

Desain Pengaman Palang Pintu Otomatis Pada Rel Ganda Kereta Api Dengan Sistem Smart Grid

Ramadhan Iksanullah Nurhan

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya e-mail:
ramadhan.22138@mhs.unesa.ac.id

Bambang Suprianto, Raden Roro Hapsari Peni Agustin Tjahyaningtijas, Unit Three Kartini

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: bambangsuprianto@unesa.ac.id, hapsari@unesa.ac.id, unitthree@unesa.ac.id

Abstrak

PLTS *Hybrid* merupakan penggabungan sumber energi seperti panel surya dengan PLN. Kita bisa meng- koneksi sumber listrik dari panel surya sebagai sumber utama, dan PLN sebagai sumber cadangan. Cara kerja dari rangkaian *Smart Grid* ini membutuhkan 3 komponen utama yaitu mikrokontroler ESP32, sensor tegangan sebagai pengukur tegangan, dan relay sebagai saklar. Apabila panel surya mengalami penurunan tegangan dibawah 12V maka relay otomatis akan pindah ke sumber PLN karena sudah di *setting* di mikrokontroler. Kondisi jalur kereta api bervariasi, termasuk juga dengan rel ganda kereta api dengan mempertimbangkan kebutuhan, dan kondisi geografis. Lalu untuk juga terdapat 3 jenis ruang manfaat pada ruang milik PT. KAI yaitu rumaja, rumija, dan ruwasja, dan lalu lintas perlintasan kereta yaitu lama palang pintu kereta menutup yaitu kurang lebih selama 7 menit. Pada pengujian yang didapatkan dengan hasil data yang dimana terdapat sensor ultrasonic yang tidak dapat mendeteksi objek sebanyak 5 kali putaran, dengan nilai tegangan tertinggi sumber yang di uji saat siang hari Vpanel 17,87V, SCC 14,32V, Vaccu 16,68V Iaccu 0,72A dengan kondisi *charging* menggunakan sumber panel surya, lalu di uji saat malam hari dengan Vpanel 0V, SCC 13,5V, Vaccu 13,51, Iaccu 0,19A dengan kondisi *charging* baterai menggunakan sumber PLN. Untuk proses *charging* baterai didapatkan hasil data pada *State of Charge* (SoC) 30% yaitu 11,8V hingga mencapai SOC 100% pada tegangan 13,0V dengan tegangan *charging* tertinggi yaitu 13,9V, dan tegangan *charging* terkecil 12,8V. Penelitian ini juga mendapatkan nilai akurasi keberhasilan yaitu 92,39 %, dan kegagalan 7,6 % sensor dalam mendeteksi objek yaitu kereta.

Kata Kunci: *Automatic Transfer Switch, Sensor Ultrasonik, Motor Servo Sg90, Sensor Tegangan, sensor arus.*

Abstract

PLTS Hybrid is a combination of energy sources such as solar panels with PLN. We can connect electricity sources from solar panels (main source), and PLN (backup source). The workings of this Smart Grid circuit require 3 main components, namely the ESP32 microcontroller, voltage sensor as a voltage meter, and relay as a switch. If the solar panel experiences a voltage drop below 12V, the relay will automatically move to the PLN source because it has been set in the microcontroller. Railroad conditions vary, including double railroad tracks by considering the needs, and geographical conditions. Then for there are also 3 types of benefit space in the space owned by PT.KAI, namely rumaja, rumija, and ruwasja, and train crossing traffic, namely the length of time the train door crossing closes, which is approximately 7 minutes. In the test obtained with the results of data where there are ultrasonic sensors that cannot detect objects 5 times round, with the highest voltage value of the source tested during the day Vpanel 17.87V, SCC 14.32V, Vaccu 16.68V Iaccu 0.72A with charging conditions using solar panel sources, then tested at night with Vpanel 0V, SCC 13.5V, Vaccu 13.51, Iaccu 0.19A with battery charging conditions using PLN sources. For the battery charging process, the data results are obtained at 30% State Of Charge (SOC), which is 11.8V until it reaches 100% SOC at a voltage of 13.0V with the highest charging voltage of 13.9V, and the smallest charging voltage of 12.8V. This study also obtained a success accuracy value of 92.39%, and a failure of 7.6% of sensors in detecting objects, namely trains.

Keywords: *Automatic Transfer Switch, Ultrasonic Sensor, Servo Motor Sg90, Voltage Sensor, current sensor.*

PENDAHULUAN

Sumber energi terbarukan merujuk pada energi yang berasal dari sumber daya yang dapat diperbaharui dan tidak akan habis asalkan dikelola dengan baik. Beberapa contoh sumber energi ini meliputi panas bumi, angin, bioenergi, sinar matahari, aliran air, serta pergerakan dan perbedaan suhu pada lapisan laut (ESDM Nomor 53 Tahun 2018, 2018). Salah satu jenis energi terbarukan yang banyak

dimanfaatkan adalah energi matahari, yang dianggap sebagai solusi ideal untuk memenuhi kebutuhan energi manusia. Energi ini memiliki sifat yang hampir tak terbatas, karena tidak akan habis, dan pemanfaatannya relatif lebih sederhana dibandingkan dengan sumber energi terbarukan lainnya (Boranpil Juen dkk., 2020). Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Hybrid*

merupakan sistem yang menggabungkan dua sumber energi, yaitu panel surya dan listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Sistem ini memungkinkan untuk menghubungkan energi yang dihasilkan oleh panel surya sebagai sumber utama dengan *supply* dari PLN yaitu sebagai sumber cadangan (Wijayanto dkk., 2022). Cara kerja sistem Smart Grid melibatkan tiga komponen utama, yakni mikrokontroler *Espressif System 32-bit* (ESP32), sensor tegangan untuk mengukur tegangan, dan *relay* yang berfungsi sebagai saklar. Ketika tegangan pada panel surya turun di bawah 12V, relay akan secara otomatis beralih ke sumber PLN, sesuai dengan pengaturan yang telah diprogram dalam mikrokontroler (Zaskia L, 2021). Dalam hal pengisian daya baterai, penting untuk memperhatikan nilai *State of Charge* (SoC) pada tingkat 30%, yang tercatat pada 11,8, dan pada kondisi penuh (100%) yang tercatat pada 13,00, menggunakan aki jenis *lead-acid* (Mirandha Hamid dkk., n.d.). SoC sendiri adalah persentase yang menunjukkan tingkat pengisian baterai dari 0% hingga 100%. Pada 0%, baterai berada dalam keadaan kosong, sementara pada 100%, baterai terisi penuh (Ubaidah dkk., 2023).

Indonesia, yang terletak tepat di sepanjang garis katulistiwa, memiliki potensi besar dalam pemanfaatan energi matahari. Salah satu solusi untuk memanfaatkan energi terbarukan di negara ini adalah melalui penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). (Kariongan, 2022) Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi dan industri, kebutuhan akan pasokan listrik pun semakin meningkat. Menanggapi hal ini, pemerintah Indonesia melalui Peraturan Presiden No. 112 Tahun 2022 mengatur percepatan pengembangan energi terbarukan, dengan energi matahari sebagai salah satu sumber utama pembangkit listrik. Berdasarkan data, Indonesia yang memiliki luas wilayah sekitar 2 juta km², dapat menghasilkan energi surya hingga 112.000 GWp, namun saat ini baru sekitar 10 MWp yang dimanfaatkan. Hal ini menunjukkan betapa besar potensi pemanfaatan energi matahari yang masih belum optimal (Mulyani dkk., 2023). Penggunaan panel surya sebagai sumber energi terbarukan dapat menggantikan ketergantungan pada listrik PLN yang lebih berpolusi, sekaligus menghemat biaya energi. Matahari sebagai sumber energi memiliki keunggulan dibandingkan dengan sumber lainnya, antara lain tidak menyebabkan polusi, melimpah, terbarukan, dan dapat digunakan baik secara langsung maupun tidak langsung (Napitupulu, 2017).

Peningkatan pesat dalam pengembangan sarana dan prasarana kereta api di dunia, khususnya di Indonesia, telah menyebabkan pembangunan banyak jalur lintasan kereta api. (Departemen Perhubungan, 2005) Akibatnya, jumlah palang pintu kereta api juga semakin banyak. Dalam beberapa tahun terakhir, keberadaan palang pintu kereta api menjadi salah satu faktor penyebab kecelakaan lalu lintas. (Zigova Eka Putra et al., 2023) Hal ini terjadi karena masih terbatasnya fasilitas keamanan yang ada di setiap palang pintu kereta api, yang membuat banyak pengguna jalan melanggar aturan lalu lintas terkait perlintasan kereta api (Kharisma dkk., 2023). Untuk mengatasi hal ini, dibutuhkan sistem cerdas yang dapat mendukung tugas

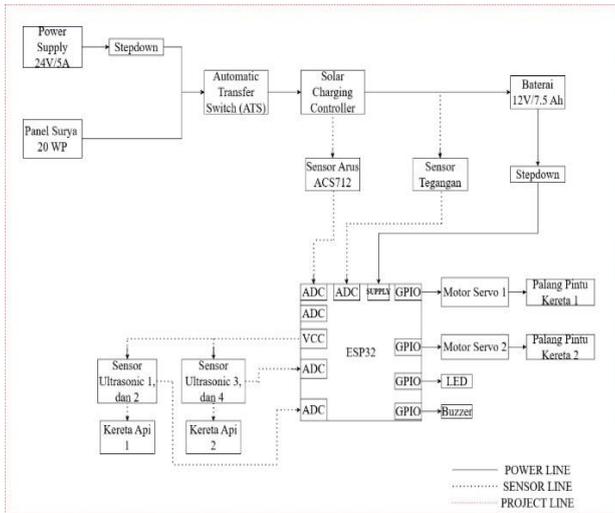
petugas dalam mengatur perlintasan, dengan memanfaatkan mikrokontroler sebagai pengendali utama (Setiawan dkk., 2021).

Penelitian tentang pengaman palang pintu otomatis sebelumnya telah dilakukan oleh Reyhan dkk. (2023). (Reyhan, 2023) dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan sistem *Smart On Grid* juga telah dilakukan oleh Deni Wijayanto (2022). Pada penelitian sebelumnya yaitu pengaman palang pintu otomatis hanya dilakukan pada satu buah rel saja, Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan desain prototipe pengaman palang pintu otomatis pada rel ganda kereta api dengan sistem *smart grid* sehingga dapat mengurangi terjadinya *human error*. (Syahputra Novelan & Mariance, 2023) Untuk keunggulan dalam penelitian ini memiliki kelebihan, dan kekurangan dari alat pada jurnal sebelumnya yaitu pada alat ini menggunakan sistem pengaman otomatis yang dapat bekerja pada rel ganda, dan dua buah kereta api sehingga pengaman tersebut dapat bekerja pada kondisi rel ganda, dan bekerja dengan baik. (Castillo dkk., 2011) Lalu pada alat ini juga memanfaatkan energi terbarukan, seperti panas matahari sebagai sumber energi listriknya yaitu dengan menggunakan panel surya, dan menggunakan *backup* sistem listrik PLN apabila kondisi cuaca yang tidak mendukung dalam melakukan charging baterai seperti saat mendung, dan hujan, atau malam hari dikarenakan pada alat ini nantinya akan bekerja terus-menerus selama 24 jam. Jadi alat ini bekerja secara *hybrid* dengan memanfaatkan sumber energi matahari sebagai sumber listrik, dan sumber listrik PLN. Lalu untuk kekurangan pada alat ini yaitu hanya menggunakan 1 buah sensor pengaman saja, jadi apabila terjadi kerusakan pada sensor pengaman tersebut tidak memiliki backup sensor untuk pengamannya. Sehingga sistem akan dipindahkan menjadi manual yang digerakkan oleh manusia.

METODE

Untuk penelitian ini menggunakan metode *Research, and Development* (R&D), yang bertujuan untuk mengembangkan, dan menguji produk, atau sistem yang lebih efektif. Tujuan utamanya adalah meningkatkan kualitas produk, dan memberikan nilai bagi pengguna. Dalam siklus R&D (*Research, and Development*). Peneliti menggunakan model pengembangan dalam metode ini yaitu menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler. ESP32, lalu menambahkan empat buah sensor ultrasonic HC-SR04, dua buah motor servo sebagai penggerak palang pintu, lalu dua buah jalur kereta api, atau jalur ganda. Setelah mempelajari, dan memahami studi literatur yang sudah tersedia, selanjutnya adalah perencanaan dari sistem pengaman palang pintu otomatis pada rel kereta api ganda menggunakan sensor ultrasonic. Lalu pada alat tersebut juga menggunakan sebuah sistem ATS (*Automatic Transfer Switch*) yang dimana sebagai fungsi untuk *switch* dua buah sumber tegangan yaitu sumber tegangan panel surya, dan sumber tegangan Perusahaan Listrik Negara (PLN), yang dimana menggunakan *Power Supply Unit* (PSU) dengan kapasitas 24V/5A. Perencanaan ini dapat dijelaskan dengan blok diagram seperti pada Gambar

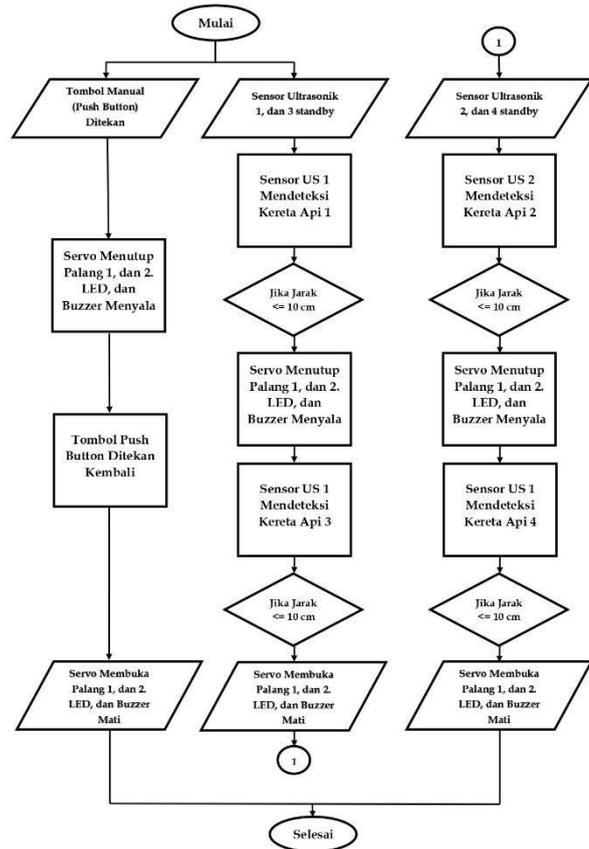
1 dibawah ini. Perencanaan ini dapat dijelaskan dengan blok diagram seperti pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Blok Diagram Perancangan Sistem

Pada Gambar 1 blok diagram perancangan sistem pengaman palang pintu otomatis pada rel ganda kereta api pada proposal skripsi ini menggunakan 2 buah sumber listrik yaitu (PLN, dan 1 buah *Photovoltaic* (PV) dengan kapasitas 20 Watt Peak (WP). Pada sistem *hybrid* ini dapat men-switch, atau mengganti secara otomatis apabila tegangan pada PV turun hingga dibawah tegangan charging yang dibutuhkan, atau tegangan panel kurang dari dua belas volt (<12V), sehingga proses charging baterai akan diganti dengan menggunakan sumber PLN. PV ini akan menghasilkan tegangan maksimal sebesar 18V yang akan diturunkan melalui *Solar Charging Controller* (SCC) menjadi 12V. Tegangan keluaran pada Solar Charging Controller digunakan untuk melakukan pengisian pada baterai, atau accu dengan kapasitas 12V/7.5 Ampere hour (Ah). *Accumulator* (Accu) dengan kapasitas 12V/7.5 Ah berfungsi untuk mensuplai beban yaitu sistem pengaman palang pintu otomatis pada rel ganda kereta api dengan menggunakan 4 buah sensor ultrasonik, dan 2 buah motor servo sg90. Untuk 2 buah motor sensor ultrasonik yaitu sensor ultrasonik 1, dan 2 yaitu untuk pengaman kereta yang beroperasi di jalur pertama, lalu untuk sensor ultrasonik 3, dan 4 untuk pengaman pada kereta api 2 pada jalur dua, untuk jarak mendeteksi sensor ultrasonik yaitu lebih besar sama dengan sepuluh *centimeter* (≤ 10 cm), lalu untuk 2 buah motor servo yaitu sebagai palang pintu pengaman kereta api yang dapat bekerja secara otomatis dengan menunggu perintah dari sensor ultrasonik saat mendeteksi objek yaitu kereta api. Selanjutnya juga terdapat *output* sistem yaitu *buzzer*, dan led yaitu sebagai pengaman tambahan yang dimana saat palang pintu menutup *buzzer* akan menyala, dan led berwarna merah juga akan menyala. Selanjutnya untuk mendukung penjelasan dari blok diagram sistem, dilanjut dengan arsitektur sistem yang bertujuan untuk memberikan instruksi, dan langkah-langkah dalam pembuatan alat pengaman palang pintu kereta api otomatis pada rek ganda kereta api. Untuk keterangan lebih lanjut pada perancangan

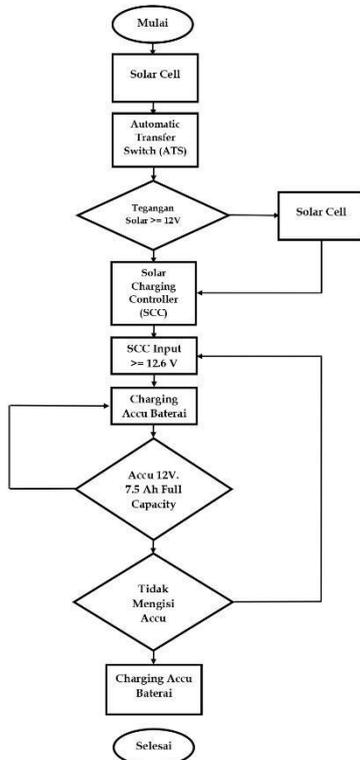
tersebut yaitu pada garis titik-titik merah untuk *project line*, lalu untuk garis hitam yaitu sebagai *power line*, dan garis titik-titik hitam yaitu sebagai *sensor line*. Selanjutnya untuk arsitektur sistem dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Flowchart Sistem

Pada Gambar 2 merupakan flowchart sistem pada pengaman palang pintu otomatis pada rel kereta api ganda menggunakan 2 sistem kerja yaitu manual, dan otomatis. Pada sistem manual bekerja dengan cara menekan tombol yang ada pada box sistem kontrol yang nantinya apabila kereta mendekati palang pintu lalu tombol ditekan palang pintu kereta akan menutup setelah kereta melewati palang pintu tombol di tekan kembali palang akan terbuka. Selanjutnya untuk sistem otomatis yaitu menggunakan 4 buah sensor ultrasonik, untuk sensor ultrasonik (US), atau ultrasonik 1, dan 2 untuk mendeteksi laju kereta api 1, dan sensor ultrasonik tiga (US 3), dan sensor ultrasonik empat (US 4) untuk mendeteksi laju kereta api 2. Sensor US 1, dan 2 standby, jika jarak objek, atau kereta kurang dari sama dengan 10 cm (≤ 10 cm) maka US 1 akan mendeteksi objek lalu servo akan bekerja, atau palang pintu kereta 1, dan 2 akan menutup. Selanjutnya kereta api 1 melewati US 2 servo akan bekerja, palang pintu kereta 1, dan 2 akan terbuka kembali. Selanjutnya untuk mendeteksi laju kereta api 2 yaitu menggunakan sensor US 3, dan US 4 yang dalam kondisi standby terlebih dahulu. Selanjutnya US 3 mendeteksi kereta api 2 dengan jarak objek kurang dari sama dengan sepuluh *centimeter* (≤ 10 cm) maka

servo akan bekerja palang pintu kereta 1, dan 2 akan menutup. Lalu kereta melewati US 4 servo akan bekerja, palang pintu kereta 1, dan 2 akan terbuka kembali. Dilanjutkan dengan sistem charging baterai pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3 Proses Charging Baterai

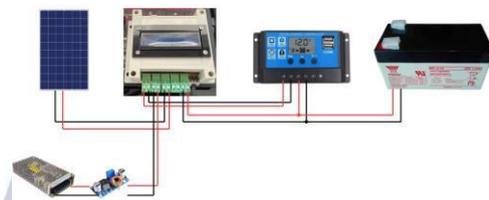
pada Gambar 3 merupakan *flowchart* proses *charging* baterai. Pada proses *charging* baterai menggunakan 1 buah *Photovoltaic* (PV) dengan kapasitas 20 WP yang menghasilkan tegangan sebesar 18V, lalu tegangan panel surya akan terhubung kepada sistem *Automatic Transfer Switch* (ATS) setelah itu jika sumber tegangan panel surya diatas sama dengan dua belas volt ($\leq 12V$) maka pengecasan akan menggunakan sumber solar yang akan diturunkan melalui *Solar Charging Controller* (SCC) sebesar 12,6V, apabila SCC lebih besar sama dengan (\geq) 12,6V SCC dapat mengisi baterai hingga baterai mencapai *full capacity*..Apabila *Solar Charging Controller* (SCC) kurang dari ($<$) 12,6V maka proses *charging* tidak optimal. Lalu ketika sumber tegangan panel surya kurang dari dua belas volt ($< 12V$) maka sumber tegangan akan beralih ke sumber tegangan PLN.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan Hardware

Perancangan alat ini akan dibuat pada sebuah model prototipe pengaman palang pintu otomatis pada rel kereta api ganda dengan menggunakan sistem hybrid yaitu menggunakan *solar cell* dengan memanfaatkan energi matahari, dan sumber listrik PLN sebagai sumber tegangan pada alat ini. Pada sistem *hybrid* ini menggunakan panel

surya (sumber utama), dan PLN (sumber cadangan) sehingga saat tegangan panel kurang dari tegangan PLN yang dihasilkan dari adaptor sumber listrik akan mengganti, atau *switch* ke sumber tegangan PLN, dan apabila tegangan panel surya lebih dari tegangan adaptor *Direct Current* (DC), atau *power supply* sumber tegangan akan kembali ke sumber panel surya. Energi matahari didapatkan saat pagi hari hingga sore hari. Energi pada *solar cell* berfungsi untuk *charging* baterai. Setelah itu juga terdapat *solar charging controller* (SCC) yaitu untuk menurunkan tegangan pada *solar cell*, dan juga menampilkan kapasitas baterai pada saat proses *charging*. (Wahidin dkk. 2022) Lalu untuk baterai digunakan untuk mensuplai alat pengaman palang pintu otomatis rel ganda kereta api dengan menggunakan empat buah sensor ultrasonik, dan dua motor servo. Untuk perancangan hardware dapat dilihat pada Gambar 4 seperti dibawah ini.



Gambar 4. Perancangan Hardware

Hasil Perancangan Software

Pada perancangan software sistem ini berfungsi sebagai menjalankan seluruh sistem yang nantinya akan dapat berjalan sesuai dengan baik. Perancangan software ini menggunakan Arduino uno. pada program tersebut menjalankan seluruh sistem mulai dari sensor tegangan, sensor arus, sensor ultrasonik HC-SR04, motor servo sg90, *Light Emitting Diode* (LED), dan *buzzer*. Untuk perancangan *software* dapat dilihat pada Gambar 5 dibawah ini.

```

if (duration1 <= DISTANCE_THRESHOLD || duration4 <=
DISTANCE_THRESHOLD) { // Jarak kurang dari 10cm
}
// Jika sensor 2 atau 4 mendeteksi objek
if (duration2 <= DISTANCE_THRESHOLD || duration3 <=
DISTANCE_THRESHOLD) { // Jarak kurang dari 10cm
delay(3000); // Tunggu 5 detik sebelum membuka
}
// Deteksi dan update status servo berdasarkan sensor
bool deteksiAktif = (jarak[0] <= DISTANCE_THRESHOLD ||
jarak[3] <= DISTANCE_THRESHOLD);
if (deteksiAktif && !statusServo1 && !statusServo2) {
statusServo1 = true;
statusServo2 = true;
gerakPelan(servo1, 90); // Gerakkan servo ke posisi 90 derajat secara
pelan
gerakPelan(servo2, 90);
}
    
```

Gambar 5. Perancangan Software

Pada Gambar 5 perancangan *software* diatas merupakan seluruh sistem pada alat pengaman palang pintu otomatis. Pada sistem tersebut menggunakan empat buah sensor ultrasonik HC-SR04, dan dua buah motor servo sg90 yang bekerja dengan sensor ultrasonik membaca adanya objek lalu motor servo akan aktif yang

sebagai palang pintu kereta api. Pada perancangan tersebut juga menggunakan *delay* selamat 3 detik agar lama palang pintu dapat menutup sesuai dengan *standart operational*.

Pengujian Parsial

Pengujian parsial adalah metode pengujian untuk menguji masing-masing bagian sebelum diuji secara terintegrasi. Pengujian parsial bertujuan untuk mengetahui keberhasilan, dan kinerja dari masing-masing bagian. Pada pengujian parsial ini akan dilakukan beberapa pengujian meliputi :

1. Pengujian Kalibrasi Sensor Arus
2. Pengujian Kalibrasi Sensor Tegangan
3. Pengujian Kalibrasi Sensor Ultrasonik HC-SR04
4. Pengujian Kalibrasi Motor Servo Sg90

Untuk pengujian kalibrasi secara parsial dapat dilihat seperti dibawah ini.

1. Pengujian Kalibrasi Sensor Arus

Pada skripsi ini sensor arus terpasang pada keluaran Solar Charging Controller (SCC), dan sebelum aki 12V, 7.5 Ah. Sensor arus yang digunakan memiliki range 0 – 20 A yang akan dikonversi menjadi 0 – 4095 bit. dan Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan input adaptor *Direct Current* (DC) 12V yang dipasang secara seri dengan sensor *Allegro Current Sensor 712* (ACS712) dengan beban resistor 15W, 3.9Ω. Gambar 6 Merupakan perangkat keras, atau *hardware* untuk sensor arus ACS712 20A.



Gambar 6. Kalibrasi Sensor Arus

Pada Gambar 6 merupakan *hardware* untuk rangkaian pengujian sensor arus ACS712 yang dihubungkan pada ESP32 yaitu pada *Voltage at the Common Collector* (VCC), *Ground* (GND), dan *General Purpose Input/Output* (GPIO) 34. Selanjutnya untuk tabel 1 pengujian sensor arus ACS712 yaitu sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor Arus

| No | Vin (V) | Resistor (Ω) | I.Sensor (A) | I.Alat Ukur (A) | Error (%) |
|----|---------|--------------|--------------|-----------------|-----------|
| 1. | 2 | 3,9 | 0.51 | 0.503 | 1,4 |
| 2. | 2.5 | | 0.63 | 0.629 | 0.1 |
| 3. | 3 | | 0.23 | 0.222 | 3,6 |
| 4. | 3.5 | | 0.23 | 0.223 | 3.1 |
| 5. | 4 | | 0.23 | 0.222 | 3,6 |
| 6. | 4.5 | | 0.23 | 0.222 | 3.6 |
| 7. | 5 | | 0.23 | 0.222 | 3.6 |

| No | Vin (V) | Resistor (Ω) | I.Sensor (A) | I.Alat Ukur (A) | Error (%) |
|------------------------|---------|--------------|--------------|-----------------|-----------|
| Rata-rata error | | | | | 2,71 |

Pada Tabel 1 merupakan hasil pengujian parsial pada Kalibrasi sensor arus ACS712 20A. Pada hasil pengujian tersebut dilakukan dengan menggunakan adaptor DC 12V yang nantinya tegangannya akan diturunkan melalui *stepdown* dc dari tegangan 2V-5V, dan menggunakan resistor 15W, 3.9 Ω. Pada hasil tersebut didapatkan error terkecil pada sensor arus yaitu 0.1%, dan terbesar yaitu 3.6%. Jadi semakin kecil tegangan *input* nilai *error* juga kecil, dan semakin besar tegangan *input* maka nilai *error* akan besar.

2. Pengujian Kalibrasi Sensor Tegangan

Pada skripsi ini menggunakan modul sensor tegangan. Untuk keluaran, atau *output* tegangan yaitu 3.3 volt yang digunakan sebagai referensi pembacaan *Analog to Digital* (ADC) oleh ESP32 pada pengujian ini menggunakan tegangan input pada adaptor dc 12V yang diturunkan melalui *stepdown* DC. Untuk tegangan *input* yang diuji yaitu dari 2V hingga 11V. Untuk rangkaian pengujian parsial pada sensor tegangan dapat dilihat pada Gambar 7 yaitu sebagai berikut.



Gambar 7. Pengujian Parsial Sensor Tegangan

Pada Gambar 7 merupakan pengujian secara parsial pada kalibrasi sensor tegangan, pada pengujian tersebut menggunakan modul sensor tegangan, adaptor DC, *stepdown* DC, dan *multimeter* lalu untuk hasil tegangannya ditampilkan pada *Liquid Display Crystal* (LCD), dan menampilkan juga untuk berapa persen pada nilai tegangan yaitu 0% untuk tegangan 0V, dan 100% dengan tegangan 12V. selanjutnya untuk hasil nilai tegangan pada pengujian kalibrasi sensor tegangan yaitu pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Tegangan

| No | Vin (V) | V.Sensor (V) | V.Alat Ukur (V) | Error (%) |
|----|---------|--------------|-----------------|-----------|
| 1. | 2 | 1.99 | 2.001 | 0.5 |
| 2. | 3 | 3.01 | 3.003 | 0.09 |
| 3. | 4 | 4.00 | 3.999 | 0.02 |
| 4. | 5 | 5.00 | 4.998 | 0.04 |
| 5. | 6 | 6.00 | 6.001 | 0.01 |
| 6. | 7 | 6.99 | 7.01 | 0.2 |
| 7. | 8 | 8.01 | 7.99 | 0.25 |
| 8. | 9 | 8.94 | 9.01 | 0.77 |

| No | Vin (V) | V.Sensor (V) | V.Alat Ukur (V) | Error (%) |
|------------------------|---------|--------------|-----------------|-----------|
| 9. | 10 | 10.02 | 10.01 | 0.09 |
| 10. | 11 | 11.06 | 11.00 | 0.5 |
| Rata-rata error | | | | 0,247 |

Pada tabel 2 merupakan data hasil pengujian sensor tegangan yang mendapatkan hasil nilai tegangan terkecil yaitu 1.99 V, dan terbesar yaitu 11.06V. Lalu untuk hasil error pada nilai tegangan sensor, dan tegangan alat ukur yaitu mendapatkan hasil error terkecil yaitu 0.01%, dan terbesar yaitu 0.77%. Jadi semakin kecil tegangan *input* nilai *error* juga kecil, dan semakin besar tegangan *input* maka nilai *error* akan besar.

3. Pengujian Kalibrasi Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pada pengujian kalibrasi Sensor HC-SR04 yaitu untuk mengetahui, atau membandingkan jarak yang dapat dideteksi oleh sensor HC-SR04 sehingga nantinya sensor ini dapat bekerja dengan baik. Untuk pengujian kalibrasi sensor ultrasonik dapat dilihat pada Gambar 8 seperti dibawah ini.



Gambar 8. Pengujian Parsial Sensor Ultrasonik

Selanjutnya untuk hasil dari pengujian kalibrasi sensor arus dilakukan dengan mengukur beberapa jarak cm yang mampu dideteksi oleh sensor arus. Untuk pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 3 seperti dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

| Percobaan Ke- | Jarak | Hasil Pengujian HC-SR04 |
|---------------|-------|-------------------------|
| 1 | 5 cm | 5,2 |
| 2 | 10 cm | 10,5 |
| 3 | 15 cm | 15,62 |
| 4 | 20 cm | 20,05 |
| 5 | 25 cm | 24,04 |
| 6 | 30 cm | 28,97 |
| 7 | 35 cm | 33,63 |
| 8 | 40 cm | 38,01 |
| 9 | 45 cm | 43,48 |
| 10 | 50 cm | 46,78 |

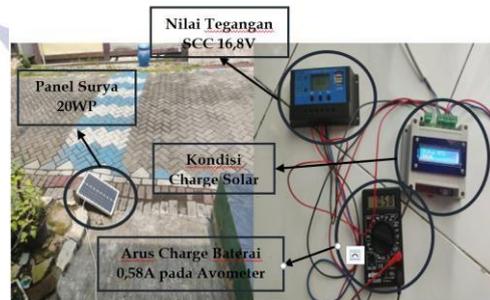
Pengujian Integrasi

Pengujian integrasi adalah pengujian dari seluruh sistem dengan tujuan untuk melihat setiap komponen sistem bekerja dengan baik antara satu dengan yang

lainnya. pengujian integrasi dilakukan dengan secara manual (*open loop*). Dalam pengujian tersebut dilakukan dengan beban aki 12V/7.5 Ah, dan menggunakan 2 buah sumber tegangan yaitu panel dengan kapasitas 20WP, *power supply* 24v, 5A.

1. Pengujian Charging Baterai

Pengujian integrasi charging baterai 12V/7.5 Ah ini bertujuan untuk mengetahui bahwa sistem sudah mampu melakukan proses *charging* baterai. untuk rangkaian dalam pengujian charging baterai dapat dilihat pada Gambar 9 seperti dibawah ini.



Gambar 9. Pengujian Charging Baterai

Pada Gambar 9 merupakan pengujian *charging* baterai dilakukan pada pagi hari. Pada pengujian tersebut 1 buah panel surya dengan kapasitas 20 WP, 1 buah SCC, 2 buah avo meter untuk mengukur nilai arus, dan tegangan, lalu 1 buah *Automatic Transfer Switch* (ATS). Selanjut untuk hasil pengujian pengecasan baterai yang dilakukan pada pagi hari pukul 9.30 Waktu Indonesia Barat (WIB) hingga sore hari pukul 17.00 dalam pengujian tersebut terdapat beberapa kondisi saat pengujian yaitu seperti, cerah, mendung, hujan, dan tidak berawan. Untuk pengujiannya yaitu seperti pada Tabel 4 seperti dibawah ini.

Tabel 4. Pengujian Charging Baterai

| Jam | V panel (V) | SC (V) | Vaccu (V) | Vavolu (V) | Ia (A) | Vsensor (V) | Ise (A) | Vp (V) | Status Charge | Cuaca | Error (%) |
|-------|-------------|--------|-----------|------------|--------|-------------|---------|--------|---------------|---------|-----------|
| 9,30 | 13,78 | 12,8 | 13,95 | 12,8 | 0,32 | 12,79 | 0,47 | 14,34 | Solar | Sol | 0,08 |
| 9,50 | 14,63 | 13,9 | 14,77 | 13,59 | 1,04 | 13,58 | 1,21 | 14,32 | Solar | Cerah | 0,07 |
| 10,10 | 13,8 | 13 | 14,07 | 12,9 | 0,32 | 12,89 | 0,56 | 14,32 | Solar | Mendung | 0,08 |
| 10,10 | 13,8 | 13,0 | 14,07 | 12,9 | 0,32 | 12,89 | 0,56 | 14,32 | Solar | Mendung | 0,08 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 12,10 | 15,04 | 14,1 | 15,29 | 13,81 | 0,98 | 13,95 | 1,09 | 14,32 | Solar | Cerah | 1,01 |
| 16,20 | 13,0 | 13,11 | 14,55 | 13,44 | 0,26 | 13,46 | 0,28 | 14,26 | PLN | Hujan | 0,15 |
| 17,00 | 13,0 | 13,15 | 14,53 | 13,45 | 0,24 | 13,46 | 0,3 | 14,26 | PLN | Mendung | 1,12 |

Pada Tabel 4 diatas didapatkan hasil tegangan charging terkecil yaitu 12,79V, dan untuk hasil tegangan charging terbesar yaitu 13,95. Untuk perhitungan error pada charging baterai yaitu

$$Error \% = \frac{12,8-12,79}{12,79} \times 100\% \quad (1)$$

$$Error \% = \frac{0,01}{12,79} \times 100\% = 0,078 = 0,08 \%$$

Untuk nilai error terkecil yaitu dengan nilai 0,08%, dan untuk nilai error terbesar yaitu 1,1% .Selanjutnya untuk hasil nilai tegangan awal charging baterai hingga mencapai hasil nilai akhir, atau full charge. Untuk pengecasan dilakukan saat State of Charge (SoC) 30% hingga mencapai 100% yaitu pada tegangan 11,8V hingga 13,00 V. State Of Charge merupakan perbandingan persentasi nilai pada tegangan, mulai dari kondisi 0% yaitu saat baterai kosong, dan 100% saat kondisi baterai full. untuk kondisi SoC charging baterai dapat dilihat pada Tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Kondisi SOC Charging Baterai

| Kondisi Sebelum Charging | Kondisi Setelah Charging |
|--|--|
|  |  |
| Tegangan Baterai 11,8 V | Tegangan Baterai 13,00 V |

Pada Tabel 5 untuk kondisi SoC yang dilakukan dalam kondisi sebelum charging yaitu pada tegangan baterai 11,8 V, dan tegangan baterai setelah charging yaitu 13,00 V.

2. Pengujian Palang Pintu Otomatis Pada Rel Ganda Kereta Api Dengan Sistem Smart Grid

Pada pengujian ini menggunakan sumber utama dari Panel Surya dengan kapasitas 20 WP, dan sumber cadangan yaitu dari PLN yaitu menggunakan Power Supply Unit (PSU) dengan kapasitas 24V/5A, dan menggunakan sistem switch secara otomatis yaitu menggunakan Automatic Transfer Switch (ATS) yang dimana berfungsi apabila sumber utama yaitu panel turun tegangan, atau dalam kondisi tidak terdapat panas, maka proses charging baterai akan berpindah pada sumber cadangan (PLN). Untuk tegangan yang dihasilkan pada sumber utama, dan cadangan yaitu sebagai charging baterai, untuk baterai yang digunakan dengan kapasitas 12V/7.2 Ah. Baterai digunakan untuk menyuplai beban palang pintu kereta yang bekerja secara otomatis. Pada pengujian sistem ini dilakukan saat siang hari, dan malam hari untuk mengetahui kondisi sumber tegangan yaitu saat charging baterai dengan panel surya, dan juga sumber cadangan PLN. Lalu pada pengujian ini menggunakan 4

buah sensor ultrasonik sebagai pendeteksi objek, 2 buah motor servo sebagai palang pintu kereta, dan menggunakan 2 buah kereta api sebagai objek pengujian. Untuk pengujian palang pintu kereta api otomatis pada Rel Ganda dilakukan dengan 5 kondisi sebagai berikut :

a. Kondisi Pertama

Kereta 1 berjalan sendiri yang diletakkan pada rel satu, dengan kecepatan kereta 1 yaitu 21,91 cm/s

b. Kondisi Kedua

Kereta 2 berjalan sendiri yang diletakkan pada rel dua, dengan kecepatan kereta 2 yaitu 21,99 cm/s

c. Kondisi Ketiga

Kereta 1, dan 2 berjalan secara bersamaan pada rel satu, dan dua, dengan kecepatan kereta 1 21,91cm/s, dan kecepatan kereta 2 21,99 cm/s.

d. Kondisi Keempat

Kereta 1, dan 2 berjalan secara ber-iringan, dengan posisi kereta 1 lebih dahulu daripada kereta 2. Dengan kecepatan kereta 1 yaitu 13,23 cm/s, dan kereta 2 12,85 cm/s

e. Kondisi Kelima

Kereta 1, dan 2 berjalan secara ber-iringan, dengan posisi kereta 2 lebih dahulu daripada kereta 1. Dengan kecepatan kereta 2 yaitu 13,23 cm/s, dan kereta 1 12,85 cm/s.

Untuk perhitungan kecepatan kereta yaitu sebagai berikut.

$$v = \frac{s}{t} \quad (2)$$

Keterangan :

s = jarak (cm)

v = kecepatan (cm/s)

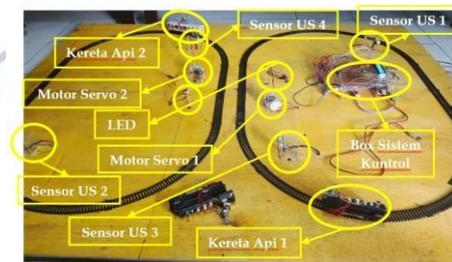
t = waktu (s)

$$\text{keliling elips} = \frac{1}{2} \pi (AC + BD) = 270,04 \text{ cm} \quad (3)$$

$$\text{kecepatan kereta} = \frac{270,04}{15,62} = 17,28 \text{ cm/s}$$

Dengan kecepatan yang telah diketahui untuk kereta 1,2, dan 3 lalu dapat mengetahui untuk lama palang menutup pada kondisi 1,2,3,4, dan 5 pada kondisi kerja pengaman palang pintu rel ganda kereta api. Untuk perhitungannya dapat dilihat seperti dibawah ini. Untuk perhitungan lama palang pintu kereta yaitu sebagai berikut.

$$\text{Lama Palang Menutup, } t = \frac{s}{v} = \frac{47}{16,56} = 5,83 \text{ detik}$$



Gambar 10. Pengujian Palang Pintu Otomatis Pada Rel Ganda Kereta Api

Pada Gambar 10 terdapat 4 buah sensor ultrasonik, 2 buah motor servo sebagai palang pintu. dan terdapat dua buah rel kereta, dan dua buah kereta api. Untuk jarak sensor ultrasonik 1, dan 2 dengan palang pintu kereta yaitu 47 cm. lalu jarak sensor ultrasonik 1,2 dengan sensor ultrasonik

3,4 sepanjang 67 cm. Untuk pengujian sistem pengaman ini dilakukan dalam beberapa kondisi laju kereta, dan dilakukan saat pagi, malam hari. Untuk data hasil pengujiannya terdapat beberapa keterangan sebagai berikut.

- ✓ = Aktif
- ✗ = Nonaktif
- M = Menutup
- T = Terbuka

Untuk data hasil pengujian palang pintu kereta api otomatis rel ganda dengan sistem *smart grid* dalam berbagai kondisi dapat dilihat seperti dibawah ini.

Tabel 6. Pengujian Kondisi 1 Saat Siang Hari

| Pe rco ba an Ke - | Ultrasonik | | | | Servo | | | | Vp ane 1 (V) | Sec (V) | Va ccu (V) | Iac cu (A) | Sta tus Ch arg e |
|----------------------------------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|-----------------------|------------|------------------|------------------|------------------------------|
| | Keret a 1 | | Keret a 2 | | Keret a 1 | | Keret a 2 | | | | | | |
| | U S | U S | U S | U S | U S | U S | U S | U S | | | | | |
| 1 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | M | T | M | T | 16,32 | 14,33 | 14,15 | 0,36 | Solar |
| 2 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | M | T | M | T | | | | | |
| 3 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | M | T | M | T | | | | | |
| 4 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | M | T | M | T | | | | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 22 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | M | T | M | T | | | | | |
| 23 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | M | T | M | T | 16,32 | 14,33 | 14,15 | 0,36 | Solar |
| 24 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | M | T | M | T | | | | | |

Pada Tabel 6 pengujian kondisi 1 saat siang hari menggunakan 4 buah sensor ultrasonik terdapat tiga kali (10x) putaran sensor tidak membaca datangnya objek, dan delapan puluh enam kali (86x) ultrasonik dapat mendeteksi objek yang diujikan selama 24 putaran. Dengan kondisi servo, atau palang pintu tidak keadaan menutup (M), lalu keadaan terbuka (T). lalu untuk nilai tegangan pada panel surya yaitu 16,25V, lalu tegangan SCC 14,34V, Tegangan Aki 16,09V, Arus Charging Aki 0,34V, dengan status charging menggunakan solar. Selanjutnya untuk pengujian kondisi 2 seperti berikut.

Tabel 7. Pengujian Kondisi 5 Saat Siang Hari

| Pe rco ba an Ke - | Ultrasonik | | | | Servo | | | | Vp ane 1 (V) | Sec (V) | Va ccu (V) | Iac cu (A) | Sta tus Ch arg e |
|----------------------------------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|-----------------------|------------|------------------|------------------|------------------------------|
| | Keret a 1 | | Keret a 2 | | Keret a 1 | | Keret a 2 | | | | | | |
| | U S | U S | U S | U S | U S | U S | U S | U S | | | | | |
| 1 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | M | T | M | T | | | | | |
| 2 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | M | T | M | T | 17,87 | 14,32 | 14,68 | 0,72 | SOLAR |
| 3 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | M | T | M | T | | | | | |
| 4 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | M | T | M | T | | | | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 21 | ✗ | ✓ | ✗ | ✓ | M | T | M | T | | | | | |
| 22 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | T | T | T | T | 17,87 | 14,32 | 14,68 | 0,72 | SOLAR |
| 24 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | M | T | M | T | | | | | |

Pada Tabel 7 pengujian kondisi 5 saat siang hari menggunakan 4 buah sensor ultrasonik terdapat empat kali (4x) sensor ultrasonik tidak membaca datangnya objek, dan Sembilan puluh dua kali (92x). Dengan kondisi servo, atau palang pintu tidak keadaan menutup (M), lalu keadaan terbuka (T). Lalu untuk nilai tegangan pada panel surya

yaitu 17,87V, lalu tegangan SCC 14,32V, Tegangan Aki 16,68V, Arus Charging Aki 0,72V, dengan status charging menggunakan solar. Selanjutnya melakukan pengujian dengan menggunakan sumber tegangan cadangan (PLN) yang dilakukan pada malam hari, untuk pengujiannya yaitu sebagai berikut.

Tabel 8. Pengujian Kondisi 1 Saat Malam Hari

| Pe rco ba an Ke - | Ultrasonik | | | | Servo | | | | Vp ane 1 (V) | Sec (V) | Va ccu (V) | Iac cu (A) | Sta tus Ch arg e |
|----------------------------------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|-----------------------|------------|------------------|------------------|------------------------------|
| | Keret a 1 | | Keret a 2 | | Keret a 1 | | Keret a 2 | | | | | | |
| | U S | U S | U S | U S | U S | U S | U S | U S | | | | | |
| 1 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | M | T | M | T | | | | | |
| 2 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | M | T | M | T | 0 | 14,24 | 13,45 | 0,25 | PLN |
| 3 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | M | T | M | T | | | | | |
| 4 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | M | T | M | T | | | | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 22 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | M | T | M | T | | | | | |
| 23 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | T | T | T | T | 0 | 14,24 | 13,45 | 0,25 | PLN |
| 24 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | M | T | M | T | | | | | |

Pada Tabel 8 pengujian kondisi 1 saat malam hari menggunakan 2 buah sensor ultrasonik terdapat sepuluh kali (10x) putaran sensor tidak membaca datangnya objek, dan delapan puluh enam kali (86x) sensor dapat mendeteksi datangnya objek. Dengan kondisi servo, atau palang pintu tidak keadaan menutup (M), lalu keadaan terbuka (T). lalu untuk nilai tegangan pada panel surya yaitu 16,25V, lalu tegangan SCC 14,34V, Tegangan Aki 16,09V, Arus Charging Aki 0,34V, dengan status charging menggunakan PLN. Selanjutnya untuk pengujian kondisi 2 seperti berikut.

Tabel 9. Pengujian Kondisi 5 Saat Malam Hari

| Pe rco ba an Ke - | Ultrasonik | | | | Servo | | | | Vp ane 1 (V) | Sec (V) | Va ccu (V) | Iac cu (A) | Sta tus Ch arg e |
|----------------------------------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|-----------------------|------------|------------------|------------------|------------------------------|
| | Keret a 1 | | Keret a 2 | | Keret a 1 | | Keret a 2 | | | | | | |
| | U S | U S | U S | U S | U S | U S | U S | U S | | | | | |
| 1 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | M | T | M | T | | | | | |
| 2 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | M | T | M | T | 0 | 13,5 | 13,51 | 0,20 | PLN |
| 3 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | M | T | M | T | | | | | |
| 4 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | M | T | M | T | | | | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 22 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | M | T | M | T | | | | | |
| 23 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | M | T | M | T | 0 | 13,5 | 13,51 | 0,20 | PLN |
| 24 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | M | T | M | T | | | | | |

Pada Tabel 9 pengujian kondisi 5 saat malam hari menggunakan 4 buah sensor ultrasonik terdapat delapan kali (8x) sensor tidak membaca datangnya objek, dan delapan puluh delapan kali (88x) sensor ultrasonik mendeteksi datangnya objek. Dengan kondisi servo, atau palang pintu tidak keadaan menutup (M), lalu keadaan terbuka (T). lalu untuk nilai tegangan pada panel surya yaitu 0V, lalu tegangan SCC 13,5V, Tegangan Aki 13,51V, Arus Charging Aki 0,19V, dengan status charging menggunakan PLN. Selanjutnya untuk pengujian kondisi 5 seperti berikut.

Sehingga total sensor tidak dapat mendeteksi adanya

objek yaitu sebanyak tujuh puluh empat kali (73x), dan delapan ratus delapan puluh delapan kali (887x) sensor dapat mendeteksi adanya objek. Untuk perhitungan dalam menentukan error pembacaan sensor yaitu sebagai berikut.

$$\text{Akurasi \%} = \frac{\text{Nilai benar}}{\text{jumlah data}} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{Akurasi \%} = \frac{887}{960} \times 100\% = 7,6 \%$$

Pada error diatas merupakan kondisi error kegagalan sensor dalam mendeteksi objek yaitu kereta, lalu untuk error dalam kondisi keberhasilan sensor dalam mendeteksi objek yaitu sebagai berikut.

$$\text{Akurasi \%} = \frac{73}{960} \times 100\% = 92,39 \%$$

Jadi, pada hasil penelitian ini mendapatkan nilai akurasi keberhasilan yaitu 92,39 %, dan kegagalan 7,6 % sensor dalam mendeteksi objek yaitu kereta.

3. Pengujian Switch Time Delay Transfer Hybrid

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apabila saat sistem *Automatic System Switch* (ATS) saat melakukan perpindahan hybridnya.



Gambar 11. Pengujian Switch ATS Hybrid

Pada Gambar 11 merupakan pengujian ATS saat melakukan switch hybrid menggunakan 2 buah sumber listrik yaitu panel, dan PLN. Pada pengujian tersebut menggunakan 2 buah multimeter yang diletakkan pada sumber listrik panel, dan PLN sehingga dapat mengetahui nilai tegangannya. Untuk data pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 16 seperti dibawah ini.

Tabel 10. Pengujian Switch ATS Saat Sistem Berjalan, dan Kereta Beroperasi

| No | Status Charge | Vpanel | Vpln | Vsc | Avometer | | panel | Ipln |
|----|---------------|--------|-------|------|----------|-------|-------|------|
| | | | | | Panel | PLN | | |
| 1 | Solar | 13,99 | 14,31 | 13,1 | 13,92 | 14,43 | 0,44 | 0 |
| 3 | PLN | 0 | 14,20 | 13,2 | 1,95 | 14,32 | 0 | 0,72 |
| 4 | Solar | 14,04 | 14,33 | 13,1 | 13,96 | 14,44 | 0,54 | 0 |

Pada Tabel 10 merupakan pengujian *switch* ATS pada sistem *Automatic Transfer Switch* (ATS) saat sistem berjalan, dan kereta beroperasi yang terus menerus. Dapat dilihat dari data tersebut untuk tegangan ATS saat sebelum switch yaitu 13,8V, dengan nilai arus 0,23 A yaitu dengan

kondisi charging pada solar. dan sistem ATS saat switch yaitu di sumber tegangan PLN 14,43 V, dan arus 0,73 A.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah di uraikan, maka dapat disimpulkan bahwasanya pada desain pengaman palang pintu kereta otomatis pada kereta api rel ganda dengan sistem smart grid ini menggunakan satu buah sumber tegangan utama yaitu panel surya, dan sumber cadangan yaitu PLN, lalu juga terdapat sistem *Automatic Transfer Switch* (ATS) sebagai pengalihan sumber tegangan apabila tegangan panel surya kurang dari dua belas volt (<12V) sumber akan ber-pindah ke PLN dengan tegangan 14,4V. Pada pengujian yang didapatkan dengan hasil data yang dimana terdapat sensor ultrasonic yang tidak dapat mendeteksi objek sebanyak 5 kali putaran, dengan nilai tegangan tertinggi sumber yang di uji saat siang hari Vpanel 17,87V, SCC 14,32V, Vaccu 16,68V Iaccu 0,72A dengan kondisi charging menggunakan sumber panel surya, lalu di uji saat malam hari dengan Vpanel 0V, SCC 13,5V, Vaccu 13,51, Iaccu 0,19A dengan kondisi *charging* baterai menggunakan sumber PLN.

Untuk proses *charging* baterai didapatkan hasil data pada *State Of Charge* (SOC) 30% yaitu 11,8V hingga mencapai SOC 100% pada tegangan 13,0V dengan tegangan *charging* tertinggi yaitu 13,9V, dan tegangan *charging* terkecil 12,8V. Setelah itu untuk nilai keberhasilan sensor mendeteksi kereta yaitu 92,39%, dan kegagalan sensor mendeteksi kereta yaitu 7,6%. Jadi, pada hasil penelitian ini mendapatkan nilai akurasi keberhasilan yaitu 92,39 %, dan kegagalan 7,6 % sensor dalam mendeteksi objek yaitu kereta.

Saran

Pada Pengerjaan skripsi ini tidak lepas dari kesalahan. Baik dalam perancangan sistem, pengujian sistem, dan analisa sistem. Untuk memperbaiki kekurangan, dan kesalahan tersebut untuk kedepannya skripsi ini dapat dikembmangkan lagi sehingga dapat bekerja secara optimal, maka perlu diperhatikan seperti diperlukan kapasitas panel surya yang besar agar dapat hasil yang optimal dalam pengujian integrasi untuk charging baterai. Lalu dibutuhkan untuk pemilihan komponen- komponen perlu diperhatikan secara teliti, dan sesuai dengan perancangan sistem agar kinerja alat menjadi sempurna. Selanjutnya juga diperlukan pengecekan secara berkala untuk sensor ultrasonic dikarenakan sensitvitas jarak dalam mendeteksi objek. Sehingga sensor ultrasonik dapat bekerja dengan baik, dan sesuai yang diinginkan, dan alat pengaman palang pintu otomatis ini dapat dimanfaatkan dengan baik agar nantinya bisa diindustrikan dilapangan. Terima kasih kepada Prof. Bambang Suprianto, M.T. dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan masukan yang berharga selama penelitian ini. Terima kasih kepada pihak PT. KAI yang telah memberikan dukungan berupa data dan informasi selama penelitian ini. Terima kasih kepada rekan kerja dan teman yang selalu

memberikan dorongan. Terima kasih yang paling tulus kepada keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan dan doa setiap saat.

DAFTAR PUSTAKA

- Boranpil Juen, B., Wayan Suriana, I. I., Eng, A., Wayan Sukadana, I., & Wayan Sugara Yasa, I. S. (2020). *Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Antara PLN Dan PLTS* (Vol. 3, Issue 2).
- Castillo, E., Gallego, I., Ureña, J. M., & Coronado, J. M. (2011). Timetabling optimization of a mixed double- and single-tracked railway network. *Applied Mathematical Modelling*, 35(2), 859–878. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2010.07.041>
- Departemen Perhubungan. (2005). *Pedoman Teknis Perlintasan Sebidang Antara Jalan, dan Jalur Kereta Api*.
- ESDM Nomor 53 Tahun 2018. (2018). *Permen ESDM Nomor 53 Tahun 2018*.
- Kariongan, Y. (2022). *Perencanaan dan Analisis Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop dengan Sistem On Grid sebagai Catu Daya Tambahan pada RSUD Kabupaten Mimika*. 6, 3763–3773.
- Kharisma, I. L., Kamdan, Firdaus, A. R., Prayoga, R. H., Yasin, F. R., & Tresna Ati, M. A. (2023). Construction Of Railway Door Automation Prototypes Using Arduino, Servo Motors and Ultrasonic Sensors. *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 14(1), 1–12. <https://doi.org/10.31849/digitalzone.v14i1.13584>
- Mirandha Hamid, R., Amin, M., Bagus, I. D., Teknik Elektronika Politeknik Negeri Balikpapan, M., Teknik Mesin Politeknik Negeri Balikpapan, M., & Mesin Politeknik Negeri Balikpapan, T. (n.d.). *Rancang Bangun Charger Baterai Untuk Kebutuhan UMKM* (Vol. 4, Issue 2).
- Mulyani, S., Rosyid Idris, A., Teknik Elektro, J., & Negeri Ujung Pandang, P. (2023). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI) 2023-Teknik Listrik Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Aerator dan Alat Pemberi Pakan Ikan*. 2986–2345.
- Napitupulu, R. A. M. (2017). *Pengaruh Material Monokristal Dan Polikristal Terhadap Karakteristik Panel Surya 20 WP*.
- Reyhan, Y. P. Y. M. M. Y. Y. (2023). *Prototype Palang Pintu Kereta Api Otomatis Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor HC-SR04* (Vol. 8, Issue 2).
- Setiawan, D., Pranata, A., Sari Ramadhan, P., & Triguna Dharma, S. (2021). *Simulasi Alat Pintu Otomatis Kereta Api Menggunakan Sensor Ultrasonic Berbasis Microcontroller*. In *Journal of Science and Social Research* (Issue 2). <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>
- Syahputra Novelan, M., & Mariance, U. (2023). *ESCAF 2 nd 2023 p-ISSN : 2962-7710 Muhammad Syahputra Novelan Rancang Bangun Prototipe Sistem Otomatis Pintu Kereta Api Menggunakan NODEMCU*.
- Ubaidah, J. A. A. Y. A., Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Lampung, J., Lampung, B. (2023). *Studi Penentuan State Of Charge (SOC) pada Baterai Valve Regulated Lead Acid NP7-12 Menggunakan MATLAB* (Vol. 17, Issue 2).
- Wahidin, N. F., Yadie, E., & Putra, M. A. (2022). Analisis Perbandingan Solar Charging Controller (SCC) Jenis PWM Dan MPPT Pada Automatic Handwasher with Workstation Bertenaga Surya Politeknik Negeri Samarinda. *PoliGrid*, 3(1), 12. <https://doi.org/10.46964/poligrd.v3i1.1490>
- Wijayanto, D., Isnur Haryudo, S., & Wrahatnolo, T. (2022). *Rancang Bangun Monitoring Arus dan Tegangan Pada PLTS Sistem On Grid Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Aplikasi Telegram 447 Rancang Bangun Monitoring Arus dan Tegangan Pada PLTS Sistem On Grid Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Aplikasi Telegram*.
- Zaskia L, A. R. W. (2021). *Rancang Bangun Prototype Motor Pompa Tandon Air Dengan Automatic Transfer Switch (ATS) PLTS DAN PLN*. *JTERAF (Jurnal Teknik Elektro Rafflesia)*, 1, 2776–5830.
- Zigova Eka Putra, Y., Agustiarini, W., Hamka Kampus UNP, J., & Tawar Padang, A. (2023). *Jurnal Vocational Teknik Elektronika dan Informatika*. 11(2). <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/voteknika/>