JURNAL SISTEM KOMPUTER TGD
Volume 5, Nomor 3, Mei 2026, Hal 237-247
P-ISSN : 2828-4933; E-ISSN : 2828-4682
https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jskom

Rancang Bangun Sistem Pembersih Otomatis Panel Surya Dengan Wiper Cerdas Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Metode PWM

Hotlen Hard Sirait[1], Kamil Erwansyah[2], Feri Setiawan[3]
[1] Sistem Komputer, STMIK Triguna Dharma
[2,3]Sistem Informasi, STMIK Triguna Dharma
Email: [1]hotlensirait03@gmail.com, [2]erwansyah.kamil@gmail.com, [3]ferysetiawan13@gmail.com
Email Penulis Korespondensi: hotlensirait03@gmail.com

Abstrak
Panel surya merupakan teknologi energi terbarukan yang sangat bergantung pada kebersihan permukaannya untuk menyerap cahaya matahari secara maksimal. Di lapangan, metode pembersihan panel surya masih banyak dilakukan secara manual. Cara ini tidak hanya memakan waktu dan tenaga, tetapi juga berisiko terhadap keselamatan, terutama jika panel berada di ketinggian seperti atap bangunan. Selain itu, pembersihan manual yang tidak terjadwal menyebabkan akumulasi debu dan kotoran yang dapat menurunkan efisiensi panel secara signifikan. Penelitian ini menawarkan solusi berupa sistem pembersih otomatis panel surya dengan wiper cerdas yang dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino. Sistem ini untuk pengaturan waktu pembersihan otomatis pada pukul 9 pagi dan 3 sore. Metode Pulse Width Modulation (PWM) digunakan untuk mengatur sudut motor sesuai tingkat kekotoran panel. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan pompa air DC untuk mendukung proses pembersihan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat berfungsi secara otomatis sesuai waktu dan kondisi kotor. Pembersihan berlangsung lancar dan efisien, serta mampu menjaga performa panel surya secara optimal.
Kata Kunci : Panel Surya, Mikrokontroler, Pembersih Otomatis, PWM, Pompa *Air*

Abstract
Solar panels are a renewable energy technology that relies heavily on the cleanliness of their surfaces to absorb sunlight optimally. In the field, solar panel cleaning methods are still widely carried out manually. This method is not only time-consuming and labor-intensive, but also poses a safety risk, especially if the panels are at heights such as building roofs. In addition, unscheduled manual cleaning causes dust and dirt accumulation that can significantly reduce panel efficiency. This study offers a solution in the form of an automatic solar panel cleaning system with a smart wiper controlled by an Arduino microcontroller. This system is for setting automatic cleaning times at 9 am and 3 pm. The Pulse Width Modulation (PWM) method is used to adjust the motor angle according to the level of panel dirtiness. In addition, the system is also equipped with a DC water pump to support the cleaning process. The test results show that the system can function automatically according to time and dirty conditions. Cleaning takes place smoothly and efficiently, and is able to maintain optimal solar panel performance.
Keywords: *Solar Panel, Microcontroller, Automatic Cleaner, PWM, Water Pump*

1. PENDAHULUAN

Dengan meningkatnya jumlah bangunan tinggi, dan perumahan, penggunaan panel surya menjadi solusi strategis untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil serta menekan biaya listrik. Panel surya dapat dipasang di atap gedung perkantoran, rumah dll. Hal yang sangat penting dalam melakukan penelitian ini adalah membersihkan panel surya secara optimal. Penelitian ini didasarkan pada penelitian terdahulu dengan topik yang sama. Adapun penelitian terdahulu untuk menjadi rujukan metodologi penelitian ini penelitian dari Muhamad Rizal Wira Kusuma, Esa Apriakar, dan Djuniadi yang bertujuan untuk memudahkan pekerjaan manusia dalam masalah pembersihan solar panel. Alat pembersih ini secara otomatis membersihkan panel surya menggunakan servo dan sensor debu. Hasil pengumpulan data menunjukkan bahwa alat ini membersihkan panel surya secara efisien[1].

Di kota-kota besar dengan tingkat polusi tinggi, penggunaan panel surya sering kali menghadirkan tantangan besar: debu dan kotoran yang menumpuk di permukaannya. Partikel debu dari jalanan, asap kendaraan, serta residu industri dapat menghalangi cahaya matahari mencapai sel surya, sehingga mengurangi efisiensi pengecasan listrik. Selain itu, polusi udara yang bercampur dengan air hujan sering kali meninggalkan lapisan lengket seperti kerak atau jamur[2].

Namun, membersihkan panel surya di perkotaan bukanlah hal yang mudah. Banyak panel dipasang di atap gedung atau rumah bertingkat, sehingga pemilik harus memanjat ke ketinggian dengan risiko tergelincir atau jatuh. Selain itu, membersihkan lapisan lengket dari polusi industri memerlukan waktu dan tenaga ekstra, karena tidak cukup hanya dengan menyiram air, tetapi juga harus disikat secara menyeluruh. Hal ini membuat pemeliharaan panel menjadi tugas yang merepotkan dan berpotensi menghabiskan banyak biaya jika harus menggunakan jasa pembersihan profesional.

Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan debu dan polusi yang menempel pada panel surya di perkotaan adalah dengan menerapkan sistem pembersihan otomatis berbasis mikrokontroler. Mikrokontroler adalah komputer di dalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang mengatur efisiensi dan efektivitas biaya[3]. Dengan menggunakan mikrokontroler, sistem pembersih dapat bekerja tanpa perlu campur tangan manusia secara langsung, sehingga mengurangi risiko kecelakaan saat membersihkan panel di atap.

Selain itu, sistem pembersihan ini dapat dioptimalkan dengan teknologi PWM (Pulse Width Modulation) untuk mengontrol motor pembersih secara efisien. PWM adalah teknik modulasi yang mengubah lebar pulsa pada frekuensi dan amplitudo yang tetap. PWM digunakan untuk menghasilkan sinyal analog dari perangkat digital mikrokontroler[4].

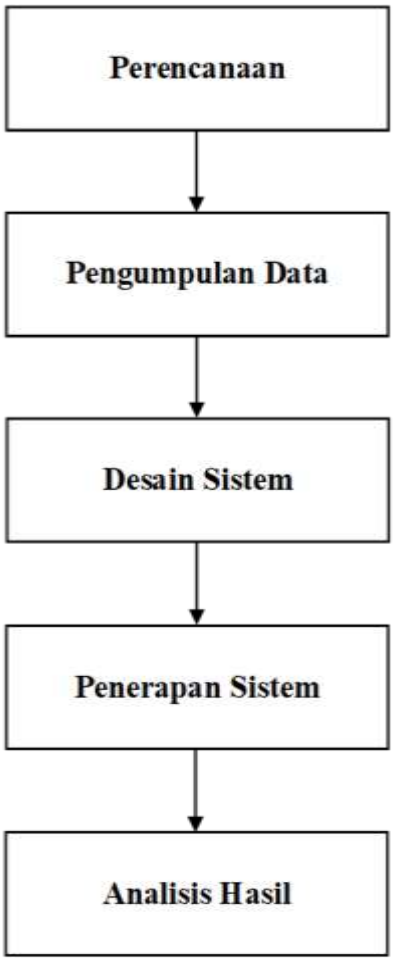
JURNAL SISTEM KOMPUTER TGD
Volume 5, Nomor 3, Mei 2026, Hal 237-247
P-ISSN : 2828-4933; E-ISSN : 2828-4682
https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jskom

Dengan kombinasi mikrokontroler dan PWM, sistem pembersihan dapat bekerja sesuai kebutuhan. Sebagai perbandingan banyak sistem pembersih memakai PWM sebagai metodenya.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Kerangka penelitian ini dapat membantu peneliti tetap fokus pada ruang lingkup penelitian, dan memastikan bahwa setiap fase penelitian dibangun berdasarkan fase sebelumnya:



Gambar 1 Kerangka Penelitian

Berdasarkan gambar 1 terdapat beberapa rangka-rangka kerja pada penelitian sebagai berikut:

1. Tahap Perencanaan
   Perencanaan adalah proses mengenali suatu permasalahan dan menentukan tujuan yang terjadi terhadap rancang bangun sistem pembersih otomatis panel surya dengan wiper cerdas berbasis mikrokontroler menggunakan metode pwm. Proses ini melibatkan analisis terhadap faktor-faktor penyebab masalah, dampak yang ditimbulkan, serta hambatan yang mungkin muncul dalam penyelesaiannya.
2. Pengumpulan Data
   Pengumpulan data dari penelitian sebelumnya bertujuan untuk mendapatkan informasi dan referensi yang dapat mendukung pengembangan rancang bangun sistem pembersih otomatis panel surya dengan wiper cerdas berbasis mikrokontroler menggunakan metode PWM. Data ini mencakup hasil-hasil studi terdahulu mengenai efektivitas metode pembersihan otomatis, serta penggunaan teknologi mikrokontroler dalam sistem serupa. Serta penelitian yang membahas penggunaan mikrokontroler dan metode Pulse Width Modulation (PWM) dalam sistem otomatis juga menjadi referensi penting dalam pengembangan sistem ini.
3. Mendesain Sistem
   Melakukan desain 3D dari sistem yang akan dibangun serta penentuan komponen yang akan digunakan. Desain ini dibuat menggunakan aplikasi google sketchup yang akan menjadi gambaran rancang bangun nantinya. Dan menggunakan aplikasi fritzing untuk membuat rangkaian elektronika sistem.
4. Penerapan sistem

JURNAL SISTEM KOMPUTER TGD
Volume 5, Nomor 3, Mei 2026, Hal 237-247
P-ISSN : 2828-4933; E-ISSN : 2828-4682
https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jskom

Pada tahap ini adalah dengan menuangkan hasil rancangan ini ke dalam bentuk prototype dari hasil rancangan yang telah dibuat di aplikasi fritzing. Pengujian ini dibuat untuk mengetahui apakah rancangan ini berhasil atau tidak.

5. Analisis Hasil
   Analisis hasil dilakukan untuk mengevaluasi kinerja rancang bangun sistem pembersih otomatis panel surya dengan wiper cerdas berbasis mikrokontroler menggunakan metode PWM. Proses ini melibatkan analisis hasil yang akan didapatkan dari hasil penelitian ini.

2.2 Metode Perancangan Sistem

Metode perancangan sistem untuk rancang bangun sistem pembersih otomatis panel surya dengan wiper cerdas berbasis mikrokontroler menggunakan metode PWM adalah dengan menentukan algoritma sistem dengan alat dengan proses merancang langkah-langkah logis yang diimplementasikan menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak untuk mengoptimalkan kinerja suatu sistem. Alat dalam konteks ini dapat berupa komputer, mikrokontroler, sensor, atau perangkat pemrosesan lainnya yang berfungsi menjalankan algoritma sesuai dengan kebutuhan sistem. algoritma tersebut dirancang untuk mengontrol, mengolah, dan menganalisis data yang diperoleh dari alat, sehingga menghasilkan output yang sesuai dengan tujuan sistem. Berikut adalah penjelasan mengenai setiap tahapan dalam metode perancangan sistem ini :

1. Proses pembacaan RTC (real time clock) sebagai waktu bergeraknya motor Servo yang telah dipasang sikat.
2. Proses pendeteksian sensor debu untuk mengukur kadar debu yang terdapat pada lapisan permukaan panel surya.
3. Proses pengaktifan pompa air adalah dengan menyemprotkan air ke permukaan panel surya agar mengurangi pengaruh gesekan saat motor servo bergerak saat akan diaktifkan agar pembersihan tidak membuat permukaan panel surya rusak.
4. Proses pengaktifan motor Servo yang telah diatur sudutnya menggunakan PWM .

2.3 Wiper

Permukaan panel surya yang kotor atau terkena air hujan biasanya dibersihkan dengan wiper yang terpasang pada panel. Dengan menggunakan *wiper*, permukaan modul surya tetap bersih dan bebas dari kotoran atau air, sehingga modul dapat sinar matahari sehingga mengurangi efisiensi konversi energi menjadi listrik. Oleh karena itu, penting untuk memastikan bahwa sistem wiper selalu dalam menyerap sinar matahari secara optimal. Wiper pada panel surya berperan penting dalam efisiensi panel, karena kinerjanya terkait erat dengan peningkatan penyerapan sinar matahari dan pengoptimalan produksi energi. Selain itu, wiper yang berfungsi dengan baik juga dapat mengurangi penumpukan debu dan kotoran, yang dapat menyebabkan kerusakan jangka panjang pada permukaan panel surya. Tanpa perawatan dan pembersihan yang tepat, kotoran yang menumpuk pada permukaan panel surya dapat menghalangi kondisi optimal[5].

2.4 Sensor Debu

Sensor ini mendeteksi debu atau partikel lain dan memantulkan cahaya kembali ke penerima. Cahaya dipantulkan oleh partikel saat melewati permukaan dan diubah menjadi tegangan oleh fotodioda. Sensor debu optik GP2Y1010AU0F menggunakan teknologi inframerah. Sensor ini didasarkan pada asumsi bahwa cahaya dipantulkan oleh partikel pada permukaan dan diubah menjadi listrik oleh fotodioda. Untuk mendeteksi perubahan ini, tegangan harus ditingkatkan. *Output* sensor adalah tegangan analog yang sebanding dengan kepadatan debu yang diukur dengan sensitivitas 0,5 V/0,1 mg/m³ dan sensitivitas 0,5 V/0,1 mg/m³. Dalam hal ini, nilai minimum adalah 0,5 V dan titik setel adalah 0,1 mg/m³[6]. Selain itu, terdapat sensor yang memungkinkan anggota sistem informasi memperoleh informasi akurat tentang massa dan Panel surya. Jika jumlah debu atau partikel lain di sekitar panel diketahui, sistem pembersihan otomatis, seperti wiper, dapat diaktifkan untuk membersihkan permukaan panel sesuai kebutuhan.

2.5 Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler sumber terbuka yang berbasis pada mikrokontroler Microchip ATmega328P. Dikembangkan oleh Arduino.cc dan pertama kali dirilis pada tahun 2010, papan ini memiliki pin *input/output* (I/O) *digital* dan *analog* yang dapat dihubungkan ke berbagai papan ekspansi (pelindung) dan sirkuit lainnya. Arduino Uno memiliki 14 pin I/O *digital* (enam di antaranya mendukung modulasi lebar pulsa), enam pin I/O *analog*, dan dapat diprogram menggunakan Arduino IDE *(Integrated Development Environment)* melalui kabel USB Tipe B. Arduino Uno juga memiliki memori *flash* 32 KB untuk menyimpan program, dengan 0,5 KB digunakan oleh *bootloader*. Mikrokontroler ATmega328P pada board ini berjalan pada 16MHz, memungkinkan pemrosesan cepat untuk berbagai aplikasi. Selain itu, Arduino Uno mendukung berbagai komunikasi, seperti komunikasi serial melalui *port* USB, yang memungkinkan interaksi langsung antara papan dan komputer untuk mengunduh program atau mengambil data. Karena pemrogramannya yang sederhana dan kompatibilitasnya yang luas dengan berbagai sensor, aktuator, dan modul[7].

ATmega328 adalah mikrokontroler dari Atmel dalam keluarga AVR 8-bit. Mikrokontroler ini mempunyai kapasitas *flash* (memori program) sebesar 32 KB (32.768 *bytes*), memori (RAM statis) sebesar 2 KB (2.048 *bytes*), dan EEPROM (memori *non-volatile*) sebesar 1.024 *byte*. Kecepatan maksimum yang dapat dicapai adalah 20 MHz.. Desain khusus dari keluarga prosesor ini memungkinkan kecepatan eksekusi hingga 1 siklus per instruksi untuk sebagian besar instruksinya,

memungkinkan kecepatan mencapai hampir 20 juta instruksi per detik. ATmega328 adalah prosesor yang kaya fitur. Dikemas sebagai DIP-28, *chip* ini memiliki 20 pin *input/output* (21 pin saat pin reset tidak digunakan, 23 pin saat osilator eksternal tidak digunakan), 6 di antaranya dapat berfungsi sebagai pin ADC (konverter *analog* ke *digital*) dan 6 lainnya memiliki fungsi PWM (modulasi lebar pulsa)[8].

2.6 Metode PWM

Modulasi Lebar Pulsa (PWM) secara umum dapat dijelaskan sebagai suatu metode atau teknik yang digunakan untuk memanipulasi lebar suatu sinyal berupa pulsa yang terjadi dalam jangka waktu tertentu, dengan tujuan untuk menghasilkan tegangan rata-rata yang bervariasi tergantung kebutuhan sistem yang menggunakannya. Dalam penerapannya, PWM memungkinkan pengaturan tingkat daya atau tegangan yang diterima oleh beban dengan sangat tepat, sehingga memungkinkan kontrol yang lebih besar terhadap kinerja perangkat elektronik. Jika sinyal PWM memiliki siklus kerja 50%, berarti sinyal tersebut hidup separuh waktu dan mati separuh waktu dalam satu siklus. Dengan mengubah siklus kerja, kita dapat mengatur jumlah daya yang disalurkan ke beban, yang pada akhirnya memengaruhi kinerja perangkat pada kecepatan motor DC, intensitas lampu LED atau suhu pemanasan. PWM yang umum digunakan meliputi sistem komunikasi di mana PWM digunakan untuk modulasi data saat mengirimkan sinyal telekomunikasi. Selain itu, PWM juga banyak digunakan dalam pengaturan daya atau tegangan yang masuk ke berbagai jenis beban, seperti motor, lampu LED, dan perangkat elektronik lainnya[9].

PWM *digital* adalah suatu teknik pengaturan lebar pulsa pada sistem *digital* untuk mengontrol tegangan rata-rata yang diterima beban. Sinyal pwm *digital* terdiri dari pulsa-pulsa dengan dua level tegangan (*high* dan *low*) yang durasinya disesuaikan untuk menghasilkan daya yang diinginkan. Karena efisiensi dan pengendaliannya yang presisi, teknik ini banyak digunakan untuk mengendalikan motor, lampu LED, dan sistem kendali daya[10].

2.7 Modul RTC

Modul RTC DS3231 merupakan modul yang berfungsi sebagai RTC *(real time clock)* atau pengatur waktu digital dan mempunyai fungsi pengukuran suhu yang terdapat dalam satu modul. Antarmuka dalam mengakses modul ini menggunakan i2c atau dua kabel (SDA dan SCL).Modul DS3231 RTC tersedia dengan baterai CR2032 3V yang berfungsi sebagai cadangan RTC jika catu daya utama mati. Selain itu, ada juga AT24C32 EEPROM yang dapat menyediakan EEPROM 32k untuk menyimpan data. Oleh karena itu, jaringan ini dapat digunakan dalam aplikasi yang berbeda yang membutuhkan waktu tertentu dan menyimpan data jangka panjang. Dengan EEPROM AT24C32, pengguna dapat menyimpan konfigurasi atau data penting tanpa harus khawatir kehilangan informasi ketika kapasitas utama dinonaktifkan. Selain itu, fungsi pengukuran suhu di dalam DS3231 memungkinkan pemantauan suhu Jenis LCD yang populer dalam aplikasi mikrokontroler adalah LCD 16x2. Modul ini mampu menampilkan 16 karakter dalam dua baris, sehingga cukup untuk menampilkan informasi dasar seperti data sensor, status sistem, maupun pesan instruksi. LCD 16x2 biasanya menggunakan antarmuka paralel yang terhubung langsung ke mikrokontroler, namun dapat pula dikendalikan menggunakan modul I2C untuk menghemat penggunaan pin digital[11].

2.8 Motor Servo

Motor servo adalah motor dengan sistem umpan balik loop tertutup, di mana posisi motor diumpankan kembali ke sirkuit kontrol motor servo. Arah dan sudut rotor motor servo dapat dengan mudah dikontrol dengan menyesuaikan sinyal siklus kerja PWM pada pin kontrol. Motor servo dapat berputar dalam dua arah (searah jarum jam dan berlawanan arah jarum jam). Berdasarkan putarannya, secara umum ada dua jenis motor servo di pasaran: motor servo putaran 180° dan motor servo putaran kontinu. Motor ini terdiri dari motor DC, kotak roda gigi, potensiometer, dan sirkuit kontrol. Fungsi potensiometer pulsa yang dikirim melalui cabang sinyal kabel motor servo. Motor servo penggerak adalah motor sinkron, yang menggunakan sistem umpan balik loop tertutup, di mana posisi motor ditransmisikan ke sirkuit kontrol motor servo[12].

2.9 Relay

Penjelasan tentang *relay* ini pada dasarnya sama dengan *relay* pada umumnya. *Relay* adalah sakelar yang berdasarkan prinsip elektromagnetik yang mengoperasikan kontaktor untuk menghubungkan rangkaian listrik secara tidak langsung. Penutupan dan pembukaan kontaktor dicapai melalui efek induksi magnetik dari kumparan induktor pembawa arus. Perbedaannya dengan sakelar adalah bahwa pergerakan kontaktor untuk menghidupkan dan mematikannya dilakukan secara manual dan tanpa daya, sedangkan *relay* memerlukan daya. Kumparan elektromagnetik mengaktifkan kontaktor, yang menarik atau melepaskannya, sehingga secara otomatis menghubungkan atau memutus rangkaian. Ketika arus listrik mengalir melalui kumparan, medan magnet yang dihasilkan menarik kontaktor dan membuka atau menutup kontak relay, tergantung pada jenis dan fungsi relay.

Namun, jika tidak ada arus yang mengalir melalui kumparan, medan magnet hilang dan kontaktor kembali ke posisi semula—baik terbuka maupun tertutup. *Relay* saluran tunggal adalah modul elektronik yang berfungsi sebagai sakelar listrik, yang mengendalikan beban arus tinggi (seperti motor, lampu, atau perangkat listrik lainnya) menggunakan sinyal

arus rendah dari mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32. Modul ini hanya memiliki satu saluran dan karenanya hanya dapat mengendalikan satu perangkat dalam satu waktu.

2.10 Panel Surya

Modul surya adalah modul fotovoltaik yang menghasilkan listrik menggunakan sinar matahari. Sistem ini terdiri dari sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor seperti silikon, yang mengubah fotovoltaik dari sinar matahari menjadi aliran elektron, sehingga menghasilkan listrik. Tegangan yang dihasilkan ideal untuk mengisi daya sistem tenaga surya untuk rumah pribadi dan untuk penerangan luar ruangan elain itu, modul surya dapat diintegrasikan dengan perangkat pendukung seperti inverter, baterai, dan pengontrol *day* untuk meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas dalam penggunaannya. Penggunaan modul surya sangat membantu dalam menyediakan sumber energi alternatif yang bersih, terbarukan, serta ramah lingkungan, terutama di daerah terpencil yang belum terjangkau jaringan listrik konvensional[13].

2.11 LCD *(Liquid Crystal Display)*

LCD *(Liquid Crystal Display)* merupakan teknologi tampilan yang banyak digunakan dalam berbagai perangkat elektronik dan sistem mikrokontroler. LCD menggunakan kristal cair yang dapat mengubah orientasinya saat terkena tegangan listrik, sehingga memodulasi cahaya yang melewatinya. Keunggulan utama LCD adalah konsumsi daya yang rendah dan kemampuan untuk menampilkan informasi dengan jelas bahkan di ruang yang sempit. Jenis LCD yang populer dalam aplikasi mikrokontroler adalah LCD 16x2.

2.12 Pompa Air DC

Pompa air DC memiliki magnet permanen pada rotornya dan elektromagnet pada statornya. Dalam penelitian ini, motor DC digunakan untuk memompa air dari permukaan panel surya. Pompa perpindahan positif beroperasi dengan mengubah volume dalam sistem tertutup. Ketika tekanan meningkat, volume air berkurang; sebaliknya, ketika tekanan menurun, volume air meningkat. Perubahan tekanan ini menyebabkan cairan ditarik ke dalam sistem dan kemudian didorong ke arah yang diinginkan.

Prinsip pengoperasian ini memungkinkan pompa perpindahan positif untuk mengendalikan aliran air dengan presisi tinggi, sehingga cocok untuk aplikasi yang membutuhkan laju aliran yang stabil. Ini memastikan bahwa air dapat didistribusikan secara merata di seluruh permukaan. Pompa perpindahan positif beroperasi berdasarkan prinsip perubahan volume dalam ruang tertutup untuk menarik masuk dan mendorong keluar cairan. Dalam sistem ini, tekanan dan volume berbanding terbalik—ketika tekanan meningkat, volume air berkurang, dan ketika tekanan menurun, volume air meningkat. Tekanan dan volume berbanding terbalik: jika tekanan meningkat, volume air berkurang; jika tekanan menurun, volume air meningkat.

2.13 Flowchart

Flowchart adalah representasi grafis dari langkah-langkah dan proses suatu program. Flowchart adalah urutan proses dalam suatu sistem, yang menunjukkan media masukan dan keluaran, serta jenis media yang digunakan dalam proses pemrosesan data. Flowchart program, di sisi lain, adalah diagram dengan simbol-simbol khusus yang menggambarkan urutan proses secara terperinci dan menunjukkan hubungan antara satu proses (instruksi) dan proses lain dalam suatu program. Ketika seseorang membuat bagan alir sebagai analis dan programmer[14].

2.14 Arduino IDE

Arduino Ide banyak digunakan oleh programmer dalam pemrograman Arduino. Arduino Ide adalah perangkat lunak khusus untuk menjalankan program pada Arduino, termasuk Arduino Uno, Arduino Nano, Arduino Genio, mappi32, dan nodeMCU. Dalam konteks Arduino, "sketsa" mengacu pada program atau kode yang ditulis oleh komite Arduino untuk implementasi. Sketsa ditulis dalam bahasa pemrograman C++ dan diunggah ke papan Arduino menggunakan Arduino Ide (lingkungan pengembangan terintegrasi). Biasanya, setiap *sketch* terdiri dari dua bagian utama: *setup*().

2.15 Sketchup

SketchUp adalah perangkat lunak pemodelan 3D yang memungkinkan Anda membuat dan mengedit model tiga dimensi dengan cepat dan mudah. Berkat antarmuka pengguna yang sederhana dan fitur-fitur yang intuitif, SketchUp memungkinkan Anda membuat desain 3D secara efisien tanpa pengetahuan teknis yang luas. SketchUp pertama kali dikembangkan pada tahun 2000 oleh *@Last Software.* Pada tahun 2006, Google mengakuisisi perangkat lunak tersebut dan menggabungkannya dengan Google Earth untuk mendukung pemodelan konstruksi 3D. Namun, pada tahun 2012, SketchUp diakuisisi oleh Trimble Inc., sebuah perusahaan teknologi yang mengkhususkan diri dalam solusi pemetaan dan pemodelan 3D.

JURNAL SISTEM KOMPUTER TGD
Volume 5, Nomor 3, Mei 2026, Hal 237-247
P-ISSN : 2828-4933; E-ISSN : 2828-4682
https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jskom

2.16 Fritzing

Fritzing adalah program sumber terbuka yang memungkinkan pengguna membuat prototipe yang sangat mirip dengan produk asli. Perangkat lunak ini dirancang untuk pemrosesan Arduino dan memungkinkan dokumentasi proyek Arduino. *Fritzing* juga menyertakan papan sirkuit yang mendukung kemiripan prototipe dengan produk asli[15].

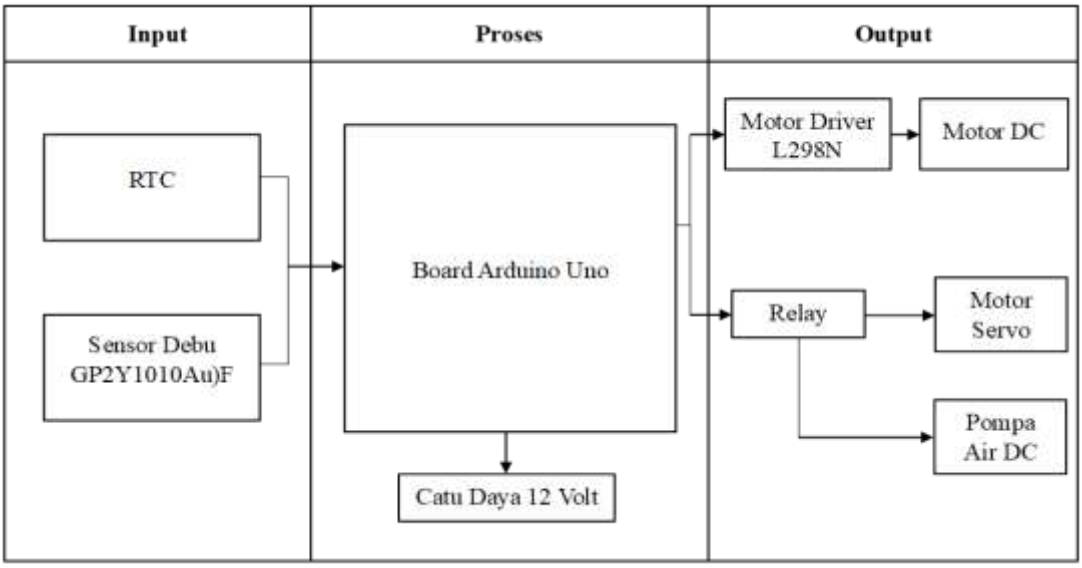
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Algoritma Sistem

Algoritma sistem adalah serangkaian langkah atau prosedur logis yang dirancang untuk memproses data dan menjalankan tugas dalam suatu sistem. Di dalam sistem ini algoritma sangat penting karena digunakan untuk mengatur, mengelola, dan mengontrol operasi dalam suatu sistem agar berjalan dengan efisien. Algoritma Teknik PWM adalah teknik yang digunakan untuk mengontrol sinyal ke suatu perangkat dengan cara mengatur sudut dalam satu periode tetap. Algoritma teknik PWM berfungsi untuk mengatur sudut atau intensitas perangkat elektronik.

Pada pemodelan bertujuan untuk proses membuat representasi atau desain awal dari sistem pembersih yang akan dikembangkan. Pemodelan ini bertujuan untuk menggambarkan bagaimana komponen seperti sensor debu, RTC, mikrokontroler, pompa air dc, motor servo, dan bekerja secara terintegrasi untuk membersihkan panel surya secara otomatis

Pada bagian ini akan ditampilkan diagram blok yang akan menjelaskan aliran input, proses dan output pada sistem :



Gambar 2 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem pada rancang bangun sistem pembersih otomatis panel surya dengan wiper cerdas berbasis mikrokontroler menggunakan metode pwm akan dijelaskan dibawah ini:

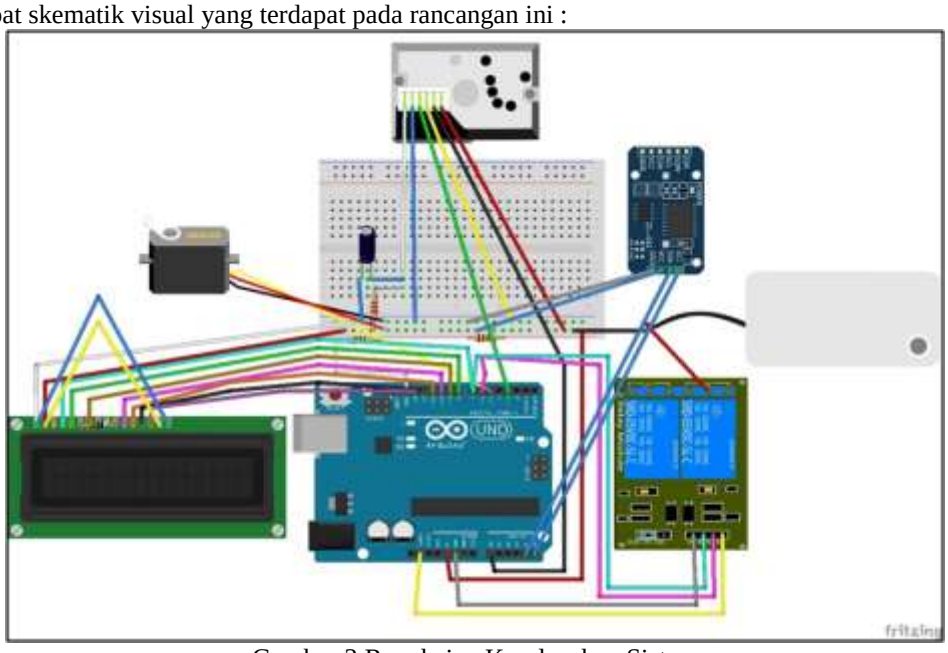
1. Arduino
   Arduino digunakan sebagai pengatur otak sistem dan sebagai pengendali utama sistem yang membaca RTC dan sensor debu dan mengendalikan outputnya ke LCD, motor servo dan pompa air dc. Mikrokontroler ini berperan sebagai pusat kendali dari keseluruhan proses kerja sistem, mulai dari pengambilan data waktu nyata melalui modul RTC *(Real Time Clock)* untuk menentukan jadwal pembersihan, hingga pembacaan nilai konsentrasi partikel debu di udara yang terdeteksi oleh sensor debu seperti GP2Y1010AU0F.
2. RTC
   Rtc *(Real Time Clock)* yang digunakan untuk menyimpan dan menjaga waktu aktual seperti jam, menit, detik, pada sistem ini waktu disimpan pada pukul 09.00 dan 15.00 sebagai waktu pembersihan.
3. Sensor Debu GP2Y1010AU0F
   Pada sistem rancang bangun sistem pembersih otomatis panel surya dengan wiper cerdas berbasis mikrokontroler menggunakan metode pwm, sensor debu digunakan dalam mendeteksi kadar debu yang terdapat pada permukaan panel surya. Data yang diperoleh dari sensor debu kemudian dikirimkan ke mikrokontroler untuk dianalisis dan dibandingkan dengan nilai ambang batas yang telah ditentukan dalam program. Jika kadar debu melebihi ambang batas tersebut, maka mikrokontroler akan secara otomatis mengaktifkan sistem pembersih, termasuk motor servo untuk menggerakkan wiper dan pompa air untuk menyemprotkan air ke permukaan panel.

JURNAL SISTEM KOMPUTER TGD
Volume 5, Nomor 3, Mei 2026, Hal 237-247
P-ISSN : 2828-4933; E-ISSN : 2828-4682
https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jskom

4. LCD
   Dalam penelitian ini LCD digunakan untuk menampilkan berapa kadar debu pada bagian layar dan jam sesuai dengan waktu nyata. Informasi ini diperoleh dari pembacaan sensor debu yang dihubungkan ke mikrokontroler, serta dari modul RTC *(Real Time Clock)* yang memberikan data waktu secara akurat. Tampilan data pada LCD mencakup nilai konsentrasi debu dalam satuan tertentu dan waktu terkini.
5. Servo
   Servo dapat digunakan untuk menggerakan wiper pada permukaan panel surya, memastikan wiper bergerak dengan presisi saat membersihkan panel surya. Servo bekerja berdasarkan data dari RTC, sehingga sistem dapat meningkatkan efisiensi dan daya tahan sistem.
6. Pompa Air Dc
   Pompa air DC dalam sistem pembersih otomatis panel surya berfungsi untuk menyemprotkan air ke permukaan panel guna membantu proses pembersihan. Air yang disemprotkan berperan penting dalam melunakkan dan mengangkat kotoran atau debu yang menempel pada permukaan panel surya, sehingga memudahkan wiper dalam menyapu bersih permukaan tersebut secara efektif. Pompa ini dikendalikan oleh mikrokontroler (seperti Arduino) berdasarkan sinyal dari sensor debu atau jadwal waktu yang telah ditentukan melalui modul RTC.

3.2 Perancangan Sistem

Pada perancangan rangkaian sistem dalam penelitian rancang bangun sistem pembersih otomatis panel surya dengan wiper cerdas berbasis mikrokontroler menggunakan metode pwm dapat dilakukan menggunakan software Fritzing untuk memvisualisasikan hubungan antar komponen elektronik.
Dibawah terdapat skematik visual yang terdapat pada rancangan ini :



Gambar 3 Rangkaian Keseluruhan Sistem

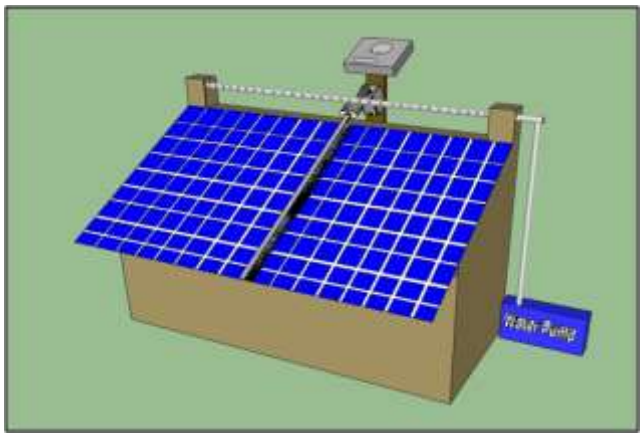
Gambar diatas merupakan rangkaian keseluruhan sistem rancang bangun pembersih otomatis panel surya dengan wiper cerdas berbasis mikrokontroler menggunakan metode pwm dimana terdapat seluruh perangkat elektronika yang digunakan pada sistem. Yang dimana seluruh pin yang terdapat pada komponen dihubungkan dengan sesuai pin yang ada dan juga untuk warna dari kabelnya telah disesuaikan agar dapat memahami jalur dalam pengkabelan

3.3 Perancangan Model Prototipe

Perancangan pada prototipe model akan dibuat sesuai dengan komponen-komponen yang akan digunakan rancangan elektronika aslinya. Sofware yang digunakan dalam pembuatan prototipe ini adalah *Google Sketchup.* Adapun tampilannya akan ditampilkan sebagai berikut:

Berikut adalah contoh gambar model atau prototipe sederhana yang dapat dibuat dalam bentuk 3D pada SketchUp :

JURNAL SISTEM KOMPUTER TGD
Volume 5, Nomor 3, Mei 2026, Hal 237-247
P-ISSN : 2828-4933; E-ISSN : 2828-4682
https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jskom

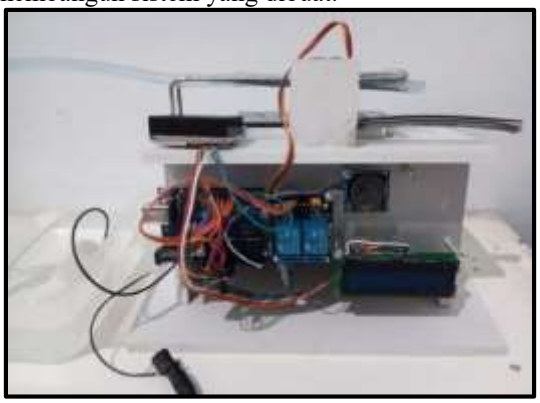


Gambar 4 Desain Keseluruhan Sistem

Pada gambar diatas terdapat sistem pembersih otomatis panel surya dengan wiper cerdas berbasis mikrokontroler menggunakan metode pwm menampilkan tampilan dari keseluruhan sistem yang akan dibangun kedalam rancangan eletronika sistem. Terdapat komponen seperti Arduino Uno, *Real Time Clock*, LCD, Pompa Air dimana terlihat komponen sensor debu, servo dan motor dc yang telah dipasang penyikat serta relay yang terdapat pada bagian sistem.

3.4 Implementasi Sistem

Implementasi sistem merupakan suatu tahapan yang dilalui sistem dimulai dari perancangan blok diagram, perakitan komponen, pembuatan program, hingga perumusan kesimpulan, setelah kebutuhan sistem terpenuhi, maka tahapan selanjutnya adalah penerapan dan membangun sistem yang dibuat.



Gambar 5 Rangkaian Keseluruhan Dibuat

Pada gambar diatas merupakan rangkaian keseluruhan rancang bangun sistem pembersih otomatis panel surya dengan *wiper* cerdas berbasis mikrokontroler menggunakan metode pwm yang terdiri dari perangkat elektronika sistem yaitu rangkaian keseluruhan sistem yang telah siap untuk dijalankan sesuai instruksi. Program yang telah dibuat sebelumnya.Arduino Uno, *Relay*, Pompa Air, Sensor Debu, Motor Servo dan LCD. Dari rangkaian keseluruhan sistem dimana sistem telah siap di jalankan sesuai instruksi dari program yang telah dibuat sebelumnya pada Arduino.



Gambar 6 Rangkaian Servo

JURNAL SISTEM KOMPUTER TGD
Volume 5, Nomor 3, Mei 2026, Hal 237-247
P-ISSN : 2828-4933; E-ISSN : 2828-4682
https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jskom

Motor servo berfungsi sebagai penggerak wiper untuk membersikan permukaan panel surya. Pada rangkaian ini motor servo menggunakan (warna orange, vcc, gnd) yang terhubng pada pin arduino (pin 5, Vcc, Gnd). Servo tampa ditempelkan diatas pvc yang telah dipasangi penyikat.

3.5 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui apakah sistem berjalan dengan baik sesuai dengan yang kita inginkan atau tidak. Pengujian ini dilakukan dari awal sistem diaktifkan hinga akhir, proses pengujian akan berjalan jika seluruhan komponen telah perintah yang telah dimasukkan dalam listing program.

1. Berikut adalah tampilan alat bekerja pada gambar



Gambar 7 Tampilan Alat Bekerja



Gambar 8 Tampilan Pada LCD

2. Pengujian Sensor Debu

Pengujian sensor bertujuan untuk melihat dan mengetahui respon sensor terhadap inputan yang diberikan. *Output* sensor adalah tegangan analog yang mempresentasikan berapa konsentrasi debu yang terdeteksi oleh sensor. Tegangan analog kemudian diubah oleh mikrokontroler menjadi nilai konsentrasi debu dalam satuan ppm kemudian ditampilkan pada display LCD. Berikut adalah hasil pengujian sensor debu.

Tabel 1 Hasil Pengujian Sensor Debu

Kadar Debu	V sensor(V)	Konsentrasi Debu (ppm)
Tanpa Debu	0,024	4
Sedikit Debu	1,021	18
Sedang	1,723	80
Banyak Debu	2,681	150
Sangat banyak	3,267	398

3. Pengujian Motor Servo

Pengujian motor servo dilakukan dengan memprogram mikrokontroler untuk memberi perintah pada motor agar bergerak ke posisi berapa derajat sesuai dengan yang diinginkan,. Hasil pengujian menunjukkan bahwa servo bekerja secara optimal dan mampu mengikuti perintah sudut dengan presisi yang baik. dalam hal ini motor di uji untuk bergerak dari 0 hingga 180 derajat. Dan memberikan nilai pwm pada keadaan di bawah ini.

Tabel 2 Data Percobaan Pwm

Perintah (kode)	Derajat putar	Keterangan
Myservo.write(0);	0°	Tanpa Debu

JURNAL SISTEM KOMPUTER TGD
Volume 5, Nomor 3, Mei 2026, Hal 237-247
P-ISSN : 2828-4933; E-ISSN : 2828-4682
https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jskom

Myservo.write(120);	170°	Sedikit Debu
Myservo.write(150);	175°	Sedang Debu
Myservo.write(180);	180°	Banyak Debu

4. Tabel Pengujian Keseluruhan
Berikut ini adalah tabel dari hasil pengujian sistem pembersih otomatis panel surya dengan wiper cerdas berbasis mikrokontrorer menggunakan metode pwm :

Tabel 3 Hasil Pengujian Keseluruhan

Kadar Debu	Sudut	Konsentrasi Debu (ppm)
Tanpa Debu	0	4
Sedikit Debu	170°	18
Sedang	175°	80
Banyak Debu	180°	150

Pada tabel diatas menjelaskan bahwa semakin besar debu yang terkumpul terkonsentrasi maka semakin besar pula sudut pada motor servo dan pompa air akan menyiram permukaan panel surya begitupun juga sebaliknya.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari rangkaian dan keseluruhan sistem pembersih otomatis panel surya dengan wiper cerdas berbasis mikrokontroler menggunakan metode PWM adalah bahwa proses analisa permasalahan dilakukan dengan mengamati dampak penumpukan debu dan kotoran terhadap efisiensi daya panel. Analisis ini mencakup pengumpulan data dari sensor debu GP2Y1010AU0F serta pengamatan langsung terhadap tingkat kotoran yang menempel di permukaan panel surya. Data ini menjadi acuan utama dalam menentukan waktu dan intensitas pembersihan untuk menjaga performa panel tetap optimal.

Perancangan sistem diawali dengan pemilihan dan perakitan komponen utama, seperti mikrokontroler (misalnya Arduino), sensor debu, motor servo, serta modul RTC (Real Time Clock). Mikrokontroler menjadi pusat kendali yang mengatur kerja sistem berdasarkan waktu yang telah ditentukan oleh RTC dan kondisi debu yang terdeteksi oleh sensor. Motor servo digunakan untuk menggerakkan wiper dengan sudut tertentu menggunakan teknik PWM (Pulse Width Modulation), sehingga gerakan pembersihan dapat disesuaikan agar menyapu permukaan secara efektif dan efisien.

Teknik PWM berperan penting dalam mengontrol sudut motor servo dengan mengatur lebar pulsa sinyal listrik. Semakin besar lebar pulsa, semakin besar sudut pergerakan wiper yang membawa sikat pembersih. Sistem ini kemudian diimplementasikan langsung pada panel surya, baik di dalam ruangan untuk simulasi awal, maupun di luar ruangan untuk pengujian lapangan. Pengujian dilakukan dengan memaparkan panel pada lingkungan berdebu guna mengamati respons sistem terhadap kondisi aktual. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu membersihkan permukaan panel secara otomatis dan membantu menjaga efisiensi penyerapan cahaya matahari.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada Bapak Kamil Erwansyah dan Bapak Feri Setiawan atas bimbingannya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan serta pihak-pihak yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. R. W. Kusuma, E. Apriaskar, and D. Djunaidi, “Rancang Bangun Sistem Pembersih Otomatis Pada Solar Panel Menggunakan Wiper Berbasis Mikrokontroler,” *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 19, no. 01, pp. 23–32, 2020, doi: 10.31358/techne.v19i01.220.

[2] J. Purba, A. S. Uyun, D. Sugiyanto, and M. I. Ramdhan, “Perancangan Prototipe Alat Pembersih Panel Surya Dengan Sistem Gerak Otomasi,” *J. Kaji. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 1–8, 2022.

[3] M. I. Hafidhin, A. Saputra, Y. Ramanto, and S. Samsugi, “ARDUINO UNO,” vol. 1, no. 2, pp. 59–66, 2020.

[4] Hendry, E. “Pulse Width Modulation (PWM)”, elektronikahendry, 2020. www.elektronikahendry.com/2020/10/pulse-width-modulation-pwm/

[5] Wuling, “Wiper Mobil: Komponen, Fungsi dan Cara Kerjanya”, Wuling, 2025. https://wuling.id/id/blog/autotips/wiper-mobil-komponen-fungsi-dan-cara-kerjanya.

[6] A. P. Pratama, F. S. Maulana, and R. S. Kusumadiarti, “Sistem Pemantauan Ketebalan Debu & Suhu Pada Ruangan Menggunakan Aplikasi Telegram berbasis IoT,” *JATISI (Jurnal Tek. Inform. dan Sist. Informasi)*, vol. 8, no. 4, pp. 2198–2211, 2021, doi: 10.35957/jatisi.v8i4.1191.

[7] C. Berliana and M. Hafiz Hersyah, "Rancang Bangun Timbangan Beras Digital Dengan Keluaran Tiga Jenis Beras Berbasis Mikrokontroler," *Chipset*, vol. 3, no. 02, pp. 102–110, 2022, doi: 10.25077/chipset.3.02.102-110.2022.

[8] B. Saragih and C. Bancin, "Perancangan Pengukur Jarak Secara Wirelees Menggunakan Sensor Gelombang Ultrasonik Berbasis Arduino UNO ATmega 328 Dengan Tampilan Di Laptop," *J. Teknol. Energi Uda*, vol. 9, no.2,pp.7480,2020,[Online].Available:https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328p

[9] A. Muis, "Rancang Bangun Konveyor Pengirim Makanan Pada Restoran Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Metode Pwm," *Sinusoida*, vol. 22, no. 3, pp. 74–85, 2020, doi: 10.37277/s.v22i3.753.

[10] F. B. Lubis and A. Yanie, "Implementasi Pulse Width Modulation (PWM) Pada Penyaluran Limbah Cair Pupuk Kelapa Sawit Berbasis Arduino," *JET (Journal Electr. Technol.*, vol. 7, no. 2, pp. 39–46, 2022, doi: 10.30743/jet.v7i2.5394.

[11] S. Samsugi, "Penerapan Penjadwalan Pakan Ikan Hias Molly Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno Dan Sensor Rtc Ds3231," *J. Teknol. dan Sist. Tertanam*, vol. 4, no. 1, 2023, doi: 10.33365/jtst.v4i1.2209.

[12] E. Yuniarti, Sofiah, R. Hidayat, Sumardi, and E. Ardian, "Rancang bangun Sistem Monitoring Motor Servo dan Jumlah Pakan Ikan Berbasi Internet of Things," *J. Ampere*, vol. 7, no. 1, pp. 4–11, 2022, [Online]. Available: http://doi.org/10.31851/ampere

[13] S. A. Tayel, A. E. Abu El-Maaty, E. M. Mostafa, and Y. F. Elsaadawi, "Enhance the performance of photovoltaic solar panels by a self-cleaning and hydrophobic nanocoating," *Sci. Rep.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–13, 2022,

[14] A. Zalukhu, P. Swingly, and D. Darma, "Perangkat Lunak Aplikasi Pembelajaran Flowchart," *J. Teknol. Inf. dan Ind.*, vol. 4, no. 1, pp. 61–70, 2023,[Online].Available:https://ejurnal.istp.ac.id/index.php/jtii/article/view/351

[15] R. Rhendy and A. H. Rahman, "Perancangan Dan Implementasi Keran Air Otomatis Dengan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino," *Comasiejournal*, vol. 1, no. 01, pp. 92–101, 2019.