

## Desain *Smart Installation* Listrik Rumah Tangga Menggunakan Panel Surya Berkapasitas 600 Watt on Grid

### *Design Smart Installation Household Electricity Using Solar Panels 600 Watts on Grid Capacity*

Rahmatsyah H.R. Nasution, Annisa Salsabilla, M. Fachmi Ridho'i, Riri Murniati\*)  
Prodi Fisika, FMIPA Militer, Universitas Pertahanan Republik Indonesia  
\*E-mail: ririmurniati90@gmail.com

#### ABSTRACT

Energy security plays an important role, especially in the modern and digital era which continues to increase in use. The availability of renewable energy sources is very abundant in tropical countries of Indonesia, especially solar energy sources that can be used to meet electricity needs on a household scale without worrying about limitations and pollution. This study aims to design electrical installations using solar panels with an autonomous drive system following Arduino uno-based sunlight with a capacity of 600 watts on-grid to reduce the cost burden of PLN and reduce air pollution. The addition of Arduino uno autonomous devices plays a role in increasing the efficiency of solar radiation received thereby increasing the output power of the installation. The result of this study is the design of a power plant installation with a solar cell with a capacity of 600 watts with 13 50-watt monocrystalline PV solar modules with supporting components, such as a 1000-watt inverter, and an efficiency device in the form of an Arduino uno-based autonomous drive system. This research produces data on the benefits obtained by using this tool amounting to Rp. 12.500 / month for 20 years of efficiency in using solar panels.

**Keywords:** Renewable energy, solar panel, on-grid, efficiency.

#### PENDAHULUAN

Ketahanan energi di Indonesia sangatlah penting di era modernisasi ini. Pada era Teknologi 5.0, perkembangan instrumentasi berbasis Internet of Thing sangatlah meningkat pesat. Di zaman ini menyebabkan energi sebagai kebutuhan pokok setiap individu (Afif & Martin, 2022). Hal ini yang menjadikan setiap tahunnya kebutuhan akan energi selalu menunjukkan arah yang terus meningkat. Peningkatan tersebut sangat berpengaruh akan ketersediaan jumlah energi di Indonesia (Ahmad & Zhang, 2020). Penggunaan energi yang sangat cepat menyebabkan sumber energi fosil semakin terus berkurang semakin lama semakin mengkhawatirkan (Kant *et al.*, 2016). Hal ini menyebabkan Indonesia yang dalam menghasilkan energi masih memanfaatkan PLTU sebagai salah satu pembangkit listrik utamanya haruslah mencari energi alternatif. PLTU menggunakan batubara yang merupakan salah satu energi konvensional yang sering dimanfaatkan dalam pembakaran karena kekayaan akan atom C dalam penyusunnya. Hal ini telah menjadi fokus pemerintah untuk beralih ke energi baru dikarenakan penggunaan PLTU menghasilkan emisi berupa CO<sub>2</sub> dan sumberdayanya yang memiliki batas. Semakin berkurang produksi energi bersumber dari fosil

maka semakin kurang pula gas emisi dan efek rumah kaca (Hiswandi *et al.*, 2023).

Solusi atau upaya yang paling mungkin dan yang paling berpotensi adalah memanfaatkan sumber energi baru terbarukan sebagai pengganti sumber energi primer dari fosil (Martin *et al.*, 2021). Energi alternatif berupa energi baru terbarukan yang ramah lingkungan perlu dikembangkan untuk pemenuhan energi (Al-Shetwi, 2022).

Energi baru terbarukan adalah energi yang memiliki regenerasi yang sangat cepat. Contohnya energi surya, panas bumi, angin, air, bioenergi arus, dan gelombang laut diharapkan dapat digunakan sebagai pembangkit listrik energi terbarukan (Hafid *et al.*, 2023). Sedangkan untuk energi konvensional memiliki keterbatasan akan jumlahnya dan dapat habis bila digunakan terus menerus (Deni Wijayanto *et al.*, 2022). Pemanfaatan energi konvensional dalam jangka panjang sangat berdampak pada kerusakan lingkungan (Zhang *et al.*, 2021).

Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan yang luar biasa di bidang energi. Wilayah Indonesia terbentang dari 6° LU (Lintang Utara) - 11° LS (Lintang Selatan) dan 95° BT (Bujur Timur) - 141° BT (Bujur Timur) pada garis khatulistiwa yang menjadikan Indonesia menjadi negara yang memiliki potensi akan radiasi matahari yang cukup kuat

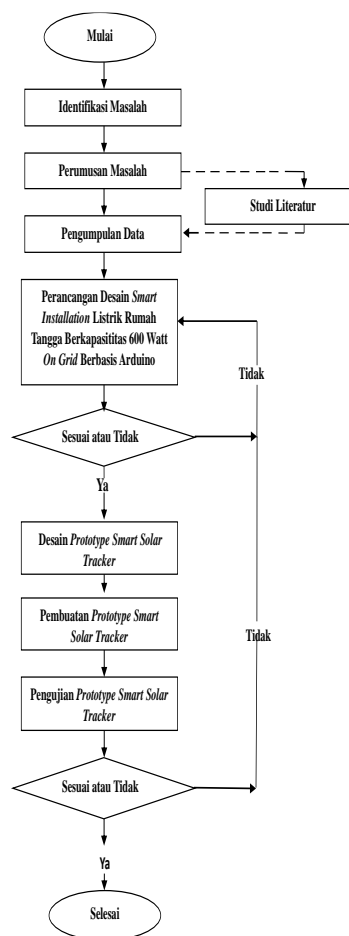
dengan rata-rata penyinaran matahari dalam sehari menyentuh angka 12 jam. Hal ini menyebabkan Indonesia memiliki potensi energi matahari melimpah. Intensitas radiasi matahari di Indonesia menyentuh nilai rata-rata sebesar 4,8 kWh/m<sup>2</sup> (Halim, 2022). Tenaga surya menjadi energi potensial yang dapat digunakan dalam pemenuhan energi serta pengurangan emisi yang berasal dari energi fosil (Aji *et al.*, 2022).

Pemerintah melalui dalam RUPTL (Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik) 2021 telah memiliki target Indonesia dapat menghasilkan energi listrik dari tenaga terbarukan sebanyak 23% menggantikan penggunaan energi konvensional pada tahun 2025 (PT PLN, 2021). Hal ini menjadi suatu tantangan yang cukup besar dimana sampai akhir tahun 2022 penggunaan energi baru terbarukan di Indonesia masih 14%. Salah satu upaya yang sangat berpotensi dilakukan untuk mencapai target tersebut ialah membangun rancangan yang memanfaatkan potensi sinar matahari sebagai sumber energi pembangkit.

Sistem installation yang dirancangan pada penelitian ini diharapkan menjadi jawaban masyarakat untuk mengurangi biaya listrik sekaligus membantu dalam menekan angka emisi CO<sub>2</sub> yang berasal dari energi konvensional. Penerapan instrumentasi ini harapannya membantu pemerintah untuk mencapai target pemanfaatan renewable energy dengan memberikan daya tarik lebih pada instrumentasi berupa penambahan fitur efisiensi sehingga dapat menarik daya tarik masyarakat untuk mengaplikasikannya juga dapat berjalan lurus dengan fokus pemerintah untuk meningkatkan pemanfaatan panel surya di Indonesia.

### METODE

Penulisan penelitian ini akan membahas cara mengoptimalkan pemanfaatan radiasi matahari pada rumah tangga dengan membentuk rancangan desain *smart installation* berdaya 600 watt on-grid dengan *solar tracker* berbasis Arduino. Berikut diagram alir yang digunakan pada penelitian ini yang mencakup proses penelitian :



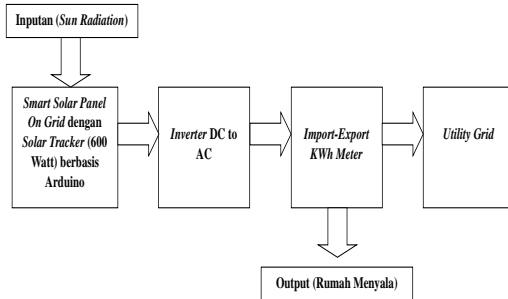
Gambar 1. Diagram Alir.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Perancangan Desain *Smart Installation* Listrik Rumah Tangga Berkapasitas 600 Watt on Grid Berbasis Arduino

Pada penelitian ini desain *smart installation* listrik yang digunakan menggunakan skema on-grid, dimana sistem ini masih mengandalkan penggunaan energi konvensional untuk pemenuhan energi di malam hari. Sistem on grid terhubung dengan inverter yang menyebabkan perubahan daya DC menjadi AC sehingga tidak memerlukan baterai. (Parapa, 2022). Hal ini merupakan upaya dalam memanfaatkan energi surya menjadi energi final, yaitu berupa energi listrik dengan pemanfaatan. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Aep Saepul Uyun *et al.*, 2022). Berikut rancangan desain *smart*

installation listrik rumah tangga berkapasitas 600 watt on grid berbasis arduino:



Gambar 2. Desain Smart installation Listrik Rumah Tangga Berkapasitas 600 Watt on Grid Berbasis Arduino.

Pada rancangan ini dapat dilihat inputan berupa radiasi dari sinar matahari yang akan diserap oleh smart solar panel dengan solar tracker berdaya 600 watt yang mampu menyerap sinar matahari secara maksimal dikarenakan adanya solar tracker berbasis arduino yang mampu mengikuti sinar matahari. Hasil serapan kemudian diubah dengan inverter dari aliran DC ke AC yang kemudian dialirkan dengan Import-Export KWh meter untuk menyalakan lampu serta juga berpotensi mengalirkan listrik ke utility grid apabila serapan yang didapat melebihi jumlah yang seharusnya.

**Perancangan Desain Prototype Smart Solar Tracker**

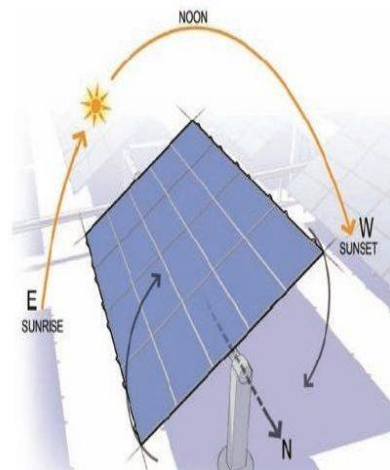
Langkah selanjutnya yang dilakukan ialah membuat rancangan desain prototype smart solar tracker. Perancangan ini menggunakan Arduino sebagai perangkat yang menjalankan sensor sekaligus actuator pada sistem smart solar tracker. Pembuatan rancangan ini bertujuan untuk mengetahui fungsi dari fitur smart solar tracker yang akan disematkan pada desain smart installation listrik rumah tangga berkapasitas 600 watt on grid. Fungsi dari smart solar tracker ini adalah sebagai penerima sinar radiasi matahari sekaligus mampu mengikuti pergerakan sinar matahari secara real time. Perancangan prototype juga memiliki kelebihan dibandingkan dengan simulasi online, dikarenakan pada perancangan prototype alat yang digunakan memang memiliki fungsi yang sama dengan alat rancangan, namun skalanya saja yang lebih kecil agar dapat mengetahui cara kerja sistem dengan dana yang lebih murah dan sesuai dengan keadaan yang nyata. Berikut percobaan pembuatan prototype sistem solar tracking dengan menggunakan arduino:

**Pengumpulan Alat dan Perancangan**

Dalam pembuatan prototype solar tracker ini dibutuhkan alat dan bahan yang diperlukan, meliputi : Aduino uno R3, Kabel Jumper, Resistor 10k 2 buah, Kabel jumper, Motor Servo, LDR 2 buah, Laptop atau Komputer, Software Aduino IDE, Solder dan Timah, Double tape, Obeng, Gunting, dan Kardus.

**Desain Prototype Smart solar tracker**

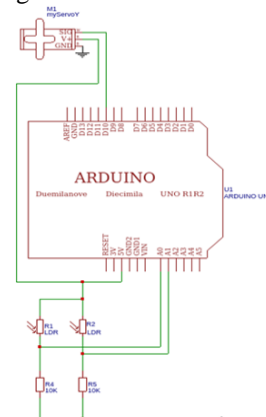
Desain single-axis dipilih sebagai desain prototype smart solar tracker. Desain ini memiliki kelebihan yaitu mampu mengikuti sinar matahari hingga 180 derajat hanya dengan menggunakan satu servo motor sehingga dapat menyerap sinar matahari dengan maksimal sekaligus hemat akan biaya perakitan.



Gambar 3. Desain Prototype Smart Solar Tracker

**Rangkaian Arduino Smart Solar Tracker**

Setelah alat dan bahan dikumpulkan, selanjutnya melakukan perancangan yang dapat mengikuti desain rangkaian arduino untuk solar tracker sebagai berikut:



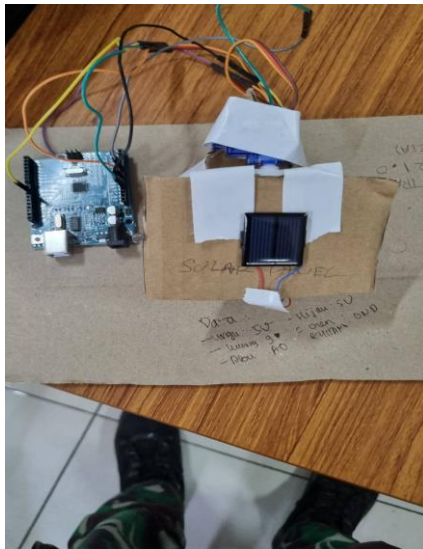
Gambar 4. Rangkaian Arduino Solar tracker

### Pembuatan Prototype *Smart solar tracker*

Berikut proses pembuatan *prototype smart solar tracker* pada penelitian ini:

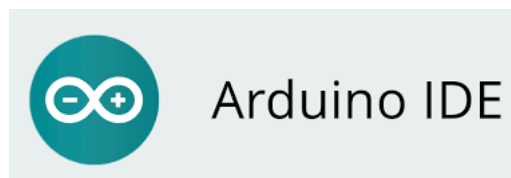
#### 1. Perakitan

Pada proses perakitan yang dilakukan pertama kali ialah membuat menaranya terlebih dahulu yang bertujuan sebagai penyangga dari alatnya. Penyangga dirancang dapat berdiri dan mampu penyangga sebagai tempat solar panel. Kemudian diletakkan sensor ldr di atas dan dibawah solar pada tatakan solar panel. Penggabungan komponen-komponen dan pemasangan pin adruino harus mengikuti dan sesuai skema rancangan agar tidak terjadi *error*.



Gambar 5. Tampak Atas *Prototype Solar tracker* Pengkodean

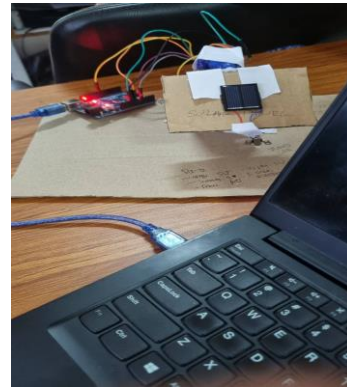
Setelah perakitan selesai, langkah berikutnya ialah melakukan koding menggunakan aplikasi Arduino IDE. Arduino IDE merupakan software yang digunakan dalam pemrograman pada board yang diprogram (Gasparic *et al.*, 2017).



Gambar 6. Arduino IDE

#### 2. Hasil

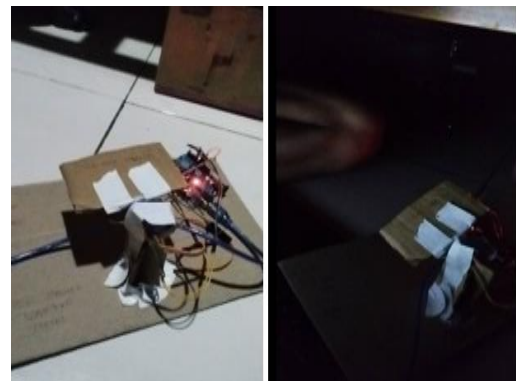
Dengan berhasilnya proses pengkodean *prototype smart solar tracker* selesai dibuat dan siap masuk kedalam pengujian.



Gambar 7. *Prototype* Disambungkan ke Laptop.

#### Pengujian *Prototype Perangkat Smart solar tracker solar tracker*

Pada pengujian kali ini *prototype smart solar tracker* diharapkan mampu mendeteksi intensitas cahaya tertinggi dengan mampu menggerakkan tatakan solar panel mengikuti sumber cahaya lampu. Hal ini mengindikasikan program berpotensi dapat diterapkan pada sistem yang lebih besar yang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penyerapan intensitas cahaya matahari oleh solar panel pada sistem *smart installation* listrik rumah tangga berkapasitas 600 Watt on Grid.



Gambar 8. Pengujian *Prototype Solar tracker* di Kondisi Terang (kiri) dan Kondisi Gelap (Kanan)

Hasil pengujian menyimpulkan *prototype smart solar tracker* dengan Pada keadaan gelap, cahaya hanya berasal dari cahaya laptop dan *prototype* dapat menjalankan tugasnya dengan menggerakkan servo sesuai dengan data dari ldr yang terintergrasi dengan Arduino dan pada keadaan terang sumber cahaya berasal dari lampu dan *prototype* juga terbukti mampu berjalan lancar dengan memposisikan tatakan solar panel di sumber cahaya tertinggi.

Keberhasilan dari pembuatan *prototype smart solar tracker* yang dapat melaksanakan fungsinya dengan benar menjadi awalan yang sangat baik serta sekaligus membuktikan *prototype smart solar tracker* pada desain *prototype smart solar tracker* dapat dilakukan. Langkah selanjutnya yang dilakukan ialah melakukan perhitungan tehnik, menentukan material yang digunakan, serta melakukan perincian biaya pembangunan yang diperlukan untuk merakit Desain *Smart installation* Listrik Rumah Tangga Berkapasitas 600 Watt On Grid serta melakukan perbandingan dengan penggunaan energi konvensional dari segi benefit biaya yang dikeluarkan setiap bulannya.

**Perancangan *Installation Smart installation* Listrik Rumah Tangga Berkapasitas 600 Watt on Grid Berbasis Arduino**

Pada Perancangan *installation* akan ditentukan berapa daya yang akan dibangkitkan dengan menghitung total daya dari beban-beban peralatan pada rumah tersebut yang kemudian akan menjadi patokan untuk menentukan jumlah solar panel yang digunakan untuk menghidupkan total dari daya target di rumah itu. Perhitungan-perhitungan ini menggunakan penelitian sebelumnya yang berfokus dalam perancangan sistem pembangkit listrik tenaga surya untuk perumahan yang disusun (Muhammad Bachtiar, 2006), berikut rumusnya :

1. Penentuan arus beban total (Ah)

$$I_x = \frac{\text{Jumlah} \times \text{Watt} \times t}{12} \dots (1)$$

$$I_y = \frac{\text{Jumlah} \times \text{Watt} \times t}{12 \times 0,85} \dots (2)$$

$$I_{\text{tot}} = I_x + I_y \dots (3)$$

Keterangan :

$I_x$  = Arus Beban DC (Ah)

$I_y$  = Arus Bebas AC ( Ah)

$I_{\text{tot}}$  = Arus Total (Ah)

t = Waktu Penggunaan (hours)

2. Faktor Keamananan dan penentuan arus total kebutuhan panel surya

Untuk faktor keamanan total beban yang telah dihitung akan dikalikan dengan safety factor yang bernilai 1,20. Nilai dari faktor keamanan akan dibagi dengan jam matahari ekivalen (ESH).

$$\text{Faktor Keamanan} = I_{\text{tot}} \times 1,20 \dots (4)$$

$$I_p = \frac{\text{Faktor Keamanan}}{4,5} \dots (5)$$

Keterangan :

$I_p$  = Arus Paralel ( Ah)

3. Menentukan jumlah modul panel surya yang dibutuhkan

Untuk menentukan jumlah modul harus dicari dulu jumlah modul yang terpasang seri dan yang terpasang paralel yang kemudian nilainya akan dikalikan sesamanya untuk mendapatkan nilai jumlah modul.

$$\text{Total Modul paralel} = \frac{I_{\text{tot Paralel}}}{I_{\text{modul}}} \dots (6)$$

$$\text{Total Modul seri} = \frac{V_{\text{system}}}{V_{\text{modul}}} \dots (7)$$

Total Modul yang Diperlukan =

$$\text{Total Modul paralel} \times \text{Total Modul seri} \dots (8)$$

Keterangan :

$I_{\text{tot Paralel}}$  = Arus Total Rangkaian Paralel (Ah)

$I_{\text{modul}}$  = Arus Modul (Ah)

$V_{\text{system}}$  = Tegangan total system (volt)

$V_{\text{modul}}$  = Tegangan modul (volt)

Pada perancangan kali ini diasumsikan rumah tangga sederhana memiliki: 5 buah lampu LED 8 watt, TV LED 32 inch, kulkas, dan kipas angin.

Tabel 1. Perancangan Peralatan Rumah Tangga

Peralatan	Jumlah	Watt	Waktu Penggunaan (hours)
Lampu LED	5	8	12
Kulkas 2 pintu	1	45	24
Kipas Angin	1	45	6
TV LED 32 Inch (AC)	1	55	3

Sehingga perhitungannya dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

1. Penentuan arus total beban :

$$I_x = \frac{\text{Jumlah} \times \text{Watt} \times t}{12} = \frac{(3 \times 8 \times 12) + (1 \times 45 \times 24) + (1 \times 45 \times 4)}{12} = 136,5 \text{ Ah}$$

$$I_y = \frac{\text{Jumlah} \times \text{Watt} \times t}{12 \times 0,85} = \frac{(1 \times 3 \times 55)}{12 \times 0,85}$$

$$= 16,17 \text{ Ah}$$

$$I_{\text{tot}} = 136,5 + 16,17 \\ = 152,67 \text{ Ah}$$

2. Faktor Keamanan dan penentuan arus total kebutuhan modul surya

$$\text{Faktor Keamanan} = 152,67 \times 1,2 = 183,204$$

$$I_p = \frac{183,204}{4,5} = 40,71 \text{ Ah}$$

3. Penentuan jumlah modul panel surya yang dibutuhkan

$$\text{Total Modul parallel} = \frac{40,71}{3,5} = 11,63$$

$$= 12 \text{ modul}$$

$$\text{Total Mod seri} = \frac{12}{12} = 1 \text{ modul}$$

4. Total modul surya yang dibutuhkan

$$\text{Total modul surya} = 12 \times 1 = 12 \text{ modul}$$

$$\text{Kapasitas Total Modul Surya} = 12 \times 50 \\ = 600 \text{ watt}$$

#### Penentuan Material Solar Panel

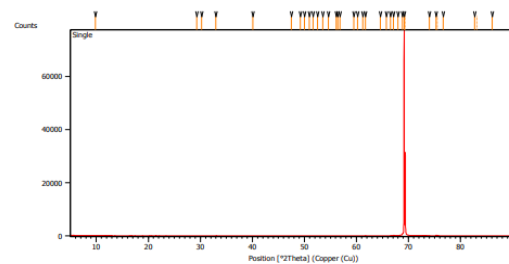
Langkah selanjutnya yang dilakukan sebelum masuk perhitungan biaya rancangan ialah menentukan jenis modul surya yang akan dipakai. Modul surya yang banyak tersedia di pasar berjenis monocrystalline dan polycrystalline. Untuk mengetahui struktural, morfologi, kandungan unsur, dan efisiensi dari dua material solar panel tersebut dilakukan percobaan XRD, EDS, SEM, dan perhitungan efisiensi. Percobaan uji performa dilakukan dengan merakit instrument sel surya dengan menggunakan baterai, panel surya, Arduino, actuator, dan motor yang dirakit. Percobaan ini bertujuan membedakan struktural, morfologi, kandungan unsur dan efisiensi dari 2 modul surya populer yaitu monocrystalline dan polycrystalline.

Alat tersebut akan diletakkan dibawah sinar matahari dari pagi pukul 06.15-17.15 WIB untuk mendapatkan data perbandingan antara kedua material tersebut yang kemudian datanya akan diolah dengan memanfaatkan metode XRD, EDS, SEM, dan perhitungan efisiensi yang pada akhirnya dapat menentukan modul surya apa yang dapat dipilih.

Hasil yang didapat melalui metode XRD struktur yang diuji sudah benar berupa material *polycrystal* dan *monocrystal* Rigaku miniflex 600. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian dari Setyaningrum (2017) yang dapat dilihat dari Gambar 10.



Gambar 9. Alat Pengujian Performa Solar Modul



Gambar 10. Hasil Pengukuran XRD untuk Struktur Material Sel Surya: Monokristal

Untuk hasil EDS didapatkan unsur yang paling dominan ialah si sebanyak 54,03%. Pada pengukuran SEM morfologi dari monokristalin tidak seragam polikristalin. Kemudian dengan menggunakan rumus efisiensi didapat nilai efisiensi monokristalin lebih tinggi daripada polycrystalline yaitu 22,65% dibandingkan 19,42%. Kesimpulan dari percobaan ini menetapkan untuk perancangan desain *smart installation* listrik rumah tangga menggunakan panel surya dengan arduino uno Berkapasitas 600 watt on grid akan menggunakan material monocrystalline sebagai material modul panel suryanya.

#### Perincian Biaya Pembangunan *Smart installation* Listrik Rumah Tangga Berkapasitas 600 Watt On-Grid Berbasis Arduino

Pada perancangan didapat untuk menghidupkan 600 watt daya rumah tangga membutuhkan 12 solar panel.



Tabel 2. . Perincian Biaya Pembangunan *Smart installation* Listrik Rumah Tangga Berkapasitas 600 Watt On-Grid Berbasis Arduino

Peralatan dan Pemasangan	Jumlah	Total Biaya (Rupiah)
Solar Panel OS-P36-50 Watt	12	4.020.000
Inverter SUOER FPC-2000A 12V	1	2.500.000
Arduino Uno	6	726.000
Sensor LDR	12	120.000
Servo Motor MG699R	6	104.000
Panel distribusi	6	1.000.000
Kabel	6	1.000.000
Smart Bracket	6	1.000.000
Pemasangan	1	3.000.000
Import-Ekspor KWh meter		
Jasa <i>Installation</i> Peralatan	1	2.000.000
Total Biaya		

Dari tabel diatas dapat dilihat implementasi desain *smart installation* listrik rumah tangga menggunakan panel surya dengan adruino uno Berkapasitas 600 watt on grid untuk satu rumah memakan biaya Rp. 14.970.000,00. Menurut data (PT PLN (Persero), 2023), harga 1 kwh untuk pengguna 900 VA ialah RP 1.352,00/kwh. Pada penelitian ini simulasi penerapan ditujukan untuk rumah nomor B1 yang diambil dari data penelitian oleh Sembiring (2021) yang mana rumah tangga B1 harus mengeluarkan uang sebesar Rp. 150.000,00/bulan yang diasumsikan mewakili pengeluaran biaya listrik pelanggan 900 VA dan apabila dihitung untuk biaya untuk 20 tahun akan memiliki tagihan sebesar Rp. 36.000.000,00. Bila dihitung keuntungan yang didapat apabila menggunakan *smart installation* ini sebesar Rp. 3.030.000,00 atau sekitar Rp. 12.500,00 setiap bulannya yang artinya apabila dikonversikan dengan total biaya perbulan yang dikeluarkan Civitas Akademika Universitas Pertahanan akan mendapatkan listrik gratis selama 20 bulan (1 tahun 8 bulan).

Hal ini dikarenakan rumah B1 tidak memerlukan listrik pada siang hari dengan memasang *smart installation* ini yang menggunakan sistem on-grid yang artinya dapat menghemat separuh biaya listrik dikurangkan total biaya pemasangan rancangan ini. Dengan adanya penelitian ini diharapkan pula dapat

membantu pemerintah memenuhi target pemanfaatan energi baru terbarukan di tahun 2025, sehingga emisi yang disebabkan dari pembangkitan energi tenaga konvensional dapat terus ditekan.

### KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dihasilkan rancangan desain *smart* instalasi listrik menggunakan modul surya berkekuatan 600 watt on-grid yang memiliki efisiensi tinggi dikarenakan adanya kajian pemilihan bahan material solar panel yang paling efisien yaitu monocrystalline serta pembuatan *prototype* surya control yang akan diaplikasikan pada rancangan tersebut. Rancangan desain *smart installation* ini memerlukan biaya sebesar Rp. 14.970.000,00 dan akan menghasilkan keuntungan sebesar Rp. 12.500,00/bulan selama 20 tahun efisiensi solar panelnya bila dibandingkan dengan penggunaan energi konvensional. Adanya instrumen ini menjadi jawaban pemanfaatan renewable energy berbasis panel surya yang memiliki potensi yang sangat besar di negara tropis Indonesia. Penelitian ini diharapkan dapat membantu pembiayaan listrik masyarakat rumah tangga sekaligus dapat mencapai target pemerintah tentang penerapan energi baru terbarukan sebanyak 24% di tahun 2025 dalam rangka mengurangi emisi serta menghemat cadangan dari sumber daya konvensional.

### DAFTAR PUSTAKA

Afif F & Martin A. 2022. Tinjauan Potensi dan Kebijakan Energi Surya di Indonesia. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*. **6**(1): 43.

Ahmad T & Zhang D. 2020. A Critical Review of Comparative Global Historical Energy Consumption and Future Demand: The Story Told So Far. *Energy Reports*. **6**: 1973-1991.

Aji EP, Wibowo P & Windarta J. 2022. Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan Sistem On Grid di BPR BKK Mandiraja Cabang Wanayasa Kabupaten Banjarnegara. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*. **3**(1): 15-27.

Al-Shetwi AQ. 2022. Sustainable Development of Renewable Energy Integrated Power Sector: Trends, Environmental Impacts, and Recent Challenges. *Science of The Total Environment*. **822**: 153645.

Bachtiar M. 2006. Prosedur Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk

- Perumahan (Solar Home System). *Jurnal SMARTek*. **4**: 176-182.
- Gasparic M, Murphy GC & Ricci F. 2017. A Context Model For IDE-Based Recommendation Systems. *Journal of Systems and Software*. **128**: 200-219.
- Hafid A, Rahmania & Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar Jl Sultan Alauddin No, P. 2023. *CYCLOTRON: Jurnal Teknik Elektro Simulasi Pusat Tenaga Listrik (PLTS) On Grid pada Jaringan Tegangan Rendah Menggunakan Simulink Matlab*.
- Halim L. 2022. Analisis Teknis dan Biaya Investasi Pemasangan PLTS On Grid dan Off Grid di Indonesia. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*. **5**(2): 131.
- Hiswandi MF, Iswahyudi F & Soeroto WM. 2023. Analisis Kelayakan Investasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap dengan Sistem On-Grid di Pabrik Minuman Siap Saji. *Sebatik*. **27**(1): 27.
- Kant K, Shukla A, Sharma A & Biwole PH. 2016. Thermal Response of Poly-Crystalline Silicon Photovoltaic Panels: Numerical Simulation and Experimental Study. *Solar Energy*. **134**: 147-155.
- Martin A, Wahab H & Barbarosa M. 2021. Coalbed Methane As a New Source of Energy in Indonesia and Some Developed Countries; A Review. *Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace -Science and Engineering- (JOMASE)*.
- Parapa HBP. 2022. Studi Skema Konfigurasi PLTS (Studi Kasus: Pulau Kaledupa, Sulawesi Tenggara). *Jurnal Teknologi Elekterika*. **19**(2): 71
- PT PLN. 2021. Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) 2021-2030. 2014. *PT PLN*.
- PT PLN (Persero). 2023. Penetapan Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik (Tarif Adjustment). *PT PLN*.
- Uyun AS, Wahjatmo CBRTW, Novianto B, Yandri E, Nur SM, Ibrahim RF & Fitriani. 2022. Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Menggunakan Panel Surya Tipis Tanpa Rangka Aluminium Untuk Pelanggan Rumah Tangga Pln Di Indonesia. *Jurnal Sains & Teknologi*. **12**(1): 265-274.
- Wijayanto D, Haryudo SI, Wrahatnolo T & Nurhayati 2022. Rancang Bangun Monitoring Arus dan Tegangan pada PLTS Sistem on Grid Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Aplikasi Telegram. *JTE (Jurnal Teknik Elektro)*. **11**(3): 447-453.
- Zhang H, Zhang J, Zhou X, Shi Q, Xu D, Sun Z, Lu Y & Wu B. 2021. Robust Performance Improvement of A Raft-Type Wave Energy Converter Using A Nonlinear Stiffness Mechanism. *International Journal of Mechanical Sciences*. **211**: 106776.