

Rancang Bangun Power Bank Charger Alternatif Untuk Alat Komunikasi Dengan Energi Terbarukan Solar Cell Mini

Syafriwel^{1*}, Dwiyanto² dan Yayang Martua Naibaho²

¹Universitas Tjut Nyak Dhien

Jln Gatot Subroto Gg. Rasmi No.28, Sei Sikambang C. II, Kec. Medan Helvetia, Kota Medan, Sumatera Utara 20123

²Politeknik Penerbangan Medan

Jln Penerbangan No.85 Padang Bulan. Medan, 20131 Indonesia

syafrivel.lp3i@gmail.com^{1*}

Abstract— Renewable energy from solar cells is an alternative energy that is very much needed at a time of rapid energy demand. Fossil energy reserves continue to decrease, so an alternative energy is needed. Communication devices such as Android and others may not lack energy, especially if you are in an urban location or a crowded place, what if in a location that does not have electrical energy coverage. An emergency landing in an area far from the crowd has no electrical energy, so a power bank for backup electricity is needed in this situation. It takes energy storage that can be used from any location, almost all areas on earth are covered by the sun. The benefits of energy can be obtained unlimited wherever it is if the communication equipment runs out of main energy during an emergency such as an emergency landing, in remote areas. Data collection is carried out by testing the strength or power of the mini solar cells when using it directly, testing the load using batteries and solar cells and also charging with backup solar cells. The design results can be used as a backup energy source if the main energy source is exhausted or in a low battery state in emergency communication equipment such as VHF on aircraft and HT ICOM. The efficiency of the power is not very good, but in an emergency without a conventional power source, this mini solar cell power bank system is very useful. The ability or power connected can be used for emergency communication, even for about 3 minutes, but once it is used up, it can be recharged as long as there is good sunlight.

Keywords— alternative energy, mini solar cell, emergency, power bank, communication tools.

Abstrak— Energi terbarukan solar sel energi alternatif yang sangat dibutuhkan disaat pesatnya kebutuhan energi. Cadangan energi fosil terus berkurang maka dibutuhkan suatu energi alternatif. Alat komunikasi seperti android dan lainnya mungkin tidak kekurangan energi terutama jika berada di lokasi perkotaan atau tempat ramai, bagaimana jika di lokasi yang tidak ada jangkauan energi listrik. Pesawat mendarat darurat di daerah yang jauh dari keramaian tidak memiliki energi listrik maka power bank untuk listrik cadangan sangat dibutuhkan dalam keadaan ini. Diperlukan penyimpan energi yang bisa digunakan dari lokasi manapun hampir seluruh wilayah di bumi terjangkau matahari. Keuntungan energi bisa didapat tidak terbatas dimanapun berada jika alat komunikasi kehabisan energi utama ketika saat keadaan darurat seperti pendaratan darurat, didaerah terpencil. Pengambilan data dilakukan dengan pengtesan kekuatan atau daya dari solar sel mini ketika pemakaian langsung, pengtesan beban dengan menggunakan baterai dan solar sel dan juga pengecasan dengan solar sel cadangan. Hasil rancang bangun dapat digunakan sebagai sumber energi cadangan jika sumber energi utama habis atau dalam keadaan low baterai pada peralatan komunikasi darurat seperti VHF pada pesawat udara dan HT ICOM. Efisiensi dari daya memang tidak terlalu bagus namun dalam keadaan darurat tanpa sumber listrik konvensional sistem peralatan power bank solar cell mini ini sangat bermanfaat sekali. Kemampuan atau daya yang terhubung dapat dimanfaatkan untuk komunikasi darurat walaupun hanya sekitar 3 menit tetapi setelah habis dapat diisi kembali asalkan terdapat cahaya sinar matahari yang baik.

Kata kunci— Energi alternatif, solar sel mini, darurat, power bank, alat komunikasi.

I. PENDAHULUAN

Energi terbarukan solar cell merupakan energi alternatif yang sangat dibutuhkan disaat pesatnya kebutuhan masyarakat akan kebutuhan energi. Mengingat disuatu pihak cadangan energi fosil terus mengalami cadangan yang terus berkurang maka dibutuhkan suatu energi alternatif. Banyak negara telah berlomba membuat inovasi terbaru dengan menggunakan

energi terbarukan walaupun belum sepenuhnya digunakan masyarakat dunia secara global, padahal kebutuhan energi alternatif sangat berguna bagi kebutuhan manusia. Salah satu energi terbarukan yang bisa dikembangkan dan ramah lingkungan adalah solar cell. Di zaman alat komunikasi seluler yang bisa mobile tentu dibutuhkan energi baterai sebagai fungsi utama peralatan untuk bisa beroperasi sesuai kebutuhan. Untuk penggunaan alat komunikasi seperti android dan lainnya mungkin tidak jadi masalah dan tidak kekurangan energi

terutama jika berada di lokasi perkotaan dan tempat ramai yang sudah maju, bagaimana jika para penjelajah misalnya dihutan, lautan lepas, atau daerah terpencil mungkin sangat susah sekali untuk mendapatkan energi listrik. Bisa juga seperti pesawat yang mendarat darurat di daerah yang jauh dari keramaian tidak memiliki energi listrik lagi maka power bank untuk listrik cadangan sangat dibutuhkan dalam keadaan darurat seperti ini. Maka diperlukan penyimpanan energi yang bisa diserap dari lokasi manapun karena hampir seluruh wilayah di bumi terjangkau matahari. Keuntungan juga energi bisa didapat tidak terbatas dimanapun berada. Solar cell mini akan mudah dibawa kemanapun pergi dan sangat simpel yang bisa digunakan sebagai energi cadangan jika energi utama habis. Telephone seluler dan telephone satelit yang digunakan untuk berada diluar rumah tentu membutuhkan baterai untuk operasionalnya, untuk mencari charge diluar rumah tentu sangat sulit dengan menggunakan power bank solar cell dapat menyelesaikan permasalahan tersebut. Dan alat komunikasi pun bisa berjalan sesuai yang dibutuhkan, ini merupakan solusi yang sangat tepat digunakan bagi mereka yang mempunyai mobilitas tinggi diluar rumah. Semua permasalahan komunikasi bisa teratasi dengan baik dan energi ini juga bisa hemat dan murah, mudah dan nyaman untuk digunakan. Penelitian rancang bangun energi penyimpan alternatif yang sangat dibutuhkan jika alat komunikasi kehabisan energi utama maupun peralatan lainnya. Efisiensi energi yang tersimpan dari rancang bangun alat tersebut. Kemampuan alat atau besaran daya yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan energi cadangan pada alat komunikasi. Alat yang dikembangkan agar dapat memberikan manfaat untuk energi cadangan peralatan komunikasi kepada banyak orang yang berpergian ke daerah yang jauh dari jangkauan listrik PLN, seperti jika terjadi emergensi atau darurat di wilayah yang jauh dari keramaian.

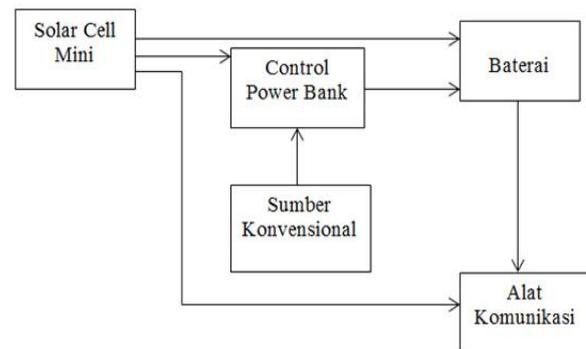
II. METODE PENELITIAN

Rancang bangun ini diharapkan dapat menghasilkan energi alternatif dari power bank menggunakan tenaga surya, yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik yang dapat langsung dihubungkan ke baterai maupun baterai cadangan seperti power bank. Jadi tetap bisa dipakai walaupun tidak ada sumber arus listrik konvensional. Penelitian dilakukan dengan membuat rancang bangun pada lokasi laboratorium, pengukuran, pengamatan, pengukuran dan hasil percobaan yang kontiniu pada rancangan.

A. Metode

Pengumpulan data dengan menggunakan pengamatan dan pengukuran serta rancang bangun peralatan power bank. menggunakan alat bantu ukur untuk melihat hasil efisiensi daya charger. Data yang diperoleh di analisis untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Solar cell mini akan di jemur pada terik matahari sampai jangka waktu tertentu untuk proses pengambilan data diantaranya waktu yang dibutuhkan untuk menyimpan energi dan besaran daya yang bisa diperoleh selama proses ketika terkena sinar matahari.

B. Blok Diagram Rangkaian.



III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Solar cell Mini yang digunakan adalah memiliki daya atau output power hanya 1 Watt. Solar sell mini ini mampu bekerja pada besaran arus 0 sampai 200 mA. Adapun ukuran fisik dari solae sell mini adalah 110 cm x 69 meter yang akan di pasang 2 unit dengan ketebalan 2.5 mm pada power bank mini tersebut. Solar cell ini mampu untuk mengecan handphone, water pump menggunakan solar cell mini, lampu rumah sederhana dan untuk power system kecil yang menggunakan solar sell ini.



Gambar 1. Solar panel portabel mini 5 volt

Solar cell Mini yang digunakan adalah memiliki daya atau output power hanya 1 Watt. Solar sell mini ini mampu bekerja pada besaran arus 0 sampai 200 mA. Adapun ukuran fisik dari solae sell mini adalah 110 cm x 69 meter yang akan di pasang 2 unit dengan ketebalan 2.5 mm pada power bank mini tersebut. Solar cell ini mampu untuk mengecan handphone, water pump menggunakan solar cell mini, lampu rumah sederhana dan untuk power system kecil yang menggunakan solar sell ini.



Gambar 2. USB 2.0

Untuk memudahkan koneksi hasil energi surya ke energi listrik bisa dengan mudah disalurkan ke peralatan yang membutuhkan energi listrik maka digunakan konektor USB 2.0.

Hal ini dipilih karena pada umumnya peralatan elektronik seperti alat komunikasi banyak menggunakan USB sebagai konektor untuk power sistemnya dan koneksi instalasi juga akan terlihat rapi dan kokoh. USB 2.0 ini digunakan untuk koneksi langsung dari sell surya mini ke beban tanpa melalui kontrol power bank. Artinya dari solar sell mini bisa langsung dihubungkan ke sumber beban. Tetapi hal ini tidak mendapatkan daya yang maksimal karena solar sell mini ini harus tersinari secara langsung sinar matahari. Sebenarnya pada peralatan bisa digunakan kontrol power bank yang telah dilengkapi dua unit USB untuk output supplai ke beban.



Gambar 3. Kontrol power bank

Kontrol Power Bank terdiri dari 2 USB atau double charging yang digunakan untuk supply ke beban dengan besaran arus yang berbeda. Untuk USB pertama maksimal menggunakan arus sebesar 1 Ampere sedangkan USB yang kedua dengan menggunakan arus maksimal sebesar 2 Ampere. Terdapat 4 buah lampu indicator yang berfungsi sebagai indicator jika baterai dalam keadaan hidup, lalu dalam keadaan supplai dan dalam keadaan di charger atau pengecasan. Pada kontrol power bank juga di buat pot atau terminal untuk mengecas dari sumber energi konvensional seperti sumber PLN.



Gambar 4. Baterai yang digunakan untuk menyimpan energi

Untuk penggunaan solar cell mini bisa saja langsung dihubungkan ke peralatan sebagai sumber energi tetapi hal ini tentu tidak efektif dan efisien karena peralatan tidak selalu dalam keadaan hidup. Maka untuk sementara diperlukan penyimpan energi yang dihasilkan dalam hal ini digunakanlah baterai sebagai penyimpan energi tersebut. Baterai yang digunakan memiliki spesifikasi seperti tabel berikut:

TABEL I. SPESIFIKASI BATERAI

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Kapasitas	10.000 mAh
2	Type	Baterai Lypolimer
3	Daya	DC 5V 1A Max

Untuk penelitian ini hanya bisa dilakukan untuk daya yang kecil jika memerlukan daya lebih maksimal lagi tentu dibutuhkan desain baterai yang sesuai dan kapasitas serta kontruksi yang aman dalam dunia penerbangan. Untuk melakukan koneksi dari sumber tegangan ke peralatan seperti yang telah dijelaskan pada kontrol power bank digunakan USB jadi untuk penelitian ini digunakan kabel standar USB yang biasa digunakan agar lebih mudah dalam melakukan percobaan.

A. Penggunaan Alat

Alat rancangan ini digunakan untuk peralatan komunikasi pada saat membutuhkan energi darurat. Seperti yang tercantum pada Blok Diagram Rangkaian yang dirancang dapat dilihat bahwa alat power bank solar mini ini khusus digunakan sebagai cadangan energi pada peralatan komunikasi pesawat terbang dalam keadaan darurat saja jika sumber energi utama tidak bisa digunakan terutama didaerah yang sama sekali tidak ada energi konvensional. Untuk pnggunaan daya yang kecil dari solar sel dapat langsung dihubungkan ke peralatan sebagai sumber listrik tetapi hanya mampu bertahan beberapa menit dikarenakan solar sel mini hanya memiliki daya 1 watt saja. Walaupun demikian daya kecil sangat besar manfaatnya ketika dalam keadaan darurat karena energi selalu didapat jika sudah habis terpakai oleh alat dan bisa di isi kembali jika terdapat sinar matahari. Seperti yang terlihat pada Gambar 5 adalah solar sel mini yang bisa dihubungkan langsung menggunakan konektor USB standar pada alat yang membutuhkan energi listrik karena pada umumnya saat ini semua peralatan menggunakan kabel hubung USB. Penggunaan konektor ini lebih kokoh dan rapi sehingga kemungkinan tidak terjadi loss koneksi. Pada system ini setelah dilakukan pengukuran dan pengtesan alat hanya mampu bertahan beberapa saat saja karena daya yang dihasilkan sangat kecil sekali.



Gambar 5. Baterai yang digunakan untuk menyimpan energi

Untuk mendapatkan daya yang lebih baik dan besar maka diperlukan penyimpan energi listrik yang dapat digunakan pada saat yang dibutuhkan maka masih diperlukan tambahan baterai. Jadi pada saat energi tidak terpakai solar sel juga dihubungkan ke baterai sebagai penyimpan yang akan digunakan kemudian. Baterai yang digunakan adalah tipe lypolimer sebagai percobaan alat. Dari baterai ini lah nnti akan dihubungkan ke beban peralatan komunikasi pesawat. Agar koneksi dan pengontrolan dapat dilakukan dengan baik maka dipasangkan kontrol power bank yang berfungsi sebagai pot terminal input output maupun input pengecasan dari sumber konvensional. Untuk pengambilan data digunakan HT ICOM A-24 airband transciever IC-A24 yaitu alat komunikasi yang digunakan untuk pesawat terbang. Sesuai spesifikasi pada alat ini memiliki sumber daya yang mampu digunakan juga pada rancang bangun pada solar sel ini. Dari hasil yang dicoba power bank

charger mampu menyuplai tegangan dan menghidupkan peralatan

Cara penggunaan alat ini sangat mudah sama seperti penggunaan charger pada umumnya yang biasa dipakai. Untuk mengisi ulang cukup menghubungkan soket terminal USB dengan peralatan ICOM A-24. Jika cahaya matahari mencukupi power bank langsung bisa digunakan. Pada saat malam hari tanpa cahaya harus dilakukan pengecasan sebelumnya pada baterai dengan melihat indikator kontrol power bank yang pada LED pertama. Jika LED menyala atau bisa dilakukan pengukuran juga besarnya maka alat langsung bisa digunakan sebagai sumber listrik.

Cara Penggunaan Alat :

- 1) Saat ada matahari power bank bisa langsung digunakan walaupun baterai dalam keadaan kosong dengan koneksi USB yang sudah disediakan langsung dihubungkan ke beban atau load peralatan.
- 2) Jika LED menyala alat siap dipakai
- 3) Jika pada malam hari tanpa ada cahaya matahari tetapi daya dalam baterai tersedia maka tinggal dihubungkan ke beban dan alat siap digunakan.

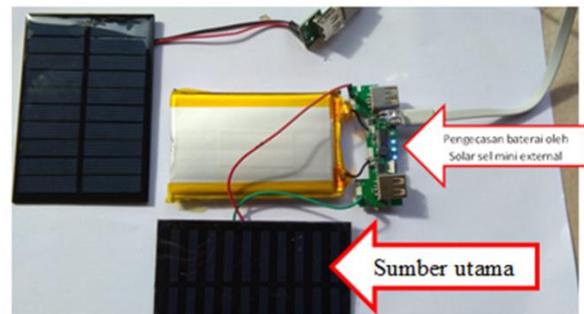
B. Pengujian Alat

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan semua komponen sesuai blok diagram yang dibuat dan dilakukan pengujian dengan menjemur atau terkena sinar matahari untuk solar sel mini yang sudah terpasang. Komponen utama pada blok rangkaian adalah 5 unit bagian yaitu solar sel mini, baterai, kontrol power bank, beban (alat komunikasi) dan sumber energi konvensional PLN dengan USB ke power kontrol. Untuk penambahan daya ditambahkan satu unit lagi solar sel mini dengan spesifikasi sama yang dihubungkan secara paralel agar sumber tegangan menjadi 10 Volt.



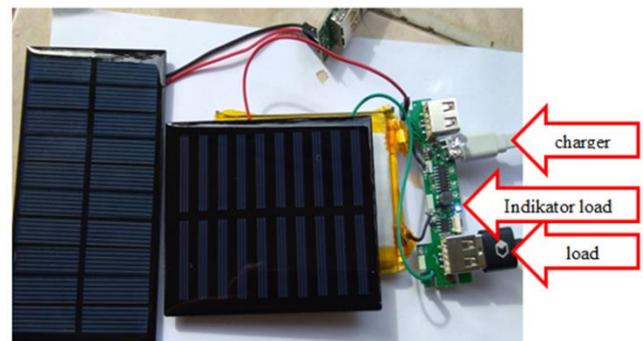
Gambar 6. ICOM IC A-24

Beban dari power bank charger adalah ICOM IC A-24 yang lebih mudah didapat dipasaran untuk percobaan alat komunikasi pada dunia penerbangan. Alat ini juga memiliki spesifikasi yang sesuai dengan rancangan sumber tegangan dengan power bank charger yang di rancang jadi lebih mudah untuk pengambilan data pengujian maupun pengukuran.



Gambar 7. Pengecasan baterai tanpa beban (load)

Pengecasan pada saat power bank diberikan beban maka solar sel kedua atau external tidak sanggup mengecas karena beban yang dipakai sangat besar jadi dari hasil percobaan bahwa untuk penggunaan beban sebaiknya langsung digunakan dari solar sel atau menunggu cadangan energi baterai penuh terlebih dahulu baru bisa digunakan untuk beban.



Gambar 8. Pengecasan baterai dengan beban (load)

Pada saat pengecasan dan langsung dihubungkan ke beban seperti terlihat pada Gambar 8 lampu indikator pengecasan tidak menyala karena kontrol power fokus mengkoneksikan baterai dan solar sel utama untuk mensuplai beban. Berbeda dengan Gambar 7 jika dikoneksikan tanpa beban maka solar sel external bisa mengisi baterai atau mengecas. Pada kontrol power bank pengecas dari eksternal bisa juga digunakan untuk mengecas pada energi konvensional PLN tetapi terlebih dahulu harus menggunakan adaptor charger untuk mendapatkan arus DC.

C. Data Hasil Percobaan

Pengambilan data dilakukan dengan pengujian kekuatan atau daya dari solar sel mini ketika pemakaian langsung, selanjutnya pengujian beban dengan menggunakan baterai dan solar sel dan juga pengecasan dengan solar sel cadangan. Berdasarkan pengujian solar sel mini mampu memberikan sumber listrik jika memiliki sinar matahari dengan intensitas cahaya yang sedang atau sekitar 2000an lux. Besaran arus tidak dapat diukur karena sangat kecil sekali tetapi mampu menghidupkan beban yang terpasang. Jika dilihat dari prakiraan dan daya yang terpasang pada solar sel mini maka dapat diperkirakan sekitar lebih kurang 100 mA selama sejam jika di sinari panas matahari dalam keadaan cuaca cerah.

TABEL II. PENGUJIAN SECARA LANGSUNG

No	Pengujian	Durasi
1	Pada HT ICOM 7,2 V 1340 Ah	Kurang dari 1 menit
2	Test HP android	Bisa bertahan hidup selagi terkoneksi dan kena cahaya matahari tetapi persentase baterai asal tidak bertambah
3	Pada lampu LED	Terus menyala selagi terkoneksi

Selanjutnya pengetesan dilakukan dengan menggunakan baterai dan solar sel mini menggunakan baterai dengan kapasitas baterai adalah 10.000 mAh yang dihubungkan paralel dengan solar mini dengan spesifikasi yaitu 0 – 200 mA 5 Volt 1 Watt ketika diberikan beban HT ICOM. Pengambilan data dilakukan selama 6 hari saat cuaca cerah dan cukup panas dimulai dari pukul 8 pagi hingga pukul 5 sore hari. Untuk pengetesan pada nomor 4 , 5 dan 6 pada Tabel III dihubungkan dengan baterai dan solar sel external seperti yang terlihat pada Gambar 7 yaitu pengecasan saat disinari matahari tanpa beban (load).

TABEL III. DATA HASIL PENGAMATAN DAN PERCOBAAN

No.	Durasi Pengecasan Ketika Disinari Matahari	Durasi Baterai Habis Ketika Diberikan Beban Terus-Menerus Tanpa Matahari	Waktu
1	5 jam dijemur cuaca cerah	Hanya 3 menit	Pkl 09.00 s.d 14.00
2	8 jam dijemur cuaca cerah	Hanya 4 menit 48 detik / 4,8 menit	Pkl 08.00 s.d 16.00
3	9 jam dijemur cuaca cerah	Hanya 5 menit 24 detik / 5,4 menit	Pkl 08.00 s.d 17.00
4	5 jam dengan charger External tambahan solar sel mini (2 solar sel)	Hanya 5 menit	Pkl 09.00 s.d 14.00
5	8 jam dengan charger External tambahan solar sel mini (2 solar sel)	8 menit	Pkl 08.00 s.d 16.00
6	9 jam dengan charger External tambahan solar sel mini (2 solar sel)	9,5 menit	Pkl 08.00 s.d 17.00

Jika diperhatikan dari data hasil percobaan dapat dilihat bahwa solar sel mini ini walaupun sudah disinari matahari terlalu lama hingga hampir 1 harian untuk mengecbas baterai tetapi saat digunakan ke peralatan komunikasi yang memiliki daya sekitar 10 Watt saja hanya mampu bertahan sekitar 3 menit saja hal ini dikarenakan solar sel mini hanya mampu menyerap energi listrik maksimal 200 mA saat disinari matahari. Walaupun daya nya kecil tetapi sesuai tujuan awal adalah energi power bank ini hanya digunakan saat keadaan darurat jadi walaupun daya kecil tetapi sangat berguna saat keadaan darurat. Kapasitas untuk menghidupkan alat komunikasi hanya sebentar dapat membantu orang untuk tetap berkomunikasi saat-saat genting. Kelebihan dari power bank seperti ini walaupun dayanya kecil tetapi selagi ada sinar

matahari energi listrik yang dihasilkan tidak akan habis dan dapat di perbaharui atau diisi kembali

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil perancangan dan pengukuran dilapangan maka dapat diambil suatu kesimpulan dari penelitian ini adalah :

A. Kesimpulan

- 1) Hasil rancang bangun yang telah dibuat dapat digunakan sebagai sumber energi cadangan jika sumber energi utama habis atau dalam keadaan low baterai pada peralatan komunikasi darurat seperti alat VHF pada pesawat udara dan HT ICOM.
- 2) Efisiensi dari daya memang tidak terlalu bagus namun dalam keadaan darurat tanpa sumber listrik konvensional sistem peralatan power bank solar cell mini ini sangat bermanfaat sekali.
- 3) Kemampuan atau daya yang terhubung dapat dimanfaatkan untuk komunikasi darurat walaupun hanya waktu singkat sekitar 3 menit tetapi setelah habis dapat di pakai atau diisi kembali asalkan terdapat cahaya sinar matahari yang baik.

B. Saran

Untuk mendapatkan hasil daya yang baik untuk selanjutnya sangat dianjurkan solar cell mini ini langsung di pasang pada bodi peralatan agar energi yang bisa terserap kemungkinan lebih maksimal.

Ucapan Terima Kasih dan Acknowledgment

Terima kasih kepada Dr. Fahmi S.T., M.Si., IPM., ASEAN Eng dan tim sebagai review dan terima kasih kepada Kepala Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Politeknik Penerbangan Medan yang mendukung penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Abdul Hafid, Zainal Abidin, Saddam Husain, Rahmat Umar. (2017). *Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pulau Balang Lompo*. Jurnal Litek:Jurnal Listrik Telekomunikasi Elektronika,Vol.14,No.1 Maret 2017,6-12.
- [2] Andi Yulisman,Ira Devi S.,Ramadhan Halid S. (2017). *Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Atap Stadion Bola*. KITEKTRO:Jurnal Online Teknik Elektro,Vol.2,No.1,2017,35-42.
- [3] Anonim, 2015, *Panel Surya 200 WP Shinyoku Polycrystalline*, http://panel_surya_jakarta.com/panel-surya-200-wpshinyoku-polycrystalline/.12-12-2016.
- [4] Dhanabal, R, et al. (2013). *Comparison of Efficiencies of Solar Tracker Systems with Static Panel Single-Axis Tracking System and Dual-Axis Tracking System with Fixed Mount*. International Journal of Engineering and Technology (IJET), Vol. 5 No.2 Apr – May 2013.
- [5] Hasan H. (2012) “*Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Pulau Saugi*”. Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRTR) Volume 10, Nomor 2, Juli -Desember 2012 169.
- [6] Indo energi. 2012.”*Pengertian Energi Terbarukan*”, <http://www.indoenergi.com/2012/04/pengertian-energi-terbarukan.html>
- [7] Kumara N, (2010), *Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga Urban dan Ketersediaannya di Indonesia*, Jurnal Teknik Elektro, Vol. 9 No. 1 Januari – Juni 2010.
- [8] Kumi, Ebenezer Nyarko. (2013). *Design and Analysis of a 1MW Grid-Connected Solar PV System in Ghana*, ATPS working paper no.78.

- [9] Nurlaila Amna. 2016. “*Rancang Bangun Prototipe Pengatur Suplai Daya Beban Listrik Rumah Cerdas Untuk Meningkatkan Keandalan Listrik*”, Banda Aceh, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unsyiah.
- [10] Prinsloo, G., & Dobson, R. (2015). *Solar Tracking South Africa*: Stellenbosch University.
- [11] Ramadhan dan Rangkuti. 2016.”*Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Atap Gedung Harry Hartanto Universitas Trisakti*”.Makalah Seminar Nasional Cendekiawan.
- [12] Rui Santos, (2014) *18 + Random Nerd Tutorials Projects*, Randomnerdtutorials.com
- [13] Sihombing D.T.B, Kasim S.T (2013), *Perencanaan Sistem Penerangan Jalan Umum dan Taman di Areal Kampus USU dengan Menggunakan Teknologi Tenaga Surya (Aplikasi di Areal Pendopo dan Lapangan Parkir*, SINGUDA ELSIKOM, Vol.3 No.3
- [14] Simon Monk. (2010) *30 Arduino Projects for the Evil Genius*. McGraw-Hill. United Stated
- [15] Tudorache, T., & Kreindler, L. (2010). *Design of a Solar Tracker System for PV Power Plants*. Acta Polytechnica Hingarica, Vol.7 No. 1.
- [16] Zian Iqtimal,Ira Devi S.,Syahrizal. (2018). *Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Sumber Tenaga Listrik Pompa Air*. KITEKTRO:Jurnal Online Teknik Elektro,Vol.3,No.1,2018,1-8.