pISSN : 0852-0232, eISSN : 2656-582X DOI : 10.14710/gt.v22i1.xxxxx

RANCANG BANGUN AUTOMATIC TRANSFER SWITCH (ATS) BERBASIS MIKROKONTROLER ESP32 DILENGKAPI SISTEM MONITORING PARAMETER TEGANGAN MENGGUNAKAN *BLYNK*

Qomarul Nur Wahid 1), Priyo Sasmoko 2),
[1)]Program Studi Str. Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
*)E-mail : *psasmoko@gmail.com*

ABSTRACT

Qomarul Nur Wahid 1), Priyo Sasmoko 2), ABSTRACT *ATS is an electronic circuit that is used to operate the transfer of voltage sources from PLN sources to generators and vice versa. With the current distribution of electricity in society, many people have generators as backup electrical energy if PLN goes out. In this ATS there is an ESP32 microcontroller which is used as a controller for the entire ATS circuit system. The SSR-25DA relay is a switch to move sources from PLN-Genset or from PLN-Genset. To control the SSR-25DA relay, the BD139 transistor is used. The 1N4004 diode is used as a safety device when the SSR-25DA relay is switched for source switching, the 100nF capacitor is a filter to stabilize the signal to the SSR-25DA relay when the source is switched. To monitor voltage parameters on the ATS, the PZEM-004T sensor module is used. The ATS design is also equipped with Undervoltage and Overvoltage which functions as a protection system to protect when disturbances occur with an Undervoltage tolerance of -10% and Overvoltage of +5% of the standard voltage of 220 Volts. The way the system works is by reading the voltage parameters by the PZEM-004T sensor module and then processing the data by the ESP32 Microcontroller by activating the buzzer which is used as a marker when the voltage is below the SPLN Undervoltage voltage tolerance limit of 198 Volts and above the SPLN Overvoltage voltage tolerance limit of 231 Volts.*

Keywords: *ATS, ESP32 Microcontroller, SSR-25DA Relay, PZEM-004T.*

PENDAHULUAN

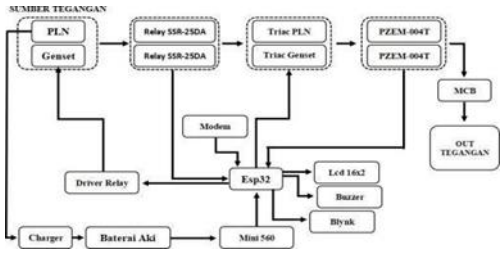
Seiring dengan kemajuan teknologi di segala bidang, maka daya utama sumber tenaga listrik yaitu PLN, sangat berpengaruh terhadap penyediaan energi listrik bagi layanan publik, baik itu daya besar maupun kecil. Akan tetapi suplai daya utama yang berasal dari PLN tidak selamanya kontinyu atau berkelanjutan dalam penyalurannya. Suatu saat pasti terjadi pemadaman total yang dapat disebabkan oleh gangguan pada sistem pembangkit atau gangguan pada transmisi dan sistem distribusi.

Sedangkan suplai energi listrik sangat diperlukan jika PLN padam. Maka dibutuhkan cadangan sumber energi seperti *Generator set* (genset) sebagai back-up suplai utama (PLN). Sebagai kontrol dimana untuk mengetahui kapan genset dapat mengambil alih suplai listrik ke beban ataupun sebaliknya, maka diperlukan sistem kontrol yang dapat bekerja secara otomatis untuk mengoperasikan genset secara otomatis apabila terjadinya pemadaman dari sumber PLN. Kontrol otomatis tersebut biasanya disebut ATS *(Automatic Transfer Switch)* atau sistem interlock PLN - Genset. Akan tetapi dari segi ekonomis modul ATS buatan pabrik memiliki harga yang sedikit sangat mahal, sehingga masih banyak masyarakat yang belum menggunakan ATS, namun saat ini masyarakat sudah banyak yang menggunakan *Generator set* (genset) sebagai cadangan sumber listrik ketika sumber PLN terputus.

Dengan permasalahan tersebut, maka sebagai alternatif mahasiswa membuat ATS yang murah dan handal menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali dari seluruh rangkaian sistem ATS. Selanjutnya terdapat penambahan fitur-fitur pada rancang bangun ATS *(Automatic Transfer Switch)* tersebut seperti memonitoring parameter tegangan serta penambahan sistem proteksi untuk mencegah terjadinya gangguan kelistrikan *undervoltage* dan *overvoltage* yang nantinya akan diteruskan dari sistem mikrokontroler ESP32 ke smartphone dengan menggunakan aplikasi *Blynk.*

METODE PENELITIAN

Blok Diagram



Gambar 1. Blok Diagram Sistem ATS

Suatu sistem memiliki tiga unsur utama, yaitu *input* (masukan), proses, dan *output* (keluaran). Berdasarkan blok diagram "Sistem Monitoring Parameter Tegangan Menggunakan *Blynk* Berbasis Mikrokontroler ESP32 dilengkapi *Undervoltage* dan *Overvoltage* Pada Rancang Bangun ATS *(Automatic Transfer Switch)*" dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Blok catu daya sebagai penyuplai tegangan DC untuk rangkaian sistem minimum, rangkaian *driver* ATS dan *driver* relay.
2. *Driver* relay digunakan sebagai power genset.
3. Mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai pengendali *input* dan *output* sistem.
4. Sumber tegangan berasal dari baterai aki 12 volt.
5. Rangkaian *driver* ATS digunakan sebagai saklar tegangan AC dari PLN maupun dari Genset.
6. Rangkaian relay SSR-25DA digunakan sebagai sensor pendeteksi tegangan AC dari PLN dan dari Genset.
7. Modul sensor PZEM-004T untuk mengukur parameter tegangan dari kedua sumber dan dapat megetahui ketika *undervoltage* dan *overvoltage.*
8. *Blynk* IoT digunakan untuk mengoprasikan dan monitoring *driver* ATS dan untuk mengetahui parameter tegangan dari kedua sumber.
9. pensaklaran *driver* ATS ketika tegangan PLN ke sistem terputus maka *out* tegangan AC berasal dari Genset dan sebaliknya ketika tegangan dari PLN ke sistem terhubung maka *out* berupa tegangan AC dari PLN.

Sistem ATS (*Automatic Transfer Switch*)

Rangkaian sistem kontrol saklar *transfer sistem* PLN yang sudah otomatis. Alat ini berguna untuk menghidupkan dan menghubungkan sumber listrik ke Beban secara otomatis pada saat PLN padam. Agar tidak terjadi pemadaman total ketika harus mendapat suplai energi listrik secara terus-menerus, maka dibutuhkan *Generator set* (genset) sebagai *back- up* suplai utama PLN, sebagai kontrol kapan Genset mengambil alih suplai tenaga listrik ke beban ataupun sebaliknya maka diperlukan sistem kontrol yang dapat bekerja secara otomatis untuk menjalankan Genset saat terjadi pemadaman dari PLN, kontrol otomatis tersebut ialah ATS *(Automatic Transfer Swicth)*. Cara Kerja ATS adalah saat sumber listrik utama PLN padam, maka dalam waktu tertentu sumber listrik akan di *back-up* dan disupply oleh Genset, saat sumber listrik PLN kembali hidup maka ditunggu beberapa saat baru sumber listrik PLN diijinkan masuk melayani beban dan proses penyaluran daya dari Genset langsung *off*. Penelitian tentang ATS-AMF ini telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Sistem *Automatic Transfer Switch* (ATS) *Automatic Main Failure* (AMF) menggunakan notifikasi melalui smartphone, dimana waktu yang diperlukan untuk perpindahan sumber listik dari PLN ke Genset dan sebaliknya yaitu 3-5 detik. Sistem dapat memberikan informasi apabila terjadi perpindahan sumber listrik secara otomatis, dengan waktu pengiriman 3 detik.[1]

Generator Set (Genset)

Genset adalah sebuah perangkat yang berfungsi untuk menghasilkan daya arus bolak-balik. Disebut juga sebagai Generator set karena menggabungkan atau menyatukan dua perangkat yang berbeda yaitu engine dan generator atau altenator. Engine dapat berupa perangkat mesin diesel berbahan bakar solar atau mesin berbahan bakar bensin, sedangkan generator atau alternator merupakan kumparan atau gulungan tembaga yang terdiri dari stator (kumparan statis) dan rotor (kumparan berputar).[2]

Defenisi lainnya generator juga merupakan mesin yang dapat merubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator listrik terdiri dari beberapa bagian, dimana komponen nya disusun sedemikian rupa agar berfungsi sebagai mesin listrik. Pada generator juga terdapat 2 bagian yaitu rotor (bergerak) dan bagian stator (diam). Stator sendiri terdiri dari beberapa bagian yaitu bagian badan, magnet dan sikat. Dimana bagian badan stator terbuat dari baja yang berfungsi untuk melindungi bagian dalam generator, kotak terminal dan name plate pada generator.

Miniature Circuit Breaker (MCB)

MCB (*Miniature Circuit Breaker*) adalah pengaman rangkaian yang dilengkapi dengan

pengaman thermis (bimetal) untuk pengaman beban lebih dan juga dilengkapi relay elektromagnetik untuk pengaman hubungsingkat. MCB banyak digunakan untuk pengaman jalur satu phasa dan tiga phasa. Bentuk fisik MCB dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 2. MCB 4 Ampere

Miniatur Circuit Breakers (MCB) didesain dengan fungsi utama untuk mengamankan kabel terhadap beban lebih dan terjadinya hubungan singkat pada rumah tangga. Sedangkan arus pengenal pemutus tenaga tersebut harus disesuaikan dengan besarnya arus beban yang dilewatkan kabel dan lebih kecil dari arus yang diizinkan pada kabel.

Relay

Relay adalah sebuah saklar yang mekanik memiliki banyak keterbatasan bila dibandingkan dengan SSR, salah satunya seperti siklus hidup kontak yang terbatas, mengambil dikendalikan oleh arus. Relay memiliki sebuah kumparan tegangan-rendah yang dililitkan pada sebuah inti. Terdapat sebuah armatur besi yang akan tertarik menuju inti apabila arus mengalir melewati kumparan. Armatur ini terpasang pada sebuah tuas berpegas.

Ketika armatur tertarik menuju inti, kontak jalur bersama akan berubah posisinya dari kontak normal-tertutup ke kontak normal-terbuka. Relay elektro mekanik memiliki kondisi saklar atau kontaktor dalam 3 posisi. Ketiga posisi saklar atau kontaktor relay ini akan berubah pada saat relay mendapat tegangan sumber pada elektromagnetnya. Ketiga posisi saklar relay tersbut adalah:

1. Posisi Normally Open (NO), yaitu posisi saklar relay yang terhubung ke terminal NO (Normally Open). Kondisi ini akan terjadi pada saat relay mendapat tegangan sumber pada elektromagnetnya.
2. Posisi Normally Colse (NC), yaitu posisi saklaar relay yang terhubung ke terminal NC (Normally Close). Kondisi ini terjadi pada saat relay tidak mendapat tegangan sumber pada elektromagnetnya.
3. Posisi Change Over (CO), yaitu kondisi perubahan armatur sakalr relay yang berubah dari posisi NC ke NO atau sebaliknya dari NO ke NC. Kondisi ini terjadi saat sumber tegangan diberikan ke elektromagnet atau saat sumber tegangan diputus dari elektromagnet relay.

Relay SSR-25DA (TRIAC)

Pengertian dan fungsi *solid state relay* (SSR) sebenarnya sama dengan relay elektromekanik atau magnetic contactor (MC), yaitu sebagai saklar elektronik yang biasa digunakan atau diaplikasikan di industri-industri sebagai *device* pengendali. Relay elektro mekanik memiliki banyak keterbatasan bila dibandingkan dengan SSR, salah satunya seperti siklus hidup kontak yang terbatas, mengambil banyak ruang, dan besarnya daya kontaktor relay. Karena keterbatasan ini, banyak produsen relay menawarkan perangkat SSR dengan semikonduktor modern yang menggunakan SCR, TRIAC, atau output transistor sebagai pengganti saklar kontak mekanik. Output *device* (SCR untuk beban DC, TRIAC untuk beban AC, atau transistor) adalah optikal yang digabungkan sumber cahaya LED yang berada dalam relay. Relay akan dihidupkan dengan energi LED ini, biasanya dengan tegangan power DC yang rendah. Isolasi optik antara input dan output inilah yang menjadi kelebihan yang ditawarkan oleh SSR bila dibanding relay elektromekanik. SSR juga berarti relay yang tidak mempunyai bagian yang bergerak sehingga tidak terjadi aus. SSR juga mampu menghidupkan dan mematikan dengan waktu yang jauh lebih cepat bila dibandingkan dengan relay elektromekanik. Juga tidak ada pemicu percikan api antar kontak sehingga tidak ada masalah korosi kontak. Namun SSR masih terlalu mahal untuk dibuat dengan rating arus yang sangat tinggi. Sehingga, kontaktor elektromekanik atau relay konvensional masih terus mendominasi aplikasi- aplikasi di industri saat ini. Bentuk fisik relay SSR-25DA dapat dilihat pada Gambar berikut.[3]



Gambar 3. Relay SSR-25DA

Driver Relay

Relay adalah suatu peranti yang bekerja berdasarkan elektromagnetik untuk menggerakan

sejumlah kontaktor yang tersusun atau sebuah saklar elektronis yang dapat dikendalikan dari rangkaian elektronik lainnya dengan memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber energinya. kontaktor kan tertutup (ON) atau terbuka (OFF) karena efek induksi magnet yang dihasilkan kumparan (induktor) ketika dialiri aruslistrik. Bentuk fisik relay 2 *Channel* dapat dilihat pada gambar berikut.



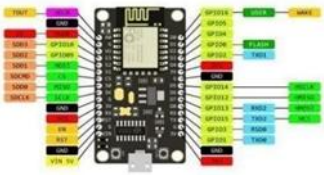
Gambar 4. Relay 2 Channel

Berdasarkan gambar skematik relay di atas, berikut ini adalah keterangan dari ketiga pin yang sangat perlu kamu ketahui:

1. **COM (*Common*),** adalah pin yang wajib dihubungkan pada salah satu dari dua ujung kabel yang hendak digunakan.
2. **NO (*Normally Open*),** adalah pin tempat menghubungkan kabel yang satunya lagibila menginginkan kondisi posisi awalyang terbuka atau arus listrik terputus.
3. **NC (*Normally Close*),** adalah pin tempat menghubungkan kabel yang satunya lagi bila menginginkan kondisi posisi awal yang tertutup atau arus listrik tersambung.[4]

Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan penerus dari ESP8266 yang memberikan beberapa perbaikan di semua lini. Tidak hanya memiliki dukungan konektifitas Wifi, namun juga *Bloetooth Low Energy* yang membuat ESP32 menjadi lebih berguna. CPU yang dimiliki ESP32 hampir mirip dengan yang dimiliki ESP8266 yaitu Xtensa LX6 dengan arsitektur 32-bit, namun kelebihannya pada ESP32 memiliki inti ganda. Tidak hanya itu, ESP32 memiliki ROM 128KB dan SRAM 416K, juga Flash Memory (untuk menyimpan program data) sebesar 64 MB. Bentuk fisik dari Modul ESP32 bisa dilihat dari Gambar berikut.



Gambar 5. Modul Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikenalkan oleh *Espressif System* merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul WiFi dalam chip sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi Internet of Things. ESP32 sendiri tidak jauh berbeda dengan ESP8266 yang familiar di pasaran, hanya saja ESP32 lebih komplek dibandingkan ESP8266, cocok untuk sobat dengan proyek yang besar.[5]

Modul PZEM-004T

Module PZEM-004T merupakan module yang dapat mengukur (measurement) beberapa variabel kelistrikan sekaligus seperti tegangan, arus, daya dan energi. Selain itu sensor ini dapat menampilkan secara langsung pengukuran tersebut dalam LCD display (tegangan, arus, daya dan energi). Sensor ini merupakan bentuk lengkap dari kumpulan sensor-sensor konvensional sebelumnya yang umumnya terpisah antara satu dengan yang lain. Adapun bentuk fisik dari sensor PZEM-004T bisa dilihat dari Gambar berikut.



Gambar 6. Modul PZEM-004T

Kegunaan Modul PZEM-004T bagi penyusun untuk membaca arus data parameter tegangan dari sumber ac PLN, Genset dan beban, kemudian data tersebut yang nantinya akan dikirimkan ke mikrokontroler ESP32. PZEM- 004T juga mendeteksi gangguan kelistrikan ketika mengalami *undervoltage* (tegangan rendah) dan *overvoltage* (tegangan lebih). Dimana pada saat *undervoltage* dan *overvoltage* mendeteksi gangguan kemudian mengirimkan informasi ke relay dan *triac* mengambil alih dari sumber AC PLN ke sumber AC Genset dan diteruskan ke *Blynk* untuk dimonitoring.[6]

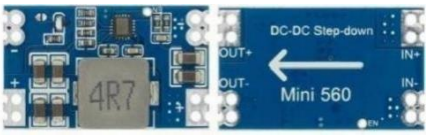
Undervoltage atau tegangan rendah merupkan salah satu gangguan kelistrikan yang terjadi ketika nilai tegangan listrik menjadi rendah atau nilai tegangannya dibawah nilai nominal yang diizinkan. Berdasarkan SPLN (standart PLN) bahwa batas toleransi tegangan pelayanan (-10%) dari tegangan nominal. Sehingga didapatkan:

Rumus: *undervoltage*
(%) = (Vstandart − (% toleransi))
= 220 V x (10%)
= 22V
= 220V-22V
= 198V
Jadi, nilai standar undervoltage pada parameter tegangan didapat 198 (V).

Overvoltage atau tegangan lebih merupakan suatu gangguan listrik yang terjadi ketika nilai tegangannya melebihi tegangan nominal yang diizinkan. Berdasarkan SPLN(standart PLN) bahwa batas toleansi tegangan pelayanan (+5%) dari tegangan nominal. Sehingga didapatkan:
Rumus: *overvoltage* (%)
= (Vstandart + (% toleransi))
= 220 V x (5%)= 11V
= 220V+11V
= 231V
Dimana, dari kedua rumus diatas:
Vstandart = tegangan standart 220 V
(% toleransi) = nilai batas presenstase yang diberikan sebagai acuan.
Jadi, nilai standar overvoltage pada parameter tegangan didapat 231 (V).

Modul Mini 560 Step Down 5V

Modul Mini 560 *Step Down* 5V merupakan DC *step down* power module menggunakan indikator daya yang dibentuk secara integral dan chip kontrol penyearah sinkron, lebih kecil dan sangat efisien. Modul ini digunakan sebagai penstabil daya pada baterai aki yang di konverter dari 12V menjadi 5V bertujuan agar sistem mikrokontroler lebih stabil. Adapun bentuk fisik dari modul mini 560 bisa dilihat dari Gambar berikut.



Gambar 7. Modul mini 560

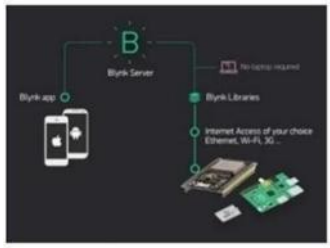
LCD 16x2 (Liquid Crystal Display)

LCD adalah suatu *display* dari bahan cairan kristal yang pengoperasiannya menganut sistem dot matrix. Komunikasi data yang dipakai menggunakan mode teks, artinya semua informasi yang dikomunikasikan memakai kode *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII). Seluruh pengiriman data ke LCD adalah melalui saluran data DB4 – DB7.[6]


Gambar 8. Blue Backlight 1602A LCD Modul

Aplikasi *Blynk*

Aplikasi *Blynk* merupakan sistem operasi *iOS* maupun *android* sebagai kendali pada modul Arduino, ESP32, dan perangkat sejenis lainnya melalui internet. Penggunaan aplikasi *Blynk* sangat mudah untuk penggunaannya dapat menggunakan *smartphone.* Aplikasi *Blynk* tidak terikat dengan komponen atau *chip* manapun, namun harus mendukung board dengan memiliki akses wifi untuk dapat berkomunikasi dengan *hardware* yang *electrician*. Aplikasi *Blynk* memiliki 3 komponen utama yaitu Aplikasi, Server dan Libraries. *Blynk server* berfungsi untuk menangani semua komunikasi diantara *smartphone* dan *hardware*. Gambar blok diagram komunikasi yang terjadi pada aplikasi *Blynk* bisa dilihat pada Gambar Berikut.



Gambar 9. Diagram Blok Komunikasi Pada Aplikasi

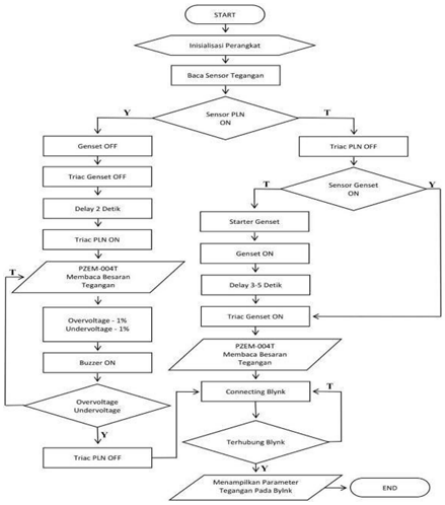
Internet of Things

Konsep *Internet of Things* sebenarnya mengacu pada prinsip kerja terpusat pada tiga elemen utama, yaitu objek fisik yang dilengkapi dengan modul Internet of Things, dan kemudian perangkat yang dapat menghubungkan ke Internet seperti Router jaringan dan cloud (penyimpanan awan) untuk menyimpan aplikasi dan data. Penggunaan Internet sudah mengalami kemajuan sangat pesat dengan adanya teknologi Internet of Things. Tidak hanya perangkat komunikasi dan komputer, tetapi semua perangkat elektronik akan dapat terhubung dan dikendalikan melalui Internet. Berikut diagram arsitektur bisa dilihat pada Gambar Berikut.



Gambar 10. Diagram Konsep Kerja Internet of Things

Flowchart



Gambar 11. Flowchart

HASIL DAN PEMBAHASAN

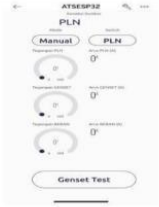
Setelah proses perancangan dan pembuatan alat selesai, maka dilakukan pengujian dan analisa pada perangkat keras, perangkat lunak dan respon system dari *prototype* yang dibuat. Supaya mendapatkan data yang benar dan lengkap, maka dibutuhkan ketelitian dan pengujian yang berulang-ulang. Sedangkan analisa dilakukan untuk mendapatkan rangkaian *prototype* dan agar dapat bekerja sesuai dengan konsep yang telah dibuat.

Tujuan dari pengujian dan analisa *prototype* ini adalah untuk mencoba apakah system yang diterapkan telah memenuhi spesifikasi yang telah direncanakan sebelumnya. Hasil pengujian yang diperoleh dapat memberikan informasi yang cukup untuk keperluan penyempurnaan system ke depannya.

Pengujian Tampilan Sensor PZEM-004T

Pengujian tampilan modul sensor PZEM-004T yang terdapat pada layar LCD dan *Blynk,* digunakan untuk memonitoring pembacaan data yang disinkron kanantara keduanya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Tampilan pada layar LDC dan Blynk

NO	Pembacaan	Gambar Tampilan pada layar
1.	Pada layar LCD	
2.	Pada layar smartphone Aplikasi Blynk	

Pengujian Tegangan dan Arus pada Blynk

Pengujian Tegangan dan Arus menggunakan aplikasi *Blynk* bertujuan untuk mendapatkan nilai perbandingan antara tegangan normal, tegangan *undervoltage* dan *overvoltage* dari data tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel Hasil Pengujian Tegangan dan Arus pada Blynk

No	Beban	Daya (Watt)	Tampilan Tegangan dan Arus					
			Pengujian Normal		Pengujian Under		Pengujian Over	
			Teg (V)	Arus (A)	Teg (V)	Arus (A)	Teg (V)	Arus (A)
1	Solder	60	220	0,18	197	0,16	232	0,19
2	Setrika	350	220	1,55	197	1,39	232	1,63
3	Hair Dryer	400	220	2,56	197	2,12	232	2,48
4	Kipas	25	220	0,19	197	0,17	232	0,20
5	Blender	250	220	0,47	197	0,43	232	0,45

Pengukuran Waktu Peralihan PLN-GENSET

Tabel 3. Hasil Pengukuran waktu peralihan PLN-GENSET

NO.	Kondisi yang diukur	Waktu (Detik)
1	Genset off-on	3
2	Genset on-off	3
3	Ats PLN-Genset	5
4	Ats Genset-PLN	2

Analisa Pengujian Tegangan dan Arus pada Blynk

Adapun hasil dari pengujian Tegangan dan Arus yang ditampilkan pada *Blynk* dapat menjadi perbandingan penggunaan beban dengan persentase pengujian dalam kondisi normal 220V, undervoltage 197V dan overvoltage 231V dapat dilihat pada Tabel 5-12 merupakan pengujian Tegangan dan Arus dengan variasi beban pada kondisi normal, *undervoltage* dan *overvoltage*. Pada pengujian ini penyusun mendapatkan perbandingan pada Tegangan variasi dimana:

1. Tegangan Normal : 220 (V)
2. Tegangan Under : 197 (V)
3. Tegangan Over : 232 (V)

Tabel 4. Hasil Pengujian Tegangan dan Arus pada Blynk

NO	Beban	Daya	Tampilan Tegangan dan Arus					
			Pengujian Normal		Pengujian Under		Pengujian Over	
		(Watt)	Teg (V)	Arus (A)	Teg (V)	Arus (A)	Teg (V)	Arus (A)
1	Solder	60	220	0,18	197	0,16	232	0,19
2	Setrika	350	220	1,55	197	1,39	232	1,63
3	Hair Dryer	400	220	2,56	197	2,12	232	2,48
4	Kipas	25	220	0,19	197	0,17	232	0,20
5	Blender	250	220	0,47	197	0,43	232	0,45

Kesimpulan yang dapat diambil dari pengujian diatas yaitu:

1. Apabila pengujian dilakukan pada saat tegangan normal 220V, yang terjadi pada variasi beban masih menunjukkan tegangan dalam kondisi stabil.
2. Apabila pengujian dilakukan pada saat tegangan *undervoltage* 197V, yang terjadi pada variasi beban menunjukkan kurang stabil atau beban yang digunakan akan melambat.
3. Apabila pengujian dilakukan pada saat tegangan *overvoltage* 231V, yang terjadi pada variasi beban akan bekerja lebih cepat dan jika benda tersebut dioperasikan secara terus menerus, dapat merusak benda akibat tegangan berlebih dari kapasitas penggunaan nya.

Analisa Waktu Peralihan PLN-GENSET

Adapun hasil pengujian waktu peralihan beban dari PLN-Genset untuk melihat jangka waktu switch menggunakan stopwhatch dapat disimpulkan bahwa Pengukuran peralihan pada sistem PLN-Genset sebagai berikut:

1. Ketika Genset dalam keadaan OFF, maka membutuhkan waktu 3 detik untuk ON secara otomatis.
2. Ketika Genset dalam keadaan ON, maka hanya membutuhkan waktu 3 detik untuk OFF secara otomatis.
3. Ketika sistem ATS PLN beralih ke Genset, maka membutuhkan waktu selama 5 detik untuk memproses sistem.
4. Ketika sistem ATS Genset beralih ke PLN, maka hanya membutuhkan waktu selama 2 detik untuk mematikan Genset secara otomatis dan masuk ke sistem ATS pada PLN.

Cara ini dapat mempermudah pengguna dalam pengaplikasiannya tanpa harus mengecek secara terus menerus, dibandingkan dengan memonitoring secara manual, pengguna membutuhkan waktu delay 5-8 detik untuk switch sistem ATS- Genset dan untuk mematikan Genset, pengguna membutuhkan waktu selama 1- 3 menit untuk berjalan mematikan Genset secara manual tergantung jarak Genset dan pengguna. Sedangkan keunggulan dari Genset auto on-ff, pengguna dapat memonitor menggunakan aplikasi Blynk dan dapat dimaintenance dengan memanaskan Generator selama 2 atau 3 hari sekali agar komponen tidak aus atau rusak.

KESIMPULAN

Setelah melakukan banyak tahapan untuk menyelesaikan *prototype* alat dengan judul "RANCANG BANGUN AUTOMATIC TRANSFER SWITCH (ATS) BERBASIS MIKROKONTROLER ESP32 DILENGKAPI SISTEM MONITORING PARAMETER TEGANGAN MENGGUNAKAN *BLYNK"* maka dapat disimpulkan dari pembuatan alat Tugas Akhir yaitu:

1. Waktu peralihan sistem ATS AMF- Genset hanya membutuhkan waktu 5 detik untuk peralihan beban dari ATS- Genset, dan 2-3 detik dalam mematikan secara otomatis, penundaan waktu peralihan beban bertujuan untuk meminimalisir terjadinya tegangan *shorting.*
2. Mikrokontroler ESP32 sangat cocok dengan *prototype* yang digunakan penyusun, sesuai dengan banyaknya pin pada Mikrokontroler ESP32.
3. Modul mini560 menunjukkan tegangan pada setiap sistem keseluruhan rangkaian stabil yaitu di angka 5,08 VDC.
4. *Relay* 2 *Channel* dapat berfungsi dengan baik dalam memonitoring Genset secara otomatis.
5. Modul PZEM-004T dapat membaca secara akurat sehingga sensor ini sangat cocok untuk mendeteksi Arus dan tegangan.
6. Pengujian *undervoltage* mendapatkan nilai tegangan 198V dan nilai *overvoltage* 231V.
7. Harga untuk ATS yang penyusun buat yaitu Rp1.045.800,00,- sedangkan ATS yang dipasaran *marketplace* Rp8.500.000.00,-. Maka penyusun menghemat biaya sebesar Rp7.454.200.00,-.
8. Sistem ATS-Genset yang terdapat pada relay SSR-25DA sebagai *driver triac*/kontaktor dapat bekerja dengan baik sesuai dengan sistem *Automatic Transfer Switch.*

UCAPAN TERIMA KASIH

Bagian ini menyatakan ucapan terima kasih kepada pihak yang berperan dalam pelaksanaan kegiatan penelitian, misalnya laboratorium tempat penelitian. Peran donor atau yang mendukung penelitian disebutkan perannya secara ringkas. Dosen yang menjadi penulis tidak perlu dicantumkan di sini.

DAFTAR PUSTAKA

1. A. Wicaksana and T. Rachman, *NoTitle No Title No Title*, vol. 3, no. 1. 2018.[Online]. Available:
2. G. P. Tumilar, F. Lisi, and M. Pakiding, "Optimalisasi Penggunaan Bahan Bakar Pada Generator Set Dengan Menggunakan Proses Elektrolisis," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 4, no. 2, pp. 77–88, 2015.
3. Margana and F. G. Sumarno, "Kontrol Manual dan Otomatis pada Generator Set dengan Menggunakan Mikrokontroler Melalui Smartphone Android," *J. Tek. Energi*, vol. 13, no. No. 2, pp. 44–49, 2017.
4. R. D. Risanty and L. Arianto, "Rancang Bangun Sistem Pengendalian Listrik Ruangan Dengan Menggunakan Atmega 328 Dan Sms Gateway Sebagai Media Informasi," *Sist. Inf.*, vol. 7, no. 2, pp. 1– 10, 2017.
5. A. Prafanto, E. Budiman, P. P. Widagdo, G. M. Putra, and R. Wardhana, "Pendeteksi Kehadiran menggunakan ESP32 untuk Sistem Pengunci Pintu Otomatis," *JTT (Jurnal Teknol. Ter.*, vol. 7, no. 1, p. 37, 2021, doi: 10.31884/jtt.v7i1.318.
6. D. Harsono, J. Sunardi, and D. Biantara, "Pemantauan Suhu dengan Mikrokontroler ATmega8 Pada Jaringan Lokal," *Semin. Nas. SDM Teknol. Nukl.*, vol. 5, no. 1, pp. 415–422, 20