

LAPORAN TUGAS AKHIR 2

TrafficEase IoT : Sistem Monitoring Kerusakan pada Lampu Lalu Lintas Berbasis Internet-of-Things



Penyusun:

Rosiana (20524048)

Mochamad Riskhi Candra Herwana (20524104)

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

2024

HALAMAN PENGESAHAN

TrafficEase IoT : Sistem Monitoring Kerusakan pada Lampu Lalu Lintas Berbasis Internet-of-Things

Penyusun:

Rosiana (20524048)

Mochamad Riskhi Candra Herwana (20524104)

Yogyakarta, 09 Juli 2024

Dosen Pembimbing 1



Dr. Hasbi Nur Prasetyo W, S.T., M.T.

NIK 195240101

Dosen Pembimbing 2



Medila Kusriyanto S.T., M.Eng

NIK 015240101

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

2024

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

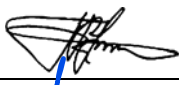
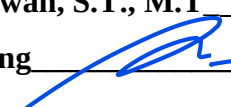
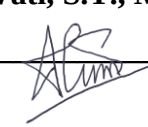
TRAFFICEASE IOT : SISTEM MONITORING KERUSAKAN PADA LAMPU LALU LINTAS

BERBASIS INTERNET-OF-THINGS

Disusun oleh:
Mochamad Riskhi Candra Herwana 20524104
Rosiana 20524048

Telah dipertahankan di depan dewan penguji
pada tanggal: 18 Juli 2024

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji	: Dr. Hasbi Nur Prasetyo Wisudawan, S.T., M.T	
Anggota Penguji 1	: Dwi Ana Ratna Wati, S.T., M.Eng	
Anggota Penguji 2	: Alim Safari, S.T	

Tugas akhir ini telah disahkan sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal: 01 Agustus 2024

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Dwi Ana Ratna Wati, S.T., M.Eng.

035240102

PERNYATAAN

Dengan ini kami menyatakan bahwa:

1. Tugas Akhir ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi lainnya, dan sepanjang pengetahuan kami juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Tugas Akhir yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak, yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal ini, penggunaan informasi dan materi Tugas Akhir terkait paten maka akan didiskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut di atas.

Yogyakarta, 01 Agustus 2024



Rosiana (20524048)



Mochamad Riskhi Candra Herwana (20524104)

ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan dan mengimplementasikan sistem pemantauan lampu lalu lintas berbasis *Internet of Things (IoT)* yang bertujuan untuk mendeteksi dan melaporkan kerusakan pada lampu lalu lintas secara otomatis, guna meningkatkan efisiensi dan keselamatan pengelolaan lalu lintas. Sistem ini memanfaatkan sensor PZEM-004T untuk mengukur parameter listrik penting seperti tegangan, arus, dan daya dari lampu lalu lintas. Data yang dikumpulkan oleh sensor kemudian dipantau secara real-time melalui antarmuka aplikasi Blynk, yang memungkinkan pemantauan jarak jauh secara efektif.

Ketika sistem mendeteksi adanya anomali, seperti fluktuasi tegangan yang tidak wajar atau arus yang tidak normal, sistem secara otomatis mengirimkan notifikasi SMS kepada pengguna. Notifikasi ini tidak hanya memberikan peringatan tentang adanya kerusakan, tetapi juga menyertakan informasi yang lebih detail, seperti jenis kerusakan, waktu kejadian yang ditentukan oleh modul RTC DS3231, dan lokasi presisi tinggi dari lampu yang rusak menggunakan modul GPS Neo-6m. Proses pengiriman notifikasi dilakukan melalui modul komunikasi SIM800L.

Untuk mengintegrasikan berbagai komponen sensor dan modul, sistem ini menggunakan mikrokontroler Arduino ATmega 2560 yang didukung oleh modul Wi-Fi ESP8266, yang juga berperan dalam mengirimkan data ke aplikasi Blynk. Pengujian yang dilakukan terhadap sistem ini menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kerusakan lampu lalu lintas secara akurat dan memberikan laporan real-time kepada pihak yang berwenang, memungkinkan mereka untuk mengambil tindakan perbaikan dengan segera.

Analisis terhadap data dari empat kasus percobaan menunjukkan bahwa sensor PZEM-004T memiliki performa yang bervariasi tergantung pada jenis pengukuran dan kondisi operasional lampu. Sensor ini menunjukkan akurasi tinggi dalam pengukuran tegangan, dengan rata-rata error sekitar 1%, dan daya dengan error sekitar 2-3%. Namun, dalam pengukuran arus, sensor ini memiliki deviasi yang signifikan, dengan error mencapai hingga 32%, yang menunjukkan keterbatasan dalam pengukuran arus yang sangat kecil. Meski begitu, sensor ini masih dianggap andal untuk pengukuran tegangan dan daya di berbagai kondisi operasional lampu lalu lintas.

Secara keseluruhan, sistem pemantauan berbasis *IoT* yang dikembangkan ini mampu meningkatkan kualitas dan keandalan pengelolaan infrastruktur lalu lintas di persimpangan, melalui pemantauan dan pelaporan yang lebih cepat dan tepat. Implementasi sistem ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi operasional dan keselamatan lalu lintas secara umum.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	2
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	3
PERNYATAAN	4
ABSTRAK	5
DAFTAR ISI	6
DAFTAR GAMBAR	9
BAB 1. PENDAHULUAN	11
1.1 Latar Belakang dan Identifikasi Masalah	11
1.2 Rumusan Masalah	15
1.3 Tujuan	15
1.4 Batasan Masalah	16
1.5 Batasan Realistis Aspek Keteknikan	16
1.6 Standar Keteknikan mengenai Sistem <i>Traffic Light</i> Berbasis <i>IoT</i>	17
1.7 Standar Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) Sistem <i>Traffic Light</i> Berbasis <i>IoT</i>	18
BAB 2. IDENTIFIKASI KEBUTUHAN SISTEM	19
2.1 Studi Literatur dan Observasi	19
2.2 Dasar Teori	20
2.1.1 <i>IoT (Internet of Things)</i>	20
2.1.2 <i>Traffic Light</i>	21
2.3 Analisis Stakholder	21
2.4 Analisis Aspek yang Mempengaruhi Sistem	22
2.5 Spesifikasi Sistem	23
BAB 3. USULAN SOLUSI	24
3.1 Usulan Solusi 1	25
3.1.1 Desain Sistem 1	26
3.1.2 Rencana Anggaran Desain Sistem 1	31

3.1.3 Analisis Risiko Desain 1	32
3.1.4 Pengukuran Performa	32
3.2 Usulan Solusi 2	33
3.2.1 Desain Sistem 2	33
3.2.3 Rencana Anggaran Desain 2	39
3.2.3 Analisis Risiko Desain 2	40
3.2.4 Pengukuran Performa	40
3.3 Usulan Solusi 3	41
3.3.1 Desain Sistem 3	41
3.3.2 Rencana Anggaran Desain 3	47
3.3.3 Analisis Risiko Desain 3	48
3.3.4 Pengukuran Performa	48
3.4 Analisis dan Penentuan Usulan Solusi/Desain Terbaik	49
3.5 <i>Gantt Chart</i>	50
3.6 Realisasi Pelaksanaan Tugas Akhir 1	52
BAB 4. HASIL RANCANGAN DAN METODE PENGUKURAN	55
4.1 Hasil Rancangan Sistem	55
4.1.1 Hasil Rancangan Elektronik	55
4.1.2 Hasil Rancangan Desain Wadah	57
4.1.3 Hasil Rancangan Interface Menggunakan Blynk	60
4.1.4 Foto Hasil Akhir Pengukuran	61
4.1.5 Metode Pengukuran Kinerja Hasil Perancangan	63
BAB 5. HASIL PENGUKURAN DAN ANALISIS	70
5.1 Hasil Rancangan Sistem	70
5.1.1 Hasil dan Analisis Pengujian Indikator	70
5.1.2 Pemenuhan Spesifikasi Sistem	100
5.1.3 Pengalaman Pengguna	101
5.1.4 Kesesuaian Perencanaan dalam Manajemen Tim dan Realisasinya	102

5.2 Dampak Implementasi Sistem	105
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN	106
6.1 Kesimpulan	106
6.2 Saran	107
DAFTAR PUSTAKA	108
LAMPIRAN-LAMPIRAN	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Bentuk fisik lampu lalu lintas melibatkan sejumlah komponen, termasuk lampu khusus untuk kendaraan dan pejalan kaki, serta lampu berbentuk panah.....	11
Gambar 1. 2 Penerapan lampu lalu lintas untuk mengatasi kemacetan di Jakarta.....	12
Gambar 1. 3 Kecelakaan yang terjadi karena ketidaksesuaian lampu lalu lintas dengan standar lalu lintas.....	13
Gambar 2. 1 IoT dan implementasinya pada setiap bidang maupun sektor.....	20
Gambar 3. 1 Siklus perancangan suatu sistem rekayasa yang terdiri dari Emphatize, Define, Ideate, Prototype, Test dan Implement	24
Gambar 3. 2 Flowchart yang menjelaskan mekanisme kerja dari usulan pertama	26
Gambar 3. 3 Blok diagram kerja sistem dari usulan pertama	27
Gambar 3. 4 Wiring diagram dari usulan pertama	27
Gambar 3. 5 Rancangan dua dan tiga dimensi dari solusi yang diajukan pada usulan pertama ...	28
Gambar 3. 6 Ilustrasi skema tiga dimensi yang diaplikasikan di lapangan dengan menggunakan perangkat lunak Tinkercad.....	28
Gambar 3. 7 format dan tampilan pesan SMS yang dikirimkan kepada pengguna melalui jaringan GSM dalam usulan pertama	31
Gambar 3. 8 Flowchart yang menjelaskan mekanisme kerja dari usulan kedua.....	34
Gambar 3. 9 Blok diagram kerja sistem dari usulan kedua.....	34
Gambar 3. 10 Wiring diagram dari usulan kedua	35
Gambar 3. 11 Rancangan dua dan tiga dimensi dari solusi yang diajukan pada usulan kedua.....	36
Gambar 3. 12 Ilustrasi skema tiga dimensi yang diaplikasikan di lapangan dengan menggunakan perangkat lunak Tinkercad.....	36
Gambar 3. 13 Format dan tampilan Blynk yang dikirimkan kepada pengguna melalui jaringan GSM dalam usulan kedua	39
Gambar 3. 14 Flowchart yang menjelaskan mekanisme kerja dari usulan ketiga	42
Gambar 3. 15 Blok diagram kerja sistem dari usulan ketiga.....	42
Gambar 3. 16 Wiring diagram dari usulan ketiga	43
Gambar 3. 17 Rancangan dua dan tiga dimensi dari solusi yang diajukan pada usulan ketiga	43
Gambar 3. 18 Ilustrasi skema tiga dimensi yang diaplikasikan di lapangan dengan menggunakan perangkat lunak Tinkercad.....	44

Gambar 3. 19 Format dan tampilan Blynk yang dikirimkan kepada pengguna melalui jaringan GSM dalam usulan ketiga	47
Gambar 4.1 Rangkaian Elektronik <i>TrafficEase IoT</i>	55
Gambar 4.2 Desain <i>Printed Circuit Board</i> (PCB) Pada Sistem <i>TrafficEase IoT</i>	56
Gambar 4.3 Desain elektronik <i>TrafficEase IoT</i> dan keterangan Port.....	56
Gambar 4.3 Rancangan Desain Wadah sistem <i>TrafficEase IoT</i> dengan Komponen di dalam nya	58
Gambar 4.4 Rancangan Desain Wadah sistem <i>TrafficEase IoT</i>	58
Gambar 4.4 Desain rill dari sistem <i>TrafficEase IoT</i>	59
Gambar 4.5 Interface Blynk untuk menampilkan tegangan, arus, dan daya dari lampu lalu lintas	60
Gambar 4.6 Notifikasi dari Interface Blynk untuk menampilkan tegangan, arus, dan daya dari lampu lalu lintas serta Notifikasi SMS pada sistem <i>TrafficEase IoT</i>	61
Gambar 4.7 Hasil Perancangan Sistem <i>TrafficEase IoT</i>	62
Gambar 4.8 Hasil perancangan Sistem <i>TrafficEase IoT</i> ketika dialiri listrik.....	63
Gambar 5.1 Sebelah kiri: Interface Blynk yang menunjukkan pengukuran tegangan, arus, dan daya; sebelah kanan: Implementasi fisik sistem <i>Traffic light</i> berbasis <i>IoT</i> menggunakan sensor PZEM-004t dan modul Arduino ATmega 2560 serta ESP8266.....	98

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Identifikasi Masalah

Lampu lalu lintas berfungsi sebagai alat pengatur arus lalu lintas yang dipasang di persimpangan jalan, penyeberangan pejalan kaki (*zebra cross*), dan lokasi arus lalu lintas lainnya. Operasional lampu lalu lintas diselenggarakan oleh Kepolisian Negara Republik Indonesia melalui Divisi Departemen Kepolisian Lalu Lintas (PJR), sebagaimana diatur dalam Undang-undang Nomor 2 Tahun 22 September 2009. Undang-undang tersebut menjelaskan bahwa lampu lalu lintas atau yang dikenal dengan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) memberikan isyarat tertentu. Lampu ini terpasang di persimpangan dan penyeberangan pejalan kaki (*cross line* dan *pedestrian light*). Mekanisme kerja lampu ini terdiri dari pemberian isyarat kapan kendaraan harus bergerak atau berhenti secara bergantian, yang ditandai oleh tiga lampu berwarna merah, kuning, dan hijau. Tujuan pengaturan lalu lintas di persimpangan adalah untuk mengarahkan pergerakan kendaraan agar dapat bergerak secara bergantian sesuai dengan warna lampu yang ditampilkan [1] [2]. Gambar 1.1 akan memaparkan kondisi fisik dari lampu lalu lintas yang terdiri dari tiga lampu yang mengontrol pengendara lalu lintas, baik kendaraan motor maupun pejalan kaki. Kemudian di sebelah kiri dan kanan terdapat lampu yang mengontrol pejalan kaki yang ingin melintas. Terdapat juga lampu yang berbentuk panah untuk memberikan arahan khusus kepada pengendara lalu lintas mengenai arah yang diizinkan atau dilarang selama periode tertentu [3].



Gambar 1. 1 Bentuk fisik lampu lalu lintas melibatkan sejumlah komponen, termasuk lampu khusus untuk kendaraan dan pejalankaki, serta lampu berbentuk panah

Lampu lalu lintas memiliki fungsi ganda sebagai pengatur lalu lintas dan penyelenggara pergerakan pejalan kaki serta kendaraan dari setiap arah. Perlu diingat oleh semua pihak bahwa menjaga kelancaran arus lalu lintas adalah krusial demi keselamatan setiap pengguna jalan, mulai dari pengendara sepeda, mobil, sepeda motor, angkutan umum, hingga pejalan kaki dan penyandang disabilitas [4] [5]. Setiap penjurul dilengkapi dengan dua atau tiga perangkat, di mana setiap perangkat terdiri dari tiga lampu berwarna merah, kuning, dan hijau, bertujuan untuk mengatur pergerakan kendaraan. Selain itu, satu lampu tambahan pada setiap perangkat digunakan khusus untuk mengatur pergerakan pejalan kaki. Lampu lalu lintas memberikan isyarat berupa lampu merah, yang menandakan bahwa kendaraan di belakangnya harus berhenti, dan berganti menjadi lampu hijau untuk menandakan bahwa kendaraan dapat melanjutkan perjalanan melintasi persimpangan atau pejalan kaki dapat menyeberang. Sistem ini umumnya diimplementasikan pada lalu lintas dengan kepadatan yang tinggi, terutama di area perkotaan [1] [2]. Gambar 1.2 Menunjukkan Penerapan Penggunaan Lampu Lalu Lintas dalam Mengatasi Kemacetan di Jakarta.



Gambar 1. 2 Penerapan lampu lalu lintas untuk mengatasi kemacetan di Jakarta

Berdasarkan data statistik dari Lembaga Statistik Finlandia tahun 2019, tercatat adanya peningkatan signifikan dalam jumlah kendaraan dibandingkan dengan tahun 2017, yakni mencapai 133.617.012 unit, meningkat dari 118.922.708 sebelumnya. Di Indonesia, data dari Kepolisian Negara Republik Indonesia tahun 2019 mencatat bahwa penggunaan kendaraan oleh masyarakat

mengalami kenaikan sebesar 6.37% dari tahun 2017 hingga 2018, dan mencapai 11.9% pada tahun 2019. Perkembangan ini sejalan dengan waktu dan dapat menimbulkan kemacetan, khususnya di persimpangan jalan, yang meningkatkan risiko kecelakaan. Data Statistik Dinas Perhubungan menyatakan bahwa sekitar 60.6% dari total kecelakaan di Indonesia melibatkan pengendara sepeda motor, sementara kendaraan bermotor roda empat menyumbang sebesar 29.8%. Kecelakaan ini umumnya disebabkan oleh pelanggaran aturan lalu lintas, termasuk pengabaian isyarat dari lampu lalu lintas. Selain itu, kualitas lampu lalu lintas juga berpengaruh signifikan pada visualisasi pengendara, terutama dalam kondisi cuaca buruk seperti hujan atau kabut, dan mutu lampu lalu lintas itu sendiri. Kondisi lampu yang redup atau mati, terutama di malam hari, dapat menjadi pemicu kecelakaan, bahkan dapat berdampak fatal dengan mengakibatkan korban jiwa [6].



Gambar 1. 3 Kecelakaan yang terjadi karena ketidaksesuaian lampu lalu lintas dengan standar lalu lintas

Dalam tahap perancangan awal, lampu lalu lintas dirancang menggunakan lampu bohlam sebagai sumber cahaya utama, yang kemudian dilapisi dengan plastik berwarna. Namun, pada implementasinya, lampu bohlam kemudian diperbarui dengan lampu LED, mengingat pada periode tersebut teknologi yang tersedia masih dominan menggunakan lampu bohlam. Seiring berjalannya waktu, lampu ini menghadapi sejumlah kelemahan, di antaranya adalah risiko terhadap *short circuit*, yang memerlukan pemeliharaan secara teratur. Pendekatan konvensional dalam pemeliharaan dianggap tidak efisien karena hanya mengandalkan jadwal rutin tanpa memanfaatkan teknologi modern. Proses identifikasi masalah dalam metode konvensional seringkali memakan waktu yang lama. Oleh karena itu, diperlukan penggunaan sistem pemantauan

dan diagnosa otomatis guna mengidentifikasi masalah dengan cepat dan mempercepat proses pemeliharaan.

Sebagai mahasiswa Teknik Elektro di Universitas Islam Indonesia (UII), kami tengah mengembangkan rancangan lampu lalu lintas yang memanfaatkan teknologi IoT (*Internet of Things*) untuk pengaturan dan pengendalian jarak jauh [7] [8]. Sistem ini melibatkan pemantauan otomatis dengan penggunaan sensor-sensor canggih yang memberikan informasi secara *real-time*, membantu mendeteksi masalah yang mungkin terjadi. Pendekatan ini mengadopsi strategi pemeliharaan yang lebih proaktif, dengan memanfaatkan teknologi berbasis data seperti pemantauan kondisi melalui sensor, analisis prediktif, hingga pemeliharaan preventif yang dijadwalkan. Selain itu, perancangan ini bertujuan untuk mengidentifikasi masalah secara dini, mengurangi waktu tidak aktif, dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya [8]. Melalui wawancara dengan pihak Dinas Perhubungan DIY, kami menyajikan data kualitatif dan kuantitatif yang relevan, sebagaimana tergambar dalam tabel yang kami lampirkan.

Tabel 1.1 Hasil Wawancara dengan Pihak Dinas Perhubungan DI Yogyakarta

Pertanyaan	Jawaban/Tanggapan
Tugas dan wewenang utama Dinas Perhubungan DI Yogyakarta yang berkaitan dengan <i>traffic light system</i> ?	Tugas dan wewenang mengatur, manajemen dan <i>maintenance traffic light</i> serta menambahkan <i>traffic light</i> pada jalan provinsi dan jalan yang berpotensi adanya kemacetan berlebih.
Jumlah pemetaan <i>Traffic light</i> yang dikelola oleh dinas perhubungan DIY?	Total <i>traffic light</i> yang dimiliki provinsi DI berjumlah 85 <i>traffic light</i> . Namun yang dapat dikontrol secara <i>online</i> melalui ATCS (Akutansi Cepat Tanggap cabang Yogyakarta) berjumlah 66 <i>traffic light</i> .
Proses pemeliharaan <i>traffic light</i> mulai dari pemasangan, perawatan, dan perbaikan jika terjadi kerusakan (<i>fault</i>)?	Dinas Perhubungan DIY melakukan <i>maintenance</i> secara berkala. Namun ada yang berasal dari Polantas berupa informasi kondisi lampu APILL di setiap pos persimpangan.

Pertanyaan	Jawaban/Tanggapan
Bagaimana cara Dishub mengetahui kerusakan <i>traffic light</i> di titik/lokasi tertentu? Apakah itu bisa diketahui dengan mudah dan cepat?	• Melalui aduan di <i>website</i> resmi Dishub atau <i>website</i> ACTS untuk mengetahui kondisi lampu APILL • Melalui kepolisian yang sedang berjaga di suatu titik <i>traffic light</i>
Jika kami membuat perancangan <i>Traffic light</i> menggunakan teknologi IoT dengan fitur : • Mengendalikan <i>Traffic light</i> dari jarak jauh melalui aplikasi • Mengetahui kondisi <i>Traffic light</i> dengan mudah • Notifikasi adanya anomali yang tidak sesuai dengan prosedur dari Dinas Perhubungan	Kami sangat senang jika adik-adik melakukan penelitian di Dinas Perhubungan DIY apalagi penelitian adik-adik bisa dipraktekkan langsung dilapangan kami pihak Dinas Perhubungan DIY memberikan <i>support</i> untuk penelitian tersebut. Pihak Dinas Perhubungan DIY dapat bekerja sama dengan akademisi untuk meningkatkan kenyamanan dan keamanan pengendara.

1.2 Rumusan Masalah

- Bagaimana cara mendesain sistem pemantauan lampu lalu lintas berbasis IoT di persimpangan?
- Bagaimana penerapan sistem IoT dapat digunakan untuk mendeteksi potensi kerusakan atau kegagalan pada lampu lalu lintas dan memberikan informasi terkait, sehingga Dinas Perhubungan dapat secara proaktif merencanakan tindakan pemeliharaan yang diperlukan?

1.3 Tujuan

- Mewujudkan penerapan sistem pemantauan lampu lalu lintas berbasis IoT di persimpangan
- Memfasilitasi Dinas Perhubungan untuk dengan mudah mengidentifikasi potensi kerusakan atau kegagalan pada lampu lalu lintas dan menyediakan informasi yang dibutuhkan secara efisien melalui implementasi sistem IoT.

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah penelitian *Traffic Light* berbasis IoT untuk di atas maka bisa dirumuskan beberapa batasan masalah berikut ini :

- Sistem ini memiliki kemampuan untuk melakukan pemantauan secara *real-time* karena berbasis *Internet of Things* (IoT).
- Fokus utama dari Sistem Traffic Light berbasis IoT ini adalah pada pemantauan kondisi dan tingkat kerusakan lampu lalu lintas, menggunakan aplikasi dan analisis deteksi kerusakan sistem (*fault detection*).
- Sistem *Traffic Light* berbasis IoT ini dilengkapi dengan sistem peringatan (*alert system*) jika kondisi melebihi batas normal dari parameter yang telah ditentukan, dengan menggunakan platform Blynk.

1.5 Batasan Realistis Aspek Keteknikan

Berikut adalah beberapa batasan realistis yang dapat disimpulkan dari identifikasi masalah di atas :

- Sumber daya listrik akan dialiri dari cadangan daya atau PLN secara otomatis saat terjadi pemadaman listrik. Sistem ini memastikan kelangsungan pasokan listrik pada gangguan dari sumber utama untuk mendukung operasional perangkat.
- Pengendalian fitur secara *online* atau pemantauan jarak jauh menggunakan aplikasi Blynk memanfaatkan teknologi IoT dan koneksi internet. Aplikasi Blynk memberikan antarmuka pengguna sederhana untuk mengelola perangkat IoT dengan respons *real-time*.
- Notifikasi atau peringatan akan dikirimkan kepada pihak terkait saat terjadi kerusakan pada lampu lalu lintas. Sistem ini mendeteksi anomali dan otomatis memberi informasi kepada pihak yang berwenang untuk tindakan responsif dan pencegahan risiko kecelakaan lalu lintas.

1.6 Standar Keteknikan mengenai Sistem *Traffic Light* Berbasis IoT

1. IEEE Standards:

- **IEEE 802.11 (Wi-Fi):** Jika menggunakan WiFi untuk konektivitas antar perangkat.
- **IEEE 802.15.1 (Bluetooth):** Jika menggunakan Bluetooth untuk komunikasi antar perangkat.
- **IEEE 802.15.4 (Zigbee):** Jika memilih *Zigbee* sebagai protokol jaringan nirkabel.

2. ISO Standards:

- **ISO 15638 (*Intelligent Transport Systems*):** Memberikan panduan mengenai arsitektur sistem transportasi pintar.
- **ISO 21217 (*Road Traffic Signal Systems*):** Menyediakan pedoman terkait sistem lampu lalu lintas.

3. ITU Standards:

- **ITU-T G.114 (*One-Way Transmission Time*):** Penting untuk pengukuran waktu transmisi yang kritis.
- **ITU-T E.161 (*Arrangement of Figures, Letters, and Symbols on Telephones and Other Devices*):** Jika ada antarmuka pengguna atau tampilan pada sistem.

4. Blynk Standards:

- **Blynk API Documentation:** Mengacu pada dokumentasi resmi Blynk untuk mengimplementasikan kontrol menggunakan Blynk.
- **Security Best Practices:** Pastikan implementasi aman, sesuai dengan pedoman keamanan yang disediakan oleh Blynk.

5. GPS Standards:

- **ISO 25178 (*Geometrical Product Specifications*):** Jika data dari GPS digunakan untuk mengukur posisi dengan tingkat ketelitian tertentu.

6. GSM Standards:

- **3GPP (3rd Generation Partnership Project):** Jika menggunakan teknologi GSM, ini adalah badan standar utama untuk teknologi seluler.

1.7 Standar Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) Sistem Traffic Light Berbasis IoT

- **Undang-undang No. 14 tahun 1969** : Undang-undang ini tentang Perlindungan terhadap Tenaga Kerja dan Pembinaan Norma Keselamatan Kerja
- **SNI 04-0225-2000** : Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)
- **SNI 19-0229-1987** : Pekerjaan di dalam Ruangan Tertutup
- **SNI 19-0231-1987** : Kegiatan Konstruksi, Keselamatan, dan Kesehatan Kerja
- **SNI 19-1955-1990** : Perancah, Keselamatan Kerja pada Pemasangan dan Pemakaian
- **SNI 19-1956-1990** : Tangga Kerja, Keselamatan Kerja pada Pembuatan dan Pemakaian
- **SNI 19-3993-1995** : Pedoman Keselamatan dan Kesehatan Kerja tentang Keselamatan Kerja Las Busur Listrik
- **SNI 19-3994-1995** : Pedoman Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Pertolongan Pertama pada Kecelakaan
- **SNI 19-3997-1995** : Pedoman Keselamatan Kerja Listrik pada Pentanahan
- **SNI 19-1957-1990** : Pedoman Pengawasan Kesehatan Kerja
- **SNI 19-1961-1990** : Peraturan Khusus Keselamatan dan Kesehatan Kerja
- **SNI 18-2036-1990** : Ketentuan Keselamatan Kerja Radiasi

BAB 2 IDENTIFIKASI KEBUTUHAN SISTEM

2.1 Studi Literatur dan Observasi

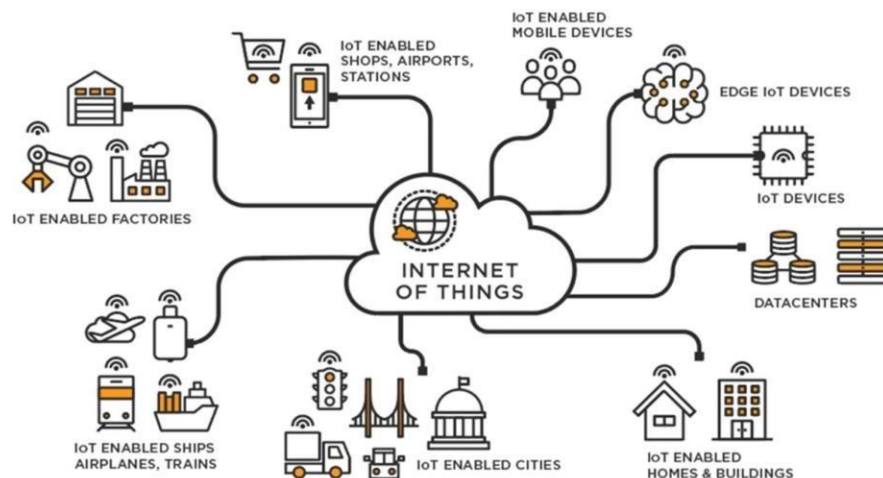
Tabel 2.1 Hasil Studi Literatur Solusi Sejenis

Judul	Usulan Solusi	Hasil/Evaluasi (Kelebihan/Kekurangan)
<i>Prototype Lampu Lalu Pengendalian Jarak Berbasis Internet of Things (IoT)</i>	Solusi yang diusulkan adalah penggunaan <i>traffic light</i> standar yang diperbarui dengan penambahan beberapa komponen, seperti kamera, sensor, dan alat komunikasi berupa koneksi WiFi. Hal ini bertujuan agar alat tersebut dapat diakses dan dipantau dari jarak jauh, memungkinkan pengaturan dan pengendalian lampu secara efektif [5].	Hasil: Kelebihan: • sistem <i>traffic light</i> yang mampu dikontrol Kekurangan: • Kendala pada sumber daya jika terjadi kegagalan listrik • Harus dilakukan pemantauan secara berkala • Membutuhkan seorang pengawas untuk setiap <i>traffic light</i>

Judul	Usulan Solusi	Hasil/Evaluasi (Kelebihan/Kekurangan)
<i>Sistem Simulasi Kendali Traffic Light dengan Metode Pendeteksian Gambar secara real time melalui Kamera Berbasis IoT</i>	Solusi yang dihasilkan adalah sistem <i>traffic light</i> yang terhubung dengan mikrokontroler dan kamera, memungkinkan <i>traffic light</i> untuk berubah sesuai dengan standar yang diterapkan pada kontroler dengan pemantauan melalui kamera. <i>Traffic light</i> tersebut dapat dipantau melalui web server yang ada, memungkinkan pemantauan kondisi kepadatan lampu <i>traffic light</i> [6].	Hasil: Kelebihan: • Kondisi <i>Traffic Light</i> yang bisa dilihat pengendara • <i>Traffic light</i> juga bisa dicontrol Kekurangan: • Belum ada sistem proteksi untuk <i>Traffic light</i> sendiri • Belum adanya tambahan kerusakan atau kegagalan <i>traffic light</i>

2.2 Dasar Teori

2.2.1 IoT (Internet of Things)



Gambar 2. 1 IoT dan implementasinya pada setiap bidang maupun sektor

Internet of Things (IoT) merupakan konsep di mana objek atau benda memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia. Hal ini memungkinkan objek tersebut untuk saling berkomunikasi dan bertukar informasi dengan perangkat lain atau sistem komputer melalui jaringan, seperti Internet. Teknologi nirkabel, sistem mikro-elektromekanis atau *Micro Electronic Mechanical Systems* (MEMS), dan Internet memainkan peran kunci dalam mewujudkan konsep IoT. Teknologi nirkabel memungkinkan komunikasi antara objek-objek tersebut tanpa perlu kabel fisik, sementara MEMS adalah teknologi mikro yang memungkinkan pembuatan sensor dan perangkat kecil dengan kemampuan elektronik dan mekanik. Meskipun konsep IoT memiliki potensi besar untuk mengubah berbagai aspek kehidupan sehari-hari, termasuk industri, kesehatan, transportasi, dan lainnya, namun saat ini definisi pasti dari IoT masih dalam tahap pengembangan. Hal tersebut disebabkan oleh berkembangnya teknologi dan aplikasi IoT dengan cepat [9].

2.2.2 Traffic Light

Dapat ditinjau pada Gambar 1.1 lampu lalu lintas, atau yang dikenal sebagai *traffic light*, merupakan perangkat krusial dalam pengaturan lalu lintas di persimpangan jalan [2]. Meskipun peranannya sangat penting, seringkali terjadi pelanggaran, terutama di daerah yang kurang terawasi. Situasi ini dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan dan kemacetan lalu lintas. Penerapan *traffic light* dapat membantu dalam mengendalikan arus lalu lintas, meningkatkan kualitas pergerakan, mengurangi tingkat polusi udara, menghemat konsumsi bahan bakar, dan mempercepat perjalanan. Meskipun berbagai upaya telah dilakukan, seperti penambahan infrastruktur jalan dan sistem pengaturan lalu lintas, sebagian besar sistem *traffic light* saat ini masih memiliki keterbatasan dalam menyesuaikan waktu penyalaaan lampu sesuai dengan kebutuhan, yang menjadi tantangan dalam pengendalian lalu lintas [10].

2.3 Analisis Stakeholder

1. Dinas Perhubungan DIY

Dinas Perhubungan Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki keterkaitan langsung dengan pengelolaan *traffic light*. Oleh karena itu, peran proyek ini terhubung secara langsung dengan pihak Dinas Perhubungan DIY selaku pemangku kepentingan, sehingga proyek ini memiliki ketertarikan yang tinggi serta dampak yang signifikan. Dinas Perhubungan DIY membutuhkan bantuan untuk mengintegrasikan *traffic light* dengan kantor pusat, yang

artinya dapat disimpulkan bahwa partisipasi Dinas Perhubungan DIY akan memberikan dampak besar terhadap kemajuan proyek ini. Dinas Perhubungan DIY dapat menentukan, menilai, dan menggunakan hasil kerja pada *traffic light* yang dikembangkan dalam *project*.

2. Kepolisian (Satlantas dan Polantas)

Kerusakan pada *traffic light* akan segera terhubung dengan pihak kepolisian. Ketika suatu persimpangan mengalami kemacetan atau kekacauan akibat kerusakan *traffic light*, peran polisi menjadi sangat penting dalam upaya menjaga kelancaran lalu lintas. Meskipun demikian, polisi seringkali tidak memiliki kewenangan yang memadai untuk melakukan perbaikan langsung karena kurangnya wewenang yang kompeten. Sehingga polisi memiliki divisi khusus untuk lampu lalu lintas yaitu Polantas dan Satlantas.

3. Masyarakat Khususnya Pengendara Jalan

Pengendara jalan akan secara langsung merasakan dampak dari *project* ini. Kerusakan pada *traffic light* dapat menghambat atau mengganggu kelancaran perjalanan para pengguna jalan. Meskipun demikian, mereka tidak memiliki pengaruh besar terhadap kemajuan proyek ini karena mereka sendiri tidak memiliki peran langsung dalam perbaikan *traffic light*.

2.4 Analisis Aspek yang Mempengaruhi Sistem

a. Aspek Sosial

Penambahan sistem *Internet of Things* (IoT) pada *traffic light* telah memberikan kontribusi signifikan bagi Dinas Perhubungan DIY dalam mengelola dan mengarahkan lalu lintas di suatu jalan. Hal ini menghindarkan terjadinya kepadatan yang dapat menyebabkan persimpangan menjadi *overly congested*, yang pada gilirannya dapat menimbulkan situasi yang tidak diinginkan bagi para pengendara. Selain itu, implementasi IoT pada *traffic light* juga memudahkan tugas pihak kepolisian, karena kondisi *traffic light* dapat dengan mudah termonitor jika terdapat kerusakan.

b. Aspek Ekonomi

Desain sistem yang diusulkan mempertimbangkan harga komponen yang dipasang agar biaya pembuatan sistem dapat terjangkau. Harga yang terjangkau tetapi tetap menyediakan fitur yang diinginkan oleh Dinas Perhubungan DIY. Meskipun biaya pembuatan sistem terjangkau, *project* ini tetap memperhatikan kualitas dan kuantitas sistem.

c. Aspek Akurasi dan Presisi

Keakuratan dan ketepatan sistem perlu diperhatikan secara cermat agar proses pembacaan data dapat dilakukan dengan akurat. Pada tahap pembuatan atau *prototyping*, uji coba akan dilakukan dengan membandingkan data yang diperoleh dari alat dengan data sebenarnya melalui pendekatan manual menggunakan multimeter. Data yang diperoleh harus memiliki tingkat akurasi yang tinggi, mengingat bahwa data tersebut menjadi dasar dan justifikasi bagi Dinas Perhubungan dalam mengambil tindakan terkait kondisi *traffic light* atau persimpangan jalan tertentu.

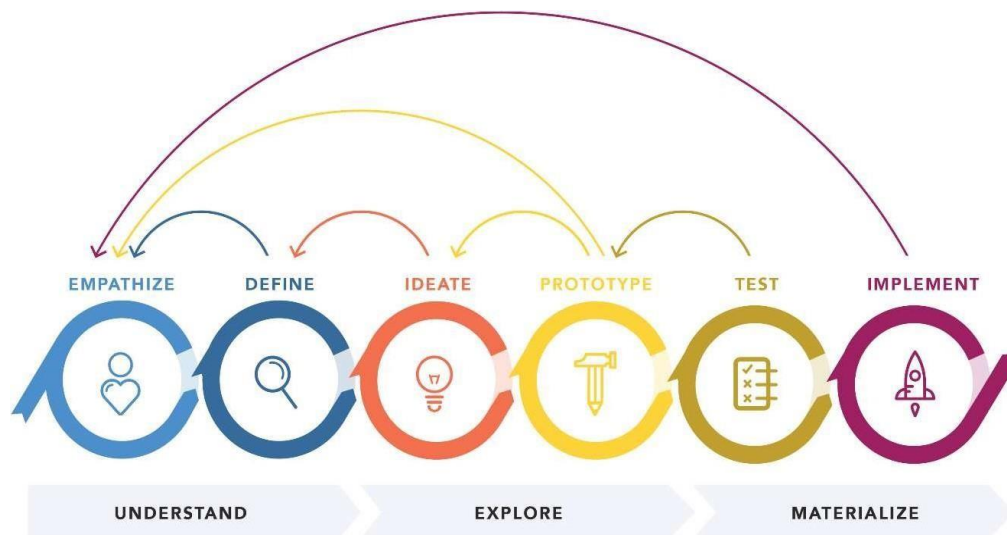
2.5 Spesifikasi Sistem

Berdasarkan kajian literatur, dasar teori, wawancara, dan informasi yang diperoleh, sebagai penulis, kami berhasil merumuskan spesifikasi dan kriteria sistem yang kemungkinan akan dibuat. Rincian dari spesifikasi alat atau sistem ini diuraikan dalam beberapa poin di bawah ini:

- Sistem *prototyping* yang dikembangkan di sini adalah sistem pendeteksian otomatis kerusakan pada lampu *traffic light* (*automatic fault detection*)
- Alat yang digunakan dapat diposisikan dalam ruang yang terbatas untuk dapat tersembunyi di dalam lampu lalu lintas.
- Modul GSM (*Global System for Mobile Communications*) SIM800 merupakan modul komunikasi nirkabel yang memiliki fitur kompatibilitas dengan jaringan GSM/GPRS, antarmuka serial untuk integrasi dengan mikrokontroler dan kemampuan konektivitas internet melalui GPRS. Didesain dengan konsumsi daya rendah, SIM800L cocok untuk aplikasi yang membutuhkan efisiensi energi. Penggunaannya umum dalam *project IoT*.
- Sumber tegangan berasal dari PLN tanpa suplai cadangan dikarenakan keterbatasan finansial sehingga listrik seluruhnya disuplai PLN. Namun kami menambahkan sensor yang menyelaraskan waktu saat ini dengan sistem jika listrik mati atau terdapat *malfunction*.
- Komunikasi otomatis dilakukan melalui notifikasi dalam aplikasi melalui jaringan nirkabel. Penggunaan aplikasi yang ringan dan tidak memberatkan pihak manapun serta mudah dalam penggunaannya menjadi prioritas.
- Sistem ini dirancang agar dapat dipasang dipersimpangan manapun, dengan dilengkapi informasi identitas (ID) dan lokasi yang jelas.

BAB 3 USULAN SOLUSI

Tim pengusul menerapkan metode *Design Thinking* dalam menangani masalah dengan fokus pada pemahaman mendalam terhadap kebutuhan pengguna. Proses ini menekankan evaluasi dan penyempurnaan berkelanjutan terhadap ide-ide yang dihasilkan, dengan pendekatan yang berpusat pada manusia dan bersifat iteratif. Dalam konteks inovasi, penting untuk mempertimbangkan pengamatan, kolaborasi, pembelajaran cepat, visualisasi ide, *prototyping* konsep, dan analisis, dengan manusia sebagai pusat utama inovasi. Tahapan-tahapan tersebut seperti siklus yang dapat mengalami perubahan, perbaikan, atau penambahan untuk memenuhi spesifikasi kebutuhan traffic light. Gambar 3.1 memvisualisasikan konsep design thinking yang terdiri dari serangkaian siklus kritis untuk mengembangkan, menguji, dan memperbaiki solusi inovatif. Siklus-siklus tersebut mencakup tahap *Empathize*, *Define*, *Ideation*, *Prototyping*, *Testing*, dan *Implement*, yang bersama-sama mendukung pendekatan kolaboratif dan fleksibel dalam merancang solusi yang efektif.



Gambar 3. 1 Siklus perancangan suatu sistem rekayasa yang terdiri dari *Emphatize*, *Define*, *Ideate*, *Prototype*, *Test* dan *Implement*

a. *Empathize* (Empati)

Pada tahap empati ini, tim pengusul mencari informasi mengenai permasalahan pada *traffic light* melalui berbagai sumber informasi, mulai dari jurnal dan situs web yang terpercaya.

b. *Define* (Definisi)

Pada tahap definisi, tim pengusul merumuskan permasalahan terkait *traffic light*. Berdasarkan hasil pencarian informasi yang telah dilakukan, ditemukan bahwa *traffic light* diperlukan untuk mengatur lalu lintas kendaraan dan pejalan kaki.

c. Ideate (Penyelesaian Masalah)

Pada tahap penyelesaian masalah ini, tim pengusul mencoba merumuskan solusi untuk mengatasi permasalahan pada *traffic light*. Tim pengusul menghadirkan alat bantu berupa *traffic light* berbasis IoT.

d. Prototype (prototyping)

Pada tahap prototipe ini, tim pengusul menganalisis komponen-komponen yang diperlukan untuk merancang prototipe sebelum proses pembuatan dilakukan. Analisis ini penting agar komponen yang digunakan sesuai dengan kebutuhan dan dapat efektif menyelesaikan permasalahan yang ada.

e. Test (Uji Coba)

Pada tahap uji coba, tim pengusul melakukan serangkaian tes terhadap *prototype traffic light* berbasis IoT yang telah dirancang. Uji coba ini mencakup pengujian fungsionalitas, keandalan, dan efisiensi dari *traffic light* tersebut. Selain itu, tim juga mengidentifikasi potensi masalah atau kekurangan yang mungkin muncul selama penggunaan. *Feedback* dari uji coba ini akan digunakan untuk melakukan perbaikan dan penyempurnaan pada prototipe.

f. Implement (Implementasi)

Setelah prototipe telah melewati serangkaian uji coba dan dinyatakan berhasil, tim pengusul kemudian melangkah ke tahap implementasi. Pada tahap ini, *traffic light* berbasis IoT diterapkan di lokasi atau area tertentu sebagai solusi nyata terhadap permasalahan lalu lintas. Implementasi ini melibatkan instalasi perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan, serta pelatihan atau sosialisasi kepada pihak terkait dan pengguna akhir.

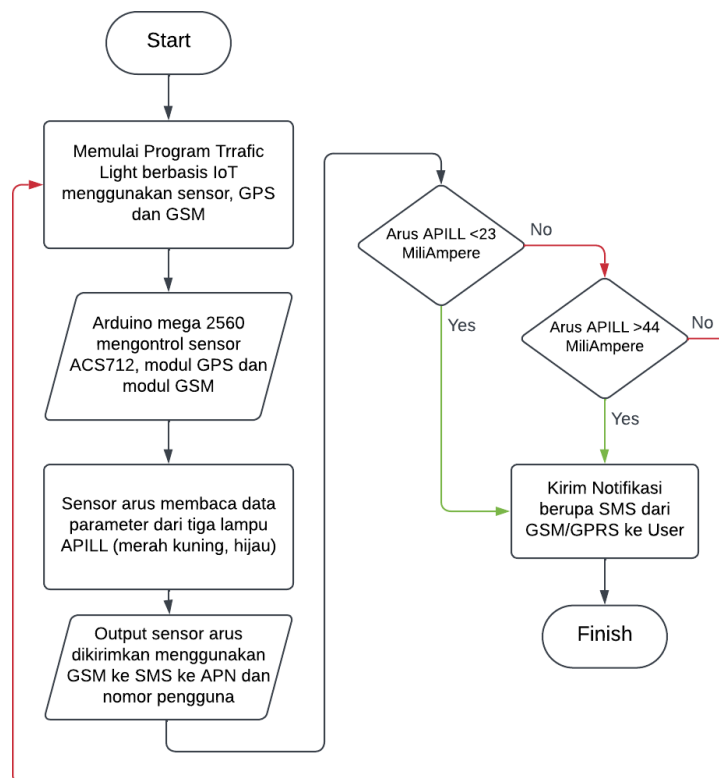
3.1 Usulan Solusi 1

Usulan solusi pertama dibuat sebagai respons terhadap masalah yang timbul akibat kerusakan pada *traffic light*, yang tidak hanya menyebabkan ketidaknyamanan, tetapi juga dapat membahayakan para pengendara. Untuk mengatasi permasalahan ini, diusulkan solusi berupa alat deteksi kerusakan *traffic light* menggunakan sensor arus. Alat ini tidak hanya mampu secara efektif

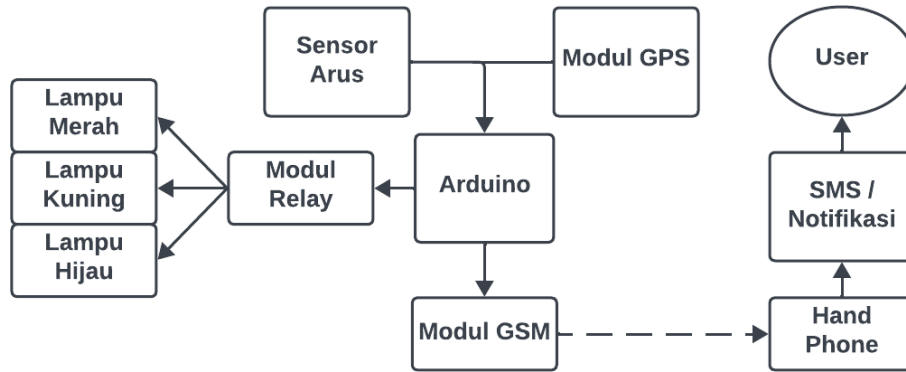
mendeteksi kerusakan pada *traffic light*, tetapi juga dapat mengirimkan notifikasi berupa kondisi dan lokasi dalam bentuk SMS memungkinkan pihak terkait untuk segera mengambil tindakan perbaikan. Solusi ini bertujuan untuk meningkatkan keamanan dan kelancaran lalu lintas, serta memberikan respons yang cepat terhadap setiap kerusakan yang mungkin terjadi pada *traffic light*.

3.1.1 Desain Sistem 1

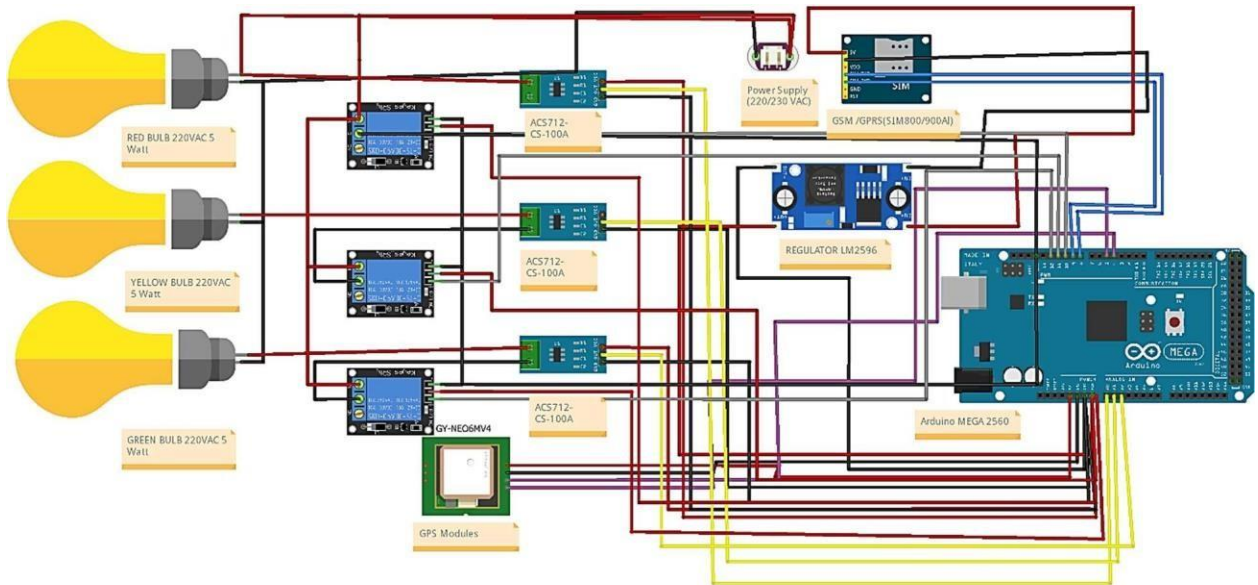
Desain sistem pertama ini melibatkan modul GPS dan GSM. Konsepnya mencakup penggunaan satu input, yaitu sensor ACS712, yang secara berkala membaca arus dalam traffic light. Data yang dihasilkan oleh sensor tersebut langsung dikirimkan ke Arduino Mega 2560, yang berfungsi sebagai otak pemrosesan untuk mengelola data. Arduino Mega 2560 tidak hanya melakukan pemrosesan data, tetapi juga mengatasi batasan arus yang dikeluarkan. Sistem ini melibatkan modul GPS untuk memberikan informasi lokasi yang lebih akurat. Data hasil pemrosesan dari Arduino Mega 2560 dan informasi lokasi dari modul GPS kemudian dikirimkan melalui perangkat GSM sebagai alat pengirim informasi.



Gambar 3.2 Flowchart yang menjelaskan mekanisme kerja dari usulan pertama

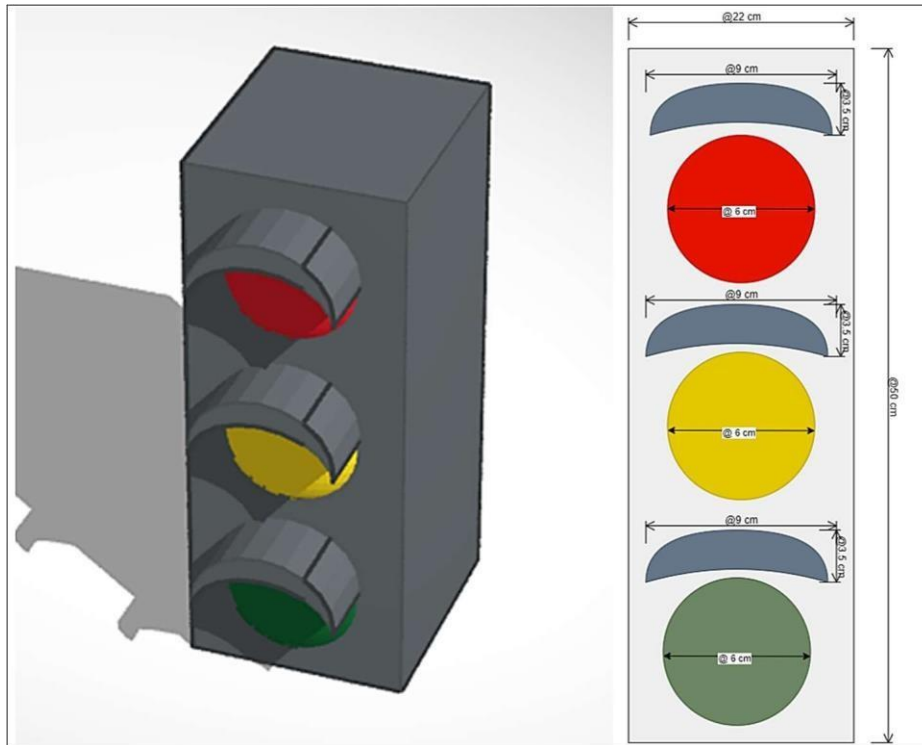


Gambar 3. 3 Blok diagram kerja sistem dari usulan pertama

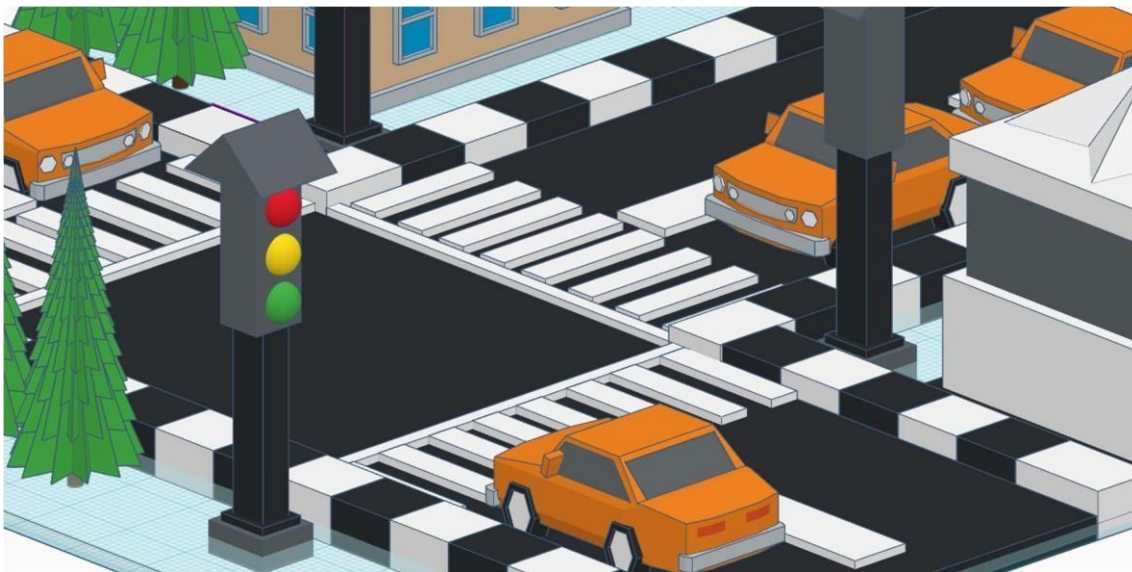


Gambar 3. 4 Wiring diagram dari usulan pertama

fritzing



Gambar 3. 5 Rancangan dua dan tiga dimensi dari solusi yang diajukan pada usulan pertama



Gambar 3.1 Ilustrasi skema tiga dimensi yang diaplikasikan di lapangan dengan menggunakan perangkat lunak Tinkercad

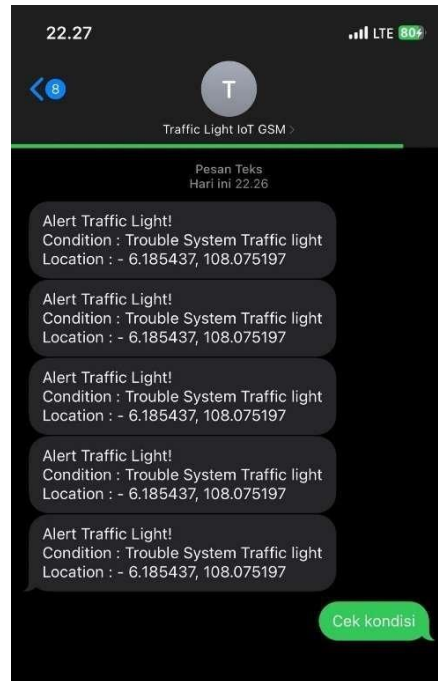
Untuk memenuhi proposal sistem tersebut, perlu dilakukan inventarisasi kebutuhan perangkat keras. Tabel 3.1 menampilkan daftar kebutuhan sistem sesuai dengan usulan dan spesifikasi yang diperlukan. Tabel 3.1

Tabel 3.1 Inventarisasi kebutuhan usulan sistem perangkat keras *Traffic light*

No	Nama Alat	Keterangan
1	Modul GSM/GPRS (SIM800L)	Berperan sebagai perangkat telekomunikasi yang mengintegrasikan komunikasi seluler ke dalam sistem elektronik, modul ini memiliki fungsi penting dalam sistem pendeteksi kerusakan lampu lalu lintas yaitu pemantauan jarak jauh dan media komunikasi.
2	Mikrokontroler (Arduino Mega 2560)	Berperan sebagai modul pengendali dalam sistem deteksi kerusakan lampu lalu lintas. Fungsinya melibatkan penghubungan dan pengolahan data dari sensor, pengendalian status lampu, serta komunikasi dengan modul GSM/GPRS dan GPS sesuai kebutuhan. Dengan kemampuan pemrograman yang dapat disesuaikan, mikrokontroler ini dapat melakukan pemantauan kondisi sekitar lampu hingga mencatat data secara jarak jauh.
3	Sensor arus (ACS712)	Merupakan sensor populer yang sering digunakan untuk mengukur arus listrik dalam proyek elektronik. ACS712 mendeteksi medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik, memberikan keluaran analog linear dalam bentuk voltase. Cocok untuk aplikasi kendali motor, pemantauan daya, dan proyek-proyek yang memerlukan pengukuran arus yang akurat.
4	Modul GPS (GY NEO-6M)	Komponen elektronik yang menggunakan teknologi ublox untuk menerima sinyal GPS. Modul ini berkomunikasi melalui antarmuka UART, menyajikan data lokasi dan waktu dalam format NMEA, dan dilengkapi dengan antena keramik bawaan. Dengan ukuran kecil, konsumsi daya rendah, dan akurasi yang handal, modul ini cocok untuk berbagai aplikasi.
5	Relay	Berperan dalam mengendalikan sirkuit listrik, memiliki kemampuan untuk membuka atau menutup suatu rangkaian elektromagnetik.
6	Bulb/Lampu 5 watt (merah, kuning dan hijau)	Berperan sebagai penanda dalam sistem traffic light berbasis IoT. Sekaligus memainkan peran kritis dalam mengkoordinasikan lalu

No	Nama Alat	Keterangan
		lintas dan meningkatkan keamanan. Dalam konteks proyek ini, lampu lalu lintas tersebut terintegrasi dengan Arduino Mega 2560, modul GPS dan GSM, serta regulator 2596.
7	Regulator (LM2596)	Berperan sebagai catu daya pada sistem monitoring kerusakan lampu lalu lintas berbasis IoT. Sebagai regulator tegangan <i>buck</i> (<i>step-down</i>), LM2596 dapat menurunkan tegangan masukan menjadi tegangan keluaran yang lebih rendah dengan efisiensi yang tinggi. Fungsi utama adalah menyediakan tegangan stabil yang diperlukan oleh modul GSM, memastikan operasional modul tersebut berjalan dengan optimal.

Dalam perancangan sistem ini, kami mengusulkan penggunaan SMS sebagai media penerima notifikasi mengenai kondisi dan posisi lampu. SMS dipilih karena merupakan media standar yang mudah diakses dan terbuka. Kelebihan SMS melibatkan ketersediaan tanpa biaya tambahan, karena pengguna hanya perlu menerima pesan yang dikirimkan oleh perangkat. Kami memanfaatkan fitur pengiriman pesan SMS untuk komunikasi jarak jauh tanpa ketergantungan pada internet, kuota, atau sinyal yang kuat. Pengguna selaku penerima notifikasi dapat menerima pesan tanpa hambatan, dengan syarat memiliki kartu nomor yang aktif. Fleksibilitas notifikasi juga dapat diatur sesuai dengan perintah atau format yang ditentukan saat pembuatan perangkat. Tampilan sederhana dan informasi lengkap dari pesan SMS menjadi fitur yang diutamakan dalam alat ini, sebagaimana dapat dilihat dalam gambar di bawah ini.



Gambar 3. 7 format dan tampilan pesan SMS yang dikirimkan kepada pengguna melalui jaringan GSM dalam usulan pertama

3.1.2 Rencana Anggaran Desain Sistem 1

Tabel 3.2 Rencana anggaran pengembangan sistem *Traffic light*

No.	Item/Pengeluaran	Satuan	Harga satuan	Jumlah	Harga Total
1	Arduino Mega 2560	Pcs	Rp. 400.000, -	1	Rp. 400.000, -
2	SIM8001	Pcs	Rp. 58.000,-	1	Rp. 58.000,-
3	Modul Relay	Pcs	Rp. 50.000, -	3	Rp. 150.000, -
4	Sensor ACS712	Pcs	Rp. 30.000, -	3	Rp. 90.000, -
5	Modul GPS	Pcs	Rp. 95.300,-	1	Rp. 95.300;-
6	Bulb/lampu	Pcs	Rp. 5.250, -	3	Rp. 15.750, -
Total Belanja					Rp. 809.050, -

3.1.3 Analisis Risiko Desain 1

Desain 1 merupakan desain yang pernah dirancang pada Mata Kuliah Sistem Tertanam tentang pembacaan data arus yang ditampilkan melalui Blynk. Namun dalam hal ini hanya akan ditampilkan lewat SMS. Selain itu menggunakan modul GSM dan GPS untuk mengirim data keponsel dengan menginput Nomor pengguna dan nama pengguna serta kondisi atau status dari lampu. Kelemahan lain dari sistem ini hanya menggunakan SMS. Selain itu kita tidak dapat mengetahui kondisi lampu lalu lintas di titik lokasi pada perempatan maupun pertigaan.

3.1.4 Pengukuran Performa

1. Akurasi Deteksi

Alat dapat menunjukkan data dengan tingkat akurasi yang tinggi dengan menampilkan data arus dan status lampu secara akurat sesuai dengan arus yang mengalir pada setiap lampu, memastikan deteksi yang optimal.

2. Waktu Respon

Waktu yang diperlukan oleh alat, baik dalam membaca maupun mengirimkan notifikasi, tergolong singkat. Uji coba dilakukan pada tahap pengecekan arus dengan mengamati data sensor di Arduino, menggunakan lampu yang rusak yang digantikan dengan lampu yang baik secara berulang. Proses ini memungkinkan penentuan waktu respons pembacaan sensor di Arduino IDE. Selanjutnya, pada proses pengiriman notifikasi, uji coba dilakukan dengan variasi input pada sensor arus hingga pengguna dapat menerima notifikasi baik melalui pesan singkat (SMS) atau pemberitahuan (alert). Hal ini bertujuan untuk mengetahui secara menyeluruh waktu respons kerja total dari alat.

3. Stabilitas Operasional

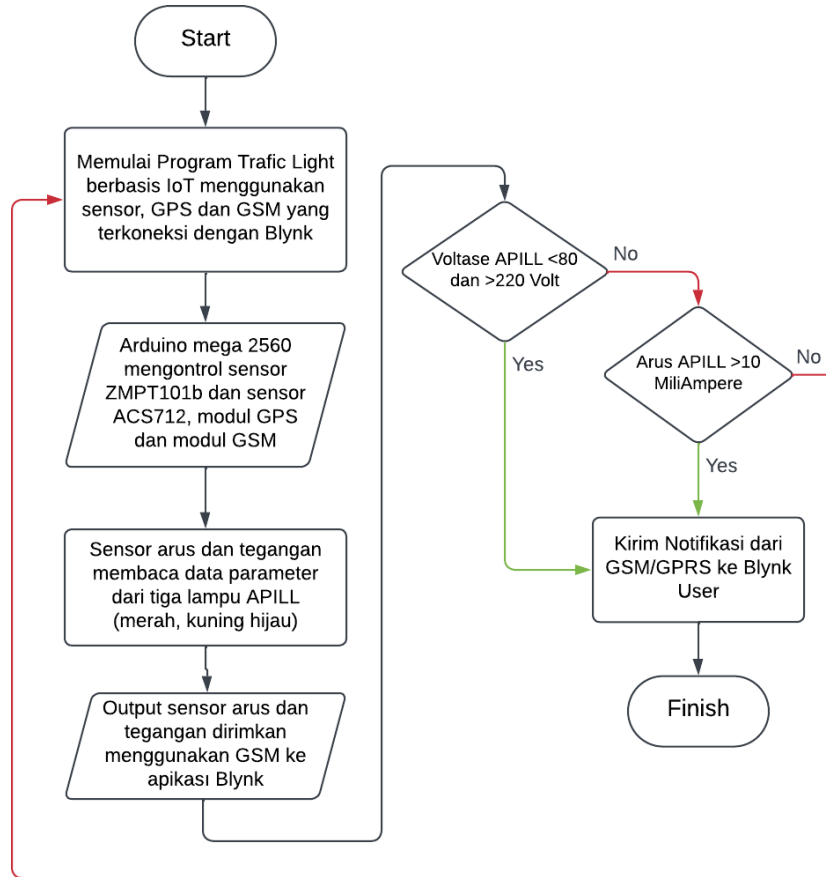
Stabilitas operasional *traffic light* dalam melakukan pembacaan data input harus konsisten dan selalu sesuai dengan data sebenarnya. Alat tersebut diharapkan dapat berfungsi normal dalam berbagai kondisi, termasuk saat terjadi kekurangan energi atau dalam cuaca yang tidak mendukung, tanpa mengalami pengaruh pada kemampuan alat untuk mengirimkan notifikasi. Selain itu, perangkat lunak atau aplikasi yang digunakan, sebagaimana halnya SMS, seharusnya mampu bekerja dan menerima notifikasi secara terus-menerus tanpa mengalami kendala, agar pengawasan terhadap *traffic light* dapat tetap konsisten dan stabil.

3.2 Usulan Solusi 2

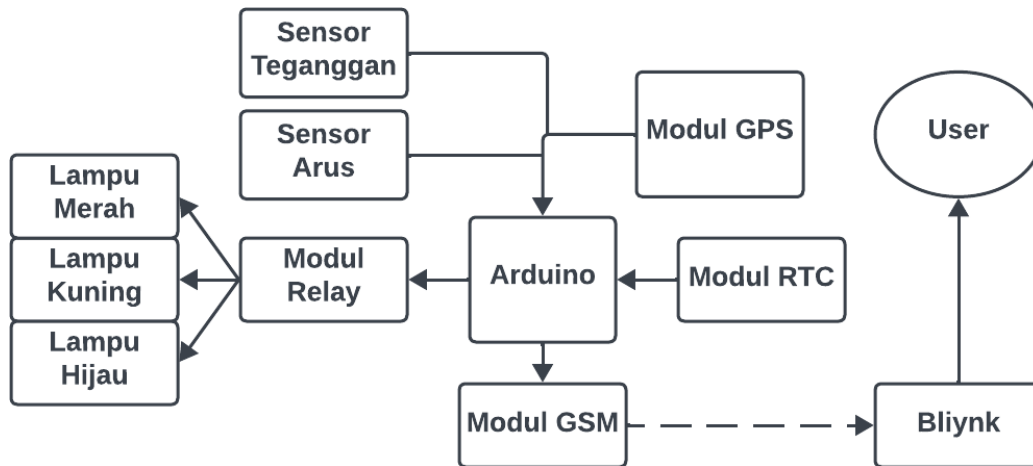
Usulan solusi kedua dibuat sebagai respons terhadap masalah yang timbul akibat kerusakan pada *traffic light*, yang tidak hanya menyebabkan ketidaknyamanan, tetapi juga dapat membahayakan para pengendara. Untuk mengatasi permasalahan ini, diusulkan solusi berupa alat deteksi kerusakan *traffic light* menggunakan sensor arus dan tegangan. Alat ini tidak hanya mampu secara efektif mendeteksi kerusakan pada *traffic light*, tetapi juga dapat mengirimkan notifikasi melalui *platform Blynk*, memungkinkan pihak terkait untuk segera mengambil tindakan perbaikan. Solusi ini bertujuan untuk meningkatkan keamanan dan kelancaran lalu lintas, serta memberikan respons yang cepat terhadap setiap kerusakan yang terjadi pada *traffic light*. Ditambah dengan modul RTC DS3231 untuk menyinkronkan waktu jika terjadi *malfunction* pada sistem.

3.2.1 Desain Sistem 2

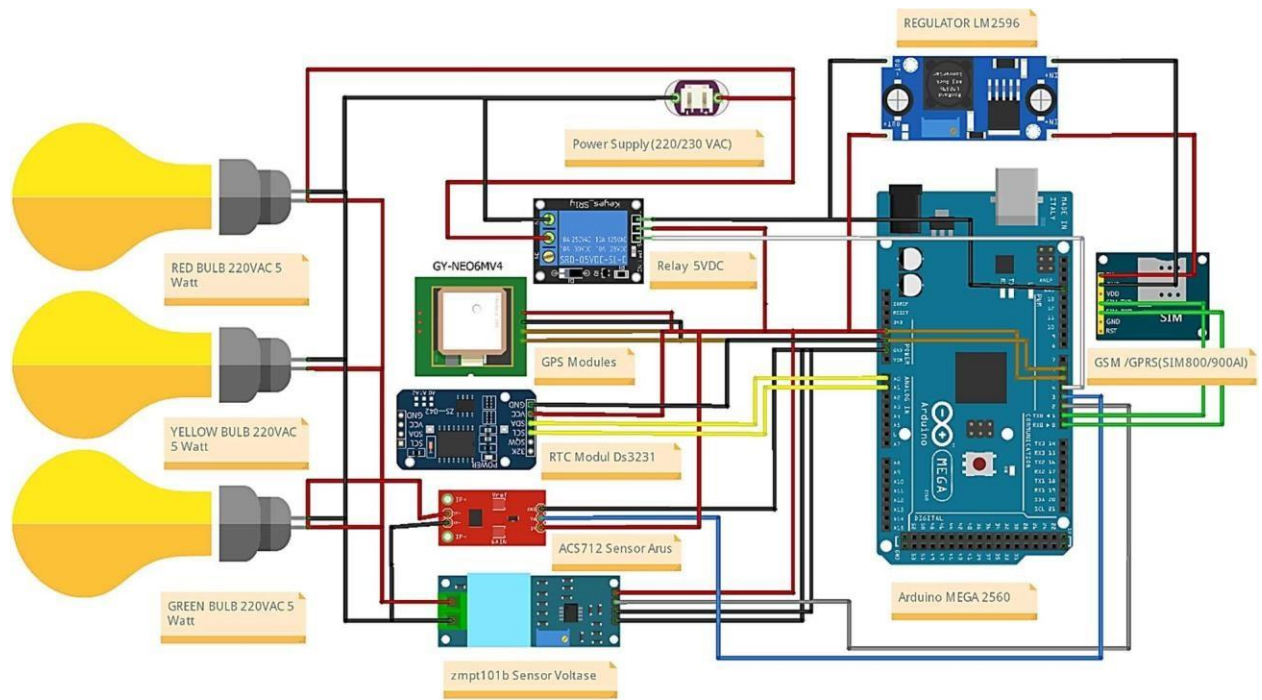
Desain Sistem 2 memiliki fokus pada pembacaan data dari berbagai sensor, termasuk sensor voltase, sensor arus, RTC, dan GPS, yang dikelola oleh Arduino Mega 2560, relay dan regulator LM2596. Sistem ini diatur melalui pemrograman Arduino berbasis C++. Arduino bertanggung jawab atas kontrol sensor dan modul seperti GSM/GPRS, GPS, serta relay dan regulator. Monitoring hasil pembacaan data sensor dilakukan melalui aplikasi Blynk, yang menampilkan informasi voltase, arus, dan waktu, serta kondisi lampu. Setiap anomali dalam parameter akan menghasilkan notifikasi pada aplikasi Blynk. Penggunaan beberapa sensor dalam satu rangkaian memerlukan banyak konfigurasi pada modul RTC untuk menyelaraskan hasil pembacaan dari sensor yang akan ditampilkan pada Blynk. *Flowchart* dan ilustrasi sistem terlampir untuk referensi lebih lanjut.



Gambar 3. 8 Flowchart yang menjelaskan mekanisme kerja dari usulan kedua

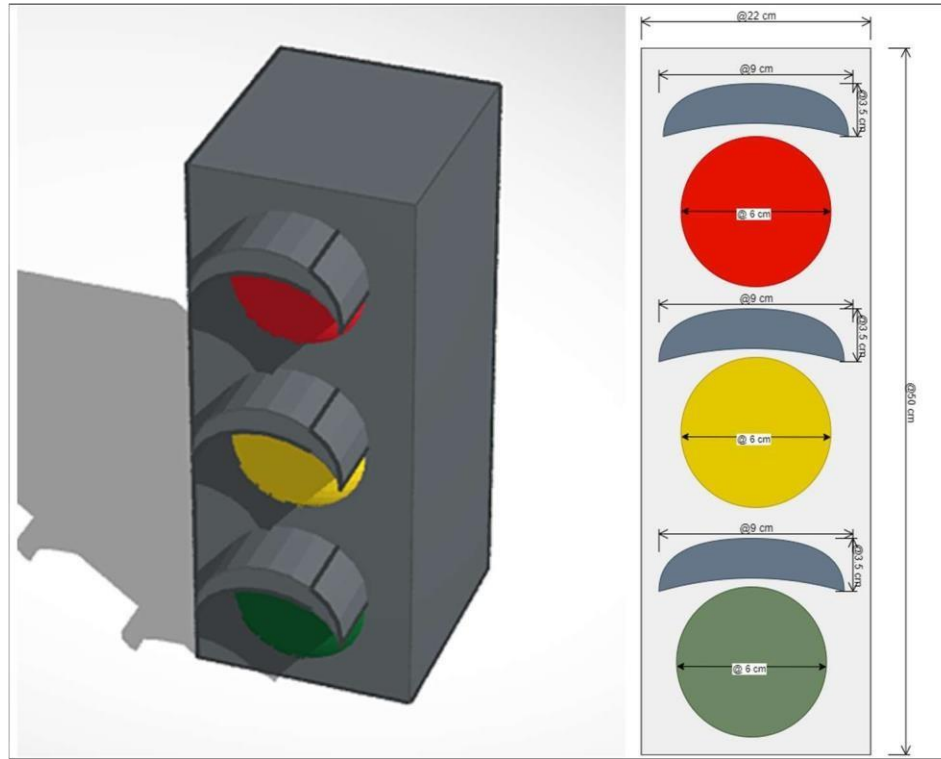


Gambar 3. 9 Blok diagram kerja sistem dari usulan kedua

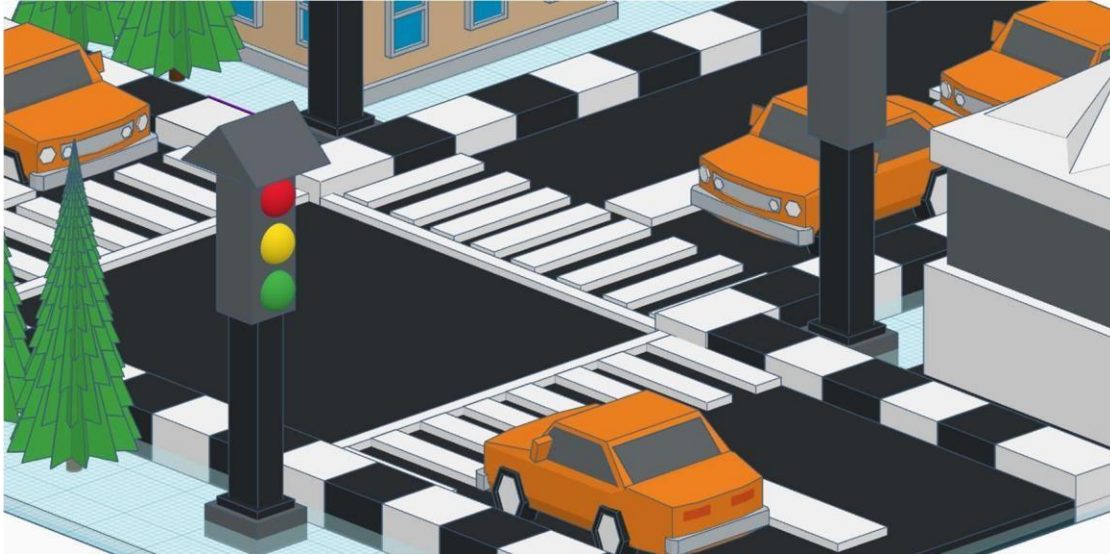


fritzing

Gambar 3. 10 Wiring diagram dari usulan kedua



Gambar 3. 11 Rancangan dua dan tiga dimensi dari solusi yang diajukan pada usulan kedua



Gambar 3. 12 Ilustrasi skema tiga dimensi yang diaplikasikan di lapangan dengan menggunakan perangkat lunak Tinkercad

Untuk memenuhi proposal sistem tersebut, perlu dilakukan inventarisasi kebutuhan perangkat keras. Tabel 3.1 menampilkan daftar kebutuhan sistem sesuai dengan usulan dan spesifikasi yang diperlukan.

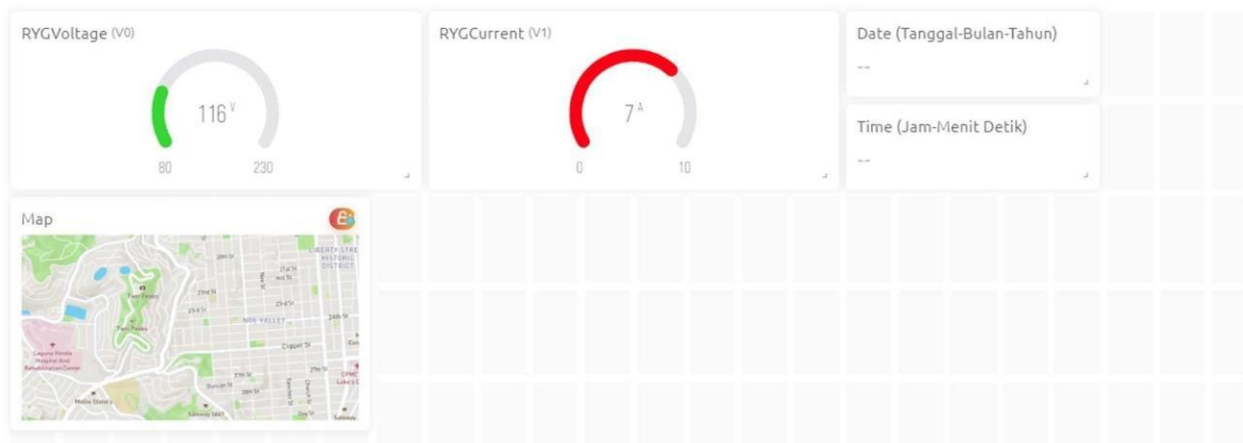
Tabel 3.3 Inventarisasi kebutuhan usulan sistem perangkat keras *Traffic light*

No	Nama Alat	Keterangan
1	Modul GSM/GPRS (SIM800L)	Berperan sebagai perangkat telekomunikasi yang mengintegrasikan komunikasi seluler ke dalam sistem elektronik, modul ini memiliki fungsi penting dalam sistem pendeteksi kerusakan lampu lalu lintas. Pada sistem tersebut, modul ini digunakan untuk pemantauan jarak jauh, mengelola status lampu lalu lintas, dan mengirimkan hasil pembacaan parameter ke Blynk sebagai bahan analisis.
2	Mikrokontroler (Arduino Mega 2560)	Berperan sebagai modul pengendali dalam sistem deteksi kerusakan lampu lalu lintas. Fungsinya melibatkan penghubungan dan pengolahan data dari sensor, pengendalian status lampu, serta komunikasi dengan modul GSM/GPRS dan GPS sesuai kebutuhan. Dengan kemampuan pemrograman yang dapat disesuaikan, mikrokontroler ini dapat melakukan pemantauan kondisi sekitar lampu hingga mencatat data secara jarak jauh.
3	Modul GPS (GY NEO-6M)	Merupakan komponen elektronik menggunakan teknologi ublox untuk menerima sinyal GPS. Modul ini berkomunikasi melalui antarmuka UART, menyajikan data lokasi dan waktu dalam format NMEA, dan dilengkapi dengan antena keramik bawaan. Dengan ukuran kecil, konsumsi daya rendah, dan akurasi yang handal, modul ini cocok untuk berbagai aplikasi.
4	Sensor Arus (ACS712)	Merupakan sensor populer yang sering digunakan untuk mengukur arus listrik dalam proyek elektronik. ACS712 mendeteksi medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik, memberikan keluaran analog linear dalam bentuk voltase. Cocok untuk aplikasi kendali motor, pemantauan daya, dan proyek-proyek yang memerlukan pengukuran arus yang akurat.
5	Sensor Tegangan (ZMPT101b)	Berfungsi sebagai perangkat yang mengukur tingkat tegangan listrik dalam suatu komponen dan sebagai sumber input data atau pembacaan kondisi LED yang akan diterima oleh Arduino Mega

No	Nama Alat	Keterangan
		2560. Informasi dari sensor ini dapat ditampilkan dan diakses melalui platform Blynk.
6	Modul RTC (DS3231)	Memberikan waktu dan tanggal yang sangat akurat. DS3231 memiliki tingkat akurasi yang tinggi, kalibrasi internal, dan output osilator suhu. Modul RTC DS3231 berperan kritis untuk memastikan sinkronisasi waktu yang tepat dalam pencatatan peristiwa seperti perubahan status lampu atau pengiriman notifikasi. Informasi waktu yang diberikan oleh RTC Module DS3231 diakses dan ditampilkan melalui platform Blynk.
7	Regulator (LM2596)	Berperan sebagai catu daya pada sistem monitoring kerusakan lampu lalu lintas berbasis IoT. Sebagai regulator tegangan <i>buck</i> (<i>step-down</i>), LM2596 dapat menurunkan tegangan masukan menjadi tegangan keluaran yang lebih rendah dengan efisiensi yang tinggi. Fungsi utama adalah menyediakan tegangan stabil yang diperlukan oleh modul GSM, memastikan operasional modul tersebut berjalan dengan optimal.
8	Relay	Berperan dalam mengendalikan sirkuit listrik, memiliki kemampuan untuk membuka atau menutup suatu rangkaian elektromagnetik.
9	Bulb/Lampu 5 watt (merah, kuning dan hijau)	Berperan sebagai penanda dalam sistem <i>traffic light</i> berbasis IoT. Sekaligus memainkan peran kritis dalam mengkoordinasikan lalu lintas dan meningkatkan keamanan. Dalam konteks proyek ini, lampu lalu lintas tersebut terintegrasi dengan Arduino Mega 2560, modul GPS dan GSM, serta regulator 2596.

Dalam perancangan sistem ini, kami mengusulkan penggunaan perangkat lunak bernama Blynk, sebuah aplikasi sumber terbuka yang dapat diakses dengan mudah. Kelebihan Blynk adalah tidak memerlukan biaya penggunaan, memungkinkan pengguna untuk mengaksesnya tanpa hambatan finansial. Kami memanfaatkan fitur notifikasi di dalam Blynk untuk mempermudah pengguna dalam mendeteksi dan memahami kerusakan pada *traffic light*. Keunggulan lainnya adalah notifikasi yang disediakan dapat disesuaikan dengan mudah sesuai kebutuhan pengguna.

Desain tampilan notifikasi dapat diubah agar sesuai dengan preferensi individual pengguna, seperti yang dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



Gambar 3. 13 Format dan tampilan Blynk yang dikirimkan kepada pengguna melalui jaringan GSM dalam usulan kedua

3.2.2 Rencana Anggaran Desain 2

Tabel 3.4. Rencana anggaran pengembangan sistem Traffic light

No.	Item/Pengeluaran	Satuan	Harga satuan	Jumlah	Harga Total
1	Arduino Mega 2560	Pcs	Rp. 360.000, -	1	Rp. 400.000, -
2	Modul Relay	Pcs	Rp. 12.500, -	1	Rp. 12.500, -
3	Sensor ZMPT101B	Pcs	Rp. 17.500, -	1	Rp. 17.500, -
4	Sensor ACS712	Pcs	Rp. 37.500, --	1	Rp. 37.500, --
5	Regulator LM2596	Pcs	Rp. 30.000, -	1	Rp. 30.000, -
6	SIM800L	Pcs	Rp. 58.000, -	1	Rp. 58.000, -
7	Bulb 5 watt	Pcs	Rp. 5.250, -	3	Rp. 15.750, -
8	Modul RTC DS3231	Pcs	Rp. 42.500, -	1	Rp. 42.500, -
9	Ublox NEO-6M GPS Module	Pcs	Rp.84.990, -	1	Rp.84.990,-
Total Belanja					Rp. 668.740, -

3.2.3 Analisis Risiko Desain 2

Desain 2 sendiri menghadapi tantangan yang cukup kompleks, terutama saat kesalahan dalam konfigurasi dan pemrograman dapat menyebabkan kegagalan diantaranya sinkronisasi sensor tidak berjalan sesuai kriteria, beberapa modul tidak berjalan atau memiliki nilai keluaran yang tidak sesuai. Selain itu konfigurasi sensor dan modul salah satunya RTC tidak berjalan sesuai waktu dan sebagainya. Kelemahan lain dari sistem ini terletak pada notifikasi berupa Blynk yang bersifat umum, tidak memiliki akses khusus, sehingga rentan terhadap penyalahgunaan pembacaan data atau kekurangan keamanan.

3.2.4 Pengukuran Performa

1. Akurasi Deteksi

Alat dapat menunjukkan data dengan tingkat akurasi yang tinggi dimana data hasil pembacaan tegangan dan arus sesuai dengan kondisi parameter arus dan tegangan. Hal tersebut disinkronisasikan dengan modul RTC untuk menyelaraskan hasil pembacaan data sensor dengan waktu yang ditampilkan

2. Waktu Respon

Waktu yang diperlukan oleh alat, baik dalam membaca maupun mengirimkan notifikasi, tergolong singkat. Uji coba dilakukan pada tahap pengecekan arus dengan mengamati data sensor di Arduino, menggunakan lampu yang rusak yang diganti dengan lampu yang baik secara berulang. Proses ini memungkinkan penentuan waktu respons pembacaan sensor di Arduino IDE. Selanjutnya, pada proses pengiriman notifikasi, uji coba dilakukan dengan variasi input pada sensor baik arus maupun tegangan, sehingga pengguna dapat menerima notifikasi baik melalui Blynk atau pemberitahuan (alert). Tujuannya adalah untuk mengetahui keseluruhan waktu respons kerja dari alat.

3. Stabilitas Operasional

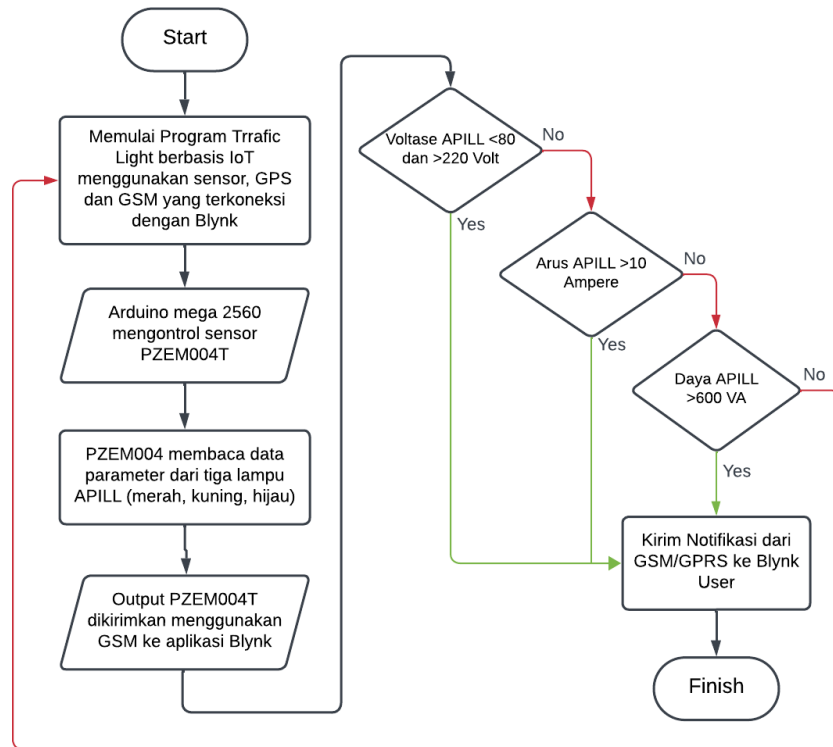
Stabilitas operasional *traffic light* dalam membaca data input harus konsisten dan selalu sesuai dengan data sebenarnya. Alat tersebut diharapkan dapat berfungsi normal dalam berbagai kondisi, termasuk saat terjadi kekurangan energi atau dalam cuaca yang tidak mendukung, tanpa memberikan dampak pada kemampuan alat untuk mengirimkan notifikasi. Selain itu, perangkat lunak atau aplikasi yang digunakan, seperti Blynk, seharusnya mampu bekerja dan menerima notifikasi secara terus-menerus tanpa mengalami kendala, agar pengecekan *traffic light* tetap konsisten dan stabil.

3.3 Usulan Solusi 3

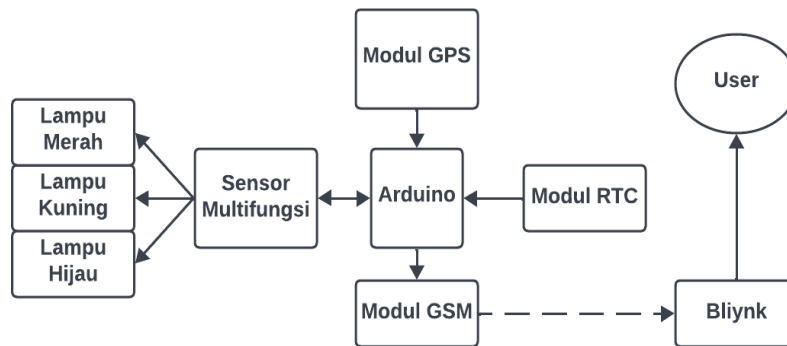
Dalam menanggapi masalah kerusakan pada lampu lalu lintas, kami mengusulkan solusi inovatif berupa alat deteksi kerusakan, terutama yang disebabkan oleh arus pendek. Korsleting dalam sistem listrik atau lampu lalu lintas seringkali terkait dengan tegangan, arus, dan daya. Oleh karena itu, perlu menjaga tegangan nominal agar tetap dalam rentang spesifik, karena fluktuasi dapat menyebabkan gangguan, termasuk korsleting. Lampu lalu lintas dirancang untuk beroperasi dalam rentang arus tertentu, dan arus berlebihan, seperti pada korsleting, dapat merusak komponen. Solusi kami melibatkan penggunaan sensor yang sesuai untuk mendeteksi potensi korsleting, dan solusi ini terintegrasi dengan IoT untuk memungkinkan akses jarak jauh oleh pengguna.

3.3.1 Desain Sistem 3

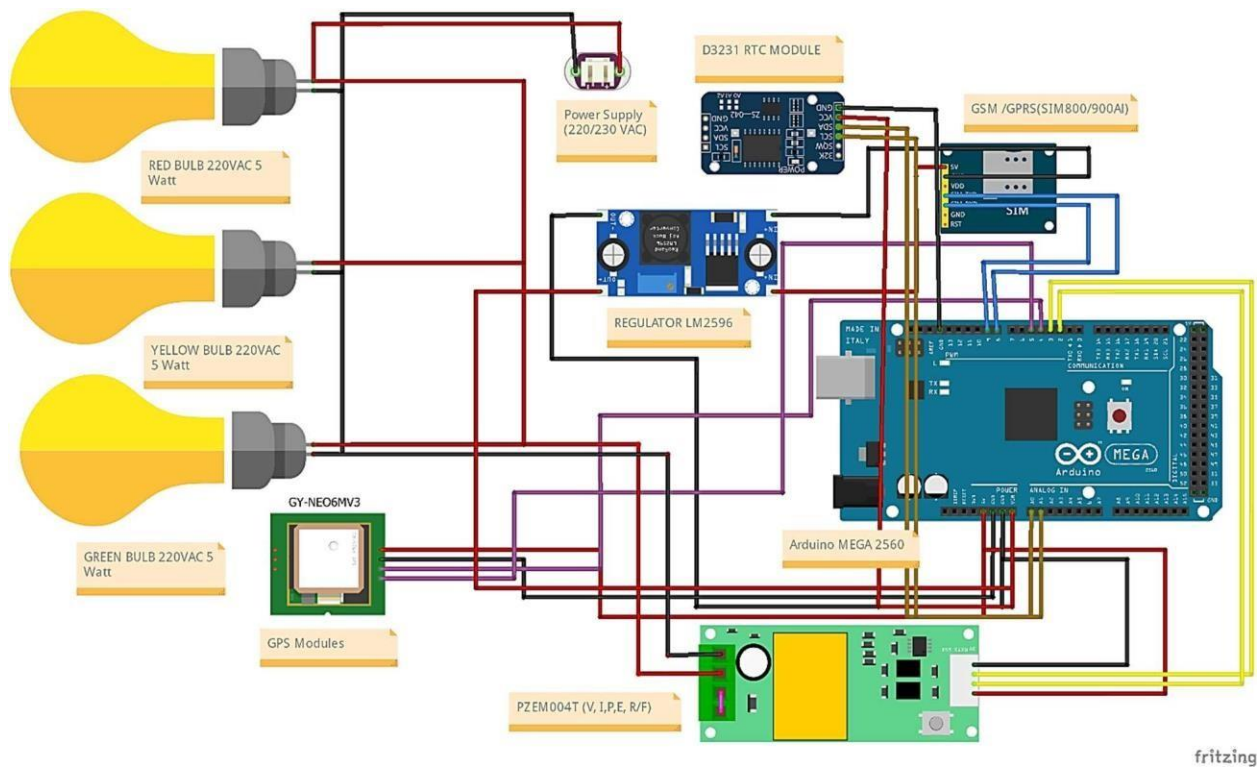
Desain sistem 3 memiliki persamaan dengan desain sistem 2 terkait pembacaan parameter penting, seperti tegangan dan arus pada lampu lalu lintas. Komponen utama melibatkan modul GSM/GPRS, Arduino MEGA 2560, sensor multifungsi PZEM004T, regulator LM2596, relay, dan tiga lampu dengan warna merah, kuning, dan hijau. Modul sensor multifungsi PZEM004T digunakan untuk mengukur tegangan, arus dan daya. LM2596, sebagai IC regulator tegangan, diintegrasikan dengan modul GSM untuk memberikan pasokan daya yang stabil dan meningkatkan efisiensi energi dalam sistem. Data hasil pembacaan dikirimkan melalui GSM ke platform Blynk. Dalam desain ini, penambahan modul RTC (*Real-Time Clock*) bertujuan untuk memberikan waktu yang akurat dalam proses *monitoring* atau kontrol jarak jauh. RTC menjadi penting untuk sinkronisasi waktu yang tepat saat menanggapi data atau menjalankan fungsi tertentu pada waktu-waktu tertentu dan memperkuat kehandalan sistem secara keseluruhan.



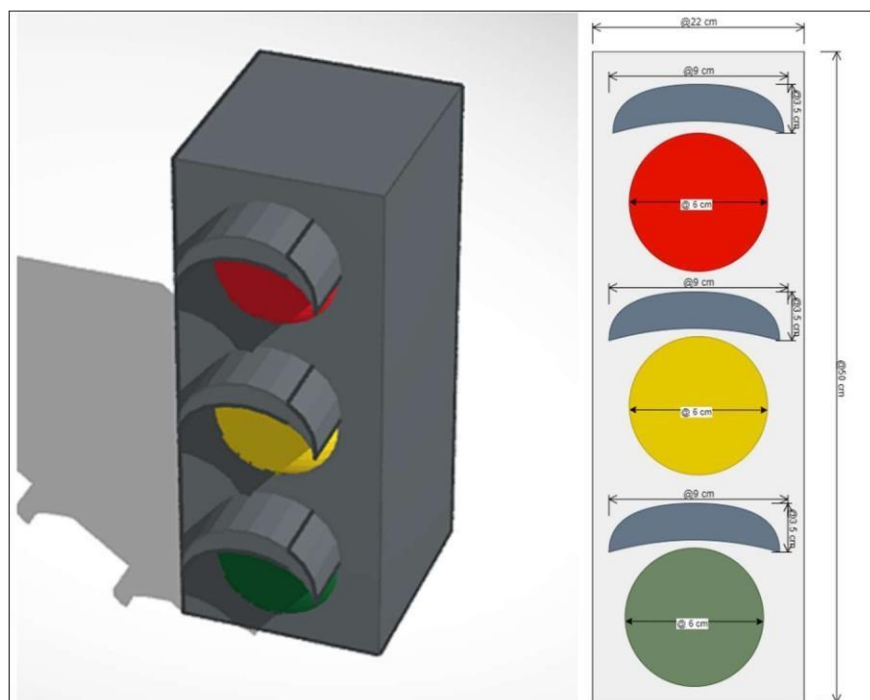
Gambar 3.14 Flowchart yang menjelaskan mekanisme kerja dari usulan ketiga



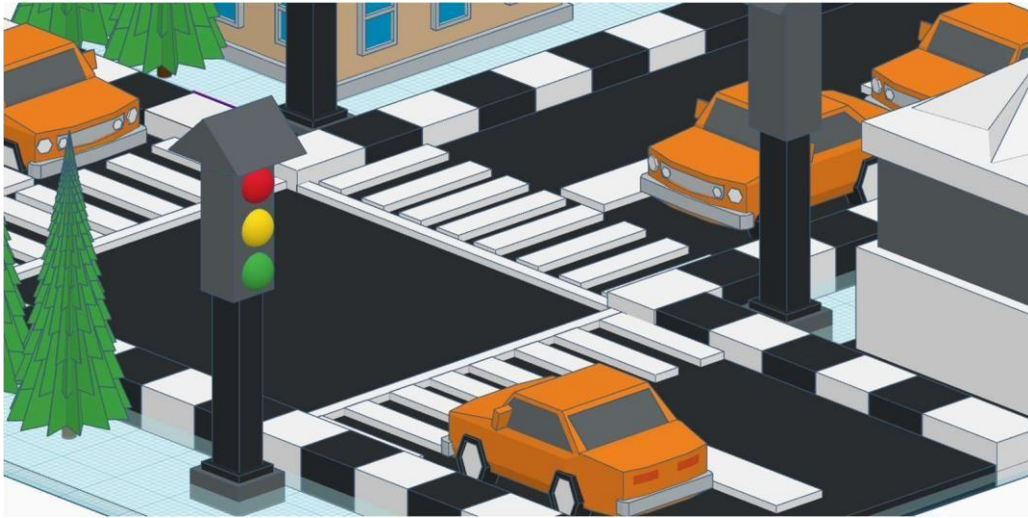
Gambar 3. 15 Blok diagram kerja sistem dari usulan ketiga



Gambar 3. 16 Wiring diagram dari usulan ketiga



Gambar 3. 17 Rancangan dua dan tiga dimensi dari solusi yang diajukan pada usulan ketiga



Gambar 3. 18 Ilustrasi skema tiga dimensi yang diaplikasikan di lapangan dengan menggunakan perangkat lunak Tinkercad

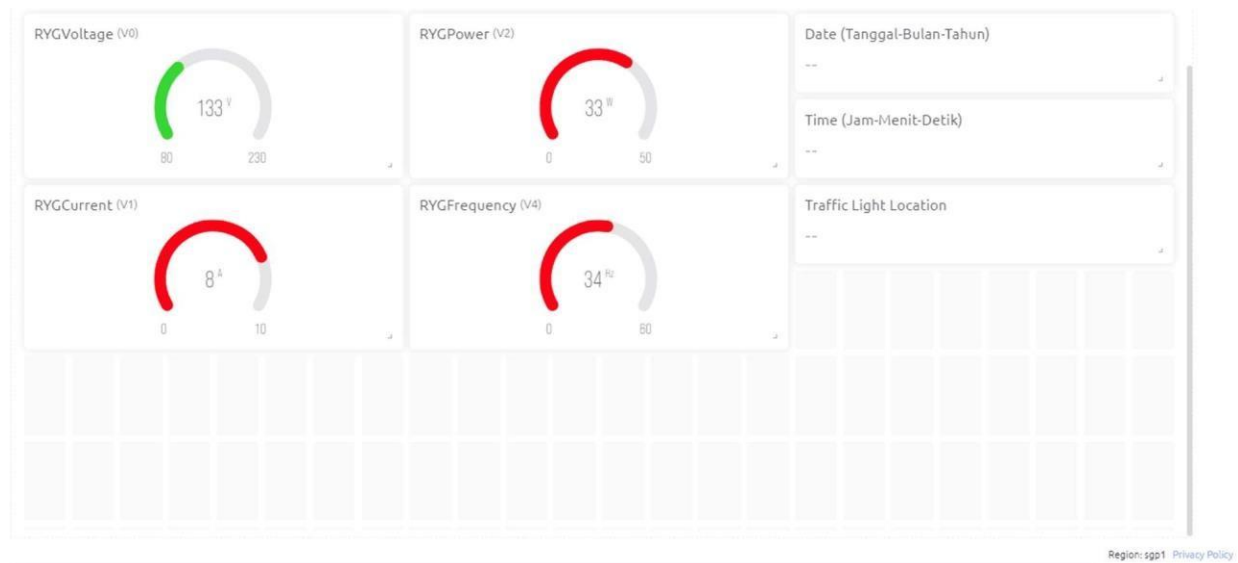
Korsleting dalam sistem listrik, yang dicirikan oleh koneksi tak disengaja dengan resistansi rendah, berpotensi menimbulkan lonjakan arus yang dapat membahayakan peralatan dan keselamatan. Hubungan antara tegangan, daya, dan arus memiliki peran krusial dalam memahami dampak korsleting, terutama dalam sistem arus bolak-balik (AC) di mana frekuensi memengaruhi perilaku elemen induktif dan kapasitif selama korsleting. Untuk mengurangi risiko ini, perlindungan seperti *fuse* dan *circuit breaker* menjadi krusial dalam desain sistem listrik yang handal, memastikan keselamatan dan keandalan. Sistem ini, yang terdiri dari perangkat keras dan lunak, menggunakan Blynk untuk memonitor parameter tegangan, arus, daya dan waktu dapat diakses bahkan melalui modul GSM. Modul RTC DS3231 yang terintegrasi dalam sistem ini membantu memastikan waktu yang akurat, yang menjadi kunci dalam pencatatan dan koordinasi data. Keberadaan RTC membantu menyelaraskan waktu dalam pengiriman informasi melalui modul GSM, memastikan data terkait kerusakan atau status lampu lalu lintas memiliki *timestamp* yang konsisten. Dengan demikian, modul RTC DS3231 menjadi elemen penting dalam menyempurnakan fungsionalitas dan keandalan sistem monitoring kerusakan lampu lalu lintas berbasis IoT yang melibatkan PZEM004T, Arduino Mega 2560, modul GPS dan GSM, regulator 2560, serta tiga lampu berwarna.

Tabel 3.5 Keterangan dari setiap komponen pada sistem Traffic light

No	Nama Alat	Keterangan
1	Modul GSM/GPRS (SIM800L)	Berperan sebagai perangkat telekomunikasi yang mengintegrasikan komunikasi seluler ke dalam sistem elektronik, modul ini memiliki fungsi penting dalam sistem pendeteksi kerusakan lampu lalu lintas yaitu pemantauan jarak jauh, mengelola status lampu lalu lintas, dan mengirimkan hasil pembacaan parameter ke Blynk sebagai bahan analisis.
2	Modul GPS (GY NEO-6M)	Merupakan komponen elektronik menggunakan teknologi ublox untuk menerima sinyal GPS. Modul ini berkomunikasi melalui antarmuka UART, menyajikan data lokasi dan waktu dalam format NMEA, dan dilengkapi dengan antena keramik bawaan. Dengan ukuran kecil, konsumsi daya rendah, dan akurasi yang handal, modul ini cocok untuk berbagai aplikasi.
3	Mikrokontroler (Arduino Mega 2560)	Berperan sebagai modul pengendali dalam sistem deteksi kerusakan lampu lalu lintas. Fungsinya melibatkan penghubungan dan pengolahan data dari sensor, pengendalian status lampu, serta komunikasi dengan modul GSM/GPRS dan GPS sesuai kebutuhan. Dengan kemampuan pemrograman yang dapat disesuaikan, mikrokontroler ini dapat melakukan pemantauan kondisi sekitar lampu hingga mencatat data secara jarak jauh.
4	Sensor Multifungsi (PZEM004T)	berperan dalam mengukur tegangan, arus, daya, frekuensi, energi, dan faktor daya. Modul PZEM-004T menjadi pilihan ideal untuk proyek atau eksperimen alat pengukur daya pada sistem listrik, seperti pada proyek monitoring kerusakan lampu lalu lintas berbasis IoT. Informasi pengukuran daya dari PZEM004T dapat diakses dan ditampilkan melalui aplikasi Blynk, memungkinkan pemantauan dan manajemen jarak jauh.

No	Nama Alat	Keterangan
5	Regulator (LM2596)	Berperan sebagai catu daya pada sistem monitoring kerusakan lampu lalu lintas berbasis IoT. Sebagai regulator tegangan <i>buck</i> (<i>step-down</i>), LM2596 dapat menurunkan tegangan masukan menjadi tegangan keluaran yang lebih rendah dengan efisiensi yang tinggi. Fungsi utama adalah menyediakan tegangan stabil yang diperlukan oleh modul GSM, memastikan operasional modul tersebut berjalan dengan optimal.
6	Bulb/Lampu 5 watt (merah, kuning dan hijau)	Berperan sebagai penanda dalam sistem <i>traffic light</i> berbasis IoT. Sekaligus memainkan peran kritis dalam mengkoordinasikan lalu lintas dan meningkatkan keamanan. Dalam konteks proyek ini, lampu lalu lintas tersebut terintegrasi dengan Arduino Mega 2560, modul GPS dan GSM, serta regulator 2596.
7	Modul RTC (DS3231)	Memberikan waktu dan tanggal yang sangat akurat. DS3231 memiliki tingkat akurasi yang tinggi, kalibrasi internal, dan output osilator suhu. Modul RTC DS3231 berperan kritis untuk memastikan sinkronisasi waktu yang tepat dalam pencatatan peristiwa seperti perubahan status lampu atau pengiriman notifikasi. Informasi waktu yang diberikan oleh modul RTC DS3231 diakses dan ditampilkan melalui platform Blynk.

Dalam perancangan sistem ini, menggunakan perangkat lunak bernama Blynk sebuah aplikasi sumber terbuka yang dapat diakses dengan mudah. Kelebihan Blynk adalah tidak memerlukan biaya penggunaan, memungkinkan pengguna untuk mengaksesnya tanpa hambatan finansial. Kami memanfaatkan fitur notifikasi di dalam Blynk untuk mempermudah pengguna dalam mendeteksi dan memahami kerusakan pada *traffic light*. Keunggulan lainnya adalah notifikasi yang disediakan dapat disesuaikan dengan mudah sesuai kebutuhan pengguna. Desain tampilan notifikasi dapat diubah agar sesuai dengan preferensi individual pengguna, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.19 di bawah ini.



Gambar 3. 19 Format dan tampilan Blynk yang dikirimkan kepada pengguna melalui jaringan GSM dalam usulan ketiga

3.3.2 Rencana Anggaran Desain 3

Tabel 3.6 Rencana anggaran pengembangan sistem Traffic light

No.	Item/Pengeluaran	Satuan	Harga satuan	Jumlah	Harga Total
1	Arduino Mega 2560	Pcs	Rp. 360.000, -	1	Rp. 400.000, -
2	PZEM004T	Pcs	Rp. 115.000, -	1	Rp. 115.000, -
3	Regulator LM2596	Pcs	Rp. 30.000, -	1	Rp. 30.000, -
4	SIM800l	Pcs	Rp. 58.000, -	1	Rp. 58.000, -
5	Bulb 5 watt	Pcs	Rp. 5.250, -	3	Rp. 15.750, -
6	Ublox NEO-6M GPS Module	Pcs	Rp.84.990,-	1	Rp.84.990,-
7	Modul RTC DS3231	Pcs	Rp. 42.500, -	1	Rp. 42.500, -
Total Belanja					Rp. 746.240, -

3.3.3 Analisis Risiko Desain 3

Desain ini menghadapi tantangan kompleks dengan memanfaatkan Arduino Mega 2560 yang terkoneksi dengan beberapa komponen, termasuk modul GSM, regulator tegangan LM2596, relay, dan sensor PZEM004t. Tiga lampu lalu lintas terhubung ke soket 220 VAC dan dimonitor menggunakan sensor PZEM004t untuk mendeteksi kerusakan. Mikrokontroler Arduino Mega 2560 mengumpulkan data dan menggunakan modul GSM untuk mengirim notifikasi peringatan melalui Blynk jika ada kerusakan. Sementara itu, regulator tegangan LM2596 menyediakan catu daya stabil untuk modul GSM. Antarmuka pemantauan sistem dapat diakses menggunakan platform Blynk, memungkinkan pemantauan jarak jauh dan respons cepat terhadap kondisi lalu lintas yang berubah. Dengan integrasi ini, sistem dapat mengoptimalkan efisiensi dan meningkatkan keselamatan lalu lintas melalui deteksi dan pemantauan kerusakan lampu lalu lintas secara *real-time* yang disinkronkan dengan modul RTC DS3231.

3.3.4 Pengukuran Performa

1. Akurasi Deteksi

Alat maupun sistem dapat melakukan pemrosesan data dengan tingkat akurasi yang tinggi dengan data hasil pembacaan tegangan, arus, daya dan waktu sesuai dengan kondisi lampu atau *bulb*. Selanjutnya data akan dikirim melalui GSM untuk ditampilkan dalam aplikasi Blynk.

2. Waktu Respon

Waktu yang dibutuhkan oleh alat, baik dalam membaca maupun mengirimkan notifikasi, tidak memerlukan durasi yang lama. Uji coba dilakukan pada tahap pengecekan arus dengan memonitor data sensor di Arduino, menggunakan lampu rusak yang digantikan dengan lampu yang baik secara berulang, sehingga dapat diketahui waktu respons pembacaan sensor di Arduino IDE. Pada proses pengiriman notifikasi, dilakukan uji coba dengan mengubah input pada sensor, baik arus, tegangan, maupun daya, sehingga pengguna dapat menerima notifikasi baik melalui Blynk atau alert. Hal ini bertujuan untuk mengetahui secara menyeluruh waktu respons kerja dari alat.

3. Stabilitas Oprasional

Stabilitas operasional *traffic light* dalam membaca data input harus konsisten dan selalu sesuai dengan data sebenarnya. Alat tersebut diharapkan dapat berfungsi normal dalam berbagai kondisi, termasuk saat terjadi kekurangan energi atau dalam cuaca yang tidak mendukung, tanpa memberikan dampak pada kemampuan alat untuk mengirimkan notifikasi. Selain itu, perangkat lunak atau aplikasi yang digunakan, seperti Blynk, seharusnya mampu bekerja dan menerima notifikasi secara terus-menerus tanpa mengalami kendala, agar pengecekan *traffic light* tetap konsisten dan stabil.

3.4 Analisis dan Penentuan Usulan Solusi/Desain Terbaik

Pemilihan usulan solusi desain yang terbaik dilakukan dengan menggunakan metode *Decision Matrix Analysis*. Analisa ini dipilih karena mampu membandingkan solusi secara virtual dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi.

Tabel 3.7 Faktor-faktor setiap usulan solusi yang disajikan dalam tabel yang menyesuaikan dengan parameter kerja

Faktor	Keterangan setiap poin usulan solusi		
	Usulan Solusi I	Usulan Solusi II	Usulan Solusi III
Tingkat Kerumitan	Penentuan nilai tetapan pada sensor arus dan kalibrasi modul GPS dan GSM serta konfigurasi semua komponen yang terhubung	Penentuan nilai tetapan pada sensor voltase, arus, modul RTC serta kalibrasi dan konfigurasi semua sensor yang terhubung dalam modul GSM dan GPS	Penentuan nilai tetapan pada sensor PZEM004t, kalibrasi dan konfigurasi modul RTC, GPS dan GSM
Perawatan	Memerlukan pengecekan kondisi secara berkala setiap 1 bulan sekali	Memerlukan pemeliharaan secara berkala setiap 3 bulan sekali	Memerlukan pemeliharaan secara berkala setiap 6 bulan sekali
Keamanan	Kemungkinan berpotensi kejadian kerusakan atau peretasan oleh pengguna lain	Berpotensi di <i>hack</i> oleh pengguna lain	Berpotensi di <i>hack</i> oleh pengguna lain

Faktor	Keterangan setiap poin usulan solusi		
	Usulan Solusi I	Usulan Solusi II	Usulan Solusi III
Anggaran	Rp. 500.000 Hingga Rp. 1.000.000	Rp. 500.000 Hingga Rp. 1.000.000	Rp. 500.000 Hingga Rp. 1.000.000

Tabel 3.8 *Decision Matrix Analysis*

Faktor	Keterangan setiap poin usulan solusi		
	Usulan Solusi I	Usulan Solusi II	Usulan Solusi III
Tingkat Kerumitan	1	2	3
Perawatan	2	3	4
Keamanan	1	3	3
Anggaran	2	2	2
Total Poin	6	10	12

Berdasarkan *table* di atas, dapat kita tinjau bahwa usulan desain 3 mempunyai total nilai lebih tinggi dari desain 1 dan 2. Faktor utama dalam membandingkan ketiga usulan desain ini melibatkan beberapa parameter yaitu tingkat kerumitan, perawatan, keamanan hingga anggaran yang digunakan. Kesamaan pada ketiga desain ini menggunakan modul komunikasi *Real Time Clock* (RTC), GSM dan modul GPS serta menggunakan sensor multifungsi yang mengukur arus dan voltase. Kemudian pemetaan lokasi titik *traffic light* di setiap persimpangan. Hal yang berbeda hanya kombinasi rangkaian dan konfigurasinya. Sehingga penulis memilih usulan solusi desain 3 sebagai solusi terbaik dari beberapa solusi yang dilampirkan.

3.5 Gantt Chart

Bagan *Gantt* berguna untuk perencanaan dan penjadwalan proyek. Fungsi lain dapat membantu menilai berapa lama proyek harus berlangsung, menentukan sumber daya yang dibutuhkan, dan merencanakan urutan penyelesaian tugas. Pada proyek *capstone traffic light* berbasis *IoT* diperlukan perencanaan dan manajemen agar seluruh tugas dan target di tiap pencapaian dapat terpenuhi. Dalam perancangan *traffic light* berbasis *IoT* yang dilaksanakan dalam dua semester atau satu tahun ini menggunakan *ganttt chart*. Perhatikan *table ganttt chart* pelaksanaan *Capstone Project Design* dan anggota yang berkontribusi dalam tanggal tersebut.

Tabel 3.9 Gantt chart pelaksanaan Capstone Project sistem Traffic light

No.	Kegiatan/Capaian	Bulan ke -											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Survei dan identifikasi permasalahan	C,R	C,R										
2	Mencari literatur dan informasi untuk kebutuhan dan spesifikasi sistem	C	R	C,R									
3	Mengumpulkan seluruh ide solusi dan finalisasi usulan perancangan sistem beserta manajemen dan rancangan belanja			C	C,R	R	C,R						
4	Pengumpulan proposal Tugas Akhir 1/Capstone Project dan seminar						C,R						
5	Pembelian alat dan bahan							C,R	C,R				
6	Perancangan sistem sesuai proposal								C,R	C,R	C,R		
7	Testing dan Validasi										C,R	C,R	
8	Expo dan pengumpulan laporan akhir												C,R

Ket. : PIC – *Person in Charge* (Pihak yang bertanggung untuk kegiatan tersebut) C : Candra , R : Rosi

3.6 Realisasi Pelaksanaan Tugas Akhir 1

Pelaksanaan perancangan proposal Tugas Akhir 1 didasarkan pada *timeline* dan *gant chart*. Selain itu peran dari masing-masing anggota juga terlampir dalam *table* realisasi pelaksanaan tugas akhir 1. Perhatikan *table* berikut untuk mengetahui tentang informasi, anggota yang berperan dalam kegiatan ini dan *timeline* pelaksanaan kegiatan.

Tabel 3.10 Realisasi aktivitas pelaksanaan tugas akhir 1

No	Hari, Tanggal, Durasi (jam atau hari)	Aktivitas	Pelaksana
1	Jumat, 15 September 2023 1,5 jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1 (Pekan ke-1)	Rosiana Candra
2	Rabu, 20 September 2023 6 Jam	Mencari jurnal mengenai <i>Traffic Light</i> dan membuat ringkasan <i>Literature Review</i>	Rosiana Candra
3	Senin, 25 September 2023 1,5 jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1 (Pekan ke-2)	Rosiana Candra
4	Selasa, 26 September 2023 3 Jam	Membuat Identifikasi Masalah tentang kerusakan pada <i>traffic light</i>	Rosiana Candra
5	Kamis, 28 September 2023 2 Jam	Membuat Latar Belakang bagian paragraf satu	Rosiana Candra
6	Jumat, 29 September 2023 4 Jam	Membuat Latar Belakang bagian paragraf dua dan tiga	Rosiana Candra
7	Sabtu, 30 September 2023 4 Jam	Membuat Identifikasi Masalah tentang kerusakan dan kegagalan pada <i>traffic light</i>	Rosiana Candra
8	Selasa, 03 Oktober 2023 1,5 jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1 (Pekan ke-3)	Rosiana Candra
9	Rabu, 04 Oktober 2023 2 Jam	Melakukan Revisi latar belakang paragraf tiga	Rosiana Candra
10	Kamis, 05 Oktober 2023 4 Jam	Membuat Studi Literatur Teknologi Terlebih dahulu	Rosiana Candra
11	Jumat, 06 Oktober 2023 2 Jam	Membuat <i>list</i> pertanyaan untuk wawancara ke dinas perhubungan DIY	Rosiana Candra
12	Sabtu, 07 Oktober 2023 2 Jam	Membuat Dasar teori dan memasukkan setiap <i>point</i> ke dalam <i>template</i> TA 1	Rosiana Candra
13	Minggu, 08 Oktober 2023 4 Jam	Mengerjakan batasan masalah, Batasan <i>Realistic Engineering</i>	Rosiana Candra
14	Selasa, 10 Oktober 2023 1,5 Jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1 (Pekan ke-4)	Rosiana Candra
15	Rabu, 11 Oktober 2023 1 Jam	Melakukan Revisi Identifikasi masalah	Rosiana Candra
16	Kamis, 12 Oktober 2023 2 Jam	Melakukan Revisi batasan realistik	Rosiana Candra

No	Hari, Tanggal, Durasi(jam atau hari)	Aktivitas	Pelaksana
17	Rabu, 18 Oktober 2023 1 Jam	Pemberian surat dan proposal ke dinas perhubungan DIY	Rosiana Candra
18	Kamis, 19 Oktober 2023 1,5 Jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1 (Pekan ke-5)	Rosiana Candra
19	Jumat, 20 Oktober 2023 2 Jam	Melakukan studi literatur dan mencari referensi teori terkait <i>traffic light</i> dan IoT	Rosiana Candra
20	Sabtu, 21 Oktober 2023 1,5 Jam	Membuat landasan teori	Rosiana Candra
21	Selasa, 24 Oktober 2023 4 Jam	Melakukan kunjungan dan wawancara ke Dinas Perhubungan DIY	Rosiana Candra
22	Sabtu, 28 Oktober 2023 1,5 Jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1 (Pekan ke-6)	Rosiana Candra
23	Senin, 30 Oktober 2023 2 Jam	Menganalisis pihak yang terlibat atau terkait dalam <i>project traffic light</i>	Rosiana Candra
24	Selasa, 31 Oktober 2023 1 Jam	Mengerjakan analisis <i>stakeholder</i>	Rosiana Candra
25	Rabu, 01 November 2023 2 Jam	Mengerjakan analisis aspek yang mempengaruhi	Rosiana Candra
26	Kamis, 02 November 2023 1 Jam	Menyusun spesifikasi sistem	Rosiana Candra
27	Senin, 06 November 2023 1,5 Jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1 (Pekan ke-7)	Rosiana Candra
28	Rabu, 08 November 2023 2 Jam	Melakukan revisi analisis <i>stakeholder</i> dan spesifikasi sistem	Rosiana Candra
29	Kamis, 09 November 2023 1 Jam	Melakukan perbandingan terhadap desain <i>project</i> yang sudah dibuat oleh para peneliti sebelumnya	Rosiana Candra
30	Jumat, 10 November 2023 2 Jam	Merancang usulan solusi 1 dan 2	Rosiana Candra
31	Selasa, 14 November 2023 1,5 Jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1 (pekan ke-8)	Rosiana Candra
32	Rabu, 15 November 2023 2 Jam	Menyusun desain 1,2 dan merancang desain kelistrikan	Rosiana Candra
33	Kamis, 16 November 2023 1 Jam	Pembuatan <i>flowchart</i> rangkaian desain 1&2	Rosiana Candra
34	Rabu, 22 November 2023 1,5 Jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1 (Pekan ke-9)	Rosiana Candra
35	Kamis, 23 November 2023 2 Jam	Melakukan revisi terkait kombinasi sensor yang digunakan	Rosiana Candra
36	Jumat, 24 November 2023 2 Jam	Melakukan <i>review</i> terkait harga komponen yang mau digunakan	Rosiana Candra

No	Hari, Tanggal, Durasi(jam atau hari)	Aktivitas	Pelaksana
37	Sabtu, 25 November 2023 2 Jam	Membuat analisis risiko dan pengukuran performa pada desain 1&2	Rosiana Candra
38	Minggu, 26 November 2023 6 Jam	Menyusun rancangan desain 3, membuat rangkaian desain 3 dan pembuatan <i>flowchart</i> desain 3 serta aspek penting lainnya	Rosiana Candra
39	Selasa, 28 November 2023 2 Jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1 (Pekan ke-10)	Rosiana Candra
40	Rabu, 29 November 2023 2 Jam	Mencari referensi terkait modul GSM	Rosiana Candra
41	Kamis, 30 November 2023 2 Jam	Revisi desain 1, 2 dan 3 terkait penambahan modul GSM dan urgensinya	Rosiana Candra
42	Selasa, 05 Desember 2023 1,5 Jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1 (Pekan ke-11)	Rosiana Candra
43	Rabu, 06 Desember 2023, 2 Jam	Penambahan modul GPS pada desain 1,2 dan 3 serta modul RTC pada desain 2 dan 3	Rosiana Candra
44	Kamis, 07 Desember 2023 2 Jam	Membuat dan menentukan usulan terbaik	Rosiana Candra
45	Selasa, 06 Desember 2023 1,5 Jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1 (Pekan ke-12)	Rosiana Candra
46	Selasa, 18 Desember 2023 2 jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1 (Pekan ke-13)	Rosiana Candra
47	Jumat, 22 Desember 2023 3 jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1 (Pekan ke-13)	Rosiana Candra
48	Sabtu, 23 Desember 2023 8 jam	Revisi setiap usulan dan penambahan komponen pada usulan 3	Rosiana Candra
49	Minggu, 24 Desember 2023 9 jam	Finalisasi Proposal Tugas Akhir	Rosiana Candra

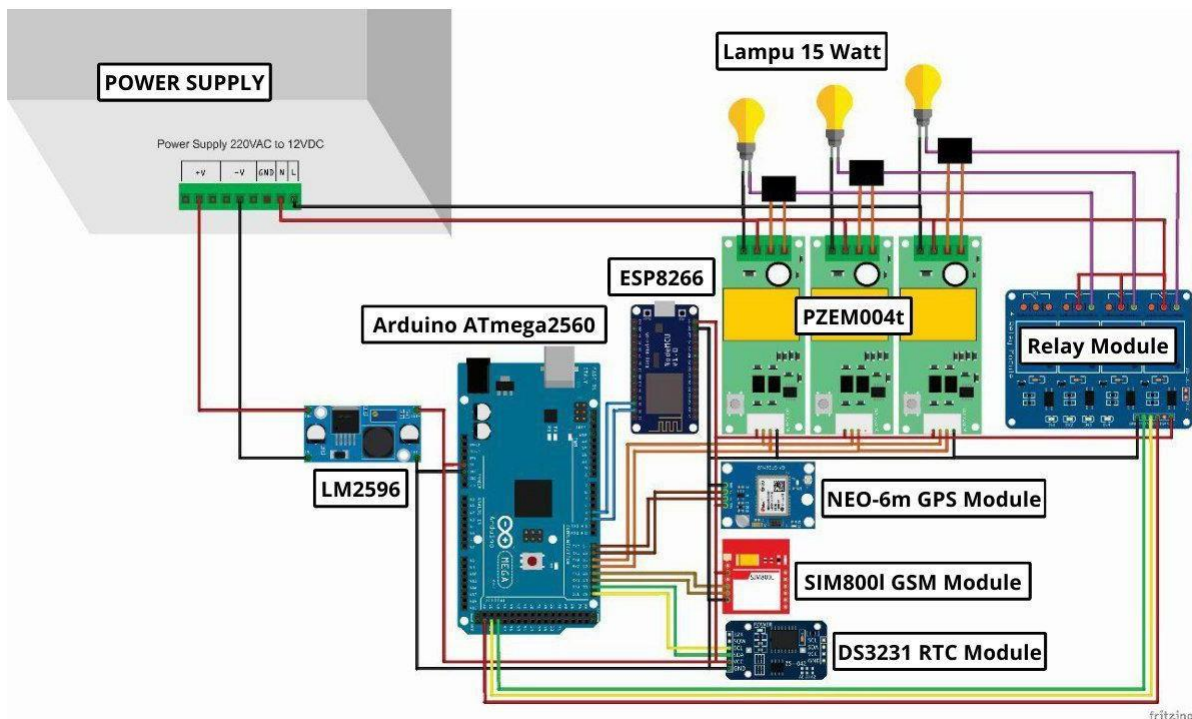
BAB 4 HASIL RANCANGAN DAN METODE PENGUKURAN

4.1 Hasil Rancangan Sistem

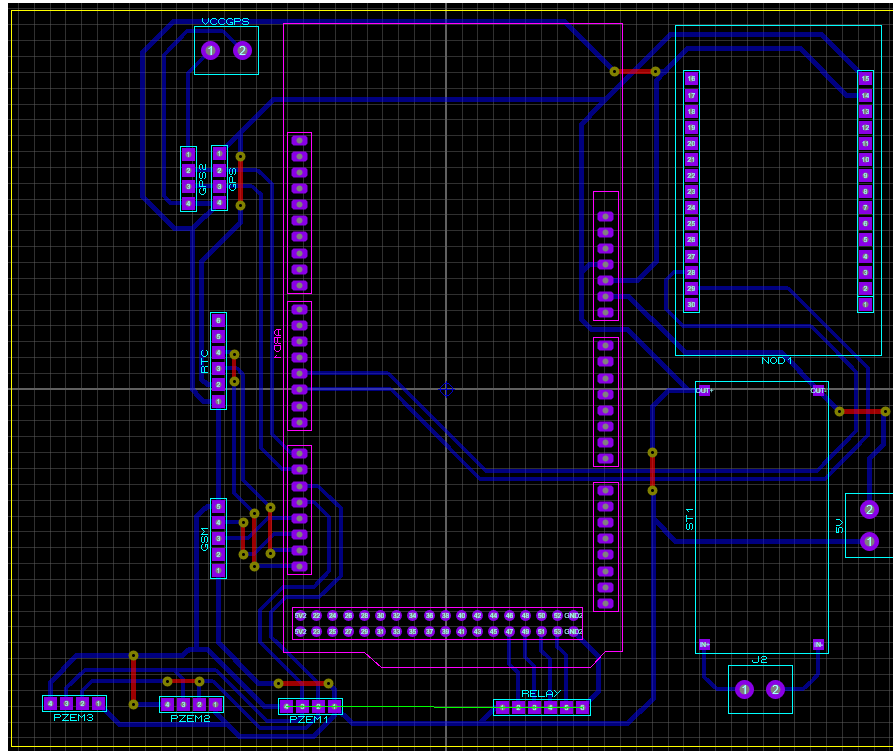
Bab ini menyajikan hasil implementasi sistem *TrafficEase IoT* di persimpangan. Hasil rancangan sistem ini mencakup tiga bagian utama: rangkaian elektronik, desain tiga dimensi (3D), *software* untuk merancang PCB dan *interface Blynk* [3] [5]. Setiap bagian akan dijelaskan secara detail untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai komponen-komponen yang digunakan serta fungsi dari sistem ini.

4.1.1 Hasil Rancangan Elektronik

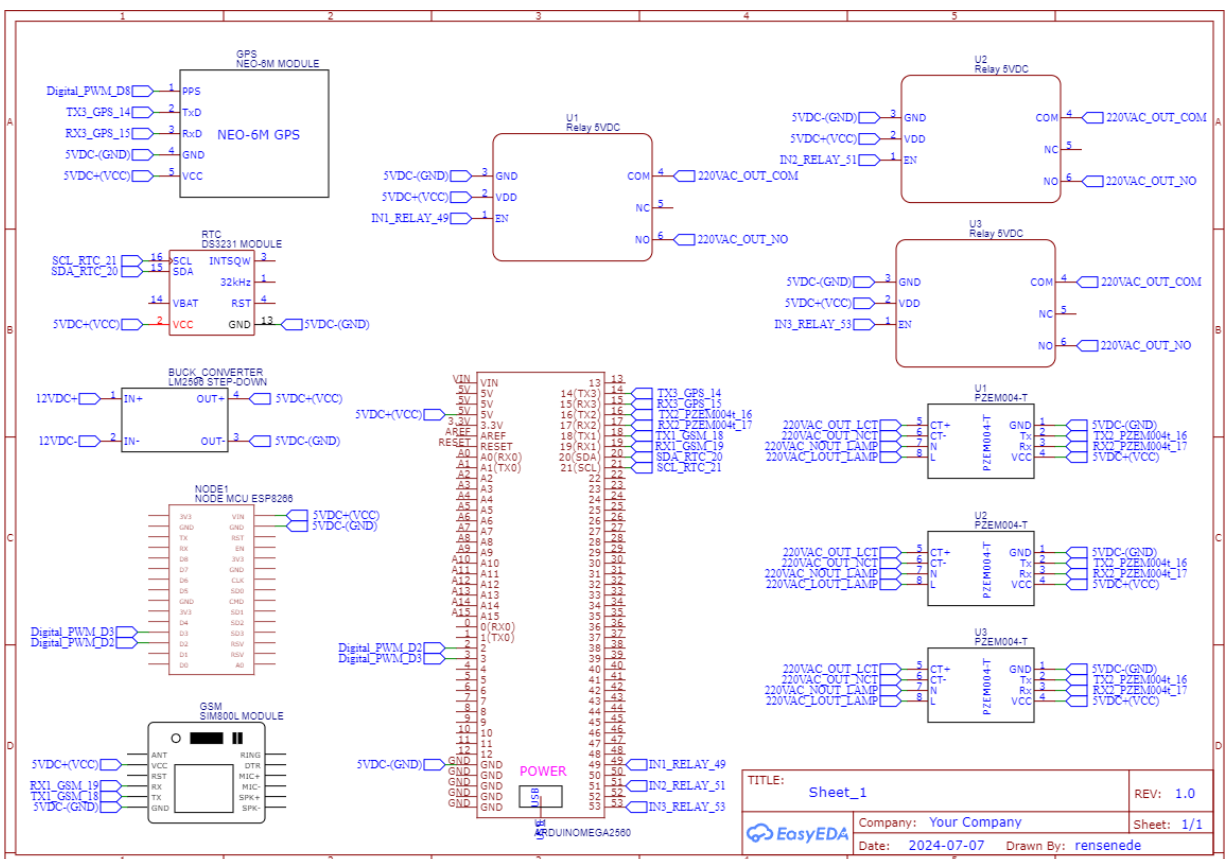
Rangkaian elektronik yang terdapat pada sistem *TrafficEase IoT* merupakan kendali dalam pengiriman dan penerimaan sinyal. Rangkaian elektronika dari alat yang dirancang ditunjukkan pada Gambar 4.1 Rangkaian Elektronik *TrafficEase IoT*.



Gambar 4.1 Rangkaian Elektronik *TrafficEase IoT*



Gambar 4.2 Desain Printed Circuit Board (PCB) Pada sistem TrafficEase IoT



Gambar 4.3 Desain elektronis TrafficEase IoT dan keterangan port

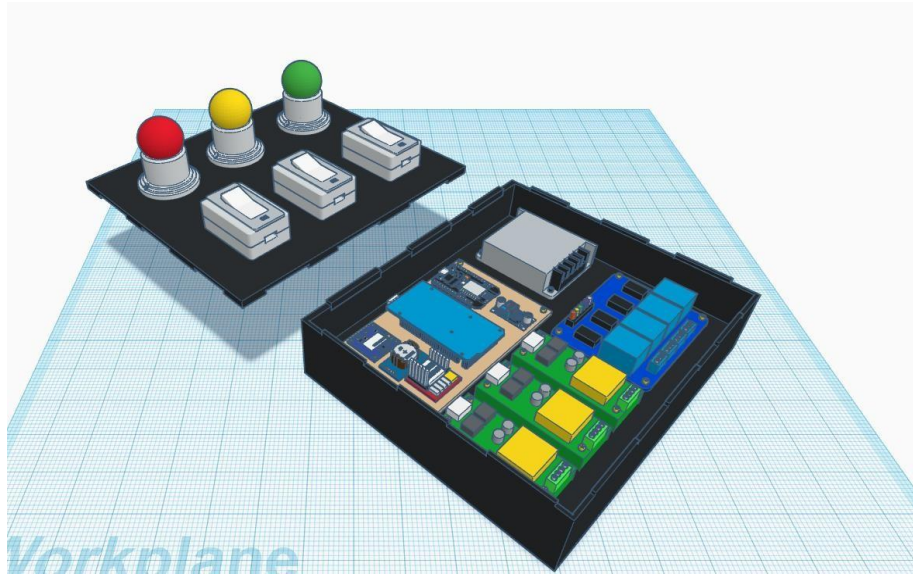
Hasil rancangan elektronik pada sistem *TrafficEase IoT* melibatkan penggunaan berbagai modul dan sensor yang saling terhubung untuk memastikan fungsionalitas yang optimal. Sistem ini tidak menggunakan baterai sebagai sumber daya, melainkan mengandalkan pasokan listrik dari PLN. Daya dari sumber listrik mengalir melalui *power supply* dengan tegangan +12 VDC, yang kemudian diatur oleh *buck converter* atau *step-down* untuk menurunkan tegangan dari 12 VDC ke 5 VDC yang diperlukan oleh komponen lain seperti Arduino ATmega 2560 dan ESP8266. Pada tabel penempatan port, terlihat bahwa *buck converter* mengalirkan output tegangan ke Vin dan GND Arduino, memastikan bahwa sistem memiliki pasokan daya yang stabil [7].

Arduino ATmega 2560 berfungsi sebagai pusat kendali yang mengkoordinasikan komunikasi antara berbagai modul. Modul SIM800L digunakan untuk komunikasi serial, terhubung ke pin TX dan RX Arduino. Modul ini memungkinkan pengiriman notifikasi SMS terkait kerusakan lampu lalu lintas yang terdeteksi. Untuk pemantauan *real-time*, modul ESP8266 mengirimkan data yang diukur oleh sensor PZEM004t ke *platform Blynk*. Pin TX dan RX ESP8266 terhubung ke pin D18 dan D19 Arduino, memungkinkan komunikasi serial yang efisien. Sensor PZEM004t sendiri terhubung ke pin D4 dan D5 Arduino, mengukur arus, voltase, dan daya yang kemudian dikirimkan melalui ESP8266 [8].

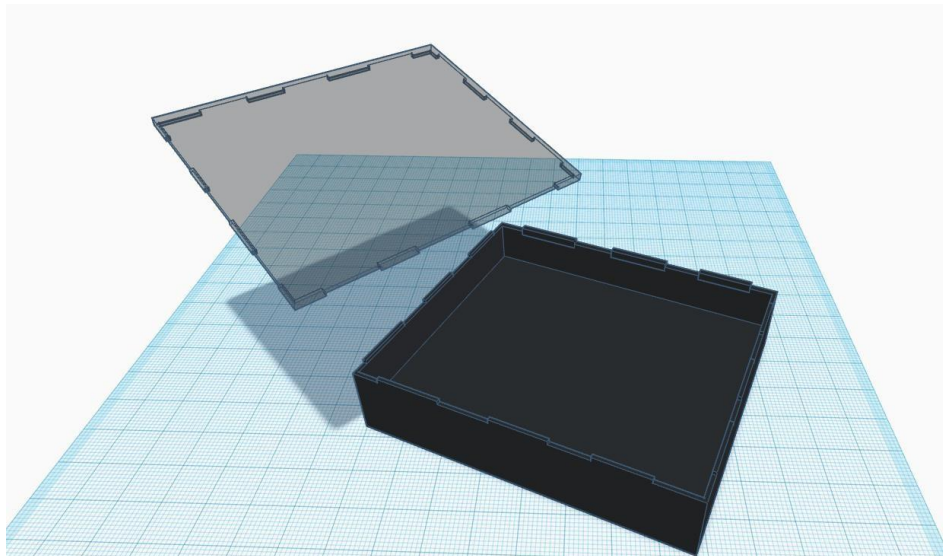
Selain itu, sistem juga menggunakan relay module untuk mengendalikan lampu lalu lintas. Relay ini diaktifkan melalui pin digital Arduino (IN1 – IN3) yang terhubung ke berbagai pin seperti D22, D23, D24, dan D25. Relay ini mengontrol lampu lalu lintas melalui kontak NC (*Normally Closed*) dan NO (*Normally Open*). Gambar penempatan port menunjukkan bahwa kontak relay terhubung ke bola lampu, memastikan bahwa ketika relay diaktifkan, lampu lalu lintas dapat menyala atau mati sesuai kebutuhan. Modul ini memastikan bahwa lampu lalu lintas tetap berfungsi dengan baik, bahkan jika ada kerusakan yang terdeteksi oleh sistem. Sistem *TrafficEase IoT* dengan rancangan elektronik yang rinci ini memastikan bahwa setiap komponen bekerja secara sinergis untuk memberikan solusi manajemen lalu lintas yang efektif. Komponen-komponen yang terhubung dengan tepat melalui *port-port* yang ditentukan memastikan bahwa data yang diperoleh dapat dikomunikasikan dengan baik, baik untuk pemantauan *real-time* maupun notifikasi kerusakan. Implementasi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi pemeliharaan lampu lalu lintas, tetapi juga memastikan bahwa seluruh sistem bekerja secara optimal untuk meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan [6].

4.1.2 Hasil Rancangan Desain Wadah

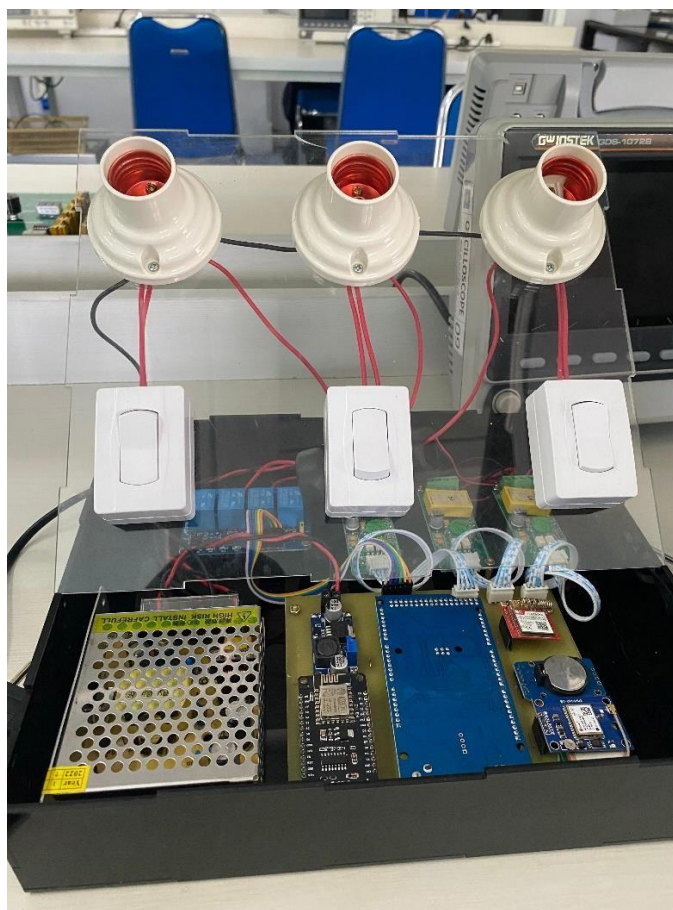
Hasil rancangan desain wadah untuk digunakan pada sistem *TrafficEase IoT* merupakan sebuah solusi inovatif yang dirancang khusus untuk mendukung pengelolaan lalu lintas di persimpangan. Wadah dirancang dengan perhatian khusus terhadap kebutuhan lingkungan dan ketahanan perangkat dalam kondisi luar ruangan. Desain wadah ini mempertimbangkan faktor-faktor seperti proteksi terhadap cuaca, kemudahan instalasi, dan aksesibilitas untuk pemeliharaan.



Gambar 4.3 Rancangan Desain wadah sistem TrafficEase IoT dengan komponen di dalamnya



Gambar 4.4 Rancangan Desain wadah sistem TrafficEase IoT

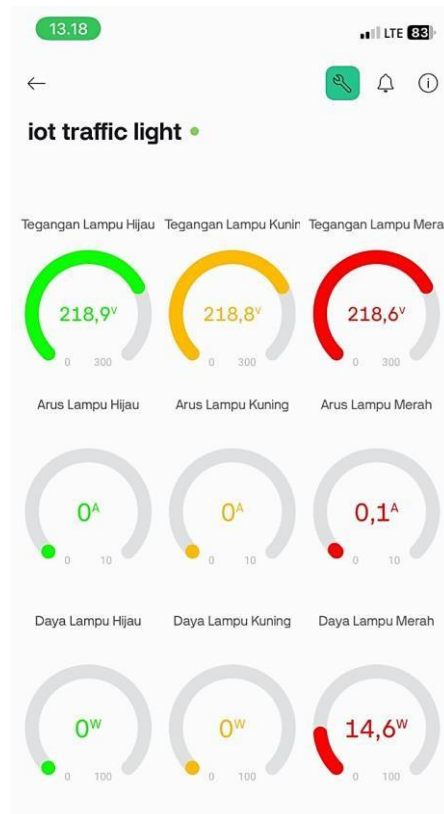


Gambar 4.4 Desain riil dari sistem TrafficEase IoT

Wadah ini dibuat dari material yang tahan terhadap korosi dan paparan sinar UV, memastikan perlindungan optimal bagi komponen elektronik di dalamnya. Desain ergonomis dari wadah memungkinkan teknisi untuk dengan mudah membuka dan menutup wadah, serta mengakses komponen internal seperti *power supply*, *buck converter*, Arduino ATmega 2560, ESP8266, *relay module*, SIM800L, dan sensor PZEM004t. Penempatan komponen di dalam wadah diatur dengan cermat untuk memaksimalkan ruang dan memastikan aliran udara yang optimal. *Power supply* dan *buck converter* ditempatkan di bagian bawah untuk stabilitas dan kemudahan akses ke sumber daya. Arduino ATmega 2560 dan ESP8266 dipasang di tengah wadah, dengan pin-pinnya diatur sedemikian rupa untuk memudahkan koneksi ke modul lain. *Relay module*, SIM800L, dan PZEM004t ditempatkan di bagian atas wadah untuk memudahkan akses saat pemeliharaan atau penggantian komponen. Desain wadah ini juga memungkinkan pemasangan antena eksternal untuk modul SIM800L, memastikan sinyal yang kuat untuk komunikasi SMS. Selain itu, terdapat ruang khusus untuk koneksi kabel yang rapi dan aman, menghindari risiko korsleting atau gangguan lainnya. Dengan rancangan yang holistik dan memperhatikan berbagai aspek teknis dan fungsional, wadah ini memastikan bahwa sistem *TrafficEase IoT* dapat beroperasi dengan optimal dan berkelanjutan di lingkungan luar ruangan, meningkatkan manajemen lalu lintas dan keselamatan di persimpangan.

4.1.3 Hasil Rancangan Interface Menggunakan Blynk

Hasil rancangan *interface* untuk sistem *TrafficEase IoT* menggunakan *platform Blynk* memberikan visualisasi *real-time* dari kondisi lampu lalu lintas di persimpangan. *Interface* ini dirancang untuk memantau tegangan, arus, dan daya yang digunakan oleh setiap lampu lalu lintas (hijau, kuning, dan merah) secara efisien dan mudah dipahami oleh pengguna.



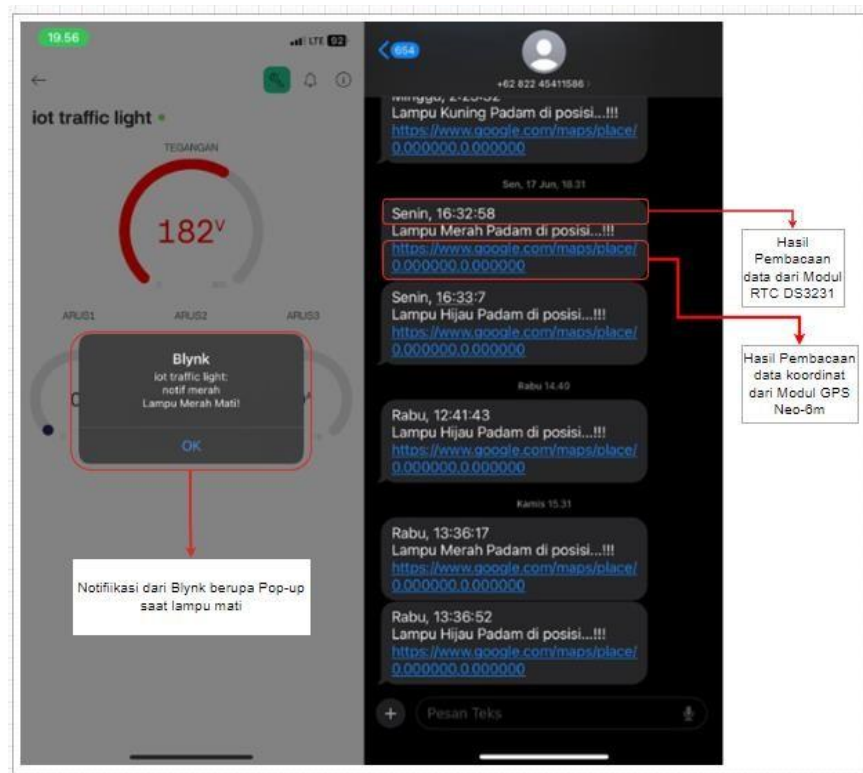
Gambar 4.5 Interface Blynk untuk menampilkan tegangan, arus, dan daya dari lampu lalu lintas

Desain antarmuka ini memastikan bahwa semua informasi penting tentang status lampu lalu lintas dapat diakses dengan cepat dan mudah. Penggunaan *Blynk* sebagai *platform* memungkinkan fleksibilitas dan kontrol jarak jauh, sehingga teknisi dapat memantau dan mengelola sistem dari mana saja dengan menggunakan perangkat *mobile*. *Interface* ini tidak hanya meningkatkan efisiensi pemeliharaan dengan memberikan data *real-time*, tetapi juga membantu dalam mencegah kerusakan lebih lanjut dengan memberikan peringatan dini jika terjadi anomali dalam penggunaan arus atau daya. Dengan tampilan yang intuitif dan informatif, *interface* ini memastikan bahwa pengelolaan lalu lintas di persimpangan dapat berjalan dengan lebih aman dan efisien.

Selain itu, Sistem *TrafficEase IoT* dilengkapi dengan dua metode notifikasi untuk memastikan bahwa informasi mengenai kondisi lampu lalu lintas dapat disampaikan secara cepat dan efektif. Gambar sebelah kiri menampilkan notifikasi berupa *pop-up* kecil pada *platform Blynk*. Notifikasi ini dihasilkan dari pembacaan sensor PZEM004T, ESP8266, dan Arduino ATmega2560, yang secara *real-time* mengukur dan

mengirimkan data mengenai arus, tegangan, dan daya dari setiap lampu lalu lintas dari lampu merah, lampu kuning dan lampu hijau. Ketika sistem mendeteksi adanya masalah, seperti padamnya salah satu lampu, notifikasi segera muncul di aplikasi Blynk untuk memberikan informasi instan kepada pengguna.

Kemudian, pada gambar sebelah kanan menunjukkan notifikasi yang dikirim melalui pesan SMS. Notifikasi ini dihasilkan dari pembacaan modul SIM800L, Neo-6m GPS, dan Arduino ATmega2560. Setiap kali sistem mendeteksi kerusakan atau anomali pada lampu lalu lintas, pesan SMS otomatis dikirim ke nomor telepon yang telah ditentukan sebelumnya, memberikan informasi detail mengenai lokasi dan kondisi lampu yang bermasalah. Pesan ini juga menyertakan tautan peta untuk memudahkan teknisi dalam menemukan posisi yang tepat dari lampu yang perlu diperbaiki. Kombinasi dari kedua metode notifikasi ini memastikan bahwa informasi penting selalu dapat diterima, baik melalui aplikasi *mobile* maupun pesan teks, sehingga pemeliharaan dan perbaikan dapat dilakukan dengan cepat dan efisien.



Gambar 4.6 Notifikasi dari Interface Blynk untuk menampilkan tegangan, arus, dan daya dari lampu lalu lintas serta Notifikasi SMS pada sistem TrafficEase IoT

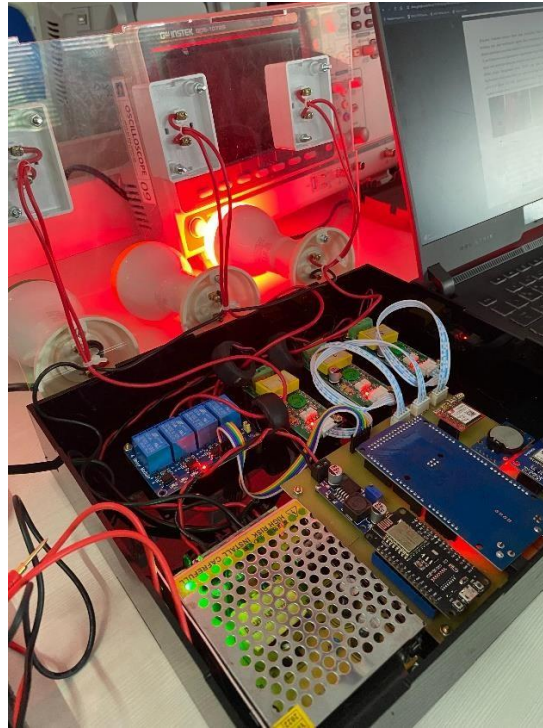
4.1.4 Foto Hasil Akhir Perancangan

Pada eksperimen *TrafficEase IoT* yang dipasang di persimpangan dilakukan percobaan yang melibatkan beberapa faktor penting. Salah satu faktor utama adalah penggunaan teknologi sensor PZEM004t, yang berfungsi untuk memantau tegangan, arus, dan daya dari lampu lalu lintas. Selain itu, modul WiFi ESP8266 digunakan untuk mengirim data ke platform Blynk secara real-time, memungkinkan pemantauan jarak jauh dan notifikasi instan. Percobaan ini juga melibatkan

pengujian kestabilan dan jangkauan komunikasi antara perangkat menggunakan modul SIM800L, yang berperan dalam pengiriman notifikasi SMS ke teknisi ketika lampu lalu lintas mengalami kerusakan. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat bekerja secara optimal dalam berbagai kondisi cuaca dan lingkungan di persimpangan tersebut, serta untuk mengevaluasi ketepatan lokasi yang diberikan oleh modul GPS yang terintegrasi dengan sistem.



Gambar 4.7 Hasil perancangan Sistem TrafficEase IoT ketika tidak dialiri listrik



Gambar 4.8 Hasil perancangan Sistem TrafficEase IoT ketika dialiri listrik

4.2 Metode Pengukuran Kinerja Hasil Perancangan

a. Indikator/Parameter yang diukur

Dalam konteks sistem *traffic light* berbasis *IoT*, terdapat beberapa indikator atau parameter yang digunakan untuk menguji kinerja sistem. Indikator atau parameter tersebut meliputi arus, daya, dan tegangan, penting juga untuk menguji sistem dalam dua kondisi utama, yaitu kondisi lampu tidak normal dan kondisi lampu tidak normal. Parameter ini akan digunakan untuk mengevaluasi apakah spesifikasi yang diusulkan dapat terpenuhi.

- Tegangan pada lampu yang digunakan (*Voltage Lamp*)

Tegangan merupakan indikator penting yang digunakan untuk memastikan lampu lalu lintas beroperasi dalam kondisi yang aman dan optimal. Setiap lampu dirancang untuk beroperasi pada rentang tegangan tertentu, dan penyimpangan dari rentang ini dapat mengindikasikan potensi kerusakan. Tegangan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan *overheating* dan memperpendek umur lampu, sedangkan tegangan yang terlalu rendah mungkin tidak cukup untuk menyalakan lampu dengan benar. Dengan memasang sensor PZEM004t, sistem dapat memantau tegangan yang diterima oleh lampu secara *real-time*. Jika nilai tegangan berada di luar rentang yang diharapkan, sensor ini akan memberikan notifikasi tentang potensi masalah, memungkinkan langkah-langkah perbaikan segera diambil untuk memastikan lampu beroperasi sesuai spesifikasi.

a. Pengukuran voltase pada lampu

Pengukuran voltase pada lampu dilakukan secara serial dengan cara menghubungkan alat pengukur arus (*ammeter*) pada rangkaian listrik yang mengalir melalui lampu secara berurutan, yaitu dari sumber listrik ke lampu pertama, kemudian dari lampu pertama ke lampu kedua, dan seterusnya hingga lampu terakhir sebelum kembali ke sumber listrik. Dalam skema ini, arus yang diukur adalah arus total yang mengalir melalui seluruh lampu dalam rangkaian parallel dan menghitung arus dengan membagi nilai daya dan tegangan.

$$[Voltase1 (V1)] = V_2[Voltase2 (V2)] = V_3[Voltase3 (V3)] \quad (4. 1)$$

Untuk rangkaian lampu yang dihubungkan secara paralel, pengukuran arus dilakukan dengan cara menghubungkan ammeter secara paralel dengan salah satu cabang dari rangkaian paralel. Misalnya, jika terdapat 3 lampu yang dihubungkan secara paralel, ammeter dapat dihubungkan pada salah satu cabang rangkaian yang mengalir dari sumber listrik ke lampu-lampu tersebut. Hal ini memungkinkan untuk mengukur arus yang mengalir melalui cabang tersebut, yang merupakan arus yang sama dengan arus yang mengalir melalui lampu-lampu tersebut secara paralel.

- Arus pada lampu yang digunakan (*Current Lamp*)

Arus listrik merupakan salah satu parameter kritis dalam evaluasi kinerja lampu lalu lintas. Dengan memantau aliran arus yang melalui lampu, kita dapat mendeteksi adanya kerusakan atau anomali pada lampu tersebut. Misalnya, jika arus yang diukur menunjukkan nilai 0, ini menandakan bahwa lampu mati atau ada koneksi yang terputus. Perubahan mendadak atau nilai arus yang tidak sesuai dengan spesifikasi juga bisa menjadi indikasi adanya masalah lain, seperti keausan pada komponen internal lampu. Oleh karena itu, dengan menambahkan sensor PZEM004t, sistem dapat memantau arus secara *real-time* dan memberikan notifikasi apabila terjadi anomali. Sensor ini membantu dalam mendeteksi masalah lebih awal, sehingga perbaikan dapat segera dilakukan untuk mencegah gangguan pada lalu lintas.

b. Pengukuran arus pada lampu

Pengukuran arus pada lampu dilakukan secara serial dengan cara menghubungkan alat pengukur arus (*ammeter*) pada rangkaian listrik yang mengalir melalui lampu secara berurutan, yaitu dari sumber listrik ke lampu pertama, kemudian dari lampu pertama ke lampu kedua, dan seterusnya hingga lampu terakhir sebelum kembali ke sumber listrik. Dalam skema ini, arus yang diukur adalah arus total yang mengalir melalui seluruh lampu dalam rangkaian parallel dan menghitung arus dengan membagi nilai daya dan tegangan.

$$I [\text{Arus (A)}] = \frac{P [\text{Daya (W)}]}{V [\text{Voltage (V)}]} \quad (4.2)$$

$$I [\text{Arus (A)}] = I_1 [\text{Arus1 (A1)}] + I_2 [\text{Arus2 (A2)}] + I_3 [\text{Arus3 (A3)}]$$

Untuk rangkaian lampu yang dihubungkan secara paralel, pengukuran arus dilakukan dengan cara menghubungkan ammeter secara paralel dengan salah satu cabang dari rangkaian paralel. Misalnya, jika terdapat 3 lampu yang dihubungkan secara paralel, ammeter dapat dihubungkan pada salah satu cabang rangkaian yang mengalir dari sumber listrik ke lampu-lampu tersebut. Hal ini memungkinkan untuk mengukur arus yang mengalir melalui cabang tersebut, yang merupakan arus yang sama dengan arus yang mengalir melalui lampu-lampu tersebut secara paralel.

- Daya pada lampu yang digunakan (*Power Lamp*)

Daya yang digunakan oleh lampu lalu lintas adalah parameter penting lainnya yang harus dipantau untuk mendeteksi kerusakan atau anomali. Konsumsi daya yang abnormal dapat menandakan masalah seperti lampu yang rusak atau kegagalan komponen internal. Setiap lampu memiliki kebutuhan daya tertentu untuk beroperasi dengan benar, dan penyimpangan dari nilai ini dapat menunjukkan adanya kerusakan. Dengan menggunakan sensor PZEM004t, sistem dapat memantau konsumsi daya lampu secara *real-time*. Jika daya yang terukur adalah 0 atau berbeda secara signifikan dari nilai yang diharapkan, ini menunjukkan bahwa lampu mungkin mati atau ada masalah lain. Pemantauan daya yang akurat memungkinkan sistem untuk mendeteksi dan memperbaiki kerusakan lebih cepat, memastikan lampu lalu lintas beroperasi secara efisien dan mengurangi risiko kegagalan.

c. Pengukuran Daya pada lampu

Pengukuran daya pada lampu dilakukan secara serial dengan cara menghubungkan alat pengukur arus (*ammeter*) pada rangkaian listrik yang mengalir melalui lampu secara berurutan, yaitu dari sumber listrik ke lampu pertama, kemudian dari lampu pertama ke lampu kedua, dan seterusnya hingga lampu terakhir sebelum kembali ke sumber listrik. Dalam skema ini, arus yang diukur adalah arus total yang mengalir melalui seluruh lampu dalam rangkaian parallel dan menghitung arus dengan membagi nilai daya dan tegangan.

$$P = V [\text{Voltase (V)}] \times I [\text{Arus (A)}] \quad (4.3)$$

Untuk rangkaian lampu yang dihubungkan secara paralel, pengukuran arus dilakukan dengan cara menghubungkan ammeter secara paralel dengan salah satu cabang dari rangkaian paralel. Misalnya, jika terdapat 3 lampu yang dihubungkan secara paralel, ammeter dapat dihubungkan pada salah satu cabang rangkaian yang mengalir dari sumber listrik ke lampu-lampu tersebut. Hal ini memungkinkan untuk mengukur arus yang mengalir melalui cabang tersebut, yang merupakan arus yang sama dengan arus yang mengalir melalui lampu-lampu tersebut secara paralel.

- Kondisi Lampu Normal (Satu Lampu Nyala)

Dalam kondisi lampu lalu lintas yang normal, hanya satu lampu menyala pada satu waktu, sesuai dengan fase yang telah diatur oleh sistem kontrol. Misalnya, ketika lampu merah menyala, itu menandakan bahwa kendaraan harus berhenti, sementara lampu kuning dan hijau dalam keadaan mati. Sebaliknya, ketika lampu hijau menyala, kendaraan diizinkan untuk bergerak, dan lampu merah serta kuning dalam kondisi mati. Fase ini adalah operasi standar yang dirancang untuk mengatur lalu lintas secara aman dan efisien. Pada kondisi ini, indikator yang diukur meliputi arus listrik (A), voltase (V), dan daya (W) yang dikonsumsi oleh lampu yang menyala. Pengukuran ini penting untuk memastikan bahwa sistem bekerja dalam parameter yang diharapkan, dengan arus dan voltase sesuai spesifikasi teknis. Akurasi pengukuran ini juga dievaluasi dengan membandingkan data dari sensor PZEM004t dengan alat pengukur standar seperti multimeter, memastikan bahwa informasi yang dihasilkan adalah tepat dan dapat diandalkan. Selain itu, sistem juga mengukur indikator keberhasilan pengiriman notifikasi melalui Blynk, memastikan bahwa

pesan kondisi sistem yang normal atau adanya kerusakan dapat diterima dengan baik oleh operator.

- Kondisi Lampu Tidak Normal

- d. Dua Lampu menyala.

Pada kondisi ini, dua lampu lalu lintas menyala bersamaan, seperti lampu merah dan hijau. Situasi ini sangat tidak normal dan dapat membingungkan pengguna jalan, karena indikasi yang diberikan oleh lampu lalu lintas menjadi tidak jelas. Misalnya, lampu merah yang menyala menandakan bahwa kendaraan harus berhenti, sementara lampu hijau yang menyala mengizinkan kendaraan untuk bergerak. Ketidakjelasan ini bisa berpotensi menimbulkan kecelakaan. Pengukuran arus (A), voltase (V), dan daya (W) dalam kondisi ini penting untuk memahami beban tambahan yang mungkin terjadi akibat kesalahan sistem. Evaluasi terhadap akurasi pengukuran ini juga dilakukan untuk memastikan tidak ada kesalahan dalam sistem pengukuran. Selain itu, sistem *IoT* akan memantau keberhasilan pengiriman notifikasi melalui Blynk. Jika terjadi kondisi tidak normal seperti ini, notifikasi akan segera dikirimkan kepada operator, memberi tahu tentang situasi yang membutuhkan penanganan cepat.

- e. Tiga Lampu menyala

Situasi di mana ketiga lampu lalu lintas (merah, kuning, dan hijau) menyala sekaligus adalah indikasi adanya kegagalan serius dalam sistem kontrol lalu lintas. Kondisi ini benar-benar abnormal dan dapat menyebabkan kebingungan total di persimpangan jalan, meningkatkan risiko kecelakaan lalu lintas. Pengukuran indikator seperti arus, voltase, dan daya sangat penting dalam situasi ini untuk menilai beban dan kebutuhan energi yang tidak seharusnya terjadi. Selain itu, akurasi data yang dikumpulkan juga harus diperiksa dengan seksama untuk memastikan integritas sistem pengukuran dan untuk mengidentifikasi sumber masalah dengan tepat. Indikator keberhasilan pengiriman notifikasi melalui Blynk juga diukur, memastikan bahwa operator menerima informasi tentang kegagalan ini dan dapat mengambil tindakan segera untuk menghindari insiden.

f. Tiga Lampu Mati

Kondisi di mana semua lampu lalu lintas mati menunjukkan adanya masalah besar, seperti kegagalan daya atau kerusakan serius dalam sistem kontrol. Ini adalah situasi darurat yang harus segera diatasi karena dapat menyebabkan kebingungan di kalangan pengguna jalan dan berpotensi menyebabkan kecelakaan. Dalam kondisi ini, arus yang seharusnya diukur adalah nol atau mendekati nol karena tidak ada lampu yang beroperasi. Pengukuran voltase juga harus dilakukan untuk memastikan apakah ada kehilangan suplai daya. Daya yang diukur juga diharapkan nol karena tidak ada konsumsi energi dari lampu yang mati. Akurasi pengukuran dalam kondisi ini penting untuk memastikan bahwa alat pengukur berfungsi dengan baik dan tidak ada kesalahan dalam sistem deteksi masalah. Sistem *IoT* yang terintegrasi akan mengirimkan notifikasi melalui Blynk kepada operator tentang kondisi arus dan daya yang nol, menunjukkan adanya lampu yang rusak atau tidak berfungsi. Keberhasilan pengiriman notifikasi ini juga dipantau sebagai indikator penting, memastikan bahwa informasi tentang masalah tersebut sampai kepada pihak yang berwenang dan tindakan perbaikan dapat segera dilakukan.

- Keberhasilan pengiriman notifikasi melalui Blynk

Dalam pengujian sistem monitirong kerusakan pada lampu lalu lintas berbasis *IoT*, pengiriman notifikasi melalui *platform* Blynk menjadi aspek krusial untuk memastikan informasi *real-time* tentang kondisi sistem sampai kepada operator. Namun, Blynk memiliki batasan, yaitu maksimal 100 pengiriman notifikasi dalam periode waktu tertentu. Jika jumlah notifikasi melebihi batas ini, Blynk tidak akan dapat mengirimkan notifikasi tambahan hingga sistem di reset atau periode waktu yang ditetapkan berakhir. Pengujian keberhasilan pengiriman notifikasi mencakup beberapa elemen penting. Pertama, fitur notifikasi diuji untuk memastikan bahwa setiap perubahan status sistem, seperti deteksi anomali atau kegagalan, segera menghasilkan notifikasi yang dikirim kepada operator. Kedua, pengujian terhadap delay pengiriman dilakukan untuk memastikan bahwa notifikasi tiba tepat waktu, yang sangat penting dalam situasi kritis. Ketiga, pengujian juga memeriksa apakah ada notifikasi yang gagal terkirim ketika limit pengiriman tercapai. Dalam hal ini, prosedur reset dan pemulihan sistem harus dievaluasi untuk memastikan layanan notifikasi dapat dilanjutkan tanpa gangguan yang berkepanjangan. Terakhir, pengujian

memantau konsistensi dan keandalan sistem, termasuk kondisi jaringan komunikasi, untuk memastikan semua notifikasi terkirim dan diterima dengan baik. Dengan adanya batasan pada Blynk, penting bagi operator untuk memonitor penggunaan notifikasi dan melakukan reset sistem bila diperlukan, agar sistem tetap berfungsi dengan baik dan efektif, memastikan keamanan dan efisiensi operasional.

b. Langkah Pengambilan Data

1. Menyalakan Sistem:

- Pastikan semua komponen terhubung dengan benar
- Hubungkan sistem ke sumber daya 12V
- Nyalakan sistem dan tunggu hingga Arduino siap beroperasi
- Hidupkan saklar satu per satu untuk mengaktifkan dan menonaktifkan lampu.
- Pastikan ponsel pengguna memiliki internet dan pulsa yang memadai untuk dapat mengakses Blynk dan SMS yang berasal dari ESP8266 dan SIM800l
- Pengguna dapat memonitoring arus, voltase dan daya pada *Blynk interface*

2. Pengambilan data PZEM004t melalui Blynk :

- Buat koneksi blynk pada ESP8266 dan arduino untuk mengirim data pengukuran.
- Baca data arus, daya, dan tegangan diukur oleh PZEM004t yang ditampilkan di *Blynk interface*

3. Membandingkan data PZEM004t dan data multimeter.

- Gunakan multimeter untuk mengukur arus, daya, dan tegangan pada sistem yang sama. Sesuaikan dengan scenario satu lampu menyala, dua lampu menyala, tiga lampu menyala dan tiga lampu mati semua
- Catat hasil pengukuran dari multimeter dan bandingkan dengan data yang diambil oleh pzem004t melalui *Blynk interface*

4. Membandingkan data PZEM004t, data multimeter dan data perhitungan manual.

- Lakukan perhitungan manual untuk arus, daya, dan tegangan berdasarkan rumus perhitungan. Perhitungan manual ditujukan pada multimeter
- Catat hasil perhitungan manual dan bandingkan dengan data yang diambil oleh PZEM004t dan multimeter

BAB 5 HASIL PENGUKURAN DAN ANALISIS

5.1 Hasil Rancangan Sistem

Bab ini mencakup hasil implementasi sistem *TrafficEase IoT* di persimpangan, termasuk Analisis Hasil dan Dampak Implementasi Sistem terhadap beberapa aspek dalam setiap sub-bab. Dengan melakukan beberapa pengujian yang tervalidasi, tim dapat menganalisa hasil yang telah disepakati dan dapat dimasukkan dalam laporan akhir.

5.1.1 Hasil dan Analisis Pengujian Indikator

Hasil implementasi dari *TrafficEase IoT* di persimpangan menunjukkan beberapa hasil penting dalam pengujian kestabilan dan efektivitas sistem. Pengujian dilakukan dengan dua scenario yang berbeda yaitu pengujian dalam kondisi lampu normal dan tidak normal. Pengujian kondisi lampu tidak normal dilakukan dengan tiga cara yaitu kondisi dua lampu menyala, tiga lampu menyala, dan semua lampu mati. Setiap scenario melibatkan pengaturan arus listrik pada lampu lalu lintas menggunakan saklar untuk memutus atau menyambungkan aliran listrik. Berikut beberapa tahap dalam pengujian sistem.

a) Pengujian lampu dalam kondisi normal

a.1 Pengujian kondisi satu lampu menyala

Pada pengujian pertama, pengujian dilakukan untuk memantau kondisi normal ketika satu lampu lalu lintas menyala. Dalam pengujian ini, lampu lalu lintas diaktifkan secara bergantian dengan mematikan dua saklar lampu lainnya dan satu saklar tetap menyala. Proses pengujian mencakup pengukuran arus, voltase, dan daya lampu lalu lintas menggunakan dua metode: pemantauan melalui aplikasi Blynk dan pengukuran manual menggunakan multimeter.

Pengukuran arus dilakukan secara serial untuk memastikan bahwa aliran arus melewati instrumen pengukuran. Pengukuran voltase dilakukan secara paralel untuk mendapatkan tegangan yang tepat di kedua ujung lampu. Daya dihitung dengan mengalikan hasil pengukuran voltase dan arus yang diperoleh dari multimeter. Sementara itu, data arus, voltase, dan daya juga dicatat dari sensor PZEM004t yang terhubung ke sistem dan data ini dikirim ke aplikasi Blynk untuk pemantauan real-time. Pengujian dilakukan untuk lampu merah, kuning, dan hijau dengan masing-masing pengujian dilakukan sepuluh kali untuk mendapatkan data rata-rata yang akurat. Dapat ditinjau pada tabel berikut.

Tabel 5. 1 Hasil pengukuran arus, voltase dan daya pada lampu merah dalam kondisi normal

Percobaan pengukuran arus pada lampu warna merah dalam kondisi normal							
No	Jenis Lampu	Arus (A) PZEM004t			Arus (A) Multimeter	Error Lampu merah	AKURASI Lampu merah
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
1	Lampu Merah	0.09	0	0	0.068	32%	68%
2	Lampu Merah	0.09	0	0	0.068	32%	68%
3	Lampu Merah	0.09	0	0	0.068	32%	68%
4	Lampu Merah	0.09	0	0	0.067	34%	66%
5	Lampu Merah	0.09	0	0	0.069	30%	70%
6	Lampu Merah	0.09	0	0	0.069	30%	70%
7	Lampu Merah	0.09	0	0	0.068	32%	68%
8	Lampu Merah	0.09	0	0	0.067	34%	66%
9	Lampu Merah	0.09	0	0	0.069	30%	70%
10	Lampu Merah	0.09	0	0	0.069	30%	70%
Jumlah						320%	680%
Rata-rata						32%	68%
Percobaan pengukuran voltase pada lampu warna merah dalam kondisi normal							
No	Jenis Lampu	Voltase (V) Pzem004t			Voltase (V) Multimeter	ErrorLampu merah	AKURASI Lampu merah
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
1	Lampu Merah	207	208	207	209.6	1%	99%
2	Lampu Merah	208	208	208	210.9	1%	99%
3	Lampu Merah	208	208	208	210.9	1%	99%
4	Lampu Merah	208	208	208	210.8	1%	99%
5	Lampu Merah	208	208	208	211	1%	99%
6	Lampu Merah	208	207	208	209.2	1%	99%
7	Lampu Merah	208	207	208	209.5	1%	99%
8	Lampu Merah	208	207	208	210.3	1%	99%
9	Lampu Merah	208	207	208	210.8	1%	99%

Percobaan pengukuran voltase pada lampu warna merah dalam kondisi normal							
No	Jenis Lampu	Voltase (V) Pzem004t			Arus (A) Multimeter	Error Lampu merah	AKURASI Lampu merah
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
10	Lampu Merah	208	207	208	211	1%	99%
Jumlah						12%	988%
Rata-rata						1%	99%
Percobaan pengukuran daya pada lampu warna merah dalam kondisi normal							
No	Jenis Lampu	Daya (Watt) PZEM004t			Daya (Watt) Perhitungan	ErrorLampu merah	AKURASI Lampu merah
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
1	Lampu Merah	14.4	0	0	14.2528	1%	99%
2	Lampu Merah	14.4	0	0	14.3412	0%	100%
3	Lampu Merah	14.3	0	0	14.3412	0%	100%
4	Lampu Merah	14.3	0	0	14.1236	1%	99%
5	Lampu Merah	14.2	0	0	14.559	2%	98%
6	Lampu Merah	14.2	0	0	14.4348	2%	98%
7	Lampu Merah	14.2	0	0	14.246	0%	100%
8	Lampu Merah	14.3	0	0	14.0901	1%	99%
9	Lampu Merah	14.4	0	0	14.5452	1%	99%
10	Lampu Merah	14.4	0	0	14.559	1%	99%
Jumlah						11%	989%
Rata-rata						1%	99%

Tabel 5. 1 Hasil pengukuran arus, voltase dan daya pada lampu merah dalam kondisi normal memuat hasil percobaan pengukuran arus, voltase, dan daya pada lampu berwarna merah dalam kondisi normal menggunakan sensor PZEM004t dan multimeter. Pada pengukuran arus menunjukkan bahwa arus yang diukur dengan PZEM004t lampu merah menunjukkan nilai yang stabil dengan rata-rata bernilai 0,09 A, sementara pengukuran arus menggunakan multimeter mencatat nilai arus rata-rata sebesar 0,068 A. Selisih antara hasil pengukuran sensor dan multimeter ini menghasilkan error sekitar 32%. Kemudian akurasi pengukuran lampu merah dalam pengukuran arus rata-rata adalah 68% yang menunjukkan adanya ketidaktepatan yang signifikan dalam hasil pengukuran arus oleh sensor PZEM004t dibandingkan dengan multimeter. Kemudian pada pengukuran voltase menunjukkan bahwa

sensor PZEM004t merah mencatat nilai voltase sebesar 208 V, sedangkan pengukuran voltase menggunakan multimeter mencatat voltase dengan nilai sedikit lebih tinggi, yaitu sekitar 209.6 V hingga 210.9 V. Error yang dihasilkan sekitar 1% untuk setiap percobaan, dengan akurasi rata-rata 99%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor PZEM004t cukup akurat dalam mengukur voltase, dengan deviasi yang minimal dibandingkan hasil pengukuran multimeter. Setelah itu pada pengukuran daya lampu merah menunjukkan nilai daya rata-rata sekitar 14.4 W, sementara nilai perhitungan daya yang dihitung dari hasil pengukuran multimeter adalah sekitar 14.3412 W hingga 14.5528 W. Error yang dihasilkan sekitar 1% dan akurasi pengukuran daya rata-rata mencapai 99%. Ini menunjukkan bahwa sensor PZEM004t cukup andal dalam mengukur daya lampu merah dengan akurasi yang sangat tinggi dan error yang minimal. Secara keseluruhan, pengukuran voltase dan daya pada lampu merah oleh sensor PZEM004t menunjukkan hasil yang lebih akurat dibandingkan pengukuran arus, dengan akurasi yang sangat tinggi dan error yang rendah.

Tabel 5. 2 Hasil pengukuran arus, voltase dan daya pada lampu kuning dalam kondisi normal

Percobaan pengukuran arus pada lampu warna kuning dalam kondisi normal							
No	Jenis Lampu	Arus (A) PZEM004t			Arus (A) Multimeter	Error Lampu Kuning	AKURASI Lampu Kuning
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
1	Lampu Kuning	0	0.09	0	0.066	36%	64%
2	Lampu Kuning	0	0.09	0	0.066	36%	64%
3	Lampu Kuning	0	0.09	0	0.067	34%	66%
4	Lampu Kuning	0	0.09	0	0.068	32%	68%
5	Lampu Kuning	0	0.09	0	0.068	32%	68%
6	Lampu Kuning	0	0.09	0	0.066	36%	64%
7	Lampu Kuning	0	0.09	0	0.067	34%	66%
8	Lampu Kuning	0	0.09	0	0.066	36%	64%
9	Lampu Kuning	0	0.09	0	0.068	32%	68%
10	Lampu Kuning	0	0.09	0	0.068	32%	68%
Jumlah						344%	656%
Rata-rata						34%	66%

Percobaan pengukuran voltase pada lampu kuning dalam kondisi normal							
No	Jenis Lampu	Voltase (V) PZEM004t			Voltase (V) Multimeter	Error Lampu Kuning	AKURASI Lampu Kuning
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
1	Lampu Kuning	207	207	207	212.4	3%	97%
2	Lampu Kuning	207	207	207	212.6	3%	97%
3	Lampu Kuning	207	207	207	211.9	2%	98%
4	Lampu Kuning	207	207	207	211.6	2%	98%
5	Lampu Kuning	207	207	207	210.2	2%	98%
6	Lampu Kuning	207	206	207	210.5	2%	98%
7	Lampu Kuning	207	206	207	210.5	2%	98%
8	Lampu Kuning	207	206	207	210.6	2%	98%
9	Lampu Kuning	207	207	207	211	2%	98%
10	Lampu Kuning	207	207	207	211.8	2%	98%
Jumlah						22%	978%
Rata-rata						2%	98%
Percobaan pengukuran daya pada lampu warna kuning dalam kondisi normal							
No	Jenis Lampu	Daya (Watt) PZEM004t			Daya (Watt) Perhitungan	Error Lampu Kuning	AKURASI Lampu Kuning
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
1	Lampu Kuning	0	14.4	0	14.0184	3%	97%
2	Lampu Kuning	0	14.3	0	14.0316	2%	98%
3	Lampu Kuning	0	14.3	0	14.1973	1%	99%
4	Lampu Kuning	0	14.3	0	14.3888	1%	99%
5	Lampu Kuning	0	14.4	0	14.2936	1%	99%
6	Lampu Kuning	0	14.4	0	13.893	4%	96%
7	Lampu Kuning	0	14.3	0	14.1035	1%	99%
8	Lampu Kuning	0	14.3	0	13.8996	3%	97%
9	Lampu Kuning	0	14.3	0	14.348	0%	100%
10	Lampu Kuning	0	14.3	0	14.4024	1%	99%
Jumlah						16%	984%

Percobaan pengukuran daya pada lampu warna kuning dalam kondisi normal							
No	Jenis Lampu	Daya (Watt) PZEM004t			Daya (Watt) Perhitungan	Error Lampu Kuning	AKURASI Lampu Kuning
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
Rata-rata					2%	98%	

Tabel 5. 2 Hasil pengukuran arus, voltase dan daya pada lampu kuning dalam kondisi normal menunjukkan hasil pengukuran arus, voltase, dan daya pada lampu berwarna kuning dalam kondisi normal menggunakan sensor PZEM004t dan multimeter. Pada pengukuran arus menunjukkan bahwa arus yang diukur oleh sensor PZEM004t lampu kuning menunjukkan nilai 0.09 A, sedangkan multimeter mencatat nilai arus sebesar 0,066 A. Selisih antara hasil pengukuran sensor dan multimeter ini menghasilkan error sekitar 34% untuk semua percobaan. Akurasi lampu kuning dalam pengukuran arus rata-rata adalah 66%, yang menunjukkan adanya ketidaktepatan yang signifikan dalam hasil pengukuran arus oleh sensor PZEM004t dibandingkan dengan multimeter. Kemudian pada pengukuran voltase, hasil pengukuran menunjukkan bahwa semua sensor PZEM004t lampu kuning mencatat nilai voltase sebesar 207 V, sedangkan multimeter mencatat voltase dengan nilai sedikit lebih tinggi, yaitu sekitar 210.0 V hingga 212.4 V. Error yang dihasilkan sekitar 2% hingga 3% untuk setiap percobaan, dengan akurasi rata-rata 98%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor PZEM004t cukup akurat dalam mengukur voltase, dengan deviasi yang minimal dibandingkan hasil pengukuran multimeter. Kemudian pada pengukuran daya pada lampu kuning. Sensor PZEM004t menunjukkan nilai daya rata-rata sekitar 14.3 W, sementara nilai perhitungan daya yang dihitung dari hasil pengukuran multimeter adalah sekitar 14.0184 W hingga 14.4975 W. Error yang dihasilkan sekitar 2% dan akurasi pengukuran daya rata-rata mencapai 98%. Ini menunjukkan bahwa sensor PZEM004t cukup andal dalam mengukur daya lampu kuning dengan akurasi yang sangat tinggi dan error yang minimal. Secara keseluruhan, pengukuran voltase dan daya oleh sensor PZEM004t lampu kuning menunjukkan hasil yang lebih akurat dibandingkan pengukuran arus, dengan akurasi yang sangat tinggi dan error yang rendah. Hal tersebut dikarenakan posisi *Current Transformer* yang berdekatan dengan kabel AC. Hal tersebut mempengaruhi nilai pada arus.

Tabel 5. 3 Hasil pengukuran arus, voltase dan daya pada lampu hijau dalam kondisi normal

Percobaan pengukuran arus pada lampu warna hijau dalam kondisi normal							
No	Jenis Lampu	Arus (A) PZEM004t			Arus (A) Multimeter	Error Lampu Hijau	AKURASI Lampu hijau
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
1	Lampu Hijau	0	0	0.09	0.067	34%	66%
2	Lampu Hijau	0	0	0.09	0.069	30%	70%
3	Lampu Hijau	0	0	0.09	0.069	30%	70%
4	Lampu Hijau	0	0	0.09	0.067	34%	66%
5	Lampu Hijau	0	0	0.09	0.066	36%	64%
6	Lampu Hijau	0	0	0.09	0.068	32%	68%
7	Lampu Hijau	0	0	0.09	0.068	32%	68%
8	Lampu Hijau	0	0	0.09	0.067	34%	66%
9	Lampu Hijau	0	0	0.09	0.066	36%	64%
10	Lampu Hijau	0	0	0.09	0.066	36%	64%
Jumlah						338%	662%
Rata-rata						34%	66%
Percobaan pengukuran voltase pada lampu hijau dalam kondisi normal							
No	Jenis Lampu	Voltase (V) PZEM004t			Voltase (V) Multimeter	Error Lampu Hijau	AKURASI Lampu hijau
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
1	Lampu Hijau	206	206	206	208.2	1%	99%
2	Lampu Hijau	206	206	206	208.1	1%	99%
3	Lampu Hijau	206	206	206	208	1%	99%
4	Lampu Hijau	207	206	207	208	0%	100%
5	Lampu Hijau	207	206	207	210.2	2%	98%
6	Lampu Hijau	206	207	206	210.5	2%	98%
7	Lampu Hijau	206	207	206	210.5	2%	98%
8	Lampu Hijau	206	206	206	210.6	2%	98%
9	Lampu Hijau	206	206	206	211	2%	98%

Percobaan pengukuran voltase pada lampu hijau dalam kondisi normal							
No	Jenis Lampu	Voltase (V) PZEM004t			Voltase (V) Multimeter	Error Lampu Hijau	AKURASI Lampu hijau
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
10	Lampu Hijau	205	206	205	211.8	3%	97%
Jumlah						17%	983%
Rata-rata						2%	98%
Percobaan pengukuran daya pada lampu warna hijau dalam kondisi normal							
No	Jenis Lampu	Daya (Watt) PZEM004t			Daya (Watt) Perhitungan	Error Lampu Hijau	AKURASI Lampu hijau
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
1	Lampu Hijau	0	0	13.9	13.9494	0%	100%
2	Lampu Hijau	0	0	14	14.3589	2%	98%
3	Lampu Hijau	0	0	14	14.352	2%	98%
4	Lampu Hijau	0	0	14	13.936	0%	100%
5	Lampu Hijau	0	0	14.1	13.8732	2%	98%
6	Lampu Hijau	0	0	14	14.314	2%	98%
7	Lampu Hijau	0	0	14.1	14.314	1%	99%
8	Lampu Hijau	0	0	13.9	14.1102	1%	99%
9	Lampu Hijau	0	0	14	13.926	1%	99%
10	Lampu Hijau	0	0	13.9	13.9788	1%	99%
Jumlah						14%	986%
Rata-rata						1%	99%

Tabel 5. 3 Hasil pengukuran arus, voltase dan daya pada lampu hijau dalam kondisi normal memuat hasil pengukuran arus, voltase, dan daya pada lampu berwarna hijau dalam kondisi normal menggunakan sensor PZEM004t dan multimeter. Pada pengukuran arus menunjukkan bahwa arus yang diukur oleh sensor PZEM004t lampu hijau 0,09 A, sementara multimeter mencatat nilai arus sebesar 0,067 hingga 0,069 A. Selisih antara hasil pengukuran sensor dan multimeter ini menghasilkan error sekitar 32% hingga 34% untuk semua percobaan. Akurasi lampu hijau dalam pengukuran arus rata-rata adalah 66%, menunjukkan adanya ketidaktepatan yang signifikan dalam hasil pengukuran arus oleh sensor PZEM004t dibandingkan dengan multimeter. Kemudian pada pengukuran voltase lampu hijau mencatat nilai voltase antara 205 dan 207 V, sedangkan multimeter mencatat voltase dengan nilai sedikit lebih tinggi, yaitu sekitar 208.1 V hingga 211.8 V. Error yang dihasilkan sekitar 1% hingga 2% untuk setiap percobaan, dengan akurasi rata-rata 99%. Hal ini menunjukkan bahwa

sensor PZEM004t cukup akurat dalam mengukur voltase, dengan deviasi yang minimal dibandingkan hasil pengukuran multimeter. Kemudian pada pengukuran daya pada lampu hijau, Sensor PZEM004t lampu hijau menunjukkan nilai daya rata-rata sekitar 14 W, sementara nilai perhitungan daya yang dihitung dari hasil pengukuran multimeter adalah sekitar 13.9494 W hingga 14.5657 W. Error yang dihasilkan sekitar 2% dan akurasi pengukuran daya rata-rata mencapai 98%. Ini menunjukkan bahwa sensor PZEM004t cukup andal dalam mengukur daya lampu hijau dengan akurasi yang sangat tinggi dan error yang minimal.

b) Pengujian lampu dalam kondisi tidak normal

b.1 Pengujian kondisi dua lampu menyala

Pada pengujian ini eksperimen dilakukan dengan dua lampu lalu lintas menyala secara bersamaan. Proses pengujian mencakup pemantauan kondisi lampu lalu lintas melalui aplikasi Blynk dan pengukuran manual menggunakan multimeter untuk mendapatkan nilai arus, voltase, dan daya yang akurat. Pengujian dilakukan dengan kombinasi lampu merah-hijau, merah-kuning, dan kuning-hijau, dengan mematikan satu saklar lampu dan membiarkan dua saklar lainnya tetap menyala.

Pengukuran arus dilakukan secara serial untuk memastikan aliran arus melalui instrumen pengukuran, sedangkan pengukuran voltase dilakukan secara paralel untuk mendapatkan tegangan yang tepat di kedua ujung lampu. Daya dihitung dengan mengalikan hasil pengukuran voltase dan arus yang diperoleh dari multimeter. Data arus, voltase, dan daya juga dicatat dari sensor PZEM004t yang terhubung ke sistem dan dikirim ke aplikasi Blynk untuk pemantauan real-time. Setiap pengujian dilakukan sepuluh kali untuk mendapatkan data rata-rata yang akurat. Data tersebut kemudian diinputkan dalam laporan akhir. Dapat ditinjau pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. 4 Hasil pengukuran arus, voltase dan daya pada lampu warna merah dan hijau dalam kondisi tidak normal

Percobaan pengukuran arus pada lampu warna merah & hijau dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Arus (A) PZEM004t			Arus (A) Multimeter	Error Lampu merah & hijau	AKURASI Lampu merah & hijau
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
1	Lampu Merah & Hijau	0.09	0	0.09	0.137	31%	69%
2	Lampu Merah & Hijau	0.09	0	0.09	0.134	34%	66%
3	Lampu Merah & Hijau	0.09	0	0.09	0.134	34%	66%

Percobaan pengukuran arus pada lampu warna merah & hijau dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Arus (A) PZEM004t			Arus (A) Multimeter	Error Lampu merah & hijau	AKURASI Lampu merah & hijau
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
4	Lampu Merah & Hijau	0.09	0	0.09	0.136	32%	68%
5	Lampu Merah & Hijau	0.09	0	0.09	0.136	32%	68%
6	Lampu Merah & Hijau	0.09	0	0.09	0.137	31%	69%
7	Lampu Merah & Hijau	0.09	0	0.09	0.138	30%	70%
8	Lampu Merah & Hijau	0.09	0	0.09	0.138	30%	70%
9	Lampu Merah & Hijau	0.09	0	0.09	0.139	29%	71%
10	Lampu Merah & Hijau	0.09	0	0.09	0.139	29%	71%
Jumlah					316%		684%
Rata-rata					32%		68%
Percobaan pengukuran voltase pada lampu warna merah dan hijau dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Voltase (V) PZEM004t			Voltase (V) Multimeter	Error Lampu merah & hijau	AKURASI Lampu merah & hijau
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
1	Lampu Merah & Hijau	207	207	207	208.2	1%	99%
2	Lampu Merah & Hijau	207	208	207	208.4	1%	99%
3	Lampu Merah	207	208	207	208.5	1%	99%

Percobaan pengukuran voltase pada lampu warna merah dan hijau dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Voltase (V) PZEM004t			Voltase (V) Multimeter	Error Lampu merah & hijau	AKURASI Lampu merah & hijau
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
	& Hijau						
4	Lampu Merah & Hijau	206	208	206	208.9	1%	99%
5	Lampu Merah & Hijau	206	208	206	209	1%	99%
6	Lampu Merah & Hijau	206	208	206	210.8	2%	98%
7	Lampu Merah & Hijau	206	208	206	210.2	2%	98%
8	Lampu Merah & Hijau	206	208	206	210.4	2%	98%
9	Lampu Merah & Hijau	206	208	206	209.6	2%	98%
10	Lampu Merah & Hijau	207	208	207	209.9	1%	99%
Jumlah					14%	986%	
Rata-rata					1%	99%	
Percobaan pengukuran daya pada lampu warna merah dan hijau dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Daya (Watt) PZEM004t			Daya (Watt) Perhitungan	Error Lampu merah & hijau	AKURASI Lampu merah & hijau
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
1	Lampu Merah & Hijau	13.9	0	14.4	27.8123	2%	98%
2	Lampu Merah & Hijau	14	0	14.3	27.9256	1%	99%

Percobaan pengukuran daya pada lampu warna merah dan hijau dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Daya (Watt) PZEM004t			Daya (Watt) Perhitungan	Error Lampu merah & hijau	AKURASI Lampu merah & hijau
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
3	Lampu Merah & Hijau	14	0	14.3	27.939	1%	99%
4	Lampu Merah & Hijau	14	0	14.3	28.4104	0%	100%
5	Lampu Merah & Hijau	14.1	0	14.4	28.424	0%	100%
6	Lampu Merah & Hijau	14	0	14.4	28.8796	2%	98%
7	Lampu Merah & Hijau	14.1	0	14.3	29.0076	2%	98%
8	Lampu Merah & Hijau	13.9	0	14.3	29.0352	3%	97%
9	Lampu Merah & Hijau	14	0	14.3	29.1344	3%	97%
10	Lampu Merah & Hijau	13.9	0	14.3	29.1761	3%	97%
Jumlah						18%	982%
Rata-rata						2%	98%

Tabel 5. 4 Hasil pengukuran arus, voltase dan daya pada lampu warna merah dan hijau dalam kondisi tidak normal menunjukkan hasil pengukuran arus pada lampu merah dan hijau dalam kondisi tidak normal menggunakan PZEM004t dan multimeter. Arus yang diukur oleh dua sensor PZEM004t untuk kedua lampu tersebut konsisten pada 0,09 A, sementara multimeter menunjukkan variasi kecil di sekitar 0,134 A hingga 0,139 A. Error rata-rata dari pengukuran arus oleh PZEM004t terhadap multimeter untuk kedua lampu adalah sekitar 32%, dengan akurasi sebesar 68%. Ini menunjukkan bahwa PZEM004t memiliki deviasi yang cukup signifikan dibandingkan dengan multimeter dalam kondisi pengukuran arus tidak normal. Kemudian pada tabel pengukuran voltase pada lampu merah

dan hijau. Voltase yang diukur oleh dua sensor PZEM004t pada kedua lampu berkisar antara 206 V hingga 207 V, sedangkan multimeter menunjukkan voltase yang sedikit lebih tinggi, antara 208,2 V hingga 210,8 V. Error rata-rata dari pengukuran voltase oleh PZEM004t adalah sekitar 1%, dengan akurasi mencapai 99%. Ini menandakan bahwa PZEM004t lebih akurat dalam mengukur voltase dibandingkan dengan arus, dengan hanya sedikit deviasi dari hasil pengukuran multimeter. Sedangkan pada tabel pengukuran daya pada lampu merah dan hijau dalam kondisi normal. Daya yang diukur oleh PZEM004t berkisar antara 13,9 W hingga 14,1 W, sedangkan hasil perhitungan daya berdasarkan arus dan voltase menunjukkan variasi yang lebih besar, yaitu antara 27,8123 W hingga 29,1761 W. Error rata-rata dari pengukuran daya oleh PZEM004t adalah sekitar 2%, dengan akurasi sebesar 98%. Meskipun ada perbedaan yang cukup besar dalam nilai daya absolut, persentase error tetap relatif kecil, menunjukkan bahwa PZEM004t cukup andal dalam pengukuran daya.

Tabel 5. 5 Hasil pengukuran arus, voltase dan daya pada lampu warna merah dan kuning dalam kondisi tidak normal

Percobaan pengukuran arus pada lampu warna merah & kuning dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Arus (A) PZEM004t			Arus (A) Multimeter	Error Lampu merah & kuning	AKURASI Lampu merah & kuning
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
1	Lampu Merah & Kuning	0.09	0.09	0	0.135	33%	67%
2	Lampu Merah & Kuning	0.09	0.09	0	0.135	33%	67%
3	Lampu Merah & Kuning	0.09	0.09	0	0.135	33%	67%
4	Lampu Merah & Kuning	0.09	0.09	0	0.134	34%	66%
5	Lampu Merah & Kuning	0.09	0.09	0	0.137	31%	69%
6	Lampu Merah & Kuning	0.09	0.09	0	0.137	31%	69%
7	Lampu Merah	0.09	0.09	0	0.138	30%	70%

Percobaan pengukuran arus pada lampu warna merah & kuning dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Arus (A) PZEM004t			Arus (A) Multimeter	Error Lampu merah & kuning	AKURASI Lampu merah & kuning
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
	& Kuning						
8	Lampu Merah & Kuning	0.09	0.09	0	0.139	29%	71%
9	Lampu Merah & Kuning	0.09	0.09	0	0.138	30%	70%
10	Lampu Merah & Kuning	0.09	0.09	0	0.137	31%	69%
Jumlah					319%	681%	
Rata-rata					32%	68%	
Percobaan pengukuran voltase pada lampu warna merah & kuning dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Voltase (V) PZEM004t			Voltase (V) Multimeter	Error Lampu merah & kuning	AKURASI Lampu merah & kuning
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
1	Lampu Merah & Kuning	207	207	207	208.2	1%	99%
2	Lampu Merah & Kuning	207	207	207	208.1	1%	99%
3	Lampu Merah & Kuning	207	207	207	208	0%	100%
4	Lampu Merah & Kuning	206	207	206	208	1%	99%
5	Lampu Merah & Kuning	206	207	206	210.2	2%	98%
6	Lampu Merah & Kuning	206	207	206	210.5	2%	98%

Percobaan pengukuran voltase pada lampu warna merah & kuning dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Voltase (V) PZEM004t			Voltase (V) Multimeter	Error Lampu merah & kuning	AKURASI Lampu merah & kuning
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
7	Lampu Merah & Kuning	206	207	206	210.5	2%	98%
8	Lampu Merah & Kuning	206	207	206	210.6	2%	98%
9	Lampu Merah & Kuning	206	207	206	211	2%	98%
10	Lampu Merah & Kuning	207	207	207	211.8	2%	98%
Jumlah					16%	984%	
Rata-rata					2%	98%	
Percobaan pengukuran daya pada lampu warna merah & kuning dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Daya (Watt) PZEM004t			Daya (Watt) Perhitungan	Error Lampu merah& kuning	AKURASI Lampu merah & kuning
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
1	Lampu Merah & kuning	14.4	14.3	0	28.107	2%	98%
2	Lampu Merah & kuning	14.4	14.3	0	28.08	2%	98%
3	Lampu Merah & kuning	14.3	14.4	0	27.872	3%	97%
4	Lampu Merah & kuning	14.3	14.4	0	28.7974	0%	100%
5	Lampu Merah & kuning	14.2	14.3	0	28.8385	1%	99%

Percobaan pengukuran daya pada lampu warna merah & kuning dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Daya (Watt) PZEM004t			Daya (Watt) Perhitungan	Error Lampu merah & kuning	AKURASI Lampu merah & kuning
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
6	Lampu Merah & kuning	14.2	14.3	0	29.049	2%	98%
7	Lampu Merah & kuning	14.2	14.3	0	29.2734	3%	97%
8	Lampu Merah & kuning	14.3	14.3	0	29.118	2%	98%
9	Lampu Merah & kuning	14.4	13.9	0	29.0166	2%	98%
10	Lampu Merah & kuning	14.4	14	0	28.6552	1%	99%
Jumlah					18%	982%	
Rata-rata					2%	98%	

Tabel 5. 5 Hasil pengukuran arus, voltase dan daya pada lampu warna merah dan kuning dalam kondisi tidak normal menunjukkan hasil pengukuran arus pada lampu merah dan kuning dalam kondisi tidak normal menggunakan PZEM004t dan multimeter. Arus yang diukur oleh dua sensor PZEM004t untuk kedua lampu tersebut konsisten pada 0,09 A, sementara multimeter menunjukkan variasi kecil di sekitar 0,134 A hingga 0,139 A. Error rata-rata dari pengukuran arus oleh PZEM004t terhadap multimeter untuk kedua lampu adalah sekitar 32%, dengan akurasi sebesar 68%. Ini menunjukkan bahwa PZEM004t memiliki deviasi yang cukup signifikan dibandingkan dengan multimeter dalam kondisi pengukuran arus tidak normal. Kemudian pada tabel pengukuran voltase pada lampu merah dan kuning. Voltase yang diukur oleh dua sensor PZEM004t pada kedua lampu berkisar antara 206 V hingga 207 V, sedangkan multimeter menunjukkan voltase yang sedikit lebih tinggi, antara 208 V hingga 211,8 V. Error rata-rata dari pengukuran voltase oleh PZEM004t adalah sekitar 2%, dengan akurasi mencapai 98%. Ini menandakan bahwa PZEM004t lebih akurat dalam mengukur voltase dibandingkan dengan arus, dengan hanya sedikit deviasi dari hasil pengukuran multimeter. Selanjutnya pada tabel pengukuran daya pada lampu merah dan kuning dalam kondisi tidak normal. Daya yang diukur oleh PZEM004t berkisar antara 14,2 W hingga 14,4 W, sedangkan hasil perhitungannya berdasarkan arus dan voltase menunjukkan variasi yang lebih besar, yaitu antara

27,872 W hingga 29,2734 W. Error rata-rata dari pengukuran daya oleh PZEM004t adalah sekitar 2%, dengan akurasi sebesar 98%. Meskipun ada perbedaan yang cukup besar dalam nilai daya absolut, persentase error tetap relatif kecil, menunjukkan bahwa PZEM004t cukup andal dalam pengukuran daya meskipun dalam kondisi tidak normal.

Tabel 5. 6 Hasil pengukuran arus, voltase dan daya pada lampu warna kuning dan hijau dalam kondisi tidak normal

Percobaan pengukuran arus pada lampu warna kuning & hijau dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Arus (A) PZEM004t			Arus (A) Multimeter	Error Lampu kuning & hijau	AKURASI Lampu kuning & hijau
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
1	Lampu Kuning & Hijau	0	0.09	0.09	0.136	32%	68%
2	Lampu Kuning & Hijau	0	0.09	0.09	0.136	32%	68%
3	Lampu Kuning & Hijau	0	0.09	0.09	0.135	33%	67%
4	Lampu Kuning & Hijau	0	0.09	0.09	0.134	34%	66%
5	Lampu Kuning & Hijau	0	0.09	0.09	0.135	33%	67%
6	Lampu Kuning & Hijau	0	0.09	0.09	0.136	32%	68%
7	Lampu Kuning & Hijau	0	0.09	0.09	0.138	30%	70%
8	Lampu Kuning & Hijau	0	0.09	0.09	0.137	31%	69%
9	Lampu Kuning & Hijau	0	0.09	0.09	0.138	30%	70%

Percobaan pengukuran arus pada lampu warna kuning & hijau dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Arus (A) PZEM004t			Arus (A) Multimeter	Error Lampu kuning & hijau	AKURASI Lampu kuning & hijau
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
10	Lampu Kuning & Hijau	0	0.09	0.09	0.134	34%	66%
Jumlah						325%	675%
Rata-rata						32%	68%
Percobaan pengukuran voltase pada lampu warna kuning & hijau dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Voltase (V) PZEM004t			Voltase (V) Multimeter	Error Lampu kuning & hijau	AKURASI Lampu kuning & hijau
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
1	Lampu Kuning & Hijau	207	206	207	210.7	2%	98%
2	Lampu Kuning & Hijau	207	206	207	208.1	1%	99%
3	Lampu Kuning & Hijau	207	206	207	208	0%	100%
4	Lampu Kuning & Hijau	207	207	207	208	0%	100%
5	Lampu Kuning & Hijau	207	207	207	210.2	2%	98%
6	Lampu Kuning & Hijau	207	206	207	210.5	2%	98%
7	Lampu Kuning & Hijau	207	206	207	210.5	2%	98%
8	Lampu Kuning & Hijau	207	206	207	210.6	2%	98%

Percobaan pengukuran voltase pada lampu warna kuning & hijau dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Voltase (V) PZEM004t			Voltase (V) Multimeter	Error Lampu kuning & hijau	AKURASI Lampu kuning & hijau
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
9	Lampu Kuning & Hijau	207	206	207	211	2%	98%
10	Lampu Kuning & Hijau	207	205	207	211.8	2%	98%
Jumlah						14%	986%
Rata-rata						1%	99%
Percobaan pengukuran daya pada lampu warna kuning & hijau dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Daya (Watt) PZEM004t			Daya (Watt) Multimeter	Error Lampu kuning & hijau	AKURASI Lampu kuning & hijau
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
1	Lampu Kuning & Hijau	0	14.2	14.4	28.6552	0%	100%
2	Lampu Kuning & Hijau	0	14.2	14.4	28.3016	1%	99%
3	Lampu Kuning & Hijau	0	14.2	14.3	28.08	1%	99%
4	Lampu Kuning & Hijau	0	14.3	14.3	27.872	3%	97%
5	Lampu Kuning & Hijau	0	14.4	14.3	28.8385	0%	100%
6	Lampu Kuning & Hijau	0	14.4	14.3	29.049	1%	99%
7	Lampu Kuning & Hijau	0	14.4	13.9	29.2734	3%	97%
8	Lampu Kuning & Hijau	0	14.3	14	29.118	3%	97%

Percobaan pengukuran daya pada lampu warna kuning & hijau dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Daya (Watt) PZEM004t			Daya (Watt) Multimeter	Error Lampu kuning & hijau	AKURASI Lampu kuning & hijau
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
9	Lampu Kuning & Hijau	0	14.3	14	29.0166	2%	98%
10	Lampu Kuning & Hijau	0	14.3	14	28.6552	1%	99%
Jumlah						17%	983%
Rata-rata						2%	98%

Tabel 5. 6 Hasil pengukuran arus, voltase dan daya pada lampu warna kuning dan hijau dalam kondisi tidak normal menunjukkan hasil pengukuran arus pada lampu kuning dan hijau dalam kondisi tidak normal menggunakan PZEM004t dan multimeter. Arus yang diukur oleh dua sensor PZEM004t untuk kedua lampu tersebut konsisten pada 0,09 A, sementara multimeter menunjukkan variasi kecil di sekitar 0,134 A hingga 0,138 A. Error rata-rata dari pengukuran arus oleh PZEM004t terhadap multimeter untuk kedua lampu adalah sekitar 32%, dengan akurasi sebesar 68%. Ini menunjukkan bahwa PZEM004t memiliki deviasi yang cukup signifikan dibandingkan dengan multimeter dalam kondisi pengukuran arus tidak normal. Kemudian pada tabel pengukuran voltase pada lampu kuning dan hijau. Voltase yang diukur oleh dua sensor PZEM004t pada kedua lampu berkisar antara 205 V hingga 207 V, sedangkan multimeter menunjukkan voltase yang sedikit lebih tinggi, antara 208 V hingga 211,8 V. Error rata-rata dari pengukuran voltase oleh PZEM004t adalah sekitar 1%, dengan akurasi mencapai 99%. Ini menandakan bahwa Pzem004t lebih akurat dalam mengukur voltase dibandingkan dengan arus, dengan hanya sedikit deviasi dari hasil pengukuran multimeter. Pada tabel pengukuran daya pada lampu kuning dan hijau dalam kondisi tidak normal. Daya yang diukur oleh PZEM004t berkisar antara 14,2 W hingga 14,4 W, sedangkan hasil perhitungan daya berdasarkan arus dan voltase menunjukkan variasi yang lebih besar, yaitu antara 27,872 W hingga 29,2734 W. Error rata-rata dari pengukuran daya oleh Pzem004t adalah sekitar 2%, dengan akurasi sebesar 98%. Meskipun ada perbedaan yang cukup besar dalam nilai daya absolut, persentase error tetap relatif kecil, menunjukkan bahwa PZEM004t cukup andal dalam pengukuran daya meskipun dalam kondisi tidak normal.

b.2 Pengujian kondisi tiga lampu menyala

Pengujian ini dilakukan dengan menyalakan semua lampu lalu lintas, yaitu lampu merah, kuning, dan hijau. Dalam pengujian ini, tiga saklar lampu tetap menyala, sehingga semua lampu berada dalam kondisi aktif. Tujuan pengujian adalah untuk mengukur arus, voltase, dan daya saat semua

lampu nyala. Pengukuran dilakukan menggunakan multimeter untuk mendapatkan hasil yang akurat, serta sensor PZEM004t untuk pemantauan melalui aplikasi Blynk.

Pengukuran arus dilakukan secara serial untuk memastikan bahwa arus yang melewati rangkaian dapat diukur dengan tepat. Sementara itu, pengukuran voltase dilakukan secara paralel untuk mendapatkan tegangan yang tepat di kedua ujung lampu. Daya dihitung dengan mengalikan hasil pengukuran voltase dan arus yang diperoleh dari multimeter. Data dari sensor PZEM004t juga dicatat untuk perbandingan. Setiap pengujian dilakukan sepuluh kali untuk mendapatkan data rata-rata yang akurat dan hasil rata-rata dari setiap parameter dapat ditinjau pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. 7 Hasil pengukuran arus, voltase dan daya pada lampu merah, kuning dan hijau dalam kondisi tidak normal

Percobaan pengukuran arus pada lampu warna merah, kuning & hijau dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Arus (A) PZEM004t			Arus (A) Multimeter	Error Lampu merah, kuning & hijau	AKURASI Lampu merah, kuning & hijau
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
1	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0.09	0.09	0.09	0.204	32%	68%
2	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0.09	0.09	0.09	0.204	32%	68%
3	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0.09	0.09	0.09	0.205	32%	68%
4	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0.09	0.09	0.09	0.207	30%	70%
5	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0.09	0.09	0.09	0.208	30%	70%
6	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0.09	0.09	0.09	0.204	32%	68%
7	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0.09	0.09	0.09	0.205	32%	68%

Percobaan pengukuran arus pada lampu warna merah, kuning & hijau dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Arus (A) PZEM004t			Arus (A) Multimeter	Error Lampu merah, kuning & hijau	AKURASI Lampu merah, kuning & hijau
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
8	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0.09	0.09	0.09	0.209	29%	71%
9	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0.09	0.09	0.09	0.206	31%	69%
10	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0.09	0.09	0.09	0.206	31%	69%
Jumlah					312%	688%	
Rata-rata					31%	69%	
Percobaan pengukuran voltase pada lampu warna merah, kuning & hijau dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Voltase (V) PZEM004t			Voltase (V) Multimeter	Error Lampu merah, kuning & hijau	AKURASI Lampu merah, kuning & hijau
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
1	Lampu Merah, Kuning & Hijau	211	211	211	211.8	0%	100%
2	Lampu Merah, Kuning & Hijau	211	211	211	211.8	0%	100%
3	Lampu Merah, Kuning & Hijau	211	211	211	212.1	1%	99%
4	Lampu Merah, Kuning & Hijau	211	211	211	212.3	1%	99%
5	Lampu Merah, Kuning & Hijau	211	211	211	211.3	0%	100%

Percobaan pengukuran voltase pada lampu warna merah, kuning & hijau dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Voltase (V) PZEM004t			Voltase (V) Multimeter	Error Lampu merah, kuning & hijau	AKURASI Lampu merah, kuning & hijau
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
6	Lampu Merah, Kuning & Hijau	211	211	211	212	0%	100%
7	Lampu Merah, Kuning & Hijau	211	211	211	213.2	1%	99%
8	Lampu Merah, Kuning & Hijau	211	211	211	213.3	1%	99%
9	Lampu Merah, Kuning & Hijau	211	211	211	213.2	1%	99%
10	Lampu Merah, Kuning & Hijau	211	211	211	211.5	0%	100%
Jumlah					6%	994%	
Rata-rata					1%	99%	
Percobaan pengukuran daya pada lampu warna merah, kuning & hijau dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Daya (Watt) Pzem004t			Daya (Watt) Multimeter	Error Lampu merah, kuning & hijau	AKURASI Lampu merah, kuning & hijau
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
1	Lampu Merah, Kuning & Hijau	14.4	14.3	13.9	44.0544	3%	97%
2	Lampu Merah, Kuning & Hijau	14.4	14.3	14	43.2072	1%	99%
3	Lampu Merah, Kuning & Hijau	14.3	14.4	14	43.4805	2%	98%
4	Lampu Merah, Kuning & Hijau	14.3	14.4	14	43.9461	3%	97%

Percobaan pengukuran daya pada lampu warna merah, kuning & hijau dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Daya (Watt) Pzem004t			Daya (Watt) Multimeter	Error Lampu merah, kuning & hijau	AKURASI Lampu merah, kuning & hijau
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
5	Lampu Merah, Kuning & Hijau	14.2	14.3	14.1	43.9504	3%	97%
6	Lampu Merah, Kuning & Hijau	14.2	14.3	14	43.248	2%	98%
7	Lampu Merah, Kuning & Hijau	14.2	14.3	14.1	43.706	3%	97%
8	Lampu Merah, Kuning & Hijau	14.3	14.3	13.9	44.5797	5%	95%
9	Lampu Merah, Kuning & Hijau	14.4	13.9	14	43.9192	4%	96%
10	Lampu Merah, Kuning & Hijau	14.4	14	13.9	43.569	3%	97%
Jumlah					28%	972%	
Rata-rata					3%	97%	

Tabel Percobaan pengukuran arus pada lampu warna merah, kuning, dan hijau dalam kondisi tidak normal menunjukkan bahwa arus yang diukur oleh tiga sensor PZEM004t konsisten sebesar 0,09 A untuk ketiga lampu tersebut. Sementara itu, multimeter menunjukkan nilai arus yang bervariasi antara 0,204 A hingga 0,209 A. Rata-rata error dari pengukuran arus oleh PZEM004t terhadap multimeter adalah sekitar 31%, dengan akurasi sebesar 69%. Ini mengindikasikan bahwa PZEM004t memiliki deviasi yang signifikan dalam pengukuran arus dibandingkan dengan multimeter dalam kondisi tidak normal. Selanjutnya pada tabel pengukuran voltase pada lampu merah, kuning, dan hijau. Voltase yang diukur oleh tiga sensor PZEM004t konsisten sebesar 211 V untuk ketiga lampu tersebut, sementara multimeter menunjukkan nilai voltase antara 211,3 V hingga 213,3 V. Rata-rata error dari pengukuran voltase oleh PZEM004t adalah sekitar 1%, dengan akurasi mencapai 99%. Ini menunjukkan bahwa PZEM004t cukup akurat dalam pengukuran voltase dengan hanya sedikit deviasi dari hasil pengukuran multimeter. Kemudian pada tabel pengukuran daya pada lampu merah, kuning, dan hijau dalam kondisi tidak normal. Daya yang diukur oleh tiga sensor PZEM004t untuk tiga lampu

bervariasi antara 13,9 W hingga 14,4 W, sedangkan multimeter menunjukkan daya antara 43,2072 W hingga 44,5797 W. Rata-rata error dari pengukuran daya oleh PZEM004t adalah sekitar 3%, dengan akurasi sebesar 97%. Meskipun ada perbedaan yang cukup besar dalam nilai daya absolut, persentase error tetap relatif kecil, menunjukkan bahwa Pzem004t cukup andal dalam pengukuran daya meskipun dalam kondisi tidak normal.

b.3 Pengujian kondisi tiga lampu mati

Untuk pengujian daya pada sensor hanya memantau melalui *interface Blynk*. Sedangkan pengukuran multimeter menggunakan rumus daya dengan mengkalikan nilai voltase dan arus. Pada pengujian ini semua lampu dimatikan melalui saklar. Kemudian tim mulai melaksanakan pengujian dari voltase, arus dan daya melalui Blynk serta pengujian arus, voltase dari multimeter. Sedangkan mencari nilai daya dengan mengkalikan nilai voltase dan arus.

Tabel 5. 8 Hasil pengukuran arus, voltase dan daya pada tiga lampu dalam kondisi mati

Percobaan pengukuran arus pada lampu warna merah, kuning & hijau dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Arus (A) PZEM004t			Arus (A) Multimeter	Error Lampu merah, kuning & hijau	AKURASI Lampu merah, kuning & hijau
		PZEM004t Merah	PZEM004t Kuning	PZEM004t Hijau			
1	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0	0	0	0	0%	100%
2	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0	0	0	0	0%	100%
3	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0	0	0	0	0%	100%
4	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0	0	0	0	0%	100%
5	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0	0	0	0	0%	100%
6	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0	0	0	0	0%	100%
7	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0	0	0	0	0%	100%

Percobaan pengukuran arus pada lampu warna merah, kuning & hijau dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Arus (A) PZEM004t			Arus (A) Multimeter	Error Lampu merah, kuning & hijau	AKURASI Lampu merah, kuning & hijau
		Pzem004t Merah	Pzem004t Kuning	Pzem004t Hijau			
8	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0	0	0	0	0%	100%
9	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0	0	0	0	0%	100%
10	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0	0	0	0	0%	100%
Jumlah					0%	1000%	
Rata-rata					0%	100%	
No	Jenis Lampu	Voltase (V) Pzem004t			Voltase (V) Multimeter	ErrorLampu merah, kuning & hijau	AKURASI Lampu merah, kuning & hijau
		Pzem004t Merah	Pzem004t Kuning	Pzem004t Hijau			
1	Lampu Merah, Kuning & Hijau	211	211	211	211.8	0%	100%
2	Lampu Merah, Kuning & Hijau	211	211	211	211.8	0%	100%
3	Lampu Merah, Kuning & Hijau	211	211	211	212.1	1%	99%
4	Lampu Merah, Kuning & Hijau	211	211	211	212.3	1%	99%
5	Lampu Merah, Kuning & Hijau	211	211	211	211.3	0%	100%
6	Lampu Merah, Kuning & Hijau	211	211	211	212	0%	100%

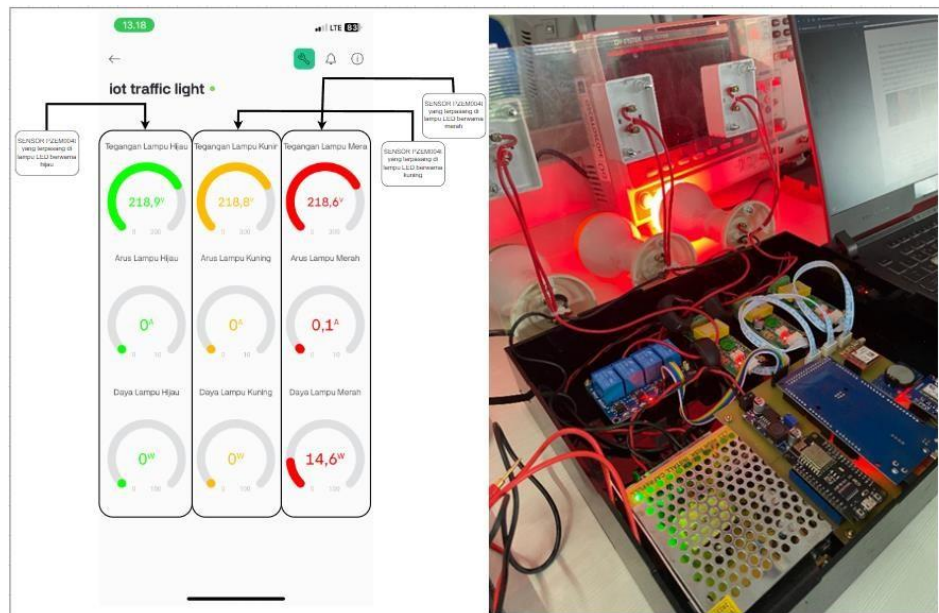
Percobaan pengukuran voltase pada lampu warna merah, kuning & hijau dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Voltase (V) Pzem004t			Voltase (V) Multimeter	Error Lampu merah, kuning & hijau	AKURASI Lampu merah, kuning & hijau
		Pzem004t Merah	Pzem004t Kuning	Pzem004t Hijau			
7	Lampu Merah, Kuning & Hijau	211	211	211	213.2	1%	99%
8	Lampu Merah, Kuning & Hijau	211	211	211	213.3	1%	99%
9	Lampu Merah, Kuning & Hijau	211	211	211	213.2	1%	99%
10	Lampu Merah, Kuning & Hijau	211	211	211	211.5	0%	100%
Jumlah					6%	994%	
Rata-rata					1%	99%	
Percobaan pengukuran arus pada lampu warna merah, kuning & hijau dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Daya (Watt) Pzem004t			Daya (Watt) Multimeter	Error Lampu merah, kuning & hijau	AKURASI Lampu merah, kuning & hijau
		Pzem004t Merah	Pzem004t Kuning	Pzem004t Hijau			
1	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0	0	0	0	0%	100%
2	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0	0	0	0	0%	100%
3	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0	0	0	0	0%	100%
4	Lampu Merah, Kuning	0	0	0	0	0%	100%

Percobaan pengukuran arus pada lampu warna merah, kuning & hijau dalam kondisi tidak normal							
No	Jenis Lampu	Daya (Watt) Pzem004t			Daya (Watt) Multimeter	Error Lampu merah, kuning & hijau	AKURASI Lampu merah, kuning & hijau
		Pzem004t Merah	Pzem004t Kuning	Pzem004t Hijau			
	& Hijau						
5	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0	0	0	0	0%	100%
6	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0	0	0	0	0%	100%
7	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0	0	0	0	0%	100%
8	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0	0	0	0	0%	100%
9	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0	0	0	0	0%	100%
10	Lampu Merah, Kuning & Hijau	0	0	0	0	0%	100%
Jumlah					0%	1000%	
Rata-rata					0%	100%	

Tabel 5. 8 Hasil pengukuran arus, voltase dan daya pada tiga lampu dalam kondisi mati terdiri dari pengukuran arus, voltase dan daya pada tiga lampu. Pada pengukuran arus menggunakan tiga sensor PZEM004t untuk lampu merah, kuning dan hijau menunjukkan hasil 0 A pada semua percobaan. Sedangkan multimeter menunjukkan nilai arus yang sangat kecil, berkisar antara 0,0003 A hingga 0,0023 A. Rata-rata error adalah 0%, dan rata-rata akurasi adalah 100%. Ini menunjukkan bahwa PZEM004t tidak mendeteksi adanya arus yang mengalir pada lampu merah dan hijau dalam kondisi tidak normal, sementara multimeter mendeteksi arus kecil yang mungkin di luar sensitivitas PZEM004t. Kemudian pada tabel kedua menunjukkan pengukuran voltase untuk lampu merah dan hijau. PZEM004t konsisten menunjukkan voltase sebesar 211 V, sementara multimeter menunjukkan voltase antara 211,3 V hingga 213,3 V, dengan satu nilai anomali sebesar 2132 V. Rata-rata error adalah 9%, dan rata-rata akurasi adalah 99%. Pengukuran voltase oleh PZEM004t cukup akurat, meskipun ada satu nilai anomali yang mungkin disebabkan oleh kesalahan pengukuran atau kondisi

yang sangat tidak normal. Tabel ketiga menunjukkan pengukuran daya untuk lampu merah dan hijau. Baik PZEM004t maupun multimeter menunjukkan hasil 0 W, karena arus yang diukur adalah 0 A. Tidak ada perhitungan error dan akurasi yang relevan dalam pengukuran daya karena semua nilai adalah 0 W. Ini konsisten dengan hasil pengukuran arus yang menunjukkan tidak ada arus yang mengalir dalam kondisi tidak normal.

Pengujian arus, voltase, dan daya pada sensor dipantau melalui *platform Blynk*. Sistem *TrafficEase IoT* dirancang dengan beberapa widget di dalam aplikasi Blynk yang berfungsi untuk mengumpulkan dan mengirim data. Setiap lampu lalu lintas (hijau, kuning, dan merah) dipantau oleh sensor tegangan, arus, dan daya yang terhubung dengan modul ESP8266. Setiap sensor didedikasikan untuk satu lampu, yaitu satu sensor untuk satu lampu warna merah, satu sensor untuk satu lampu warna kuning, dan satu sensor untuk satu lampu warna hijau. Untuk tampilan sensor dapat ditinjau pada gambar dibawah ini.



Gambar 5.1 Sebelah kiri: *Interface Blynk* yang menunjukkan pengukuran tegangan, arus, dan daya; sebelah kanan: Implementasi fisik sistem traffic light berbasis IoT menggunakan sensor PZEM-004T dan modul Arduino ATmega 2560 serta ESP8266.

Berdasarkan Gambar 5.1 Sebelah kiri: *Interface Blynk* yang menunjukkan pengukuran tegangan, arus, dan daya; sebelah kanan: Implementasi fisik sistem traffic light berbasis IoT menggunakan sensor PZEM-004T dan modul Arduino ATmega 2560 serta ESP8266., Ketika sistem mendeteksi adanya anomali, seperti fluktuasi tegangan atau arus yang tidak normal (misalnya lampu mati atau rusak), aplikasi Blynk akan mengirimkan notifikasi SMS secara otomatis. SMS ini berisi informasi tentang jenis lampu yang rusak dan lokasinya. Hal tersebut juga dapat ditinjau pada Gambar 4.6 Notifikasi dari Interface Blynk untuk menampilkan tegangan, arus, dan daya dari lampu lalu lintas serta Notifikasi SMS pada sistem TrafficEase

IoT Teknis dari pengukuran sensor PZEM004t itu sendiri mampu membaca data nilai arus dan tegangan sertadaya.

- Pada pengukuran voltase pada sensor PZEM004t, sensor ini terkoneksi langsung ke sumber listrik PLN. Kemudian modul ini menggunakan sirkuit pembagi tegangan sebagai sensor internal untuk membaca tegangan listrik yang diberikan ke lampu. Sirkuit pembagi tegangan terdiri dari dua resistor yang dihubungkan secara seri. Tegangan total yang diterapkan pada rangkaian dibagi antara dua resistor tersebut. Titik tengah antara dua resistor ini memberikan tegangan yang lebih rendah dan proporsional dengan tegangan total, yang kemudian diukur oleh modul.
- Untuk mengukur arus yang mengalir melalui lampu, sensor PZEM-004T menggunakan *shunt resistor*. Ketika arus mengalir melalui shunt resistor, ia menciptakan tegangan kecil yang sebanding dengan arus tersebut. Modul kemudian mengukur tegangan kecil ini dan mengonversinya menjadi nilai arus yang sesuai, yang juga disediakan sebagai output melalui antarmuka serial.
- Pada pengukuran daya lampu menggunakan sensor PZEM004t, modul ini menghitung daya aktif (P) dengan mengkalikan nilai arus dan tegangan lampu. Nilai daya yang dihitung ini kemudian disediakan sebagai output melalui antarmuka serial, sehingga bisa dibaca dan digunakan oleh mikrokontroler seperti Arduino ATmega2560.

Pada pengiriman notifikasi berupa SMS, Modul ini bertanggung jawab untuk mengirim pesan SMS ke nomor telepon yang telah ditentukan sebelumnya. Modul SIM800L terhubung ke mikrokontroler yang mengontrol seluruh sistem. Ketika sistem mendeteksi kerusakan pada lampu lalu lintas, mikrokontroler akan mengumpulkan data waktu dari modul RTC DS3231 dan data koordinat dari modul GPS Neo-6m [9]. Mikrokontroler kemudian akan membentuk pesan notifikasi yang berisi informasi tentang jenis kerusakan, waktu kejadian, dan lokasi kejadian. Misalnya, "Lampu Merah Padam di posisi...!!! Senin, 16:32:58, <https://www.google.com/maps/place/0.000000,0.000000>" [7]. Mikrokontroler mengirimkan perintah AT ke modul SIM800L untuk mengirim pesan SMS dengan isi pesan yang telah dibentuk dan Modul SIM800L mengirim pesan SMS ke nomor telepon yang telah diprogram sebelumnya. Dapat ditinjau pada Gambar 4.6 Notifikasi dari Interface Blynk untuk menampilkan tegangan, arus, dan daya dari lampu lalu lintas serta Notifikasi SMS pada sistem TrafficEase IoT.

Pada perancangan sistem *traffic light* berbasis IoT yang dapat mendeteksi kerusakan pada lampu lalu lintas dengan mengirim notifikasi melalui bylnk, dilakukan melalui observasi dengan mengumpulkan referensi terdahulu yang akan digunakan untuk mengembangkan sistem tersebut. Untuk melakukan perbandingan, tim hanya membandingkan dua sistem saja, sebab sudah cukup untuk melaksanakan perbandingan performa antara sistem yang dibuat dengan sistem lain. Pada sistem A menggunakan penelitian yang mengenai sistem pemantauan kondisi *traffic light* menggunakan sensor Cahaya dan modul ESP8266 yang dilakukan oleh Dr. John Doe dan pada sistem B menggunakan penelitian mengenai sistem pendeteksian kerusakan *traffic light* menggunakan kamera dan OpenCV yang dilakukan oleh jane smith.

Tabel 5.2 Perbandingan performa antara sistem yang dibuat dengan sistem lain

No	Fitur/Komponen	Sistem yang dibuat	Sistem A	Sistem B
1	Kecepatan Sistem	Real-time	Real-time	Real-time
2	Aksesibilitas	Mudah	Mudah	Mudah
3	Sistem Kontrol	Ada	Ada	Ada
4	Teknologi	Sensor PZEM004t dan ESP8266	Sensor Cahaya dan ESP8266	Kamera dan OpenCV
5	Keluaran Notifikasi	Aplikasi Bylnk	-	-

5.1.2 Pemenuhan Spesifikasi Sistem

Pada bagian spesifikasi sistem secara keseluruhan yang diusulkan telah sebagian besar terpenuhi dalam hasil realisasi. Walaupun terdapat sedikit perbedaan dalam beberapa spesifikasi, seperti jumlah daya lampu, jumlah PZEM004t, bahan dan saklar. Hanya saja perbedaan tersebut masih dapat diterima serta tidak terlalu signifikan dalam perbedaan dari usulan dengan realisasi dan mempengaruhi kinerja dari sistem secara keseluruhan.

Tabel 5.3 Perbandingan usulan dan hasil perancangan sistem

No	Spesifikasi	Usulan	Realisasi
1	Lampu LED	10 Watt	15 Watt
2	Sensor PZEM004t 10 A	1 PZEM004t	3 PZEM004t
3	Bahan untuk wadah sistem	3D Printing	Acrylic
4	Saklar (<i>Switch</i>) untuk memutus arus Lampu LED	Tidak ada	3 Saklar
5	Dimensi <i>TrafficEase IoT</i> (panjang x lebar x tinggi)	Tidak ada	20 cm x 28 cm x 15 cm
6	Massa benda	Tidak ada	450 gram

Pada spesifikasi lampu, terdapat perubahan realisasi dibandingkan dengan usulan awal. Lampu dengan daya 15 watt dipilih karena lebih menjanjikan, mengingat sensor PZEM004t memiliki batas minimum pembacaan yang dapat dicapai dengan daya yang disuplai oleh lampu 15 watt. Penggunaan sensor menjadi tiga disebabkan oleh perubahan rencana. Awalnya, satu PZEM004t direncanakan untuk mengukur tiga lampu, namun dalam realisasinya, satu PZEM004t digunakan untuk setiap lampu, sehingga terdapat tiga data yang terbaca. Pada bahan yang digunakan, terdapat perubahan dari usulan menggunakan 3D printing, namun realisasinya menggunakan *acrylic*. Hal ini dikarenakan *acrylic* memiliki ketahanan dan kinerja yang lebih baik terhadap cuaca serta memberikan

hasil akhir yang lebih rapi dibandingkan dengan *3D printing*. Untuk saklar, pada usulan awal tidak ada saklar yang disertakan, namun dalam realisasinya, ditambahkan tiga saklar untuk memudahkan kontrol manual untuk mensimulasikan kondisi lampu yang rusak.

5.1.3 Pengalaman Pengguna

Bagian ini memberikan wawasan yang berharga tentang hasil dan kendala yang muncul dalam penggunaan sistem. Dari tabel 5.4, terlihat bahwa beberapa hasil yang sudah dicapai menunjukkan bahwa kerusakan lampu lalu lintas dapat dideteksi dengan mudah melalui *Blynk. Traffic light* berbasis IoT ini mampu membantu pengguna dalam menangani kerusakan lampu lalu lintas. Namun, ada beberapa kendala terkait konektivitas sistem. Untuk mengatasi kendala ini, tim mungkin perlu melakukan perbaikan pada fitur atau komponen perangkat *traffic light*. Dengan perbaikan tersebut, pengalaman pengguna secara keseluruhan dapat meningkat secara signifikan.

Tabel 5.4 Pengalaman Pengguna

No	Fitur/Komponen	Capaian	Aksi/Perbaikan
1	Fungsi	Fungsi sebagai monitoring sistem yang memberikan informasi terkait kerusakan pada lampu lalu lintas dengan baik.	Dipertahankan
2	Keamanan	Keamanan data sudah cukup baik karena perlu <i>login</i> sebelum melihat data.	Dipertahankan
3	Data <i>Real-Time</i>	Data yang ditampilkan secara <i>real-time</i> , sehingga memudahkan monitoring kondisi lampu lalu lintas	Dipertahankan
4	Platform Blynk	Dapat menampilkan data melalui <i>platform Blynk</i> dengan baik	Dipertahankan
5	Aksesibilitas	Sistem mudah diakses oleh petugas melalui aplikasi <i>mobile (Blynk)</i>	Dipertahankan

Seluruh fitur atau komponen ini berkontribusi untuk meningkatkan pengalaman dalam menggunakan sistem *traffic light* berbasis IoT serta memberikan dukungan yang lebih baik bagi pengguna. Fitur fungsi memiliki peran penting dalam perangkat sistem monitoring karena dapat memberikan informasi terkait kerusakan pada lampu lalu lintas dengan akurat. Keamanan data sudah cukup baik karena diperlukan *login* sebelum mengakses data, sehingga data tetap terlindungi. Data *real-time* yang ditampilkan monitoring kondisi lampu lalu lintas secara langsung, memberikan kemudahan dan efisiensi dalam pemantauan. *Platform Blynk* berfungsi dengan baik dalam

menampilkan data, sehingga pengguna dapat dengan mudah mengakses informasi yang dibutuhkan. Aksesibilitas sistem juga sangat baik karena mudah diakses oleh petugas melalui aplikasi *mobile (blynk)*, memberikan fleksibilitas dan kemudahan dalam penggunaan.

5.1.4 Kesesuaian Perencanaan dalam Manajemen Tim dan Realisasinya

Pada bagian ini memiliki peran yang cukup penting dalam melakukan pengerjaan usulan pada perancangan sistem. Kesesuaian perancangan ini dapat menjadi faktor penentu dalam mencapai sebuah tujuan serta hasil yang diharapkan. Secara umum, bagian ini bertujuan sebagai mengevaluasi kesesuaian antara perencanaan manajemen kerja tim dan realisasi dalam pelaksanaannya. Dalam hal itu, tim dapat merencanakan langkah-langkah yang jelas supaya dapat melaksanakan pengerjaan usulan. Rencana kegiatan ini sesuai dengan *gant chart* pada pengerjaan laporan tugas akhir 1. Secara keseluruhan, kesesuaian perencanaan manajemen kerja tim serta realisasi pelaksanaannya dapat dinilai dari sejauh mana tim mampu mencapai tujuan yang sudah ditetapkan sebelumnya. Selain adanya manajemen pada kesesuaian *timeline*, adapun kesesuaian pada harga dari jenis-jenis pengeluaran yang sudah dilakukan pada tugas akhir ini.

Tabel 5.5 Kesesuaian antara usulan dan realisasi *timeline* pengerjaan Tugas Akhir 2

No	Kegiatan	Usulan waktu	Realisasi Pelaksanaan
1	Pembelian alat dan bahan	Maret – April	Maret – April
2	Perancangan sistem (Skematik, pemasangan rangkaian, dan 3D)	April – Juni	April – Juni
3	Testing Validasi	Juni	Juni
4	Pengumpulan laporan akhir dan Expo	Juni – Juli	Juli

Table 5.6 Kesesuaian RAB Tugas Akhir antara usulan dan realisasi

No	Jenis Pengeluaran	Usulan Biaya		Realisasi Biaya	
		Kuantitas	Total Harga	Kuantitas	Total Harga
1	Arduino Mega 2560	1 pcs	Rp.300.000,00	1 pcs	Rp 300.000,00
2	Sensor PZEM004T	1 pc	Rp 100.000,00	3 pcs	Rp 300.000,00
3	Regulator LM2596	1 pcs	Rp. 30.000	1 pcs	Rp. 12.500
4	ESP8266	-	-	1 pcs	Rp.54.000
5	SIM800l	1 pcs	Rp. 58.000	1 pcs	Rp. 55.000
6	Lampu LED 15 watt	-	-	3 pcs	Rp. 30.000
7	Ublox NEO-6M GPS Module	1 pcs	Rp. 84.990	1 pcs	Rp. 71.000

No	Jenis Pengeluaran	Usulan Biaya		Realisasi Biaya	
		Kuantitas	Total Harga	Kuantitas	Total Harga
8	Modul RTC DS3231	1 pcs	Rp. 42.500	1 pcs	Rp. 40.500
9	Relay 4 channel	-	-	1 pcs	Rp. 33.000
10	Desain acrylic	-	-	1 pcs	Rp.100.000
				13 pcs	Rp. 996.000

Berikut terdapat juga tabel *logbook* aktivitas kami selama pengerjaan Tugas Akhir (TA) 2, mulai dari perancangan desain elektronis, desain 3d *arycllic*, perancangan PCB, bimbingan per pekan hingga penulisan laporan Tugas Akhir 2. Semua agenda dan kegiatan berkaitan dengan TA2 masuk dalam *logbook* ini.

Table 5.7 Realisasi aktivitas pelaksanaan tugas akhir 2

No	Hari, Tanggal, Durasi (jam atau hari)	Aktivitas	Pelaksana
1	27 Februari 2024, 2 jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1 (Pekan-1)	Rosiana Candra
2	28 Februari 2024, 4 jam	Pembelian komponen sesuai usulan pada laporan TA-1	Rosiana Candra
3	29 Februari 2024, 4.5 jam	Melakukan test program pada Arduino MEGA 2560 (<i>dummy test</i>)	Rosiana Candra
4	01 Maret 2024, 2 jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1 (Pekan-2)	Rosiana Candra
5	03 Maret 2024, 4 jam	Pembelian modul WiFi ESP8266 hingga pengujian konektivitas Blynk dengan ESP8266 (<i>dummy test</i>)	Rosiana Candra
6	04 Maret 2024, 8 jam	Memprogram Arduino MEGA yang terhubung ke sensor PZEM004t untuk membaca data arus, voltase dan tegangan	Rosiana Candra
7	06 Maret 2024, 4 jam	Membuat desain tampilan Blynk untuk memonitoring arus, voltase dan tegangan	Rosiana Candra
8	14 Maret 2024, 2.5 jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1 (Pekan-3)	Rosiana Candra
9	15 Maret 2024, 3 Jam	Pembelian modul SIM800l dan Kartu GSM yang nantinya dipasangkan pada modul SIM800l. Kemudian membeli modul NEO-6m GPS	Rosiana Candra
10	16 Maret 2024, 10 Jam	Perancangan sistem elektris dan penyolderan rangkaian arduino MEGA 2560, SIM800l, ESP8266, modul Neo-6M GPS dan Sensor PZEM004t	Rosiana Candra
11	17 Maret 2024, 4 Jam	Kalibrasi ulang konektivitas ESP8266 dan arduino MEGA 2560 pada Blynk	Rosiana Candra
12	23 Maret 2024, 3 Jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1 (Pekan-4)	Rosiana Candra
13	24 Maret 2024, 3.5 Jam	Merancang skematik PCB pada <i>software Proteus</i>	Rosiana Candra
14	26 Maret 2024, 6 Jam	Mencetak PCB secara konvensional menggunakan larutan feliklorida beserta penyolderan rangkaian	Rosiana Candra

No	Hari, Tanggal, Durasi (jam atau hari)	Aktivitas	Pelaksana
15	03 April 2024, 2 Jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1 (Pekan-5)	Rosiana Candra
16	06 April 2024, 3 Jam	Membeli lampu (Merah, Kuning, Hijau) dengan daya yang sama 15 watt	Rosiana Candra
17	08 April 2024, 3 Jam	Perancangan desain 3D menggunakan <i>Tinkercad</i>	Rosiana Candra
18	10 April 2024, 4.5 Jam	Menambah sensor PZEM004t menjadi 3 buah untuk 3 lampu (1 sensor 1 lampu) dan memprogram ulang arduino, sensor PZEM004t dan ESP8266	Rosiana Candra
19	25 April 2024, 2 Jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1 (Pekan-6)	Rosiana Candra
20	26 April 2024, 5 Jam	Finalisasi sistem. Nantinya jika ada tambahan dapat direkonstruksi	Rosiana Candra
21	28 April 2024, 2 Jam	Pengecekan ulang pada sistem dan konektivitasnya jika terjadi <i>malfunction</i> secara tidak terduga	Rosiana Candra
22	07 Mei 2024, 2 Jam	Seminar kemajuan dengan dosen pembimbing 1 dan 2	Rosiana Candra
23	07 Mei 2024, 2 Jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1 (Pekan-7)	Rosiana Candra
24	30 Mei 2024, 2 Jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1 (Pekan-8)	Rosiana Candra
25	06 Juni 2024, 2 Jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1 (Pekan-9)	Rosiana Candra
26	11 Juni 2024, 3.5 jam	Pengambilan data parameter arus, voltase dan tegangan pada lampu dalam kondisi tertentu	Rosiana Candra
27	20 Juni 2024,	Revisi pengambilan data parameter arus, voltase dan tegangan pada lampu dalam kondisi tertentu	Rosiana Candra
28	21 Juni 2024, 2 Jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1 (Pekan-10)	Rosiana Candra
29	25 Juni 2024, 2 jam	Pemasangan dan perakitan sistem pada wadah yang sudah dirancang	Rosiana Candra
30	27 Juni 2024, 2 Jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1 (Pekan-11)	Rosiana Candra
31	8 Juli 2024, 2 jam	Finalisasi laporan TA2 dan alat yang sudah dirancang selama 6 bulan dengan dosen pembimbing 1 dan 2	Rosiana Candra
32	9 Juli 2024, 2 jam	Pengumpulan laporan TA2 dan alat	Rosiana Candra

5.2 Dampak Implementasi Sistem

Adapun implementasi pada sistem *TrafficEase IoT* yang diimplementasikan pada persimpangan memiliki dampak yang signifikan dalam berbagai bidang. Berikut merupakan analisis dari dampak implementasi sistem dari beberapa aspek yang terkait :

a) Aspek Teknologi

Implementasi dari aspek ini dapat mendorong pengembangan teknologi dalam manajemen lalu lintas dan aksesibilitas kota pintar. Dengan menggunakan teknologi sensor PZEM004t, modul WiFi ESP8266, dan platform Blynk, sistem ini memungkinkan pemantauan dan deteksi kerusakan lampu lalu lintas di persimpangan secara *real-time*. Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi pemeliharaan tetapi juga mendorong inovasi teknologi di bidang transportasi.

b) Aspek Ekonomi

Aspek ini dapat memberikan dampak ekonomi yang positif melalui peningkatan efisiensi lalu lintas dan pengurangan biaya pemeliharaan. Sistem *TrafficEase IoT* dapat menarik lebih banyak pengguna jalan dan pengunjung ke kawasan sekitar persimpangan dengan memastikan bahwa infrastruktur lalu lintas berfungsi optimal. Dengan biaya implementasi yang terjangkau dan fitur yang lengkap, sistem ini dapat meningkatkan kepuasan pengguna jalan, yang pada gilirannya meningkatkan aktivitas ekonomi di daerah tersebut.

c) Aspek Sosial

Pada aspek ini, sistem *TrafficEase IoT* dapat memberikan dampak positif dalam menciptakan inklusi sosial dan meningkatkan keselamatan jalan bagi semua pengguna. Dengan adanya sistem yang mendeteksi dan melaporkan kerusakan lampu lalu lintas secara otomatis, penyandang disabilitas dan masyarakat umum dapat merasa lebih aman dan nyaman saat menggunakan fasilitas umum. Selain itu, sistem ini dapat meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya infrastruktur yang inklusif dan ramah bagi semua individu, menciptakan lingkungan yang lebih aman dan bersahabat di persimpangan.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Pada sistem *TrafficEase IoT*, termasuk analisis hasil dan dampak implementasi sistem terhadap beberapa aspek dalam setiap sub-bab. Dengan melakukan beberapa pengujian yang tervalidasi, tim dapat menganalisa hasil yang telah disepakati dan dapat dimasukkan dalam laporan akhir. Pada sistem *TrafficEase IoT* yang telah diimplementasikan, sebagian besar spesifikasi yang diusulkan telah terpenuhi [2]. Sistem ini mampu mendeteksi kerusakan pada lampu lalu lintas dan mengirimkan data secara *real-time* menggunakan sensor PZEM004t, modul ESP8266 dan platform *Blynk*. Selain itu, sistem ini dapat mengatur dan memantau parameter listrik seperti arus, voltase, dan daya, memastikan kualitas dan keandalan infrastruktur lalu lintas di persimpangan. Adapun salah satu fitur penting dari sistem ini adalah kemampuannya dalam mengirimkan notifikasi melalui SMS (*Short Message Service*) menggunakan modul SIM800l, RTC DS3231, dan GPS Neo-6m. Sehingga lokasi dan waktu kerusakan dapat dilaporkan dengan akurat. Ini memungkinkan respons cepat dari pihak yang berwenang untuk memperbaiki kerusakan dan menjaga kelancaran lalu lintas [3] [4].

Berdasarkan analisis data dari empat kasus percobaan pengukuran arus, voltase, dan daya pada lampu merah, kuning, dan hijau menggunakan sensor PZEM004t dan multimeter, kita dapat menarik beberapa kesimpulan penting. Pada kasus 1 yang mengukur lampu merah dalam kondisi normal, error rata-rata untuk arus adalah sekitar 32% dengan akurasi 68%, untuk voltase error sekitar 1% dengan akurasi 99%, dan untuk daya error sekitar 1% dengan akurasi 99%. Hasil ini menunjukkan bahwa PZEM004t memiliki deviasi yang signifikan dalam pengukuran arus tetapi sangat akurat dalam pengukuran voltase dan daya. Pada kasus 2 yang mengukur lampu merah dan hijau dalam kondisi tidak normal, error rata-rata untuk arus juga sekitar 32% dengan akurasi 68%. Untuk voltase, error rata-rata adalah 1% dengan akurasi 99%, sedangkan untuk daya error rata-rata adalah 2% dengan akurasi 98%. Hasil ini menegaskan bahwa PZEM004t memiliki deviasi yang signifikan dalam pengukuran arus tetapi sangat akurat dalam pengukuran voltase dan daya bahkan dalam kondisi tidak normal. Kasus 3 yang menguji lampu merah, kuning, dan hijau dalam kondisi tidak normal menunjukkan error rata-rata untuk arus sebesar 31% dengan akurasi 69%, error voltase 1% dengan akurasi 99%, dan error daya 3% dengan akurasi 97%. Ini menunjukkan bahwa PZEM004t, meskipun memiliki deviasi besar dalam pengukuran arus, tetap dapat diandalkan dalam pengukuran voltase dan daya dengan akurasi tinggi. Pada kasus 4 yang mengukur lampu merah dan hijau dalam kondisi tidak normal, pengukuran arus menunjukkan bahwa PZEM004t tidak mendeteksi arus yang sangat kecil, menghasilkan error 0% dan akurasi 100%. Pengukuran voltase menunjukkan error 9% dengan akurasi 91%, dan pengukuran daya menunjukkan hasil 0 W karena tidak ada arus yang terdeteksi.

Secara keseluruhan, PZEM004t menunjukkan performa yang bervariasi tergantung pada jenis pengukuran dan kondisi lampu. Sensor ini menunjukkan deviasi yang cukup besar dalam pengukuran arus, tetapi lebih akurat dalam pengukuran voltase dan daya. Akurasi tertinggi dicapai dalam pengukuran voltase dengan rata-rata error sekitar 1%, sedangkan akurasi terendah ditemukan dalam pengukuran arus dengan error mencapai hingga 34%. Meskipun demikian, PZEM004t masih dapat dianggap sebagai alat yang andal untuk pengukuran voltase dan daya dalam berbagai kondisi operasional lampu [10].

6.2 Saran

Berdasarkan hasil pelaksanaan tugas akhir berjudul “Sistem Traffic Light berbasis IoT” atau *TrafficEase IoT*. Beberapa saran dan rencana pengembangan untuk memperbaiki kinerja sistem dengan :

1. Menambahkan panel surya pada sistem *TrafficEaseIoT* sebagai sumber daya pengganti ketika listrik dari PLN padam. Panel surya akan menjadi energi listrik alternatif.
2. Menambahkan modul kamera seperti ESP32 *Camera* untuk meninjau kondisi satu unit lampu APILL (Alat Pemberi isyarat Lalu Lintas).
3. Menambah proteksi seperti MCB (*Miniature Circuit Breaker*) pada sistem *TrafficEase IoT*. *Miniature Circuit Breaker* akan memutuskan aliran listrik secara otomatis ketika terjadi fluktuasi pada arus.
4. Menambah *Cooling fan* pada *Power Supply Unit* agar sistem *TrafficEase IoT* tidak mengalami *overheating* dan memicu *hang* dikarenakan sistem akan selalu dioperasikan secara terus-menerus.
5. Menambah *Mini Access Point* pada sistem *TrafficEase IoT* sebagai *router* agar dapat terkoneksi ke aplikasi *Blynk*.
6. Setiap lampu lalu lintas akan diberi ID lokasi spesifikasi, sehingga tidak memerlukan GPS untuk penentuan lokasi.

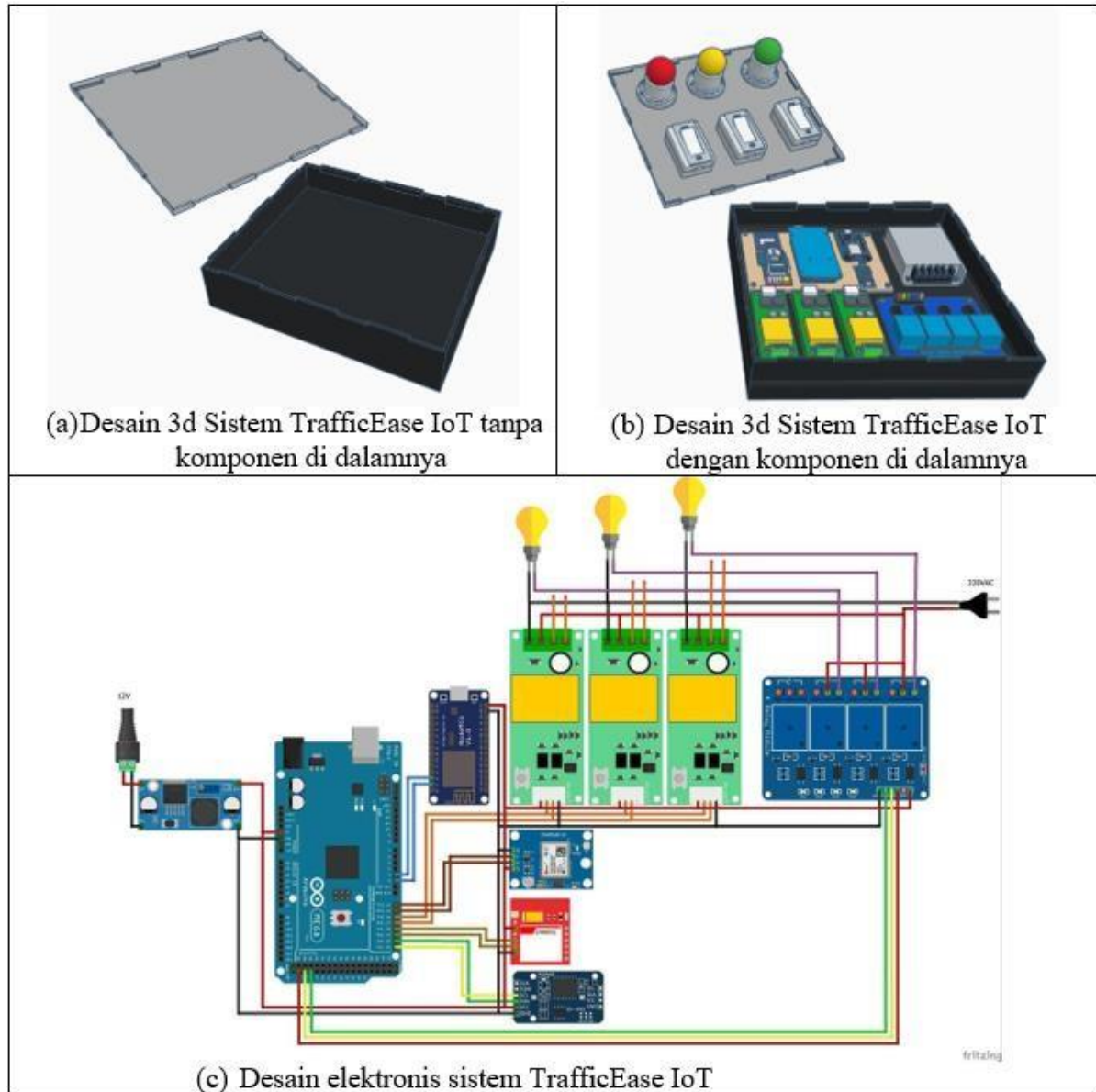
DAFTAR PUSTAKA

- [1] Departemen Perhubungan R.I. (2009). Undang-Undang No. 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Darat. Jakarta.
- [2] Tripathy, A. K., Mishra, A. K., & Das, T. K. (2017). "Smart lighting: Intelligent and weather adaptive lighting in street lights using IoT." Dalam 2017 International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICICT) (hal. 1236-1239).
- [3] Hayadi, B., Narendra, A., & Rianto, B. (2007). "Model Prediksi Kecelakaan Lalu Lintas." Universitas Negeri, Semarang.
- [4] Saragih, P. G. G., & Aswad, Y. (2013). "Analisa Kecelakaan Lalu Lintas Di Kota Pematang Siantar." Program Sarjana Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- [5] Machdani, A., Husodo, B., & Attamimi, S. (2019). "Sistem Kontrol Lampu Lalu Lintas Untuk Layanan Darurat Berbasis Internet of Things (IoT)." Jurnal Teknologi Elektro Universitas Mercu Buana, 10(3), 188-193.
- [6] Beymer, D., McLauchlan, P., Coifman, B., & Malik, J. (2013). "A real-time computer vision system for measuring traffic parameters." Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern and Images, Peru.
- [7] Kurniawan. (2016). "Purwarupa IoT (Internet Of Things) Kendali Lampu Gedung (Studi Kasus Pada Gedung Perpustakaan Universitas Lampung)."
- [8] Undang-undang No. 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Darat. Jakarta.
- [9] George, A. M., et al. (2018). "IoT Based Smart Traffic Light Control System." IEEE Xplore. <https://doi.org/10.1109/iccpeic.2016.7557213>.
- [10] Ashwin Kumaar, M., et al. (2016). "Advanced Traffic Light Control System Using Barrier Gate and GSM." <https://doi.org/10.1109/iccpeic.2016.7557213>.

LAMPIRAN – LAMPIRAN

- Desain model/produk/sistem termasuk aplikasi jika ada

Lampiran 1 Desain model dan elektronis



Lampiran 2 Kode Program utama Arduino Mega 2560

```
// Pada bagian ini, library yang digunakan di-import untuk mengakses
// fungsionalitas RTC, GPS, sensor PZEM004T, komunikasi serial, dan Timer.
#include <Wire.h>
#include "RTCLib.h"
#include <SoftwareSerial.h>
#include <TinyGPS++.h>
#include <PZEM004Tv30.h>
```

```

#include <ModbusMaster.h>
#include <TimerOne.h>

// Inisialisasi objek GPS
TinyGPSPlus gps;

// Inisialisasi komunikasi serial untuk node dengan pin 2 dan 3
SoftwareSerial serial_node(2, 3); //RX TX

// Definisi serial dan alamat untuk sensor PZEM004T
#define PZEM_SERIAL Serial2
#define NUM_PZEMS 3
PZEM004Tv30 pzems[] = {
    PZEM004Tv30(&Serial2, 0x10),
    PZEM004Tv30(&Serial2, 0x11),
    PZEM004Tv30(&Serial2, 0x12)};

// Inisialisasi RTC (Real Time Clock)
RTC_DS3231 rtc;
char daysOfTheWeek[7][12] = {"Minggu", "Senin", "Selasa", "Rabu", "Kamis",
    "Jumat", "Sabtu"};
#define detik now.second()
#define menit now.minute()
#define jam now.hour()
#define tanggal now.day()
#define hari daysOfTheWeek[now.dayOfTheWeek()]
#define bulan now.month()
#define tahun now.year()

// Variabel untuk koordinat GPS dan parameter dari sensor PZEM004T
double x, y;
float current, power, energy, pf;
int voltage, frequency;
bool state1 = false;
bool state2 = false;
bool state3 = false;

// Inisialisasi pin untuk lampu indikator
int lampgrn = 51;
int lampylw = 49;
int lampred = 47;

// Variabel untuk logika kontrol dan waktu
int count;
bool green = false;
bool yellow = false;

```

```

bool red = false;
float voltage1, current1, power1, energy1, frequency1, pf1;
float voltage2, current2, power2, energy2, frequency2, pf2;
float voltage3, current3, power3, energy3, frequency3, pf3;
unsigned long currentTime;
unsigned long prevTime;
int time_run = 1000;
bool stateG = false;
bool stateY = false;
bool stateR = false;

void setup() {
  // Inisialisasi komunikasi serial dan RTC
  Serial.begin(115200);
  Serial1.begin(9600); //GSM
  Serial3.begin(9600); //GPS
  serial_node.begin(9600);
  Wire.begin();
  rtc.begin();

  // Set pin lampu sebagai output dan nyalakan lampu
  pinMode(lampgrn, OUTPUT);
  pinMode(lampylw, OUTPUT);
  pinMode(lampred, OUTPUT);
  digitalWrite(lampgrn, HIGH);
  digitalWrite(lampylw, HIGH);
  digitalWrite(lampred, HIGH);

  // Inisialisasi Timer untuk cekGPS
  Timer1.initialize(1000);
  Timer1.attachInterrupt(cekGPS);

  // Inisialisasi sensor PZEM dengan alamat masing-masing
  for(int i = 0; i < NUM_PZEMS; i++) {
    pzems[i] = PZEM004Tv30(PZEM_SERIAL, 0x10 + i);
  }

  // Periksa apakah RTC bekerja dengan baik
  if (! rtc.begin()) {
    Serial.println("Couldn't find RTC");
    while (1);
  }
  if (! rtc.lostPower()) {
    Serial.println("RTC lost power, lets set the time!");
    // setting otomatis sesuai waktu program dicompile
    // rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
  }
}

```

```

    // setting manual
    // January 21, 2014 at 3am you would call:
    //rtc.adjust(DateTime(2021, 12, 30, 22, 12, 0));
  }
  // rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
}

void loop() {
  // Membaca waktu dari RTC
  DateTime now = rtc.now();
  Serial.print(hari);
  Serial.print(", ");
  Serial.print(jam, DEC);
  Serial.print(":");
  Serial.print(menit, DEC);
  Serial.print(":");
  Serial.print(detik, DEC);
  Serial.println(" ");
  Serial.print(x, 6);
  Serial.print(" ");
  Serial.println(y, 6);

  // Membaca dan menampilkan nilai dari sensor PZEM004t
  voltage1 = pzems[0].voltage();
  current1 = pzems[0].current();
  power1 = pzems[0].power();
  Serial.print("Voltage1:
");      Serial.print(voltage1);      Serial.println("V");
  Serial.print("Current1:
");      Serial.print(current1);      Serial.println("A");
  Serial.print("Power1:
");      Serial.print(power1);      Serial.println("W");
  Serial.println(" -----");
  voltage2 = pzems[1].voltage();
  current2 = pzems[1].current();
  power2 = pzems[1].power();
  Serial.print("Voltage2:
");      Serial.print(voltage2);      Serial.println("V");
  Serial.print("Current2:
");      Serial.print(current2);      Serial.println("A");
  Serial.print("Power2:
");      Serial.print(power2);      Serial.println("W");
  Serial.println(" -----");
  voltage3 = pzems[2].voltage();
  current3 = pzems[2].current();
  power3 = pzems[2].power();

```

```

    Serial.print("Voltage3:
");      Serial.print(voltage3);      Serial.println("V");
    Serial.print("Current3:
");      Serial.print(current3);      Serial.println("A");
    Serial.print("Power3:
");      Serial.print(power3);      Serial.println("W");
    Serial.println(" -----");

    // Kirim data ke nodemcu ESP8266 setiap satu detik
    currentTime = millis();
    if (currentTime - prevTime >= time_run) {
        prevTime = currentTime;
        count++;
        if (count > 59) {
            count = 0;
        }

        // Kirim data ke nodemcuESP8266 melalui komunikasi serial
        serial_node.print(voltage1);
        serial_node.print("A");
        serial_node.print(current1);
        serial_node.print("B");
        serial_node.print(power1);
        serial_node.print("C");
        serial_node.print(voltage2);
        serial_node.print("D");
        serial_node.print(current2);
        serial_node.print("E");
        serial_node.print(power2);
        serial_node.print("F");
        serial_node.print(voltage3);
        serial_node.print("G");
        serial_node.print(current3);
        serial_node.print("H");
        serial_node.print(power3);
        serial_node.print("I");
        serial_node.print(state1);
        serial_node.print("J");
        serial_node.print(state2);
        serial_node.print("K");
        serial_node.print(state3);
        serial_node.print("L");
        serial_node.print(count);
        serial_node.print("M");
        serial_node.print("\n");
    }

```

```

// Logika mengontrol lampu indikator berdasarkan waktu dan status power
if (count >= 0 && count < 30) {
    state2 = false;
    digitalWrite(lampgrn, LOW);
    digitalWrite(lampylw, HIGH);
    digitalWrite(lampred, HIGH);
    if (power1 > 0 && state1 == false) {
        state1 = true;
    }
    if (power1 == 0 && state1 == false && count >= 29) {
        state1 = true;
    }
    if (power1 <= 0 && state1 == true) {
        state1 = false;
        sendSMSawal();
        Serial1.println("Lampu Hijau Padam di posisi...!!!");
        sendSMSakhir();
    }
}

if (count >= 30 && count < 35) {
    state3 = false;
    digitalWrite(lampgrn, HIGH);
    digitalWrite(lampylw, LOW);
    digitalWrite(lampred, HIGH);
    if (power2 > 0 && state2 == false) {
        state2 = true;
    }
    if (power2 == 0 && state2 == false && count >= 34) {
        state2 = true;
    }
    if (power2 <= 0 && state2 == true) {
        state2 = false;
        sendSMSawal();
        Serial1.println("Lampu Kuning Padam di posisi...!!!");
        sendSMSakhir();
    }
}

if (count >= 35 && count < 59) {
    state1 = false;
    digitalWrite(lampgrn, HIGH);
    digitalWrite(lampylw, HIGH);
    digitalWrite(lampred, LOW);
    if (power3 > 0 && state3 == false) {
        state3 = true;
    }
    if (power3 == 0 && state3 == false && count >= 58) {

```

```

        state3 = true;
    }
    if (power3 <= 0 && state3 == true) {
        state3 = false;
        sendSMSawal();
        Serial1.println("Lampu Merah Padam di posisi...!!!");
        sendSMSakhir();
    }
}
// delay(2000);
}

// Fungsi untuk mengirim SMS awal
void sendSMSawal() {
    DateTime now = rtc.now();
    Serial1.print("\r");
    delay(200);
    Serial1.print("AT+CMGF=1\r");
    delay(200);
    Serial1.print("AT+CMGS=\"" + 62895635425201 + "\r"); //082245411586
    //+62895635425201
    delay(200);
    //The text of the message to be sent.
    Serial1.print(hari);
    Serial1.print(", ");
    Serial1.print(jam, DEC);
    Serial1.print(":");
    Serial1.print(menit, DEC);
    Serial1.print(":");
    Serial1.print(detik, DEC);
    Serial1.println(" ");
}

// Fungsi untuk mengirim SMS akhir
void sendSMSakhir() {
    Serial1.print("https://www.google.com/maps/place/");
    Serial1.print(x, 6);
    Serial1.print(",");
    Serial1.println(y, 6);
    delay(200);
    Serial1.write(0x1A);
    delay(200);
}

// Fungsi untuk mengecek GPS
void cekGPS() {

```

```

    if (Serial3.available() > 0) {
        if (gps.encode(Serial3.read())) {
            if(gps.location.isValid()) {
                x = gps.location.lat();
                y = gps.location.lng();
            }
            // else {
            //     Serial.println(F("INVALID"));
            // }
        }
    }
}

// Fungsi untuk membaca data dari sensor PZEM004t
void read_pzem() {
    for(int i = 0; i < NUM_PZEMS; i++) {
        // Menampilkan alamat PZEM004t
        Serial.print("PZEM ");
        Serial.print(i);
        Serial.print(" - Address:");
        Serial.println(pzems[i].getAddress(), HEX);
        Serial.println("=====");
        // Membaca data dari sensor PZEM004t
        float voltage = pzems[i].voltage();
        float current = pzems[i].current();
        float power = pzems[i].power();
        float energy = pzems[i].energy();
        float frequency = pzems[i].frequency();
        float pf = pzems[i].pf();
        if (i == 0) {
            voltage1 = pzems[i].voltage();
            current1 = pzems[i].current();
            power1 = pzems[i].power();
            Serial.print("Voltage1:
");          Serial.print(voltage1);          Serial.println("V");
            Serial.print("Current1:
");          Serial.print(current1);          Serial.println("A");
            Serial.print("Power1:
");          Serial.print(power1);          Serial.println("W");
            Serial.println(" -----");
        }
        if (i == 1) {
            voltage2 = pzems[i].voltage();
            current2 = pzems[i].current();
            power2 = pzems[i].power();

```

```

        Serial.print("Voltage2:
");      Serial.print(voltage2);      Serial.println("V");
        Serial.print("Current2:
");      Serial.print(current2);      Serial.println("A");
        Serial.print("Power2:
");      Serial.print(power2);      Serial.println("W");
        Serial.println(" -----");
    }
    if (i == 2) {
        voltage3 = pzems[i].voltage();
        current3 = pzems[i].current();
        power3 = pzems[i].power();
        Serial.print("Voltage3:
");      Serial.print(voltage3);      Serial.println("V");
        Serial.print("Current3:
");      Serial.print(current3);      Serial.println("A");
        Serial.print("Power3:
");      Serial.print(power3);      Serial.println("W");
        Serial.println(" -----");
    }
    // Periksa apakah data yang diinput valid
    if (isnan(voltage)){
        Serial.println("Error reading voltage");
    } else if (isnan(current)) {
        Serial.println("Error reading current");
    } else if (isnan(power)) {
        Serial.println("Error reading power");
    } else if (isnan(energy)) {
        Serial.println("Error reading energy");
    } else if (isnan(frequency)) {
        Serial.println("Error reading frequency");
    } else if (isnan(pf)) {
        Serial.println("Error reading power factor");
    } else {
        // // Menampilkan nilai arus, voltase dan daya ke Serial
        Serial.print("Voltage:
");      Serial.print(voltage);      Serial.println("V");
        Serial.print("Current:
");      Serial.print(current);      Serial.println("A");
        Serial.print("Power:
");      Serial.print(power);      Serial.println("W");
        Serial.print("Energy:
");      Serial.print(energy,3);      Serial.println("kWh");
        Serial.print("Frequency: ");    Serial.print(frequency, 1);
        Serial.println("Hz");
        Serial.print("PF: ");          Serial.println(pf);
    }
}

```

```

    }
    Serial.println(" -----");
    Serial.println();
  }
}

```

Lampiran 3 Kode Program ESP8266 ke Blynk

```

// Mendefinisikan ID template Blynk, nama, dan token autentikasi
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6emqXBzMp"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "iot traffic light"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "H1MuhRyTQ1VRjOBCATYVM7z3j1zL1JRF"

// Menyertakan pustaka yang diperlukan
#define BLYNK_PRINT Serial
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>

// Inisialisasi timer Blynk
BlynkTimer timer;

// Mendefinisikan kredensial WiFi (Username yang terhubung & Password)
//char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN;
//char ssid[] = "EXOR_GATE246";
//char pass[] = "CoreRules279";
char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN;
char ssid[] = "Traffic Light IoT";
char pass[] = "Koneksi123";

// Inisialisasi SoftwareSerial untuk komunikasi dengan perangkat lain
SoftwareSerial serialtoESP(D2, D1); // RX, TX

// Mendefinisikan pin untuk LED status WiFi
int ledwifi = D4;

// Variabel untuk menyimpan data yang masuk
char Info;
String voltage1;
String current1;
String power1;
String voltage2;
String current2;
String power2;
String voltage3;
String current3;

```

```

String power3;
String state1;
String state2;
String state3;
String count;
char c;
String dataIn;
int8_t indexA, indexB, indexC, indexD, indexE, indexF;
int8_t indexG, indexH, indexI, indexJ, indexK, indexL, indexM;
float voltageint1;
float voltageint2;
float voltageint3;
float currentint1;
float currentint2;
float currentint3;
float powerint1;
float powerint2;
float powerint3;
int stateint1, stateint2, stateint3;
int countint;
void setup() {
    // Konfigurasi awal yang dijalankan satu kali jalan
    Serial.begin(9600);
    serialtoESP.begin(9600);
    delay(100);

    // Mengatur pin LED WiFi sebagai output
    pinMode(ledwifi, OUTPUT);

    // Menyalakan LED WiFi untuk menunjukkan proses koneksi
    digitalWrite(ledwifi, HIGH);
    Serial.println("connecting...");
    Blynk.begin(auth, ssid, pass);
    digitalWrite(ledwifi, LOW);
    Serial.println("connected");
}
void loop() {
    // Kode utama yang dijalankan berulang-ulang
    Blynk.run();

    // Membaca data dari serial
    while (serialtoESP.available() > 0) {
        c = serialtoESP.read();
        if (c == '\n') {
            break;
        }
    }
}

```

```

    else {
        dataIn += c;
    }
}

// Jika data lengkap telah diterima
if (c == '\n') {
    ParseData(); // Memanggil fungsi untuk parsing/konversi data

    // Menampilkan data yang diterima ke Serial Monitor
    Serial.print(voltage1);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(current1);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(power1);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(voltage2);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(current2);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(power2);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(voltage3);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(current3);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(power3);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(state1);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(state2);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(state3);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(count);
    Serial.println();

    // Mengonversi string data ke tipe numerik
    voltageint1 = voltage1.toFloat();
    powerint1 = power1.toFloat();
    powerint2 = power2.toFloat();
    powerint3 = power3.toFloat();
    stateint1 = state1.toInt();
    stateint2 = state2.toInt();
    stateint3 = state3.toInt();
    countint = count.toInt();
}

```

```

// Logika kondisi berdasarkan nilai count dan power
if (countint >= 2 && countint < 30) {
    if (powerint1 == 0.000 && powerint2 == 0.000 && powerint3 == 0.000) {
        Blynk.logEvent("notif_hijau");
    }
}
if (countint >= 32 && countint < 35) {
    if (powerint1 == 0.000 && powerint2 == 0.000 && powerint3 == 0.000) {
        Blynk.logEvent("notif_kuning");
    }
}
if (countint >= 37 && countint < 59) {
    if (powerint1 == 0.000 && powerint2 == 0.000 && powerint3 == 0.000) {
        Blynk.logEvent("notif_merah");
    }
}

// Mengirim data ke widget virtual Blynk
Blynk.virtualWrite(V0, voltage1);
Blynk.virtualWrite(V1, current1);
Blynk.virtualWrite(V2, current2);
Blynk.virtualWrite(V3, current3);
Blynk.virtualWrite(V4, power1);
Blynk.virtualWrite(V5, power2);
Blynk.virtualWrite(V6, power3);

// Reset variabel untuk iterasi berikutnya
c = 0;
dataIn = "";
}
}
void ParseData() {
    // Memparsing/konversi data yang diterima menjadi variabel terpisah
    indexA = dataIn.indexOf("A");
    indexB = dataIn.indexOf("B");
    indexC = dataIn.indexOf("C");
    indexD = dataIn.indexOf("D");
    indexE = dataIn.indexOf("E");
    indexF = dataIn.indexOf("F");
    indexG = dataIn.indexOf("G");
    indexH = dataIn.indexOf("H");
    indexI = dataIn.indexOf("I");
    indexJ = dataIn.indexOf("J");
    indexK = dataIn.indexOf("K");
    indexL = dataIn.indexOf("L");
}

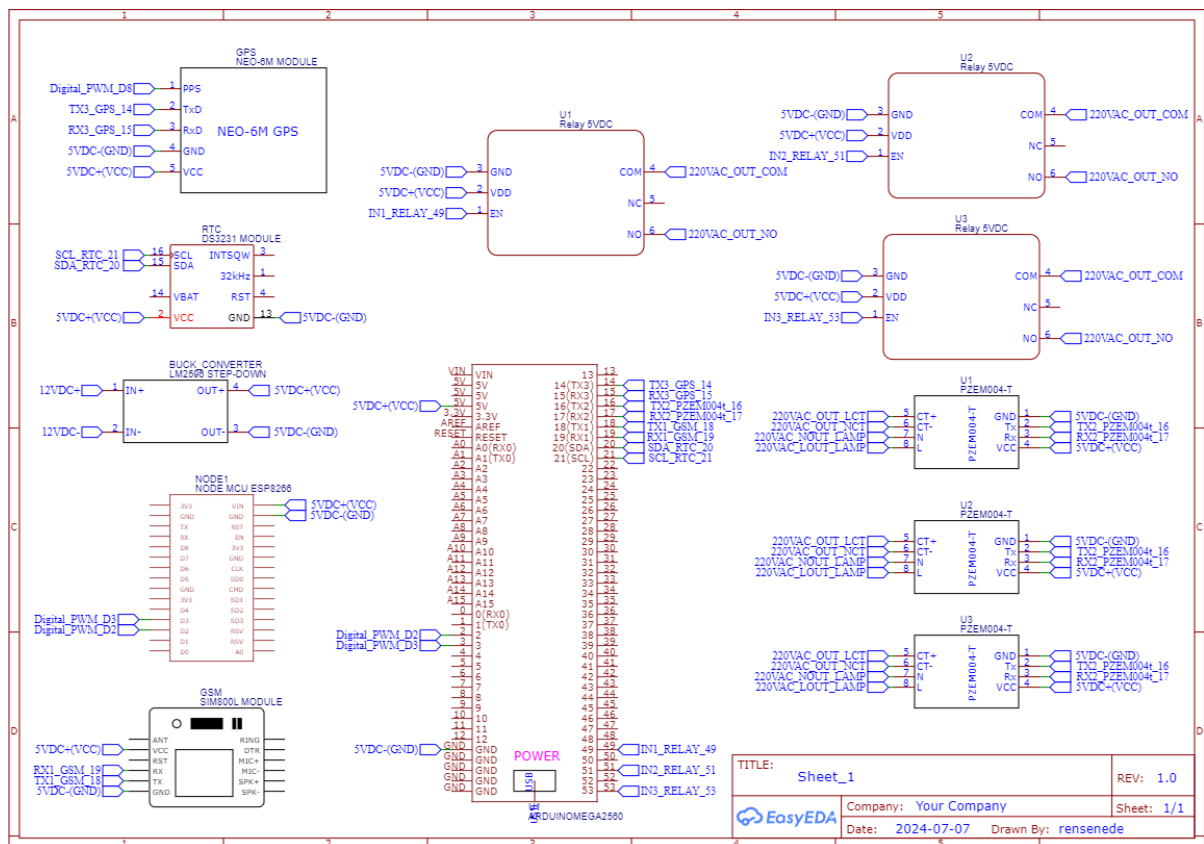
```

```

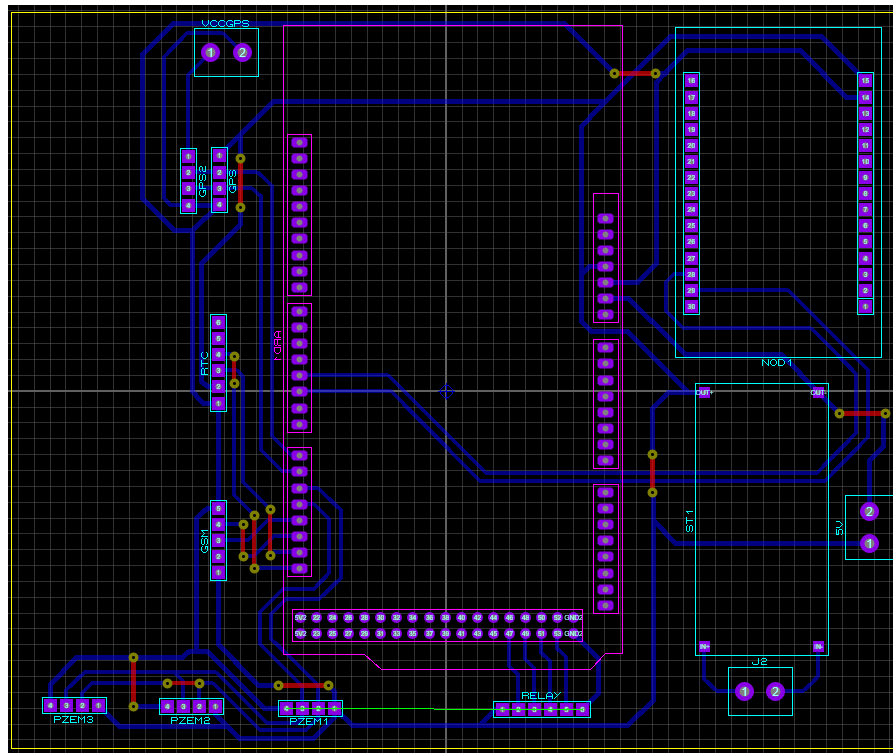
indexM = dataIn.indexOf("M");
voltage1 = dataIn.substring(0, indexA);
current1 = dataIn.substring(indexA+1, indexB);
power1 = dataIn.substring(indexB+1, indexC);
voltage2 = dataIn.substring(indexC+1, indexD);
current2 = dataIn.substring(indexD+1, indexE);
power2 = dataIn.substring(indexE+1, indexF);
voltage3 = dataIn.substring(indexF+1, indexG);
current3 = dataIn.substring(indexG+1, indexH);
power3 = dataIn.substring(indexH+1, indexI);
state1 = dataIn.substring(indexI+1, indexJ);
state2 = dataIn.substring(indexJ+1, indexK);
state3 = dataIn.substring(indexK+1, indexL);
count = dataIn.substring(indexL+1, indexM);
}

```

- Skematik elektronik keseluruhan



Lampiran 4. Skematik sistem TrafficEase IoT

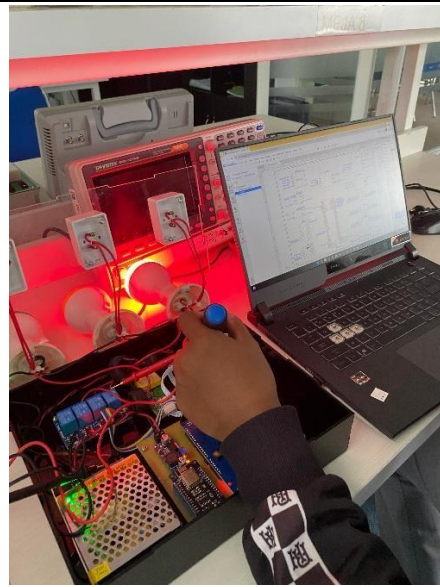


Lampiran 5 Skematik PCB sistem TrafficEase IoT

- Foto-foto proses pengerjaan



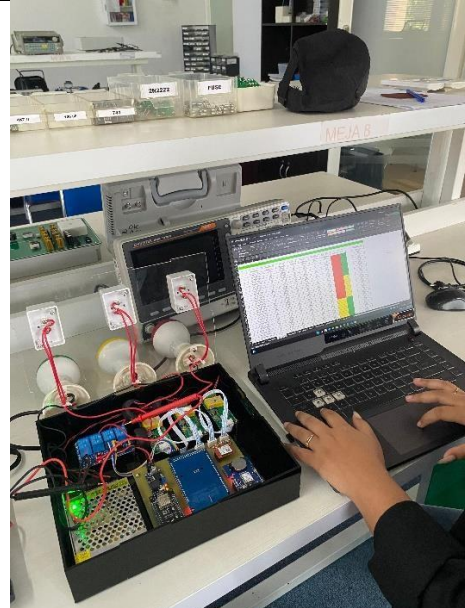
Lampiran 6 Pemasangan TrafficEase IoT ke wadah



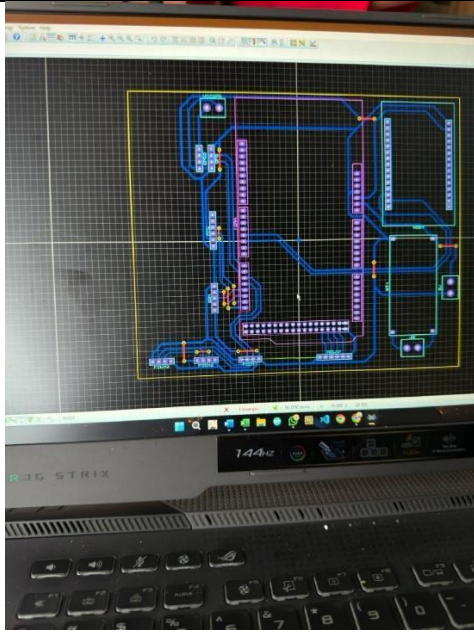
Lampiran 7 pengecekan TrafficEase IoT menggunakan PenTester



Lampiran 8 Pengujian parameter pada TrafficEase IoT



Lampiran 9 Pengujian data parameter dan memasukkannya ke laporan sementara



Lampiran 10. Skema perancangan desain PCB menggunakan Software Proteus



Lampiran 11. Sampel pengujian arus pada TrafficEase IoT

- Dokumentasi keuangan (tabel excelnya saja, tidak perlu nota dsb)

No	Jenis Pengeluaran	Kuantitas	Harga Satuan	Total Harga
1	ArduinoMega 2560	1	Rp 300,000.00	Rp 300,000.00
2	Sensor PZEM004t	3	Rp 100,000.00	Rp 300,000.00
3	Regulator LM2596	1	Rp 12,500.00	Rp 12,500.00
4	ESP8266 WiFi	1	Rp 54,000.00	Rp 54,000.00
5	SIM 800I	1	Rp 55,000.00	Rp 55,000.00
6	Ublox Neo-6m GPS	1	Rp 71,000.00	Rp 71,000.00
7	DS3231 RTC	1	Rp 40,500.00	Rp 40,500.00
8	Relay 4 Channel	1	Rp 33,000.00	Rp 33,000.00
9	Lampu LED 15 Watt	3	Rp 10,000.00	Rp 30,000.00
10	Saklar lampu	3	Rp 3,000.00	Rp 9,000.00
11	Papan PCB	2	Rp 10,000.00	Rp 20,000.00
12	Kabel Pita 4 Pin	2	Rp 3,500.00	Rp 7,000.00
13	Kabel AC Cord	1	Rp 5,000.00	Rp 5,000.00
14	Kabel listrik 5m	1	Rp 10,000.00	Rp 10,000.00
15	Cetak Aryclic	1	Rp 100,000.00	Rp 100,000.00
16	Langganan Blynk	2	Rp 112,000.00	Rp 224,000.00
Total Harga				Rp 1,271,000.00