

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk Perumahan dengan Menggunakan Mikrokontroler

Bayu Bagaskoro¹, Silviana Windasari², Mardiyana Dama³, Abdurrohman^{4*}

¹²³Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Sains Indonesia, Indonesia,

⁴Graduate School of Electrical Engineering, School of Bioscience, Technology and Innovation (SBTI), Atma Jaya Catholic University of Indonesia, Jakarta, Indonesia.

Email: bayu.bagaskoro@lecturer.sains.ac.id, silviana.windasari@lecturer.sains.ac.id,
mardiyana.dama@lecturer.sains.ac.id, kang.abdurrohman@gmail.com

Abstract: The need for electricity in every housing is increasing and increasingly demands humans to be able to carry out activities using electricity in all sectors of their daily activities or activities. Electricity currently has many forms and varieties, as time goes by, where the source of electricity can come from many natural resources in this world. There is electricity sourced from hydropower (PLTA), there is electricity sourced from steam power (PLTU), there is also electricity powered by wind power (PLTB). Well, in this journal I want to provide specific research on Power Plants that use solar energy for use in housing, as well as everyday human needs. Solar-powered electric power plants, commonly known as Solar Power Plants (PLTS) where clean energy from the sun is converted into electricity using solar panels (photovoltaics), then converted from DC to AC by an inverter so that it can be used, and stored in batteries for the night or cloudy, with an ongrid system (connected to PLN) or offgrid (independent), suitable for households and remote areas, reducing electricity bills and dependence. This solar-powered electric energy will be the main discussion in this journal by conducting actual research and collecting the necessary data to provide a more concrete understanding of the implementation of this solar energy source, as well as all its benefits in household life.

Keywords: Solar power; Photovoltaic; Ongrid; Offgrid; Source.

Diterima: Januari 3, 2025
Direvisi: Februari 17, 2025
Diterima: June 28, 2025
Diterbitkan: November 16, 2025
Versi sekarang: January, 2026



Hak cipta: © 2025 oleh penulis.
Diserahkan untuk kemungkinan
publikasi akses terbuka
berdasarkan syarat dan ketentuan
lisensi Creative Commons
Attribution (CC BY SA) (
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

Abstrak: Kebutuhan tenaga listrik di setiap perumahan semakin banyak dan semakin menuntut manusia untuk mampu beraktifitas dengan menggunakan tenaga listrik di segala sektor aktivitas atau kegiatan kesehariannya. Tenaga listrik saat ini banyak bentuk dan ragam nya, seiring dengan berjalannya waktu, di mana sumber tenaga listrik bisa dari banyak sumber daya alam yang ada di dunia ini. Ada tenaga listrik yang bersumber dari tenaga Air (PLTA), ada tenaga listrik yang bersumber tenaga Uap (PLTU), ada juga yang tenaga listrik yang bertenaga Angin (PLTB), nah di jurnal ini saya ingin memberikan penelitian khusus terhadap Pembangkit Tenaga Listrik yang menggunakan tenaga Sinar Matahari (Surya) untuk di pergunakan di perumahan, serta kebutuhan manusia sehari – hari. Pembangkit tenaga listrik bertenaga matahari / surya, biasa lebih di kenal dengan sebutan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dimana energi bersih dari matahari yang diubah jadi listrik menggunakan panel surya (fotovoltaik), lalu dikonversi dari DC ke AC oleh inverter agar bisa dipakai, dan disimpan di baterai untuk malam hari atau mendung, dengan sistem *ongrid* (terhubung PLN) atau *offgrid* (mandiri), cocok untuk rumah tangga dan daerah terpencil, mengurangi tagihan dan ketergantungan listrik. Energi Listrik bertenaga surya ini akan menjadi pembahasan utama di dalam jurnal ini dengan melakukan penelitian aktual dan pengambilan data yang di perlukan

untuk memberikan pemahaman yang lebih konkret terhadap implementasi dari sumber tenaga surya ini, serta semua manfaatnya di dalam kehidupan rumah tangga.

Kata kunci: Tenaga listrik surya; Fotovoltanik; *Ongrid, Offgrid*; Sumber.

1. Pendahuluan

Energi listrik bertenaga Air (PLTA) merupakan energi listrik yang dihasilkan dari pergerakan air (potensial dan kinetik) untuk memutar turbin, yang kemudian menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik, merupakan sumber energi terbarukan penting di Indonesia yang memanfaatkan aliran sungai atau bendungan untuk mengalirkan air ke turbin, mengubahnya menjadi energi mekanik lalu listrik, lalu disalurkan melalui jaringan transmisi ke konsumen, dengan manfaat seperti sumber energi bersih namun memiliki dampak lingkungan dan sosial seperti perubahan ekosistem dan pemindahan penduduk [1].

Sementara kalau kita berbicara terkait energi Listrik bertenaga surya (PLTS), maka konsep pemikiran kita adalah bagaimana kita memanfaatkan sinar matahari untuk kita gunakan sebagai pembangkit tenaga listrik yang bisa digunakan untuk keperluan rumah tangga, serta keperluan lainnya seperti untuk kebutuhan memasak dengan listrik, kebutuhan penerangan di rumah, kebutuhan memanaskan air untuk mandi, kebutuhan Listrik tenaga surya untuk keperluan mencuci baju [2]–[6].

Pembangkit Listrik bertenaga surya perlu dipertimbangkan sebagai konsep penyediaan tenaga sumber bertenaga alam yang berlimpah dan banyak tersedia, namun tidak banyak orang yang tahu cara menggunakannya atau dijual belikan dengan harga yang murah diluar sana, untuk itulah saya akan memberikan gambaran atau ilustrasi singkat terkait pemanfaatan tenaga surya sebagai sumber tenaga Listrik untuk perumahan [2], [3], [5]–[8].

Berdasarkan tinjauan literatur terhadap berbagai jurnal penelitian, penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada sektor perumahan dengan mikrokontroler (terutama Arduino dan ESP32) telah menjadi solusi efektif untuk meningkatkan efisiensi energi, monitoring, dan kemandirian listrik rumah tangga [9]. Fokus utama dari penelitian-penelitian ini adalah efisiensi, pemantauan *real-time*, dan otomatisasi.

Mikrokontroler (misalnya Arduino Uno atau ESP32) berperan sebagai pusat kendali PLTS yang memungkinkan pengelolaan sistem secara otonom melalui pemantauan real-time berbasis sensor arus, tegangan, suhu, dan intensitas cahaya (LDR), sekaligus mendukung

integrasi monitoring jarak jauh berbasis IoT melalui konektivitas Wi-Fi untuk pengiriman data ke aplikasi atau cloud (mis. Blynk/Telegram). Selain itu, mikrokontroler dapat diimplementasikan pada solar tracker single-axis maupun dual-axis dengan LDR dan motor servo untuk mengarahkan panel mengikuti posisi matahari, yang dilaporkan mampu meningkatkan perolehan daya sekitar 15–20% dibandingkan konfigurasi statis.

2. Efisiensi dan Manajemen Energi

Berbagai studi melaporkan bahwa penerapan mikrokontroler pada PLTS mampu meningkatkan efektivitas manajemen energi sekaligus menekan biaya pemeliharaan, dengan konfigurasi perumahan umumnya memilih panel surya monocrystalline karena efisiensinya lebih tinggi meski berukuran relatif ringkas. Selain itu, mikrokontroler kerap diintegrasikan dengan Solar Charge Controller (SCC) untuk mengendalikan proses pengisian baterai/aki agar terhindar dari kondisi overcharge, sementara desain sistem disesuaikan dengan kebutuhan beban rumah tangga seperti pencahayaan, perangkat elektronik, dan pengisian daya, dengan kinerja paling optimal pada rentang intensitas surya tertinggi sekitar pukul 09.00–15.00.

Literature review mengidentifikasi tiga kendala utama pada implementasi PLTS, yakni ketergantungan terhadap kondisi cuaca yang dapat menurunkan efisiensi secara signifikan saat berawan, tingginya biaya penyimpanan energi (baterai) sehingga riset banyak diarahkan pada skema hybrid atau off-grid skala kecil, serta kebutuhan otomasi perpindahan sumber daya melalui Automatic Transfer Switch (ATS) berbasis mikrokontroler agar transisi antara suplai surya dan listrik PLN berlangsung otomatis, stabil, dan andal.

3. Metode

Kita perlu juga mengetahui apakah yang dimaksud dengan solar cell, dimana solar cell merupakan sebuah alat yang mengkonversi radiasi dari sinar matahari menjadi energi listrik secara langsung, yang disebut juga dengan *photovoltaic* [3], [9], [10]. Sementara pengertian dari *Photovoltaic* itu sendiri adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. Di sinilah kita mendapatkan informasi terkait solar panel tracking yang merupakan mekanisme penjejak panel surya agar menghasilkan cahaya matahari yang sempurna dan sebagaimana yang kita ketahui bahwa solar panel *tracker* merupakan sebuah rangkaian yang mampu melacak dan mengikuti arah sinar matahari sehingga *solar cell* akan mampu untuk selalu tegak lurus dengan sinar matahari agar nilai guna matahari yang diterima sel surya menjadi lebih optimum atau maksimal, yaitu dengan mengatur pergerakan motor.

Di dalam penelitian ini juga kita akan mempelajari terkait Modul Surya (*Photovoltaic*), yang berfungsi untuk mengubah energi matahari menjadi arus listrik DC yang diteruskan ke alat BCU untuk selanjutnya disimpan ke dalam sebuah baterai [1], [3]. Dimana untuk modul surya sendiri terdiri dari beberapa sel surya (*Solar cell*) yang disambung secara seri untuk menghasilkan *system* tegangan tertentu.

Di dalam artikel ini juga kita perlu mempelajari terkait struktural serta deskripsi dari komponen intinya. Untuk itu perlu di jelaskan beberapa diskripsi dari komponen yang kita gunakan pada alat solar *tracker* ini adalah sebagai berikut:

3.1. Komponen yang Digunakan

Power Supply

Power supply (catu daya) adalah perangkat keras yang berfungsi mengubah dan menyalurkan daya listrik dari sumber utama (stopkontak AC) menjadi tegangan arus searah (DC) yang stabil dan sesuai untuk mengoperasikan komponen-komponen di dalam perangkat elektronik seperti komputer, server, hingga peralatan industri [1], [3]. Tanpanya, komponen tidak akan mendapatkan daya yang dibutuhkan untuk berfungsi, membuatnya krusial untuk stabilitas dan kinerja sistem, serta sering dilengkapi fitur pengatur tegangan dan proteksi dari lonjakan listrik. Kita perlu mengetahui apakah yang dimaksud dengan komponen tegangan utama power supply ialah yang menggunakan dua buah baterai yang diletakkan pada bagian yang statis atau yang tidak ikut bergerak pada alat solar tracker tersebut [11].

Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah komputer mini dalam satu chip (IC) yang mengintegrasikan CPU, memori (RAM & ROM/Flash), dan periferal I/O (Input/Output) untuk menjalankan tugas-tugas spesifik pada sistem tertanam, seperti mengontrol mesin cuci, remote TV, atau sistem mobil, menjadikannya inti kontrol yang kompak dan efisien untuk berbagai perangkat elektronik otomatis [11]. Mikrokontroler yang digunakan pada ala ini adalah ATmega1328. Atmega328 ialah mempunyai 20 digital input/output port RX dan TX, 8 analog input port A0 - A7, 1 level serial port sebagai port pengirim dan penerima, mendukung power supply dari 3,3 V – 12 V, bisa menggunakan batrai dari port VIN, 16 MHZ clock frequency, menggunakan mikrokontroler ini sama dengan menggunakan arduino uno, hanya saja cuma beda kemasan.

Sensor LDR

Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) adalah komponen elektronik yang resistansinya (hambatannya) berubah tergantung intensitas cahaya yang diterima; semakin terang cahayanya, semakin rendah resistansinya, dan sebaliknya, menjadikannya sensor cahaya serbaguna untuk otomatisasi seperti lampu jalan otomatis, alarm, dan kamera. Sensor Cahaya LDR (light dependent Resistor) merupakan salah satu tipe resistor yang dapat berubah- ubah resistansinya jika mengalami perubahan penyerapan cahaya matahari [11], [12]. Besarnya nilai dari hambatan pada sensor cahaya LDR (light dependent resistor) terlihat dari besar kecilnya cahaya yang diserap oleh LDR itu sendiri. LDR Sering disebut juga dengan alat atau sensor yang berupa resistor yang responsif terhadap cahaya.

Arduino

Arduino adalah platform elektronik open-source yang mudah digunakan untuk membuat proyek interaktif, terdiri dari papan mikrokontroler dan perangkat lunak (IDE) untuk memprogramnya; platform ini memungkinkan siapa saja, termasuk pemula, untuk membaca

input sensor dan mengontrol output fisik seperti lampu LED atau motor, menggunakan bahasa pemrograman yang mirip C++. Arduino yang dipakai disini adalah arduino nano [13]. Arduino Nano ialah merupakan salah satu komponen varian dari produk papan mikrokontroler keluaran Arduino. Arduino Nano ialah papan Arduino paling kecil, menggunakan mikrokontroler Atmega yang dihubungkan ke komputer menggunakan port USB Mini-B.

Relay

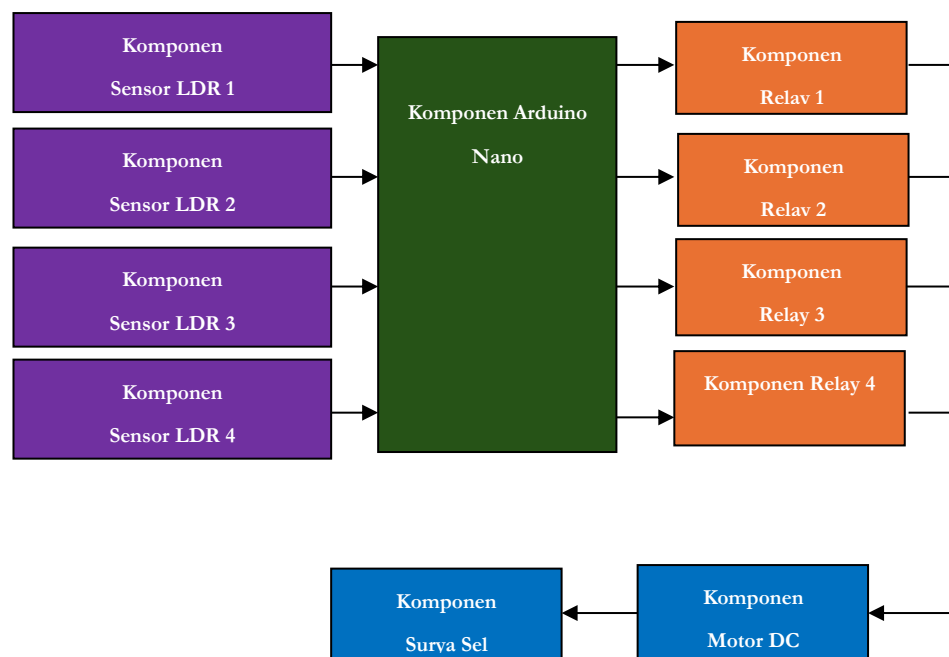
Relay adalah sakelar (*switch*) otomatis yang dioperasikan oleh sinyal listrik, berfungsi sebagai perantara untuk mengendalikan sirkuit berdaya tinggi dengan sinyal berdaya rendah, atau untuk mengisolasi sirkuit kontrol dari sirkuit utama, sering kali menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak mekanis. Komponen ini sangat umum di otomotif (lampu, klakson) dan otomasi industri karena membuat sistem lebih aman, awet, dan efisien dengan mencegah arus besar langsung melalui saklar manual. Relay ialah merupakan suatu komponen elektronika yang dapat berfungsi sebagai salah satu penyambung atau memutus suatu aliran dari arus energi listrik yang diperintahkan dengan cara memberi tegangan dan arus tertentu pada koilnya.

Motor DC

Motor DC (*Direct Current*) adalah jenis motor listrik yang mengubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanik (gerakan putar) dengan memanfaatkan interaksi antara medan magnet dan arus listrik, yang membuatnya mudah dikontrol kecepatannya dan sering digunakan di peralatan seperti mainan, robot, hingga kendaraan listrik. Prinsip kerjanya mengandalkan gaya elektromagnetik, di mana arus DC dialirkan ke kumparan (rotor) di dalam medan magnet tetap (stator), menghasilkan gaya yang memutar rotor, dengan komutator dan sikat arang berfungsi membalik arah arus agar putaran tetap stabil, seperti yang dijelaskan oleh Kaedah Tangan Kiri Fleming [1], [10].

3.2. Proses perakitan Sel Surya untuk 4 Titik

Pada perakitan di tahap ini saya menggunakan Sel Surya sebagai komponen utama. Saya ingin menggunakan arduino sebagai otak untuk menggerakkan alat tersebut. Dimana sensor LDR dipergunakan untuk menangkap datangnya cahaya matahari. Dimana relay merupakan sebagai salah satu penyambung atau memutus suatu aliran. Khusus untuk Motor DC dapat mengkonversikan energi listrik arus searah menjadi energi mekanis agar dapat berputar. Sehingga sistem ini dirancang sesuai dengan diagram blok yang dapat kita lihat sebagai berikut:



Gambar 1. Blok Diagram Rangkaian

Berdasarkan Gambar 1 (diagram blok rangkaian), sistem diawali dari sel/panel surya sebagai sumber energi yang menghasilkan tegangan (V_i) dan arus (I_i) sesuai intensitas cahaya matahari, kemudian keluarannya dialirkan ke regulator untuk menstabilkan proses pengisian baterai yang berperan sebagai sumber suplai utama bagi beban. Selanjutnya, sensor Light Dependent Resistor (LDR) mendeteksi intensitas cahaya dan mengirimkan sinyal ke mikrokontroler Arduino sebagai pengendali, di mana empat sensor LDR memberikan masukan untuk menentukan arah gerak panel. Arduino Nano memproses masukan tersebut dan mengendalikan relay 1–relay 4 untuk mengaktifkan motor penggerak, sehingga panel surya dapat berputar mengikuti arah datangnya cahaya secara otomatis.

3.3. Proses Perancangan Mekanik

Dalam proses perancangan mekanik ini, kita perlu memperlihatkan bentuk desain kontrol kendali pada listrik tenaga panas matahari, yang di dalam nya diperlukan beberapa komponen yang akan digunakan dalam perancangan alat tersebut. Dimana komponen – komponen ini mempunyai fungsinya masing – masing yang dapat memudahkan kontrol kendali dalam listrik tenaga panas matahari dalam memudahkan tugasnya masing – masing.

Kita dapat melihat didalam beberapa komponen inti yang digunakan dalam perancangan mekanik tersebut dapat dilihat pada table dibawah ini.

Tabel 1. Komponen Inti Pada Perakitan Sel Surya

NO.	Nama Komponen	Jumlah	Spesifikasi
1	Komponen Panel surya	1 pcs	20 Wp
2	Komponen Arduino Nano	1 pcs	AT mega 328
3	Komponen LDR	4 pcs	5 V
4	Modul LDR	4 pcs	4 Kaki
5	Komponen Relay	4 pcs	5 V
6	Modul Relay	4 pcs	4 Relay
7	Komponen Motor DC	2 pcs	12 V
8	Komponen Baterai	1 pcs	12 V
9	Komponen SCC	1 pc	12 V / 24 V
10	Komponen Power Supply	1 pc	12 V

Alat – alat yang dilakukan untuk melakukan perancangan konsektaktor pada cahaya matahari adalah sebagai berikut :

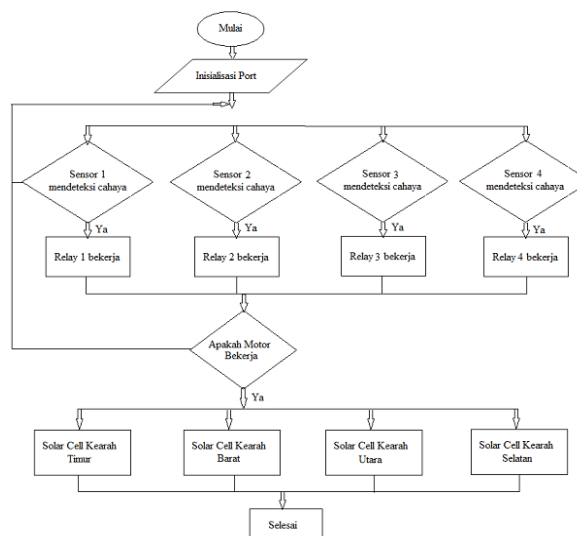
Tabel 2. Alat – alat yang Digunakan dalam Pembuatan Sel Surya

NO.	Nama Komponen	Jumlah
1	Solder	1 pcs
2	Avometer	1 pcs
3	Adaptor	1 pcs
4	Obeng	1 pcs

Untuk memprakikannya kita perlu melakukan proses pemasangan terhadap Komponen – komponen yang akan kita gunakan dalam proses perakitan ini, yaitu dapat dengan menghubungkan semua komponen-komponen tersebut sesuai dengan tata letak komponen dan layoutnya, sehingga tidak terjadi kesalahan yang berarti didalam proses pemasangannya, atau hal- hal yang tidak diinginkan. Tata letak bahan diletakkan sebaik mungkin agar penelitian ini dapat berjalan dengan sebaiknya dan dengan sesuai yang diharapkan.

Flowchart

Berdasarkan informasin ilustrasi dari gambar flowchart diatas penulis dapat kita pelajari dan



Gambar 2. Diagram Alir Sistem

Alur sistem dimulai dengan proses start dan inialisasi port pada program, kemudian masing-masing sensor (Sensor 1–4) mendeteksi cahaya; jika terdeteksi, maka relay yang bersesuaian (Relay 1–4) akan aktif dan memberikan perintah kepada motor untuk bekerja. Selanjutnya dilakukan verifikasi apakah motor berjalan sesuai logika pemrograman; apabila berjalan, motor bergerak perlahan menuju arah datangnya cahaya secara otomatis, sedangkan bila sensor/relay tidak berfungsi maka diperlukan pemeriksaan ulang pada port rangkaian maupun parameter inialisasi program. Proses diakhiri pada tahap finish setelah sistem mencapai kondisi operasi yang diharapkan.

4. Hasil dan Pembahasan

Setelah kita melakukan proses pemasangan terhadap semua komponen – komponen tersebut terutama di dalam system pelacakan pada intensitas cahaya matahari yang telah terbagi menjadi dua jenis yaitu satu sumbu dan dua sumbu. Pada system ini satu sumbu ialah mempunyai metode dimana modul sel surya tersebut mendeteksi cahaya matahari dari arah timur ke barat menggunakan satu titik poros, sedangkan pada system pelacakan dua sumbu menggunakan dua titik poros untuk menjejak cahaya matahari dari timur ke barat dan dari utara ke selatan [12], [14]. Sistem pelacakan satu sumbu terbagi lagi menjadi tiga jenis yaitu sumbu vertikal, sumbu horizontal dan sumbu miring. Sedangkan system pelacakan terdiri atas dua sumbu dan dua jenis.

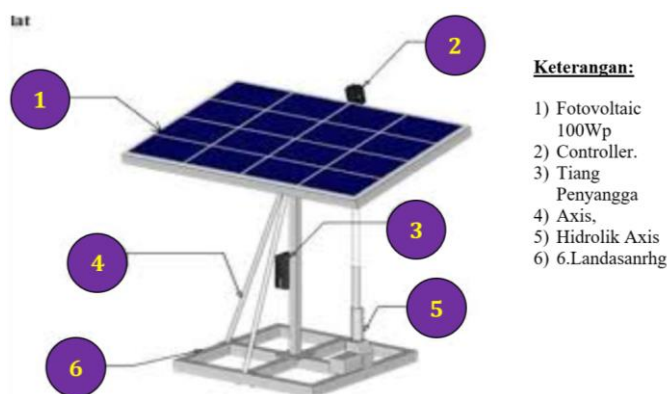
Pada penelitian alat ini, saya ingin menggunakan dua sumbu serta menggunakan kontrol dan pemrograman mikrokontroler arduino sebagai pengolahan data yang di dapat dari sensor LDR. Untuk intensitas pada cahaya matahari yang mengenai sensor LDR dapat membuat nilai resistansinya dapat berubah sehingga dapat mempengaruhi nilai tegangan untuk diinformasikan ke analog masukan mikrokontroler tersebut.

Pada penelitian ini saya juga ingin membuktikan bahwasannya alat ini mampu mencari dan mendeteksi arah datangnya cahaya matahari [7], [14]. Dimana modul sinar matahari ditempatkan di atas penyangga yang akan bergerak mengikuti arah datangnya cahaya

matahari. Modul sinar surya yang digunakan adalah jenis polykristalin dengan spesifikasinya dapat kita lihat pada tabel 3 sebagai berikut

Tabel 3. Contoh spesifikasi modul sel surya

Module Type	SP -20-P36
Rated Max.Power (P_{max})	20W
Current at P_{max} (I_{mp})	1.15A
Voltage at P_{max} (V_{mp})	17.4V
Short – Circuit Current (I_{sc})	1.23A



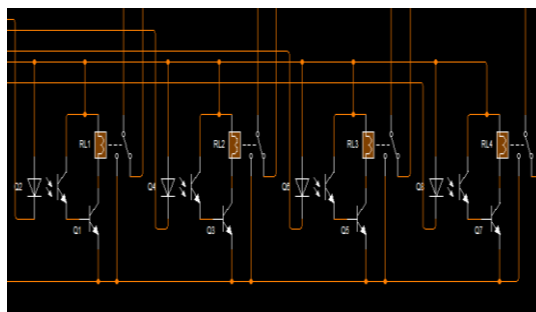
Gambar 3. Sistem Panel Surya Tracker 4 Titik

Berdasarkan Gambar 3, sistem panel surya tracker 4 titik terdiri atas modul fotovoltaik 100 Wp (1) sebagai sumber pembangkit yang dipasang pada struktur mekanik penjejak, dengan controller (2) berfungsi mengolah sinyal kendali dan mengatur aktuasi pergerakan panel agar selalu mengarah ke intensitas cahaya optimum. Panel ditopang oleh tiang penyangga (3) yang menjaga kestabilan konstruksi, sementara mekanisme pergerakan diarahkan melalui axis (4) sebagai poros utama dan hidrolik axis (5) sebagai elemen penggerak/penyesuai sudut kemiringan untuk mengikuti posisi matahari. Seluruh rangkaian mekanik ditempatkan pada landasan/rangka dasar (6) yang berfungsi sebagai dudukan, peredam getaran, serta memastikan sistem tetap kokoh saat panel melakukan penyesuaian orientasi secara periodik.

4.1. Proses Perakitan Rangkaian Relay Pada Sel Surya untuk 4 Titik

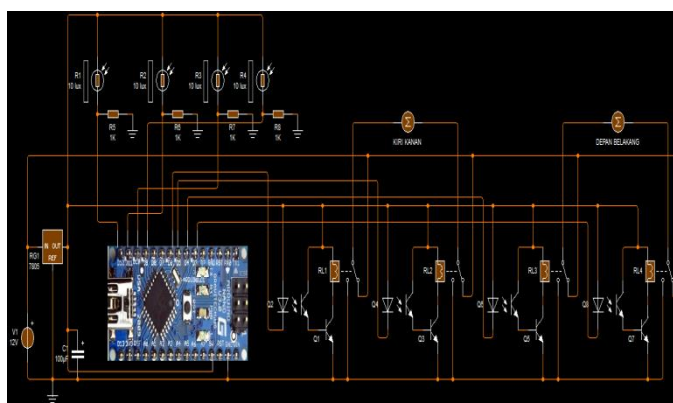
Berikut ini Adalah contoh penggambaran proses rangkaian relay pada sel surya empat titik yang di jeaskan secara sederhana, dimana bekerja sebagai saklar pada suatu rangkaian listrik [12], [14]. Seperti yang sudah kita ketahui bahwa relay yang kini ada pada umumnya biasanya kita gunakan pada rangkaian AC maupun DC dan telah sesuai dengan petunjuk pemakaian dan penggunaannya. Kebanyakan, pada relay bertuliskan jenis relay tersebut apakah berfungsi untuk listrik AC atau listrik DC. Nah, kalau kita perhatikan pada zaman

sekarang ini, tersedia relai dalam berbagi bentuk dan ukuran. Biasanya, untuk lebih mudah dapat dibedakan dengan berdasarkan



Gambar 4. Rangkaian Relay

Sehingga dapat diartikan ialah bahwa relay dapat berfungsi sebagai untuk memutus dan menyambungkan arus listrik dalam sebuah rangkain. Rangkaian diatas menjelaskan bahwa relay disambungkan kepada motor dan juga LDR. Agar relay dapat memutuskan dan menyambungkan arus pada motor dan LDR tersebut



Gambar 5 Rangkaian Keseluruhan

4.2. Dampak Pelacakan Sel Surya

Dampak Kemiringan Modul Sel Surya Pada Empat Titik

Didalam proses pengujian kemiringan terhadap modul sel surya terhadap posisi datangnya matahari, merupakan suatu pengujian yang dilakukan untuk dapat mengetahui kemampuan suatu alat pelacakan terhadap suatu cahaya untuk mengarahkan permukaan module surya cell agar dapat tegak lurus (membentuk sudut 90°) dengan sudut saat datangnya cahaya matahari dengan diberbagai arah. Maka pada proses pengujian kemiringan mengukur sudut permukaan modul sel surya dan sudut datangnya cahaya matahari terhadap sel surya ini dapat saya gunakan dengan menggunakan busur derajat.



Gambar 6. Contoh sudut Kemiringan Pada Jam 09.00

Gambar 6 menunjukkan contoh sudut kemiringan modul sel surya pada sistem pelacakan empat titik pada pukul 09.00, di mana orientasi panel disesuaikan terhadap posisi matahari untuk memaksimalkan penerimaan iradiasi sehingga keluaran daya meningkat dibandingkan posisi statis.



Gambar 7. Contoh sudut Kemiringan Pada Jam 10.00



Gambar 8. Contoh sudut Kemiringan Pada Jam 11.00



Gambar 9. Contoh sudut Kemiringan Pada Jam 12.00



Gambar 10. Contoh sudut Kemiringan Pada Jam 13.00



Gambar 11. Contoh sudut Kemiringan Pada Jam 14.00



Gambar 12. Contoh sudut Kemiringan Pada Jam 15.00



Gambar 13. Contoh sudut Kemiringan Tanpa pelacakan

Gambar 7 (Jam 10.00): Gambar 7 memperlihatkan penyesuaian sudut kemiringan modul sel surya pada pukul 10.00 melalui pelacakan empat titik agar bidang panel tetap tegak lurus terhadap arah datang cahaya untuk meningkatkan penyerapan iradiasi. Gambar 8 (Jam 11.00): Gambar 8 menunjukkan perubahan sudut kemiringan pada pukul 11.00 yang dikendalikan sistem pelacakan empat titik untuk menjaga orientasi panel mendekati kondisi optimum seiring pergeseran posisi matahari. Gambar 9 (Jam 12.00): Gambar 9 menggambarkan konfigurasi kemiringan panel pada pukul 12.00 ketika intensitas surya cenderung maksimum, sehingga pelacakan diarahkan pada sudut optimal guna memaksimalkan keluaran daya. Gambar 10 (Jam 13.00): Gambar 10 menampilkan penyesuaian sudut kemiringan modul pada pukul 13.00 untuk mengkompensasi pergerakan matahari setelah tengah hari, sehingga penerimaan radiasi tetap tinggi dan stabil. Gambar 11 (Jam 14.00): Gambar 11 memperlihatkan sudut kemiringan pada pukul 14.00 yang diatur oleh pelacakan empat titik agar panel terus mengikuti perubahan azimut-elevasi matahari demi mempertahankan efisiensi konversi energi. Gambar 12 (Jam 15.00): Gambar 12 menunjukkan kemiringan panel pada pukul 15.00 yang semakin menyesuaikan arah matahari mendekati sore, sehingga penurunan daya akibat sudut datang cahaya yang membesar dapat diminimalkan. Gambar 13 (Tanpa Pelacakan): Gambar 13 menggambarkan kondisi panel tanpa mekanisme pelacakan, di mana sudut kemiringan tetap (statis) sehingga penerimaan iradiasi tidak selalu optimal dan berpotensi menurunkan keluaran daya pada jam-jam tertentu sss

Berdasarkan dari hasil percobaan tersebut, maka di dapatlah hasil perhitungannya sebagai berikut, panjang $ON=OA$ maka segitiga yang terbentuk adalah segitiga siku siku sama kaki. Dimana Besar sudut yang dibentuk adalah sudut $AOB = \text{sudut } 0$, dimana Sudut $AOB = 90^\circ$ karena berputar $\frac{1}{4}$ lingkaran $= \frac{1}{4} \times 360^\circ = 90^\circ$. Untuk titik A berpindah ke posisi titik B sebanyak 7 kali pengukuran dimulai dari jam 09.00 sampai dengan jam 15.00, maka 1 kali berpindah $= 90^\circ / 7 = 12,8^\circ$, dan untuk disetiap perpindahan sudut yang diinginkan. Jadi setiap kali panel surya bergerak hingga $12,8^\circ$.

Tabel 4. Contoh spesifikasi modul sel surya

Jam	Sudut Yang Didapat Pada Penelitian
09.00	84°
10.00	85°
11.00	86°
12.00	90°
13.00	183°
14.00	184°
15.00	185°

4.3. Pengujian Relay

Di dalam proses pengujian relay ini, saya akan menggunakan 4 buah relay dengan masing – masing tegangan relay 5-volt untuk 5 kaki sebagai driver. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan tegangan positif dan negative pada relay. Dimana tegangan yang diterima relay adalah 12 V dan tidak ada teganga adalah 0 V.

4.3.1. Pengujian Modul LDR (Light Dependent Resistor)

Untuk proses pengujian pada modul LDR, perlu di perhatikan beberapa hal. Dimana LDR merupakan jenis Resistor yang nilai hambatannya atau pun nilai dari resistansinya tergantung pada intensitas cahaya yang diterimanya. Sehingga nilai hambatan dari LDR tersebut akan menurun pada saat cahaya yang diterima terang dan nilai Hambatannya akan menjadi tinggi jika dalam keadaan kondisi gelap. Lalu pada pengukuran ini dilakukan pada titik VCC dan output pada sensor yang dihubungkan dengan pentanahan. Data hasil pengukuran tegangan *output* (keluaran) LDR diperoleh menggunakan alat multimeter sebagai berikut.

Tabel 5. Contoh Hasil Pengukuran Tegangan LDR

LDR ke	Terminal Kaki	Hasil Ukur/Tegangan
I	VCC	5 V
	GND	0 V
	DOTA (DO)	0 V
II	VCC	5 V
	GND	0 V
	DOTA (DO)	5 V
III	VCC	5 V
	GND	0 V
	DOTA (DO)	5 V
IV	VCC	5 V
	GND	0 V
	DOTA (DO)	5 V

Dilihat dari tabel diatas menerangkan bahwasannya jika hasil tegangan di kaki VCC 5 V, GND 0 V, DOTA (DO) 0 V, tegangan tersebut menjelaskan bahwa LDR sedang lagi bekerja dan ketiga LDR lainnya tidak lagi bekerja.

4.3.2. Pengujian Sel Surya pada 4 Titik

Di dalam proses pengujian sel surya pada 4 titik, maka pengambilan data sel surya ini diambil pada suhu 26°C dengan hasil keluaran modul sel surya dilakukan tepat pada jam 09.00 sampai dengan jam 15.00. Dimana alat yang digunakan dalam pengukukuran keluaran modul *solar cell* ini adalah dengan multimeter.

Tabel 6. Hasil Pengukuran Solar Cell Menggunakan Tracker

Jam	Tegangan
09.00	19 V
10.00	17 V
11.00	18 V
12.00	18 V
13.00	17 V
14.00	17 V
15.00	17 V

Tabel 7. Contoh dari hasil pengukuran sel surya tanpa pelacakan dengan suhu 26°C

Jam	Tegangan
09.00	15 V
10.00	17 V
11.00	17 V
12.00	14 V
13.00	13 V
14.00	13 V
15.00	13 V

4.3.3. Proses Pengujian Baterai

Di dalam proses pengujian baterai ini, data di ambil pada baterai dengan hasil keluaran pada baterai yang dilakukan pada saat jam 09.00 tepat sampai dengan jam 15.00 tepat. Dimana alat yang digunakan dalam pengukurukuran keluaran baterai ini adalah dengan menggunakan multimeter.

Tabel 8. Contoh hasil pengukuran baterai tanpa pelacakan

Jam	Tegangan
09.00	14 V
10.00	14 V
11.00	14 V
12.00	14 V
13.00	13 V
14.00	13 V
15.00	13 V

Tabel 9. Contoh hasil pengukuran baterai menggunakan pelacakan

Jam	Tegangan
09.00	7 V
10.00	14 V
11.00	14 V

12.00	14 V
13.00	14 V
14.00	14 V
15.00	14 V

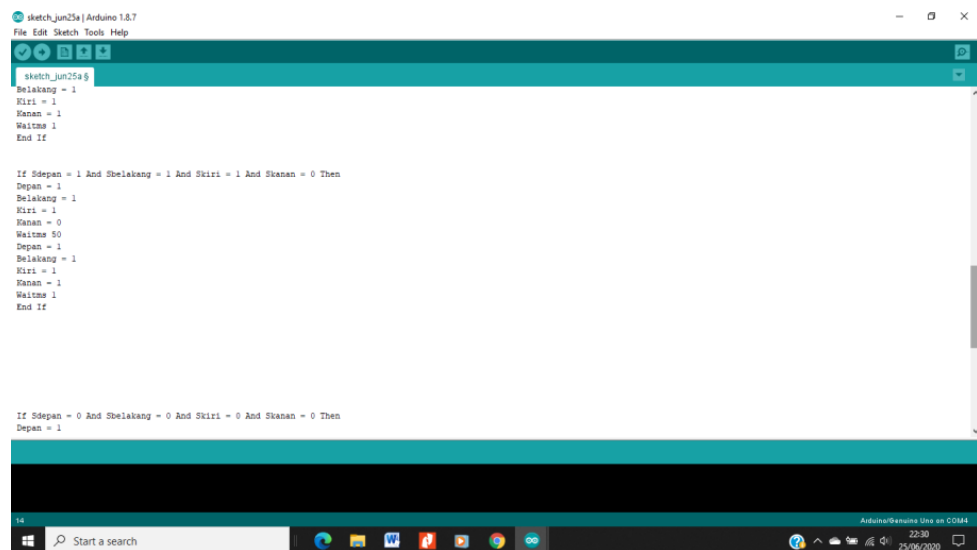
Berdasarkan data ini kita dapat melihat dari kedua table tersebut diatas, bahwasannya tegangan yang dihasilkan dengan menggunakan pelacak akan jauh lebih baik dari pada tanpa pelacak, sehingga dapat dilihat dari kedua table diatas pada 13.00 sampai dengan jam 15.00 perubahan tegangan menurun drastic.

Contoh hasil coding pemograman



Gambar 14. Contoh sudut Kemiringan Tanpa pelacakan

Gambar 14 menggambarkan contoh sudut kemiringan modul sel surya pada konfigurasi tanpa pelacakan (statis), sehingga orientasi panel tidak menyesuaikan perubahan posisi matahari dan berpotensi menyebabkan penerimaan iradiasi serta keluaran daya lebih rendah pada waktu tertentu.



Gambar 15. Contoh coding pemograman

Gambar 15 memperlihatkan contoh implementasi coding pada Arduino IDE yang menggunakan struktur logika if-then untuk mengolah status empat input sensor (depan, belakang, kiri, kanan) sebagai dasar pengambilan keputusan kendali, di mana kombinasi nilai sensor tertentu akan mengaktifkan keluaran kontrol melalui penetapan variabel arah/relay serta parameter waktu (delay) sehingga motor penggerak dapat diarahkan secara bertahap menuju sumber cahaya; apabila kondisi sensor tidak sesuai atau seluruh input terdeteksi nol, program memicu kondisi pemeriksaan/penyetelan ulang agar sistem kembali ke keadaan operasi yang stabil.

5. Perbandingan

Berdasarkan hasil pengujian prototipe solar tracker empat titik, kinerja terbaik pada penelitian ini tercatat pada pukul 09.00 dengan keluaran tegangan mencapai 19 V, yang mengindikasikan kondisi penerimaan radiasi dan orientasi panel berada pada titik paling optimal pada rentang waktu tersebut. Implementasi Arduino Nano yang terintegrasi dengan empat sensor LDR terbukti mampu menjalankan fungsi kendali otomatis untuk mengarahkan panel mengikuti pergeseran posisi matahari secara bertahap, sehingga proses penyerapan energi surya lebih adaptif dibandingkan konfigurasi statis. Secara komparatif, sistem dengan tracker menunjukkan performa pengisian/tegangan baterai yang lebih stabil dan cenderung lebih tinggi daripada tanpa tracker, terutama pada rentang pukul 13.00–15.00 ketika sistem statis mengalami penurunan tegangan lebih signifikan akibat sudut datang cahaya yang semakin tidak ideal..

6. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian prototipe solar tracker empat titik, kinerja keluaran paling optimal pada penelitian ini tercatat pada pukul 09.00 dengan tegangan mencapai 19 V, yang menunjukkan kondisi penerimaan radiasi dan orientasi panel berada pada titik efektif

pada rentang waktu tersebut. Implementasi Arduino Nano yang terintegrasi dengan sensor cahaya LDR terbukti mampu mengarahkan panel surya secara otomatis mengikuti pergeseran orientasi matahari, sehingga proses pemanenan energi menjadi lebih adaptif dibandingkan konfigurasi statis. Secara komparatif, sistem dengan tracker memberikan performa yang lebih baik daripada tanpa tracker, ditunjukkan oleh tegangan baterai yang relatif lebih tinggi dan lebih stabil, khususnya pada rentang pukul 13.00–15.00 ketika sistem tanpa pelacakan mengalami penurunan tegangan yang lebih nyata akibat sudut datang cahaya yang tidak lagi ideal. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan kontribusi mikrokontroler dalam meningkatkan efisiensi operasional PLTS perumahan melalui kontrol orientasi panel berbasis sensor, namun masih dibatasi oleh durasi pengamatan dan parameter evaluasi yang dominan pada tegangan; penelitian lanjutan direkomendasikan menambahkan metrik daya–energi (P dan Wh), efisiensi sistem, variasi beban, serta uji multi-hari pada kondisi cuaca yang beragam, termasuk penerapan data logging/IoT untuk pemantauan berkelanjutan dan analisis keandalan..

Referensi

- [1] F. Pijoh, B. D. P. Kusuma, and L. P. Purba, “Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Energi Ramah Lingkungan yang Berkelanjutan,” *Ind. & Syst. Eng. Journals*, vol. 2, no. 2, pp. 201–207, 2024, doi: 10.37477/isejou.v2i2.631.
- [2] J. Sumarah and A. T. Wulandari, “The Influence of Solar Cell Teaching Kit on Student Learning Outcomes on Energy Concepts,” *Glob. Educ. J.*, vol. 3, no. 2, 2025, doi: 10.59525/gej.v3i2.646.
- [3] M. J. Saputra, M. I. Fahmi, A. Ramdhani, S. M. Rozaki, H. Ramadan, and M. Safi'i, “Rancang Bangun Panel Surya Berbasis Limbah Rumah Tangga Untuk Kebutuhan Penerangan Jalan Rw 3 Kelurahan Bergaslor, Semarang,” *J. Pengabd. Masy. Sapangambe Manoktok Hitei*, vol. 4, no. 2, pp. 251–259, 2024, doi: 10.36985/ckajg087.
- [4] L. A. Wenno, B. J. Waworuntu, S. N. Rumokoy, H. G. Kaunang, and S. B. Dodie, “Konsep Pemanfaatan Teknologi IoT Berbasis ESP32 untuk Sakelar Cerdas pada Sistem PLTS Rakit Rumah Apung,” *J. Elektr.*, vol. 4, no. 2, pp. 1–9, 2025, doi: 10.65485/elektrik.v4i2.1171.
- [5] D. Wahyu, K. Amri, and Y. Rosa, “Pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Penyuplai Pompa Air Bersih Kawasan Eco-Wisata Puncak Labuang Kawasan Limau Manih Kota Padang,” *Panrita Abdi J. Pengabd. pada Masy.*, vol. 9, no. 3, pp. 662–673, 2025, doi: 10.20956/pa.v9i3.36823.
- [6] M. Karjadi, “Optimalisasi Efisiensi Panel Surya dalam Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Tangga,” *Ranah Res. J. Multidiscip. Res. Dev.*, vol. 7, no. 4, pp. 3002–3010, 2025, doi: 10.38035/rrij.v7i4.1579.
- [7] I. K. Bayu, K. Putra, I. W. S. Yasa, W. Utama, and N. G. Adrama, “Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Rumah Tangga,” vol. 10, no. 1, pp. 690–697, 2025.
- [8] R. S. Lubis, R. H. Siregar, and M. Syukri, “Pelatihan Pengenalan Energi Baru Terbarukan dan Alat-Alat Kelistrikannya Bagi Pemuda di Sekitaran Kampus USK,” vol. 03, no. 01, pp. 53–68, 2025.
- [9] S. Adriana and M. Jelita, “Improving Solar Cell Efficiency PV/T Using NEPCM by FEM Method,” *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 14,

no. 1, pp. 32–42, 2025, doi: 10.25077/jnte.v14n1.1306.2025.

- [10] D. Suryana, “Pengaruh temperatur/suhu terhadap tegangan yang dihasilkan panel surya jenis monokristalin (studi kasus: Baristand Industri Surabaya),” *J. Teknol. proses dan Inov. Ind.*, vol. 1, no. 2, 2016.
- [11] D. F. Alifyanti, J. M. Tambunan, J. T. Elektro, and J. T. Elektro, “(1) 2) 1) 2),” vol. 1, no. 1, pp. 79–95.
- [12] A. H. Andriawan and P. Slamet, “Tegangan Keluaran Solar Cell Type Monocrystalline Sebagai Dasar Pertimbangan Pembangkit Tenaga Surya,” vol. 02, no. 01, pp. 39–45, 2017.
- [13] N. U. Putri, F. Santoso, and F. Trisnawati, “Rancang Bangun Solar Tracking System Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno,” vol. 16, no. 2.
- [14] D. Dzulfikar and W. Broto, “OPTIMALISASI PEMANFAATAN ENERGI LISTRIK TENAGA SURYA Abstrak,” vol. V, pp. 73–76, 2016.