

EVALUASI PENAMBAHAN BEBAN PANEL SURYA PADA ATAP STUDI KASUS GEDUNG SUPERMARKET PADASUKA-CIMAHI

Fajar Nur Falah Abdulah¹, Kamaludin S.T., M.T., M.Kom¹

¹Mahasiswa Teknik Sipil & Dosen Teknik Sipil (Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Bandung), Kota Bandung, Indonesia.

Email: fajarabdulah7@gmail.com

ABSTRAK

Peningkatan kebutuhan energi listrik di Indonesia mendorong pemanfaatan energi terbarukan, salah satunya dengan pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada bangunan. Penelitian ini mengevaluasi dampak tambahan beban PLTS terhadap struktur atap Gedung Supermarket Padasuka-Cimahi. Analisis dilakukan terhadap elemen struktur baja sebelum dan sesudah pemasangan PLTS serta perhitungan kebutuhan listrik yang dapat dipenuhi. Metode penelitian mencakup studi literatur, pengumpulan data eksisting, serta analisis pembebanan sesuai standar perencanaan struktur baja. Hasil menunjukkan bahwa struktur gedung tetap mampu menopang beban tambahan berdasarkan analisis momen, geser, dan aksial. Dengan pemasangan 96 unit panel surya berkapasitas total 38.400 Watt, kebutuhan listrik penerangan dapat terpenuhi secara signifikan. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur gedung mampu menahan beban tambahan yang dihasilkan oleh PLTS, dengan rasio momen dan gaya geser pada semua elemen struktur, baik balok maupun kolom, masih berada di bawah batas yang diizinkan

Kata kunci: panel surya, pembebanan struktur, analisis struktur baja.

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan utama yang terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan industri di Indonesia. Salah satu solusi untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil adalah dengan memanfaatkan energi terbarukan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak penambahan beban PLTS terhadap struktur atap Gedung Supermarket Padasuka-Cimahi. Dengan luas bangunan 2.566 m², pemasangan panel surya perlu dianalisis untuk memastikan keamanan struktur baja yang menopangnya. Metode penelitian mencakup analisis elemen struktur sebelum dan sesudah pemasangan PLTS, serta perhitungan kebutuhan listrik yang dapat dipenuhi. Studi ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi terkait penerapan PLTS pada bangunan eksisting tanpa mengorbankan keamanan struktur.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sumber Daya Alam

Sumber daya alam merupakan unsur lingkungan alami yang digunakan manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Sumber daya ini mencakup air, tanah, udara, tumbuhan, dan energi matahari yang berperan penting dalam kehidupan sehari-hari. Pemanfaatan sumber daya alam secara berkelanjutan dapat meningkatkan kesejahteraan manusia tanpa merusak lingkungan.

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

PLTS merupakan sistem yang mengubah energi matahari menjadi listrik menggunakan panel surya fotovoltaik. Panel ini menangkap sinar matahari dan mengonversinya menjadi energi listrik melalui proses fotovoltaik. Listrik yang dihasilkan berbentuk arus searah (DC) yang kemudian diubah menjadi arus bolak-balik (AC) menggunakan inverter agar dapat digunakan dalam sistem kelistrikan bangunan.

2.2.1 Prinsip Kerja PLTS

PLTS bekerja dengan dua metode utama:

1. Fotovoltaik, yang mengubah energi cahaya menjadi listrik secara langsung menggunakan efek fotolistrik.
2. Konsentrasi energi surya, yang menggunakan cermin atau lensa untuk memusatkan energi matahari ke satu titik guna menggerakkan mesin panas.

2.2.2 Manfaat PLTS

1. Ramah lingkungan: Mengurangi emisi karbon dan polusi udara.
2. Menghemat biaya listrik: Mengurangi ketergantungan pada listrik PLN.
3. Sumber energi tak terbatas: Matahari sebagai sumber energi tidak akan habis.
4. Meningkatkan kemandirian energi: Memungkinkan bangunan menghasilkan listrik sendiri.

2.2.3 Jenis-Jenis PLTS Atap

PLTS atap tersedia dalam berbagai kapasitas, seperti 1 kWp, 2 kWp, 4 kWp, dan 6 kWp, yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan listrik bangunan. Penggunaan PLTS atap di bangunan industri atau komersial dapat mengurangi emisi karbon dan konsumsi energi berbasis fosil.

2.3 Struktur Gedung Baja

Gedung supermarket umumnya menggunakan struktur baja sebagai rangka utama. Struktur baja terdiri dari kolom dan balok yang menopang beban bangunan serta beban tambahan dari peralatan dan aktivitas di dalamnya. Perencanaan struktur baja harus mempertimbangkan standar perhitungan beban dan desain yang sesuai untuk menjamin keamanan bangunan.

2.4 Analisis Elemen Struktur Baja

Elemen struktur utama dalam gedung baja mencakup:

1. Balok: Menahan beban horizontal dan mendistribusikan beban ke kolom.
2. Kolom: Menahan beban aksial dan mendukung stabilitas bangunan.
3. Fondasi: Menyebarkan beban dari kolom ke tanah.

Analisis struktur baja dilakukan menggunakan standar seperti SNI 1727-2019 dan AISC-LRFD untuk memastikan bahwa elemen-elemen struktur mampu menahan beban yang bekerja, termasuk tambahan beban dari PLTS.

2.5 Fondasi

Fondasi berfungsi untuk mendistribusikan beban bangunan ke tanah dengan aman. Dalam penelitian ini, kapasitas fondasi dianalisis menggunakan metode Guy Sangrelat berdasarkan data sondir untuk menentukan daya dukung tiang pancang yang mampu menahan beban tambahan dari PLTS.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi dampak penambahan beban panel surya (PLTS) terhadap struktur atap gedung Supermarket Padasuka-Cimahi. Metodologi yang digunakan mencakup beberapa tahapan sebagai berikut:

3.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap:

1. Studi Literatur – Mengumpulkan referensi dari buku, jurnal, dan standar perencanaan struktur baja.
2. Pengumpulan Data Eksisting – Mengumpulkan data terkait gedung, termasuk denah, material struktur, dan beban eksisting.
3. Analisis Struktur – Menganalisis kekuatan elemen struktur sebelum dan sesudah pemasangan PLTS.
4. Evaluasi Pembebanan – Menghitung beban tambahan akibat pemasangan PLTS dan meninjau dampaknya terhadap struktur.

3.2 Data Perancangan Eksisting

Bangunan supermarket memiliki luas 2.566 m² dengan struktur baja sebagai elemen utama. PLTS yang akan dipasang berjumlah 96 unit dengan kapasitas total 38.400 Watt. Analisis dilakukan terhadap elemen balok, kolom, dan fondasi.

3.3 Pembebanan

Perhitungan beban berdasarkan standar SNI 1727-2019 meliputi:

1. Beban Mati (DL): Berat sendiri struktur dan PLTS.
2. Beban Hidup (LL): Beban akibat aktivitas di atap.
3. Beban Tambahan dari PLTS: Berat unit panel surya dan rangka pendukung.

3.4 Analisis Struktur

Evaluasi struktur dilakukan dengan metode analisis elemen hingga menggunakan perangkat lunak ETABS. Parameter utama yang dianalisis meliputi:

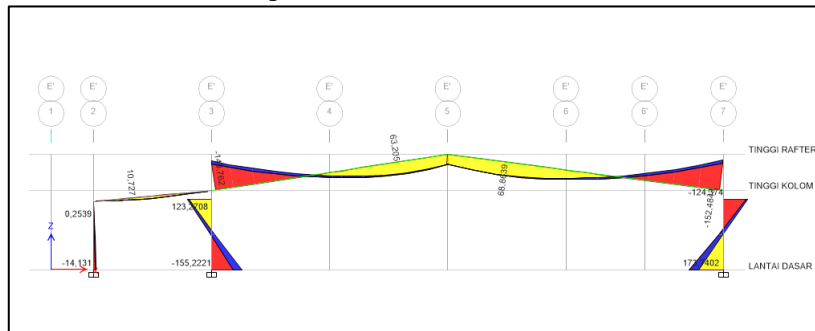
1. Momen lentur (M)
2. Gaya geser (V)
3. Gaya aksial (P)
4. Rasio interaksi aksial-lentur

3.5 Evaluasi Kebutuhan Listrik

Analisis dilakukan untuk menentukan apakah PLTS mampu memenuhi kebutuhan listrik penerangan gedung berdasarkan kapasitas daya dan efisiensi panel surya.

4. PEMBAHASAN

4.1 Analisa Elemen Struktur Baja



Gambar 4.1 Momen Balok M3

Didapatkan hasil analisa dan evaluasi beban sebelum dan sesudah ditambahkan beban PLTS pada atap sebagai berikut:

Tabel 4.1 Perbandingan Analisa Momen pada balok

	Balok Tanpa PLTS	Balok PLTS	Keterangan
Kapasitas momen Profil	256,262 kNm	240,584 kNm	Ada Perubahan nilai kapasitas profil akibat nilai C_b yang berbeda
Momen Ultimate	120,3431 kNm	152,4843 kNm	Ada kenaikan momen desain maksimum sebesar 21%
Rasio desain Momen	0,522	0,704	Keduanya masih aman dikarenakan nilai rasio desain momen kurang dari 1

Setelah dihitung, kemampuan maksimum balok untuk menahan beban momen berbeda ketika ada PLTS dan tidak ada PLTS. Tanpa PLTS, balok bisa menahan beban tekuk lebih besar yaitu 256,262 kNm, sedangkan dengan PLTS menjadi 240,584 kNm. Hal ini disebabkan oleh perbedaan nilai C_b yang dipengaruhi nilai M_{max} profil.

Beban yang harus ditahan balok juga berbeda. Tanpa PLTS, beban terbesar yang harus ditahan balok adalah 120,3431 kNm. Namun, ketika ada PLTS, beban terbesarnya menjadi 152,4843 kNm, artinya meningkat sekitar 21%. Meskipun bebannya bertambah, balok masih aman karena kemampuan balok untuk menahan beban masih lebih besar daripada beban yang bekerja. Hal ini ditunjukkan oleh nilai rasio desain momen yang kurang dari 1, baik untuk kondisi tanpa PLTS maupun dengan PLTS.

Tabel 4.2 Perbandingan Analisa Geser Pada Balok

	Balok Tanpa PLTS	Balok PLTS	Keterangan
Kapasitas Geser Profil	1416,083 KN	1416,083 KN	Tidak ada perubahan
Geser ultimate	6,4458 KN	38,3597 KN	Ada kenaikan geser maksimum sebesar 91%
Rasio Geser	0,006	0,03	Keduanya masih aman dikarenakan nilai rasio geser kurang dari 1

Analisis menunjukkan bahwa kapasitas geser profil balok tidak terpengaruh oleh penambahan PLTS, dengan nilai yang tetap sebesar 1416,083 kNm. Namun, geser desain maksimum mengalami peningkatan yang signifikan sebesar 91% setelah penambahan PLTS, dari 6,4458 kNm menjadi 48,3597 kNm. Meskipun terjadi peningkatan geser, nilai rasio geser

terhadap balok baik untuk kondisi tanpa PLTS maupun dengan PLTS masih berada di bawah 1, yaitu 0,006 dan 0,03. Hal ini menunjukkan bahwa penampang balok masih aman dan mampu menahan momen lentur yang terjadi.

Tabel 4.3 Perbandingan Aksial Lentur

	Kolom Tanpa PLTS	Kolom PLTS	Keterangan
Kontrol Interaksi Aksial Lentur	0,007	0,069	Ada Perubahan dikarenakan nilai aksial ultimate berbeda
Persamaan Interaksi	0,564	0,776	Keduanya masih aman dikarenakan nilai persamaan interaksi kurang dari 1

Hasil analisis interaksi aksial-lentur menunjukkan bahwa baik profil kolom tanpa PLTS maupun dengan PLTS diperoleh sebesar 0,007 dan 0,069 nilai keduanya dibawah 0,2 maka persamaan interaksi digunakan rumus 52. Setelah diperhitungkan persamaan interaksi kolom tanpa PLTS maupun dengan PLTS diperoleh sebesar 0,564 dan 0,776 yang dimana keduanya dibawah 1 maka dapat dinyatakan kolom aman.

Tabel 4.4 Perbandingan Analisa Geser Pada Kolom

	Balok Tanpa PLTS	Balok PLTS	Keterangan
Kapasitas Geser Profil	1416,083 KN	1416,083 KN	Tidak ada perubahan
Geser Maksimum	3,4316 KN	82,465 KN	Ada kenaikan geser maksimum sebesar 93.533%
Rasio Geser	0,003	0,065	Keduanya masih aman dikarenakan nilai rasio geser kurang dari 1

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa penambahan PLTS tidak memberikan pengaruh terhadap kapasitas geser profil kolom, dengan nilai yang tetap sebesar 1416,083 kNm untuk kedua kondisi. Hal ini mengindikasikan bahwa profil kolom yang digunakan memiliki kapasitas geser yang cukup untuk menahan gaya geser yang bekerja padanya, baik sebelum maupun setelah penambahan PLTS. Namun, gaya geser maksimum mengalami peningkatan yang signifikan sebesar 93,533% setelah penambahan PLTS, dari 3,4316 kN menjadi 82,465 kN. Meskipun terjadi peningkatan gaya geser, nilai rasio gaya aksial desain terhadap gaya aksial nominal baik untuk kondisi tanpa PLTS maupun dengan PLTS masih berada di bawah 1, yaitu 0,003 dan 0,065. Hal ini menunjukkan bahwa penampang kolom masih aman dan mampu menahan gaya aksial yang terjadi.

4.2 Analisis kapasitas Borepile

Kebutuhan banyaknya tiang, menggunakan metode *Guy Sangrelat* untuk menentukan daya dukung ijin tiang dengan berdasarkan data yang ada yakni tahanan ujung konus sondir dan jumlah hambatan lekatan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kapasitas ijin satu tiang pancang sudah melebihi beban maksimal gedung. Artinya, satu tiang pancang sudah mampu menopang seluruh beban bangunan dengan aman.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis struktur, dapat disimpulkan bahwa struktur gedung supermarket mampu menahan beban tambahan akibat pemasangan PLTS sebanyak 96 modul. Hal ini ditunjukkan oleh hasil analisis yang menunjukkan bahwa rasio momen dan gaya geser pada semua elemen struktur, baik balok maupun kolom, masih berada di bawah nilai yang diizinkan.

Pemasangan PLTS menyebabkan sedikit peningkatan pada nilai momen desain balok dan kolom. Meskipun demikian, peningkatan ini masih dalam batas yang aman dan tidak menyebabkan penurunan kapasitas beban struktur secara signifikan. Nilai rasio momen pada semua elemen struktur tetap berada di bawah nilai yang diizinkan, yang menunjukkan bahwa struktur masih dalam kondisi aman.

Selain itu, terdapat peningkatan pada nilai gaya geser desain balok setelah penambahan PLTS. Namun, peningkatan ini masih dalam batas yang aman dan tidak menyebabkan penurunan kapasitas geser struktur secara signifikan. Nilai rasio gaya geser pada semua elemen struktur tetap berada di bawah nilai yang diizinkan, sehingga struktur tetap dalam kondisi aman.

DAFTAR RUJUKAN

- AISC. (2019). *STEEL CONSTRUCTION MANUAL volume 1*. American: American Institute of Steel Construction.
- Andre Chandra, G. Y. (2 Oktober 2018). Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile pada Proyek Pembangunan. *Jurnal Teknik, Volume 12*.
- BSN. (2019). *SNI 1726:2019 "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non-Gedung"*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (2019). *SNI 1727:2020 "Beban Desain Minimum dan Kriteria terkait untuk Bangunan dan Struktur lain"*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Mustika R, d. (2022). *Analisis Periode Getar Alami Bangunan Menggunakan Mikrotremor*. Padang: Jurnal Teknik Sipil.
- Nuryanto, d. (2022). *Analisis Struktur Akibat Penambahan Beban Tower Telekomunikasi*. Jakarta: Gunadarma.
- Power, P. A. (2023). *Modul Surya*. Jakarta: ecatalogue.
- Segui, W. T. (2013). *FIFTH EDISIUN STEEL DESIGN*. USA: GLOBAL ENGINEERING.
- Suwarti, d. (2018). *Analisa Pengaruh Intensitas Mataharib, Suhu, dan Sudut Pengaruh Terhadap Kinerja Panel Surya*. Jakarta: Jurnal Teknik Energi.
- Yuriansyah, d. (2019). *Analisa Nilai Simpangan Horisontal Drift Pada Struktur Tahan Gempa Menggunakan Sistem Rangka Eksentrik Type Braced V*. Jakarta: Teras Jurnal.