

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN
BEBAN PANEL SURYA TERHADAP STRUKTUR STASIUN
LIGHT RAIL TRANSIT RASUNA SAID**

Tugas Akhir Ini Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Program Studi Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil FT UNP



Oleh:

HARRY FERNANDHA

NIM.17323065/2017

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2021**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

TUGAS AKHIR

Judul : Analisis Pengaruh Penambahan Beban Panel Surya
Terhadap Struktur Stasiun *Light Rail Transit* Rasuna Said
Nama : Harry Ferdianha
NIM : 17323065/2017
Program Studi : Teknik Sipil
Jurusan : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

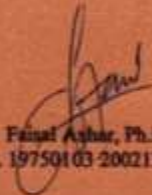
Padang, Mei 2021

Disetujui Oleh:
Dosen Pembimbing



Dr. Eng. Eka Juliazad, S.T., M. Eng.
NIP. 19820730 200912 2 005

Ketua Jurusan



Faisal Asfar, Ph.D.
NIP. 19750103 200213 1 001

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI

Nama : Harry Fernandha

NIM : 17323065/2017

Dinyatakan lulus setelah mempertahankan tugas akhir di depan Tim Penguji
Program Studi Teknik Sipil
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang
Dengan judul
**Analisis Pengaruh Penambahan Beban Panel Surya Terhadap Struktur
Stasiun *Light Rail Transit* Rasuna Said**

Padang, Mei 2021

Tim Penguji

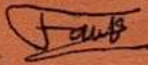
1. Dr. Eng. Eka Juliafad, S.T., M. Eng.

.....


2. Dr. Eng. Nevy Sandra, S.T., M. Eng.

.....


3. Fajri Yusmar, S.T., M.T.

.....


SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Prof Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25171
Telp. (0751) 7059996, FT: (0751) 7055644, 445118 Fax. 7055644
E-mail : info@ft.unp.ac.id

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

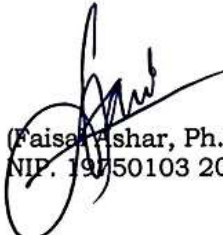
Nama : HARRY FERWANDHA
NIM/TM : 17323065/2017.
Program Studi : SI-TEKNIK SIPIL.
Jurusan : Teknik Sipil
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Skripsi/Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan judul.....ANALISIS PENARUH PENAMBAHAN BEBAN PANEL SURYA TERHADAP STRUKTUR STASIUN LIGHT RAIL TRANSIT RASUNA SAID.....

Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi UNP maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui oleh,
Ketua Jurusan Teknik Sipil


(Faisal Ashar, Ph.D)
NIP. 19750103 200312 1 001

Saya yang menyatakan,



HARRY FERWANDHA

BIODATA

Data Pribadi

Nama Lengkap : Harry Fernandha
Tempat, Tanggal Lahir : Padang, 5 Mei 1999
Agama : Islam
Anak Ke : 3 (Tiga)
Jumlah Bersaudara : 3 (Tiga)
Nama Ayah : Hendri M. Lubis
Nama Ibu : Dra. Irma Surya Hatmi, M.Si.
Alamat : Komplek Parupuk Raya Blok B No. 6, Kelurahan
Parupuk Tabing, Kecamatan Koto Tengah, Kota
Padang, Sumatera Barat.
Nomor Hp : 0852 7442 1767
Email : harryfernandha.hf@gmail.com



Riwayat Pendidikan

SD/MI : SD N 02 Ulak Karang Selatan Padang
SMP/MTs : SMP N 2 Padang
SMA/MA/SMK : SMA N 8 Padang

Tugas Akhir

Judul : Analisis Pengaruh Penambahan Beban Panel Surya
Terhadap Struktur Stasiun *Light Rail Transit*
Rasuna Said
Hari, Tanggal Sidang : Selasa, 1 Juni 2021

ABSTRAK

Harry Fernandha. 2021. Analisis Penambahan Beban Panel Surya Terhadap Struktur Stasiun *Light Rail Transit* Rasuna Said.

Penelitian ini membahas tentang isu perubahan iklim dunia dan pemanasan global menjadi sorotan masyarakat luas, bahkan seluruh dunia mulai berlomba-lomba menyuarkan tentang penyelamatan lingkungan. Penggunaan bahan bakar fosil, polusi udara, sampai kebakaran hutan disebut-sebut sebagai penyebab dari rusaknya lingkungan. Berbagai cara pun digunakan untuk mengurangi efek dari pemanasan global tersebut. Menurut informasi yang dikutip dari laman resmi LRT (*Light Rail Transit*) Jabodebek, “Salah satu keunikan dari LRT (*Light Rail Transit*) Jabodebek adalah desain stasiunnya yang *futuristic* dengan inovasi bahan baku berkonsep ramah lingkungan. Stasiun LRT (*Light Rail Transit*) berlokasi di daerah yang memiliki potensi energi surya yang sangat besar. Penggunaan panel surya sangat cocok diterapkan pada stasiun LRT (*Light Rail Transit*) sebagai bentuk memenuhi syarat bangunan gedung hijau dalam efisiensi penggunaan energi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan beban panel surya pada atap stasiun LRT terhadap strukturnya. Jenis penelitian ini berupa penelitian kuantitatif dengan analisis struktur dilakukan menggunakan bantuan *software* SAP2000 V.16. Penelitian ini masih sangat jarang dilakukan di Indonesia sehingga diharapkan hasil analisis dapat memberikan gambaran prospek pengaplikasian panel surya pada atap stasiun eksisting. Justifikasi ini dapat dilihat dari perilaku struktur stasiun yang akan dianalisis sebelum dan sesudah adanya penambahan panel surya. Hasil dari penelitian ini berupa gaya aksial yang terjadi pada struktur setelah adanya penambahan panel surya pada atap stasiun LRT (*Light Rail Transit*). Gaya tarik maksimum pada struktur sebelum ditambahkannya panel surya pada atap stasiun yaitu sebesar 413,3 kN dan gaya tarik maksimum setelah ditambahkannya panel surya pada atap stasiun sebesar 442,1 kN. Sedangkan untuk gaya tekan maksimum sebelum ditambahkannya panel surya sebesar 377,1 kN dan gaya tekan maksimum sebesar 407 kN setelah adanya penambahan panel surya pada atap stasiun LRT (*Light Rail Transit*). Sehingga persentase perubahan gaya tarik maksimum sebesar 4,4% dan persentase perubahan gaya tekan maksimum sebesar 4% gaya tekan maksimum yang terjadi pada struktur setelah adanya penambahan panel surya pada atap stasiun LRT (*Light Rail Transit*).

Kata Kunci : LRT (*Light Rail Transit*), Bangunan Hijau, Panel surya, Gaya tarik maksimum, Gaya tekan maksimum.

ABSTRACT

Harry Fernandha. 2021. *Analysis of the Addition of Solar Panel Load to the Structure of the Station Light Rail Transit Rasuna Said.*

The issue of world climate change and global warming is in the spotlight of the wider community, even the whole world has started competing to speak about saving the environment. The use of fossil fuels, air pollution, and forest fires is said to be the cause of environmental damage. Various methods are used to reduce the effects of global warming. According to information quoted from the official website of the LRT (Light Rail Transit) station Jabodebek, "One of the uniqueness of the LRT (Light Rail Transit) station Jabodebek is its station design futuristic with innovative eco-friendly raw materials. LRT (Light Rail Transit) station located in areas that have enormous solar energy potential. The use of solar panels is very suitable to be applied to LRT (Light Rail Transit) station as a form of meeting the requirements of green buildings in energy use efficiency. The purpose of this study was to determine the effect of adding the load on the solar panels on the roof of the LRT station on its structure. This type of research is in the form of quantitative research with structural analysis carried out using software SAP2000 V.16. This research is still very rarely carried out in Indonesia so it is hoped that the results of the analysis can provide an overview of the prospects for the application of solar panels on the roof of the existing station. This justification can be seen from the behavior of the station structure to be analyzed before and after the addition of solar panels. The results of this study are axial forces that occur in the structure after the addition of solar panels on the roof of the LRT (Light Rail Transit) station. The maximum tensile force on the structure before adding solar panels to the station roof is 413.3 kN and the maximum tensile force after adding solar panels to the station roof is 442.1 kN. Meanwhile, the maximum compressive force before the addition of solar panels was 377.1 kN and the maximum compressive force was 407 kN after the addition of solar panels on the roof of the LRT (Light Rail Transit) station. So that the percentage change in the maximum tensile force is 4.4% and the percentage change in the maximum compressive force is 4% of the maximum compressive force that occurs in the structure after the addition of solar panels on the roof of the LRT (Light Rail Transit) station.

Keywords : LRT (Light Rail Transit), Green Building, Solar Panel, Maximum tensile force, Maximum compressive force.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya. Selawat beriringan salam penulis ucapkan kepada Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wasallam beserta para sahabatnya yang telah membawa umatnya kealam penuh pengetahuan seperti saat ini. Sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang judul Analisis Pengaruh Penambahan Beban Panel Surya Terhadap Struktur Stasiun *Light Rail Transit* Rasuna Said ini tepat pada waktunya. Selama penulisan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan serta *support* dari berbagai pihak. Sehingga pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terimakasih yang tidak terhingga kepada:

1. Ibu Dr. Eng. Eka Juliafad, S.T., M. Eng. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir ini yang telah banyak memberikan arahan dan ilmu yang bermanfaat kepada penulis sejak awal hingga selesainya Tugas Akhir ini.
2. Bapak Faisal Ashar, S.T., M.T., Ph.D. selaku ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang yang telah memberikan saran yang bersifat membangun.
3. Ibu Dr. Eng. Prima Yane Putri, S.T., M.T. selaku sekretaris Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang yang telah memberikan saran yang bersifat membangun.
4. Ibu Dr. Nevy Sandra, S.T., M. Eng. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran yang bersifat membangun.
5. Bapak Fajri Yusmar, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran yang bersifat membangun.
6. Bapak Totoh Andoyono, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik.
7. Bapak dan ibu dosen serta *staff* Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang yang telah memberikan saran dan jasanya kepada penulis selama mengikuti perkuliahan.

8. Bapak Aroka Aryadeta selaku *Project Manager* di PT. Adhi Persada Gedung.
9. Semua *staff* di PT. Adhi Persada Gedung Lintas Pelayanan 2 yang telah memberikan ilmu dan informasi terkait Tugas Akhir ini.
10. Keluarga kecil Olok-olok yang telah memberikan semangat dan masukan kepada penulis selama pembuatan Tugas Akhir ini.
11. Rekan-rekan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang dan semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat penulis tuliskan satu persatu dalam kata pengantar Tugas Akhir ini
12. Nyonya Tania Meligiatri S.T. yang telah memberikan dukungan dan asupan 4 sehat 5 berlemak selama penulisan Tugas Akhir ini.
13. Teristimewa kepada mama Dra. Irma Surya Hatmi, M.Si, papa Hendri M. Lubis, abang Anantha Marthaon S.E., kakak Risna Hemilia Niami S.E., M.M. yang telah membantu dan memberikan dukungan baik moril maupun materil untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini demi terwujudnya cita-cita penulis.

Meskipun kami sangat berharap bahwa Tugas Akhir ini tidak memiliki kekurangan, namun kami menyadari bahwa Tugas Akhir yang saya buat ini masih jauh dari kata sempurna baik dari segi penyusunan, bahasa, maupun penulisannya. Oleh karena itu, saya mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pembaca guna menjadi acuan agar penulis bisa menjadi lebih baik lagi di masa mendatang. Semoga Tugas Akhir ini bisa menambah wawasan para pembaca dan bisa bermanfaat untuk perkembangan dan peningkatan ilmu pengetahuan.

Padang, Mei 2021

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI.....	ii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	ii
BIODATA.....	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	6
C. Batasan Masalah.....	7
D. Rumusan Masalah	7
E. Tujuan Penelitian	8
F. Manfaat Penelitian	8
BAB II KAJIAN PUSTAKA	10
A. Kajian Teori	10
1. Stasiun	10
2. Struktur Baja.....	12
3. Panel Surya.....	25
4. Konsep Pembebanan	31
5. Struktur Pelengkung.....	50
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	55
A. Tinjauan Umum	55
B. Gambar Struktur.....	56
C. Metode Analisis	56
D. Diagram Alir	59

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	61
A. Deskripsi Umum Struktur	61
B. Pemodelan Struktur.....	64
C. Pembebanan Struktur	76
1. Beban Mati (<i>Dead Load</i>).....	76
2. Beban Hidup (<i>Live Load</i>).....	80
3. Beban Gempa (<i>Earthquake Load</i>).....	84
4. Beban Angin (<i>Wind Load</i>)	89
D. Analisis Struktur	92
E. Validasi Hasil Analisis.....	94
F. Hasil Analisis dan Pembahasan	114
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	118
A. Kesimpulan	118
B. Saran.....	119
DAFTAR PUSTAKA	121
LAMPIRAN.....	123

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta Lokasi Stasiun LRT Rasuna Said	2
Gambar 2. Stasiun LRT Rasuna Said	3
Gambar 3. Terminologi Komoditas Energi	4
Gambar 4. Stasiun	10
Gambar 5. Skematik Stasiun Kecil	11
Gambar 6. Skematik Stasiun Sedang	11
Gambar 7. Skematik Stasiun Besar	12
Gambar 8. Proses Pembuatan Seamless Steel Pipe	22
Gambar 9. Proses Pembuatan Welded Steel Pipe	23
Gambar 10. Freiburg Town Hall	25
Gambar 11. Bagian-bagian Panel Surya	26
Gambar 12. Panel Surya Polikristal	28
Gambar 13. Panel Surya Monokristal	28
Gambar 14. Thin Film Photovoltaic	29
Gambar 15. Panel Surya	30
Gambar 16. Parameter Gerak Tanah S_s	39
Gambar 17. Parameter Gerak Tanah S_1	39
Gambar 18. Spektrum Respons Desain	43
Gambar 19. Reaksi Tumpuan Struktur Pelengkung 3 Sendi	53
Gambar 20. Tampak Isometri Rangka Struktur Stasiun LRT Rasuna Said	56
Gambar 21. Diagram Alir Metode Penelitian	60
Gambar 22. Material Property Data Steel	65
Gambar 23. Material Property Data Concrete	65
Gambar 24. Frame Properties	66
Gambar 25. Frame Section Data	67
Gambar 26. Shell Section Data	67
Gambar 27. Load Patterns	68
Gambar 28. Modify Lateral Load Patterns Earthquake	69
Gambar 29. Define Response Spectrum Data	69

Gambar 30. Define Load Cases	70
Gambar 31. Modify Load Case Earthquake-X.....	70
Gambar 32. Modify Load Case Earthquake-X.....	71
Gambar 33. Define Load Combination	71
Gambar 34. Tampilan Extrude Profile 10” Pada Roof Frame.....	73
Gambar 35. Tampilan Extrude Profil I/WF Pada Platform frame.....	74
Gambar 36. Input Tumpuan Jepit	74
Gambar 37. Penggunaan Tumpuan Jepit pada Pemodelan.....	75
Gambar 38. Assign Frame Releases	75
Gambar 39. Frame Release Struktur/Frame Truss Pada Platform frame	75
Gambar 40. Input beban Mati merata pada roof frame	77
Gambar 41. Display Beban Mati Merata Pada Roof Frame.....	77
Gambar 42. Input Beban Mati Area Pada Platform frame	78
Gambar 43. Display Beban Mati Area Pada Pelat Lantai	78
Gambar 44. Input Beban Mati Merata Pada Platform frame.....	79
Gambar 45. Tampak Sumbu YZ - Display Beban Mati Tambahan Merata Pada Platform frame	79
Gambar 46. Tampak Sumbu XZ - Display Beban Mati Tambahan Merata Pada Platform frame	80
Gambar 47. Input Beban Hidup Area Pada Pelat Lantai.....	81
Gambar 48. Display Beban Hidup Area Pada Pelat Lantai.....	81
Gambar 49. Input Beban Hidup Merata Pada Platform frame	82
Gambar 50. Display Beban Hidup Merata Pada Platform frame	82
Gambar 51. Input Beban Hidup Terpusat Pada Joint Platform frame.....	83
Gambar 52. Tampak Sumbu XZ - Display Beban Mati Terpusat Pada Joint	83
Gambar 53. Tampak Sumbu YZ - Display Beban Mati Terpusat Pada Joint Platform frame	83
Gambar 54. Input Beban Hidup Merata Pada Roof Frame	84
Gambar 55. Display Beban Mati Merata Pada Roof Frame.....	84
Gambar 56. Grafik Spektrum Respon Desain	86
Gambar 57. Grafik Tanah Sedang Spektrum Respon Desain	87

Gambar 58. Koefisien Tekanan Angin	90
Gambar 59. Input Beban Angin Pada Roof Frame.....	91
Gambar 60. Display Beban Wind-Right Pada Roof Frame.....	92
Gambar 61. Run Analysis.....	92
Gambar 62. Steel Frame Preferences	93
Gambar 63. Design Load Combination Selection	94
Gambar 64. Tabel Element Forces Frame	94
Gambar 65. Display Joint Loads	96
Gambar 66. Display Joint Reaction Forces	96
Gambar 67. Gaya Tarik Maksimum Pada Platform Frame Label 1507.....	97
Gambar 68. Steel Stress Check Data Frame 1507.....	98
Gambar 69. Gaya tekan Maksimum Pada Platform Frame Label 135	99
Gambar 70. Gaya tekan Maksimum Pada Platform Frame Label 1505.....	100
Gambar 71. Steel Stress Check Data Frame 1465.....	101
Gambar 72. Gaya tekan Maksimum Pada Platform Frame Label 1210.....	102
Gambar 73. Deformed Max Pada Struktur Eksisting.....	103
Gambar 74. Periode Getar Pada Struktur	104
Gambar 75. Konfigurasi Panel Surya Pada Atap Stasiun LRT	106
Gambar 76. Gaya Tarik Maksimum Pada Platform Frame Label 1507.....	106
Gambar 77. Steel Stress Check Data Frame 1451.....	107
Gambar 78. Gaya tekan Maksimum Pada Platform Frame Label 135	108
Gambar 79. Gaya tekan Maksimum Pada Platform Frame Label 1505.....	109
Gambar 80. Steel Stress Check Data Frame 1507.....	110
Gambar 81. Gaya tekan Maksimum Pada Platform Frame Label 1210.....	111
Gambar 82. Deformed Max Pada Struktur Renovasi.....	112
Gambar 83. Periode Getar Pada Struktur	113
Gambar 84. Posisi Gaya Tekan Maksimum dan Gaya Tarik Maksimum yang Terjadi Pada Struktur	116

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sifat-sifat Mekanis Baja Struktural	13
Tabel 2. Profil Konstruksi Baja, Ir. Rudy Gunawan	23
Tabel 3. Klasifikasi Panel Surya Polikristal Kapasitas 200WP-300WP	30
Tabel 4. Beban Hidup Minimum Merata, L_o dan Beban Hidup Terpusat.....	33
Tabel 5. Kategori Risiko Bangunan Gedung Dan Non gedung untuk Beban Gempa	36
Tabel 6. Faktor Keutamaan Terhadap Gempa.....	38
Tabel 7. Klasifikasi Situs.....	40
Tabel 8. Koefisien Situs, F_e	41
Tabel 9. Koefisien Situs, F_v	41
Tabel 10. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek	44
Tabel 11. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik.....	44
Tabel 12. Koefisien Seismik Untuk Struktur Non gedung Serupa Gedung.....	45
Tabel 13. Faktor Arah Angin, K_d	46
Tabel 14. Faktor Elevasi Permukaan Tanah, K_e	47
Tabel 15. Koefisien Eksposur Tekanan Kecepatan, K_h dan K_z	47
Tabel 16. Konstanta Eksposur Dataran	48
Tabel 17. Koefisien Tekanan Internal, GC_{pi}	49
Tabel 18. Koefisien Tekanan Eksternal, C_p (Atap Lengkung).....	49
Tabel 19. Spesifikasi Struktur Baja Stasiun LRT Rasuna Said.....	63
Tabel 20. Data Perhitungan Kombinasi Pembebanan Gempa.....	72
Tabel 21. Data Perhitungan Kombinasi Pembebanan Angin	73
Tabel 22. Parameter Percepatan Gempa.....	85
Tabel 23. Hasil Analisis gaya aksial (P_u) Pada Batang Pengaku Struktur.....	115

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tampak Atas dan Tampak Samping Stasiun Light Rail Transit (LRT).....	123
Lampiran 2. Detail Roof Frame	124
Lampiran 3. Denah Platform P275-P277 Stasiun Light Rail Transit (LRT).....	125
Lampiran 4. Tampak Atas Platform frame P275-P277 Stasiun Light Rail Transit (LRT).....	126
Lampiran 5. Detail Platform Steel.....	127
Lampiran 6. Tampak 3D Pemodelan Struktur Stasiun LRT	128
Lampiran 7. Tampak Depan Pemodelan Struktur Stasiun LRT.....	129
Lampiran 8. Tampak Atas Pemodelan Struktur Stasiun LRT.....	130
Lampiran 9. Tampak Samping Pemodelan Struktur Stasiun LRT.....	131
Lampiran 10. Tampak 3D Konfigurasi Panel Surya Pada Atap Stasiun LRT ..	132
Lampiran 11. Output Table Element Forces SAP2000 – File Bangunan Eksisting	133
Lampiran 12. Output Table Element Forces SAP2000 – File Bangunan Renovasi	136
Lampiran 13. Sumber Kategori Kelas Situs Tanah Jakarta Selatan.....	139

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Light Rail Transit (LRT) merupakan salah satu sistem transportasi metropolitan untuk kereta api penumpang (kereta api ringan) berbasis rel elektrik yang ditandai dengan kemampuan mengoperasikan kereta pendek di sepanjang jalur eksklusif, yang biasanya beroperasi di kawasan perkotaan yang memiliki konstruksi ringan dalam lintasan khusus (Shofian, Theo & Mecky, 2019:1319). Mengutip dari laman resmi *Light Rail Transit* (LRT) Jabodebek, Proyek *Light Rail Transit* (LRT) Jabodebek adalah proyek transportasi berbasis rel dengan detail kompleks dan skala yang sangat besar. *Light Rail Transit* (LRT) Jabodebek dibangun untuk mengurangi kepadatan kendaraan yang masuk Jakarta dari kota-kota satelit di sekitarnya. Proyek *Light Rail Transit* (LRT) Jabodebek dibagi dalam dua tahap, saat ini proyek LRT Jabodebek yang sedang berjalan adalah tahap I. LRT Jabodebek tahap I terdiri dari 3 Lintas Pelayanan yaitu, Lintas Pelayanan 1 Cawang-Cibubur, Lintas Pelayanan 2 Cawang-Kuningan-Dukuh Atas, Lintas Pelayanan 3 Cawang-Bekasi Timur. LRT Jabodebek tahap I direncanakan akan melintasi stasiun Cawang, Taman Mini, Kampung Rambutan, Ciracas, Harjamukti, Ciliwung, Cikoko, Pancoran, Kuningan, Rasuna Said, Setiabudi, Dukuh Atas, Halim, Jatibening Baru, Cikunir I, Cikunir II, Bekasi Barat, Jatimulia semua stasiun itu kini dalam tahap pembangunan.

Stasiun merupakan tempat pemberangkatan dan pemberhentian kereta api. (UU No. 23 tahun 2007 tentang Perkeretaapian). Dalam penelitian ini stasiun yang

akan saya teliti adalah stasiun *Light Rail Transit* (LRT) Rasuna Said. Stasiun ini terletak di Jl. H.R. Rasuna Said, Karet Kuningan, Setiabudi, Jakarta Selatan. Untuk lebih memperjelas lingkup lokasi dari Stasiun *Light Rail Transit* (LRT) Rasuna Said dapat dilihat pada Gambar 1 Berikut:



Gambar 1. Peta Lokasi Stasiun LRT Rasuna Said
(Sumber: Dokumen Proyek)

Stasiun *Light Rail Transit* (LRT) Rasuna Said memiliki panjang 20000 mm dan lebar 18838 mm. Jenis dan tipe struktur yang digunakan pada stasiun ini adalah struktur baja dengan profil *steel pipe* pada bagian struktur rangka atap dan Profil I/WF pada bagian struktur peron stasiun. *Steel pipe* adalah baja struktural berbentuk pipa yang berbahan dasar besi dan karbon yang memiliki beberapa fungsi sebagai *bracing* (horizontal dan vertikal), *secondary beam* (biasanya digunakan pada rangka atap), dan sebagai pendukung komponen arsitektural pada suatu bangunan.

Struktur baja adalah *material* yang banyak digunakan dalam bangunan gedung dan membutuhkan perencanaan yang optimum agar kinerja dari bangunan tersebut dapat memenuhi standar keamanan dan kenyamanan. Konstruksi stasiun

ini menggunakan struktur baja sebagai rangka utama. Tampak tiga dimensi (3D) stasiun LRT dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



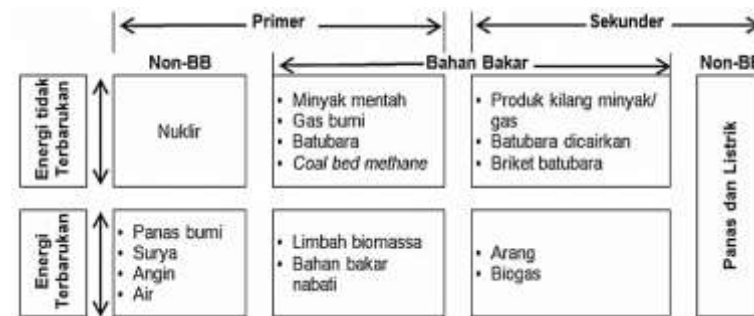
Gambar 2. Stasiun LRT Rasuna Said
(Sumber: Dokumen Proyek)

Menurut informasi yang dikutip dari laman resmi LRT Jabodebek, “Salah satu keunikan dari LRT Jabodebek adalah desain stasiunnya yang *futuristic* dengan inovasi bahan baku berkonsep ramah lingkungan” (<https://lrtjabodebek.adhi.co.id/>). Hal ini sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 02/PRT/M/2015 tentang Bangunan Gedung Hijau BAB I Pasal 1 Ayat (2), yang menyatakan bahwa bangunan gedung hijau adalah bangunan yang memenuhi persyaratan bangunan gedung dan memiliki kinerja terukur secara signifikan dalam penghematan energi, air, dan sumber daya lainnya melalui penerapan prinsip bangunan gedung hijau sesuai dengan fungsi dan klasifikasi dalam setiap tahapan penyelenggaraannya.

BAB III tentang Persyaratan Bangunan Gedung Hijau Pasal 8 Ayat (1) berbunyi bahwa persyaratan tahap perencanaan teknis bangunan gedung hijau terdiri atas pengelolaan tapak, efisiensi penggunaan energi, efisiensi penggunaan

air, kualitas udara dalam ruang, penggunaan material ramah lingkungan, pengelolaan sampah, dan pengelolaan air limbah. Penelitian ini akan membahas mengenai salah satu persyaratan bangunan gedung hijau yang berhubungan dengan efisiensi penggunaan energi.

Menurut sifatnya, energi dikelompokkan menjadi energi primer dan sekunder. Sedangkan sumber-sumbernya dapat dikelompokkan menjadi sumber energi terbarukan dan tidak terbarukan. Dapat dilihat pada Gambar 3 menunjukkan terminologi komoditas energi.



Gambar 3. Terminologi Komoditas Energi
(Sumber: *International Energy Agency*)

Penelitian ini akan menggunakan panel surya sebagai sumber energi alternatif untuk efisiensi penggunaan energi pada stasiun LRT Rasuna Said. Stasiun LRT berlokasi di daerah yang memiliki potensi energi surya yang sangat besar. Penggunaan panel surya sangat cocok diterapkan pada stasiun LRT sebagai bentuk memenuhi syarat bangunan gedung hijau dalam efisiensi penggunaan energi.

Panel surya merupakan alat untuk mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. Untuk memanfaatkan potensi energi surya ada dua macam, yaitu energi surya *photovoltaic* (panel surya) dan energi surya termal (Andi, Ira & Ramadhan, 2017:35). Alasan utama penggunaan teknologi *photovoltaic* (panel surya) adalah karena merupakan sumber energi yang melimpah serta gratis dan

dapat digunakan langsung di lokasi. Oleh karena itu, biaya pengoperasian dan pemeliharaan sistem panel surya yang relatif rendah dan tidak memerlukan pemeliharaan yang sering, ramah lingkungan dan tidak ada gas buangan dan limbah cair atau padat yang berbahaya (Direktur Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi, 2018 : 2). Panel surya inilah yang akan ditambahkan pada bagian atap stasiun LRT Rasuna Said yang berfungsi sebagai sumber energi alternatif.

Dikutip dari *website* resmi PT. Kereta Api Indonesia (KAI) tanggal 29 Desember 2019 mengenai “KAI Gunakan Energi Surya Pertama Kali di Stasiun Batang” dapat disimpulkan bahwa inovasi ini masih jarang ada di Indonesia. Dengan kapasitas yang cukup besar yang mampu dihasilkan dari panel surya ini maka efisiensi biaya pun bisa ditekan hingga 50% di musim penghujan dan akan lebih besar saat di musim kemarau. Dari segi perawatan, panel surya ini relatif cukup mudah dan cepat sehingga menghemat tenaga perawatan yang bisa dialokasikan ke perawatan lainnya.

Menurut hasil penelitian Zalmadi, Syarif Hidayat & Muslimin (2017) analisis sensitivitas yang dilakukan menunjukkan sistem PLTS menjadi layak pada beberapa kondisi namun tidak menguntungkan secara ekonomis untuk memenuhi kebutuhan listrik stasiun kereta api tersebut. Selanjutnya menurut hasil studi kelayakan Rhama, Triwahju & Andi (2014) sistem PLTS tanpa baterai dengan pola menjual didominasi oleh sel surya yang terpasang pada atap Stasiun Kereta Api Jember memproduksi sel surya 60% dan pembelian dari PLN sebesar 40%.

Oleh sebab itu penulis akan menganalisis perilaku struktur stasiun setelah adanya penambahan panel surya pada bagian atap stasiun LRT. Panel surya akan disimulasikan sesuai dengan orientasi atap stasiun LRT sehingga dengan adanya panel surya ini dapat menjadi sumber energi alternatif. Penelitian ini masih sangat jarang dilakukan di Indonesia sehingga diharapkan hasil analisis dapat memberikan gambaran prospek pengaplikasian panel surya pada atap stasiun eksisting. Justifikasi ini dapat dilihat dari perilaku struktur stasiun yang akan dianalisis sebelum dan sesudah adanya penambahan panel surya. Pada penelitian ini juga disajikan perbedaan gaya dalam pada batang-batang struktur stasiun. Sehingga dapat diketahui apakah struktur stasiun kuat menahan beban panel surya.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul **“Analisis Pengaruh Penambahan Beban Panel Surya Terhadap Struktur Stasiun *Light Rail Transit* Rasuna Said”**.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, identifikasi masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bangunan stasiun LRT belum memenuhi syarat bangunan hijau dalam kategori efisiensi energi.
2. Penggunaan panel surya pada stasiun LRT dapat menjadikan sumber energi alternatif.
3. Penambahan beban panel surya akan mempengaruhi perilaku struktur stasiun LRT.

4. Perlu dilakukannya analisis struktur terhadap adanya penambahan panel surya pada bagian atap stasiun LRT.

C. Batasan Masalah

Agar lebih jelas dan terarah, maka penulis perlu membatasi masalah yang akan dibahas dan diteliti sebagai berikut:

1. Penelitian ini membahas desain konfigurasi panel surya pada atap stasiun LRT.
2. Penelitian ini tidak membahas struktur bagian bawah pada stasiun LRT.
3. Penelitian ini hanya membahas segmen P275-P276 pada stasiun LRT.
4. Penelitian ini tidak membahas tentang sambungan baja pada struktur stasiun LRT.
5. Penelitian ini hanya membahas tentang gaya aksial yang terjadi pada batang pengaku atau *bracing* struktur stasiun LRT.
6. Penelitian ini akan menganalisis pengaruh akibat adanya penambahan beban panel surya terhadap struktur stasiun LRT menggunakan bantuan *software* SAP2000 V.16.
7. Penelitian ini tidak meninjau analisis biaya dan sisi arsitektural.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah di atas, maka penulis merumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana desain konfigurasi panel surya pada atap stasiun LRT?

2. Bagaimana perilaku struktur sebelum ditambahkan panel surya pada atap stasiun LRT?
3. Bagaimana perilaku struktur stasiun LRT setelah adanya penambahan panel surya?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka akan diperoleh tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui bagaimana desain konfigurasi panel surya pada atap stasiun LRT.
2. Mengetahui bagaimana perilaku struktur sebelum ditambahkan panel surya pada atap stasiun LRT.
3. Mengetahui bagaimana perilaku struktur stasiun LRT setelah adanya penambahan panel surya.

F. Manfaat Penelitian

Dari penjelasan diatas, maka diperoleh manfaat dari penelitian ini bagi berbagai pihak, yaitu:

1. Bagi peneliti sendiri, penelitian ini berguna untuk bahan penelitian akademik yang memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik dan bekal pengetahuan mempersiapkan diri untuk menjadi seorang teknis.

2. Bagi akademik, dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu Teknik Sipil khususnya tentang analisis struktur baja pada bangunan.
3. Bagi peneliti selanjutnya, dapat dijadikan sebagai referensi yang akan mengadakan kajian lebih luas dalam bahasan ini.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Setelah melakukan analisis dan perancangan struktur sesuai dengan ketentuan dan peraturan-peraturan yang berlaku pada stasiun *Light Rail Transit* (LRT) Rasuna said di DKI Jakarta maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Desain konfigurasi panel surya yang digunakan pada atap stasiun LRT yaitu setengah dari badan stasiun yang diletakkan diatas *sandwich panel* sesuai dengan orientasi dan dimensi atap stasiun LRT dapat dilihat pada Lampiran 10.
2. Lendutan yang terjadi pada *roof frame* sebelum adanya penambahan panel surya pada atap stasiun sebesar 72,8 mm dan lendutan yang terjadi pada struktur bertambah menjadi 78,09 mm setelah adanya penambahan panel surya pada atap stasiun LRT.
3. Periode getar yang terjadi pada struktur sebelum adanya penambahan panel surya pada atap stasiun yaitu sebesar 0,91 detik dan periode getar yang terjadi pada struktur bertambah menjadi 0,95 detik setelah adanya penambahan panel surya pada atap stasiun LRT.
4. Gaya aksial yang terjadi pada struktur sebelum ditambahkan panel surya pada atap stasiun, yaitu sebesar 186,6 kN untuk gaya tarik maksimum dan gaya tekan maksimum sebesar 182,2 kN yang terjadi pada batang *platform frame*. Sedangkan gaya tekan maksimum sebesar 25,56 kN dan gaya tarik maksimum sebesar 24,42 kN terjadi pada *bracing roof frame*.

5. Gaya aksial yang terjadi pada struktur setelah ditambahkan panel surya pada atap stasiun, yaitu sebesar 188 kN untuk gaya tarik maksimum dan 187,6 kN terjadi pada *platform frame*. Sedangkan gaya tekan maksimum sebesar 26,9 kN dan gaya tarik maksimum sebesar 25,6 kN terjadi pada *bracing roof frame*.
6. Selisih dan persentase perubahan gaya aksial yang terjadi pada struktur sebelum ditambahkan panel surya dengan setelah ditambahkan panel surya sebesar 5,4 kN untuk gaya tekan pada *platform frame* atau mengalami kenaikan sebesar 1,86%. Gaya tarik pada *platform frame* sebesar 1,4 kN atau mengalami kenaikan sebesar 1,87%. Gaya tekan pada *roof frame* sebesar 1,34 kN atau mengalami kenaikan sebesar 0,26% dan gaya tarik pada *roof frame* sebesar 1,18 kN atau mengalami kenaikan sebesar 0,24%.
7. Struktur eksisting stasiun LRT Rasuna Said kuat dan mampu menahan beban tambahan dari panel surya sebesar 0,15 kN/m² yang diletakan pada atap stasiun dengan konfigurasi yang dapat dilihat pada Lampiran 10.

B. Saran

Hasil penelitian mengenai Analisis Penambahan Beban Panel Surya Pada Struktur Stasiun LRT Rasuna Said sudah didapatkan, namun untuk melengkapi ilmu pengetahuan yang dipelajari ada baiknya apabila pada penelitian selanjutnya dilakukan beberapa tambahan sebagai berikut:

1. Sebelum melakukan analisis dan perancangan struktur alangkah lebih tepat apabila memahami terlebih dahulu peraturan-peraturan yang berlaku khususnya SNI 1729:2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural,

SNI 1727:2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain, dan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non gedung.

2. Sangat dianjurkan untuk memahami jenis sambungan dan perkuatan pada struktur, karena akan memudahkan pekerjaan saat melakukan pemodelan struktur.
3. Untuk studi lebih lanjut dapat dilakukan analisis dengan memperhitungkan dan pengecekan gaya lentur, gaya geser, dan desain sambungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Setiawan. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode Load and Resistance Factor Design (LRFD) Edisi ke-2*. Jakarta. Erlangga.
- Aldiamar, Fahmi, M. Ridwan, Rusli, Asrurifak, Masyhur Irsyam, dan Widya Yunita. 2013. Kajian Awal Kelas Situs Untuk Perencanaan Ketahanan Gempa Struktur Bangunan Gedung di DKI Jakarta. *Jurnal Pemukiman*, 8(2), 108-114.
- Algifakhri Bagus Maulana. 2018. Perencanaan Stasiun Kereta Api Pontianak di Kecamatan Ambawang dengan Pendekatan Perancangan Santiago Calatrava. *Jurnal Online Mahasiswa Arsitektur Universitas Tanjungpura*. Volume 6 / Nomor 1 / Maret 2018.
- Andi Julisman, Ira Devi Sara & Ramdhan Halid Siregar. 2017. Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Atap Stadion Bola. *Jurnal Online Teknik Elektro*. e-ISSN: 2252-7036. Vol.2 No.1 2017: 35-42.
- Badan Standardisasi Nasional. 2020. *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. SNI 1729:2020. Jakarta.
- Bagus Ramadhani. 2018. *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya : Do's & Don'ts*. Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi (DJ EBTKE). Jakarta.
- Edy Purnomo, Edy Purwanto, dan Agus Supriyadi. 2014. Analisis Kinerja Struktur Pada Gedung Bertingkat Dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum Menggunakan Software Etabs. *e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*.
- Gunawan, R., 1987. *Tabel Profil Konstruksi Baja*, Kanisius, Yogyakarta.
- Jaenal Arifin, Helmy Purwanto dan Imam Syafa'at. 2017. Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Smaw Baja ASTM A36. *Momentum*. Vol. 13 No.1. ISSN 0216-7395.
- Kai.id. (2019, 19 Desember). KAI Gunakan Energi Surya Pertama Kali di Stasiun Batang. Diakses pada 15 Desember 2020, dari https://www.kai.id/information/full_news/3058-kai-gunakan-energi-surya-pertama-kali-di-stasiun-batang.