



RANCANG BANGUN DAN KONSTRUKSI "MOUNTING SUPPORT" SOLAR MODULE

Toto Supriyono¹⁾

Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pasundan¹⁾
Jalan Dr. Setiabudi No. 193 Bandung, Indonesia¹⁾
Phone: +62-22-2019352, Fax: +62-22-2019329¹⁾
E-mail :toto_supriyono@yahoo.com¹⁾

ABSTRAK

Pemanfaatan energi matahari di Indonesia meningkat jumlahnya dari tahun ke tahun belakangan ini. Pemerintah telah mengeluarkan berbagai peraturan mengenai pemanfaatan energi baru dan terbarukan seperti pemanfaatan energi matahari (PLTS), mikrohidro (PLTMH), dan angin (PLTB). Pemanfaatan energi matahari memerlukan solar cell yang dirangkai dalam satu module yang disebut solar module. Solar module ini memerlukan support agar dapat menangkap energi matahari. Support tersebut harus mampu menopang beban beberapa solar module, dan pembebanan lainnya sesuai standar pembebanan Indonesia. Paper ini menjelaskan tentang rancang bangun, fabrikasi, dan konstruksi atau metode pemasangan support solar module yang telah dilakukan untuk pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dengan kapasitas 5 MWp. Mounting support terbuat dari baja profile jenis UNP dan Siku (L) yang banyak tersedia di Indonesia. Satu set Mounting Support harus menopang sebanyak 24 Solar module dengan berat sekitar 20 kg. Kriteria yang menjadi pertimbangan pemilihan support module ini adalah mampu menahan beban sesuai dengan standard pembebanan, tahan lama hingga 20 tahun, dapat dipasang dengan mudah dan cepat, dapat diproduksi dengan mudah dan cepat, dan harga kompetitif.

Berdasarkan kriteria tersebut, dihasilkan suatu bentuk struktur satu set support mounting terdiri atas 3 tiang kolom terbuat dari baja profile UNP100, kemudian batang miring bersudut 15 derajat yang terbuat dari UNP80 dan ditopang oleh kolom UNP100. Dudukan solar module terbuat dari baja profile UNP50 akan duduk di atas batang miring 15 derajat. Bracing dipasang di antara kolom dan antara kolom dengan batang miring untuk mengikat struktur agar lebih kaku. Analisis struktur mounting support dilakukan menggunakan software SAP2000 v.15 dengan memberikan masukan beban solar module, beban angin, beban berat sendiri dan beban gempa. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa struktur mampu menahan berbagai pembebanan yang telah ditentukan. Rasio tegangan (stress ratio) kurang dari 0.4, berarti tegangan yang terjadi pada struktur 40% dari kekuatan tarik material struktur. Dengan kata lain kekuatan material struktur masih lebih besar daripada tegangan yang terjadi. Defleksi/lendutan yang terjadi sebesar 0.0012 m (=1.2 mm), masih di bawah batas lendutan maksimum, yaitu sebesar 25 mm. Proses pembuatan struktur sebanyak 917 set dilakukan di workshop membutuhkan sekitar tiga bulan. Pemasangan Mounting support dilakukan membutuhkan waktu efektif sekitar empat bulan.

Kata kunci: solar cell, solar module, mounting support, PLTS, EBTK.

1. Pendahuluan

Pemanfaatan energi matahari di Indonesia meningkat jumlahnya dari tahun ke tahun belakangan ini. Pemerintah telah mengeluarkan berbagai peraturan mengenai pemanfaatan energi baru dan terbarukan seperti pemanfaatan energi matahari (PLTS), mikrohidro (PLTMH), dan angin (PLTB). Pemanfaatan energi matahari memerlukan solar cell yang dirangkai dalam satu module yang disebut solar module. Solar module ini memerlukan support agar dapat menangkap energi matahari. Support tersebut harus mampu menopang beban beberapa solar module, dan pembebanan lainnya sesuai standar pembebanan Indonesia.

Paper ini menjelaskan tentang rancang bangun, fabrikasi, dan konstruksi atau metode pemasangan support solar module yang telah dilakukan untuk pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dengan kapasitas 5 MWp. Mounting support terbuat dari baja profile jenis UNP dan Siku (L) yang banyak tersedia di Indonesia. Satu set Mounting Support harus menopang sebanyak 24 Solar module dengan berat sekitar 20 kg. Kriteria yang menjadi pertimbangan pemilihan support module ini adalah mampu menahan beban sesuai dengan standard pembebanan, tahan lama hingga 20 tahun, dapat dipasang dengan mudah dan cepat, dapat diproduksi dengan mudah dan cepat, dan harga kompetitif.

2. Metodologi

Langkah-langkah yang telah dilakukan dalam Rancang Bangun dan Konstruksi "Mounting Support" Solar module adalah sebagai berikut:

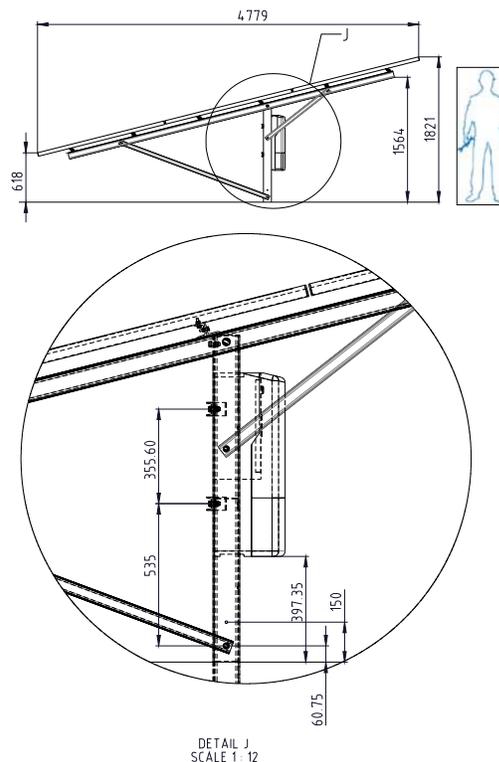
- a. Mempelajari spesifikasi solar module yang akan digunakan seperti berat, dimensi, dan cara pemasangannya.
- b. Menentukan jenis mounting support dengan mempertimbangkan teknik pemasangan, kekuatan struktur dan biaya.
- c. Melakukan perhitungan kekuatan struktur mounting support menggunakan software SAP 2000 v.15.
- d. Analisis hasil perhitungan.
- e. Melakukan proses fabrikasi di workshop.
- f. Melakukan proses pemasangan di lapangan.

3. Support Solar Modul (Mounting Support)

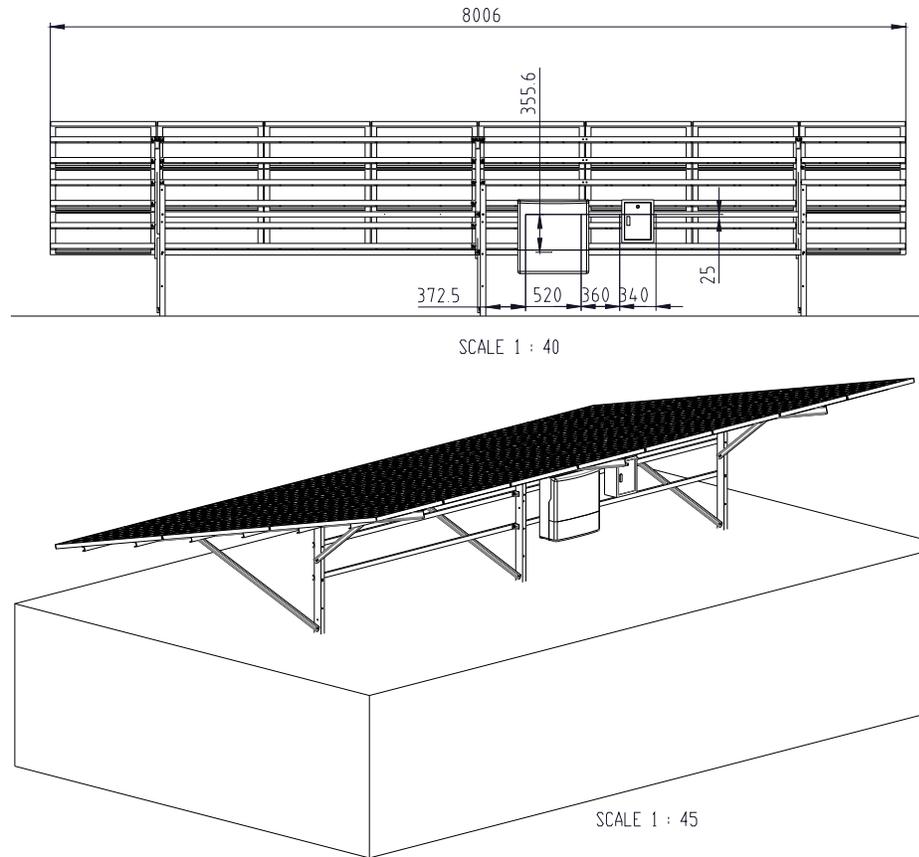
Gambar 1 di bawah memperlihatkan struktur support solar modul tipe 3x8 yang dilengkapi dengan panel array. Ada 3 (tiga) jenis struktur support solar modul, yaitu support reguler (lihat gambar 2), support panel array dan support panel kolektor (lihat gambar 1). Secara umum, struktur tersebut terdiri atas: kolom, frame miring 10° - 15° , frame memanjang dan bracing-bracing. Bentuk profil kolom, frame dan bracing disajikan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Profil frame struktur support panel modul 3x8

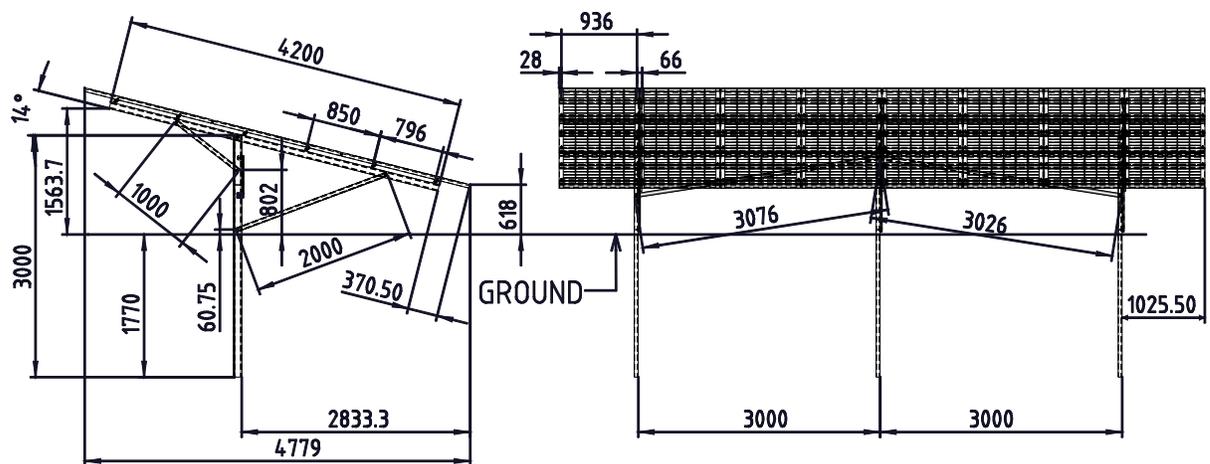
Part	Profil/Spes	Panjang
Kolom	UNP100x50x5x5	6.0 m
Frame miring	UNP80x43x4x4	4.2 m
Frame memanjang	UNP50x33x2.8x3.4	4.0 m
Bracing	UNP50x33x2.8x3.4	2.0, 3.0, 1.0 m



Gambar 1. Support Solar Modul 3x8 panel array (a)



Gambar 1. Support Solar Modul 3x8 panel array (b)



Gambar 2. Support Solar Modul 3x8 (reguler)

Untuk setiap support solar modul 3x8 akan menopang solar modul sebanyak 24 buah. Berat satu solar modul sekitar 20 kg. Jadi struktur support solar modul harus mampu menahan beban solar module sebesar 480 kg.

4. Fondasi Support Solar Modul

Fondasi support solar modul diperlihatkan pada gambar 2 di atas. Fondasi menggunakan tiang kolom berjumlah tiga buah untuk setiap set support solar modul 3x8. Jenis tiang pancang yang digunakan adalah tiang baja profil UNP100x50x5x5 terbuah dari bahan SS400, dengan panjang tiang total 3 m (panjang bagian tiang yang masuk ke dalam tanah sebesar 1.77 m).

5. Pembebanan

Beban yang bekerja pada suatu bangunan akan diteruskan pada fondasi yang berada di bawahnya. Beban yang bekerja pada struktur support solar modul terdiri beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa.

Beban mati (DL) adalah berat dari semua bagian dari suatu bangunan yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari bangunan itu. Tabel berikut ini memperlihatkan beban mati yang bekerja pada storage tank.

Tabel 1 Beban mati Struktur

No.	Beban Mati	Besar (kg)
1.	Kolom	84.24
2.	Frame miring	81.02
3.	Frame panjang	112.80
4.	Bracing	70.50
5.	Siku 50x50. Mur-baut. plat	34.86
Jumlah		383.42

Beban hidup (LL) adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu bangunan, dan di dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat dipindahkan, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari bangunan dan dapat diganti selama masa hidup dari bangunan itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap bangunan tersebut. Beban hidup tidak termasuk beban angin dan gempa. Dalam kasus ini, beban hidup berat total berat solar modul yang harus ditahan oleh struktur support, yaitu sebesar 480 kg.

Beban angin (WL) adalah semua beban yang bekerja pada bangunan, atau bagian bangunan yang disebabkan oleh selisih tekanan udara. Tekanan tiup harus diambil minimum 25 kg/m^2 , dan di tepi laut sampai sejauh 5 km dari pantai harus diambil minimum 40 kg/m^2 . Jika ada kemungkinan kecepatan angin mengakibatkan tekanan tiup yang lebih besar, maka tekanan tiup harus dihitung menurut rumus:

$$p = v^2/16 \text{ (kg/m}^2\text{)} \quad (1)$$

Dalam kasus ini, tinggi struktur/bangunan sangat rendah (kurang dari 20 m), sehingga tekanan tiup diambil sebesar 25 kg/m^2 akan bekerja pada permukaan solar modul.

Beban gempa adalah semua beban static ekuivalen yang bekerja pada bangunan atau bagian bangunan bangunan yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Setiap struktur bangunan, menurut Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2002, harus direncanakan untuk menahan suatu beban geser dasar akibat gempa, V dalam arah-arrah yang ditentukan menurut rumus:

$$V = C.I.W_t / R \quad (2)$$

di mana, C = koefisien gempa dasar, I = faktor keutamaan, R = faktor reduksi gempa, W_t = kombinasi beban mati dan beban hidup, $W_t = 1.05(DL+0.3LL)$. Koefisien gempa dasar, C ditentukan menurut wilayah gempa dengan menggunakan waktu getar alami (T) struktur tergantung pada ketinggian bangunan (Pasal 5.6):

$$T = 0.095.H^{(3/4)} \quad (3)$$

Untuk tinggi storage tank sebesar $H = 1.7$ m, maka diperoleh besar waktu getar, T sebesar 0.14 s. Dari kurva wilayah gempa 5, pada $T = 0.14$ s dan jenis tanah keras diperoleh harga C sebesar 0.434 . Faktor keutamaan, $I = 1.0$. Faktor reduksi gempa, R , untuk sub system tunggal berupa rangka baja diambil sebesar $R = 2.2$, dari tabel 3. SNI 03-1726-2002. Beban kombinasi, $W_t = 1.05(383.42 + 0.3 \times 480) = 503.39$ kg. Dari persamaan (2), jadi beban geser yang ditimbulkan oleh gempa, V sebesar 99.31 kg.

Tabel 2 Beban Struktur

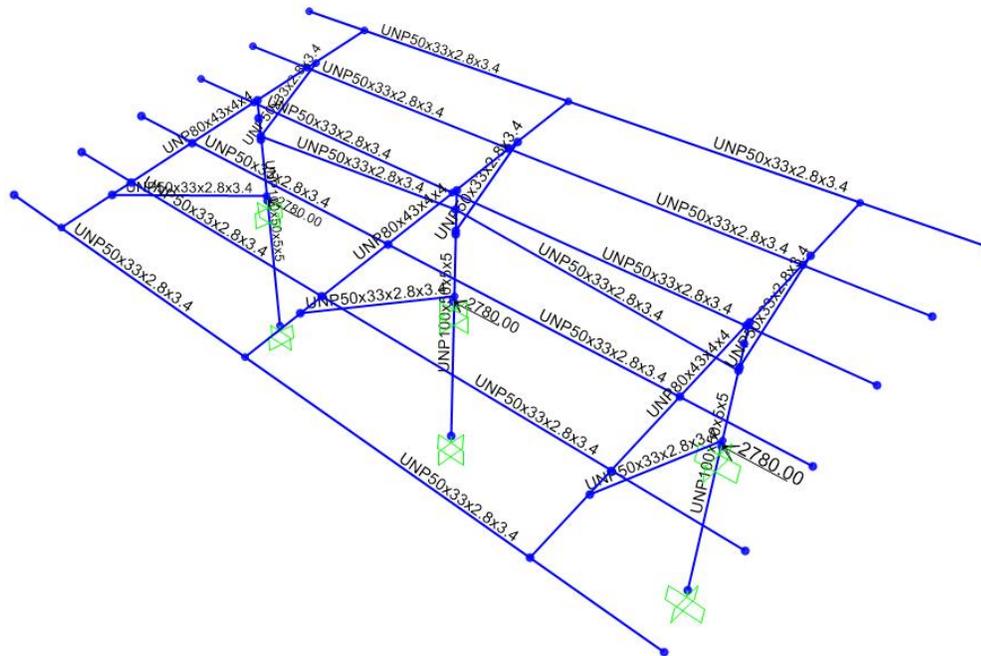
No.	Beban	Besarnya (kg)
1.	Mati. DL	383.42
2.	Hidup. LL	480.00
3.	Angin. WL	246.48
4.	Geser. V	99.31

Tabel 2 di atas memperlihatkan beban yang bekerja pada struktur support solar panel. Menurut SNI 03-1726-2002, Pasal 9.1.1, akibat pengaruh gempa rencana struktur bawah (fondasi) tidak boleh gagal terlebih dahulu dari struktur atas, maka fondasi harus dapat memikul pembebanan gempa maksimum akibat pengaruh gempa rencana, V_m menurut persamaan berikut:

$$V_m = 2.8 V = 2.8 \times 99.31 \text{ kg} = 278.07 \text{ kg} \quad (4)$$

6. Model Struktur Support Solar Modul 3x8

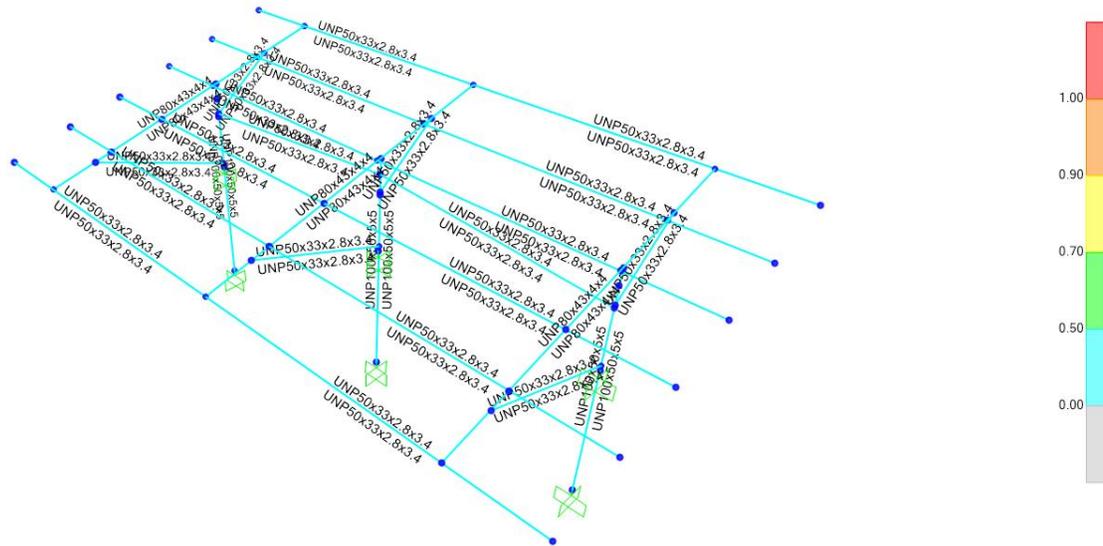
Struktur support solar modul 3x8 dianalisis menggunakan perangkat lunak SAP2000 V17. Model struktur support diperlihatkan pada gambar 3 di bawah ini. Beban yang bekerja pada struktur terdiri atas beban mati, beban hidup, beban angin dan beban geser, seperti diperlihatkan pada tabel 2.



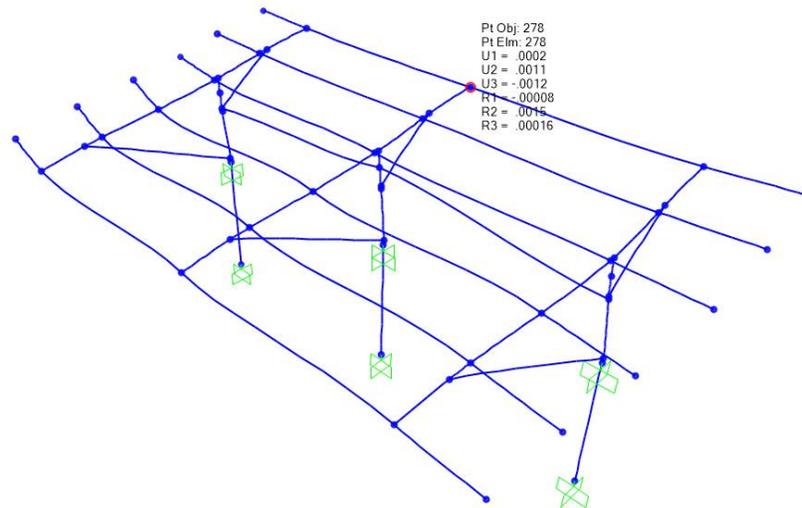
Gambar 3. Model Support Solar Modul 3x8

7. Hasil perhitungan dan Pembahasan

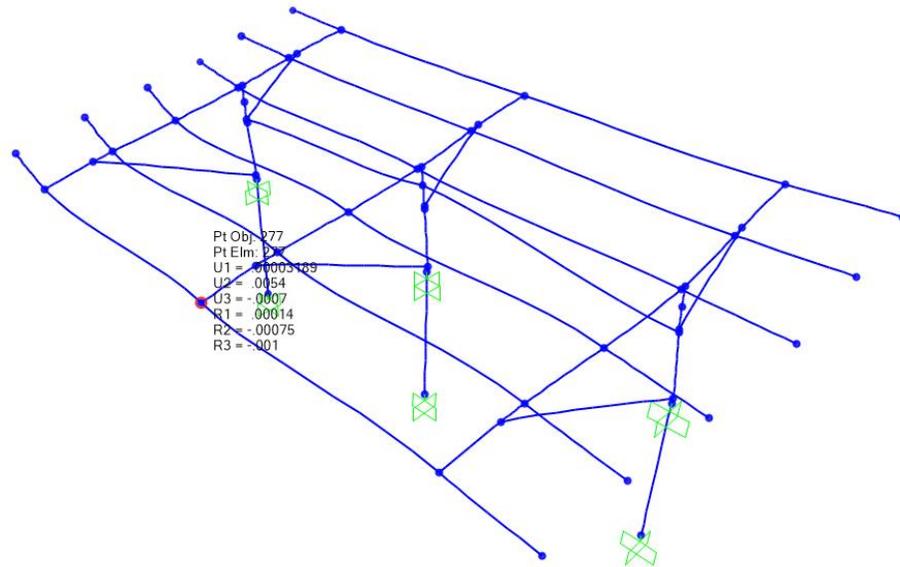
Beberapa hasil perhitungan dari SAP2000 V.17 diperlihatkan pada gambar 4, 5, dan 6. Gambar 4 memperlihatkan kontur tegangan yang terjadi pada struktur. Tegangan yang terjadi masih kurang dari 40% kekuatan tarik material struktur. Gambar 5 dan gambar 6 memperlihatkan besar defleksi di ujung-ujung frame miring bagian tengah. Besar defleksi maksimum adalah 0.0012 m (1.2 mm).



Gambar 4. Kontur stress ratio



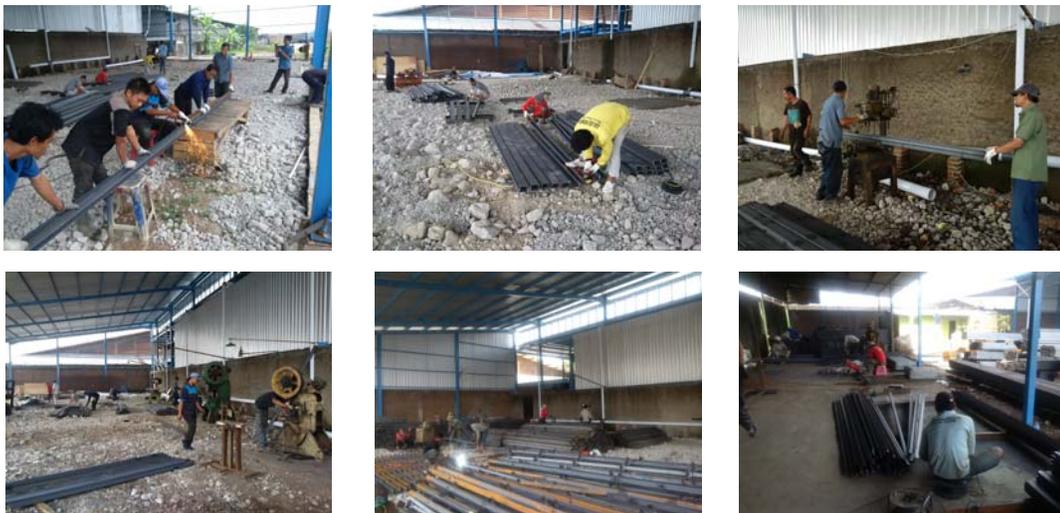
Gambar 5. Defleksi tengah atas, , Kombinasi DL,LL,WL,QW



Gambar 6. Defleksi tengah bawah, Kombinasi DL,LL,WL,QW

8. Fabrikasi dan Metoda Pemasangan Fabrikasi

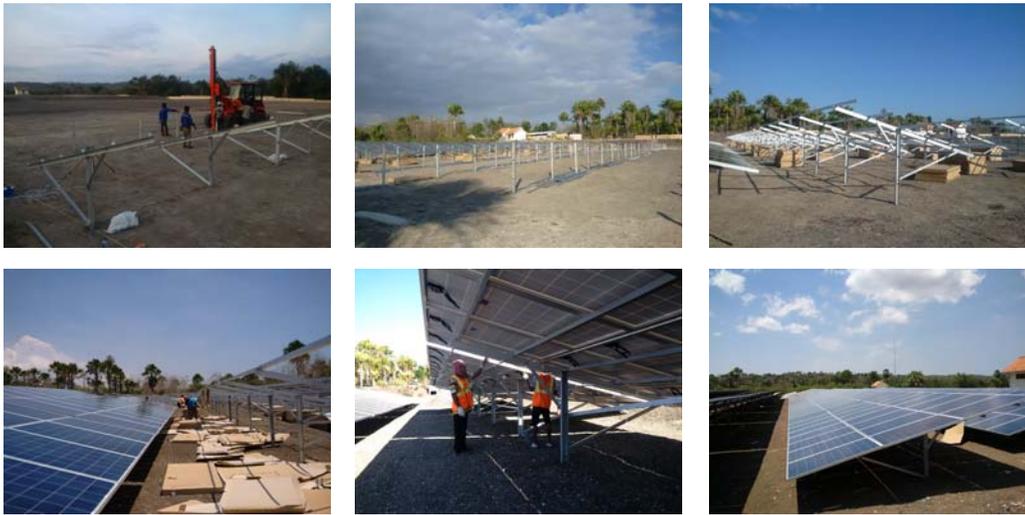
Fabrikasi mounting support sedikitnya sebanyak 917 set telah dilakukan di workshop menggunakan peralatan/mesin produksi konvensional seperti: mesin gergaji, mesin las, mesin drilling, dan mesin punch. Proses fabrikasi untuk membuat mounting support adalah proses potong menggunakan mesin gergaji, membuat lubang baut pada komponen mounting support menggunakan mesin drilling dan mesin punching, dan penyambungan antar komponen menggunakan mesin las. Selanjutnya, setelah semua komponen mounting support dibuat, proses fabrikasi terakhir adalah proses galvanis untuk melindungi semua permukaan komponen mounting support dari lingkungan yang korosif. Proses galvanis yang dilakukan adalah proses hot dip galvanis dengan ketebalan lapisan galvanis minimal 100 micron. Setelah proses galvanis selesai, semua komponen dikemas menggunakan kayu untuk memudahkan proses muat/bongkar dan transportasi ke lokasi PLTS. Waktu fabrikasi yang dibutuhkan untuk memproduksi semua komponen mounting support hingga siap dikirim ke lokasi PLTS adalah tiga bulan, dan waktu tempuh transportasi sekitar 14 hari.



Gambar 7. Fabrikasi komponen mounting support

Metoda Pemasangan

Pemasangan mounting support solar module dilakukan dengan tahapan sebagai berikut: a) pengecekan area apakah sudah sesuai dengan disain site plan PLTS; b) marking area untuk posisi kolom mounting support; c) Piling kolom menggunakan mesin mini pile; d) Pemasangan komponen mounting support lainnya (frame dan bracing); e) Pemasangan solar module. Peralatan yang digunakan untuk proses pemasangan antara lain: mesin mini pile, tracker 2-3 ton, tools, tambang, autolevel, theodolit, mal jarak antar kolom, mesin las, dan genset. Jumlah tenaga kerja yang dikerahkan sekitar 30 - 60 orang. Waktu yang dibutuhkan untuk pemasangan semua unit mounting support sekitar empat bulan.



Gambar 8. Proses Pemasangan mounting support dan solar module

9. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan, fabrikasi dan pemasangan di atas dapat disimpulkan:

- Rasio tegangan (stress ratio) kurang dari 0.4, berarti tegangan yang terjadi pada struktur 40% dari kekuatan tarik material struktur. Dengan kata lain kekuatan material struktur masih lebih besar daripada tegangan yang terjadi.
- Defleksi/lendutan yang terjadi sebesar 0.0012 m (=1.2 mm), masih di bawah batas lendutan maksimum, yaitu sebesar 25 mm.
- Proses fabrikasi mounting support menggunakan mesin produksi konvensional seperti mesin gergaji, mesin las, drilling machine, dan mesin punch. Waktu yang dibutuhkan untuk proses fabrikasi semua komponen mounting support sekitar tiga bulan.
- Proses pemasangan mounting support membutuhkan waktu sekitar empat bulan. Peralatan yang digunakan antara lain: mesin mini pile, tracker 2-3 ton, tools, mesin las, genset, autolevel, theodolit.

10. Daftar Pustaka

- Atkinson, J.H. 1982, The mechanics of soils: An introduction to critical state soil mechanics, Mc Graw Hill International Edition, New York.
- Bowles, Joseph E, 1996, Foundation Analysis and Design, Fifth Edition, Mc Graw Hill International Edition, New York.
- Cristady, Hary, Hardiyatmo, 2011, Analisis dan Perancangan Fondasi II, Edisi kedua, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2002, SNI 03 – 1726 2002, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung, Yayasan LPM, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987, Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk rumah dan gedung.
- SNI 03-1729-2002 Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung.