

SKRIPSI
ANALISA NON-LINEAR PERILAKU *BASE ISOLATION*
DAN PENGARUHNYA PADA BANGUNAN TIDAK BERATURAN
TINGKAT RENDAH AKIBAT BEBAN DINAMIS

(study kasus : Novotel Resort, Sentul City Bogor Jawa Barat)

OLEH :
MARCHEL CORPUTTY
NIM 1253057004

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA

2015

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **Marchel Alvreeno Corputty**
NIM : **1253057004**
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Universitas : Universitas Kristen Indonesia

Menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul, “**Analisa Non-Linear Perilaku *Base Isolation* Dan Pengaruhnya Pada Bangunan Tidak Beraturan Tingkat Rendah Akibat *Beban Dinamis*”**, adalah hasil karya saya sendiri dan bukan jiplakan dari karya orang lain.

Jika kemudian hari ada yang tidak sesuai dengan pernyataan di atas, maka penulis bersedia untuk mempertanggungjawabkannya.

Jakarta, 27 Agustus 2015

Marchel Alvreeno Corputty



LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**ANALISA NON-LINEAR PERILAKU *BASE ISOLATION*
DAN PENGARUHNYA PADA BANGUNAN TIDAK BERATURAN
TINGKAT RENDAH AKIBAT BEBAN DINAMIS**

(study kasus : Novotel Resort, Sentul City Bogor Jawa Barat)

Disusun Oleh :

Marchel Alvreno Corputty

1253057004

Jakarta, 27 Agustus 2015

Mengesahkan

Mengetahui

Ir. Pinondang S., MT
Dosen Pembimbing

Ir. Risma M. S., M eng
Kaprodi Teknik Sipil

HALAMAN PENGUJIAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh

Nama : **Marchel Alvreno Corputty**
NIM : **1253057004**
Program Studi : **Teknik Sipil**
Judul Skripsi : **Analisa Non-Linear Perilaku *Base Isolation* Dan Pengaruhnya
Pada Bangunan Tidak Beraturan Tingkat Rendah Akibat Beban Dinamis**

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Ketua : Ir. Risma M. S., ME (_____)

Pembimbing : Ir. Pinondang S., MT (_____)

Anggota : Ir. Setiadi., MT (_____)

Ditetapkan di Jakarta

Tanggal 27 Agustus 2015

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya persembahkan kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah melimpahkan Berkah, Pengharapan, Kasih, dan Anugerah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**Analisa Non-Linear Perilaku Base Isolation dan Pengaruh Pada Bangunan Tidak Beraturan Tingkat Rendah Akibat Beban Dinamis**”.

Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan yang wajib ditempuh oleh semua mahasiswa/mahasiswi Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Jakarta sehingga dapat memperoleh gelar Sarjana.

Tugas akhir ini dapat penulis selesaikan berkat bimbingan dan arahan dari dosen pembimbing dan semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya tugas akhir ini. Oleh karena itu melalui kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. **Ir. Risma Simanjuntak, M.Eng**, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil UKI.
2. **Prof. Ika Bali, Ph.D** selaku dosen pembimbing akademik.
3. **Ir. Pinondang Simanjuntak, MT** selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, pikiran untuk saya dalam penulisan skripsi ini.
4. Bapak Rohedi dan Bapak Ade selaku petugas kelas Alih Program FT UKI telah memberikan kontribusi yang baik dan motivasi bagi penulis.
5. Papa, Mama, dan Adikku tercinta yang tak henti-hentinya memberikan doa, bimbingan, kasih sayang, dan perhatian.
6. Merry Corputty dan Ika Saputra sebagai orang tua wali saya di Depok, terimakasih untuk kebaikan dan dukungan yang luar biasa bagi saya.

7. Steve Corputty dan Atiek Corputty sebagai orang tua wali saya di Bekasi, terima kasih untuk nasihat dan motivasi yang diberikan oleh kalian.
8. Buat teman-teman date Depok JPCC, terima kasih untuk motivasi, doa, dan semangat yang diberikan oleh kalian.
9. Tiffany Layan sebagai pacar, sahabat, yang telah banyak memberi dukungan bagi saya dan semangat untuk saya disaat jenuh dan tidak ada ide dalam mengerjakan skripsi ini.
10. Buat teman-teman seperjuangan Alih Program dan bimbingan Daniel, James, Owin, Irman dan Putu, pasti ada gunanya belajar ANSYS.

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis telah berusaha dengan segenap kemampuan yang ada. Namun penulis menyadari sepenuhnya bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan dari pembaca demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.

Pada akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca khususnya insan teknik sipil dan semua pihak pada umumnya.

Jakarta, 25 Agustus 2015

Penulis

ABSTRAK

Salah satu upaya untuk mengurangi kerusakan akibat gempa bumi terhadap struktur adalah dengan mengembangkan desain struktur menggunakan system isolasi dasar pada bangunan (base isolated structure). Pada skripsi ini akan ditinjau system isolasi HDRB dan FPS, mekanisme kerja HDRB adalah menggunakan karet berlempengan baja di dalamnya, kegunaan karet adalah untuk mengurangi getaran gempa sedangkan lempengan baja digunakan untuk menambah kekakuan bantalan karet sehingga defleksi dan deformasi bangunan saat bertumpu di adari pendulum untuk memperpanjang periode alami struktur sehingga dapat terlindungi dari gaya gempa. Analisa ini digunakan untuk mengkaji penggunaan base isolator (HDRB dan FPS) bila dibandingkan dengan bangunan tanpa isolator (fixed base). Dari output SAP2000 penggunaan base isolator dapat memperkecil interstory drift pada bangunan dan memperbesar periode alami struktur, dari Output ANSYS Workbench ternyata struktur yang lebih efektif adalah base isolator (HDRB dan FPS), tetapi lebih mendalam lagi Friction Pendulum System (FPS) memiliki perpindahan (displacement) yang besar karena adanya koefisien friksi.

Kata Kunci : Base Isolation, HDRB, FPS, SAP2000, ANSYS Workbench.

ABSTRACT

One effort to reduce earthquake damage to the structure is to develop the design of structures using base isolation system in the building (base isolated structures). In this thesis will be reviewed system isolation HDRB and FPS, the working mechanism HDRB is using rubber berlempengan steel in it, the usefulness of the rubber is to reduce the tremor while the steel plates used to increase the stiffness of the rubber pads so that the deflection and deformation of the building while resting on rubber pads are not big. Mechanism of action of FPS is to menggunakan characteristics of the pendulum to extend the natural period so that the structure can be protected from earthquake forces. This analysis is used to assess the use of the base insulator (HDRB and FPS) when compared to buildings without insulator (fixed base). Of output SAP2000 use of base isolators to minimize Interstory drift in buildings and increase the natural period of the structure, from Output ANSYS Workbench turned out to structure the more effective is the base insulator (HDRB and FPS), but are more deeply Friction Pendulum System (FPS) has a displacement (displacement) is large because of the friction coefficient.

Keyword : Base Isolation, HDRB, FPS, SAP2000, ANSYS Workbench.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PENGUJIAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK/ <i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Permasalahan	4
1.3. Tujuan Penulisan.....	4
1.4. Metodologi Penelitian	5
1.5. Hypotesis.....	5
1.6. Batasan Masalah.....	6
1.7. Sistematika Penulisan.....	6
BAB 2. STUDI LITERATUR.....	8
2.1. Pendahuluan	8
2.1.1. Klasifikasi Berdasarkan Struktur.....	9
2.1.2. Klasifikasi Gaya Luar.....	9
2.2. Gempa Bumi	10
2.2.1. Gelombang Gempa.....	14
2.2.2. Skala Kekuatan Gempa	16

2.2.3. Hubungan Antara Skala Kekuatan Gempa.....	19
2.3. Peredam Struktur.....	20
2.3.1. Metode-Metode Kontrol Struktur.....	20
2.4. Respon Struktur dengan Isolator.....	23
2.5. Perkembangan Base Isolator.....	27
2.6. Sistem Dinamik.....	33
2.6.1. Sistem Dinamik dengan Satu Derajat Kebebasan.....	34
2.6.2. Sistem Dinamik dengan Banyak Derajat Kebebasan.....	36
2.7. Analisa Struktur Dinamik.....	37
2.8. Analisa Struktur Dinamik Riwayat Waktu <i>Non Linear (Non Linear Time History Analysis)</i>	38
2.8.1. Respon <i>Single Degree Of Freedom</i> Dengan Kekakuan Non Linear.....	41
2.8.2. Respon <i>Multi Degree Of Freedom</i> Dengan Kekakuan Non Linear.....	49
2.9. Standar Perencanaan.....	52
2.9.1. SNI 1726-2012.....	52
2.9.2. International Building Code (IBC) 2000.....	54
2.10. Pendekatan Penyelesaian Analisis.....	55
2.10.1. SAP2000.....	55
2.10.1.1. Fasilitas SAP2000.....	56
2.10.2. SolidWorks.....	57
2.10.3. ANSYS Workbench.....	57
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	59
3.1. Diagram Alir Penulisan.....	59
3.1.1. <i>Layout</i> Bangunan.....	60
3.1.2. Data Komponen Struktur.....	64
3.1.3. Standart <i>Property Material</i>	66
3.1.4. Pembebanan Struktur.....	67
3.1.5. Analisa Riwayat Waktu.....	68

3.2. Modelisasi Struktur	69
3.3. Modelisasi Base Isolator	70
3.3.1. <i>Base Isolation</i> (HDRB)	71
3.3.2. <i>Base Isolation</i> (FPS).....	73
BAB 4. HASIL DAN ANALISA	75
4.1. Penyelesaian SAP2000.....	75
4.1.1. Defenisi <i>Time History</i> dan <i>Base Isolation</i> SAP2000	75
4.1.2. Defenisi Tipe Analisis <i>Time History</i> (<i>non-linear</i>).....	79
4.1.3. Penentuan Massa Struktur, Pelat Diafragma, dan Kombinasi Pembebanan	81
4.2. Output Spesifik <i>Time History</i> SAP2000	84
4.2.1. Gaya Geser Tingkat.....	84
4.2.2. Simpangan (<i>Story Drift</i>)	94
4.2.3. Gaya Geser Dasar (<i>Base Shear</i>)	101
4.2.4. Partisipasi Massa Struktur	105
4.3. Penyelesaian (Pendekatan) dengan ANSYS Workbench 16.0.....	111
4.3.1. Pengaturan Analisis Modal	112
4.3.2. Pengaturan Analisis <i>Respom Spektrum</i>	112
4.3.3. Defenisi Beban dan Perletakan Pada Masing-Masing Geometri Struktur.....	114
4.4. Output ANSYS.....	116
4.4.1. Perilaku dan Deformasi Masing-Masing <i>Base</i> dengna ANSYS Workbench.....	117
4.4.2. Prosedur Desain <i>Base Isolator</i> dengan Peraturan UBC-97	132
4.4.3. Perbandingan Kinerja Berbagai Isolator	135
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	139
5.1. Kesimpulan	139
5.2. Saran.....	140

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Kerusakan Gempa Jogja (2006) dan Mentawai (2010)	1
Gambar 2.1. Struktur Lapisan Bumi.....	11
Gambar 2.2. Sejarah Perubahan Peta Bumi.....	12
Gambar 2.3. Bentuk Perbatasan Antar Pelat Tektonik	13
Gambar 2.4. Tipe Patahan	13
Gambar 2.5. Gelombang Primer (<i>P Wave</i>).....	14
Gambar 2.6. Gelombang Sekunder (<i>S Wave</i>)	15
Gambar 2.7. Gelombang Rayleigh	15
Gambar 2.8. Gelombang Love.....	16
Gambar 2.9. Contoh Skala Modified Mercalli	18
Gambar 2.10. Metode Kontrol Struktur.....	20
Gambar 2.11. Struktur <i>Fixed Base</i> dan <i>Base Isolated</i>	23
Gambar 2.12. Deformasi Struktur <i>Fixed Base</i> dan <i>Base Isolated</i>	24
Gambar 2.13. Struktur Satu Lantai Perletakan Jepit dan Terisolasi	24
Gambar 2.14. Desain Spektrum pada Struktur <i>Fixed Base</i> dan Terisolasi.....	26
Gambar 2.15. <i>Base Isolator</i> Tipe <i>Elastrometric Bearing</i>	27
Gambar 2.16. <i>Lead Plug Bearing</i>	29
Gambar 2.17. <i>High Damping Natural Bearing</i>	30
Gambar 2.18. Base Isolator tipe <i>Sliding/Roller</i>	30
Gambar 2.19. <i>Friction Pendulum Isolation</i>	32
Gambar 2.20. <i>Base Isolation</i> GERB	33
Gambar 2.21. Pemodelan SDOF dan MDOF	34
Gambar 2.22. Hubungan Tegangan vs Regangan	40
Gambar 2.23. Aplikasi Gaya vs Defleksi Vertikal	40
Gambar 2.24. Plot Gaya Perpindahan dengan Kekakuan (<i>secant stiffnes</i>) linear	42

Gambar 2.25. Plot Gaya-Perpindahan Dengan Kekakuan.....	44
Gambar 2.26. Koefisien C Sebagai Fungsi Dari Periode Natural Dari Getaran dan Koefisien Perkerasa Regangan	48
Gambar 2.27. Faktor Perkurangan Respon Sebagai Fungsi dari Periode Natural dari Getaran.....	49
Gambar 2.28. Tampilan Windows ANSYS Workbench	58
Gambar 3.1. Diagram Alir	59
Gambar 3.2. Denah Basement 2	60
Gambar 3.3. Denah Basement 1	61
Gambar 3.4. Denah Lantai 1	61
Gambar 3.5. Denah Lantai 2.....	62
Gambar 3.6. Denah Tipikal Lt. 2-6.....	62
Gambar 3.7. Denah Lantai Roof.....	63
Gambar 3.8. <i>Section 1</i>	63
Gambar 3.9. <i>Section 2</i>	64
Gambar 3.10. Pemodelan Struktur dengan SAP2000 Tanpa Perletakan.....	71
Gambar 3.11. <i>Isometric Pemodelan Base Isolation HDRB</i> pada SolidWorks.....	72
Gambar 3.12. <i>Section Pemodelan Base Isolation HDRB</i> pada SolidWorks.....	72
Gambar 3.13. <i>Meshing 3d Modelling Base Isolation</i> Pada Program ANSYS.....	73
Gambar 3.14. <i>Isometric Friction Pendulum Mono System</i> pada SolidWork	73
Gambar 3.15. <i>Section Friction Pendulum Mono System</i> pada SolidWork.....	74
Gambar 3.16. <i>Meshing 3d Modeling Friction Pendulum</i> pada Program ANSYS.....	74
Gambar 4.1. <i>Setup Base Isolation HDRB</i> pada SAP2000.....	75
Gambar 4.2. <i>Setup Base Isolation FPS</i> pada SAP2000	75
Gambar 4.3. <i>Input Accelerogram El-Centro</i>	76
Gambar 4.4. <i>Input Accelerogram Friuli</i>	76
Gambar 4.5. <i>Input Accelerogram Athena</i>	78
Gambar 4.6. <i>Input Accelerogram Kobe</i>	78

Gambar 4.7. Kotak Dialog <i>Analysis Case</i>	80
Gambar 4.8. Pemasukan <i>Load Data Non-Linear Time History</i> arah X dan Y	80
Gambar 4.9. <i>Define Mass Source</i> untuk Contoh Model	81
Gambar 4.10. Perubahan Bidang Tampilan	82
Gambar 4.11. <i>Diaphragm Constrain</i>	83
Gambar 4.12. Input Kombinasi Gempa TH.....	83
Gambar 4.13. Portal yang Ditinjau	85
Gambar 4.14. Grafik Diagram Geser El-centro dan Friulli (<i>Fixed Base</i>)	86
Gambar 4.15. Grafik Diagram Geser Athena dan Kobe (<i>Fixed Base</i>)	87
Gambar 4.16. Grafik Diagram Geser El-centro dan Friuli HDRB	89
Gambar 4.17. Grafik Diagram Geser Athena dan Kobe HDRB.....	89
Gambar 4.18. Grafik Diagram Geser El-centro dan Friuli FPS	91
Gambar 4.19. Grafik Diagram Geser Athena dan Kobe FPS	91
Gambar 4.20. Grafik Superimpose Gaya Geser pada Keempat Gempa dan 3 Struktur Berbeda	93
Gambar 4.21. Grafik Simpangan <i>Fixed Base</i> pada El-centro.....	95
Gambar 4.22. Grafik Simpangan <i>Fixed Base</i> pada Friuli.....	95
Gambar 4.23. Grafik Simpangan <i>Fixed Base</i> pada Athena	96
Gambar 4.24. Grafik Simpangan <i>Fixed Base</i> pada Kobe	96
Gambar 4.25. Grafik Simpangan HDRB pada El-Centro.....	97
Gambar 4.26. Grafik Simpangan HDRB pada Friuli	97
Gambar 4.27. Grafik Simpangan HDRB pada Athena.....	98
Gambar 4.28. Grafik Simpangan HDRB pada Kobe.....	98
Gambar 4.29. Grafik Simpangan FPS pada El-Centro	99
Gambar 4.30. Grafik Simpangan FPS pada Friuli	99
Gambar 4.31. Grafik Simpangan FPS pada Athena	100
Gambar 4.32. Grafik Simpangan FPS pada Kobe	100

Gambar 4.33. Grafik Mode Partisipasi <i>Maximum Fixed Base UX</i>	108
Gambar 4.34. Grafik Mode Partisipasi <i>Maximum HDRB UX</i>	109
Gambar 4.35. Grafik Mode Partisipasi <i>Maximum FPS UX</i>	110
Gambar 4.36. Dua Analisis yang Dipakai untuk Perilaku Dinamik <i>Base Isolation</i>	111
Gambar 4.37. <i>Setup</i> Untuk Analisis <i>Modal Base Isolation</i>	112
Gambar 4.38. <i>Setup</i> Untuk Analisis <i>Respon Spektrum Base Isolation</i>	113
Gambar 4.39. <i>Input Data</i> Percepatan Puncak Batuan <i>Respon Spektrum (Frekuensi Vs Acceleraton)</i> Wilayah Bogor	114
Gambar 4.40. Pendekatan Pemodelan Kolom Portal 3d As (D-G) Struktur <i>Fix Based</i>	114
Gambar 4.41. Pendekatan Pemodelan Kolom Portal 3d As (D-G) HDRB	115
Gambar 4.42. Pendekatan Pemodelan Kolom Portal 3d As (D-G) FPS.....	116
Gambar 4.43. Kontribusi Amplitudo Maksimum Untuk Setiap Mode Pada <i>Fix Based</i>	119
Gambar 4.44. Deformasi Total Pada <i>Fix Based</i>	119
Gambar 4.45. Tegangan Normal Pada <i>Fix Based</i>	120
Gambar 4.46. Tegangan Geser Pada <i>Fix Based</i>	121
Gambar 4.47. Tegangan Equivalen Pada <i>Fix Based</i>	121
Gambar 4.48. Regangan Normal Eastis Pada <i>Fix Based</i>	122
Gambar 4.49. Kontribusi Amplitudo Maksimum Untuk Setiap Mode Pada HDRB.....	124
Gambar 4.50. Tegangan Normal Pada HDRB.....	125
Gambar 4.51. Tegangan Geser Pada HDRB.....	126
Gambar 4.52. Tegangan Equivalen Pada HDRB.....	127
Gambar 4.53. Regangan Normal Elastis Pada HDRB.....	127
Gambar 4.54. Kontribusi Amplitudo Maksimum Untuk Setiap Mode Pada FPS	129
Gambar 4.55. Tegangan Normal Pada FPS	130
Gambar 4.56. Tegangan Geser Pada FPS	131
Gambar 4.57. Tegangan Equivalen Pada FPS	131
Gambar 4.58. Regangan Normal Elastis pada FPS	132

Gambar 4.59. Grafik Perbandingan Deformasi Isolator	136
Gambar 4.60. Grafik Perbandingan Tegangan Normal Isolator	137
Gambar 4.61. Grafik Perbandingan Tegangan Geser Isolator	137
Gambar 4.62. Grafik Perbandingan Regangan Normal Elastis pada FPS	138

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Gaya Geser Kolom <i>Fixed Base</i> As (D-G)	84
Tabel 4.2. Gaya Geser Kolom HDRB As (D-G)	86
Tabel 4.3. Gaya Geser Kolom FPS As (D-G).....	88
Tabel 4.4. Simpangan Tingkat <i>Fixed Base</i> As (D-G).....	92
Tabel 4.5. Simpangan Tingkat HDRB As (D-G).....	95
Tabel 4.6. Simpangan Tingkat FPS As (D-G)	97
Tabel 4.7. Perbandingan Periode Pola Getar pada Variasi Base	103
Tabel 4.8. Mode Partisipasi Massa Pada <i>Fixed Base</i> (UX).....	105
Tabel 4.9. Mode Partisipasi Massa Pada HDRB (UX)	106
Tabel 4.10. Mode Partisipasi Massa Pada FPS (UX).....	108
Tabel 4.11. <i>Solver Output X Direction Fixed Base</i>	115
Tabel 4.12. <i>Solver Output X Direction HDRB</i>	121
Tabel 4.13. <i>Solver Output X Direction FPS</i>	126
Tabel 4.14. Output Deformasi ANSYS Workbench RS.....	136
Tabel 4.15. Output Tegangan Normal ANSYS Workbench RS.....	136
Tabel 4.16. Output Tegangan Geser ANSYS Workbench RS.....	137
Tabel 4.17. Output Regangan ANSYS Workbench RS.....	138