



RANCANG BANGUN ALAT OTOMATISASI SISTEM *CONTROL SHUTDOWN DIESEL START* PLTG PESANGGARAN BALI

I Wayan Sugara Yasa ¹, I Wayan Suriana ², I Wayan Sukadana ³

¹ Universitas Pendidikan Nasional, 80224, Indonesia

² Universitas Pendidikan Nasional, 80224, Indonesia

³ Universitas Pendidikan Nasional, 80224, Indonesia

<p>INFORMASI ARTIKEL</p>	<p>ABSTRAK</p>
<p>Received: November 22, 2023 Revised: October 25, 2024 Available online: March 24, 2025</p>	<p>Salah satu pembangkit yang terdapat di PT IndonesiaPower Bali Power Generation Unit yaitu PLTG 4 Pesanggaran, pada sistem start PLTG 4 Pesanggaran menggunakan mesin diesel yang digunakan untuk start awal turbin berputar, dalam pemanfaatan otomatisasi ini sangat berpengaruh terhadap keselamatan, keamanan pekerja, pembangkit, dan kehandalan system pembangkit listrik di Jawa – Bali. Sebuah rancang bangun alat otomatisasi <i>shutdown diesel start</i> pada PLTG 4 Pesanggaran, dengan menggunakan sensor tachometer, relay, motor servo, dan arduino nano sebagai mikrokontroler. Cara kerja alat ini yaitu saat operator <i>control room</i> mengaktifkan <i>sequence start</i> PLTG maka secara otomatis <i>diesel start engine</i> akan <i>running</i> dan <i>idle</i> selama 5 menit, pada putaran 2250 rpm sensor tachometer akan mendeteksi sinyal yang akan diproses oleh mikrokontroler, kemudian mikrokontroler akan memberikan sinyal untuk mengaktifkan motor servo menggerakkan <i>coupling</i> antara poros <i>diesel engine</i> dan poros turbin. Untuk mencegah terjadinya kegagalan start dan rusaknya <i>diesel engine</i> akibat terbawa oleh putaran turbin sebesar 3580 rpm, diperlukan sistem otomatis untuk <i>stop diesel engine</i> dan lepasnya <i>coupling</i> poros diesel dan turbin, yang bertujuan untuk keandalan unit dan mencegah kegagalan start unit.</p> <p>Kata kunci: Otomatisasi, Control Shutdown, Arduino Nano, Energi Listrik, PLTG,</p>
<p>CORRESPONDENCE</p>	<p>ABSTRACT</p>
<p>¹ E-mail: sugarayasa@undiknas.ac.id</p>	<p>One of the generators located at PT Indonesia. Power Bali Power Generation Unit, namely PLTG 4 Pesanggaran, on the start system of PLTG 4 Pesanggaran using a diesel engine that is used to start the rotating turbine, in the use of automation this greatly affects the safety, security of workers, and system reliability of power plants in Java - Bali. A design of a diesel start shutdown automation tool at PLTG 4 Pesanggaran, using a tachometer sensor, relay, servo motor, and Arduino nano as a microcontroller. The way this tool works is that when the control room operator activates the PLTG start sequence, the diesel engine will automatically start and idle for 5 minutes, at 2250 rpm the tachometer sensor will detect a signal that will be guided by the microcontroller, then the microcontroller will give a signal to activate the motor. The servo drives the coupling between the diesel engine shaft and the turbine shaft. To prevent starting failure and diesel engine being damaged due to being carried away by the turbine rotation of 3580 rpm, an automatic system is needed to stop the diesel engine and disconnect the diesel and turbin shaft coupling, which aims to damage the unit and prevent unit start failure.</p> <p>Keywords: Automation, Control Shutdown, Arduino Nano, Electrical Energy, PLTG</p>

I. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik sendiri berfungsi untuk mengkonversi energi primer menjadi energi listrik. Untuk kebutuhan listrik di wilayah Bali, ada beberapa pembangkit listrik yang mensuplai kebutuhan listrik Bali, yaitu PLTG Gilimanuk, PLTG Pamaran, PLTU Celukan Bawang, PLTG Pesanggaran, dan PLTDG Pesanggaran. Salah satu Unit Bisnis Pembangkit PT. Indonesia Power berada di Denpasar, Bali yang bernama PT. Indonesia Power UBP Bali yang berubah namanya menjadi PT. Indonesia Power UPJP Bali. Di PT. Indonesia Power UPJP Bali terdapat 4 PLTG. PLTG 1 dan PLTG 2 berkapasitas 21

MW, sedangkan PLTG3 dan PLTG 4 Berkapasitas 42 MW, Juga terdapat proyek PLTDG 200 MW yang sedang berlangsung. Pada PLTG 3 dan PLTG 4 *diesel start engine* yang digunakan adalah detroit diesel engine 16v92 yang merupakan v engine 16 *cylinder* yang merupakan penggerak start awal putaran turbin hingga mencapai 2250 rpm putaran diesel dan kurang lebih 3580 rpm putaran turbin[1]. Di PLTG Pesanggaran sistem diesel start sangat dibutuhkan karena merupakan start awal PLTG beroperasi dan sangat berpengaruh terhadap kinerja PLTG. Unit pembangkit PLTG 4 beroperasi sesuai dengan Rencana Operasi Harian (ROH), operasi unit dapat berpola start-stop juga *continues running*. Ketika pola operasi *continues*

running maupun start-stop, perbaikan *diesel start* akan menyebabkan unit harus *stop* beroperasi. Hal ini dapat mempengaruhi keandalan unit yang berakibat mengurangi kepuasan pelanggan, dalam hal ini P3B APB Bali serta tenaga listrik yang dihasilkan oleh unit berkurang. Agar hal tersebut dapat diatasi, maka diperlukan otomatis *shutdown dieselstart* agar dapat mengurangiagalnya start unit.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Perancangan

Ada beberapa pengertian perancangan sistem menurut beberapa ahli antara lain :

1. Verzello / John Reuter III

Tahap setelah analisis dari siklus pengembangan sistem : Pendefinisian dari kebutuhan-kebutuhan fungsional dan persiapan untuk rancang bangun implementasi : “menggambarkan bagaimana suatu sistem dibentuk .

2. John Burch & Gary Grudnitski

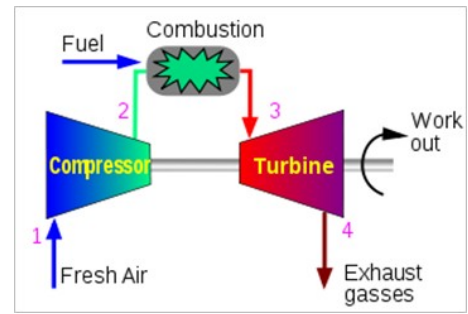
Desain sistem dapat didefinisikan sebagai penggambaran, perencanaan dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen yang terpisah ke dalam satu kesatuan yang utuh dan berfungsi.

3. George M. Scott

Desain sistem menentukan bagaimana suatu sistem akan menyelesaikan apa yang mesti diselesaikan tahap ini menyangkut mengkonfigurasi dari komponen-komponen perangkat lunak dan perangkat keras dari suatu sistem, sehingga setelah instalasi dari sistem akan benar-benar memuaskan rancang bangun yang telah ditetapkan pada akhir tahap analisis sistem. Perancangan adalah penggambaran, perencanaan dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen yang terpisah ke dalam satu kesatuan yang utuh dan berfungsi . Perancangan sistem dapat dirancang dalam bentuk bagan alir sistem (*flowchart system*), yang merupakan alat bentuk grafik yang dapat digunakan untuk menunjukkan urutan-urutan proses dari sistem. Tujuan perancangan adalah untuk menjamin semua komponen memiliki kinerja yang memuaskan dan dapat menahan tegangan dan deformasi yang terjadi selama umur pakainya, sehingga harus memenuhi nilai keamanan minimum yang disyaratkan dalam standar yang ada berdasarkan aturan-aturan metode *engineering*.

B. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)

Pembangkit listrik tenaga gas merupakan mesin penghasil listrik yang berdiri sendiri menggunakan bahan bakar gas atau HSD. Prinsip kerja PLTG berdasarkan *siklus brayton* dimana energi thermal yang diubah menjadi energi mekanik, kemudian energi mekanik diubah menjadi energi listrik[2]. Energi thermal dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar (HSD) pada ruang bakar (*combustion chamber*). Energi thermal yang berupa gas panas bertekanan digunakan untuk memutar turbin gas dan mengubah energi thermal menjadi energi



Gambar 1. Skema PLTG

Proses yang terjadi pada PLTG adalah sebagai berikut :

a. Turbin gas berfungsi menghasilkan energi mekanik untuk memutar kompresor dan rotor generator yang terpasang satu poros, tetapi pada saat *start up* fungsi ini terlebih dahulu dijalankan oleh penggerak mula (*prime mover*).

b. Proses selanjutnya pada ruang bakar, jika *start up* menggunakan bahan bakar cair (*fuel oil*) maka terjadi proses pengkabutan (*atomizing*) setelah itu terjadi proses pembakaran dengan penyala awal dari busi, yang kemudian dihasilkan api dan gas panas bertekanan. Gas panas tersebut dialirkan ke turbin sehingga turbin dapat menghasilkan tenaga mekanik berupa putaran.

Berikut ini merupakan bagian-bagian pada system PLTG adalah sebagai berikut :

a. Ruang Bakar (*Combustion Chamber*)

Ruang bakar (*combustion chamber*) adalah ruang tempat proses terjadinya pembakaran. Energi kimia bahan bakar diubah menjadi energi thermal pada proses pembakaran tersebut. Ruang bakar PLTG 4 Pesanggaran memiliki satu *combustion chamber* beris 8 buah *combustor basket* yang terpasang satu dengan casing turbin.

b. Turbin Gas

Turbin berfungsi untuk mengubah energi thermal dari hasil pembakaran dalam ruang bakar menjadi energi kinetik dalam sudu tetap kemudian menjadi energi mekanik dalam sudu jalan sehingga energi mekanik akan memutar poros turbin.

c. Generator

Generator berfungsi sebagai pengubah energi mekanik putaran pada rotor yang terdapat pada kutub magnet, kemudian menjadi energi listrik.

C. Diesel Start

Diesel start pada PLTG 4 merupakan penggerak mula awal sebelum turbin gas dioperasikan, diperlukan peralatan tambahan untuk menggerakkan kompresor pada turbin sampai turbin tersebut mampu melakukan pembakaran sendiri. Peralatan tambahan tersebut merupakan sebuah motor diesel untuk menghasilkan momen putar dan kecepatan putar yang dibutuhkan turbin pada saat start[3].



Gambar 2. Diesel Start PLTG 4 Pesanggaran

Mesin diesel yang digunakan pada PLTG 4 adalah Detroit 16v92, diesel V engine dengan Mesin diesel hanya mampu bekerja sampai putaran 2100 rpm, namun mesin diesel ini terbawa putaran turbin sampai putaran 2250 rpm. Pada saat putaran diesel sudah mencapai high speed, kemudian kopling start secara otomatis terlepas dan putaran diesel start idle selama 5 menit kemudian akan turun hingga 0 rpm atau stop.

D. Monitoring

Monitoring adalah proses pengumpulan dan analisis informasi berdasarkan indikator yang ditetapkan secara sistematis dan kontinu tentang kegiatan atau program sehingga dapat dilakukan tindakan koreksi untuk penyempurnaan program atau kegiatan itu selanjutnya. Monitoring dapat diartikan sebagai mengamati dan mempengaruhi kegiatan-kegiatan pokok dan hasil pekerjaan. Monitoring akan memberikan informasi tentang status dan kecenderungan bahwa pengukuran dan evaluasi yang diselesaikan berulang dari waktu ke waktu, pemantauan umumnya dilakukan untuk tujuan tertentu, untuk memeriksa terhadap proses berikut objek atau untuk mengevaluasi kondisi atau kemajuan menuju tujuan hasil manajemen atas efek tindakan dari beberapa jenis antara lain tindakan untuk mempertahankan manajemen yang sedang berjalan.

E. Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler yaitu membaca dan menulis data[4]. Sebagai contoh, bayangkan diri Anda saat mulai belajar membaca dan menulis, ketika Anda sudah bisa melakukan hal itu Anda bisa membaca tulisan apapun baik buku, cerpen, artikel dan sebagainya, dan Andapun bisa pula menulis hal-hal sebaliknya.

Begitu pula jika Anda sudah mahir membaca dan menulis data maka Anda dapat membuat program untuk membuat suatu sistem pengaturan otomatis menggunakan mikrokontroler sesuai keinginan Anda. Mikrokontroler merupakan komputer didalam *chip* yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya. Secara harfiahnya bisa disebut "pengendali kecil" dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti *IC TTL* dan *CMOS* dapat direduksi/diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini.

Dengan penggunaan mikrokontroler ini maka :

- Sistem elektronik akan menjadi lebih ringkas

- Rancang bangun sistem elektronik akan lebih cepat karena sebagian besar dari sistem adalah perangkat lunak yang mudah dimodifikasi
- Pencarian gangguan lebih mudah ditelusuri karena sistemnya yang kompak

F. Komponen Perancangan

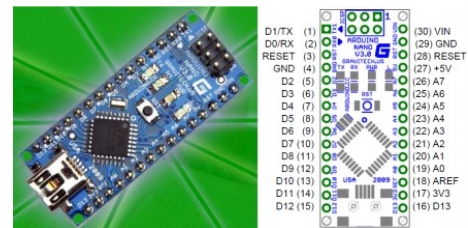
Dalam perancangan otomatisasi sistem *control shutdown diesel start* unit 4 PLTG Pesanggaran Bali *Power Generation Unit* ini membutuhkan berbagai komponen untuk menyelesaikan desain alat yang diinginkan agar sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Komponen pada desain ini dibagi 2 yaitu komponen utama dan komponen bantu :

1. Komponen Utama :

a. Arduino Nano

adalah sebuah papan mikrokontroler dalam kemasan mini yang dapat diprogram ulang melalui USB yang terintegrasi dengan komputer.

Jenis arduino ini tergolong kecil, lengkap, dan mudah digunakan. Arduino nano memiliki kurang lebih fungsi yang sama dengan diecimila / duemilanove. Secara fisik, arduino nano tidak memiliki jack power (jenis konektor sumber tegangan), namun untuk masukan/konsumsi sumber tegangan dapat melalui konektor USB mini atau pada pin 30 (V input, 6-20V) dan pin 4 atau 29 (ground). Arduino nano dapat dipasang pada *breadboard* (papan proyek) dan pada soket IC, sehingga dapat di pasang dan di lepas dengan mudah. Arduino nano didesain menggunakan USB mini dan tata letak komponen pada PCB dipasang secara double layer (dua lapis). Arduino nano banyak terdapat di pasaran dengan harga yang terjangkau. Bentuk fisik dan pin-pin arduino nano ditunjukkan pada Gambar 3 dan Konfigurasi pin arduino nano dideskripsikan pada Tabel I



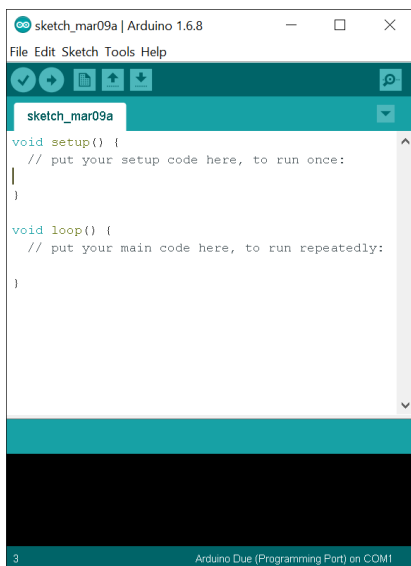
Gambar 3. Bentuk fisik dan Pin Arduino Nano

Arduino nano versi 3.0 hadir dengan ATmega328 yang menawarkan lebih banyak pemrograman dan ruang memori data. Memori ATmega328 memiliki 32 KB, (juga dengan 2 KB digunakan untuk *bootloader*) serta memiliki 2 KB SRAM9 dan 1 KB EEPROM. Pada I/O arduino nano ada 14 pin digital yang dapat digunakan sebagai input atau output. Input dan output beroperasi pada tegangan 5V yang mana setiap pin dapat memberi dan menerima arus maksimum 40 mA dan memiliki *resistor pull-up internal* (tidak *floating* atau mengambang) dari 20-50 Kohm.

Tabel I. Deskripsi PIN Arduino Nano

Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A7-A0	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage

Arduino juga mempunyai *compiler* sendiri, bahasa pemrograman yang dipakai adalah C/C++ tetapi sudah menggunakan konsep pemrograman berbasis objek / OOP (*Object Oriented Programming*). Compile-nya pun bersifat *free*, dan dapat diunduh di [website arduino.cc](http://www.arduino.cc). Kelebihan lain dari *compiler* arduino ini adalah dia bersifat *cross-platform* atau dapat berjalan di semua *operating system*, sehingga walaupun anda pengguna Windows, Linux, ataupun Mac bisa merasakannya bermain Arduino ini.



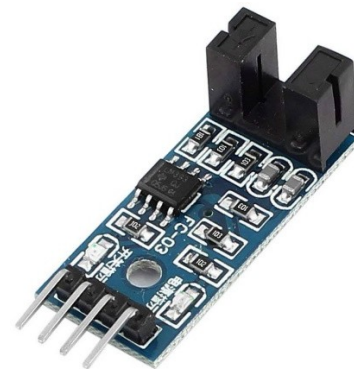
Gambar 4. Compiler Arduino Uno

b. Infrared Speed Sensor Module LM393

Speed sensor atau sensor kecepatan merupakan suatu sensor yang digunakan untuk mendeteksi kecepatan gerak benda untuk selanjutnya diubah kedalam bentuk sinyal elektrik (Zuroya, 2017). Sensor putaran atau kecepatan dapat dibuat dengan sebuah optocoupler tipe “U” dan sebuah roda cacah. Sensor putaran atau kecepatan ini dapat digunakan untuk membaca putaran suatu objek yang berputar seperti roda kendaraan, putaran motor listrik dan lain nya. Sensor putaran atau kecepatan ini dibuat dengan optocoupler tipe “U” yang ditengahnya diletakan sebuah roda cacah. Optocoupler merupakan komponen optoisolator yang memiliki karakteristik penerima (photo transistor) akan mengalami perubahan logika bila terjadi perubahan intensitas cahaya yang dipancarkan oleh pemancar (LED infra merah) untuk penerima. Kecerahan led berbanding lurus dengan arus diodanya. Karena arus kolektor sebanding dengan tingkat kecerahan dari led maka dapat dikatakan bahwa arus dioda mengendalikan arus kolektor seperti

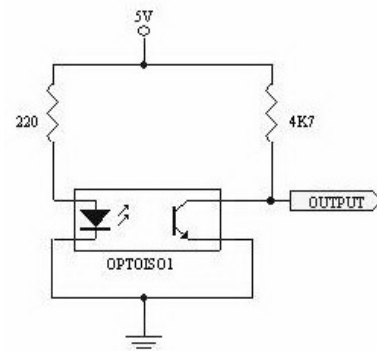
transistor pada umumnya. Biasanya arus yang diperbolehkan mengalir pada infra merah adalah berkisar pada 15 hingga 25 miliampere. Foto transistor merupakan jenis transistor yang peka terhadap cahaya infra merah.

Blok Sensor Optocoupler Roda cacah yang diletakan ditengah optocoupler tersebut berfungsi untuk mempengaruhi intensitas cahaya yang diberikan oleh LED pada optocoupler ke photo transistor yang akan memberikan perubahan level logika sesuai dengan putaran roda cacah. Kecepatan perubahan logika photo transistor akan sebanding dengan kecepatan putaran roda cacah. Konstruksi sensor putaran dapat dilihat pada gambar berikut. Konstruksi Sensor Putaran *Rotary encoder*, atau disebut juga *Shaft encoder*, merupakan perangkat elektromekanikal yang digunakan untuk mengkonversi posisi angular (sudut) dari shaft (lubang) atau roda ke dalam kode digital, menjadikannya semacam transducer.



Gambar 5. Sensor Speed LM 393

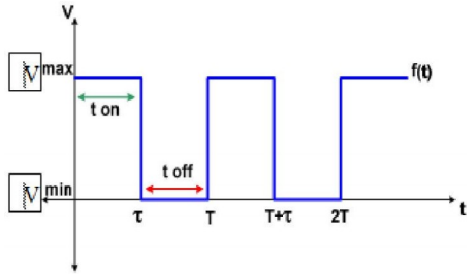
Perangkat ini biasanya digunakan dalam bidang robotika, perangkat masukan komputer (seperti optomekanikal mouse dan *trackball*), sertadigunakan dalam kendali putaran radar, dll. Terdapat dua tipe utama *rotary encoder*, yaitu tipe absolut dan tipe relatif. *Rotary encoder*, atau disebut juga *Shaft encoder*, merupakan perangkat elektromekanikal yang digunakan untuk mengkonversi posisi angular (sudut) dari shaft (lubang) atau roda ke dalam kode digital, menjadikannya semacam transducer. Perangkat ini biasanya digunakan dalam bidang robotika, perangkat masukan komputer (seperti optomekanikal mouse dan *trackball*), serta digunakan dalam kendali putaran radar, dll. Terdapat dua tipe utama rotary encoder, yaitu tipe absolut dan tipe relatif.



Gambar.6. Rangkaian Penggunaan Speed Sensor LM 393

c. PWM DC Motor Speed Regulator

Pulse Width Modulation (PWM) atau modulasi lebar pulsa, adalah teknik perubahan sinyal digital berupa gelombang kotak (*square wave*) dimana *duty cycle* dari gelombang kotak tersebut dapat diatur sesuai dengan kebutuhan sistem. Gelombang kotak $f(t)$ yang ideal dengan periode T ditunjukkan seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Gelombang kotak $f(t)$ yang ideal dengan periode T



Gambar 8. PWM DC motor speed regulator

2. Komponen Bantu

a. LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan diberbagai bidang misalnya alat-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, ataupun layar komputer. Pada bab ini aplikasi LCD yang digunakan ialah LCD dot matrik dengan jumlah karakter 2×16 . LCD sangat berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan status kerja alat. Adapun fitur yang disajikan dalam LCD ini adalah :

- a. Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris.
- b. Mempunyai 192 karakter tersimpan.
- c. Terdapat karakter generator terprogram.
- d. Dapat dialamatkan dengan mode 4-bit dan 8-bit.
- e. Dilengkapi dengan *backlight*.



Gambar 9. LCD (*Liquid Crystal Display*)

b. Mini Gear Micro Servo

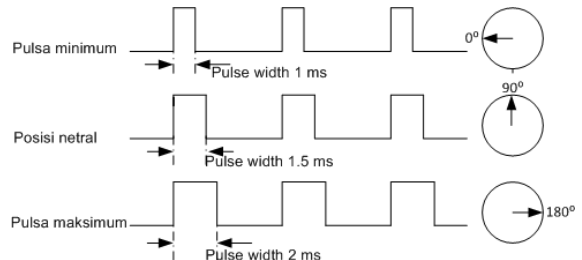
Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik *loop* tertutup (*servo*), sehingga dapat di *setup* atau di atur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari

poros output motor. motor servo merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian gear, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian *gear* yang melekat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor *servo*, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor *servo*.



Gambar 10. Mini servo

Motor servo dikendalikan dengan memberikan sinyal modulasi lebar pulsa (*Pulse Wide Modulation*) melalui kabel kontrol. Lebar pulsa sinyal kontrol yang diberikan akan menentukan posisi sudut putaran dari poros motor *servo*. Sebagai contoh, lebar pulsa dengan waktu 1,5 ms (mili detik) akan memutar poros motor *servo* ke posisi sudut 90° . Bila pulsa lebih pendek dari 1,5 ms maka akan berputar ke arah posisi 0° atau ke kiri (berlawanan dengan arah jarum jam), sedangkan bila pulsa yang diberikan lebih lama dari 1,5 ms maka poros motor *servo* akan berputar ke arah posisi 180° atau ke kanan (searah jarum jam). Lebih jelasnya perhatikan gambar dibawah ini.



Gambar 11. PWM Servo

Ketika lebar pulsa kendali telah diberikan, maka poros motor *servo* akan bergerak atau berputar ke posisi yang telah diperintahkan, dan berhenti pada posisi tersebut dan akan tetap bertahan pada posisi tersebut. Jika ada kekuatan eksternal yang mencoba memutar atau mengubah posisi tersebut, maka motor *servo* akan mencoba menahan atau melawan dengan besarnya kekuatan torsi yang dimilikinya (rating torsi *servo*). Namun motor *servo* tidak akan mempertahankan posisinya untuk selamanya, sinyal lebar pulsa kendali harus diulang setiap 20 ms (mili detik) untuk menginstruksikan agar posisi poros motor *servo* tetap bertahan pada posisinya.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode kuantitatif. Dimana penelitian kuantitatif adalah suatu jenis penelitian yang menggunakan pendekatan deduktif-induktif. Pendekatan ini berdasarkan dari suatu dasar teori, gagasan para ahli, maupun pemahaman peneliti

sendiri berdasarkan pengalamannya, dari dasar tersebut kemudian peneliti kembangkan menjadi permasalahan-permasalahan beserta pemecahannya yang diajukan untuk memperoleh pembenaran (*verifikasi*) atau penilaian dalam bentuk dukungan data empiris di lapangan.

Metode ini digunakan sebagai metode ilmiah karena telah menemui kaidah-kaidah ilmiah yaitu konkrit/empiris, obyektif, terukur, rasional dan sistematis. Metode ini disebut metode kuantitatif karena data penelitiannya berupa angka dan analisis yang menggunakan statistik.

Penelitian kuantitatif lebih banyak menggunakan logika hipotesis yang dimulai dengan berfikir deduktif untuk menurunkan hipotesis tersebut kemudian melakukan pengujian di lapangan dan mendapatkan kesimpulan atau hipotesis tersebut berdasarkan data empiris.

A. Bahan

Dalam penelitian ini menggunakan beberapa bahan-bahan antara lain:

1. Mikrokontroler Arduino Nano sebagai pengolah data dan pengendali sistem.
2. Sensor RPM/*tachometer* sebagai sensor yang digunakan untuk mengukur kecepatan RPM pada *diesel start*.
3. LCD 4 x 20 karakter yang digunakan sebagai penampil informasi pembacaan nilai RPM.

mikrokontroler data rpm akan diubah menjadi sinyal digital yaitu keluaran 1 yg menghasilkan tegangan 5 volt dc dari *output* mikrokontroler. *Output* dari mikrokontroler digunakan untuk mengaktifkan relay yang selanjutnya relay mengaktifkan *switch* untuk menonaktifkan selenoid yang berfungsi sebagai pengatur putaran mesin diesel.

B. Langkah Perancangan

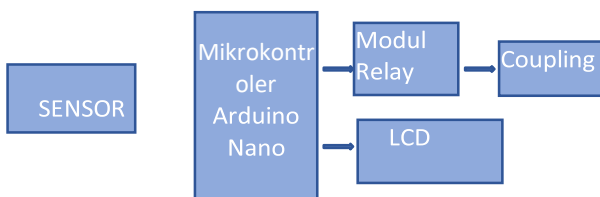
Dalam perancangan alat ini, perangkat keras (*hardware*) yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a) Mikrokontroler Arduino Uno sebagai pengendali
- b) Sensor Pickup RPM / Tachometer.
- c) LCD sebagai HMI pada lokal.
- d) *Regulator Power Supply* sebagai pengatur catu daya.

B. Perancangan Sistem

Berikut ini adalah perancangan dari keseluruhan sistem yang akan menjelaskan mengenai perancangan blok diagram, perancangan elektronik dan perancangan mekanik yang akan direalisasikan.

perangkat keras pada alat ini, maka langkah selanjutnya yaitu menggabungkan antara perangkat keras dengan perangkat lunaknya.



Gambar 12. Blok Diagram

1) Blok Input

Blok input pada perancangan alat ini terdiri dari:

- a) *Regulated Power Supply* +5 volt , +9 volt, +12 volt.

Regulated power supply menggunakan IC LM 7805 dan LM 7809. Outputnya adalah +5 volt yang digunakan sebagai *supply* ke *sensor RPM* dan +9 volt digunakan untuk *mikrokontroler Arduino Uno*.

- b) Sensor RPM Tachometer

Sensor RPM digunakan untuk mendeteksi kecepatan putar dari mesin diesel

2) Blok Output

Blok *output* untuk perancangan alat ini sesuai dengan blok diagram diatas, yaitu:

- a) LCD dan modul relay

LCD sebagai *interface* di *local Diesel Start* dan modul relay berfungsi untuk mengaktifkan sinyal menuju ke *coupling*

C. Perancangan Program

Perancangan perangkat lunak dilakukan untuk memprogram mikrokontroler Arduino.

Untuk mempermudah dalam pemrograman, maka dibuatlah diagram alir yang terdapat pada gambar sebagai berikut :

Dalam perancangan ini, komponen elektroniknya disesuaikan dengan spesifikasi yang akan dicapai oleh sistem otomatisasi *shutdown diesel start* ini. Berikut adalah perancangan elektronik yang dipilih untuk alat ini.

- a. LCD juga terpasang pada rancang bangun ini. Fungsinya adalah *interface* di lokal untuk memantau pembacaan kecepatan dari *diesel start*.
- b. Catu Daya
Tegangan *Input* motor *DC 12 volt* teregulasi 9 volt.
- c. Sensor RPM Tachometer
Sensor RPM digunakan sebagai pembaca kecepatan. Sesuai spesifikasinya, sensor ini dipilih karena dapat membaca kecepatan secara *realtime* dan tepat untuk digunakan pada simulasi ini.

D. Spesifikasi Awal Alat

Spesifikasi awal untuk rancang bangun otomatisasi sistem *control shutdown diesel start* unit 4 PLTG Pesanggaran Bali *Power Generation Unit* ingin dicapai adalah:

1. Sistem bekerja untuk mengoptimalkan kerja dari *diesel start engine* dan sebagai kehandalan dari sistem.
2. Mikrokontroler yang digunakan sebagai pengendali utama adalah Arduino Nano.
3. Dengan adanya sistem otomatisasi ini dapat mengantisipasi kegagalan dalam proses *start* di unit PLTG dan tidak mengakibatkan kerugian pada perusahaan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dipaparkan hasil perancangan dan pengujian rancang bangun otomatisasi sistem *control shutdown diesel start* unit 4 PLTG Pesanggaran Bali *Power Generation Unit*. Rancangan pada bab III direalisasikan dengan menggunakan Arduino Nano sebagai mikrokontroler, sensor *tachometer* sebagai pembaca

putaran mesin, LCD 16 x 2 digunakan untuk menampilkan data kecepatanRPM mesin.

Hasil perancangan perangkat lunak yang telah dibuat yaitu perancanganprogram mikrokontroller Arduino Nano.

A. Hasil Perancangan program mikrokontroller Arduino Nano

Perancangan program pada mikrokontroller ini di bagi menjadi empat bagian, pertama yaitu program untuk inisiasi pin sensor *tachometer*, LCD, dan pin output pada *servo*, kedua yaitu pembacaan data sensor dan data LCD, ketiga perhitungan nilai digital dari sensor kemudian diubah menjadi bilangan decimal sehingga dapatditampilkan pada LCD, dan yang keempat program limit data yang diambilapabila telah mencapai nilai 2250 rpm.

Berikut program yang dibuat pada mikrokontroller Arduino nano:

1. Program untuk inisiasi sensor, LCD, dan output *servo*

```
#include <Wire.h> #include <LiquidCrystal_I2C.h> #include
<Servo.h>
Servo myservo;

LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);
// Set the LCD I2C address

int encoder_pin = 2; // Data input dari sensor unsigned int rpm; //
pembacaan rpm
volatile byte pulses; // jumlah pulsa

unsigned long timeold;
// number of pulses per revolution
// based on your encoder disc unsigned int pulsesperturn = 1;
```

2. Program untuk pembacaan data sensor dan data LCD.

```
void setup()
{
myservo.attach(4 ,600,2300); Serial.begin(9600);

pinMode(encoder_pin, INPUT); attachInterrupt(0, counter,
FALLING);

pulses = 0;
rpm = 0;
timeold = 0;

lcd.begin(16, 2);

lcd.backlight(); delay(250); lcd.noBacklight(); delay(250);
lcd.backlight();
```

3. Program perhitungan *input* sensor

```
void loop()
{
if (millis() - timeold >= 1000) {
//Don't process interrupts during calculations
detachInterrupt(0);
rpm = (60 * 1400 / pulsesperturn) / (millis() - timeold)* pulses;
timeold = millis(); pulses = 0;

lcd.setCursor(0,0); lcd.print("SpeedDieselStart");
lcd.setCursor(6,2); lcd.print(rpm,DEC);
//lcd.setCursor(10,2); lcd.print("rpm"); delay(100);
```

4. Program limit data sensor

```
if (rpm > 2250 ){
angle

myservo.write(0); // tell servo to go to a particular
delay(20000);
myservo.write(60); delay(100);
}
//Restart the interrupt processing
attachInterrupt(0, counter, FALLING);
```

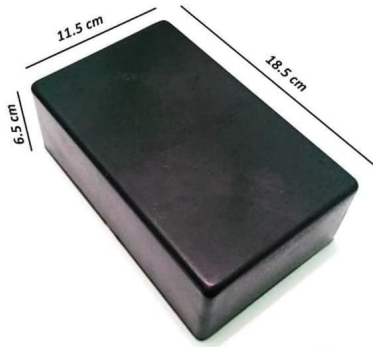
Hasil Program pada mikrokontroller Arduino nano
Hasil perancangan program pada mikrokontroller
Arduino nano adalah sebagai berikut:



Gambar 13. Program Mikrokontroller

B. Hasil Perancangan Perangkat Keras

Hasil perancangan perangkat keras merupakan realisasi rancang bangun otomatisasi sistem *control shutdown diesel start* unit 4 PLTG Pesanggaran Bali *Power Generation Unit* menggunakan Arduino Nano, sensor tachometer, *Power Supply*, LCD, dan servo. Arduino Nano digunakan sebagai mikrokontroller pada rancang bangun ini, *power supply* yang digunakan adalah modul *power supply* 12 V 3 Ampere yang digunakan untuk mensupply tegangan yang dibutuhkan dan sebagai *regulated power supply* untuk sistem, sensor rpm tachometer sebagai pembaca putaran mesindiesel, LCD 16x2 digunakan sebagai penampil data (HMI) pada alat. Setelah semua peralatan yang digunakan telah diuji maka tahap selanjutnya adalah mengintegrasikannya pada kotak mekanik. Untuk realisasi hasil perancangan kotak mekanik memiliki dimensi (18,5 cm x 11,5 cm x 6,5 cm) dapat ditunjukkan pada gambar 14.



Gambar 14. Desain Perancangan Mekanikbox alat

1. Hasil Rancangan

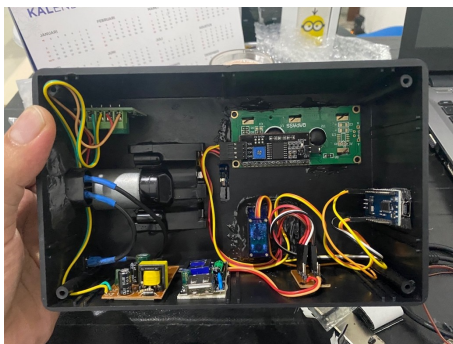
Hasil dari rancang bangun otomatisasi sistem *control shutdown diesel start unit 4 PLTG Pesanggaran Bali Power Generation Unit* ditunjukkan pada gambar 15 sampai 20.



Gambar 15. Hasil Tampak Depan
Sumber : Penulis



Gambar 16. Hasil Tampak Samping

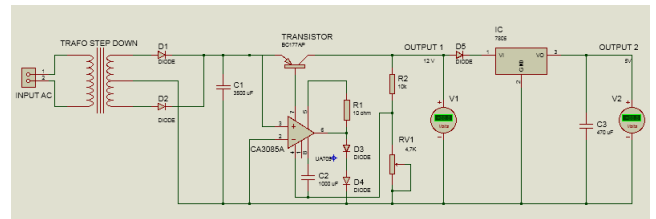


Gambar 17. Hasil Bagian Dalam

Untuk mengetahui apakah sistem yang sudah dirancang dapat bekerja dengan baik diperlukan adanya sebuah pengujian. Pengujian ini meliputi pengukuran dan pemrograman terhadap suatu rangkaian sehingga dapat dikatakan berfungsi secara normal. Adapun pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

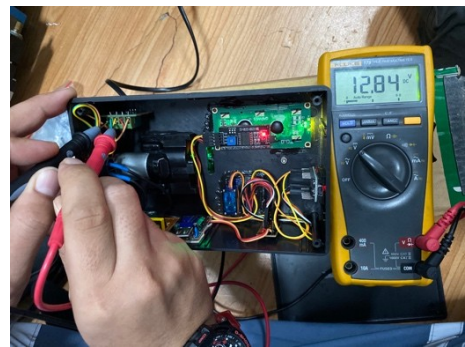
1. Pengujian dan Pembahasan Rangkaian *Power Supply*

Pengujian dan pembahasan rangkaian sensor tegangan berfungsi untuk mengetahui apakah rangkaian dapat menyediakan daya yang dibutuhkan oleh sistem, Pengujian ini ditunjukkan pada gambar 18

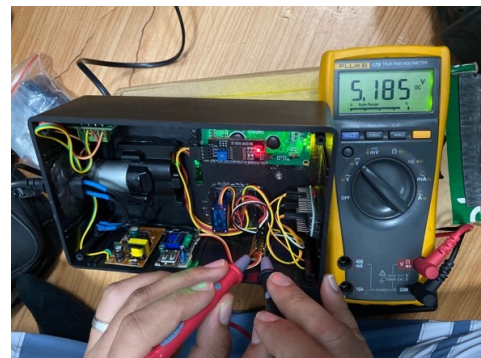


Gambar 18. Pengujian *Power Supply*

Dari gambar diatas dijelaskan bahwa pengujian dilakukan dengan cara mengukur output tegangan pada modul regulator 12 vdc dan modul regulator 5 vdc. Hasil dari pengujian ini ditunjukkan pada gambar 19a dan 19b berikut

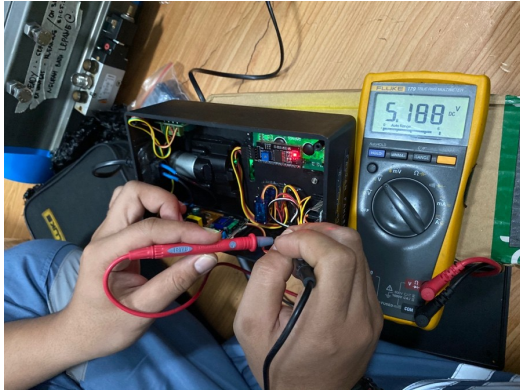


Gambar 19a. Hasil Pengujian Rangkaian *Power Supply*



Gambar 19b. Hasil Pengujian Rangkaian *Power Supply*

C. Pengujian dan Pembahasan Hasil Rancangan



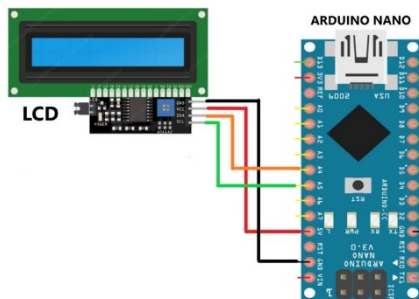
Gambar 20. Hasil Pengukuran Output VCC dan GND Arduino Nano

Setelah melakukan pengujian maka didapat data pengukuran tegangan seperti yang dituliskan pada tabel II.

Tabel II. Hasil Pengujian Rangkaian Power Supply

No	Titik Pengukuran	Tegangan
1	V1	12.84 V
2	V2	5.18 V
3	V3	5.19 V

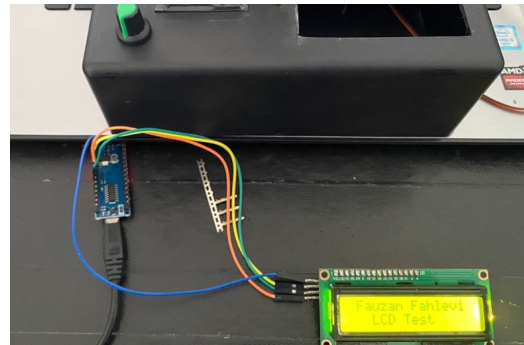
Pada pengukuran V1 merupakan pengukuran tegangan output dari regulator 12 vdc yang digunakan pada rangkaian ini sebesar 12.84 V. Setelah melewati modul regulator 5.0 tegangan yang dihasilkan berupa V2 sebesar 5.18 V hal ini menunjukkan bahwa rangkaian regulator bekerja dengan baik. Sedangkan pengukuran tegangan V3 pada pin vcc dan ground mikrokontroler arduino nano menunjukkan tegangan sebesar 5.19 V yang merupakan tegangan kerja pada mikrokontroler arduino nano. Pengujian dan pembahasan rangkaian driver LCD berfungsi untuk mengetahui apakah rangkaian dapat menampilkan informasi berupa karakter yang dapat dimengerti oleh pengguna. Pengujian ini ditunjukkan pada Gambar 21.



Gambar 21. Pengujian Rangkaian Driver LCD

Dari gambar diatas dijelaskan bahwa pengujian dilakukan dengan cara menjalankan program yang sudah dimasukkan ke dalam mikrokontroler arduino nano. Listing program yang digunakan pada pengujian ini ditunjukkan pada lampiran. Jika rangkaian dapat berfungsi dengan baik maka akan

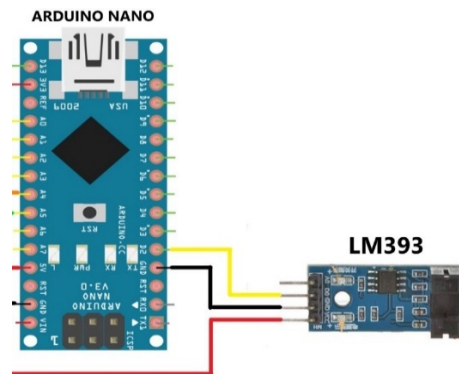
memunculkan karakter pada tampilan LCD. Hasil dari pengujian ini ditunjukkan pada gambar 22. berikut ini



Gambar 22. Hasil Pengujian Rangkaian Driver LCD

1. Pengujian dan Pembahasan Rangkaian Sensor Tachometer

Pengujian dan pembahasan rangkaian sensor tachometer berfungsi untuk mengetahui apakah rangkaian dapat membaca nilai putaran pada diesel start engine kemudian menampilkan data tersebut pada layar LCD. Pengujian ini ditunjukkan pada gambar 23.



Gambar 23. Pengujian Rangkaian Sensor Tachometer LM393

Dari gambar diatas dijelaskan bahwa pengujian dilakukan dengan cara menjalankan program yang sudah dimasukkan ke dalam mikrokontroler arduino nano. Listing program yang digunakan pada pengujian ini ditunjukkan pada lampiran. Hasil dari pengujian ini ditunjukkan pada gambar 24.

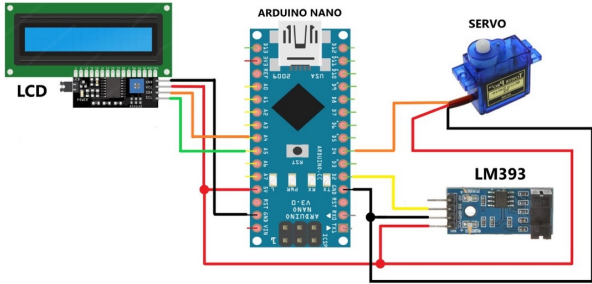


Gambar 24. Hasil Pengujian Rangkaian Sensor

3. Pengujian Dan Pembahasan Rangkaian Secara

Keseluruhan

Pengujian dan pembahasan rangkaian secara keseluruhan berfungsi untuk mengetahui apakah *prototype* dapat bekerja sesuai dengan perencanaan diawal. Pengujian ini ditunjukkan pada Gambar 25.



Gambar 25. Pengujian Rangkaian Secara Keseluruhan

Dari gambar diatas dijelaskan bahwa pengujian dilakukan dengan cara menggabungkan semua rangkaian yang sudah dirancang dan memasukan program yang terlampir pada lampiran. Hasil dari pengujian ini ditunjukkan pada gambar 26a dan 26b.



Gambar 26 a.. Hasil Pengujian Rangkaian Secara Keseluruhan



Gambar 26 b.. Hasil Pengujian Rangkaian Secara Keseluruhan
Sumber : Penulis



Gambar 4.15 Tampilan Alat Saat Running
Sumber : Penulis

4. Pengujian Sistem

Pengujian sistem melibatkan seluruh perangkat keras yang telah terintegrasi dan terpasang pada kotak mekanik serta perangkat lunak.

a. Pengujian Respon Pada Alat

Pengujian respon pada alat menguji berapa lama waktu yang dibutuhkan alat untuk memproses data yang diterima. Pengujian ini berdasarkan perbedaan respon *time* pada LCD dan *real speed engine*.

Tabel III. Hasil Pengujian Respon Alat

Engine Speed (%)	Speed (Rpm)	Tampilan LCD (Rpm)	Tegangan (Vdc)	Selisih Speed (Rpm)
25	562	570	2.14	8
50	1125	1150	4.89	25
75	1687	1710	6.56	23
100	2250	2270	9.78	20

V. PENDAHULUAN

Rancang bangun alat otomatisasi menggunakan mikrokontroler Arduino nano sudah dapat direalisasikan dalam bentuk modul simulasi dan dapat terintegrasi pada panel *control diesel start engine* PLTG unit 4. Mikrokontroler Arduino nano dapat memproses nilai dari *speed sensor* yang membaca kecepatan putar dari mesin *diesel start* unit 4 PLTG Pesanggaran. Prosedur pengoperasian dilakukan oleh operator *control room* dalam *sequence start* normal dan di monitor oleh operator lokal di *diesel engine* tanpa menekan tombol stop karena *sequence* otomatis *shutdown diesel start*. Modul simulasi dapat mengontrol *shutdown* otomatis pada putaran 2250 rpm dan Meningkatkan kehandalan unit agar dapat beroperasi dan mencegah terjadinya *start failure* akibat gagalnya *stop diesel start engine*.

REFERENSI

[1] I. W. S. Yasa, I. W. D. Pancane, dan ..., "Pembangkit dengan Menggunakan Preheater Auto Thermal PLTG Pesanggaran," *Jurnal Arus Elektro* ..., 2022, [Daring]. Tersedia pada: <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/E-JAEI/article/view/31591>

[2] Z. Muchtar dan P. Prayudi, *Analisis Energi dan Eksergi PLTG Unit 1.1 dan Unit 1.2 Pada Kondisi Beban Berbeda di UJP PLTGU Cilegon*. Sekolah Tinggi Teknik PLN, 2019.

[3] A. T. Ramadan, "Perawatan Preventive Mesin Diesel Pembangkit Listrik Tenaga Gas (Pltg) Pt. Pembangkit Jawa Bali Services (Pjbs) Di Kecamatan Pinggir Riau," 2020.

[4] I. T. Yuniahastuti, S. Kartikawati, dan ..., "Implementasi Peralatan Elektronik Berbasis Mikrokontroler dengan Aplikasi Blynk pada Mata Kuliah Instalasi Listrik," *SNPTE: SEMINAR* ..., 2023, [Daring]. Tersedia pada: <http://prosiding.unipma.ac.id/index.php/SNPTE/article/view/3676>

[5]. Hassan, R.; Abdallah, M.; Marco, F. Under Frequency Load Shedding : Towards a Smarter Smart House with a Consumer Level Controller; IEEE Southeastcon, 2011.

[6]. Kurniasari, Yulfikar Rizki (2019). Pengujian House Load Operation Mode pada Pembangkit Listrik PLTGU Blok 2 UP Muara Karang. Universitas Mercu Buana Jakarta.

- [7]. Makarov, Y.V.; Reshetov, V.I.; Streov,V.A.; Voropai, N.I. Blackout in North America Jurnal Ilmiah TELSINAS 60 Volume 4, No. 2 Desember 2021 e-ISSN 2621-5276 (online) and Europe : Analysis and Generalization; IEEE Power Tech. 2005.
- [8]. Permana, Dian (2020). Analisa Gangguan Trip Main Transformator Blok 3 PLTDG Pesanggaran Akibat Kegagalan Sistem Proteksi Restricted Earth Fault. Universitas Pendidikan Nasional, Denpasar.
- [9]. PT. Indonesia Power Bali Power Generation Unit. Manual Instructions PLTDG. Wartsila, 2013.
- [11]. PT. Indonesia Power Bali Power Generation Unit. SOP dan Data Pengujian House Load & Black Start Unit 11 PLTDG Pesanggaran, 2021.
- [12]. Roy,A.; Pentayya, P.; Khaparde, SA. Experience of Blackouts and Restoration Practices in Western Region of India; IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2004.
- [13]. Sakti, Bhrama.; A.A Gede Maharta Pelayun.; I Gede Dyana Arjana. Jurnal Studi Analisis UFR (Under Frequency Relay) Pada Gardu Induk Pesanggaran. Universitas Udayana, 2019.
- [14]. Sistem Proteksi Tenaga Listrik. http://digilib.polban.ac.id/files/disk1/74/jb_ptppolban-gdl-bramantika-36933-bab2-5.pdf. Politeknik Negeri Bandung.
- [15]. Tim Udiklat PLN. 2010. Transformator Tenaga. Jakarta: PT. PLN.
- [16]. <https://www.webagus.id/2018/07/mengenal-komponen-pada-papan-arduino-uno.html>
- [17]. <https://www.nyebarilmu.com/cara-mengakses-modul-display-lcd-16x2/>“Optimalisasi Penghematan Power Supply (Ps)