

Perancangan Sistem Pemantauan Uji Karakteristik Daya Keluaran Panel Surya Monocrystalline dan Polycrystalline untuk Kepentingan Riset dan Pendidikan

Bima Romadhon¹⁾, Choirul Saleh²⁾, Citra Dewi Megawati³⁾

^{1),2)}Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Malang
Kampus II ITN Malang, JL. Raya Karanglo KM. 2, Tasikmadu, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur
65153

³⁾Desain Grafis, Universitas Brawijaya Malang
JL. Komplek Universitas Brawijaya Kampus II, Kalisongo, Malang, Jawa Timur 65145
Email : bimarpdp@lecturer.itn.ac.id

Abstrak. Banyak jenis modul sel surya yang tersedia di pasaran. Kinerja setiap jenis dan merek berbeda satu sama lain dan sangat bergantung pada spesifikasi dan kondisi yang mempengaruhi. Hal ini jika diamati menjadi menarik, jika diangkat sebagai topik penelitian dan edukasi. Tetapi mengamati kinerja sel surya secara langsung pada kondisi lingkungan tidak memungkinkan jika dilakukan sehari-hari, saat peneliti maupun mahasiswa teknik elektro melakukan pengujian. Pemanfaatan teknologi sistem pengukuran dan pemantauan sebagai media dalam pembelajaran dan penelitian dapat membangkitkan keinginan dan minat baru, meningkatkan motivasi dan rangsangan kegiatan belajar, dan bahkan berpengaruh secara psikologis. Pada hasil pengujian yang telah dilakukan, membuktikan bahwa sistem pemantauan daya panel surya mampu menampilkan data hasil pengukuran dengan baik. Sistem bekerja dengan melakukan komunikasi secara serial USB, antara sistem pemantauan dan datalogger. Grafik pada sistem monitoring dapat menampilkan hasil pengukuran intensitas cahaya matahari, suhu, tegangan, arus dan daya sel surya secara realtime dengan sampling data dengan interval 60 detik.

Katakunci: Edukasi, Teknik Elektro, Monocrystalline, Polycrystalline, Riset.

1. Pendahuluan

Tingkat pemakaian energi surya di Indonesia tumbuh rata-rata mencapai 60% pertahun dalam satu dekade terakhir[1]. Sel surya adalah salah satu teknologi paling substansial dalam sumber energi terbarukan, yang sederhana dan handal untuk digunakan dalam berbagai keperluan[2]. Indonesia mempunyai potensi rata-rata energi radiasi matahari global mencapai 4,5 hingga 5,5 KWh/m²/hari. Sehingga pemanfaat energi matahari dengan teknologi sel surya menjadi salah satu alternatif untuk mengatasi krisis energi[3]. Sistem pembangkit listrik energi matahari memiliki peran penting sebagai salah satu sumber energi terbarukan untuk mengatasi krisis energi[4]. sel surya memiliki keunggulan dalam biaya produksi yang rendah dan efisiensi yang tinggi, dan telah menjadi salah satu contoh energi terbarukan yang bersih, dengan produk terbanyak berjenis *silicon polycrystalline* dan *silicon monocrystalline* menjadi produk utama di pasar sel surya[5]. Sel surya jenis *monocrystalline* merupakan sel surya yang paling efisien, menghasilkan daya listrik per m² tertinggi, dengan efisiensi mencapai 15%. Kelemahan dari jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat dengan intensitas cahaya rendah, efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan[6]. Sedangkan sel surya berjenis *polycrystalline* cukup sensitif dan mampu mendapatkan energi yang tinggi dari matahari walaupun intensitas cahaya rendah[7]. Dari kedua jenis sel surya yang telah diuraikan, perlu dikembangkan sistem pemantauan dan perangkat uji karakteristik untuk keperluan penelitian dan pengamatan. Pengujian efektifitas kinerja menggunakan metode pembebanan, yang dibandingkan dengan luasan sel surya dalam m² dan intensitas cahaya per m², sehingga dapat dianalisa kinerja produksi daya kedua jenis sel surya dalam kondisi pengaruh lingkungan yang sama.

2. Metode Penelitian

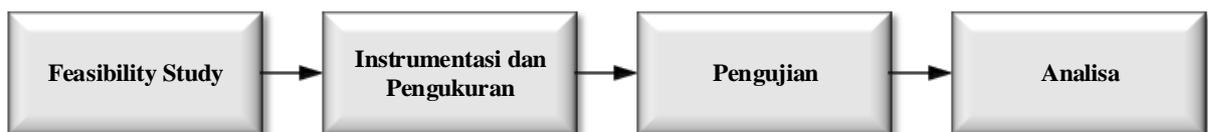
Menjelaskan kronologis, prosedur, desain sistem, dan pengujian sistem.

2.1. Kronologi Penelitian

sel surya adalah sebuah keping semikonduktor yang dapat mengubah energi matahari secara langsung menjadi energi listrik arus searah dengan menggunakan sel yang terbuat dari bahan kristal Si (*silicon*). Sel surya mempunyai paling tidak dua lapisan semi konduktor dimana berjenis N-P. Ketika cahaya mengenai permukaan sel surya, elektron menyeberang pada sambungan N-P sehingga menyebabkan adanya beda potensial[8]. Karakteristik daya keluaran sel surya dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang diterima oleh permukaan sel surya[9][10][11][12][13][14]. Radiasi matahari yang diserap oleh sel surya untuk menghasilkan listrik tentunya juga menghasilkan energi panas dan temperatur lingkungan sekitar sel surya juga memiliki kontribusi dalam kenaikan temperatur pada permukaan. Akibat kenaikan temperatur, maka daya listrik yang diproduksi oleh sel surya menjadi berkurang[8][14]. Kenaikan temperatur permukaan berdampak pada penurunan daya keluaran sel surya. Untuk radiasi matahari diatas 1000 W/m^2 dengan rata-rata temperatur lingkungan 33°C , maka untuk permukaan sel monokristal temperaturnya sekitar $30,6^\circ\text{C}$ terjadi kehilangan daya sebesar 2,3%. Sedangkan pada sel polykristal, ketika temperatur permukaannya $47,5^\circ\text{C}$ terjadi kehilangan daya sekitar 10,12%. Efisiensi konversi daya dari tipe monokristal adalah 11,90%, dan tipe polykristal adalah 9,18%. Parameter kinerja seperti pembebanan juga berpengaruh pada efisiensi produksi daya sel surya selain performance ratio sel surya itu sendiri[3]. Hal ini jika diamati menjadi menarik, jika diangkat sebagai topik penelitian dan edukasi. Tetapi mengamati kinerja sel surya secara langsung pada kondisi lingkungan tidak memungkinkan jika dilakukan sehari-hari, saat peneliti maupun mahasiswa teknik elektro melakukan pengujian. Pemanfaatan teknologi sistem pengukuran dan pemantauan sebagai media dalam pembelajaran dan penelitian dapat membangkitkan keinginan dan minat baru, meningkatkan motivasi dan rangsangan kegiatan belajar, dan bahkan berpengaruh secara psikologis. Beberapa manfaat media dalam proses belajar dan penelitian, yaitu: (1) dapat menumbuhkan motivasi karena pengamatan akan lebih menarik, (2) memungkinkan terjadinya penguasaan serta pencapaian tujuan pembelajaran dan penelitian; (3) mahasiswa dan peneliti lebih terbantu dalam melakukan pengamatan dan pengumpulan data.

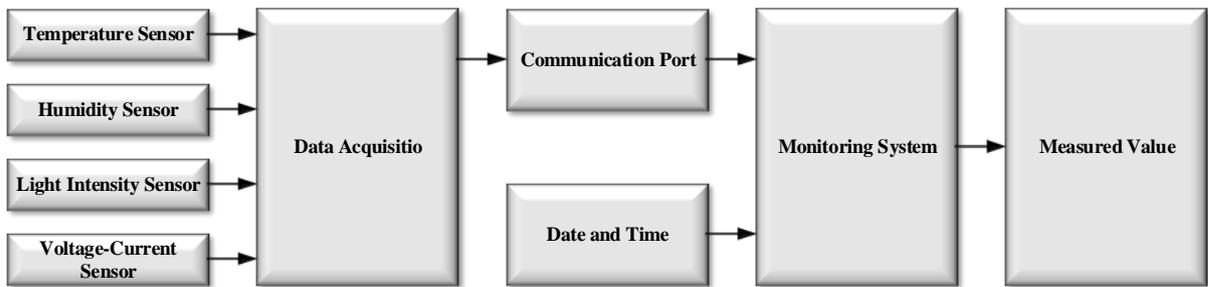
2.2. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilaksanakan dengan urutan yang dijabarkan pada Gambar 1. Tahap awal adalah melakukan studi kelayakan di lokasi penelitian yang dilakukan di laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Lokasi penelitian dipilih karena sesuai dengan topik penelitian yang berhubungan dengan media pembelajaran dan riset. Setelah menentukan lokasi, selanjutnya adalah membuat purwarupa instrumen *datalogger*, proses kalibrasi sensor, hingga pembuatan program pemantauan. Tahap berikutnya adalah proses pengujian, yang terdiri dari pemasangan sel surya di lokasi penelitian hingga proses pengumpulan data. Proses pengumpulan data dilakukan di laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Pengujian dilakukan selama 1 minggu, pada tanggal 5-11 September 2021 dengan pengambilan data dilakukan mulai pukul 06.00-18.00, dalam kondisi cuaca harian yang terekam pada datalogger dan ditampilkan secara *realtime* pada *desktop* komputer. Data yang terekam berupa daya panel surya, temperatur sel surya, temperatur udara, kelembaban udara, dan intensitas cahaya matahari. Tahap terakhir prosedur penelitian adalah analisa data, data dianalisa untuk membuktikan apakah data yang ditampilkan pada sistem pemantauan sesuai dengan data pengukuran pada kondisi sesungguhnya, sehingga kredibilitas data dapat dipertanggungjawabkan.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.3. Desain Sistem



Gambar 2. Diagram Blok Keseluruhan Sistem

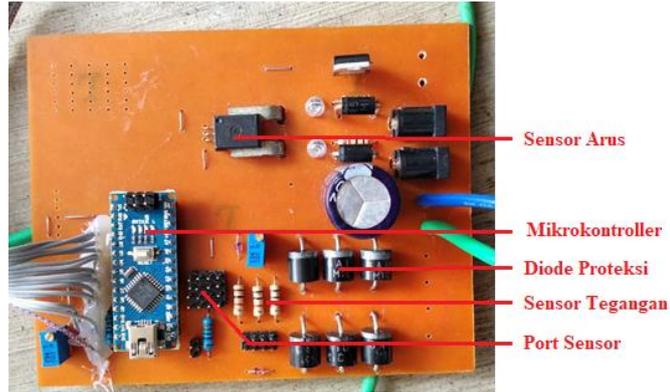
Dalam perancangan sistem pengukuran dan pemantauan daya panel surya, terdiri dari blok sensor, data akuisisi, dan antarmuka sistem pemantauan. Pada instrumentasi sensor suhu, terdapat dua sensor yang digunakan, yaitu sensor suhu permukaan sel surya dan suhu udara *ambient*. Pada pengukuran suhu permukaan sel surya digunakan jenis sensor semikonduktor dengan jenis LM35. Sedangkan pada pengukuran suhu udara *ambient* dan kelembaban digunakan sensor DHT22. Pada pengukuran intensitas cahaya matahari, digunakan sensor BH1750 GY-302. Untuk mengukur daya panel surya, digunakan 2 jenis sensor, yaitu sensor tegangan dan arus listrik. Pada sensor tegangan, menggunakan rangkaian pembagi tegangan menggunakan resistor, sedangkan pada sensor arus, menggunakan sensor ACS758.

2.4. Simpulan

Karakteristik kerja sel surya diuji melalui karakteristik arus terhadap tegangan (I-V) meliputi arus hubung singkat (I_{sc}), tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}), dan tegangan terhadap daya keluaran[4]. Karakteristik V-I sel surya adalah nonlinier, berubah terhadap intensitas dan beban. Secara umum, terdapat titik yang unik pada kurva V-I, yang dinamakan *Maximum Power Point* (MPP)[Kurnia M. Pebriningtyas, Ali Musyafa, Katherin Indriawati. (2013). Penelusuran Daya Maksimum Pada Panel Photovoltaic Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy Di Kota Surabaya. JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2, No. 1, (2013) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print). Pages 13]. Efisiensi modul surya berdasarkan uraian diatas jelas berubah terhadap beban kerjanya, karenanya efisiensi (*peak power*) sel surya selalu ditetapkan pada titik MPPnya[21]. Oleh karena itu, *dummy load* digunakan sebagai beban pengujian pada sel surya.

2.5. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini membahas tentang hasil instalasi perangkat keras sistem pengukuran daya sel surya dengan sistem pemantauan, yang meliputi pengujian pembacaan sensor, kalibrasi sensor, dan penyajian data pada perangkat lunak sistem pemantauan. Prototipe sistem pemantauan keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3, pada board terdapat sensor arus berjenis ACS758, sensor ini berjenis *hall effect* sensor sehingga tidak ada kerugian daya saat melakukan pengukuran akibat adanya resistansi internal seperti pada sensor arus berjenis *shunt resistor*, pemilihan sensor ini ditujukan untuk meningkatkan akurasi pengukuran daya sel surya. Terdapat diode proteksi yang digunakan pada *board*, diode ditujukan untuk menghindari arus balik ke panel surya dan menghindari kesalahan instalasi kabel sel surya akibat polaritas yang terbalik. Sensor tegangan menggunakan 2 buah resistor yang dirancang sebagai pembagi tegangan, dengan rasio 1:5. Sensor suhu dan kelembaban diletakan terpisah dengan board, dan diberikan port terpisah yang terhubung dengan mikrokontroler yang difungsikan sebagai data akuisisi.



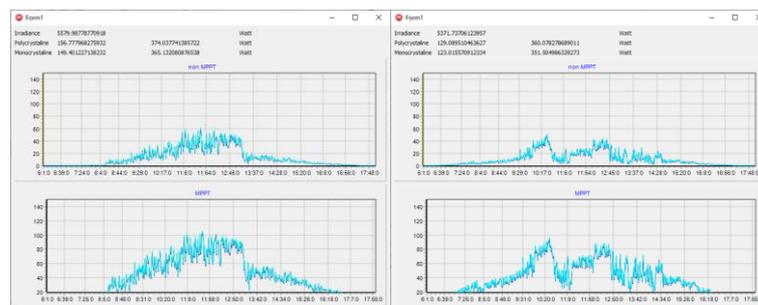
Gambar 3. Board Data Akuisisi Pemantauan Daya Sel Surya



Gambar 4. Penataan Sel Surya Pada Lokasi Pengujian

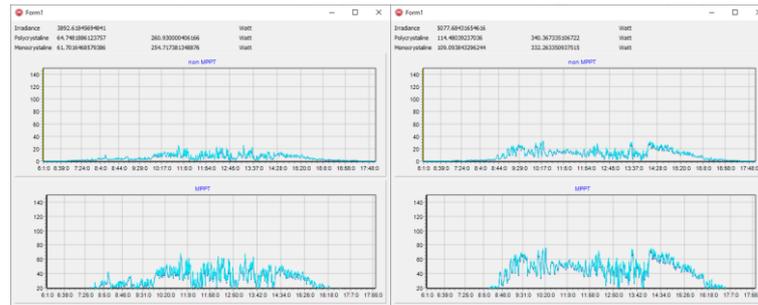


Gambar 5. *dummy load* yang Digunakan Pada Pengujian



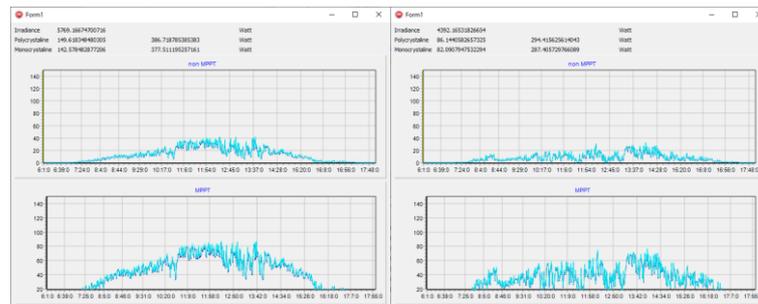
(a) Pengujian Hari ke 1

(b) Pengujian Hari ke 2



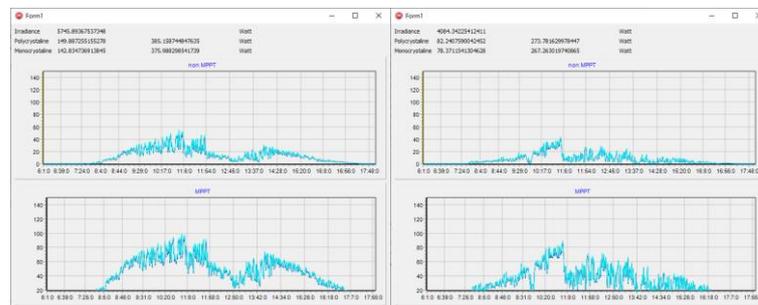
(d) Pengujian Hari ke 3

(e) Pengujian Hari ke 4



(f) Pengujian Hari ke 5

(g) Pengujian Hari ke 6



(h) Pengujian Hari ke 7

(i) Pengujian Hari ke 8

Gambar 6. Hasil Tampilan Program Pemantauan

Pada pengujian performa panel surya, pengujian dilakukan selama 8 hari pada kondisi lingkungan sesungguhnya (Gambar 4), sebuah *dummy load* yang disusun dari rangkaian bola lampu dengan nilai resistansi total 1.6 ohm 200 watt digunakan pada pengujian (Gambar 5). *Dummy load* ini dipasang secara paralel dengan modul PV, dengan aktivitas I-V direkam menggunakan sebuah *datalogger* yang terhubung dengan perangkat komputer, tampilan sistem pemantauan dapat dilihat pada Gambar 6. Gambar 6 menunjukkan tampilan program pemantauan yang menampilkan grafik daya sel surya berjenis *monocrystalline* dan *polycrystalline* dalam kondisi lingkungan sekitar. Data diupdate dengan *interval sampling* data 60 detik.

3. Simpulan

Pada hasil pengujian yang telah dilakukan, membuktikan bahwa sistem pemantauan daya panel surya mampu menampilkan data hasil pengukuran dengan baik. Sistem bekerja dengan melakukan komunikasi secara serial USB, antara sistem pemantauan dan datalogger. Grafik pada sistem monitoring dapat menampilkan hasil pengukuran intensitas cahaya matahari, suhu, tegangan, arus dan daya sel surya secara *realtime* dengan *sampling* data dengan *interval* 60 detik.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Tim Proceeding Seniati dan semoga Tuhan YME selalu melimpahkan kesehatan kepada kita semua. Amin

Daftar Pustaka

- [1] M. M. Rahman, A. Arefi, G. M. Shafiullah, and S. Hettiwatte, "Penetration maximisation of residential rooftop photovoltaic using demand response," *2016 International Conference on Smart Green Technology in Electrical and Information Systems: Advancing Smart and Green Technology to Build Smart Society, ICSGTEIS 2016 - Proceedings*, no. October, pp. 21–26, 2017, doi: 10.1109/ICSGTEIS.2016.7885760.
- [2] M. Rif, S. Hp, M. Shidiq, R. Yuwono, and H. Suyono, "165-285-1-Pb," vol. 6, no. 1, pp. 44–48, 2012.
- [3] H. Rusiana Iskandar, Y. Bakti Zainal, and A. Purwadi, "Studi Karakteristik Kurva I-V dan P-V pada Sistem PLTS Terhubung Jaringan PLN Satu Fasa 220 VAC 50 HZ menggunakan Tracking DC Logger dan Low Cost Monitoring System," pp. 174–183, 2017, doi: 10.21063/pimimd4.2017.174-183.
- [4] L. Jiang, S. Cui, P. Sun, Y. Wang, and C. Yang, "Comparison of Monocrystalline and Polycrystalline Solar Modules," *Proceedings of 2020 IEEE 5th Information Technology and Mechatronics Engineering Conference, ITOEC 2020*, no. Itoec, pp. 341–344, 2020, doi: 10.1109/ITOEC49072.2020.9141722.
- [5] A. Asrori and E. Yudiyanto, "Kajian Karakteristik Temperatur Permukaan Panel terhadap Performansi Instalasi Panel Surya Tipe Mono dan Polikristal," *FLYWHEEL : Jurnal Teknik Mesin Untirta*, vol. 1, no. 1, p. 68, 2019, doi: 10.36055/fwl.v1i1.7134.
- [6] M. Putriani, M. Basyir, "Sistem Monitoring Alat Uji Karakteristik," *Jurnal Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 102–112, 2019.
- [7] P. K. Enaganti, P. K. Dwivedi, A. K. Srivastava, and S. Goel, "Study of solar irradiance and performance analysis of submerged monocrystalline and polycrystalline solar cells," *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, vol. 28, no. 7, pp. 725–735, 2020, doi: 10.1002/pip.3264.
- [8] S. B. Widodo, Z. Arif, and S. Royadi, "Kaji Eksperimental Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Keluaran Daya," *Jurutera*, vol. 2, no. 02, pp. 38–48, 2015, [Online]. Available: <http://jurnal.unsam.ac.id/index.php/jurutera/article/view/673>
- [9] H. Asyari, R. A. Firmansyah, and M. Kusban, "Analisa Tingkat Potensi Sinar Matahari Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Daerah Pantai," *RAPI Simposium Nasional RAPI XIX*, pp. 82–89, 2020, [Online]. Available: <https://publikasiilmiah.ums.ac.id/xmlui/handle/11617/12381>
- [10] S. Yuliananda, G. Sarya, and R. R. Hastijanti, "Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya," *Jurnal Pengabdian LPPM Untag Surabaya Nopember*, vol. 01, no. 02, pp. 193–202, 2015.
- [11] D. F. M. Helmi, "Optimalisasi Radiasi Sinar Matahari Terhadap Solar Cell," *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [12] K. Hie Khwee *et al.*, "Pengaruh Temperatur Terhadap Kapasitas Daya Panel Surya," *Transient*, vol. 6, no. 2, pp. 23–26, 2019.
- [13] J. Daus, D. Desyatnichenko, and G. Stepanchuk, "Analysis of approaches to determining solar radiation intensity at preset geographical point," *Proceedings - 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2020*, pp. 23–27, 2020, doi: 10.1109/ICIEAM48468.2020.9111932.
- [14] M. S. Anrokhi, M. Y. Darmawan, A. Komarudin, K. Kananda, and D. L. Puspitarum, "Analisis potensi energi matahari di Institut Teknologi Sumatera: Pertimbangan Faktor Kelembaban dan Suhu," *Journal of Science and Applicative Technology*, vol. 3, no. 2, p. 89, 2019, doi: 10.35472/jsat.v3i2.210.