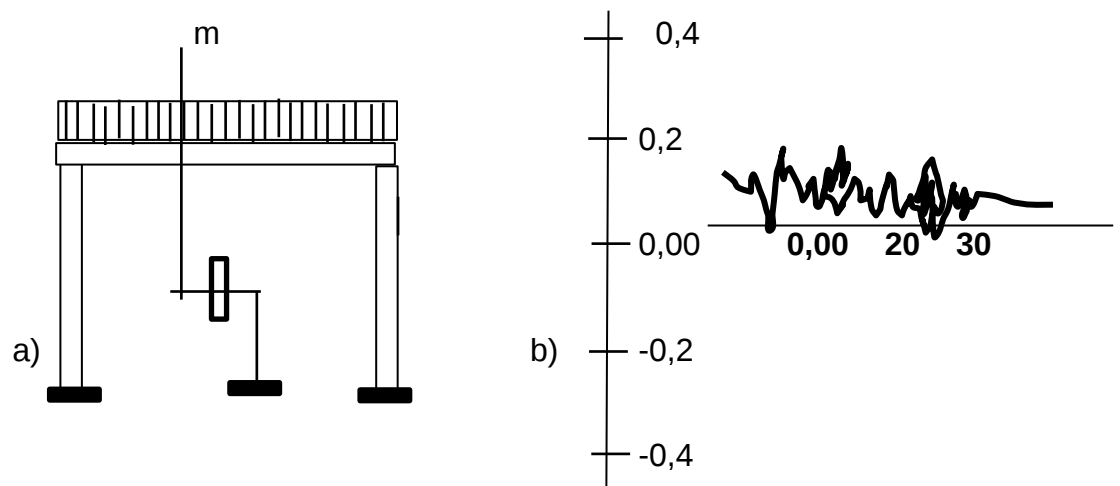
Kejadian seperti ini umumnya jarang terjadi, namun demikian demi jalannya integrasi numerik, pada saat $t = 0$ dapat diberi nilai walaupun sangat kecil. Pada saat kondisitersebut, nilai y_i dapat dihitung menurut,

$$.y_1 = 1/2 y_0 (\Delta t)^2 , \dots\dots\dots (2.19)$$

Apabila nilai percepatan tanah saat $t = 0$ ada nilainya, maka persamaan (2.18) nilainya tidak sama dengan nol, dan integrasi numerik dengan menggunakan persamaan (2.16) dapat diteruskan.

Untuk mengetahui penerapan metoda kecepatan konstan pada struktur SDOF tanpa redaman pada struktur dengan derajat kebebasan tunggal (SDOF),

maka pertama – tama struktur dianggap tidak mempunyai redaman. Untuk itu diambil model struktur SDOF seperti Gambar 2.11)



Gambar 2.11. Struktur SDOF dengan beban gerakan tanah

Apabila persamaan diferensial struktur SDOF akibat base motion/gempa bumi ditulis kembali

$$m \ddot{y} + c \dot{y} + ky = -m \ddot{y}_b \quad (2.20)$$

Persamaan 2.20. juga dapat ditulis menjadi

$$\ddot{y} + 2\zeta\omega_n \dot{y} + \omega_n^2 y = -\ddot{y}_b \quad (2.21)$$

Pada point step $i = 1$, maka nilai y_1 dan y_i pada persamaan 2.21 dan persamaan 2.18 akan saling tergantung. Untuk ini substitusi nilai y_1 pada persamaan 2.18 kedalam persamaan 2.21 akan diperoleh

$$.y_1 = \left(\frac{-\omega^2 / 3 y_a (\Delta t)^2 - y_{b1}}{1 + \Delta t^2 / 6 (\Delta t)} \right), \dots \dots \dots (2.22)$$

$$.y''_i = -y''_{bj} - \omega^2 y_1, \dots \dots \dots (2.23)$$

Jadi y_1 diperoleh, maka nilai y_1 dapat dihitung berdasarkan persamaan 2.28 selanjutnya pada langkah integrasi yang pertama maka dengan diketahuinya y_1 dari persamaan 2.22 dan persamaan 2.19, nilai $y_{i-1} = 0$ serta nilai percepatan massa y_1 dari persamaan 2.21, maka simpangan pada point step ke $i + 1$, y_{i+1} menurut persamaan 2.17) adalah dapat dijalankan.

B. Penulisan Terdahulu

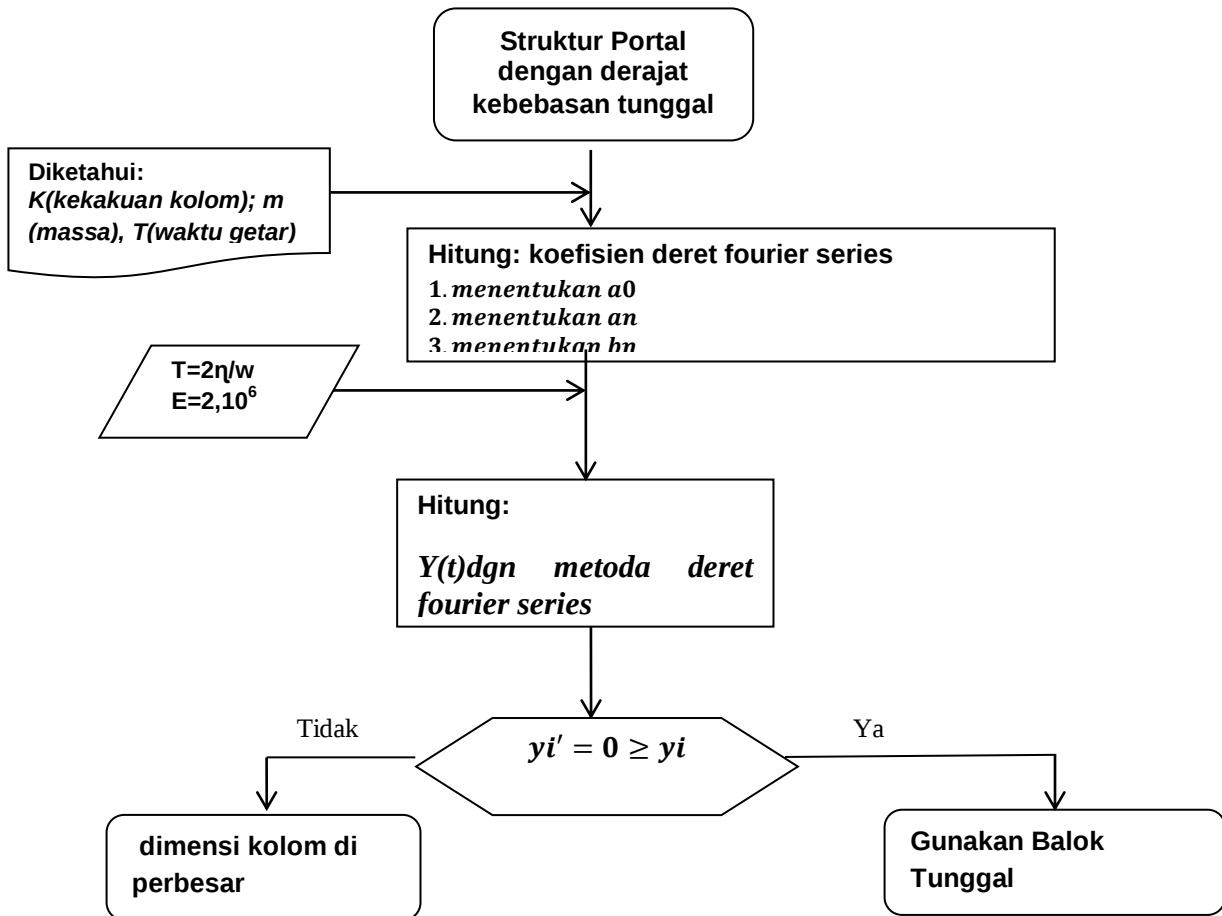
Beberapa hasil penelitian sebelumnya terkait dengan analisis tegangan dengan method Elemen hingga, melalui jurnal Nasional dan Internasional telah dilakukn oleh beberapa penulis sehingga beberapa point penting yang dapat dijadikan dasar dalam penulisan ini, sebagai berikut :

Matriks Tabel 2.1. Penulisan terdahulu

NO	NAMA PENULISAN	JUDUL PENULISAN	METODA PENULISAN	JENIS PENULISAN	HASIL
1	I Made Ariana (2017)	Aplikasi Metoda Deret Fourir Pada Struktur Rangka Batang	respon struktur desain sebagai acuan kerja dalam analisis Struktur Rangka Batang	dalam analisis Struktur Rangka Batang	Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa respon struktur yang terjadi pada plat panjang .
2	Simon Patabang, ST.MT	“ Analisa SDOF dengan Beban Harmonik Tanpa Redaman Pada Portal dengan Metoda Deret Fourier”.	Metoda Muto (1975) dengan menggunakan eksentrisitas Putaran	eksentrisitas Putaran	hasil ini menyimpulkan bahwa besarnya Beban Awal untuk frekuensi akan mendekati frekuensi rasio perkiraan.
3	Stefanus Winda . H (2010)	Analisa Dinamik Elastik dengan Pendekatan Deret Fourier (studi kasus :Pembangunan Gedung Kuliah Pasca Sarjana Universitas Islam Bandung)	acuan Struktur dengan derajat kebebasan tunggal	analisa data untuk kondisi existing balok	Hasil analisa data untuk kondisi existing balok memenuhi hubungan antara simpangan awal dan akhir
4	HM.Stat (2016)		sistem Shear Building	simpangan Struktur	Simpangan struktur

5	D. Sandi (2015)	Analisa Deret Fourier Untuk Menentukan kekakuan dan redaman Struktur (studi kasus pembangunan Hotel Swiss Bell In Surabaya Analisa Struktur dengan massa dan kekuatan tingkat tinggi dengan deret fourier (studi kasus Pembangunan Gedung Kuliah Fakultas Kedokteran Univeritas Sam Ratulangi Manado)	dengan menggabungkan persamaan metode Muto (1975) atau interpolasi yang dikenal dengan pendekatan redaman metoda polinomial danmassai ganda dengan memecahkan masalah kekakuan	dengan interval waktu masalah kekakuan dalam hal ini masalah lentur pada balok grid.	dengan interval waktu akan mengalami respon dinamik sebesar nilai-nilai struktur dan kondisi batas yang diberikan Masalah kekakuan dan masalah lentur pada balok grid memerlukan pemahaman matematika yang cukup mendalam dengan massa dan kekakuan yang berada dalam batas-batas standard
---	--------------------	---	--	--	--

C. Kerangka Pikir Perhitungan Gempa Dinamik Dengan Metoda deret Fourier series



Gambar 2.12 Kerangka Pikir Perhitungan Gempa Dinamik Dengan Metoda deret Fourier series

D. Metoda Analisis Data

Analisa data menggunakan metoda kecepatan konstan pada struktur Single Degree OF Freedom (SDOF) tanpa redaman dan dengan redaman.

1. Untuk penerapan metoda kecepatan konstan ini pada struktur dengan derajat kebebasan tunggal (SDOF), maka pertama – tama struktur

dianggap tidak mempunyai redaman untuk itu diambil model struktur seperti gambar 2.16).

2. Menggunakan persamaan diferensial struktur SDOF akibat mose motion / gempa bumi , persamaan 2.30.
3. Menghitung y_b'' adalah percepatan tanah (akibat gempa) , menggunakan persamaan 2.31.
4. Percepatan Massa y_1'' selanjutnya dapat dihitung dengan memakai persamaan 2.32.
5. Pada point step $i = 1$, maka nilai y_1 dan y_1'' pada persamaan 2.32 dan persamaan 2.28 akan saling tergantung.
6. Substitusi nilai y_1 pada persamaan 2.28 kedalam persamaan 2.32 selanjutnya akan diperoleh persamaan 2.33.
7. Setelah y_1'' diperoleh maka nilai y_1 dapat dihitung berdasarkan persamaan 2.28.,
8. selanjutnya pada langkah integrasi yang pertama maka dengan diketahuinya y_1 dari persamaan 2.33.atau persamaan 2.29, nilai $y_{i-1} = 0$ serta nilai percepatan massa dari y_1'' dari persamaan 2.32, maka simpangan pada point step ke $i+1$, y_{i+1} , menurut persamaan 2.27 sudah dapat dijalankan.

BAB III

METODA PENULISAN

A. Pendekatan dan Jenis Penulisan

Ditinjau dari segi datanya pendekatan penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif. Menurut Moleong (2007), penelitian kualitatif merupakan penelitian yang bertujuan untuk memahami fenomena mengenai apa yang dialami oleh subjek penelitian secara holistic, dan dengan cara deskripsi dalam bentuk kata – kata dan bahasa pada suatu konteks khusus yang alamiah dengan menggunakan berbagai metoda ilmiah. Adapun jenis pendekatan ini adalah secara deskriptif. Pendekatan deskriptif merupakan penelitian yang berusaha guna menjelaskan pemecahan masalah yang ada sekarang berdasarkan data – data. Jenis penelitian deskriptif kualitatif yang digunakan pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi terkait sejauh mana aspek kararktestik, keadaan, dan kebiasaan.

Berdasarkan pada permasalahan yang diteliti maka Sugiono (2008) mengatakan bahwa penelitian survey pada umumnya dilakukan untuk mengambil suatu generalisasi dari pengamatan yang tidak mendalam, namun generalisasi yang representative. Sedangkan dari sifatnya, rancangan penelitian ini bersifat deskriptif dan korelasional.

Penelitian deskriptif adalah suatu penelitian yang berusaha diamati saat ini (Suharsimi 1998). Dalam penelitian ini berusahs mendiskripsikan data tentang objek atau variable penelitian yang ada pada analisa gempa dinamik.

Deret Fourier (J.B.J. Fourier, 1768 – 1830) digunakan untuk mendapatkan penyelesaian analitis dari banyak masalah dalam berbagai bidang khususnya bidang Mekanika Terapan, seperti penyelesaian persamaan diferensial pada Teori Elastisitas dan Getaran. Dalil Fourier menyatakan bahwa suatu fungsi sembarang $y = f(x)$, dapat dinyatakan dengan deret tak hingga yang terdiri suku – suku sinus dan cosinus, dimana fungsi semula dapat diganti dengan superposisi gelombang sinus dan cosinus. Bentuk umum Deret Fourier

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx), \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana

$$a_n = \frac{2}{L} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nx \, dx, \dots \dots \dots (2.7)$$

$$b_n = \frac{2}{L} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin nx \, dx, \dots \dots \dots (2.6)$$

$$a_0 = \frac{1}{L} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \, dx, \dots \dots \dots (2.8)$$

Dari bentuk persamaan (2.5) deret ini dapat diekspansikan menjadi tiga cara yaitu Ekspansi jangkauan penuh, setengah jangkauan sinus dan setengah jangkauan cosinus. Untuk keperluan analisis dipilih dari ketiga jenis ekspansi deret fourier tersebut, hal yang prinsip sebagai dasar pemilihan ekspansi tersebut adalah kesesuaian fisik dari permasalahan dengan model ekspansi yang meliputi kondisi

batas (Boundary condition) dari statika dan geometri dari permasalahan struktur yang ditinjau.

B . Pengelolaan Peran sebagai Penulis

Peran peneliti dalam analisa kualitatif ini adalah sebagai perencana , pengumpul data, penganalisis, hingga akhirnya sebagai pencetus penelitian . pada enelitian kuantatif menekankan bahwa peneliti sendiri atau dengan bantuan orang lain yan merupakan alat analisa data utama (Moeleong, 1980) oleh sebab itu peneliti merupakan hal kunci untuk melakukan analisa. Peneliti tidak saja berperan sebagai pengambil dan penganalisa data, dan penemu data hasil penelitian, akan tetapi peneliti juga akan menjadi rekan untuk subje. Sehingga hasilnya akan lebih akurat daan valid karena semakin subjek percaya dengan analisa tersebut, maka akan memudahkan mereka untuk jujur dalam meminimalisir masalah yang timbul. Sebagai penganalis, maka pelaksanaan kegiatan menganalisa, dapat dikemukakan sebagai berikut:

1. Data Struktur (identifikasi masalah, parameter Shape, Koordinat titik Nodal, dan data – data elemen)
2. Data beban (Parameter Beban dan beba titik nodal)
3. Penurunan matriks K dan matrik Fungsi
4. Proses Kekakuan langsung (K) , distribusi beban F pada bidang untuk mendapatkan kekakuan global (k) dan (F)
5. Factorisasi matrik (K)
6. Tegangan

C . Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini secara garis besarnya diklasifikasi atas dua yaitu :

1. Data Primer adalah data yang diperoleh langsung dari contoh kasus persoalan balok

Tabel 3.1. Data Primer yang diperoleh langsung dari contoh kasus persoalan balok

i	t	.yb
1	2	3
0	0,000	9,800
1	0,050	31,033
2	0,100	52,267
3	0,150	73,500
4	0,200	-12,250
5	0,250	-98,00
6	0,300	147,000
7	0,350	49,000
8	0,400	-49,000
9	0,450	49,000
10	0,500	-147,000
11	0,550	-24,500
12	0.600	98,000
13	0,650	-49,00
14	0,700	12,250

Sumber : rekapan kecepatan tanah ‘Buku Analisa Dinamik Struktur.

2. Data Sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung melalui penelitian kepustakaan, baik melalui dokumen – dokumen atau laporan tertulis maupun informasi lainnya terkait data kepustakaan..

Tabel 3.2. Data sekunder yang diperoleh secara tidak langsung melalui penelitian kepustakaan

i	t	.yb	.yi
1	2	3	5
0	0,000	9,800	0
1	0,050	31,033	-0,0123
2	0,100	52,267	-0,0974
3	0,150	73,500	-0,2760
4	0,200	-12,250	--0,5711
5	0,250	-98,00	-0,5555
6	0,300	147,000	-0,1208
7	0,350	49,000	-0,0075
8	0,400	-49,000	-0,0138
9	0,450	49,000	0,1077
10	0,500	-147,000	0,0655
11	0,550	-24,500	0,3658
12	0,600	98,000	0,5876
13	0,650	-49,00	0,3398
14	0,700	12,250	0,0847

Sumber : rekapan kecepatan tanah 'Buku Analisa Dinamik Struktur.

D. Teknik Pengumpulan Data

metoda yang digunakan dalam pengumpulan data dan informasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Participatory Rapid Appraisal (PRA)* meliputi :

1. Observasi

Penelitian ini dilakukan dengan cara mengambil contoh kasus elemen struktur seperti balok dan kolom.

2. kepustakaan

kepustakaan merupakan suatu cara untuk mendapatkan data atau informasi melalui literatur terkait .

3. Dokumentasi

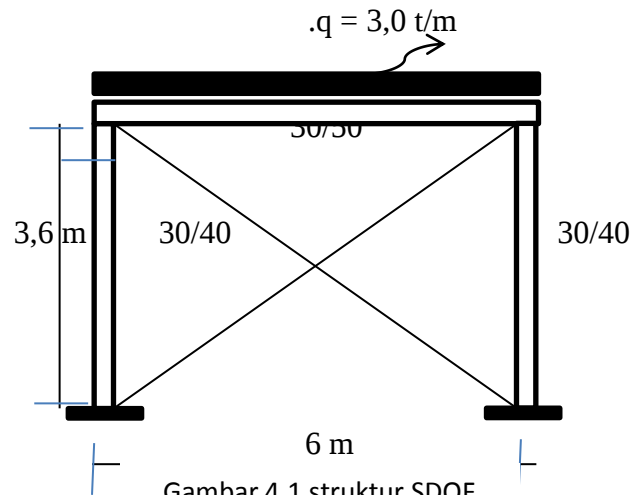
Dokumentasi adalah bentuk penelitian yang dilakukan dengan mengumpulkan dokumen atau arsip – arsip kepustakaan yang berhubungan dengan masalah analisis direct fourier .

BAB IV

APLIKASI METODE KECEPATAN KONSTAN DAN METODA DERET FOURIER SERIES

A. Aplikasi dengan Metoda kecepatan Konstan pada Struktur SDOF Tanpa Redaman (Undamped)

Suatu portal sederhana dengan ukuran seperti tampak pada gambar. Dipakai beton bertulang dengan tegangan desak $f_c' = 25$ Mpa. Balok diikat dengan bracing kawat baja diameter $\frac{3}{4}$ " dan mempunyai modulus elastik $E_s = 2,1 \cdot 10^6$ kgf/cm². Akan dihitung simpangan repon dinamik struktur.



A.1. Proses Hitungan Respon Dinamik Struktur

1. Modulus Elastik beton

$$E_b = 4700 \sqrt{f_c} = (4700 \sqrt{25}) \cdot 10,2 = 239\,700 \text{ kg/cm}^2$$

2. Momen Inersia

Karena kolom kiri dan kolom kanan sama ukurannya, maka momen inersianya

$$\text{sama, } I_{k1} = I_{k2} = (1/12) \cdot 30 \cdot 40^3 = 160\,000 \text{ cm}^4$$

3. Kekakuan Kolom Jepit – jepit

Kekakuan kolom jepit-jepit

$$K_f = \frac{12.E.I}{h^3} = \frac{(12.(239\,700))}{360^3} \cdot \text{Kgf/cm}^2 \cdot \text{cm}^4/\text{cm}^3 = 9864,10 \text{ kg/cm}$$

Kekakuan 2 kolom = 19 7728,40 kgf/cm.

4. Kekakuan kawat tarik

Luas tampang kawat, $A_s = (0,25) \cdot 3,14 \cdot (1,27)^2 = 1,266 \text{ cm}^2$

Panjang kawat tarik $L_k = \sqrt{(3,6)^2 + (6)^2} = 6,9971 \text{ m}$

Sudut kawat tarik $\alpha = \tan^{-1}(3,6/6.0) = 0,5402 \text{ rad} = 30,938^\circ$

Kekakuan kawat tarik adalah ,

$$K_k = \frac{A.E}{L} \cos^2 \alpha = \frac{1,266 \cdot (2100\,000)}{699,71} \cos^2(30,938) \text{ cm}^2 \text{ kgf/cm}^3$$

Dengan demikian terhadap kekakuan jepit – jepit terdapat tambahan kekakuan kawat tarik sebesar 16,52 %.

5. Kekakuan dengan metoda Muto (1975)

a. Momen inersia balok

Untuk analisis elastikk maka balok yang diperhitungkan adalah balok T.

Momen inersia balok persegi adalah

$$I_b = (1/12) \cdot 30 \cdot 50^3 = 312\,500 \text{ cm}^4$$

Setelah dihitung, momen inersia balok T adalah $I_{bt} = 595\,004,5 \text{ cm}^4$,

sehingga sebesar 1,904 kali balok persegi.

b. Kekakuan relatif

$$K_1/h = K_2/h = 160000/360 = 444,44 \text{ cm}^3 \text{ (kekakuan relatif kolom)}$$

$$K_b/L = 595\,004,5 / 600 = 991,674 \text{ cm}^3 \text{ (kekakuan relatif balok)}$$

c. Kekakuan konstanta K, k_c , k_b , dan k'

Kekakuan kontan diambil $K = 991,674 \text{ cm}^3$

$$K_{c1} = k_{c2} = 444,44/991,674 = 0,448$$

$$K_b = 991,674/991,674 = 1,0$$

$$K_1' = k_2' = k_b/k_{c1} = 1/0,448 = 2,231$$

d. Koefisien kekakuan Muto (1975) terhadap kekakuan jepit-jepitn K_f

$$C_{m1} = C_{m2} = \frac{k' + 0,5}{k' + 2} = \frac{2,231 + 0,5}{2,231 + 2} = 0,6455$$

$$\text{Kekakuan kolom} = 2 \cdot (0,6446) \cdot 9864,19 = 12734,6 \text{ kg/cm}$$

Kawat tarik mempunyai kontribusi kekakuan sebesar 25,58 %

6. Perhitungan Massa struktur

$$.m = \frac{W}{g} = \frac{6(3) \cdot 1000 \text{ kgf}}{980 \text{ cm}} dt^2 = 18,367 \frac{\text{kgf dt}}{\text{cm}}$$

7. Kekakuan dan redaman struktur

Kekakuan redaman struktur dapat dihitung dengan prinsip shear building maupun dengan metoda Muto (1975), setelah dihitung maka kekakuan menurut prinsip shear building adalah $K = 19728,4 \text{ kg/cm}$. Mengingat struktur dianggap tidak mempunyai redaman maka redaman struktur sama dengan nol atau $C = 0$.

8. Proses hitungan dimulai dengan mengambil interval waktu $\Delta t = 0,05 \text{ dt}$, artinya simpangan struktur dihitung secara menyeluruh dengan interval waktu setiap $0,05 \text{ dt}$.

9. Penyelesaian persoalan dinamik dengan pendekatan numerik mempunyai prinsip bahwa beban dinamik yang ada dibagi menjadi pias – pias impulse yang kecil dalam unit time step Δt , diberi nomor $i = 0, 1, 2, 3 \dots n$, agar proses integrasi numerik memberikan hasil yang cukup akurat, maka besarnya Δt harus relatif kecil dan lebih kecil dari $0,1 T$. Pada hitungan ini bahwa $\Delta t < 0,0508 \text{ dt}$. Untuk mudahnya diambil time step $\Delta t = 0,05 \text{ dt}$.

10. Beban dinamik yang ada kemudian dibagi menjadi pias – pias setiap 0,05 dt.

Pada tiap – tiap point step tersebut dicari nilai percepatan tanahnya, yang seterusnya menjadi y_{bj} sebagaimana yang tercantum pada persamaan (2.33),

11. misalnya pada $t = 0$, maka $y_{bo} = 0,01 \times 9,8 = 9,8 \text{ cm/dt}^2$. Melalui perbandingan segitiga selanjutnya $y_{b1} = 31,035 \text{ cm/dt}^2$. Dengan cara yang sama dapat diperoleh nilai – nilai percepatan tanah untuk setiap time step i .

12. Jalannya integrasi numerik, integrasi numerik dijalankan secara manual agar semua hitungan ditinjau pada setiap point step. Step hitungan dimulai dengan $i = 0$ kemudian diteruskan dengan $i = 1, 2, 3$, dan seterusnya sampai selesai.

Jalannya hitungan tersebut adalah sebagai berikut

a. Untuk $i = 0$, maka berdasarkan pers.(2.33),

$$.y''_0 = (-y''_{bo} - \omega^2 .y_0) = (-9,8 - 12,36^2 . 0) = -9,80 \text{ cm/dt}^2$$

b. Untuk $i = 1$

$$.y_1 = 0,5 .y''_0 \Delta t^2 = 0,5 (-9,8) . 0,05^2 = -0,01225 \text{ cm} . \text{ (pers. 2.29)}$$

$$.y'_1 = (-y'_{bj} - \omega^2 .y_1) = (-31,035 - 12,36^2 . (-0,01225)) = -29,161 \text{ cm/dt}^2$$

$$.y_{i+1} = 2.y_1 - y_{1-1} + y'_1 \Delta t^2 = 2.(-0,01225 - 0 + (-29,161) . 0,05^2 = -0,0974 \text{ cm}$$

c. Untuk $i = 2$

$$.y'_2 = (-y'_{b2} - \omega^2 .y_2) = (-52,267 - 12,36^2 . (-0,0974)) = -37,378 \text{ cm/dt}^2$$

$$.y_{2+1} = 2.y_2 - y_{2-1} + y'_2 \Delta t^2 = 2.(-0,0974 - 0,01225 + (-37,378) . 0,05^2 = -0,276 \text{ cm}$$

d. Untuk $i = 3$

$$\ddot{y}_3 = (-\dot{y}_{b3} - \omega^2 \cdot y_3) = (-73,500 - 12,36^2 \cdot (-0,2760)) = -31,3120$$

$$\text{cm/dt}^2$$

$$\dot{y}_{3+1} = 2 \cdot \dot{y}_3 - \dot{y}_{3-1} + \ddot{y}_3 \Delta t^2 = 2 \cdot (-0,2760) - 0,0974 + (-31,3120) \cdot 0,05^2 = -0,5711 \text{ cm}$$

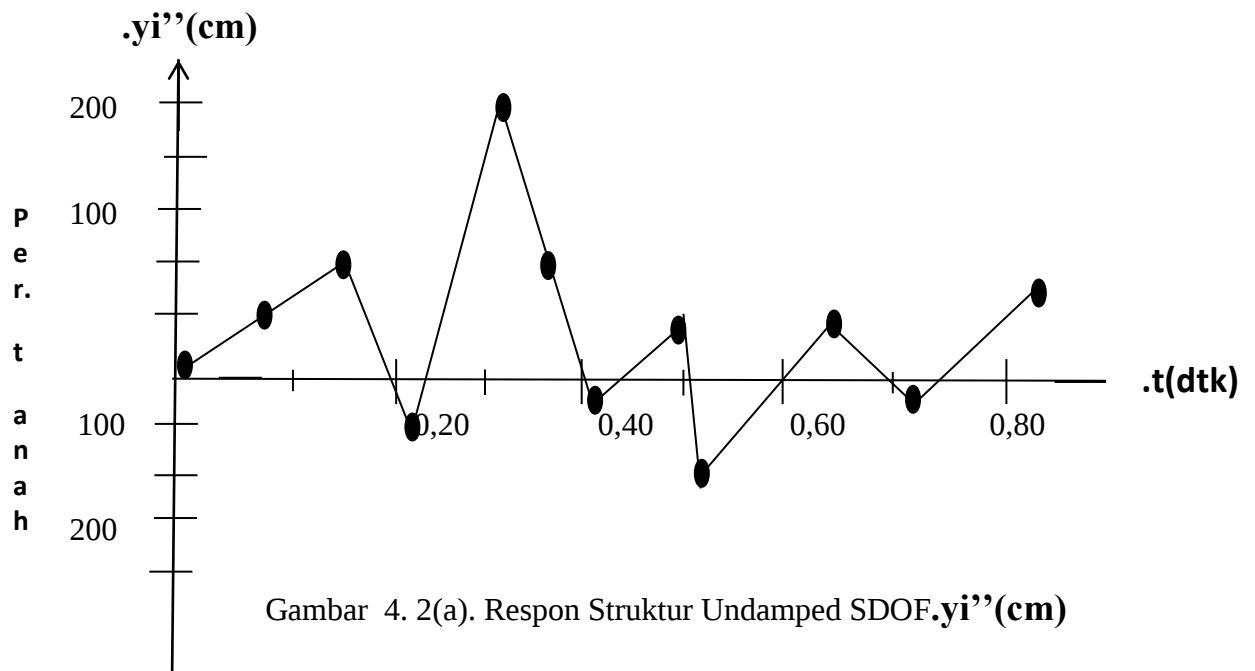
Begitulah seterusnya integrasi numerik dilakukan dan hasil selengkapnya ditabelkan seperti pada tabel 4.1). Dengan cara manual seperti diatas hanya dimungkinkan apabila beban yang ada relatif sederhana dengan durasi yang relatif pendek. Hal itupun dapat dilakukan dengan step pembebanan yang relatif kasar $\Delta t = 0,05 \text{ dt}$. Untuk step pembebanan yang relatif kecil misalnya 0,01, maka hitungan respon struktur menjadi sangat banyak. Untuk itu perlu dipakai alat hitung yang lebih cepat dan sistimatis yaitu dengan membuat program yang mana proses hitungan dapat dilakukan oleh komputer.

Tabel 4.1 Respon struktur SDOF dengan cara numerik

$K = 19728$		$T = 0,1916$		
$m = 18,367$		$f = 5,2187$		
$\Omega = 32,773$		$dt = 0,05$		
i	t	.yb	.yi''	.yi
1	2	3	4	5
0	0,000	9,800	-9,800	0
1	0,050	31,033	-29,1609	-0,0123
2	0,100	52,267	-37,3782	-0,0974
3	0,150	73,500	-31,3120	-0,2760
4	0,200	-12,250	93,7031	-0,5711
5	0,250	-98,00	182,9107	-0,5555

6	0,300	147,000	-128,5288	-0,1208
7	0,350	49,000	-47,8526	-0,0075
8	0,400	-49,000	51,1099	-0,0138
9	0,450	49,000	-65,4586	0,1077
10	0,500	-147,000	136,9871	0,0655
11	0,550	-24,500	-31,4152	0,3658
12	0.600	98,000	-187,8125	0,5876
13	0,650	-49,00	-2,9396	0,3398
14	0,700	12,250	-25,1933	0,0847

Hasil hitungan tersebut disajikan pada gambar 4.2). Pada gambar tersebut tampak bahwa respon struktur dipengaruhi oleh bentuk dan intensitas beban. Dengan step pembebanan yang relatif kecil, maka respon struktur yang akan diperoleh menjadi lebih teliti. Dengan dipakainya interval pembebanan Δt yang lebih kecil, maka kestabilan intgrasi numerik dapat dijaga. Hal ini terjadi karena beberapa metoda integrasi numerik memberikan batasan besarnya interval Δt tingkat akurasi hitungan dapat ditingkatkan



Gambar 4. 2(a). Respon Struktur Undamped SDOF. y_i'' (cm)

Keterangan Gambar 4. 2(a). Respon Struktur Undamped SDOF. y_i'' (cm)

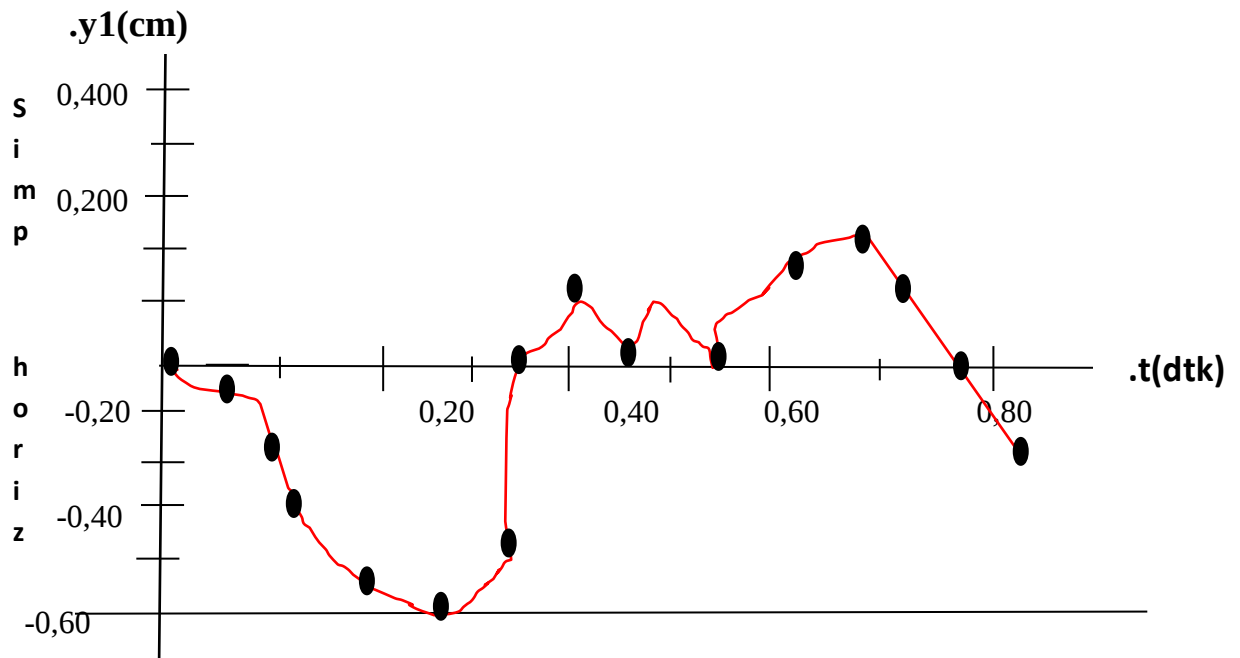
Sumbu Y = percepatan tanah / simpangan. y_i'' (cm) .

Sumbu X = waktu getar t (detik)

$y_i'' = 100, 200$, adalah ercepatan tanah

$t = 0,20, 0,40, 0,60, 0,80$ (detik)

, maka diambil model struktur seperti yang disajikan pada Gambar 4.1) struktur seperti ini termasuk dalam kategori struktur sederhana dan disebut struktur dengan derajat kebebasan tunggal Single Degree OF Freedom, SDOF).



Gambar 4. 2(b). Respon Struktur Undamped SDOF. $y_1(\text{cm})$

B. Aplikasi dengan Metoda Direct Fourier pada Struktur SDOF Tanpa Redaman (Undamped)

B.1. Langkah pertama menentukan a_0

$$a_0 = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) dx$$

B.1.a. Simpangan $y_1 = 0,5 \cdot y''_0 \Delta t^2$

$$a_0 = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(y_1) dx, \text{ dimana } y_1 = 0,5 \cdot y''_0 \Delta t^2$$

$$a_0 = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(0,5 \cdot y''_0 \Delta t^2) dx, \quad a_0 = \frac{1}{2} [(0,5x) \cdot (y''_0 x) \cdot (\Delta t^2 x)]_{-\pi}^{\pi}$$

$$a_0 = \frac{1}{2} [(0,5 \cdot \pi) \cdot (y''_0 \pi) \cdot (\Delta t^2 \pi)] - [(0,5 \cdot -\pi) \cdot (y''_0 -\pi) \cdot (\Delta t^2 -\pi)]$$

$$\text{Dimana, } \pi = 3,14, \quad y''_0 = 31,033, \quad \Delta t = 0,05$$

$$a_0 = \frac{1}{2} [((0,5x(3,14 + 3,14)x31,033x(3,14 + 3,14)X(0,05^2x(3,14 + 3,14)))]$$

$$a_0 = 4,803776$$

B.1.b. Simpangan $y_0'' = (-y_{b_0}'' - \omega^2 \cdot y_0)$

$$a_0 = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(y_0') dx, \text{ dimana } y_0'' = (-y_{b_0}'' - \omega^2 \cdot y_0)$$

$$a_0 = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(-y_{b_0}'' - \omega^2 \cdot y_0) dx, \quad a_0 = \frac{1}{2} [((-y_{b_0}''x) - (\omega^2x) \cdot (y_0x))]_{-\pi}^{\pi}$$

Dimana, $\pi = 3,14$, $y''_{b_1} = 31,033$, $y_0 = 4,8034$, $\omega = 12,36$

$$, \quad a_0 = \frac{1}{2} [((-31,033 \cdot x) - (12,36^2x)x(4,8034x))]_{-\pi}^{\pi},$$

$$a_0 = \frac{1}{2} ((-31,033 \times 6,28)) - ((12,36^2x(3,14 + 3,14)x(4,8034x(3,14 + 3,14))) =$$

$$\frac{1}{2} ((2833,2962) - (28942,8402))$$

$$a_0 = \frac{1}{2} [(-61,544)] = -30,772$$

B.1.c. Simpangan $y_1'' = (-y_{b_1}'' - \omega^2 \cdot y_1)$

$$a_0 = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(y_1') dx, \text{ dimana } y_1'' = (-y_{b_1}'' - \omega^2 \cdot y_1)$$

$$a_0 = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(-y_{b_2}'' - \omega^2 \cdot y_1) dx, \quad a_0 = \frac{1}{2} [((-y_{b_2}''x) - (\omega^2x) \cdot (y_1x))]_{-\pi}^{\pi}$$

Dimana, $\pi = 3,14$, $y''_{b_2} = 52,267$, $y_1 = 32,3628$, $\omega = 12,36$

$$a_0 = \frac{1}{2} [((-52,267 \cdot x) - (12,36^2x) \cdot (32,3628x))]_{-\pi}^{\pi},$$

$$a_0 = \frac{1}{2} [((-52,267x(3,14 + 3,14)) - (12,36^2x(3,14 + 3,14))x(32,3628x(3,14 + 3,14)))]$$

$$= \frac{1}{2} [(-52,267 \times 6,28) - ((12,36^2 \times 6,28) \times (32,3628 \times 6,28))]$$

$$a_0 = \frac{1}{2} [(-328,2368) - (194985,6912)] = -97656,9640$$

B.1.d. Simpangan $y_{1+1} = 2y_1 - y_{i-1} + y_1'' \cdot \Delta t^2$

$$a_0 = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(y_{1+1}) dx, \text{ dimana } y_{1+1} = 2y_1 - y_{i-1} + y_1'' \cdot \Delta t^2$$

$$a_0 = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(2y_1 - y_{i-1} + y_1'' \cdot \Delta t^2) dx, \quad a_0 = \frac{1}{2} [(2y_1 x) - (y_{i-1} x) + (y_1'' \cdot \Delta t^2 x)]_{-\pi}^{\pi}$$

$$\text{Dimana, } \pi = 3,14; y_1 = 4,805776; y_{i-1} = 0; y_1'' = -97656,96395; \Delta t = 0,05$$

$$a_0 \frac{1}{2} [(2 \times 4,8058 \times (3,14 + 3,14)) - (0 \times (3,14 + 3,14)) + (-97656,96400 \times 0,05^2) \times (3,14 + 3,14)]$$

$$a_0 = \frac{1}{2} [(60,3608) - (0) + (-1533,2143)] = -736,43946$$

B.2.Langkah Kedua Menentukan a_n

$$a_n = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nx dx$$

B.2.a.Simpangan $y_1 = 0,5 \cdot y''_0 \Delta t^2$

$$a_n = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nx dx, \text{ dimana } y_1 = 0,5 \cdot y''_0 \Delta t^2$$

$$a_n = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(0,5 \cdot y''_0 \Delta t^2) \cos nx dx, \quad a_n = \frac{1}{2} [(0,5x) \cdot (y''_0 x) \cdot (\Delta t^2 x) \sin \pi x]_{-\pi}^{\pi}$$

$$a_n = \frac{1}{2} [(0,5 \cdot \pi) \cdot (y''_0 \pi) \cdot (\Delta t^2 \pi)] - [(0,5 \cdot -\pi) \cdot (y''_0 -\pi) \cdot (\Delta t^2 -\pi) \cdot \sin \pi(2\pi)]$$

$$\text{Dimana, } \pi = 3,14, y''_0 = 9,8, \Delta t = 0,00$$

$$a_n = \frac{1}{2} [(0,5 \cdot 6,28) \cdot (9,8 \cdot 6,28) \cdot (0,00^2 \cdot 6,28)] (\sin 3,14 \cdot (6,28))$$

$$a_n = \frac{1}{2} [(0,00)],$$

$$a_n = 0,00000$$

B.2.b. Simpangan $y_0'' = (-y_{b0}'' - \omega^2 \cdot y_0)$

$$a_n = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(-y_{b0}'' - \omega^2 \cdot y_0) \cos \pi x dx, \quad a_n = \frac{1}{2} [(-y_{b0}'' * x) - (\omega^2 x * y_{0x}) \sin \pi x]_{-\pi}^{\pi}$$

$$\text{Dimana, } \pi = 3,14, \quad y''_{b0} = 9,80, \quad y_0(a_0) = 0, \quad \omega = 12,36$$

$$a_n = \frac{1}{2} [(-9,8 * (3,14 + 3,14)) - (12,36^2 (3,14 + 3,14) * 0(3,14 + 3,14)) \sin \pi * (3,14 + 3,14)]$$

$$a_n = \frac{1}{2} [(-61,544) - (0)], \quad a_n = -30,772$$

B.2.c. Simpangan $y_1'' = (-y_{b1}'' - \omega^2 \cdot y_1)$

$$a_n = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nx dx,$$

$$a_n = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(-y_{b1}'' - \omega^2 \cdot y_1) \cos nx dx,$$

$$a_n = \frac{1}{2} [((-y_{b1}'' * x) - (\omega^2 x) \cdot (y_{1x})) \sin \pi x]_{-\pi}^{\pi}$$

$$\text{Dimana, } \pi = 3,14, \quad y''_{b1} = 31,033, \quad y_1 = 4,8037756, \quad \omega = 12,36$$

$$a_n = \frac{1}{2} [((-31,033 * (3,14 + 3,14)) - (12,36^2 * (3,14 + 3,14)) * (4,8037756 * 6,28)) * \sin 3,14 (6,28)]$$

$$a_n = \frac{1}{2} [(-194,887) - (28942,69319 * 0,05478 * 6,28)],$$

$$a_n = -5075,85$$

B.2.d. Simpangan $y_{i+1} = 2y_i - y_{i-1} + y_1'' \cdot \Delta t^2$

$$a_n = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nx \, dx ,$$

$$a_n = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(y_1 + 1) \cos nx \, dx ,$$

$$a_n = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(2y_1 - y_i - 1 + y_1'' \cdot \Delta t^2) \cos nx \, dx ,$$

$$a_n = \frac{1}{2} [((2y_1 x) - (y_i - x) + (y_1'' \cdot \Delta t^2)x * \sin \pi x))]_{-\pi}^{\pi}$$

Dimana , $\pi = 3,14$, $y_1 = 0$, $y_{i-1} = 0$, $y_1'' = -14568,7915$, $\Delta t = 0,00$

$$a_n =$$

$$\frac{1}{2} [((2x_0 x (3,14 + 3,14)) - (0 x (3,14 + 3,14)) +$$

$$(-14568,7915 \cdot 0^2) * (3,14 + 3,14) * \sin \pi * (3,14 +$$

$$3,14)x))]$$

$$a_n = \frac{1}{2} [(0) - (0) + (0)] \quad a_n = 0,000$$

B.3, Langkah Ketiga Menentukan b_n

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin nx \, dx$$

B.3.a. Simpangan $y_1 = 0,5 \cdot y_0'' \Delta t^2$,

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(y_1) \sin nx \, dx , \quad \text{dimana } y_1 = 0,5 \cdot y_0'' \Delta t^2 ,$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(0,5 \cdot y_0'' \Delta t^2) \sin nx \, dx$$

$$b_n = \frac{1}{2} [(0,5x) \cdot (y''_0 x) \cdot (\Delta t^2 x) * -\cos \pi x]_{-\pi}^{\pi}$$

$$b_n = \frac{1}{2} [((0,5 \cdot \pi) \cdot (y''_0 \pi) \cdot (\Delta t^2 \pi)) - ((0,5 \cdot -\pi) \cdot (y''_0 -\pi) \cdot (\Delta t^2 -\pi) \cdot -\cos \pi (2 * \pi))]]$$

$$\text{Dimana , } \pi = 3,14 \text{ , } y''_0 = 9,8, \Delta t = 0,00$$

$$b_n = \frac{1}{2} [((0,5x(3,14 + 3,14))x(9,8 x(3,14 + 3,14) x (0,0^2 x (3,14 + 3,14))x(-\cos 3,14 * (2 * 3,14)))]$$

$$b_n = \frac{1}{2} [((3,14))x(61,544)x(0,00)x(-6,27057))] ,$$

$$\mathbf{b_n = 0,00}$$

B.3.b. Simpangan $y_0'' = (-y_{b0}'' - \omega^2 \cdot y_0)$

$$b_n = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(-y_{b0}'' - \omega^2 \cdot y_0) \sin \pi x dx \text{ , } b_n = \frac{1}{2} [(-y_{b0}'' * x) - (\omega^2 x * y_0 x) - \cos \pi x]_{-\pi}^{\pi}$$

$$\text{Dimana , } \pi = 3,14 \text{ , } y''_{b0} = 9,8, y_0 = 0, \omega = 12,36$$

$$b_n = \frac{1}{2} [(-9,8 * (3,14 + 3,14)) - (12,36^2 (3,14 + 3,14) * 0(3,14 + 3,14)) - \cos \pi * (3,14 + 3,14)]$$

$$b_n = \frac{1}{2} [(-61,544) - (0)] , \quad b_n = -30,772$$

B.3.c. Simpangan $y_1'' = (-y_{b1}'' - \omega^2 \cdot y_1)$

$$b_n = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin nx dx ,$$

$$b_n = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(-y_{b1}'' - \omega^2 \cdot y_1) \sin nx dx ,$$

$$b_n = \frac{1}{2} [((-y_{b1}'' x) - (\omega^2 x) \cdot (y_1 x)) - \cos \pi x]_{-\pi}^{\pi}$$

Dimana , $\pi = 3,14$, $y''b_1 = 31,033$, $y_1 = 4,8037756$, $\omega = 12,36$

$$b_n = \frac{1}{2} [((-31,033x(3,14 + 3,14)) - (12,36^2x(3,14 + 3,14))x(4,8037756x(3,14 + 3,14)x - \cos 3,14x(3,14 + 3,14))] = \frac{1}{2} [(-31,033 \times 6,28) - ((12,36^2 \times 6,28) \times (4,80377 \times 6,28)) \times (-0,9985 \times 6,28)]$$

$$b_n = \frac{1}{2} [(-194.887) - (-181487,4731)] = 90646,2925$$

B.3.d. Simpangan . $y_{1+1} = 2y_1 - y_{i-1} + y_1'' \cdot \Delta t^2$

$$b_n = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin nx \, dx ,$$

$$b_n = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(y_1 + 1) \sin nx \, dx ,$$

$$b_n = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} f(2y_1 - y_i - 1 + y_1'' \cdot \Delta t^2) \sin nx \, dx ,$$

$$b_n = \frac{1}{2} [((2y_1x) - (y_i - i x) + (y_1'' \cdot \Delta t^2)x * -\cos \pi x))]_{-\pi}^{\pi}$$

Dimana , $\pi = 3,14$, $y_1 = 0$, $y_{i-1} = 0$, $y_1'' = -14568,79015$, $\Delta t = 0,00$

$$b_n = \frac{1}{2} [(2 * 0,0 * (3,14 + 3,14)) - (0,00 * (3,14 + 3,14)) + (-14568,79015 * .0,0^2) * (3,14 + 3,14) * -\cos \pi * (3,14 + 3,14)x)]$$

$$b_n = \frac{1}{2} [(0) - (0) + (0)], \quad b_n = 0,00$$

B.4, Penyelesaian Metoda Deret Fourier Series pada Struktur SDOF Tanpa Redaman (Undamped)

Dari perhitungan diatas, maka dapat dilanjutkan untuk penyelesaian metoda direct Fourier dengan tabel sebagai berikut

Tabel 4.2 Respon struktur SDOF dengan Deret Fourier Series

No	Δt	$\cdot y$	$\cdot a_0$	$\cdot a_n$	$\cdot b_n$	$\cdot f_n$
1	0,00	$\cdot y_0$	-30,772	-30,772	-30,772	-92,316
		$\cdot y_1$	0	0	0,000	0,0000
		$\cdot y_1''$	-14568,79	-5075,85	90646,2925	71001,6525
		$\cdot y_{i+1}$	0	0	0	0,000
2	0,05	$\cdot y_0$	-14568,79	-5075,85	90646,2925	71001,6
		$\cdot y_1$	4,803775579	0,000667245	30,12245907	34,92301
		$\cdot y_1''$	-97656,9640	33703,5	611172,569	547219,105
		$\cdot y_{i+1}$	-736,4394564	11,82702998	795,6249669	71,01258
3	0,10	$\cdot y_0$	-97656,9640	-33703,5	611172,569	479812,105
		$\cdot y_1$	32,36283159	0,008990405	202,9337245	235,30554
			-308702,28	-106351	1934064,36	

		$\cdot y_1''$	-9505,096846	342,8415941	9866,866423	1519011,08
		$\cdot y_{i+1}$				704,6111
4	0,15	$\cdot y_0$	-308702,28	-106351	1934064,36	1519011,08
		$\cdot y_1$	102,3973688	0,042669032	-	744,53093
		$\cdot y_1''$	91437,4248	31481,39	1934064,36	2028650,175
		$\cdot y_{i+1}$	7001,490249	895,3179464	-	13805,73599

No	Δt	$\cdot y$	$\cdot a_0$	$\cdot a_n$	$\cdot b_n$	$\cdot f_n$
5	0,20	$\cdot y_0$	91437,4248	31481,39	-573086,02	-450167
		$\cdot y_1$	-30,33996112	0,016856902	190,2491534	159,92640
		$\cdot y_1''$	1142794,72	393344,3	-573086,02	963053
		$\cdot y_{i+1}$	143022,9539	7350,785513	143831,7767	294205,5161
6	0,25	$\cdot y_0$	1142794,72	393344,3	-7163748,4	1536139,02
		$\cdot y_1$	-379,249514	0,263389088	2378,114417	1999,12880
		$\cdot y_1''$	-2468233,5	-849421	15473899,6	12156245,1
		$\cdot y_{i+1}$	-486677,2429	28821,34878	481377,8177	461521,9236
7	0,30	$\cdot y_0$	-2468233,5	-849421	15473899,6	12156245,1

		$\cdot y_1$	819,1789502	0,682704515	-	5136,727142	5956,58879
		$\cdot y_1''$	-1119791,1	-385330		7020621,14	5515500,04
		$\cdot y_{i+1}$	-310117,6826	11000,00641	-	322313,5777	23195,90151
8	0,35	$\cdot y_0$	-1119791,1	-385330		7020621,14	5515500,04
		$\cdot y_1$	371,6645237	0,361369828	-	2330,552129	2702,5780
		$\cdot y_1''$	1462537,22	503240,6		-9169838	-7204060,1
		$\cdot y_{i+1}$	562326,7719	30579,13875	-	561959,2619	1154865,173
No	Δt	$\cdot y$	$\cdot a_0$	$\cdot a_n$	$\cdot b_n$	$\cdot f_n$	
9	0,40	$\cdot y_0$	1462537,22	503240,6	-9169838	-7204060,1	
		$\cdot y_1$	-485,4393779	0,539420851	-	3043,986454	2559,08649
		$\cdot y_1''$	5552948,39	1910619		-34816851	-27353284
		$\cdot y_{i+1}$	2785585,685	148609,7277	-	2789832,155	5724027,568
10	0,45	$\cdot y_0$	5552948,39	1910619	-34816851	-27353283	
		$\cdot y_1$	-1843,152638	2,304127737	-	11557,63607	9716,78756
		$\cdot y_1''$	1142563,93	393113,5		-7163979,2	-5628301,7
		$\cdot y_{i+1}$	716448,5546	29746,91128	-	735460,2435	1481655,709
11	0,50	$\cdot y_0$	1142563,93	393113,5	-7163979,2	-5628301,7	

		$\cdot y_1$	-379,249514	0,526778175	2378,114417	1999,3914#
		$\cdot y_1''$	-5529944,8	-1902605	34673723,9	27241173,7
		$\cdot y_{i+1}$		-		234694,647
			-4337600,847	234394,5325	4337900,962	
12	0,55	$\cdot y_0$	-5529944,8	-1902605	34673723,9	27241174,1
		$\cdot y_1$	1835,567648	2,804567004	11510,07378	13348,446
		$\cdot y_1''$	3290516,41	1132099	-20632328	-16209713
		$\cdot y_{i+1}$	3138215,224	183932,9348	3108090,562	6430238,721

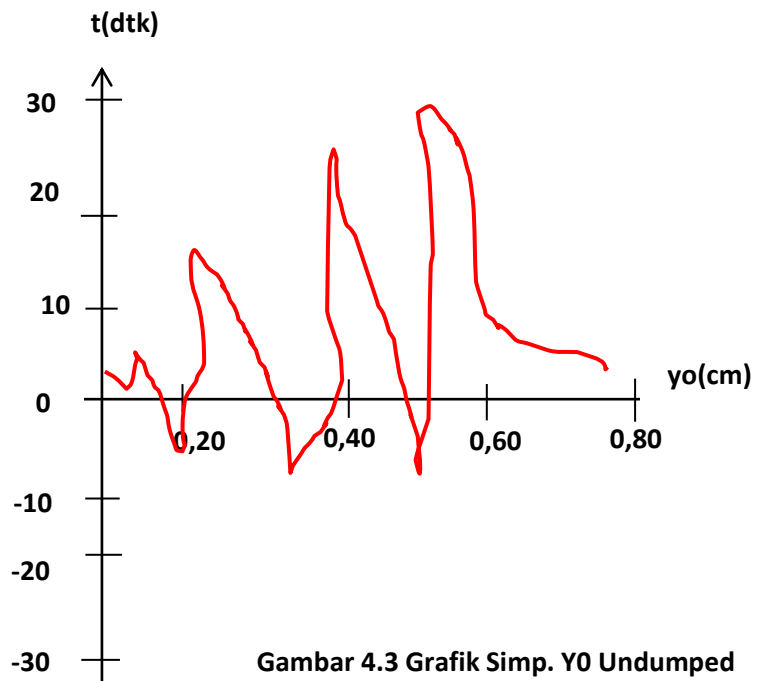
No	Δt	$\cdot y$	$\cdot a_0$	$\cdot a_n$	$\cdot b_n$	$\cdot f_n$
13	0,60	$\cdot y_0$	3290516,41	1132099	-20632328	-162097
		$\cdot y_1$	-1092,2386	1,820545373	6848,969522	5758,5515
		$\cdot y_1''$	-965439,98	-332154	6053588,96	5054940,98
		$\cdot y_{i+1}$	-1103956,292	72406,18181	1077073,41	45523,2998
14	0,65	$\cdot y_0$	-965439,98	-332154	6053588,96	4755994.98
		$\cdot y_1$	320,4658393	0,578665825	2009,506683	2330,55118
		$\cdot y_1''$	-6718054,3	-2311286	42124419,2	33095078,9
		$\cdot y_{i+1}$	-8907064,632	482784,9671	8904580,181	8490300,516

15	0,70	.yo	-6718054,3	-2311286	42124419,2	33095078,9
		.y1	2229,987142	4,336437937	13983,31277	16217,636
		.y1''	0	0	0	0,00
		.yi=1	12998,05652	12998,05652	12998,05652	38994,16956

Tabel 4.3 Perhitungan Simpangan Tanpa Redaman yo dengan Deret Fourier Series

No	t (dtk)	a0 (cm)	an (cm)	bn (cm)	y0 (cm)
1	0,00	-30,772	-30,772	-30,772	-92,316
2	0,05	-14568,790	-5075,853	90646,293	71001,649
3	0,10	-97656,964	-33703,451	611172,569	479812,154
4	0,15	-308702,279	-106350,658	1934064,362	1519011,424
5	0,20	91437,425	31481,389	-573086,024	-450167,211
6	0,25	1142794,718	393344,269	-7163748,399	-5627609,412
7	0,30	-2468233,495	-849420,526	15473899,636	12156245,615
8	0,35	-1119791,118	-385329,678	7020621,136	5515500,340
9	0,40	1462537,217	503240,643	-9169837,972	-7204060,112
10	0,45	5552948,389	1910619,208	-34816851,157	27353283,559
11	0,50	1142563,928	393113,479	-7163979,189	-5628301,782
12	0,55	-5529944,789	-1902604,617	34673723,895	27241174,488
13	0,60	3290516,414	1132099,121	-20632327,762	16209712,227
14	0,65	-965439,978	-332154,349	6053588,955	4755994,628
15	0,70	-6718054,337	-2311285,698	42124419,188	33095079,153
16	0,75	0,000	0,000	0,000	0,000

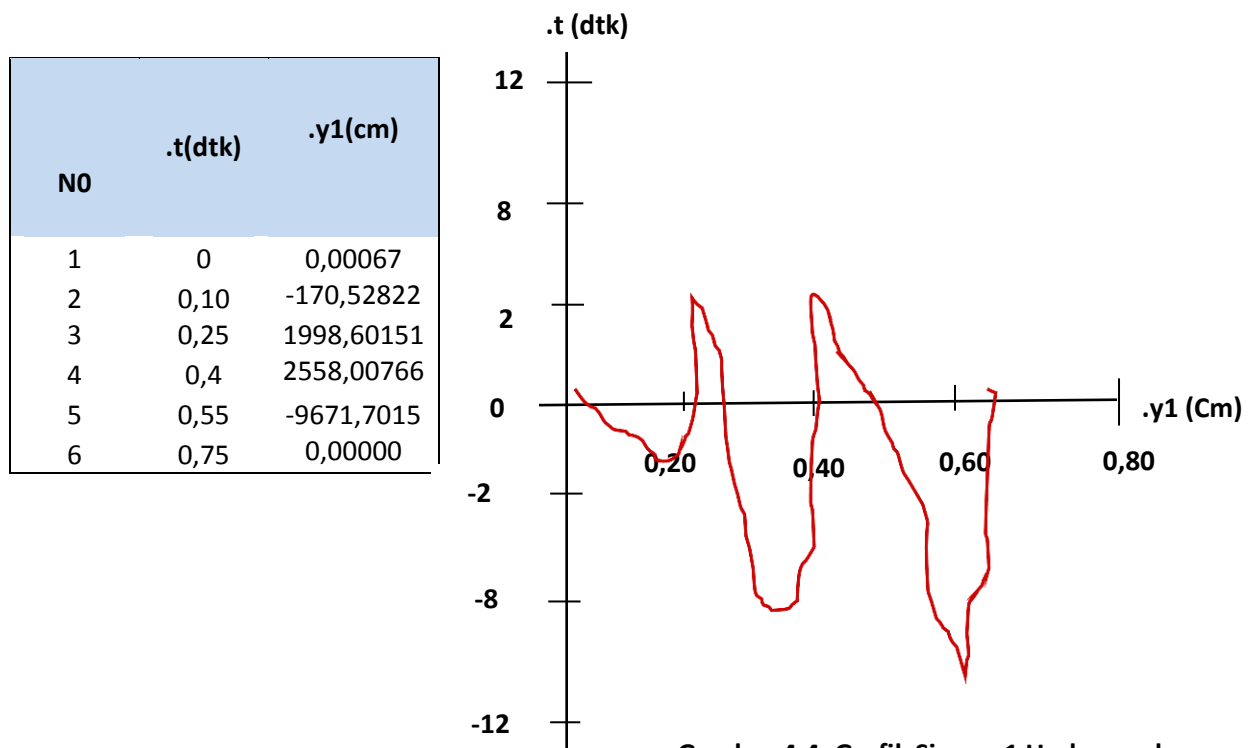
No	t(dtk)	yo(cm)
1	0,00	-92,316000
2	0,10	479812,154142
3	0,25	-5627609,411896
4	0,40	-7204060,112027
5	0,55	27241174,487976
6	0,75	0,000000



Gambar 4.3 Grafik Simp. Y0 Undumped

Tabel 4.4 Perhitungan Simpangan y1 dengan Deret Fourier Series

N0	t (dtk)	.ao (cm)	.an (cm)	.bn (cm)	y1 (cm)
1	0,00	0	0,00067	0	0,000667
2	0,05	4,80378	0,00899	-30,1225	-25,3097
3	0,10	32,36283	0,04267	-202,934	-170,528
4	0,15	102,39737	0,04267	-642,091	-539,651
5	0,20	-30,33996	-0,01686	-642,091	-672,448
6	0,25	-379,24951	-0,26339	2378,114	1998,602
7	0,30	819,17895	0,68270	-5136,73	-4316,87
8	0,35	371,66452	0,36137	-2330,55	-1958,53
9	0,40	-485,43938	-0,53942	3043,986	2558,008
10	0,45	-1843,15264	-2,30413	11557,64	9712,179
11	0,50	-379,24951	-0,52678	2378,114	1998,338
12	0,55	1835,56765	2,80457	-11510,1	-9671,7
13	0,60	-1092,23860	-1,82055	6848,97	5754,91
14	0,65	320,46584	0,57867	-2009,51	-1688,46
15	0,70	2229,98714	4,33644	-13983,3	-11749
16	0,75	0	0	0	0

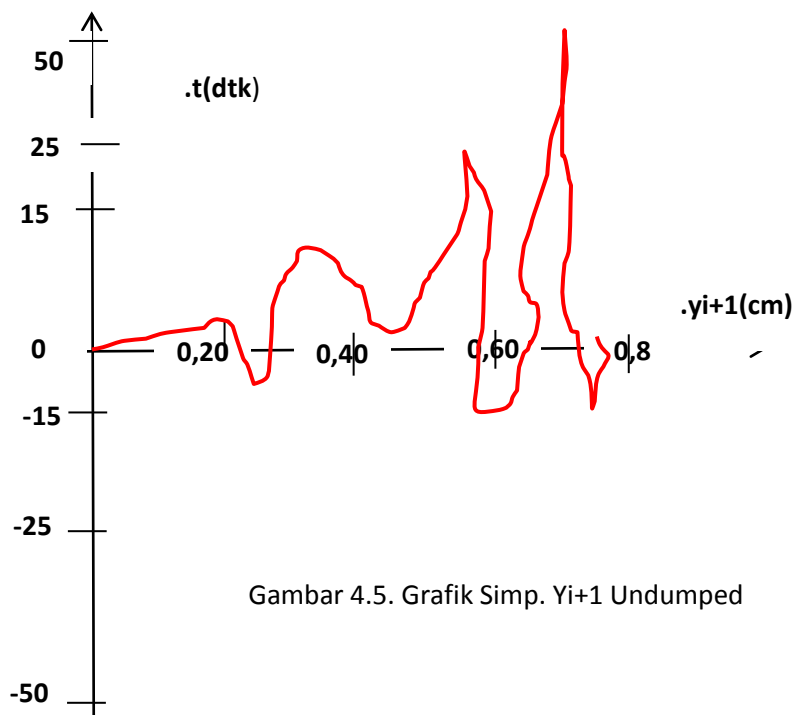


Gambar 4.4. Grafik Simp. y1 Undumped

Tabel 4.5. Perhitungan Simpangan y_{i+1} dengan Deret Fourier Series

No	t (cm)	.a0 (cm)	.an(cm)	.bn (cm)	.yi=1 (cm)
1	0,00	0	0	0	0
2	0,05	-736,439	-11,827	795,625	47,358
3	0,10	-9505,097	-342,842	9866,866	18,928
4	0,15	7001,490	895,318	-5908,928	1987,880
5	0,20	143022,954	7350,786	-143831,777	6541,963
6	0,25	-486677,243	-28821,349	481377,818	-34120,774
7	0,30	-310117,683	-11000,006	322313,578	1195,889
8	0,35	562326,772	30579,139	-561959,262	30946,649
9	0,40	2785585,685	148609,728	-2789832,155	144363,258
10	0,45	716448,555	29746,911	-735460,244	10735,222
11	0,50	-4337600,847	-234394,532	4337900,962	234094,418
12	0,55	3138215,224	183932,935	-3108090,562	214057,597
13	0,60	-1103956,292	-72406,182	1077073,410	-99289,063
14	0,65	-8907064,632	-482784,967	8904580,181	485269,418
15	0,70	12998,057	12998,057	12998,057	38994,170
16	0,75	-7002,160	-7002,160	-7002,160	-21006,479

No	t (dtk)	yi+1(cm)
1	0,00	0,000
2	0,10	18,928
3	0,25	-34120,774
4	0,40	144363,258
5	0,55	214057,597
6	0,75	-21006,479



Gambar 4.5. Grafik Simp. Yi+1 Undamped

B.5, Penyelesaian Metoda Deret Fourier Series pada Struktur SDOF Dengan Redaman (Damped)

Simpangan Horizontal dinyatakan dengan ekspansi deret sinus ganda

$$.y_i''(x,y) = \sum_{m=1}^n \sum_{n=1}^{\infty} y_i'' \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi}{b}, \dots \dots \dots (4.1)$$

Simpangan rata - rata dalam ekspansi deret sinus ganda

$$.y_i(x,y) = \sum_{m=1}^n \sum_{n=1}^{\infty} y_i \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi}{b}, \dots \dots \dots (4.2)$$

Bentuk umum Persamaan Diferensial pelat dari J.L. Lagrange (1811)

$$\frac{\delta^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\delta^4 w}{\partial y^4} = \frac{y_i}{y_{i''}}, \dots \dots \dots (4.3)$$

Substitusi persamaan (2.32) ke persamaan (2.33)

$$\frac{\delta^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\delta^4 w}{\partial y^4} = \frac{1}{y_{i''}} \sum_{m=1}^n \sum_{n=1}^{\infty} y_{imn} \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} \dots\dots\dots(4.5)$$

Persamaan (2.31) dideferensial parsialkan hingga turunan keempat dan substitusi ke persamaan (2.34)

$$y_{i_{mn}} \left(\frac{m^4 \eta^4}{a^4} + 2 \frac{m^2 n^2 \eta^4}{a^2 b^2} + \frac{n^4 \eta^4}{b^4} \right) \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} = \frac{1}{y_{i''}} y_{imn} \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} \dots\dots\dots (4.6)$$

$$\text{Sehingga : } y_{i_{mn}} = \frac{y_{imn}}{y_{i''} \eta^4 [(m^2/a^2) + (n^2/b^2)]^2} , \dots\dots\dots(4.7)$$

Substitusi ke persamaan (2.32)

$$y_i(x,y) = \frac{1}{y_{i''} \eta^4} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{y_{imn}}{[(\frac{m}{a})^2 + (\frac{n}{b})^2]^2} \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} , \dots\dots\dots(4.8)$$

y_{imn} dari persamaan (2.34) adalah koefisien simpangan dalam deret fourier series ,
hal ini dapat diperoleh sebagai berikut :

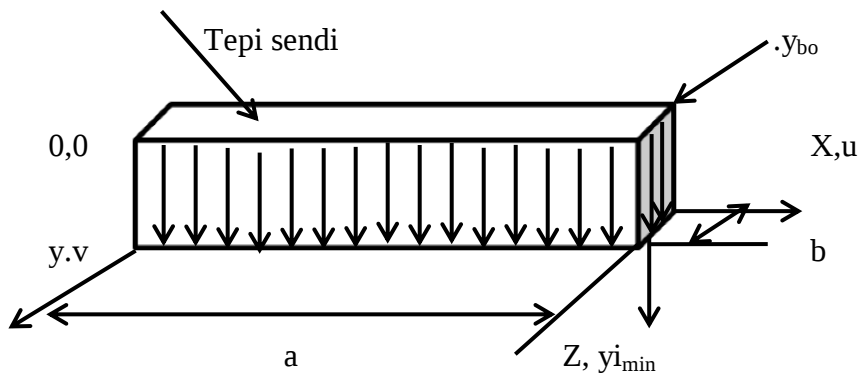
Untuk kasus simpangan merata dimana $y_i(x,y) = y_{bi}$, dengan $F_{mn} = y_{i_{mn}}$ dan $f(x,y) = y_{bo}$

$$y_{i_{mn}} = \frac{4y_{bi}}{ab} \int \sin \frac{m\pi x}{a} dx \int \sin \frac{n\pi y}{b} dy , \dots\dots\dots (4.9)$$

$$y_{i_{mn}} = \frac{4y_{bi}}{ab} \cdot a/m\pi \left[-\cos \frac{m\pi x}{a} \right]_0^a \cdot b/n\pi \left[-\cos \frac{n\pi y}{b} \right]_0^b$$

$$\begin{cases} y_{i_{mn}} = \frac{16 ybi}{\pi^2 mn} & \longrightarrow \text{untuk } m, n \text{ ganjil} \\ y_{i_{mn}} = 0 & \longrightarrow \text{untuk } m, n \text{ genap} \end{cases}$$

Konstanta m dan n ganjil diperoleh



Gambar 4.6. Pelat balok sederhana

$$y_{i_{mn}} = \frac{16 ybi}{\pi^2 mn}, \dots\dots\dots (4.10)$$

Simpangan (y_i) :

$$y_i(x,y) = \frac{16 ybi}{y_{i'''} \pi^6} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin\left(\frac{m\pi x}{a}\right) \cdot \sin\left(\frac{n\pi y}{b}\right)}{mn \left[\left(\frac{m^2}{a^2}\right) + \left(\frac{n^2}{b^2}\right) \right]^2}, \dots\dots\dots (4.11)$$

Simpangan maksimum pada $x = y = a/2$

$$y_i(x,y) = \frac{16 ybi a^4}{y_{i'''} \pi^6} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin\left(\frac{m\pi}{2}\right) \cdot \sin\left(\frac{n\pi}{2}\right)}{mn [(m^2) + (n^2)]^2}$$

Dengan substitusi :

.m = 1; n = 1,3,5m = 3 ; n = 1,3,5m=5; n = 1,3,5

$\sin 1.\pi/2 = 1$, $\sin 3.\pi/2 = -1$, $\sin 5\pi/2 = 1$, $\sin 7\pi = -1$

$$y_1(x,y) = \frac{16 y_{b1} a^4}{y_1'' \pi^6} \times 2,500.10^{-1} = 0,00417 \frac{y_{b1} a^4}{y_1''}, \dots\dots\dots(4.12)$$

$$y_0(x,y) = \frac{16 y_{b0} a^4}{y_0'' \pi^6} \times 2,500.10^{-1} = 0,00417 \frac{y_{b0} a^4}{y_0''}$$

Perhitungan Simpangan Minimum , (y_1'')

$$y_1'' = \frac{16 y_{b1} a^4}{y_1'' \pi^6} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{[(m^2)+\omega(n^2)]\sin\left(\frac{m\pi}{2}\right).\sin\left(\frac{n\pi}{2}\right)}{mn[(m^2)+(n^2)]^2}$$

$$y_1'' = \frac{16 y_{b0} a^4}{y_0'' \pi^6} \times 3,34 = 0,0558 \frac{y_{b0} a^4}{y_0''}, \dots\dots\dots(4.13)$$

Perhitungan Simpangan Maximum (y_{1+1}'')

$$y_{1+1}'' = \frac{16 y_{b1} a^4}{y_1'' \pi^6} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{[1-\omega]\sin\left(\frac{m\pi}{2}\right).\sin\left(\frac{n\pi}{2}\right)}{mn[(m^2)+(n^2)]^2}$$

$$y_{1+1}'' = \frac{16 y_{b1} a^4}{y_1'' \pi^6} \times (-2,84) = -0,0474 \frac{y_{b1} a^4}{y_1'' \pi^6} \quad (2.43)$$

B.5.a.Perhitungan Simpangan $y_0(x,y) = \frac{16 y_{b0} a^4}{y_0'' \pi^6} \times 2,500.10^{-1} = 0,00417 \frac{y_{b0} a^4}{y_0''}$

Dimana $y_{b0} = 31,003$. ; $y_0'' = -0,0123$; $a = t = 0,05$

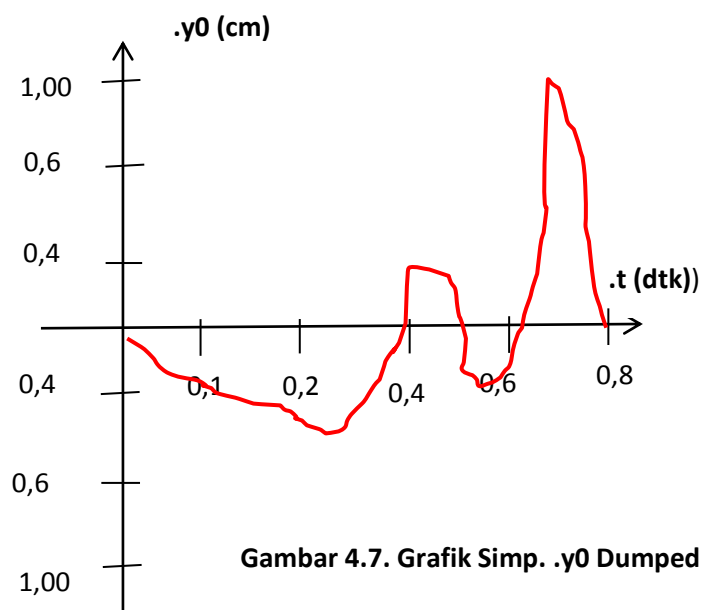
$$y_0(x,y) = 0,00417 \frac{31,003 \times 0,005^4}{-0,0123}$$

$$y_0(x,y) = 66.10^{-4}$$

Tabel 4.6 Perhitungan Simpangan y_0 (x,y) dengan Redaman (Dumped)

N0	a	C	yb0	y0''	.y0
1	0,00	0,0042	9,8	0	0
2	0,05	0,0042	31,033	-0,0123	-6,6E-05
3	0,10	0,0042	52,267	-0,0974	-0,00022
4	0,15	0,0042	73,5	-0,276	-0,00056
5	0,20	0,0042	-12,25	0,5711	-0,00014
6	0,25	0,0042	-98	-0,5555	0,002874
7	0,30	0,0042	147	-0,1208	-0,0411
8	0,35	0,0042	49	-0,0075	-0,40883
9	0,40	0,0042	-49	-0,0138	0,379047
10	0,45	0,0042	-147	0,1077	-0,23339
11	0,50	0,0042	-24,5	0,0655	-0,09749
12	0,55	0,0042	98	0,3658	0,102228
13	0,60	0,0042	-49	0,5876	-0,04507
14	0,65	0,0042	12,25	0,3398	0,026835
15	0,70	0,0042	73,5	0,0847	0,868825
16	0,75	0,0042	0	0	0

N0	,t(dtk)	.y0(CM)
1	0,00	0
2	0,10	0,000223771
3	0,25	0,002873678
4	0,40	0,379046957
5	0,55	0,102227841
6	0,75	0



Gambar 4.7. Grafik Simp. y_0 Dumped

B.5.b. Perhitungan Simpangan Minimum , (y_1'') = $\frac{16 y_{b0} a^4}{y_0'' \pi^6} \times 3,34 = 0,0558$

$$\frac{y_{b0} a^4}{y_0''}$$

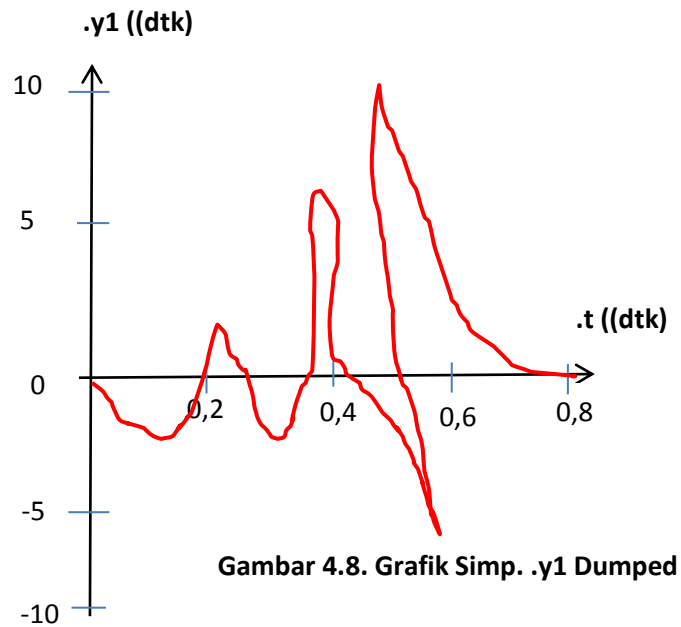
Dimana $y_{b0} = 31,003$. ; $y_0'' = -0,0123$; $a = t = 0,05$; $\pi = 3,14$

$$(y_1'') = 0,0558 \frac{31,003 \cdot 0,05^4}{0,0123} = 91 \cdot 10^{-4}$$

Tabel 4.7 Perhitungan Simpangan y_1'' dengan Redaman (Dumped)

NO	a	C	y_{b0}	y_0	y_1''
1	0,00	0,0058	9,8	0	0
2	0,05	0,0058	31,033	-0,0123	-9,1E-05
3	0,10	0,0058	52,267	-0,0974	-0,00031
4	0,15	0,0058	73,5	-0,276	-0,00078
5	0,20	0,0058	-12,25	0,5711	-0,0002
6	0,25	0,0058	-98	-0,5555	0,003997
7	0,30	0,0058	147	-0,1208	-0,05717
8	0,35	0,0058	49	-0,0075	-0,56864
9	0,40	0,0058	-49	-0,0138	0,527212
10	0,45	0,0058	-147	0,1077	-0,32462
11	0,50	0,0058	-24,5	0,0655	-0,13559
12	0,55	0,0058	98	0,3658	0,142187
13	0,60	0,0058	-49	0,5876	-0,06268
14	0,65	0,0058	12,25	0,3398	0,037325
15	0,70	0,0058	73,5	0,0847	1,208437
16	0,75	0,0058	0		0

NO	.t(dtk)	.y1(cm)
1	0	0,00067
2	0,1	-170,52822
3	0,25	1998,60151
4	0,4	2558,00766
5	0,55	-9671,7015
6	0,75	0,00000



- **B.5.c. Perhitungan Simpangan Maximum (y_{1+1}'')** $= \frac{16 y_{b0} a^4}{y_0'' \pi^6} \times (-2,84) =$

$$-0,00417 \frac{y_{b0} a^4}{y_0'' \pi^6}$$

Dimana $y_{b0} = 31,003$. ; $y_0'' = -0,0123$; $a = t = 0,05$; $\pi = 3,14$

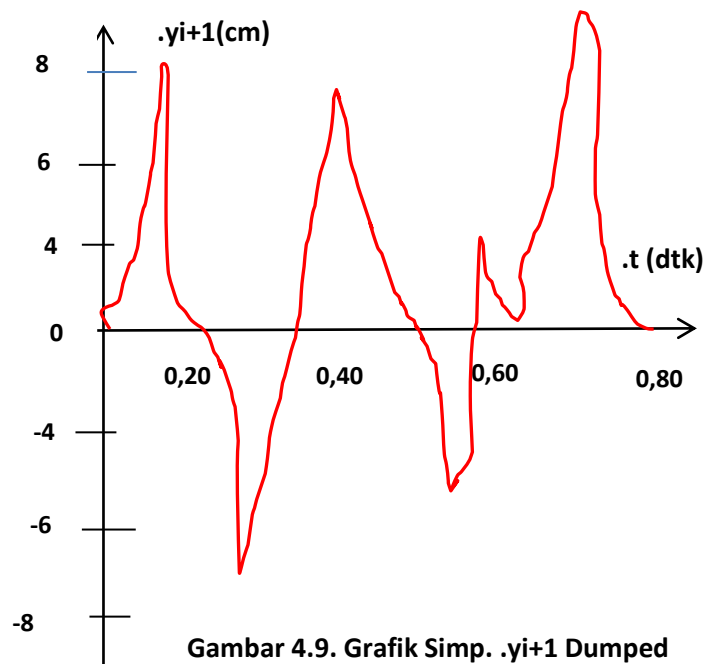
$$(y_{1+1}'') - 0,00417 \frac{31,003 \times 0,05^4}{-0,0123 \times 3,14^6} = 217 \cdot 10^{-9}$$

Tabel 4.8 Perhitungan Simpangan y_{i+1} dengan Redaman (Dumped)

NO	a	.yb1	π	C	y_1''	.yi+1
1	0,00	9,8	3,14	0,0042	0	0
2	0,05	31,033	3,14	0,0042	-0,0123	2,17E-11
3	0,10	52,267	3,14	0,0042	-0,0974	8,24E-10
4	0,15	73,5	3,14	0,0042	-0,276	-6,4E-09
5	0,20	-12,25	3,14	0,0042	0,5711	-6,1E-09
6	0,25	-98	3,14	0,0042	-0,5555	-8,6E-07
7	0,30	147	3,14	0,0042	-0,1208	6,22E-05
8	0,35	49	3,14	0,0042	-0,0075	2,84E-05
9	0,40	-49	3,14	0,0042	-0,0138	8,11E-06
10	0,45	-147	3,14	0,0042	0,1077	8,11E-05
11	0,50	-24,5	3,14	0,0042	0,0655	4,55E-06
12	0,55	98	3,14	0,0042	0,3658	-2E-05

13	0,60	-49	3,14	0,0042	0,5876	2,93E-05
14	0,65	12,25	3,14	0,0042	0,3398	-4,7E-05
15	0,70	73,5	3,14	0,0042	0,0847	0
16	0,75	0	3,14	0,0042		0

No	.t (detik)	.yi+1 (cm)
1	0,00	0
2	0,10	8,23904E-10
3	0,25	-8,61703E-07
4	0,40	8,10772E-06
5	0,55	-2,00853E-05
6	0,75	0



Gambar 4.9. Grafik Simp. y_{i+1} Dumped

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A .KESIMPULAN

Berdasarkan atas pembahasan yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain yaitu :

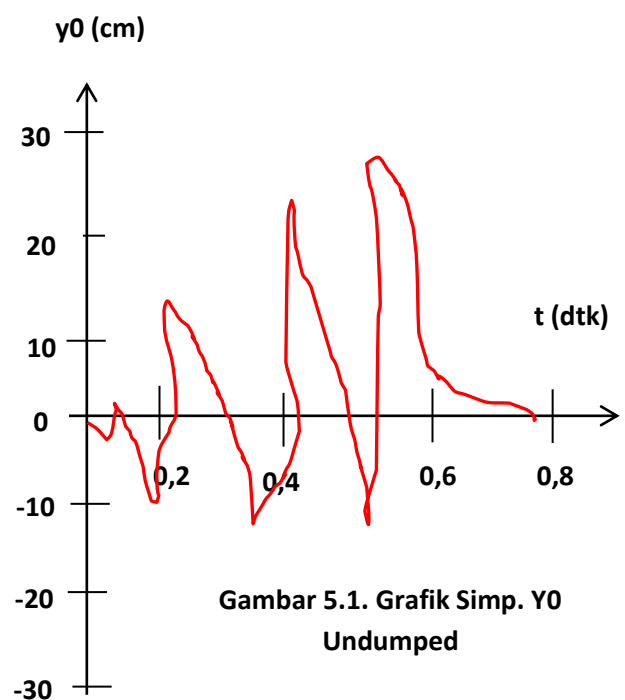
1. Reaksi - reaksi yang timbul pada gedung berlantai satu apabila ditinjau dari segi statika, jepit (fixed), Akibat pemberian gaya luar gempa dinamik merupakan pertimbangan terhadap resiko yang nantinya digunakan sebagai langkah dalam analisa terhadap gempa dinamik. adapun reaksi – reaksi yang timbul adalah sebagai berikut :

- Simpangan Tanpa Redaman (Undamped)

Tabel 5.1 Perhitungan Simpangan Tanpa Redaman y_0 dengan Deret

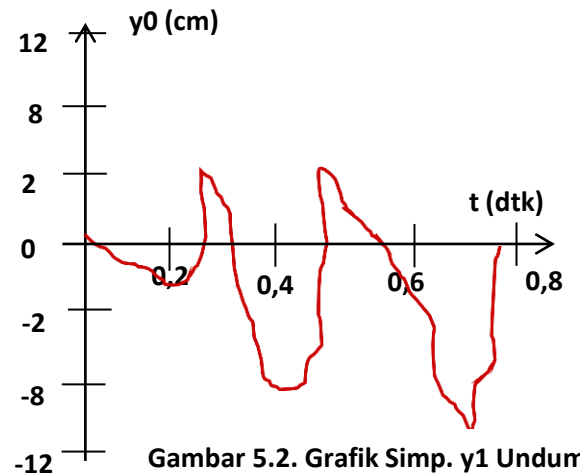
Fourier Series

No	t(dtk)	$y_0(\text{cm})$
1	0,00	-0,0092316000
2	0,10	4,79812,154142
3	0,25	-5,62760941189
4	0,40	-7,20406011202
5	0,55	27,241174487976
6	0,75	0,000000



Tabel 5.2 Perhitungan Simpangan y_1 dengan Deret Fourier Series

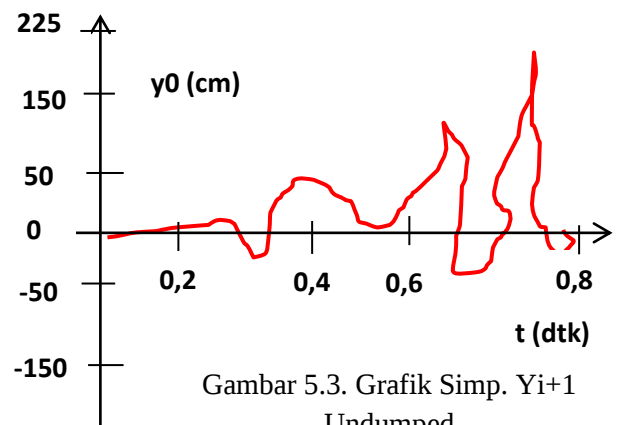
N0	t(dtk)	y1(cm)
1	0	0,00067
2	0,10	-1,7052822
3	0,25	1,99860151
4	0,4	2,55800766
5	0,55	-9,6717015
6	0,75	0,00000



Gambar 5.2. Grafik Simp. y_1 Undumped

Tabel 5.3. Perhitungan Simpangan y_{i+1} dengan Deret Fourier Series

No	t (dtk)	y_{i+1} (cm)
1	0,00	0,000
2	0,10	0,018928
3	0,25	-34,120774
4	0,40	144,363258
5	0,55	214,057597
6	0,75	-21,006479

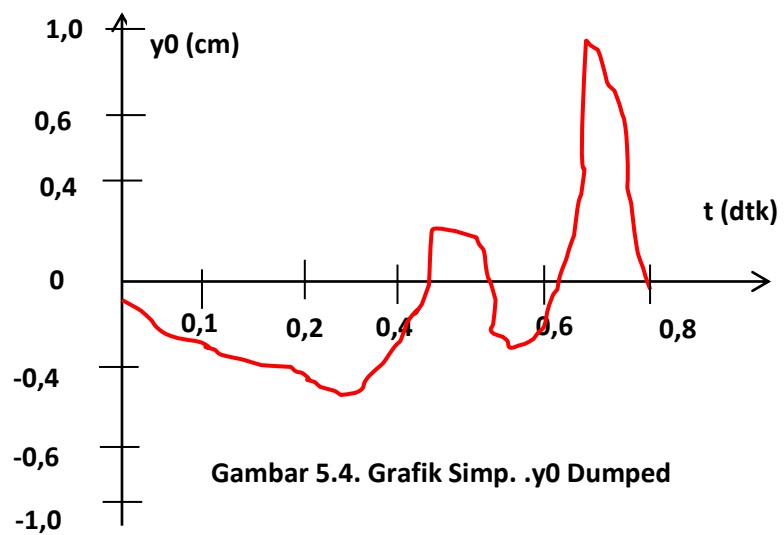


Gambar 5.3. Grafik Simp. y_{i+1} Undumped

- Simpangan Dengan Redaman (Damped)

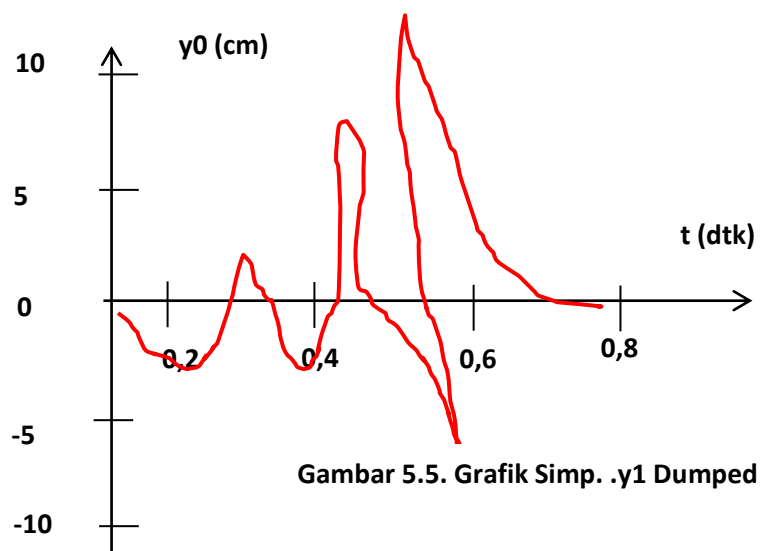
Tabel 5.4. Perhitungan Simpangan y_0 (x,y) dengan Redaman (Dumped)

N0	,t(dtk)	.y0(CM)
1	0,00	0
2	0,10	0,000223771
3	0,25	0,002873678
4	0,40	0,379046957
5	0,55	0,102227841
6	0,75	0



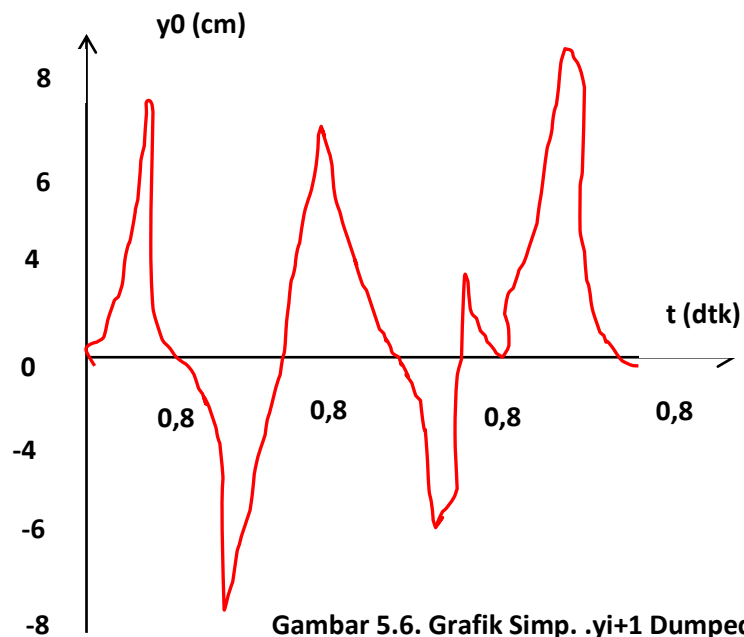
Tabel 5.5. Perhitungan Simpangan y_1 dengan Redaman (Dumped)

NO	.t(dtk)	.y1(cm)
1	0	0,00067
2	0,1	-170,52822
3	0,25	1998,60151
4	0,4	2558,00766
5	0,55	-9671,70157
6	0,75	0,00000



Tabel 5.6. Perhitungan Simpangan y_{i+1} dengan Redaman (Damped)

No	.t (detik)	.yi+1 (cm)
1	0,00	0
2	0,10	8,23904E-10
3	0,25	-8,61703E-07
4	0,40	8,10772E-06
5	0,55	-2,00853E-05
6	0,75	0



Gambar 5.6. Grafik Simp. y_{i+1} Damped

2. Perbedaan karekteristik bangunan berlantai satu menurut aksi strukturalnya.

Yaitu

- Respon pada struktur dengan redaman (damped) memperlihatkan grafik periodik getar yang besar dan pendek
- Respon pada struktur tanpa redaman (undamped) memperlihatkan grafik periodik getar yang kecil dan panjang

3. Hasil yang didapatkan dari analisis karakteristik bangunan berlantai satu yang memikul beban gempa adalah dengan pendekatan analisa simpangan secara numerik, dengan menggunakan diagram Duktalitas simpangan/Displacement ductility yang memberikan informasi dan nilai yang hampir relatif sama terhadap perubahan output dengan metoda deret fourier series akibat berubahnya variabel – variable input

B . SARAN – SARAN

Prinsip dasar solusi persamaan diferensial gempa dinamik dengan menggunakan deret fourier series menyatakan fungsi simpangan $y_0'' = f(x,y)$, dengan deret tak terhingga yang terdiri dari suku – suku sinus dan cosinus, dimana fungsi semula $y_0'' = f(x,y)$, dapat diganti dengan superposisi suku – suku sinus dan cosinus tersebut.

Sebaiknya untuk kasus yang dipilih dengan ekspansi jangkauan sinus dan cosinus harus berdasar pada kondisi geometri (portal simetris, misalnya) dimana simpangan pada periode getaran pertama sama dengan nol ($y_0'' = 0$)

DAFTAR PUSTAKA

Alisjahbana. W. Sofia. 2016. *Metoda Elemen Hingga*. Yogyakarta

Teknosan

Ashad Hanafi 2013. *Bahan Kuliah Analisa Struktur* : Makassar Universitas Muslim Indonesia

D. Shandy (2015), *Analisa Struktur dengan Massa dan Kekuatan Tingkat Tinggi Dengan Deret Fourier* (Study Kasus Pembangunan Gedung Kuliah Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi Manado): Jurnal Fakultas Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Hutahaeen Yohanes Chandra. 2015. *Metode Elemen Hingga*. Yogyakarta : Graha Ilmu

H.M.Stat (2016), *Analisa Deret Fourier Untuk Menentukan Kekuatan dan Redaman Struktur* (Studi Kasus Pembangunan Hotel Swiss Bell In Surabaya) Jurnal Fakultas Teknik Sipil Universitas Airlangga Surabaya

Imam. 1999 *Manajemen Proyek* , Jakarta : PT. Gelora Aksara Pratama.

I Made Ariana 2017, *Aplikasi Metoda Deret Fourier Pada Struktur Rangka Batang* : Jurnal Fakultas Teknik Sipil Universitas Udayana Bali

Moleong Lexy J. 2004. *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Bandung Remaja Rosdakarya

Muhidin sirat. 2006. Metoda penelitian adalah suatu cara memilih masalah dan Penentuan judul penelitian

Nasution. Amrinsyah. 2010. *Metoda Elemen Hingga*. Bandung : Institut Teknologi bandung

Pinem . Daud.Mhd . 2010. *Analisa Struktur Dengan Metoda Elemen Hingga*. Bandung. Rekayasa Sains

Pawirodikromo widodo. 2017. *Analisa Dinamik Struktur*, Pustaka Pelajar

Ritz J George, 1994 . construction project Management, New York Mc. Graw Hill

Sugiyono. 2010. *Metoda Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantatif, Kualitatif Dan R & D*. Bandung : Alfabeta

Simon Patabang.ST.MT(2016).*Analisa SDOF dengan Beban Harmonik Tanpa Redaman Pada Portal Dengan Deret Fourier* : Jurnal Fakultas Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara Medan

Stefanus Winda .H (2010) , *Analisa Dinamik Elastik Dengan Pendekatan Deret Fourier* (Studi Kasus Pembangunan Gedung Kuliah Pasca Sarjana Universitas Islam Bandung : Jurnal Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Bandung

Wijaya. Usman . Tavo. 2018. *Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja* .Yogyakarta. Andi

Winarno, Surakhmad. 2004, *Pengantar Penelitian Ilmiah, Dasar, Metoda dan Teknik*. Bandung: Tarsito

Jurnal Penelitian dan kajian Bidang teknik Sipil, Vol 2 No 1, April 2017.
Program Studi Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana dan Jurusan Sipil
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya , Palembang