

Solar Panel pada System Slope Stability Radar **PT. GroundProbe Indonesia**

Teddy Kurniawan¹, Jarot Setyowiyoto¹, Rahardian Dwitya²

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

²GroundProbe GSS Remote Monitoring, Balikpapan

Email: teddy.kurniawan@mail.ugm.ac.id

ABSTRAK

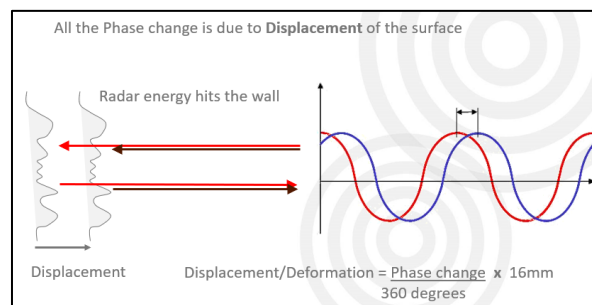
PT. GroundProbe merupakan perusahaan yang bergerak di bidang jasa monitoring system dengan memanfaatkan alat monitoring yang dinamakan Slope Stability Radar (SSR). Alat ini merupakan satu kesatuan unit mulai dari, bagian electrical, mechanical dan software, sehingga terbentuklah suatu alat yang bisa membantu perusahaan tambang untuk memonitoring lereng tambang. Secara operational, radar ini masih menggunakan bahan bakar fosil berupa solar sebagai sumber tenaganya agar alat ini dapat beroperasi dengan baik. Penggunaan alternatif lain memang sudah terinstall di alat ini, seperti sumber tenaga/power dari listrik. Namun kendala di area tambang, tidak semua bisa memfasilitasi hal tersebut. Seiring berkembangnya teknologi, salah satunya yaitu penggunaan Solar panel yang lebih ramah lingkungan sebagai sumber energi terbarukan. Penggunaan solar panel ini akan membantu resolusi energi bersih khususnya di area pertambangan. Solar panel, yang mengubah energi matahari menjadi listrik, telah menjadi salah satu sumber energi yang akan berdampak pada system itu sendiri termasuk peningkatan efisiensi, clean energy dan inovasi desain.

Kata kunci: Energi Terbarukan, Slope Stability Radar, Solar Panel, Tambang

1. Pendahuluan

Bahaya ketidakstabilan lereng tambang merupakan kegiatan penting ketika bekerja dengan lereng yang tidak stabil. Slope Stability Radar (SSR) dikembangkan untuk membantu mengelola risiko terkait ketidakstabilan lereng tersebut. SSR adalah sistem yang memindai lereng batuan dari jarak jauh untuk terus mengukur pergerakan permukaan dengan presisi hingga *sub-milimeter*. Kombinasi pengukuran secara *real-time*, presisi *sub-milimeter*, dan cakupan area yang luas untuk mengidentifikasi dengan *failure* yang terjadi memberikan parameter ideal untuk pengelolaan bahaya ketidakstabilan lereng. Hal ini memungkinkan *engineer* tambang untuk mendeteksi dan memperingatkan pekerja tentang pergerakan lereng tambang yang dapat mengakibatkan *failure/keruntuhan*. Keberhasilan penggunaan radar dalam memantau lereng dibuktikan dengan cepatnya pengadopsian teknologi ini oleh perusahaan pertambangan di seluruh dunia.

Pada dasarnya Groundprobe Slope Stability radar (SSR) merupakan teknologi pengindraan jauh yang menggunakan teori interferometri perubahan fasa untuk mengukur deformasi kemiringan permukaan lereng dari waktu ke waktu.



Gambar 1. Differential Interferometry (Noon. D.,2003)

SSR memberikan tiga keunggulan utama dibandingkan alat monitoring lereng tambang pada umumnya: cakupan area luas, *real-time* data deformasi, dan pengukuran jarak jauh tanpa perlu memasang reflektor prisma, sehingga mengurangi paparan pekerja terhadap bahaya longsor.

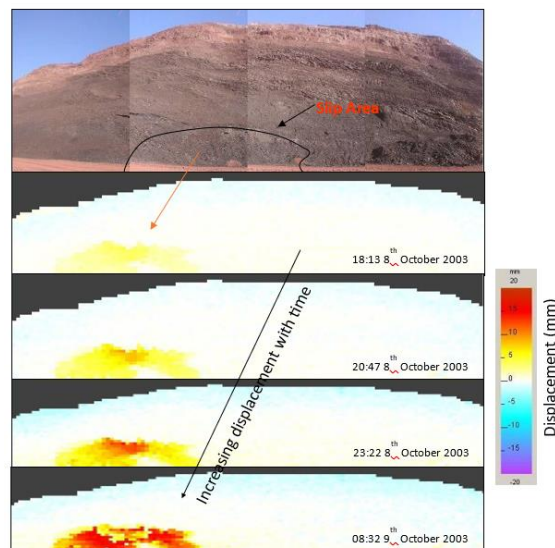
Ketidakstabilan lereng hasil rekayasa *engineering* dan lereng alami sering kali menjadi hal yang sangat penting karena potensi hilangnya nyawa dan kerugian perusahaan. SSR dikembangkan untuk membantu pengelolaan risiko yang terkait dengan lereng yang tidak stabil.

1. Rock Slope Failure

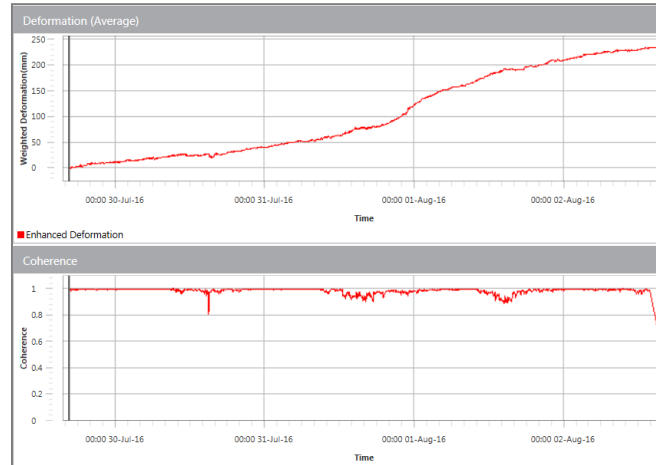
Failure pada lereng tambang sebagian besar ditentukan oleh karakteristik batuan dan *design engineering* yang direncanakan oleh para *engineer* tambang. Glastonbury & Fell (2002) menggunakan istilah '*collapse*' untuk menunjukkan satu titik pergerakan tiba-tiba, *disagregasi*, dan pergerakan batuan dalam skala besar. Tidak semua lereng yang menunjukkan pergerakan akan runtuh, banyak lereng yang akan terus bergerak dengan kecepatan konstan atau menurun, sampai terbentuknya keseimbangan baru. SSR monitoring sangat cocok atau relevan untuk konsep keruntuhan/ *collapse* untuk banyak lereng batuan yang memiliki tipe keruntuhan dan karakteristik geologi yang menyebabkan pergerakan dan disagregasi secara tiba-tiba.

2. Rock Slope Monitoring

Groundprobe *Slope Stability Radar* mampu mengukur deformasi permukaan lereng dari jarak jauh memerlukan reflektor atau prisma (Reeves et al. 2001). SSR dapat memindai area lereng dan membagi area yang diinginkan menjadi piksel. Jumlah pergerakan diukur untuk setiap piksel dan dibandingkan dengan data pergerakan sebelumnya. Pemantauan jarak jauh/ *remote monitoring* menggunakan SSR memungkinkan pemantauan lereng dengan deformasi hingga *submilimeter*, dengan data yang dikumpulkan untuk satu area hanya dalam waktu 5 – 15 menit dengan jangkauan hingga 4 KM dan dengan luas 270 derajat *horizontal* dan 135 derajat *vertical* (Harries et al. 2006) dan dapat beroperasi pada semua kondisi seperti, kabut, debu atau asap (Harries & Cabrejo 2010).



Gambar 2. SSR Output Data – Deformation (Harries & Cabrejo 2010)



Gambar 3. Grafik pergerakan deformasi terhadap waktu (Harries dan Cabrejo 2010)

Data *SSR* ini juga digunakan sebagai komparasi untuk data-data alat monitoring lainnya, seperti yang dilakukan di Grasberg, Freeport Indonesia. Di mana mereka menggunakan GPS, ekstensometer, total station (prisma), dan *SSR* untuk monitoring lereng tambangnya (Ginting et.al. 2011).

Secara umum perkembangan teknologi dan energi juga memberikan dampak tersendiri untuk industri pertambangan yang merupakan salah satu sektor dengan konsumsi energi yang tinggi dan dampak lingkungan yang signifikan. Begitu juga halnya dengan *Slope Stability Radar (SSR)*, di mana saat ini aktivitasnya masih menggunakan sumber energi fosil sebagai bahan bakar utama. Penggunaan *solar panel* atau energi ramah lingkungan dalam operasi pertambangan pada khususnya telah menjadi hal wajib untuk digunakan. Pengurangan emisi karbon, penghematan biaya operasional, dan diversifikasi portofolio energi perusahaan. *Solar panel* juga dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi biaya operasional jangka panjang. Sehingga penggunaan *solar panel* pada *Slope Stability Radar (SSR)*, dapat memberikan beberapa keuntungan tambahan dan memungkinkan operasi yang lebih mandiri dan berkelanjutan.

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengimplementasikan teknologi *solar panel* pada *SSR* untuk terbentuknya system yang lebih ramah lingkungan. Sedangkan tujuan utama yang hendak dicapai adalah mendapatkan desain *solar panel* yang sesuai dengan spesifikasi *SSR*, terutama dalam hal kelistrikannya. Tegangan input dan output yang sesuai kebutuhan operasional *SSR*.

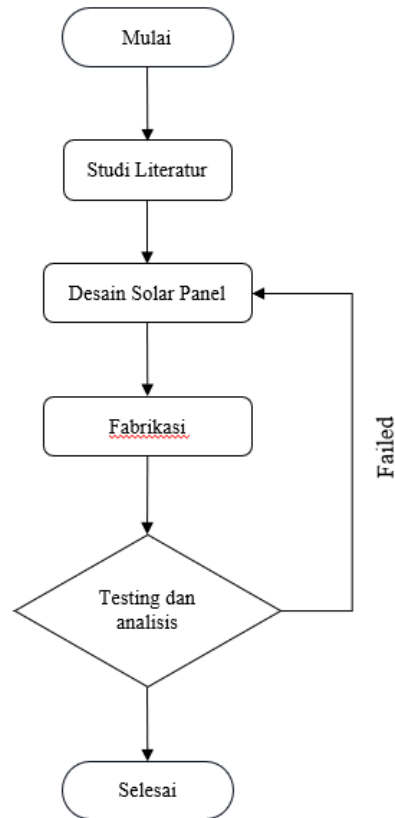
2. Metode

Penelitian ini menggunakan data pantauan lereng oleh *Slope Stability Radar* pada saat pengaplikasian *solar panel*. Fokus utama pada penelitian ini nantinya akan mencakup studi literatur tentang penggunaan *solar panel* secara umum dan pada generator. Perencanaan desain dan fabrikasi, akan mengikuti standar dan spesifikasi kebutuhan *SSR*. Perencanaan desain akan diproses menggunakan *software SolidWorks* dengan fokus pada desain penggunaan saat *charging on dan charging off*. Setelah semua desain kebutuhan *solar panel* pada *SSR*, fabrikasi akan diproses dengan mempertimbangkan hal-hal berupa *building material* dan kesesuaian hasil fabrikasi. Hal ini akan berpengaruh pada ketahanan produk saat pemakaian dalam waktu yang lama. *Testing* dan analisis akan dilakukan di *warehouse* PT.GroundProbe secara langsung pada *SSR*. Beberapa parameter seperti nilai *input* dan *output* hasil penggunaan *solar panel* pada *SSR* akan menjadi hal yang perlu diperhatikan. Hal ini berhubungan dengan faktor keselamatan untuk *SSR* itu sendiri. Kelebihan input akan mengakibatkan kerusakan pada sistem *SSR* nantinya.

2.1 Lokasi Kegiatan

Adapun fokus kegiatan yang hendak dilakukan adalah mencakup kegiatan-kegiatan yang ada di area produksi dan *warehouse* di PT. GroundProbe Indonesia

2.2 Diagram alir penelitian



Gambar 4. Diagram alir penelitian

Metode utama penelitian ini adalah observasi lapangan yang dilakukan secara langsung baik mulai dari desain sampai testing hasil penelitiannya. Metode analisis yang digunakan adalah analisis kuantitatif. Data hasil testing pada *SSR* akan dihitung dan disesuaikan dengan kebutuhan alat itu sendiri.

3. Hasil dan Pembahasan

Penggunaan *solar panel* pada *SSR* adalah salah satu upaya pengembangan energi menjadi lebih mandiri. Potensi energi panas matahari yang berlimpah khususnya di Indonesia akan mengurangi ketergantungan pada sumber daya energi eksternal dari bahan bakar fosil. Penggunaan *solar panel* pada *power system* membantu mengurangi jejak karbon dan dampak lingkungan negatif lainnya yang terkait dengan pembakaran bahan bakar fosil (Arya et.al, 2023). Meskipun penggunaan *solar panel* memberikan banyak manfaat, perlu diingat bahwa efektivitas penggunaannya tergantung pada faktor-faktor seperti lokasi geografis, kondisi cuaca, dan kebutuhan energi spesifik dari sistem radar.

Setiap alat kerja di area tambang haruslah memiliki standard safety yang baik, sehingga pekerja yang akan melakukan pekerjaan pada alat-alat tambang ini bisa bekerja dengan baik dan selamat. Begitu juga dengan desain *solar panel* yang akan diterapkan pada system *Slope Stability Radar* ini. *Solar panel* harus aman bagi alat *SSR* itu sendiri dan bagi pekerja yang melakukan aktivitas di area tersebut. Pada penelitian ini standar *safety* akan difokuskan pada masalah

kelistrikan berupa input tegangan yang diterima SSR nantinya. Di mana untuk standar operasional, SSR membutuhkan tegangan sekitar 24 V.

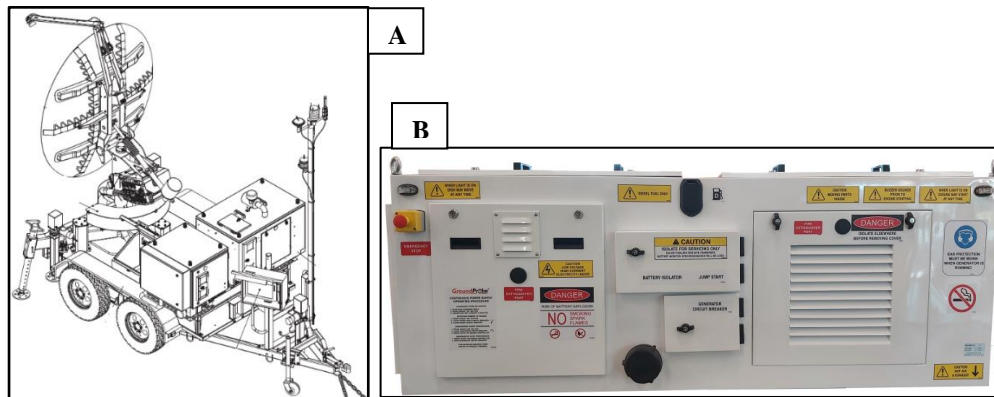
Berikut adalah standar *power input* yang bisa diterima oleh SSR:

<i>Battery System</i>	<i>Battery Voltage</i>	24 VDC
	<i>Max Charge Current</i>	20 A
	<i>Absorption Voltage</i>	29.4 VDC
	<i>Float Voltage</i>	27.2 VDC

Tabel 1. SSR power input

Pada tabel 1 dapat kita cermati untuk power input yang dapat diterima oleh SSR. Hal ini akan menjadi acuan dasar bagi kita nantinya untuk menentukan jenis dan desain dari *solar panel* yang akan kita gunakan. *Float voltage* merupakan tegangan yang dibutuhkan SSR pada saat kondisi internal baterainya mendekati 100 persen/ *full*. Sedangkan *absorption voltage* merupakan tegangan yang dibutuhkan SSR pada saat kondisi internal baterainya low/ sekitar 65 persen. Tegangan yang dibutuhkan akan menurun seiring dengan meningkatnya persentase tegangan baterai SSR. Tegangan dan arus yang dihasilkan *solar panel* harus mencukupi tegangan 24VDC yang dibutuhkan agar SSR untuk beroperasi.

Penentuan spesifikasi yang dibutuhkan oleh SSR sebelumnya akan menuntun pada proses desain dari *solar panel* yang akan diterapkan pada SSR nantinya.



Gambar 5. A. desain SSR normal, B. compartment engine dan baterai SSR

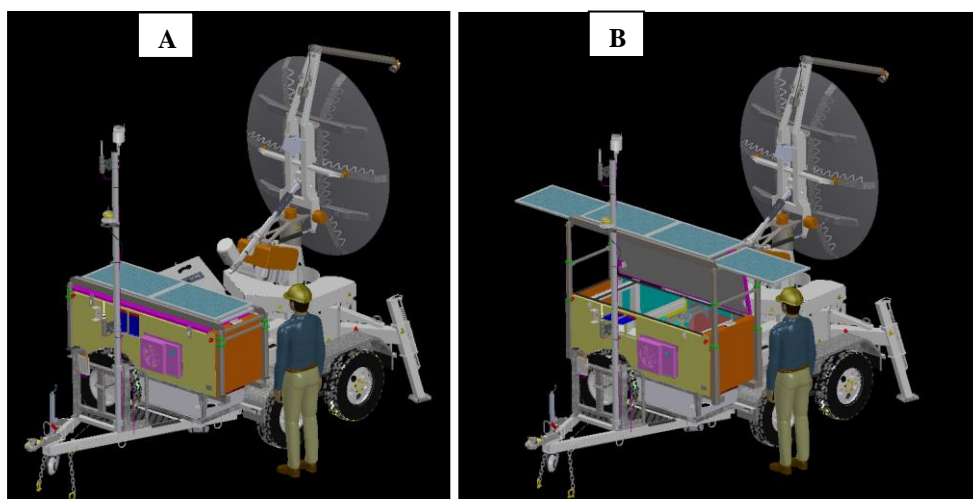
Desain yang akan diterapkan pada SSR adalah tipe yang akan melekat pada SSR itu sendiri. Hal ini dikarenakan mobilitas SSR yang tinggi, sehingga akan lebih efisien untuk di install pada bagian radar tersebut. Pada gambar 6 dapat terlihat kondisi SSR normal tanpa *solar panel*. Kemungkinan terbaik untuk penempatan *solar panel* ini adalah pada bagian atas *cover compartment engine*. Hal ini dipengaruhi oleh fleksibilitas yang diperoleh dikarenakan koneksi antar internal baterai SSR dengan *solar panel* nantinya berada pada bagian *compartment engine* dan baterai ini. Sehingga akan lebih efisien untuk proses penginstalannya.

Hal lain yang perlu diperhatikan adalah faktor berat dari *solar panel* nantinya yang tidak boleh melebihi standar yang mampu ditahan kompartemen *engine* dan baterai yaitu 100kg. Tipe *solar panel* yang digunakan juga harus diperhatikan agar sesuai dengan standar yang sudah didapatkan sebelumnya.

Name	Description
Brand	Victron Energy
Model	BlueSolar Polycrystalline
Power (W) per panel	115W
Dimensions (mm)	1015 x 668 x 30 mm
Weight	8 Kg or 17.64 pounds
Power (W) per panel	115W
Combined power rating (W)	460W

Tabel 2. Spesifikasi solar panel

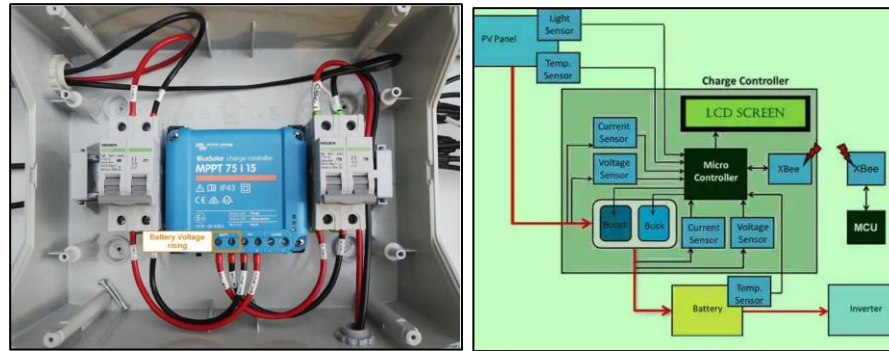
Pada tabel 2 dapat dilihat spesifikasi yang direkomendasikan oleh tim *engineering* yaitu tipe *Mono-crystal Silicone 4 panels*. Daya yang diperoleh untuk setiap panelnya adalah 115 W dengan total keseluruhan 4 buah panel adalah 460 W. Berat masing- masing panel adalah 8 kg dengan total keseluruhan 32 kg. Spesifikasi tersebut cukup kuat untuk mengoperasikan radar sesuai dengan standarnya operasinya. Setelah mendapatkan semua spesifikasi yang dibutuhkan, desain penginstalan *solar panel* pada *SSR* akan menjadi tujuan selanjutnya.



Gambar 6. Desain Solar panel pada *SSR*, A. folding B. open

Gambar 7 merupakan desain *solar panel* yang akan diaplikasikan pada *SSR*. Terlihat bahwa *solar panel* ini diletakkan diatas kompartem engine dan baterai dari *SSR*, sesuai dengan tujuan awal. Tipe design *solar panel* yang diterapkan adalah folding, di mana *solar panel* ini bisa dilipat untuk keperluan mobilisasi dan dapat dibuka kembali pada saat pengeperasian.

Dari spesifikasi yang sudah didesain sebelumnya didapatkan jenis *solar panel* yang cocok untuk support 24 Volt tegangan yang dibutuhkan *SSR*. Terdapat 4 buah *solar panel* berkapasitas 115W dengan total 460 W. Suhu penggunaan bisa bertahan pada -40° celcius sampai $+80^{\circ}$ celcius. Di mana hal ini sangat sesuai dengan kondisi lingkungan kerja *SSR* yang harus tetap beroperasi pada suhu extreme. Dengan *lifetime* yang tinggi sampai diatas +10 tahun, sangatlah efisien dan ekonomis dibandingkan penggunaan *engine* yang bertahan kurang lebih 3 tahun. *Solar panel* yang sudah terpasang pada *SSR* nantinya akan terkoneksi ke perangkat *MPPT* sebelum di koneksikan ke area baterai *SSR*. *MPPT* merupakan singkatan dari *Maximum Power Point Tracking*, yang dalam bahasa Indonesia berarti Pelacakan Titik Daya Maksimum. Ini adalah teknologi yang digunakan dalam sistem pengecasan baterai untuk mengekstrak daya maksimum dari *solar panel*. Dalam kondisi tertentu, *solar panel* tidak dapat menghasilkan daya maksimum karena adanya variasi suhu, intensitas cahaya, dan *resistansi internal panel*. *MPPT* berfungsi untuk menemukan titik kerja terbaik *solar panel* di mana daya yang dihasilkan adalah maksimum.



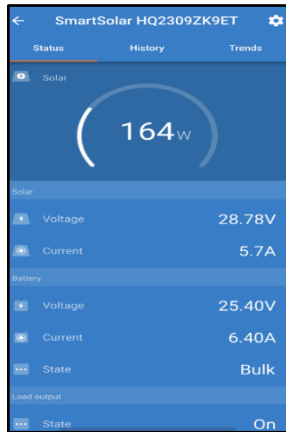
Gambar 7. Diagram MPPT Mikrokontroler, (elprocus.com, 2024)

Berikut adalah beberapa komponen yang umumnya ditemukan dalam *MPPT charge controller* berdasarkan (elprocus.com, 2024) :

- **Microcontroller:** Merupakan otak dari *MPPT charge controller*. Microcontroller memproses data dari sensor dan mengendalikan operasi *MPPT*. Itu juga dapat memonitor dan mengontrol operasi keseluruhan sistem *solar panel*.
- **Sensor Cahaya:** Digunakan untuk mengukur intensitas cahaya yang diterima oleh *solar panel*. Sensor ini memberikan informasi kepada microcontroller tentang tingkat cahaya saat ini, yang digunakan untuk mengoptimalkan operasi *MPPT*.
- **Konverter DC-DC:** Komponen ini bertanggung jawab untuk mengubah tegangan dan arus input dari *solar panel* menjadi nilai yang diinginkan. Konverter ini dapat berupa boost converter (untuk meningkatkan tegangan) atau buck converter (untuk menurunkan tegangan), tergantung pada kondisi *solar panel*.
- **Transistor:** Transistor digunakan sebagai saklar dalam konversi DC-DC. Transistor ini mengendalikan aliran energi dari *solar panel* ke beban atau baterai sesuai dengan kebutuhan untuk mencapai titik daya maksimum.
- **Induktor:** Induktor menyimpan energi dari arus yang mengalir melalui konverter DC-DC. Induktor ini berfungsi untuk melepaskan energi secara bertahap dan menghasilkan tegangan yang diinginkan sesuai dengan kebutuhan sistem.
- **Display atau Monitor:** *MPPT charge controller* juga sering dilengkapi dengan tampilan atau monitor, seperti LCD atau LED, yang menampilkan informasi penting seperti tegangan, arus, daya, dan status operasi *MPPT*.
- **Proteksi:** *MPPT charge controller* juga dilengkapi dengan berbagai fitur proteksi, seperti proteksi terhadap kelebihan tegangan, kelebihan arus, suhu berlebih, serta proteksi terhadap hubungan terbalik.

Penggunaan teknologi *MPPT* sangat penting dalam sistem *solar panel* karena memungkinkan kita untuk memperoleh efisiensi yang lebih tinggi. Tanpa *MPPT*, *solar panel* hanya akan beroperasi pada titik kerja tetap, yang mungkin tidak selalu cocok dengan kondisi lingkungan dan cuaca yang berubah-ubah. Dengan *MPPT*, *solar panel* dapat menyesuaikan daya yang dihasilkan sesuai dengan kondisi yang sedang berlangsung, sehingga mengoptimalkan efisiensi dan meningkatkan produksi energi.

Setelah semua komponen dan desain didapatkan, pengujian dan analisa pemakaian *solar panel* ini dilakukan.

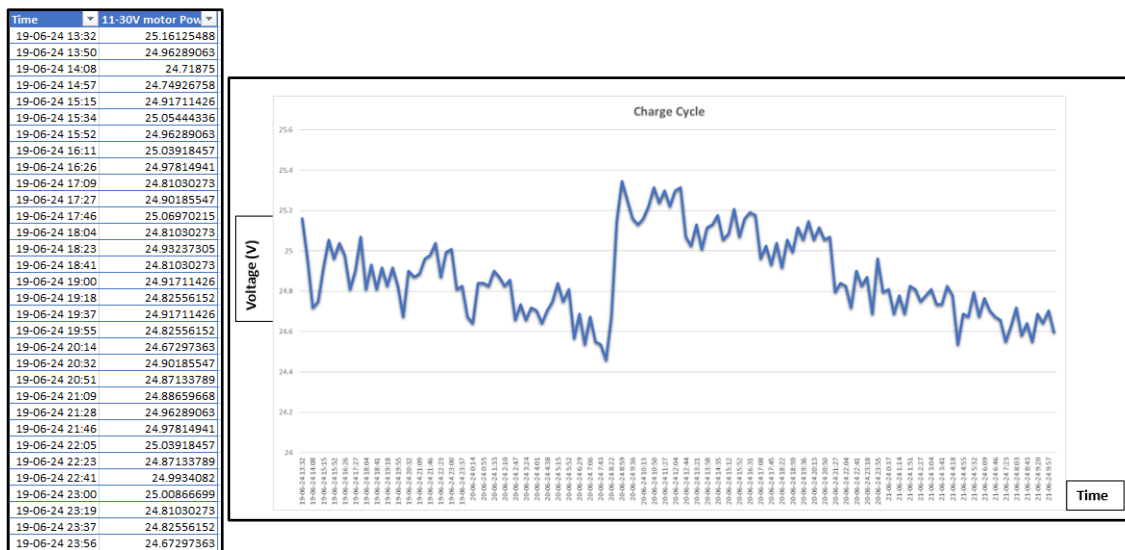


Gambar 8. Hasil pengukuran solar panel

Pada Gambar 8 diperlihatkan hasil yang diperoleh dari penggunaan solar panel pada SSR. Solar ini menghasilkan 164 W daya yaitu dari hasil tegangan 28.78 V dan arus 5.7 A.

Hasil konversi energi dari solar panel oleh MPPT didapatkan tegangan 25.4 V dan 6.4 A. Hasil ini sudah cukup baik untuk mampu mengoperasikan SSR dengan standar 24 V. Analisa selanjutnya akan berfokus pada charging cycle dari penggunaan solar panel pada SSR ini

Pengujian dilakukan selama 3 minggu dengan data yang didapatkan berupa charging cycle dari penggunaan solar panel pada SSR. Data charging cycle merupakan data tegangan yang tersimpan oleh sistem selama proses scan SSR dilakukan. Lamanya waktu update antara satu data dengan data selanjutnya dipengaruhi oleh lamanya waktu scan satu area.



Gambar 9. Charging cycle penggunaan solar panel

Pada Gambar 9 dapat dianalisis bahwa, data 1 scan membutuhkan waktu sekitar 18 menit. Setiap update scanning, data aktual dari tegangan yang diperoleh SSR dari solar panel juga akan tersimpan. Dari data-data tersebut maka didapatkan grafik cycle charge dari SSR. Tegangan yang diperoleh adalah stabil pada tegangan 24 -25 V untuk proses pengisian daya baterai dan waktu penggunaannya. Hasil perhitungan yang diperoleh dari desain dan jenis solar panel yang digunakan menunjukkan hasil yang sesuai dengan tujuan penggunaan solar panel ini. Di mana dari segi spesifikasi sesuai dengan standar SSR itu sendiri sehingga tidak akan mengakibatkan kegagalan operasi pada SSR nantinya. Sebagai tambahan, jika kondisi cuaca yang tidak mendukung untuk aktivitas solar panel seperti kurangnya suplai cahaya matahari yang didapatkan, maka SSR akan secara otomatis berpindah ke mode pengisian daya menggunakan engine internal standarnya. Operational SSR harus tetap berjalan 24/7 dengan suplai daya yang tersedia.

4. Simpulan

Hasil penelitian penggunaan solar panel pada SSR, didapatkan bahwa desain solar panel yang diaplikasikan pada SSR telah menyesuaikan standar dan spesifikasi pada system SSR,

sehingga operational dan mobilisasi SSR masih bisa berjalan optimal dengan penambahan solar panel tersebut. *Standard operational SSR* dengan kebutuhan 24 VDC dapat terpenuhi dengan pemakaian solar panel dengan tipe *Mono-crystal Silicone 4 panels*. Solar ini menghasilkan 164 W daya yaitu dari hasil tegangan 28.78 V dan arus 5.7 A. Hasil konversi energi dari solar panel oleh MPPT didapatkan tegangan 25.4 V dan 6.4 A. Hasil uji *testing* selama beberapa hari yang juga bisa dilihat dari grafik menunjukkan tegangan yang stabil pada 24-25 V.

Daftar Pustaka

- Arya, D., 2023. *Kebijakan Dekarbonisasi Sistem Energi Indonesia pada Sektor Energi Terbarukan*. Universitas Pertahanan Republik Indonesia, Indonesia
- BlueSolar Monocrystalline Panels, (19 Juni 2024), <https://www.victronenergy.com/solar-pv-panels/bluesolar-panels>
- Ginting, A., Stawski, M., and Widiadi, R. 2011. *Geotechnical risk management and mitigation at Grasberg Open Pit, PT Freeport Indonesia*. In *Proceedings of Slope Stability 2011: International Symposium on Rock Slope Stability in Open Pit Mining and Civil Engineering*. Vancouver, BC. Canadian Rock Mechanics Association.
- Glastonbury, J. & Fell, R. 2002. *Report on the analysis of the deformation behaviour of excavated rock slopes*. Univ report no. R-403, The University of New South Wales, Australia.
- Harries, N.J., and Cabrejo, A.G.L. 2010. *Deformation response of coal mine slopes - implications for slope hazard management using evacuation based on slope monitoring*. In *Proceedings of the 44th US Rock Mechanics Symposium and 5th U.S.–Canada Rock Mechanics Symposium*. American Rock Mechanics Association, Salt Lake City, Utah.
- Harries, N. J., Noon, D. & Rowley, K. 2006. *Case Studies of Slope Stability Radar Used in Open Cut Mines*. In *Stacey (Chairman)*. Stability of Rock Slopes in Open Pit Mining and Civil Engineering Situations, Proc. intern. symp., Cape Town, South Africa, 3-5 April 2006. Johannesburg: SAIMM.
- MPPT application (19 Juni 2024) <https://www.elprocus.com/>
- Noon, D. 2003. *Slope Stability Radar for Monitoring Mine Walls*. Mining Risk Management Conference, Sydney, NSW, 9-12 September 2003, pp 1 – 12.
- Reeves, B., Noon, D., Stickley, G., and Longstaff, D. 2001. *Slope stability radar for monitoring mine walls*. In *Proceedings of SPIE*
- Solar panel kit, (20 Juni 2024), [Solar panel kit - CPS2 User Manual - Confluence \(groundprobe.com\)](https://www.confluence-groundprobe.com/)