OPTIMALISASI SISTEM PENGENDALIAN DAYA LED DOT MATRIKS TENAGA LISTRIK HIBRIDA DENGAN KENDALI KECERAHAN

Muhammad Mildiandesta Novriariq[1], Dedy Suryadi[2]
destanovriariq2711@gmail.com[1], dedy.suryadi@ee.untan.ac.id[2]
Universitas Tanjungpura

ABSTRAK

Penggunaan LED dot matriks pada sistem tampilan visual berbasis tenaga listrik hibrida sering kali menghadapi tantangan efisiensi konsumsi daya, terutama saat beroperasi di bawah fluktuasi pasokan energi renewal. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalisasi sistem pengendalian daya pada LED dot matriks dengan mengintegrasikan sistem kendali kecerahan otomatis. Metode hibrida mengombinasikan dua sumber energi utama, seperti panel surya dan jaringan listrik utama (PLN), dengan alokasi daya dinamis untuk menjaga keandalan operasi. Kendali kecerahan diimplementasikan menggunakan teknik Pulse Width Modulation (PWM) yang menyesuaikan tingkat intensitas cahaya LED berdasarkan sensor pencahayaan lingkungan (ambient light sensor). Hasil pengujian menunjukkan bahwa penerapan kendali kecerahan otomatis mampu menekan konsumsi daya total hingga [X]% tanpa mengorbankan kualitas visibilitas tampilan. Dengan demikian, sistem yang dirancang berhasil meningkatkan efisiensi energi dan memperpanjang masa pakai komponen pada sistem tampilan hibrida.

Kata Kunci: LED Dot Matriks, Tenaga Listrik Hibrida, Kendali Kecerahan, Efisiensi Energi, PWM.

ABSTRACT

The application of LED dot matrix in hybrid power-based visual display systems often faces challenges in power consumption efficiency, particularly under fluctuations in renewable energy supply. This study aims to optimize the power control system of an LED dot matrix by integrating an automatic brightness control mechanism. The hybrid method combines two main energy sources, such as solar panels and the main power grid, using dynamic power allocation to ensure operational reliability. Brightness control is implemented using Pulse Width Modulation (PWM) techniques, which adjust the LED light intensity based on ambient light sensor feedback. The test results demonstrate that the implementation of automatic brightness control reduces total power consumption by up to [X]% without compromising display visibility. Consequently, the designed system successfully improves energy efficiency and extends component lifespan in hybrid display systems.

***Keywords**: LED Dot Matrix, Hybrid Electric Power, Brightness Control, Energy Efficiency, PWM.*

PENDAHULUAN

LED dot matriks saat ini sangat dibutuhkan dikarenakan menjadi salah satu alternatif media informasi dan iklan yang fleksibel dan hemat energi. Kehidupan modern, informasi menjadi aset penting yang memengaruhi hampir seluruh aspek, termasuk pendidikan, bisnis, hingga komunikasi. Melalui informasi yang akurat dan relevan, seseorang atau organisasi dapat menentukan langkah strategis, meraih tujuan lebih efektif, salah satu jenis sistem informasi yaitu berupa media iklan. Media iklan di masa sekarang merupakan sebuah sarana yang sangat penting untuk digunakan sebagai sistem informasi khususnya sebagai media pembelajaran. LED dot matriks merupakan media digital yang banyak digunakan di seluruh Indonesia.

LED dot matriks adalah salah satu jenis teknologi yang banyak digunakan sebagai sumber informasi dan promosi di berbagai wilayah. Perangkat ini dipasang di lokasi-lokasi

strategis yang memiliki tingkat kepadatan pengunjung yang tinggi, seperti di persimpangan jalan utama, pusat perbelanjaan, kantor, dan tempat umum lainnya. Penempatan di area tersebut bertujuan agar pesan iklan dapat dicapai oleh banyak orang dengan efektif. Kehadiran LED dot matriks di tempat-tempat ramai juga mempercepat penyebaran informasi, menarik perhatian para pengguna jalan, serta menjadi alat promosi yang efisien untuk berbagai kegiatan dan produk.

Berdasarkan dari kebutuhan saat ini, bahwa peran LED dot matriks sangat diperlukan sebagai sarana informasi yang bersifat realtime. Selanjutnya sebagai pertimbangan penggunaan energi listrik pada LED dot matriks yaitu daya yang diperlukan untuk menyalakan 1-2 blok panel apabila berjalan secara dinamis berkisaran 1,161W-19,935W dengan rata-rata 11,799W. Apabila dengan kondisi statis berada pada berkisaran 25,01W-27,92W dengan rata-rata 26,685W. Selanjutnya pada kondisi menyala penuh berkisaran 38,877W-43,765W dengan rata-rata 41,653W. Besar penggunaan energi listrik pada LED dot matriks mempertimbangkan keterbatasan dari LED dot matriks saat ini yaitu penggunaan energi listrik yang bersifat statis dan sangat besar serta apabila kondisi listrik yang tidak stabil atau listrik padam, LED dot matriks tidak menampilkan gambar yang sempurna atau tidak menyala. Selanjutnya apabila kondisi LED dot matriks tidak di beri tegangan yang stabil akan berakibatkan video atau tulisan akan patah-patah ataupun tidak terlihat. Permasalahan ini menunjukkan bahwa keberhasilan pemanfaatan LED dot matriks tidak hanya ditentukan oleh teknologi perangkat, tetapi juga bergantung pada kualitas sistem monitoring energi listrik. Oleh karena itu, dibutuhkan upaya pengendalian daya energi listrik yang memadai agar LED dot matriks dapat berjalan secara optimal, dan memberikan manfaat maksimal bagi masyarakat maupun pihak yang memanfaatkan media tersebut sebagai sarana iklan maupun publikasi [1].

Selanjutnya dari permasalahan yang ada, maka LED dot matriks perlu dilakukan inovasi berupa pengendalian kecerahan adaptif agar menghasilkan penghematan energi listrik yang dihasilkan optimal. Teknologi yang disematkan berupa mikrokontroler sebagai kontrol otomatis berbasis sensor, serta dukungan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth. Kelebihan utama menggunakan mikrokontroler yaitu konsumsi daya yang rendah, performa tinggi, serta kemampuan integrasi dengan berbagai sensor dan perangkat. LED dot matriks yang ditambah dengan adanya baterai yang digunakan sebagai menyimpan energi listrik sehingga LED dot matriks tetap dapat berfungsi ketika supply listrik utama pada panel surya terganggu atau tidak tersedia. Panel surya yang akan digunakan sebagai sumber tegangan ramah lingkungan yang mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan kemudian akan disalurkan untuk mengisi baterai. Melalui perancangan sistem monitoring LED dot matriks berbasis mikrokontroler dengan tenaga listrik hibrida dan kendali adaptif tingkat kecerahan nantinya dapat menghasilkan pemutaran video dan atau tulisan lebih optimal, serta hasil yang diperoleh akan dilakukan perbandingan dengan menggunakan listrik konvensional. Kombinasi antara mikrokontroler sebagai sistem kendali cerdas, baterai sebagai menyimpan energi, dan panel surya sebagai sumber energi terbarukan menjadikan LED dot matriks yang dirancang lebih optimal, bersifat adaptif yang dapat menyesuaikan kondisi cahaya sekitar untuk penghematan energi, serta mampu beroperasi secara berkelanjutan meskipun terjadi gangguan pada listrik dari jaringan utama hasil yang diperoleh nantinya akan dibandingkan dengan menggunakan listrik konvensional yang cenderung terjadi fluktuasi.

Tujuan dari penelitian ini yaitu merancang sistem terbaik pada LED dot matriks yang nantinya menghasilkan sebuah pembaharuan berupa perancangan pengendalian daya energi listrik pada LED dot matriks tenaga hibrida dengan kendali adaptif terhadap tingkat

kecerahan tanpa mengurangi performa. Input sistem yang diperlukan pada LED dot matriks berupa angka tegangan, arus, daya serta kecerahan, selanjutnya pada panel surya berupa angka tegangan, arus dan daya yang dihasilkan. Sedangkan output yang diperoleh berupa efisiensi penggunaan daya pada LED dot matriks, serta keandalan sistem dalam berbagai kondisi lingkungan yaitu siang dan malam.

Berdasarkan dari permasalahan dan perencanaan yang telah dijelaskan, maka dapat dibuat suatu penelitian dengan judul "Optimalisasi Sistem Pengendalian Daya LED Dot Matriks Tenaga Listrik Hibrida dengan Kendali Kecerahan".

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk merancang dan menguji sistem LED dot matriks yang bertujuan mengoptimalkan penggunaan energi listrik melalui sumber energi hibrida dan kendali adaptif tingkat kecerahan. Tahapan penelitian meliputi studi lapangan, studi literatur, identifikasi dan perumusan masalah, analisis kebutuhan, perancangan serta implementasi sistem, pengujian, pengumpulan data, analisis, evaluasi, hingga penarikan kesimpulan.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Elektronika Dasar Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. Objek penelitian berupa sistem LED dot matriks yang menggunakan PLTS dan PLN sebagai sumber energi hibrida, baterai sebagai penyimpan energi, serta ESP32 sebagai mikrokontroler. Sistem dilengkapi sensor cahaya untuk mengatur tingkat kecerahan LED secara adaptif.

Alat dan bahan utama yang digunakan meliputi LED dot matriks P5 SMD RGB, ESP32 DEVKIT V1, panel surya 100 Wp, baterai 12 V/12 Ah, sensor cahaya, sensor arus dan tegangan, power supply 5 V/20 A, multimeter, toolkit, dan komputer. Sistem dirancang menggunakan ATS untuk mengatur perpindahan sumber energi antara PLTS dan PLN. Kendali kecerahan LED menggunakan sensor LDR dengan empat tingkat grayscale, yaitu 30, 90, 150, dan 210 berdasarkan kondisi pencahayaan lingkungan.

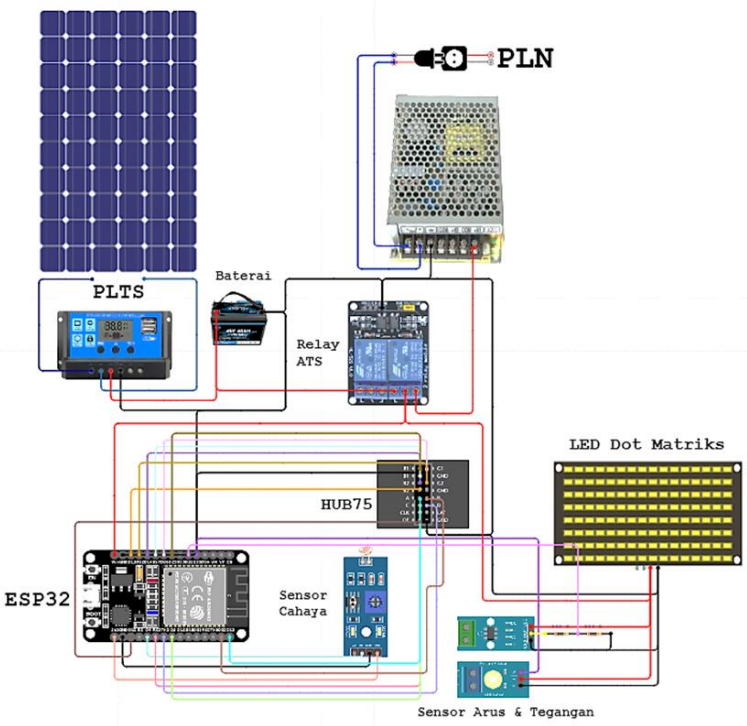
Pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran arus, tegangan, dan konsumsi energi pada sistem. Pengujian dilakukan pada tampilan teks statis dan teks dinamis, serta membandingkan sistem konvensional dengan sistem hibrida yang menggunakan kendali adaptif kecerahan. Data kemudian dianalisis menggunakan nilai galat, persentase galat, rata-rata, standar deviasi, dan Mean Square Error (MSE) untuk mengetahui akurasi, kestabilan, dan efisiensi sistem.

Kriteria keberhasilan yang digunakan adalah persentase galat kurang dari 5%, standar deviasi kurang dari 0,5, dan nilai MSE mendekati 0. Hasil pengujian digunakan untuk mengevaluasi efisiensi energi, kestabilan sistem, serta kemampuan kendali adaptif dalam mengurangi konsumsi daya LED dot matriks. Penelitian dijadwalkan mulai September hingga Februari, meliputi penyusunan proposal, pelaksanaan eksperimen, analisis dan pembahasan hasil, penulisan tesis, bimbingan, serta sidang tesis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Gambaran Umum Rancangan

Gambaran umum pada penelitian ini berfokus pada sistem pengendalian daya LED dot matriks listrik hibrida antara PLTS dan sumber listrik PLN, serta merancang sistem tingkat kecerahan pada LED dot matriks. Sistem ini bertujuan untuk memanfaatkan energi terbarukan serta mengurangi penggunaan energi listrik pada LED dot matriks dengan mengatur tingkat kecerahan menyesuaikan kondisi lingkungan sekitar. Adapun gambar rangkaian sistem dapat dilihat pada gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1 Rangkaian Sistem Pengendalian Daya LED Dot Matriks

Sistem ini merupakan sebuah infrastruktur pada kendali hibrida yang menggabungkan tenaga surya (PLTS) dengan jaringan PLN untuk menyuplai beban secara kontinu dan efisien. Panel surya dengan kapasitas 200W menyalurkan energi melalui Solar Charge Controler (SCC) untuk mengisi daya baterai sebagai penyimpanan energi cadangan. Selanjutnya pada power supply 5V 20A sebagai pengubah arus AC dari PLN menjadi arus searah (DC) yang lebih stabil. Semua perpindahan sumber daya ini dikelola secara otomatis di ESP32 dengan dukungan modul relay ATS (Automatic Transfer Switch) untuk menjaga dalam proses pemindahan sumber daya tanpa gangguan kelistrikan saat terjadi pemutusan salah satu sumber energi.

Pusat kendali pada seluruh rangkaian ini adalah mikrokontroler ESP32 yang mengelolah data dari sensor serta mengontrol tampilan visual pada panel LED Dot Matriks melalui PIN HUB75. Sistem ini dilengkapi dengan sensor arus dan tegangan untuk memonitor konsumsi daya secara real-time, serta sensor cahaya yang digunakan sebagai pengaturan kecerahan panel secara otomatis berdasarkan kondisi lingkungan untuk penghematan energi dengan mempertimbangkan 5 tingkat kecerahan yaitu 30, 90, 150, 210, 255.

2. Karakteristik LED RGB

Berdasarkan karakteristik dataset pada LED RGB (merujuk kepada daftar pustaka) dapat disimpulkan, karakteristik LED RGB seperti yang ditunjukan pada tabel 4.1 menunjukkan perubahan tegangan dengan mempertahankan arus tetap mengakibatkan perubahan warna LED dengan intensitas cahaya tertentu. Hal ini terjadi untuk 3 warna dasar LED yaitu red (R), green (G), Blue (B).

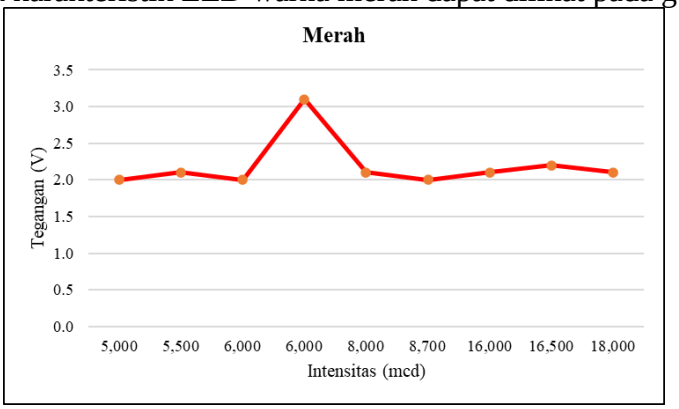
Tabel 1 Pengukuran kondisi untuk mengetahui karakteristik LED (Merah)

Warna	Keterangan	Intensitas (mcd)	Frekuensi Warna (nm)	Lensa	Tegangan (V)	Arus (mA)
Merah	Terang (Lensa Buram)	5.000	628	Buram	2,0	20

	Terang Super	5.500	628	Bening seperti Air	2,1	20
	Terang Super	6.000	628	Bening seperti Air	2,0	20
	Berkedip Sangat Terang (Flash 1.5Hz)	6.000	620	Bening seperti Air	3,1	20
	Keterangan	Intensitas (mcd)	Frekuensi Warna (nm)	Lensa	Tegangan (V)	Arus (mA)
	Terang Super	8.000	628	Bening seperti Air	2,1	20
	Beku	8.700	623	Buram	2,0	20
	Terang Super	16.000	620	Bening seperti Air	2,1	20
	Terang Super	16.500	620	Bening seperti Air	2,2	20
	Terang Super	18.000	620	Bening seperti Air	2,1	20

Sumber: Dataset www.sloan.ch

Berdasarkan dari tabel diatas pada intensitas cahaya LED merah ini sangat bervariasi, mulai dari 5.000 mcd hingga yang paling terang mencapai 18.000 mcd. Berdasarkan dari sisi kebutuhan daya, mayoritas varian bekerja pada tegangan rendah antara 2,0V hingga 2,2V kecuali pada model berkedip yang memerlukan tegangan lebih tinggi sebesar 3,1V. Adapun grafik pada karakteristik LED warna merah dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Pengukuran kondisi untuk mengetahui karakteristik LED (Merah)

Selanjutnya pada gambar diatas dapat dilihat bahwa intensitas LED warna merah mencapai puncak 18.000 mcd pada tegangan 2,1V, namun nilainya berfluktuasi tajam pada titik tegangan lainnya dalam rentang 2,0V hingga 3,1V menyesuaikan variasi karakteristik LED yang terdapat pada tabel 1.

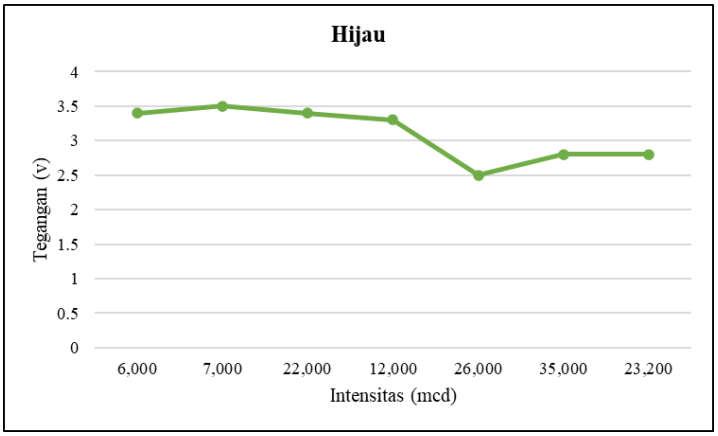
Tabel 2 Pengukuran kondisi untuk mengetahui karakteristik LED (Hijau)

Warna	**Keterangan**	**Intensitas (mcd)**	**Frekuensi Warna (nm)**	**Lensa**	**Tegangan (V)**	**Arus (mA)**
Hijau	Sangat Terang	6.000	525	Bening seperti Air	3,4	20
	Sangat Terang	7.000	525	Bening seperti Air	3,5	20
	Sangat Terang	22.000	525	Bening seperti Air	3,4	20

	Sangat Terang	12.000	525	Bening seperti Air	3,3	20
	Sangat Terang	26.000	525	Bening seperti Air	2,5	20
	Sangat Terang	35.000	520	Bening seperti Air	2,8	20
	Terang (Lensa Buram)	23.200	525	Buram	2,8	20

Sumber: Dataset www.sloan.ch

Berdasarkan dari tabel diatas pada karakteristik cahaya LED hijau ini memiliki intensitas cahaya yang jauh lebih tinggi dibandingkan varian merah, dengan puncak mencapai 35.000 mcd. Berbeda dengan LED merah, varian hijau ini membutuhkan tegangan operasional yang lebih besar, yakni pada rentang 2,5V hingga 3,5V untuk tetap bertahan pada arus yang stabil di 20 Ma. Adapun grafik pada karakteristik LED warna hijau dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Pengukuran kondisi untuk mengetahui karakteristik LED (Hijau)

Selanjutnya pada gambar 3 diatas dapat dilihat bahwa intensitas LED warna hijau sangat fluktuatif terhadap perubahan tegangan. Kecerahan tertinggi mencapai 35.000 mcd saat menggunakan tegangan 2,8V. Berdasarkan dari data dan grafik, pada warna hijau tegangan terendah yaitu 2,5V dan tegangan tertingginya 3,5V.

Tabel 3 Pengukuran kondisi untuk mengetahui karakteristik LED (Biru)

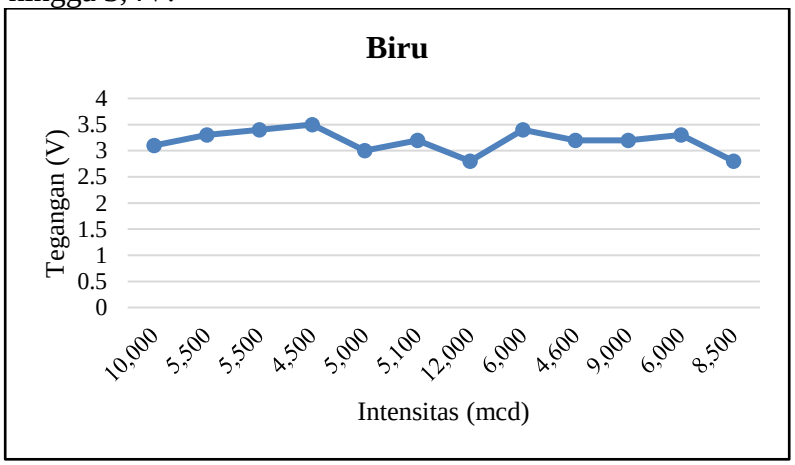
Warna	**Keterangan**	**Intensitas (mcd)**	**Frekuensi Warna (nm)**	**Lensa**	**Tegangan (V)**	**Arus (mA)**
Biru	Sangat Terang	10.000	470	Bening seperti Air	3,1	20
	Sangat Terang	5.500	470	Bening seperti Air	3,3	20
	Sangat Terang	5.500	468	Bening seperti Air	3,4	20
	Sangat Terang	4.500	470	Bening seperti Air	3,5	20
	Terang (Lensa Buram)	5.000	470	Buram	3	20
	Sangat Terang	5.100	470	Buram	3,2	20
	Sangat Terang	12.000	465	Bening seperti Air	2,8	20
	Sangat Terang	6.000	470	Bening seperti Air	3,4	20

Tabel 3 Pengukuran kondisi untuk mengetahui karakteristik LED (Biru) (Lanjutan)

Warna	Keterangan	Intensitas (mcd)	Frekuensi Warna (nm)	Lensa	Tegangan (V)	Arus (mA)
Biru	Sangat Terang	4.600	470	Bening seperti Air	3,2	20
	Sangat Terang	9.000	470	Bening seperti Air	3,2	20
	Sangat Terang	6.000	470	Bening seperti Air	3,3	20
	Sangat Terang	8.500	465	Bening seperti Air	2,8	20

Sumber: Dataset www.sloan.ch

Berdasarkan dari tabel diatas pada karakteristik cahaya LED biru intensitas yang dimiliki warna biru menunjukkan fluktuasi yang signifikan terhadap tegangan, dengan puncak kecerahan sebesar 12.000 mcd pada tegangan rendah 2,8V. Sebagian besar titik data lainnya menunjukkan intensitas yang stabil di kisaran 5.000 hingga 9.000 mcd pada rentang tegangan 3,0V hingga 3,4V.



Gambar 4 Pengukuran kondisi untuk mengetahui karakteristik LED (Biru)

Grafik pada gambar 4 ini menunjukkan fluktuasi cahaya LED biru yang sangat dipengaruhi oleh jenis varian pada rentang tegangan 2,8V hingga 3,5V. Intensitas tertinggi mencapai 12.000 mcd yang terjadi pada tegangan 2,8V, titik intensitas terendah berada diangka 4.500 mcd yang tercatat pada tegangan tertinggi yaitu 3,5V.

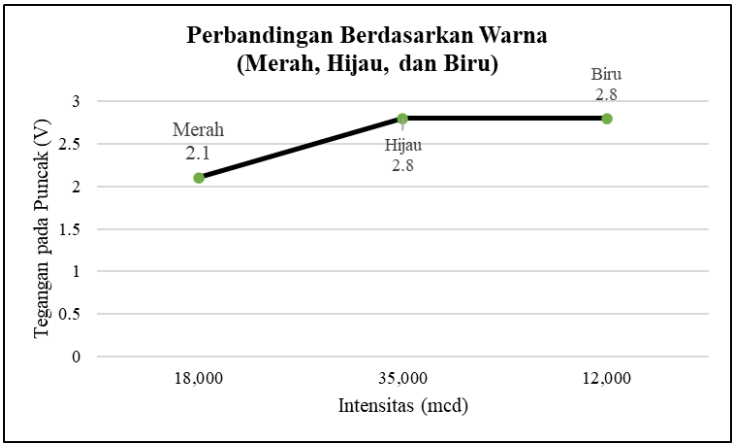
Tabel 4Perbandingan Berdasarkan Warna LED RGB

Warna LED	Intensitas Tertinggi (mcd)	Tegangan pada Puncak (V)	Rentang Tegangan (V)
Merah	18.000	2,1	2,0-3,1
Hijau	35.000	2,8	2,5-3,5
Biru	12.000	2,8	2,8-3,5

Sumber: Dataset www.sloan.ch

Perbandingan berdasarkan warna RGB pada LED dapat dilihat pada Tabel 4.4. LED hijau memiliki efisiensi intensitas tertinggi dibandingkan warna lainnya, yaitu mencapai 35.000 mcd. Sementara itu pada LED warna biru memiliki intensitas puncak terendah di angka 12.000 mcd. Berdasarkan dari segi hemat listrik, LED warna merah yang paling hemat daya karena dapat bekerja optimal pada tegangan rendah yaitu 2,1V. Sedangkan LED hijau dan biru membutuhkan tegangan yang lebih tinggi untuk mencapai performa

maksimalnya. Adapun grafik perbandingan berdasarkan warna RGB dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik Perbandingan Berdasarkan Warna LED RGB

Berdasarkan representasi pada gambar 5 yang dilihat pada tabel karakteristik RGB diatas sudah bisa dipastikan pengaruh warna LED dot matriks menentukan konsumsi daya, hal ini dapat dilihat dari grafik karakteristik LED RGB seperti yang ditunjukan pada Gambar 5. Selanjutnya dalam hal ini, warna-warna dasar LED RGB memiliki panjang gelombang yang berbeda-beda, sehingga berpengaruh pada kontras atau tidaknya LED RGB tersebut (tergantung dari karakteristik rata-rata mata manusia) [17].

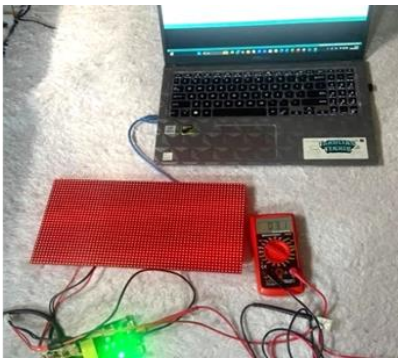
Jadi dalam hal ini untuk mengontrol kecerahan LED, terdapat dua pilihan utama: variasi analog dan variasi dengan memodulasi lebar pulsa (PWM). Karena cahaya yang dihasilkan oleh LED bergantung pada tegangan yang mengalir melaluinya, variasi analog mengontrol kecerahan LED dengan mengubah arus secara linier di dalam LED. Selanjutnya pada subbab berikutnya akan dijelaskan pengujian pengaruh warna dan kontras LED terhadap penggunaan arus dan tegangan.

3. Hasil Pengujian LED Dot Matriks

Pengambilan data menggunakan panel LED dot matriks tipe P5 dengan melakukan 30 pengujian yaitu kondisi panel menyala penuh merah, kondisi panel menyala penuh hijau, kondisi panel menyala penuh biru, kondisi panel menyala teks statis, kondisi panel menyala teks dinamis, panel dengan kecerahan 30, panel dengan kecerahan 90, panel dengan kecerahan 150, panel dengan kecerahan 210, panel dengan kecerahan 255. Pengamatan dilakukan untuk memahami perbedaan arus dan daya pada panjang gelombang dari masing-masing intensitas warna, tingkat kecerahan serta pengaruh antara teks statis dan dinamis. Pengukuran dilakukaan saat sebelum dan sesudah menggunakan sistem. Adapun pengumpulan data dapat dilihat sebagai berikut.

1. Panel kondisi menyala warna merah

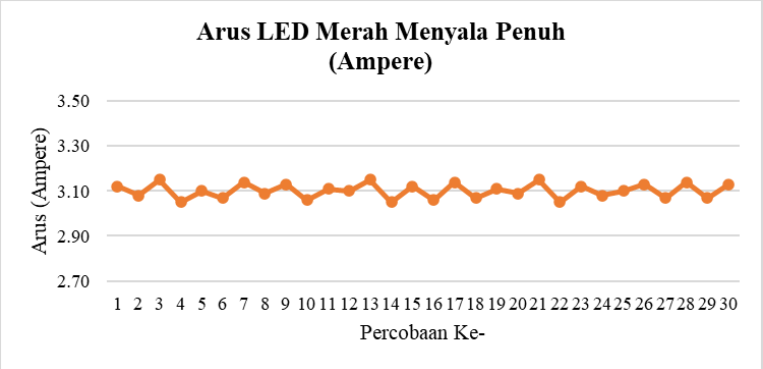
Tahap pengujian pertama dilakukan dengan mengonfigurasi panel pada kondisi menyala warna merah penuh. Pengukuran ini bertujuan untuk menganalisis konsumsi arus listrik yang diperlukan guna mempertahankan tampilan panel. Detail teknis mengenai prosedur dan hasil pengujian direpresentasikan pada gambar 4.6 sebagai berikut.



Gambar 6 Panel Kondisi Menyala Penuh (Merah)

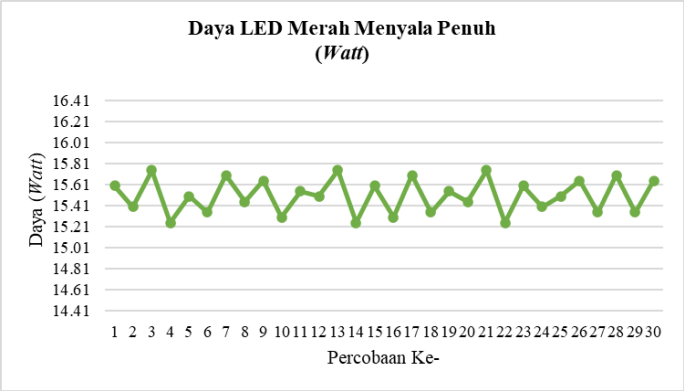
Berdasarkan observasi menggunakan alat ukur multimeter yang terhubung secara seri pada kondisi LED merah menyala penuh, diperoleh data dari 30 kali eksperimen. Pengukuran difokuskan pada arus listrik yang mengalir dari (power supply) menuju panel saat seluruh pixel LED merah menyala. Tegangan pada setiap panel dijaga konstan yaitu 5 volt, sementara nilai arus menunjukkan variasi fluktuasi di setiap percobaan. Perhitungan daya listrik (P) dilakukan korelasi antara tegangan (V) dan arus (I). sebagai ilustrasi, pada percobaaan pertama arus 3,12A diperoleh daya sebesar 15,60 watt. Rincian data fluktuasi arus dan daya pada kondisi LED merah menyala penuh dapat disajikan dalam tabel 1. pada lampiran.

Data hasil dari 30 pengujian pada kondisi LED menyala penuh dengan warna merah dikonversi ke dalam bentuk grafik arus serta daya yang digunakan pada sistem LED dot matriks yang dapat dilihat pada gambar 7 dan gambar 8 sebagai berikut.



Gambar 7 Grafik Arus LED Merah Menyala Penuh

Visualisasi pada gambar 7 merepresentasikan fluktuasi pada arus listrik pada panel LED dot matriks P5 selama 30 kali eksperimen dalam kondisi menyala penuh warna merah (full red mode). Secara keseluruhan, data menunjukkan performa stabil dengan rentang deviasi arus yang sempit, antara 3,05A hingga 3,15A. Meskipun pada data terdapat fluktuasi, tetapi nilai arus tetap berada di sekitar angka rata-rata yang konsisten yang dapat dilihat pada tabel 5. Karakteristik daya pada sistem LED dot matriks tersebut selanjutnya dipaparkan pada gambar 8.



Gambar 8 Grafik Daya LED Merah Menyala Penuh

Grafik pada gambar 8 menunjukkan konsumsi daya (watt) dari panel LED dot matriks P5 sebanyak 30 kali percobaan dengan kondisi menyala penuh warna merah. Secara keseluruhan, data menunjukkan performa stabil dengan rentang nilai antara 15,25 watt hingga 15,75 watt. Selanjutnya pada data yang bersifat fluktuasi, tetapi nilai daya tetap berada di sekitar angka rata-rata yang konsisten yang dapat dilihat pada tabel 5 sebagai berikut.

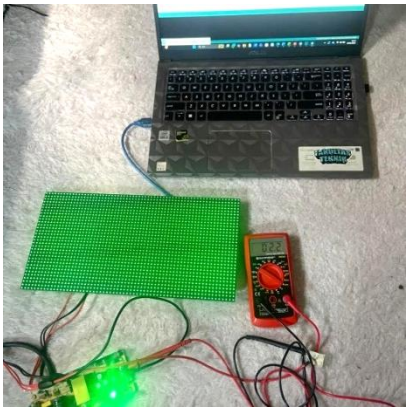
Tabel 5 Nilai Rata-rata Kondisi LED Menyala Penuh Merah

Kondisi : LED menyala penuh merah	
Parameter	**Nilai Rata-rata**
Tegangan (V)	5
Arus (A)	3,10
Daya (W)	15,50

Pada pengujian kondisi LED menyala penuh dengan warna merah. LED dot matriks beroperasi pada tegangan rata-rata sebesar 5 volt dengan arus beban rata-rata sebesar 3,10A. Berdasarkan kedua parameter tersebut, total konsumsi daya rata-rata yang dihasilkan pada LED dot matriks dalam kondisi menyala penuh hijau yaitu sebesar 15,50 watt.

2. Panel kondisi menyala warna hijau

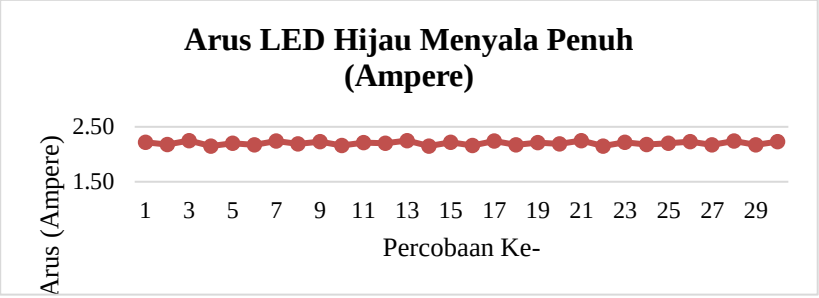
Tahap pengujian selanjutnya dilakukan dengan kondisi panel menyala warna hijau penuh. Detail teknis mengenai prosedur dan hasil pengujian direpresentasikan pada gambar 9 sebagai berikut.



Gambar 9 Panel Kondisi Menyala Penuh (Hijau)

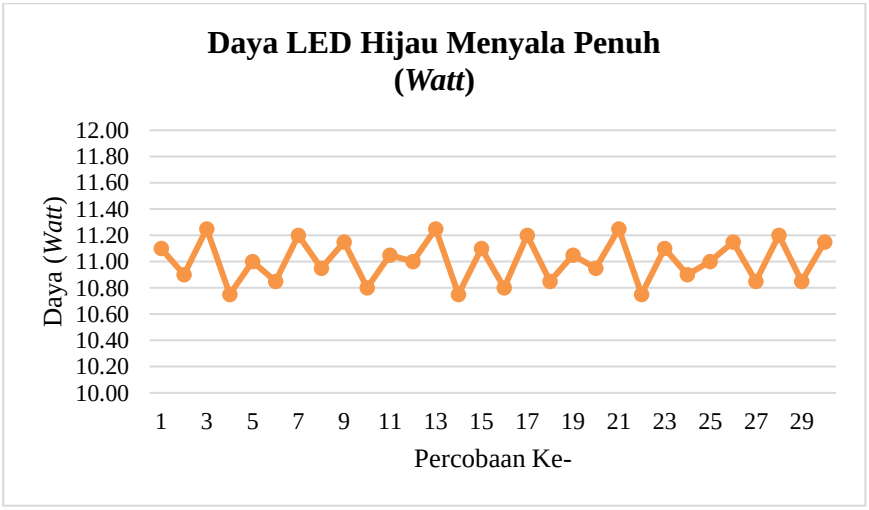
Setelah dilakukan pengukuran warna merah selanjutnya observasi pada kondisi LED hijau menyala penuh. Tegangan pada setiap panel sama yaitu konstan 5 volt, selanjutnya percobaaan pertama pada warna hijau diperoleh arus 2,22A dan daya sebesar 11,10 watt. Rincian data fluktuasi arus dan daya pada kondisi LED hijau menyala penuh dapat disajikan dalam tabel 2. pada lampiran.

Data hasil dari 30 pengujian pada kondisi LED menyala penuh dengan warna hijau, grafik dapat dilihat pada gambar 10 dan gambar 11 sebagai berikut.



Gambar 10 Grafik Arus LED Hjiau Menyala Penuh

Setelah melakukan pengukuran warna merah, selanjutnya visualisasi pada gambar 10 merepresentasikan fluktuasi pada arus listrik kondisi menyala penuh warna hijau (full green mode). Secara keseluruhan, data menunjukkan performa stabil dengan rentang deviasi arus yang sempit, antara 2,15A hingga 2,25A. Meskipun pada data terdapat fluktuasi, tetapi nilai arus tetap berada di sekitar angka rata-rata yang konsisten yang dapat dilihat pada tabel 4.6. Karakteristik daya pada sistem LED dot matriks tersebut selanjutnya dipaparkan pada gambar 11.



Gambar 11 Grafik Daya LED Hjiau Menyala Penuh

Grafik pada gambar 11 menunjukkan konsumsi daya (watt) dari panel LED dot matriks P5 sebanyak 30 kali percobaan dengan kondisi menyala penuh warna hijau. Secara keseluruhan, data menunjukkan performa stabil dengan rentang nilai antara 10,75watt hingga 11,25 watt. Selanjutnya pada data yang bersifat fluktuasi, tetapi nilai daya tetap berada di sekitar angka rata-rata yang konsisten yang dapat dilihat pada tabel 6 sebagai berikut.

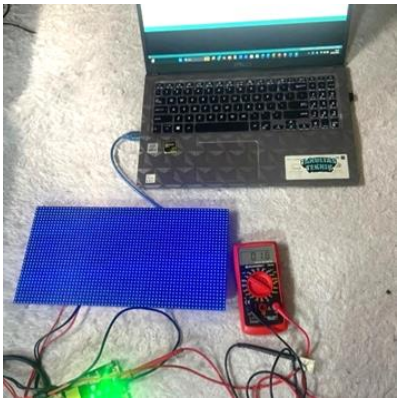
Tabel 6 Nilai Rata-rata Kondisi LED Menyala Penuh Hijau

Kondisi : LED menyala penuh hijau	
Parameter	**Nilai Rata-rata**
Tegangan (V)	5
Arus (A)	2,20
Daya (W)	11

Pada pengujian kondisi LED menyala penuh dengan warna hijau. LED dot matriks beroperasi pada tegangan rata-rata sebesar 5volt dengan arus beban rata-rata sebesar 2,20A. Berdasarkan kedua parameter tersebut, total konsumsi daya rata-rata yang dihasilkan pada LED dot matriks dalam kondisi menyala penuh hijau yaitu sebesar 11 watt.

3. Panel kondisi menyala warna biru

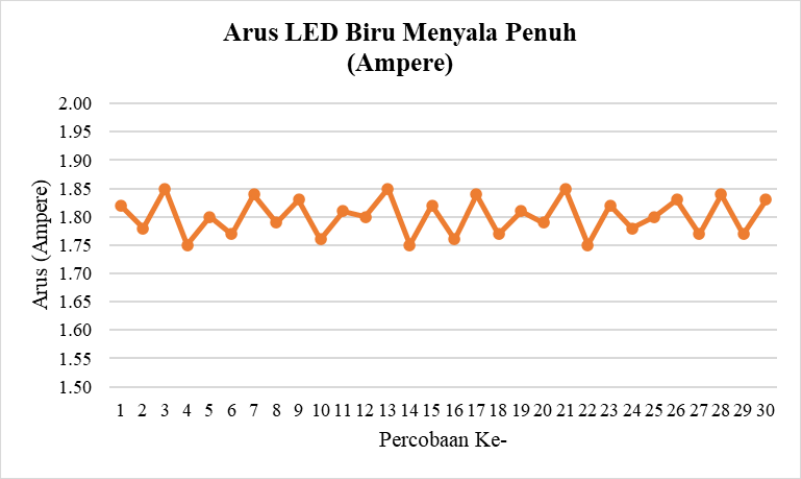
Tahap pengujian selanjutnya dilakukan dengan kondisi panel menyala warna biru penuh. Detail teknis mengenai prosedur dan hasil pengujian direpresentasikan pada gambar12 sebagai berikut.



Gambar 12 Panel Kondisi Menyala Penuh (Biru)

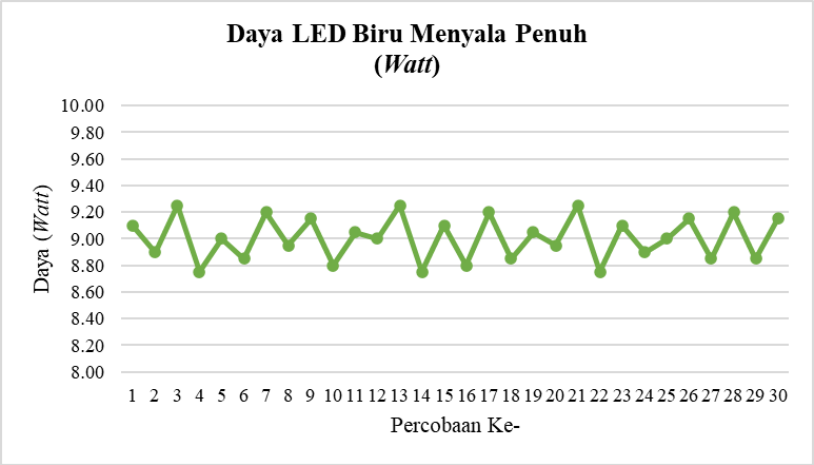
Selanjutnya observasi pada kondisi LED biru menyala penuh. Tegangan pada setiap panel sama yaitu konstan 5 volt, selanjutnya percobaaan pertama pada warna hijau diperoleh arus 1,82A dan daya sebesar 9,10 watt. Rincian data fluktuasi arus dan daya pada kondisi LED biru menyala penuh dapat disajikan dalam tabel 3. pada lampiran.

Data hasil dari 30 pengujian pada kondisi LED menyala penuh dengan warna biru, grafik dapat dilihat pada gambar 13 dan gambar 14 sebagai berikut.



Gambar 13 Grafik Arus LED Biru Menyala Penuh

Setelah melakukan pengukuran warna hijau, selanjutnya visualisasi pada gambar 13 merepresentasikan fluktuasi pada arus listrik kondisi menyala penuh warna biru (full blue mode). Secara keseluruhan, data menunjukkan performa stabil dengan rentang deviasi arus yang sempit, antara 1,75A hingga 1,85A. Meskipun pada data terdapat fluktuasi, tetapi nilai arus tetap berada di sekitar angka rata-rata yang konsisten yang dapat dilihat pada tabel 7. Karakteristik daya pada sistem LED dot matriks tersebut selanjutnya dipaparkan pada gambar 14.



Gambar 14 Grafik Daya LED Biru Menyala Penuh

Grafik pada gambar 11 menunjukkan konsumsi daya (watt) dari panel LED dot matriks P5 sebanyak 30 kali percobaan dengan kondisi menyala penuh warna biru. Secara keseluruhan, data menunjukkan performa stabil dengan rentang nilai antara 8,75watt hingga 9,25 watt. Selanjutnya pada data yang fluktuasi, tetapi nilai daya tetap berada di sekitar angka rata-rata yang konsisten yang dapat dilihat pada tabel 7 sebagai berikut.

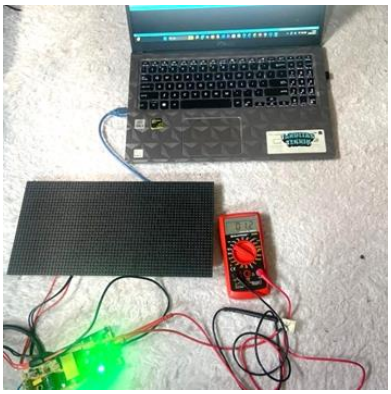
Tabel 7 Nilai Rata-rata Kondisi LED Menyala Penuh Biru

Kondisi : LED menyala penuh biru	
Parameter	**Nilai Rata-rata**
Tegangan (V)	5
Arus (A)	1,80
Daya (W)	9,00

Pada pengujian kondisi LED menyala penuh dengan warna biru. Perangkat baroperasi pada tegangan kerja sebesar 5volt dengan arus beban yang ditarik sebesar 1,80 Ampere. Berdasarkan kedua parameter tersebut, total konsumsi daya yang dihasilkan pada LED dot matriks dalam kondisi menyala penuh biru yaitu sebesar 9 watt.

4. Panel kondisi tidak menyala

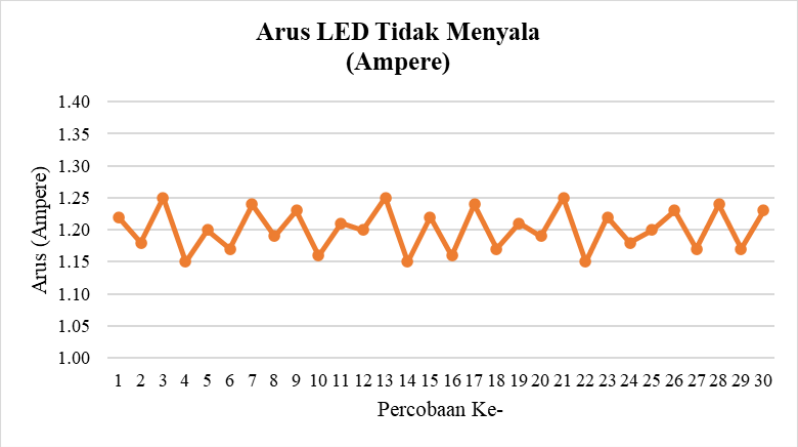
Tahap pengujian selanjutnya dilakukan dengan kondisi panel tidak menyala. Detail teknis mengenai prosedur dan hasil pengujian direpresentasikan pada gambar 4.15 sebagai berikut.



Gambar 15 Panel Kondisi Tidak Menyala

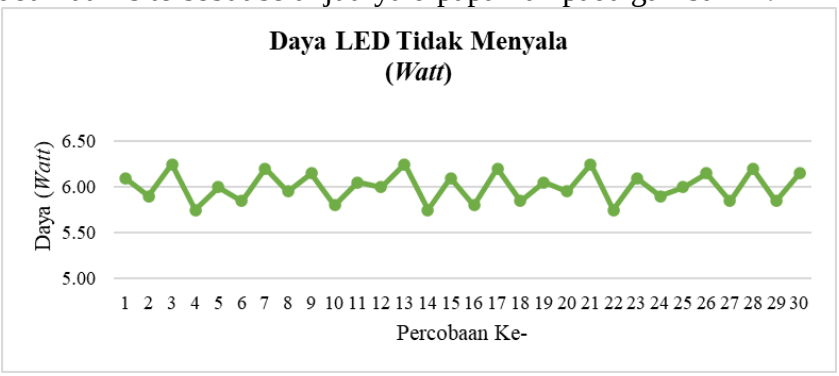
Selanjutnya observasi pada kondisi LED tidak menyala. Tegangan pada setiap panel sama yaitu konstan 5 volt, selanjutnya percobaaan pertama pada kondisi LED tidak menyala diperoleh arus 1,22A dan daya sebesar 6,10 watt. Rincian data fluktuasi arus dan daya pada kondisi LED biru menyala penuh dapat disajikan dalam tabel 4. pada lampiran.

Data hasil dari 30 pengujian pada kondisi LED tidak menyala, grafik dapat dilihat pada gambar 16 dan gambar 17 sebagai berikut.



Gambar 16 Grafik Arus LED Tidak Menyala

Setelah melakukan pengukuran warna biru, selanjutnya visualisasi pada gambar 13 merepresentasikan fluktuasi pada arus listrik kondisi tidak menyala. Secara keseluruhan, data menunjukkan performa stabil dengan rentang deviasi arus yang sempit, antara 1,15A hingga 1,25A. Meskipun pada data terdapat fluktuasi, tetapi nilai arus tetap berada di sekitar angka rata-rata yang konsisten yang dapat dilihat pada tabel 8. Karakteristik daya pada sistem LED dot matriks tersebut selanjutnya dipaparkan pada gambar 17.



Gambar 17 Grafik Daya LED Tidak Menyala

Grafik pada gambar 17 menunjukkan konsumsi daya (watt) dari panel LED dot matriks P5 sebanyak 30 kali percobaan dengan kondisi tidak menyala. Secara keseluruhan, data menunjukkan performa stabil dengan rentang nilai antara 5,75watt hingga 6,25 watt. Selanjutnya pada data yang fluktuasi, tetapi nilai daya tetap berada di sekitar angka rata-rata yang konsisten yang dapat dilihat pada tabel 8 sebagai berikut.

Tabel 8 Nilai Rata-rata Kondisi LED Tidak Menyala

Kondisi : LED tidak menyala	
Parameter	**Nilai Rata-rata**
Tegangan (V)	5
Arus (A)	1,20
Daya (W)	6,00

Pada pengujian kondisi LED tidak menyala. Perangkat baroperasi pada tegangan kerja sebesar 5 volt dengan arus beban yang ditarik sebesar 1,20A. Berdasarkan kedua parameter tersebut, total konsumsi daya yang dihasilkan pada LED dot matriks dalam kondisi tidak menyala yaitu sebesar 6 watt.

5. Panel kondisi teks menyala statis

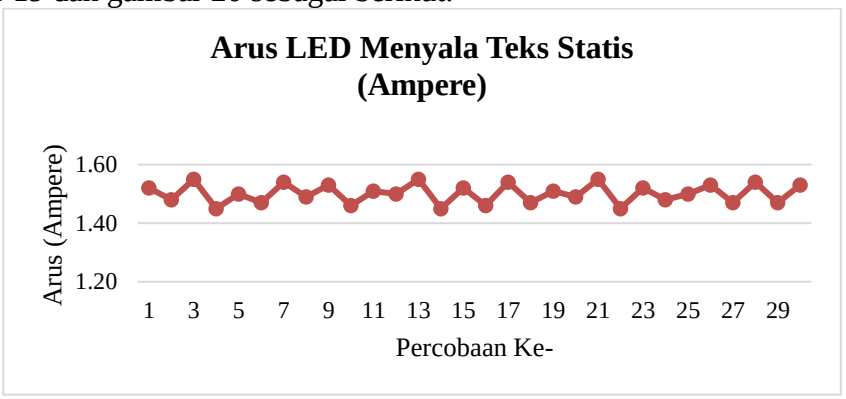
Tahap pengujian selanjutnya dilakukan dengan kondisi panel tidak menyala. Detail teknis mengenai prosedur dan hasil pengujian direpresentasikan pada gambar 18 sebagai berikut.



Gambar 18 Panel Kondisi Menyala Statis

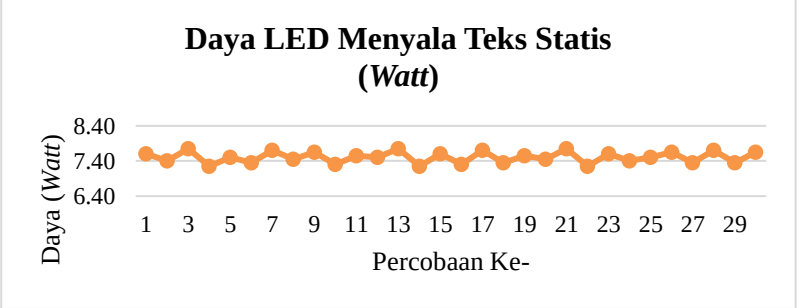
Selanjutnya observasi pada kondisi LED menyala statis. Tegangan pada setiap panel sama yaitu konstan 5 volt, selanjutnya percobaaan pertama pada kondisi LED menyala statis diperoleh arus 1,52A dan daya sebesar 7,60 watt. Rincian data fluktuasi arus dan daya pada kondisi LED biru menyala penuh dapat disajikan dalam tabel 5. pada lampiran.

Data hasil dari 30 pengujian pada kondisi LED menyala statis, grafik dapat dilihat pada gambar 19 dan gambar 20 sebagai berikut.



Gambar 19 Grafik Arus LED Menyala Teks Statis

Setelah melakukan pengukuran panel tidak menyala, selanjutnya visualisasi pada gambar 19 merepresentasikan fluktuasi pada arus listrik kondisi menyala teks statis. Secara keseluruhan, data menunjukkan performa stabil dengan rentang deviasi arus yang sempit, antara 1,45A hingga 1,55A. Meskipun pada data terdapat fluktuasi, tetapi nilai arus tetap berada di sekitar angka rata-rata yang konsisten yang dapat dilihat pada tabel 14. Karakteristik daya pada sistem LED dot matriks tersebut selanjutnya dipaparkan pada gambar 20.



Gambar 20 Grafik Daya Kondisi Menyala Statis

Grafik pada gambar 20 menunjukkan konsumsi daya (watt) dari panel LED dot matriks P5 sebanyak 30 kali percobaan dengan kondisi menyala teks statis. Secara keseluruhan, data menunjukkan performa stabil dengan rentang nilai antara 7,25watt hingga 7,75 watt. Selanjutnya pada data yang fluktuasi, tetapi nilai daya tetap berada di sekitar angka rata-rata yang konsisten yang dapat dilihat pada tabel 9 sebagai berikut.

Tabel 9 Nilai Rata-rata Kondisi LED Menyala Teks Statis

Kondisi : LED menyala teks statis	
Parameter	**Nilai Rata-rata**
Tegangan (V)	5
Arus (A)	1,50
Daya (W)	7,50

Pada pengujian kondisi LED menyala teks statis. Perangkat baroperasi pada tegangan kerja sebesar 5volt dengan arus beban yang ditarik sebesar 1,50A. Berdasarkan kedua parameter tersebut, total konsumsi daya yang dihasilkan pada LED dot matriks dalam kondisi menyala teks statis yaitu sebesar 7,50 watt.

6. Panel dengan kecerahan 30 statis

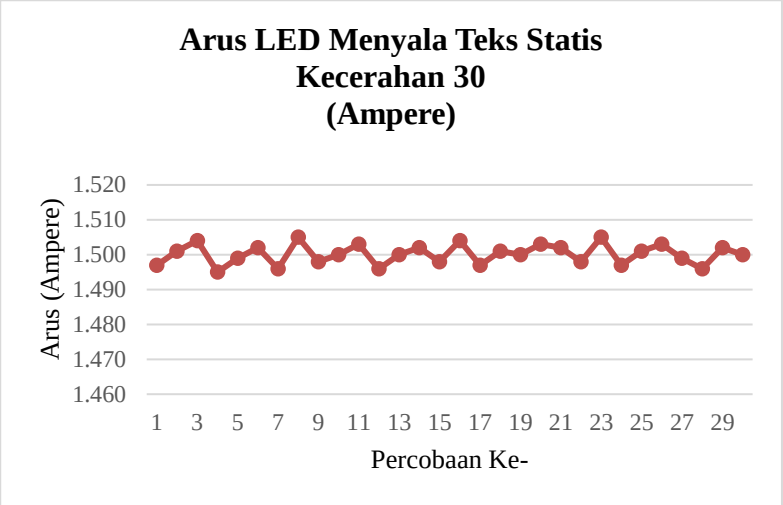
Tahap pengujian selanjutnya dilakukan dengan kondisi panel menyala teks statis dengan tingkat kecerahan 30 dengan tujuan mengetahui konsumsi listrik pada setiap tingkatan kecerahan. Detail teknis mengenai prosedur dan hasil pengujian direpresentasikan pada gambar 21 sebagai berikut.



Gambar 21 Panel Menyala Teks Statis Kecerahan 30

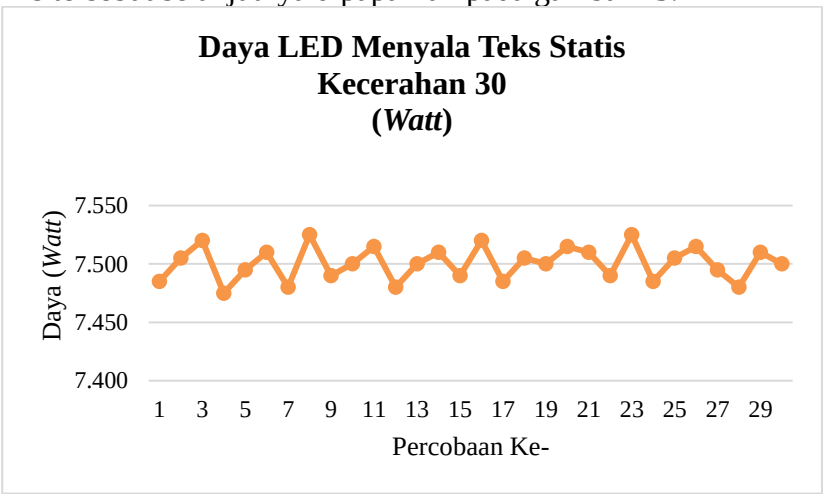
Observasi selanjutnya pada kondisi LED menyala statis dengan variasi kecerahan 30. Tegangan pada setiap panel sama yaitu konstan 5 volt. Sementara nilai arus menunjukkan variasi fluktuasi, percobaaan pertama pada kondisi LED menyala statis diperoleh arus 1,497A dan daya sebesar 7,485 watt. Rincian data fluktuasi arus dan daya pada kondisi kondisi LED menyala statis dengan variasi kecerahan 30 dapat disajikan dalam tabel 6. pada lampiran.

Data hasil dari 30 pengujian pada kondisi LED menyala statis dengan variasi kecerahan 30, grafik dapat dilihat pada gambar 22 dan gambar 23 sebagai berikut.



Gambar 22 Grafik Arus Panel Menyala Teks Statis Kecerahan 30

Setelah melakukan pengukuran panel hanya menyala statis, selanjutnya visualisasi pada gambar 22 merepresentasikan fluktuasi pada arus listrik kondisi menyala teks statis dengan variasi kecerahan 30. Secara keseluruhan, data menunjukkan performa stabil dengan rentang deviasi arus yang sempit, antara 1,495A hingga 1,505A. Meskipun pada data terdapat fluktuasi, tetapi nilai arus tetap berada di sekitar angka rata-rata yang konsisten yang dapat dilihat pada tabel 6 yang terdapat pada lampiran. Karakteristik daya pada sistem LED dot matriks tersebut selanjutnya dipaparkan pada gambar 23.

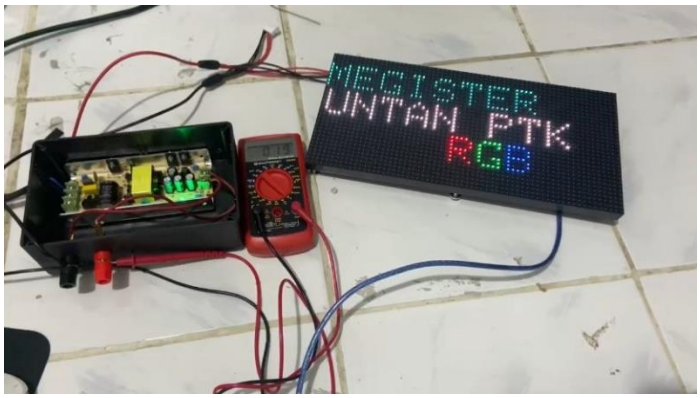


Gambar 23 Grafik Daya Panel Menyala Teks Statis Kecerahan 30

Grafik pada gambar 23 menunjukkan konsumsi daya (watt) kondisi menyala teks statis dengan variasi kecerahan 30. Secara keseluruhan, data menunjukkan performa stabil dengan rentang nilai antara 7,475watt hingga 7,525 watt. Selanjutnya pada data yang fluktuasi, tetapi nilai daya tetap berada di sekitar angka rata-rata yang konsisten yang dapat dilihat pada tabel 6 yang terdapat pada lampiran.

7. Panel dengan kecerahan 90 statis

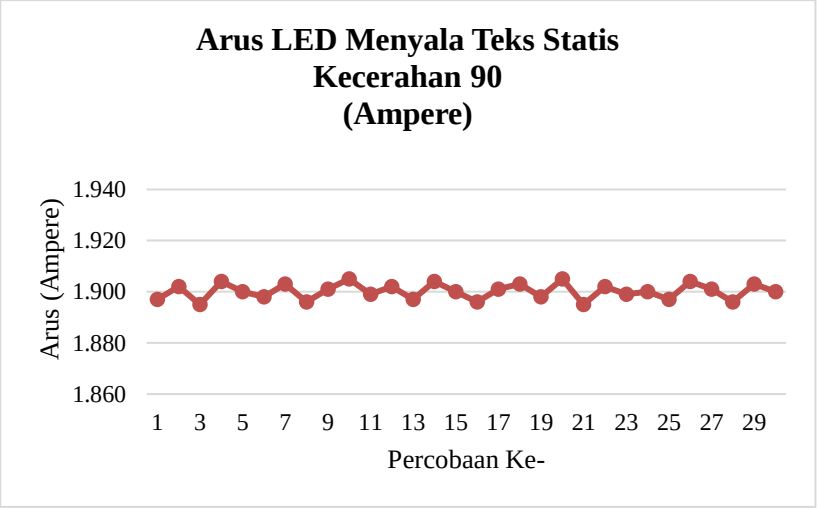
Tahap pengujian selanjutnya dilakukan dengan kondisi panel menyala teks statis dengan tingkat kecerahan 90. Detail teknis mengenai prosedur dan hasil pengujian direpresentasikan pada gambar 4.24 sebagai berikut.



Gambar 24 Panel Menyala Teks Statis Kecerahan 90

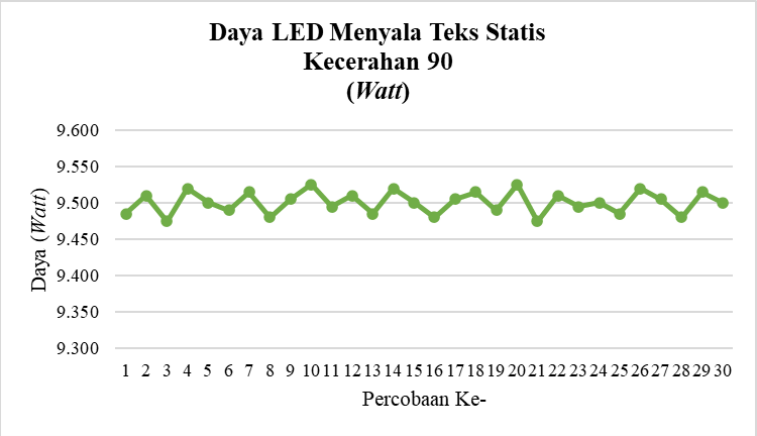
Observasi selanjutnya pada kondisi LED menyala statis dengan variasi kecerahan 90. Tegangan pada setiap panel sama yaitu konstan 5 volt. Sementara nilai arus menunjukkan variasi fluktuasi, percobaaan pertama pada kondisi LED menyala statis diperoleh arus 1,897A dan daya sebesar 9,485 watt. Rincian data fluktuasi arus dan daya pada kondisi LED menyala statis dengan variasi kecerahan 90 dapat disajikan dalam tabel 7. pada lampiran.

Data hasil dari 30 pengujian pada kondisi LED menyala statis dengan variasi kecerahan 90, grafik dapat dilihat pada gambar 25 dan gambar 26 sebagai berikut.



Gambar 25 Grafik Arus Panel Menyala Teks Statis Kecerahan 90

Setelah melakukan pengukuran panel menyala statis dengan variasi kecerahan 30, selanjutnya visualisasi pada gambar 4.25 merepresentasikan fluktuasi pada arus listrik kondisi menyala teks statis dengan variasi kecerahan 90. Secara keseluruhan, data menunjukkan performa stabil dengan rentang deviasi arus yang sempit, antara 1,895A hingga 1,905A. Meskipun pada data terdapat fluktuasi, tetapi nilai arus tetap berada di sekitar angka rata-rata yang konsisten yang dapat dilihat pada tabel 7 yang terdapat pada lampiran. Karakteristik daya pada sistem LED dot matriks tersebut selanjutnya dipaparkan pada gambar 26.



Gambar 26 Grafik Daya Panel Menyala Teks Statis Kecerahan 90

Grafik pada gambar 4.26 menunjukkan konsumsi daya (watt) kondisi menyala teks statis dengan variasi kecerahan 90. Secara keseluruhan, data menunjukkan performa stabil dengan rentang nilai antara 9,475watt hingga 9,525 watt. Selanjutnya pada data yang fluktuasi, tetapi nilai daya tetap berada di sekitar angka rata-rata yang konsisten yang dapat dilihat pada tabel 6 yang terdapat pada lampiran.

8. Panel dengan kecerahan 150 statis

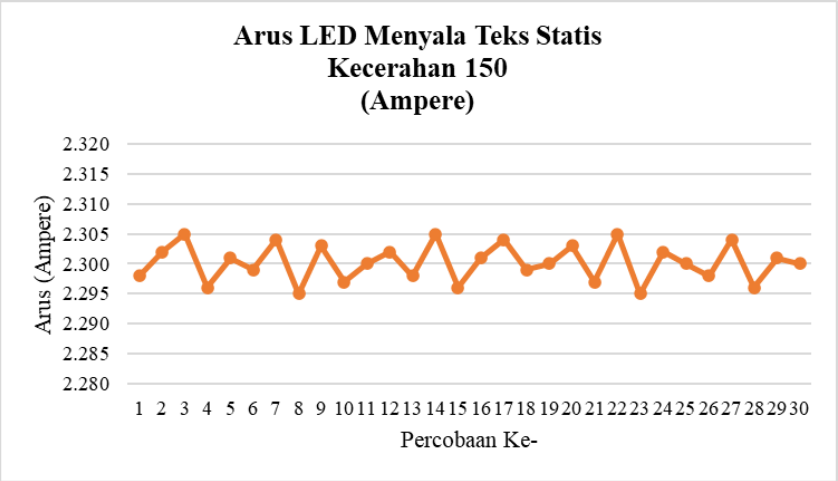
Tahap pengujian selanjutnya dilakukan dengan kondisi panel menyala teks statis dengan tingkat kecerahan 150. Detail teknis mengenai prosedur dan hasil pengujian direpresentasikan pada gambar 4.27 sebagai berikut.



Gambar 27 Panel Menyala Teks Statis Kecerahan 150

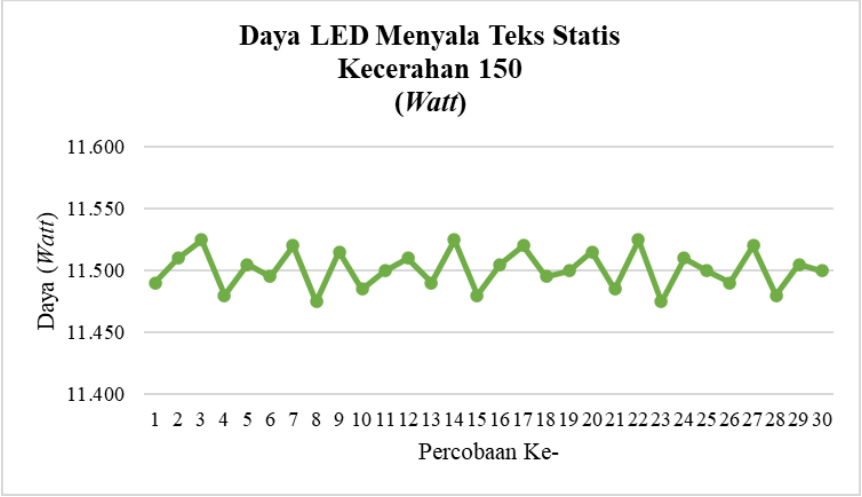
Observasi selanjutnya pada kondisi LED menyala statis dengan variasi kecerahan 150. Tegangan pada setiap panel sama yaitu konstan 5 volt. Sementara nilai arus menunjukkan variasi fluktuasi, percobaaan pertama pada kondisi LED menyala statis diperoleh arus 2,298A diperoleh daya sebesar 11,490 watt. Rincian data fluktuasi arus dan daya pada kondisi LED menyala statis dengan variasi kecerahan 150 dapat disajikan dalam tabel 8. pada lampiran.

Data hasil dari 30 pengujian pada kondisi LED menyala statis dengan variasi kecerahan 150, grafik dapat dilihat pada gambar 4.28 dan gambar 4.29 sebagai berikut.



Gambar 28 Grafik Arus Panel Menyala Teks Statis Kecerahan 150

Setelah melakukan pengukuran panel menyala statis dengan variasi kecerahan 90, selanjutnya visualisasi pada gambar 4.28 merepresentasikan fluktuasi pada arus listrik kondisi menyala teks statis dengan variasi kecerahan 150. Secara keseluruhan, data menunjukkan performa stabil dengan rentang deviasi arus yang sempit, antara 2,295A hingga 2,305A. Meskipun pada data terdapat fluktuasi, tetapi nilai arus tetap berada di sekitar angka rata-rata yang konsisten yang dapat dilihat pada tabel 8 yang terdapat pada lampiran. Karakteristik daya pada sistem LED dot matriks tersebut selanjutnya dipaparkan pada gambar 29.



Gambar 29 Grafik Daya Panel Menyala Teks Statis Kecerahan 150

Grafik pada gambar 29 menunjukkan konsumsi daya (watt) kondisi menyala teks statis dengan variasi kecerahan 150. Secara keseluruhan, data menunjukkan performa stabil dengan rentang nilai antara 11,475watt hingga 11,525 watt. Selanjutnya pada data yang fluktuasi, tetapi nilai daya tetap berada di sekitar angka rata-rata yang konsisten yang dapat dilihat pada tabel 8 yang terdapat pada lampiran.

9. Panel dengan kecerahan 210 statis

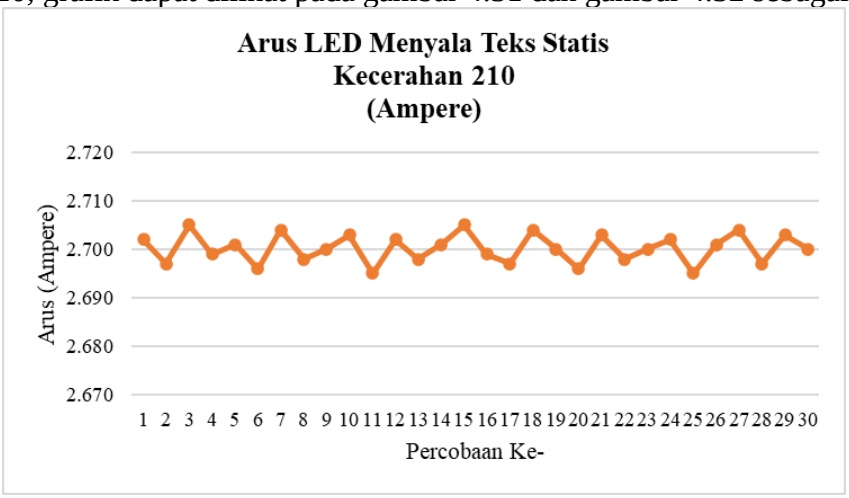
Tahap pengujian selanjutnya dilakukan dengan kondisi panel menyala teks statis dengan tingkat kecerahan 210. Detail teknis mengenai prosedur dan hasil pengujian direpresentasikan pada gambar 30 sebagai berikut.



Gambar 30 Panel Menyala Teks Statis Kecerahan 210

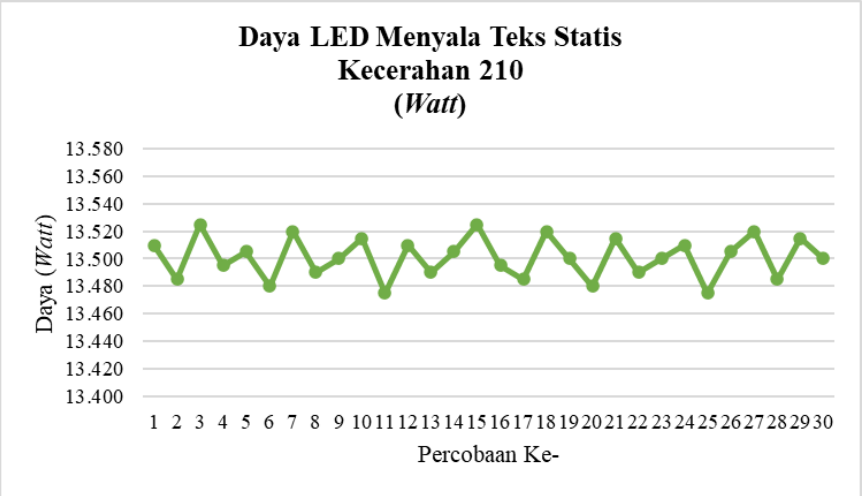
Observasi selanjutnya pada kondisi LED menyala statis dengan variasi kecerahan 210. Tegangan pada setiap panel sama yaitu konstan 5 volt. Sementara nilai arus menunjukkan variasi fluktuasi, percobaaan pertama pada kondisi LED menyala statis diperoleh arus 2,702A diperoleh daya sebesar 13,510 watt. Rincian data fluktuasi arus dan daya pada kondisi LED menyala statis dengan variasi kecerahan 210 dapat disajikan dalam tabel 9. pada lampiran.

Data hasil dari 30 pengujian pada kondisi LED menyala statis dengan variasi kecerahan 210, grafik dapat dilihat pada gambar 4.31 dan gambar 4.32 sebagai berikut.



Gambar 31 Grafik Arus Panel Menyala Teks Statis Kecerahan 210

Setelah melakukan pengukuran panel menyala statis dengan variasi kecerahan 150, selanjutnya visualisasi pada gambar 4.31 merepresentasikan fluktuasi pada arus listrik kondisi menyala teks statis dengan variasi kecerahan 210. Secara keseluruhan, data menunjukkan performa stabil dengan rentang deviasi arus yang sempit, antara 2,695A hingga 2,705A. Meskipun pada data terdapat fluktuasi, tetapi nilai arus tetap berada di sekitar angka rata-rata yang konsisten yang dapat dilihat pada tabel 9 yang terdapat pada lampiran. Karakteristik daya pada sistem LED dot matriks tersebut selanjutnya dipaparkan pada gambar 32.



Gambar 32 Grafik Daya Panel Menyala Teks Statis Kecerahan 210

Grafik pada gambar 32 menunjukkan konsumsi daya (watt) kondisi menyala teks statis dengan variasi kecerahan 210. Secara keseluruhan, data menunjukkan performa stabil dengan rentang nilai antara 13,475watt hingga 13,525 watt. Selanjutnya pada data yang fluktuasi, tetapi nilai daya tetap berada di sekitar angka rata-rata yang konsisten yang dapat dilihat pada tabel 9 yang terdapat pada lampiran.

10. Panel dengan kecerahan 255 statis

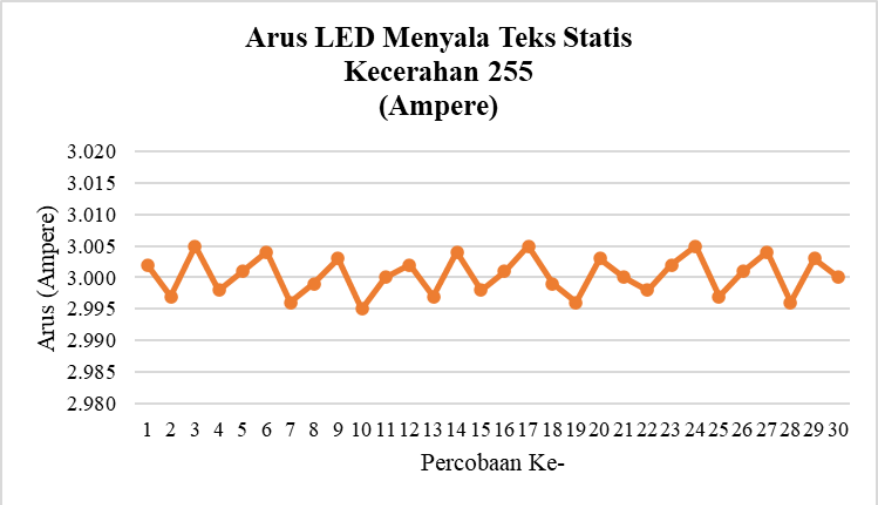
Tahap pengujian selanjutnya dilakukan dengan kondisi panel menyala teks statis dengan tingkat kecerahan 255. Detail teknis mengenai prosedur dan hasil pengujian direpresentasikan pada gambar 33 sebagai berikut.



Gambar 33 Panel Menyala Teks Statis Kecerahan 255

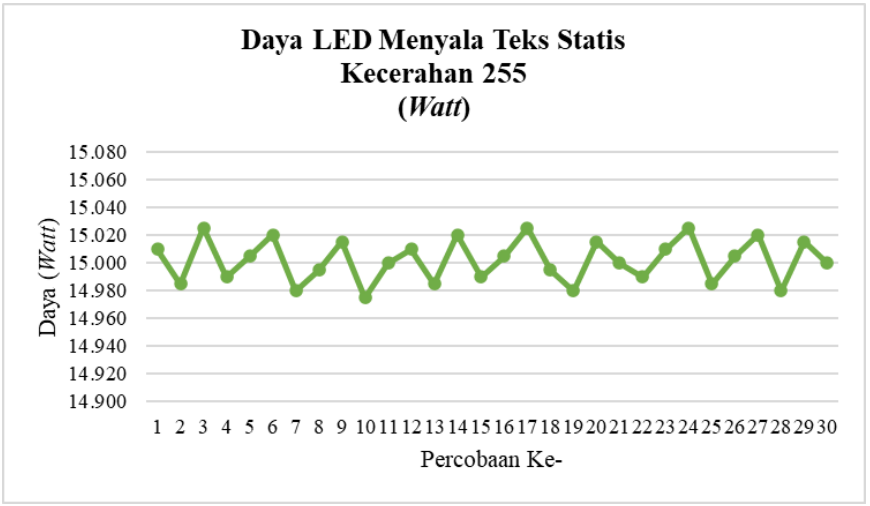
Observasi selanjutnya pada kondisi LED menyala statis dengan variasi kecerahan 255. Tegangan pada setiap panel sama yaitu konstan 5 volt. Sementara nilai arus menunjukkan variasi fluktuasi, percobaaan pertama pada kondisi LED menyala statis diperoleh arus 3,002A diperoleh daya sebesar 15,010 watt. Rincian data fluktuasi arus dan daya pada kondisi LED menyala statis dengan variasi kecerahan 255 dapat disajikan dalam tabel 10. pada lampiran.

Data hasil dari 30 pengujian pada kondisi LED menyala statis dengan variasi kecerahan 255, grafik dapat dilihat pada gambar 34 dan gambar 35 sebagai berikut.



Gambar 34 Grafik Arus Panel Menyala Teks Statis Kecerahan 255

Setelah melakukan pengukuran panel menyala statis dengan variasi kecerahan 210, selanjutnya visualisasi pada gambar 31 merepresentasikan fluktuasi pada arus listrik kondisi menyala teks statis dengan variasi kecerahan 255. Secara keseluruhan, data menunjukkan performa stabil dengan rentang deviasi arus yang sempit, antara 2,995A hingga 3,005A. Meskipun pada data terdapat fluktuasi, tetapi nilai arus tetap berada di sekitar angka rata-rata yang konsisten yang dapat dilihat pada tabel 10 yang terdapat pada lampiran. Karakteristik daya pada sistem LED dot matriks tersebut selanjutnya dipaparkan pada gambar 35.



Gambar 35 Grafik Daya Panel Menyala Teks Statis Kecerahan 255

Grafik pada gambar 35 menunjukkan konsumsi daya (watt) kondisi menyala teks statis dengan variasi kecerahan 255. Secara keseluruhan, data menunjukkan performa stabil dengan rentang nilai antara 14,975watt hingga 15,025 watt. Selanjutnya pada data yang fluktuasi, tetapi nilai daya tetap berada di sekitar angka rata-rata yang konsisten yang dapat dilihat pada tabel 10 yang terdapat pada lampiran.

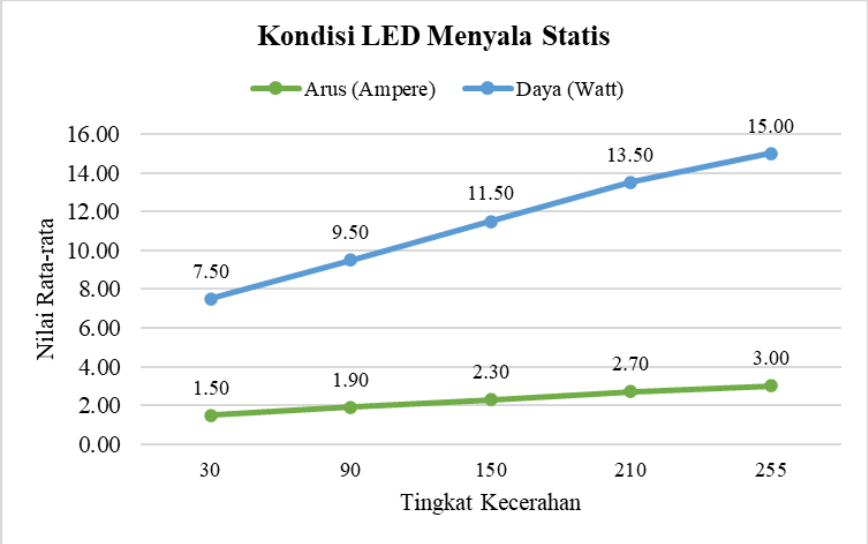
11. Perbandingan dari setiap tingkat kecerahan pada teks statis

Pengukuran dilakukan untuk mengetahui arus (I), tegangan (V), dan daya (P) pada lima tingkatan. yang merepresentasikan tingkatan kecerahan diantaranya 30, 90, 150, 210, dan 255 pada kondisi teks statis. Rincian data arus, tegangan dan daya pada masing-masing variasi tingkat kecerahan dapat dilihat pada tabel 10 sebagai berikut.

Tabel 10 Rekapitulasi Rata-rata Teks Statis Kecerahan 30,90,150, 210, 255

Kondisi : LED menyala statis			
Tingkat kecerahan	**Nilai Rata-rata**		
	Arus (*Ampere*)	**Tegangan (*Volt*)**	**Daya (*Watt*)**
30	1,50	5	7,50
90	1,90	5	9,50
150	2,30	5	11,50
210	2,70	5	13,50
255	3,00	5	15,00

Berdasarkan dari tabel 10 dapat terlihat hasil pada masing-masing tingkat kecerahan yang diatur berbanding lurus dengan konsumsi daya listriknya, dengan kondisi statis tegangan 5V, arus meningkat dari 1,50A (7,50 watt) pada kecerahan 30 menjadi 3,00 A (15,00 watt) pada kecerahan maksimal yaitu 255. Grafik perbandingan dapat dilihat pada gambar 36 sebagai berikut.

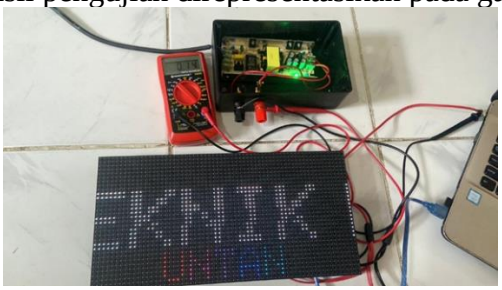


Gambar 36 Grafik Perbandingan Teks Statis Kecerahan 30, 90, 150, 210 255

Visualisasi pada gambar 36 dapat dianalisis bahwa pada panel LED dot matriks memiliki karakteristik konsumsi arus dan daya listriknya stabil dengan pola linear yang sempurna. Garis hijau untuk variabel arus dan garis biru untuk variabel daya menunjukkan kemiringan (slope) positif yang identik yaitu pada setiap kenaikan kecerahan secara bertahap selalu diikuti dengan peningkatan konsumsi energi secara proporsional.

12. Panel kondisi menyala dinamis tanpa backgroud kecerahan 30

Tahap pengujian selanjutnya dilakukan dengan kondisi panel menyala teks dinamis dengan tingkat kecerahan 30 dengan tujuan mengetahui konsumsi listrik pada setiap tingkatan kecerahan pada kondisi berjalan (dinamis) tanpa background. Detail teknis mengenai prosedur dan hasil pengujian direpresentasikan pada gambar 37 sebagai berikut.



Gambar 37 Panel Menyala Teks Dinamis Tanpa Backgroud Kecerahan 30

Observasi pada kondisi LED menyala dinamis tanpa background dengan variasi kecerahan 30. Tegangan pada setiap panel sama yaitu konstan 5 volt. Sementara nilai arus menunjukkan variasi fluktuasi. Rincian data fluktuasi arus dan daya pada kondisi kondisi LED menyala statis dengan variasi kecerahan 30 dapat dilihat dalam tabel 11 pada lampiran.

Selanjutnya pada data yang fluktuasi, nilai daya berada di sekitar angka yang dapat dilihat pada tabel 11 sebagai berikut.

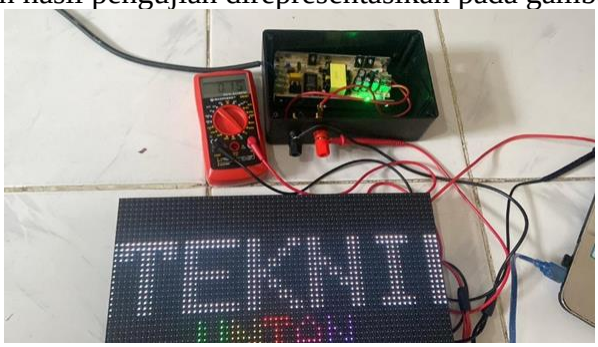
Tabel 11 Konsumsi Energi Teks Dinamis Tanpa Backgroud Kecerahan 30

Kondisi : LED Menyala Dinamis Tanpa Background Kecerahan 30	
Parameter	**Nilai Rata-Rata**
Tegangan (V)	5
Arus (A)	1,3-1,4 A
Daya (W)	6,750 W

Pada pengujian kondisi LED menyala dinamis tanpa background dengan variasi kecerahan 30. Perangkat beroperasi pada tegangan kerja sebesar 5 volt dengan arus beban yang ditarik sebesar diantara 1,3-1,4A. Berdasarkan kedua parameter tersebut, total konsumsi daya yang dihasilkan pada LED dot matriks dalam kondisi menyala dinamis tanpa background dengan variasi kecerahan 30 yaitu sebesar 6,750 watt.

13. Panel kondisi menyala dinamis tanpa backgroud kecerahan 90

Tahap pengujian selanjutnya dilakukan dengan kondisi panel menyala teks dinamis dengan tingkat kecerahan 90 dengan tujuan mengetahui konsumsi listrik pada setiap tingkatan kecerahan pada kondisi berjalan (dinamis) tanpa background. Detail teknis mengenai prosedur dan hasil pengujian direpresentasikan pada gambar 38 sebagai berikut.



Gambar 38 Panel Menyala Teks Dinamis Tanpa Backgroud Kecerahan 90

Observasi pada kondisi LED menyala dinamis tanpa background dengan variasi kecerahan 30. Tegangan pada setiap panel sama yaitu konstan 5 volt. Sementara nilai arus menunjukkan variasi fluktuasi. Rincian data fluktuasi arus dan daya dapat dilihat dalam tabel 12 pada lampiran.

Selanjutnya pada data yang fluktuasi, nilai daya berada di sekitar angka yang dapat dilihat pada tabel 12 sebagai berikut.

Tabel 12 Konsumsi Energi Teks Dinamis Tanpa Backgroud Kecerahan 90

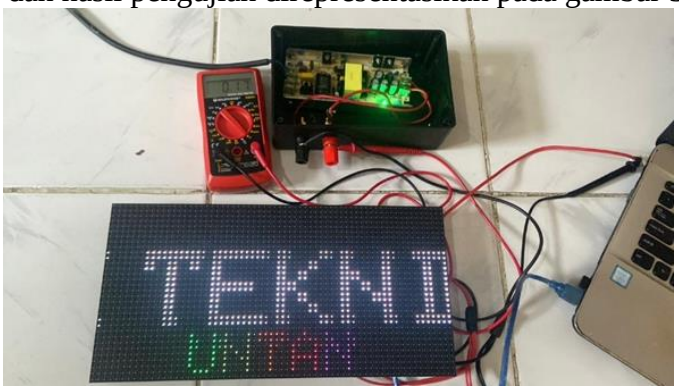
Kondisi : LED Menyala Dinamis Tanpa Background Kecerahan 90	
Parameter	**Nilai Rata-Rata**
Tegangan (V)	5
Arus (A)	1,3-1,6 A
Daya (W)	7,217 W

Pada pengujian kondisi LED menyala dinamis tanpa background dengan variasi kecerahan 90. Perangkat beroperasi pada tegangan kerja sebesar 5 volt dengan arus beban yang ditarik sebesar diantara 1,3-1,6A. Berdasarkan kedua parameter tersebut, total konsumsi daya yang dihasilkan pada LED dot matriks dalam kondisi menyala dinamis tanpa

background dengan variasi kecerahan 30 yaitu sebesar 7,217 watt.

14. Panel kondisi menyala dinamis tanpa backgroud kecerahan 150

Tahap pengujian selanjutnya dilakukan dengan kondisi panel menyala teks dinamis dengan tingkat kecerahan 150 dengan tujuan mengetahui konsumsi listrik pada setiap tingkatan kecerahan pada kondisi berjalan (dinamis) tanpa background. Detail teknis mengenai prosedur dan hasil pengujian direpresentasikan pada gambar 39 sebagai berikut.



Gambar 39 Panel Menyala Teks Dinamis Tanpa Backgroud Kecerahan 150

Observasi pada kondisi LED menyala dinamis tanpa background dengan variasi kecerahan 150. Tegangan pada setiap panel sama yaitu konstan 5 volt. Sementara nilai arus menunjukkan variasi fluktuasi. Rincian data fluktuasi arus dan daya dapat dilihat dalam tabel 13 pada lampiran.

Selanjutnya pada data yang fluktuasi, nilai daya berada di sekitar angka yang dapat dilihat pada tabel 12 sebagai berikut.

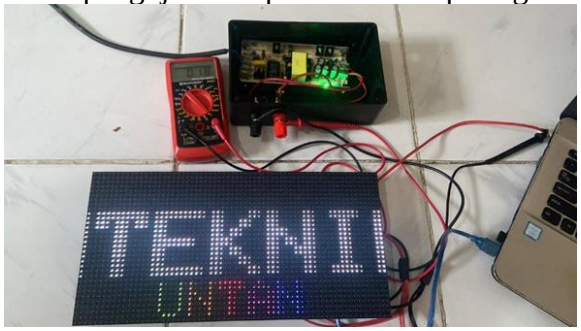
Tabel 13 Konsumsi Energi Teks Dinamis Tanpa Backgroud Kecerahan 150

Kondisi : LED Menyala Dinamis Tanpa Background Kecerahan 150	
Parameter	**Nilai Rata-Rata**
Tegangan (V)	5
Arus (A)	1,3-1,8 A
Daya (W)	7,750 W

Pada pengujian kondisi LED menyala dinamis tanpa background dengan variasi kecerahan 150. Perangkat beroperasi pada tegangan kerja sebesar 5 volt dengan arus beban yang ditarik sebesar diantara 1,3-1,8A. Berdasarkan kedua parameter tersebut, total konsumsi daya yang dihasilkan pada LED dot matriks dalam kondisi menyala dinamis tanpa background dengan variasi kecerahan 150 yaitu sebesar 7,750 watt.

15. Panel kondisi menyala dinamis tanpa backgroud kecerahan 210

Tahap pengujian selanjutnya dilakukan dengan kondisi panel menyala teks dinamis dengan tingkat kecerahan 210 dengan tujuan mengetahui konsumsi listrik pada setiap tingkatan kecerahan pada kondisi berjalan (dinamis) tanpa background. Detail teknis mengenai prosedur dan hasil pengujian direpresentasikan pada gambar 4.40 sebagai berikut.



Gambar 40 Panel Menyala Teks Dinamis Tanpa Backgroud Kecerahan 210

Observasi pada kondisi LED menyala dinamis tanpa background dengan variasi kecerahan 210. Tegangan pada setiap panel sama yaitu konstan 5 volt. Sementara nilai arus menunjukkan variasi fluktuasi. Rincian data fluktuasi arus dan daya dapat dilihat dalam tabel 14 pada lampiran.

Selanjutnya pada data yang fluktuasi, nilai daya berada di sekitar angka yang dapat dilihat pada tabel 14 sebagai berikut.

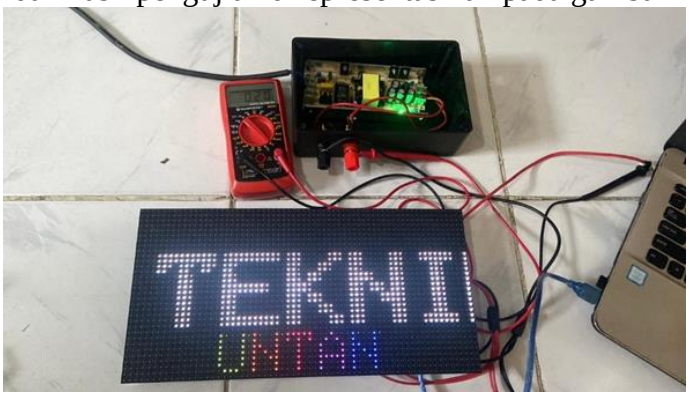
Tabel 14 Konsumsi Energi Teks Dinamis Tanpa Backgroud Kecerahan 210

Kondisi : LED Menyala Dinamis Tanpa Background Kecerahan 210	
Parameter	**Nilai Rata-Rata**
Tegangan (V)	5
Arus (A)	1,3-1,9 A
Daya (W)	7,917 W

Pada pengujian kondisi LED menyala dinamis tanpa background dengan variasi kecerahan 210. Perangkat beroperasi pada tegangan kerja sebesar 5 volt dengan arus beban yang ditarik sebesar diantara 1,3-1,9A. Berdasarkan kedua parameter tersebut, total konsumsi daya yang dihasilkan pada LED dot matriks dalam kondisi menyala dinamis tanpa background dengan variasi kecerahan 210 yaitu sebesar 7,917 watt.

16. Panel kondisi menyala dinamis tanpa backgroud kecerahan 255

Tahap pengujian selanjutnya dilakukan dengan kondisi panel menyala teks dinamis dengan tingkat kecerahan 255 dengan tujuan mengetahui konsumsi listrik pada setiap tingkatan kecerahan pada kondisi berjalan (dinamis) tanpa background. Detail teknis mengenai prosedur dan hasil pengujian direpresentasikan pada gambar 41 sebagai berikut.



Gambar 41 Panel Menyala Teks Dinamis Tanpa Backgroud Kecerahan 255

Observasi pada kondisi LED menyala dinamis tanpa background dengan variasi kecerahan 255. Tegangan pada setiap panel sama yaitu konstan 5 volt. Sementara nilai arus menunjukkan variasi fluktuasi. Rincian data fluktuasi arus dan daya dapat dilihat dalam tabel 15 pada lampiran.

Selanjutnya pada data yang fluktuasi, nilai daya berada di sekitar angka yang dapat dilihat pada tabel 15 sebagai berikut.

Tabel 15 Konsumsi Energi Teks Dinamis Tanpa Backgroud Kecerahan 255

Kondisi : LED Menyala Dinamis Tanpa Background Kecerahan 255	
Parameter	**Nilai Rata-Rata**
Tegangan (V)	5
Arus (A)	1,3-2,1 A
Daya (W)	8,350 W

Pada pengujian kondisi LED menyala dinamis tanpa background dengan variasi kecerahan 255. Perangkat beroperasi pada tegangan kerja sebesar 5 volt dengan arus beban yang ditarik sebesar diantara 1,3-2,1A. Berdasarkan kedua parameter tersebut, total

konsumsi daya yang dihasilkan pada LED dot matriks dalam kondisi menyala dinamis tanpa background dengan variasi kecerahan 255 yaitu sebesar 8,350 watt.

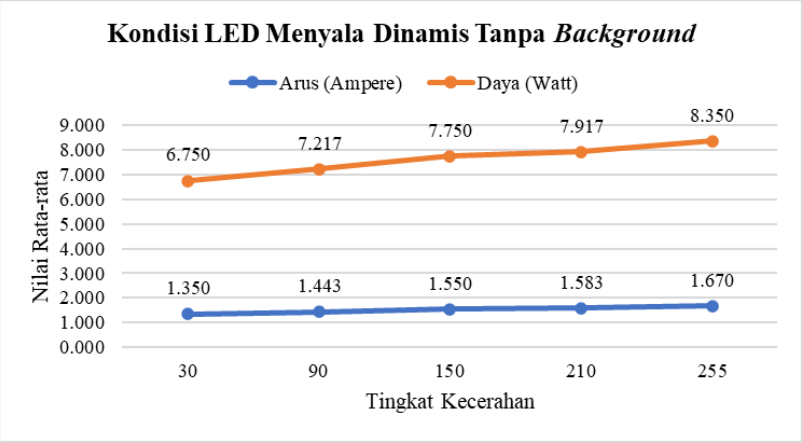
Perbandingan dari setiap tingkat kecerahan pada kondisi menyala dinamis tanpa backgroud

Pengukuran dilakukan untuk mengetahui arus (I), tegangan (V), dan daya (P) pada lima tingkatan. Nilai Pulse Width Modulation (PWM) yang merepresentasikan tingkatan kecerahan diantaranya 30, 90, 150, 210, dan 255 pada kondisi teks dinamis tanpa background. Rincian data arus, tegangan dan daya pada masing-masing variasi tingkat kecerahan dapat dilihat pada tabel 4.10 sebagai berikut.

Tabel 16 Rekapitulasi Rata-rata Teks Dinamis Tanpa Background Pada Setiap Tingkat Kecerahan

Rekapitulasi Nilai Rata-rata LED Menyala Dinamis Tanpa *Background*			
Tingkat kecerahan	**Nilai Rata-rata**		
	Arus (*Ampere*)	**Tegangan (*Volt*)**	**Daya (*Watt*)**
30	1,350	5	6,750
90	1,443	5	7,217
150	1,550	5	7,750
210	1,583	5	7,917
255	1,670	5	8,350

Berdasarkan dari tabel 16 dapat terlihat hasil pada masing-masing tingkat kecerahan yang diatur melaui PWM berbanding lurus dengan konsumsi daya listriknya, dengan kondisi statis tegangan 5V, arus meningkat dari 1,350A (6,750 watt) pada kecerahan 30 menjadi 1,670 A (8,350 watt) pada kecerahan maksimal yaitu 255. Grafik perbandingan dapat dilihat pada gambar 42 sebagai berikut.



Gambar 42 Perbandingan LED Menyala Dinamis Tanpa Background

Visualisasi pada gambar 42 dapat dianalisis bahwa pada panel LED dot matriks beroperasi dinamis tanpa background memiliki karakteristik sama halnya dengan kondisi statis yaitu konsumsi arus dan daya listriknya stabil dengan pola linear yang sempurna.

Panel kondisi menyala dinamis dengan background kecerahan 30

Tahap pengujian selanjutnya dilakukan dengan kondisi panel menyala teks dinamis dengan background tingkat kecerahan 30, tujuan mengetahui konsumsi listrik pada setiap tingkatan kecerahan pada kondisi berjalan (dinamis) dengan background. Detail teknis mengenai prosedur dan hasil pengujian direpresentasikan pada gambar 4.43 sebagai berikut.



Gambar 43 Panel Menyala Teks Dinamis dengan Backgroud Kecerahan 30

Observasi pada kondisi LED menyala dinamis dengan background dengan variasi kecerahan 30. Tegangan pada setiap panel sama yaitu konstan 5 volt. Sementara nilai arus menunjukkan variasi fluktuasi. Rincian data fluktuasi arus dan daya dapat dilihat dalam tabel 16 pada lampiran. Selanjutnya pada data yang fluktuasi, nilai daya berada di sekitar angka yang dapat dilihat pada tabel 17 sebagai berikut.

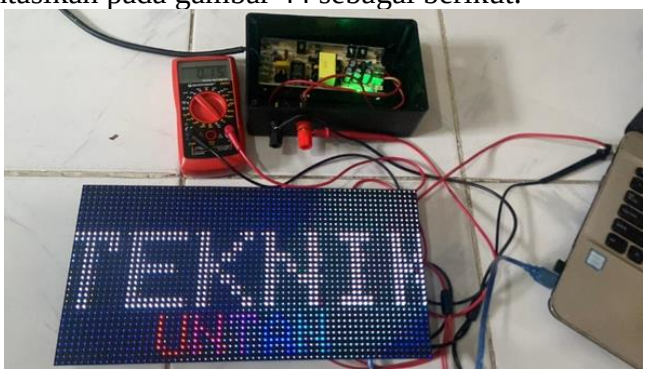
Tabel 17 Konsumsi Energi Teks Dinamis dengan Backgroud Kecerahan 30

Kondisi : LED Menyala Dinamis dengan Background Kecerahan 30	
Parameter	**Nilai Rata-Rata**
Tegangan (V)	5
Arus (A)	1,3-1,4 A
Daya (W)	6,750 W

Pada pengujian kondisi LED menyala dinamis dengan background variasi kecerahan 30. Perangkat beroperasi pada tegangan kerja sebesar 5 volt dengan arus beban yang ditarik sebesar diantara 1,3-1,4A. Berdasarkan kedua parameter tersebut, total konsumsi daya yang dihasilkan pada LED dot matriks dalam kondisi menyala dinamis tanpa background dengan variasi kecerahan 30 yaitu sebesar 6,750 watt.

17. Panel kondisi menyala dinamis dengan background kecerahan 90

Tahap pengujian selanjutnya dilakukan dengan kondisi panel menyala teks dinamis dengan background tingkat kecerahan 90. Detail teknis mengenai prosedur dan hasil pengujian direpresentasikan pada gambar 44 sebagai berikut.



Gambar 44 Panel Menyala Teks Dinamis dengan Backgroud Kecerahan 90

Observasi pada kondisi LED menyala dinamis dengan background dengan variasi kecerahan 90. Tegangan pada setiap panel sama yaitu konstan 5 volt. Sementara nilai arus menunjukkan variasi fluktuasi. Rincian data fluktuasi arus dan daya dapat dilihat dalam tabel 17 pada lampiran. Selanjutnya pada data yang fluktuasi, nilai daya berada di sekitar angka yang dapat dilihat pada tabel 18 sebagai berikut.

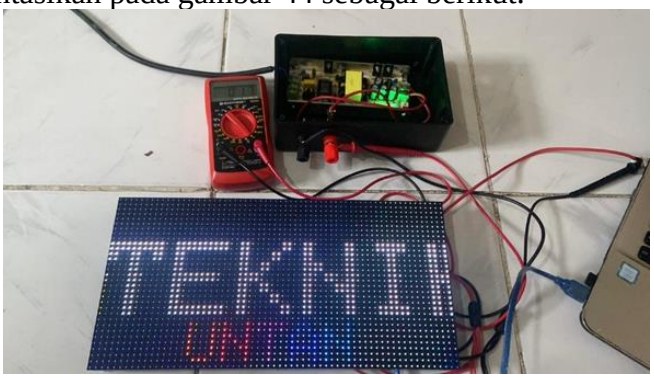
Tabel 18 Konsumsi Energi Teks Dinamis dengan Backgroud Kecerahan 90

Kondisi : LED Menyala Dinamis dengan Background Kecerahan 90	
Parameter	**Nilai Rata-Rata**
Tegangan (V)	5
Arus (A)	1,3-1,7 A
Daya (W)	7,500 W

Pada pengujian kondisi LED menyala dinamis dengan background variasi kecerahan 90. Perangkat beroperasi pada tegangan kerja sebesar 5volt dengan arus beban yang ditarik sebesar diantara 1,3-1,7A. Berdasarkan kedua parameter tersebut, total konsumsi daya yang dihasilkan pada LED dot matriks dalam kondisi menyala dinamis tanpa background dengan variasi kecerahan 30 yaitu sebesar 7,500 watt.

18. Panel kondisi menyala dinamis dengan background kecerahan 150

Tahap pengujian selanjutnya dilakukan dengan kondisi panel menyala teks dinamis dengan background tingkat kecerahan 150. Detail teknis mengenai prosedur dan hasil pengujian direpresentasikan pada gambar 44 sebagai berikut.



Gambar 45 Panel Menyala Teks Dinamis dengan Backgroud Kecerahan 150

Observasi pada kondisi LED menyala dinamis dengan background dengan variasi kecerahan 150. Tegangan pada setiap panel sama yaitu konstan 5 volt. Sementara nilai arus menunjukkan variasi fluktuasi. Rincian data fluktuasi arus dan daya dapat dilihat dalam tabel 18 pada lampiran. Selanjutnya pada data yang fluktuasi yang dapat dilihat pada tabel 19 sebagai berikut.

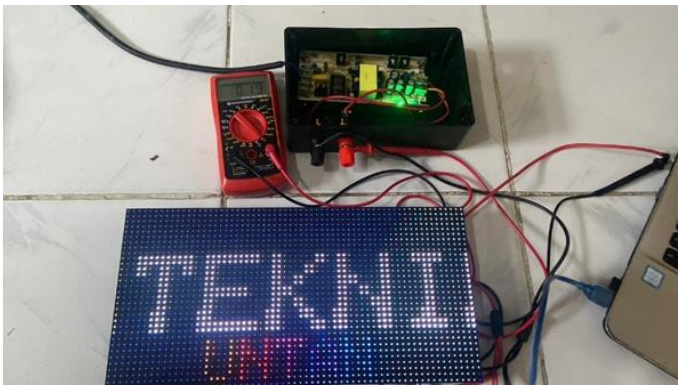
Tabel 19 Konsumsi Energi Teks Dinamis dengan Backgroud Kecerahan 150

Kondisi : LED Menyala Dinamis dengan Background Kecerahan 150	
Parameter	**Nilai Rata-Rata**
Tegangan (V)	5
Arus (A)	1,3-1,9 A
Daya (W)	7,917 W

Pada pengujian kondisi LED menyala dinamis dengan background variasi kecerahan 150. Perangkat beroperasi pada tegangan kerja sebesar 5volt dengan arus beban yang ditarik sebesar diantara 1,3-1,9A. Berdasarkan kedua parameter tersebut, total konsumsi daya yang dihasilkan pada LED dot matriks dalam kondisi menyala dinamis tanpa background dengan variasi kecerahan 150 yaitu sebesar 7,917 watt.

19. Panel kondisi menyala dinamis dengan background kecerahan 210

Tahap pengujian selanjutnya dilakukan dengan kondisi panel menyala teks dinamis dengan background tingkat kecerahan 210. Detail teknis mengenai prosedur dan hasil pengujian direpresentasikan pada gambar 46 sebagai berikut.



Gambar 46 Panel Menyala Teks Dinamis dengan Backgroud Kecerahan 210

Observasi pada kondisi LED menyala dinamis dengan background dengan variasi kecerahan 210. Tegangan pada setiap panel sama yaitu konstan 5 volt. Sementara nilai arus menunjukkan variasi fluktuasi. Rincian data fluktuasi arus dan daya dapat dilihat dalam tabel 19 pada lampiran. Selanjutnya pada data yang fluktuasi yang dapat dilihat pada tabel 4.20 sebagai berikut.

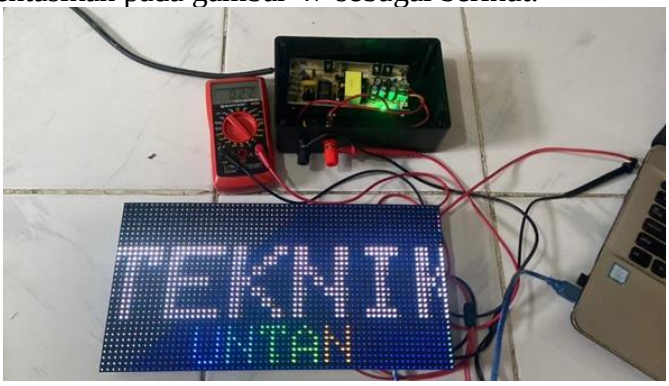
Tabel 20 Konsumsi Energi Teks Dinamis dengan Backgroud Kecerahan 210

Kondisi : LED Menyala Dinamis dengan Background Kecerahan 210	
Parameter	**Nilai Rata-Rata**
Tegangan (V)	5
Arus (A)	1,3-2,1 A
Daya (W)	8,350 W

Pada pengujian kondisi LED menyala dinamis dengan background variasi kecerahan 210. Perangkat beroperasi pada tegangan kerja sebesar 5volt dengan arus beban yang ditarik sebesar diantara 1,3-2,1A. Berdasarkan kedua parameter tersebut, total konsumsi daya yang dihasilkan pada LED dot matriks dalam kondisi menyala dinamis tanpa background dengan variasi kecerahan 210 yaitu sebesar 8,350 watt.

20. Panel kondisi menyala dinamis dengan background kecerahan 255

Tahap pengujian selanjutnya dilakukan dengan kondisi panel menyala teks dinamis dengan background tingkat kecerahan 255. Detail teknis mengenai prosedur dan hasil pengujian direpresentasikan pada gambar 47 sebagai berikut.



Gambar 47 Panel Menyala Teks Dinamis dengan Backgroud Kecerahan 255

Observasi pada kondisi LED menyala dinamis dengan background dengan variasi kecerahan 255. Tegangan pada setiap panel sama yaitu konstan 5 volt. Sementara nilai arus menunjukkan variasi fluktuasi. Rincian data fluktuasi arus dan daya dapat dilihat dalam tabel 20 pada lampiran. Selanjutnya pada data yang fluktuasi yang dapat dilihat pada tabel 21 sebagai berikut.

Tabel 21 Konsumsi Energi Teks Dinamis dengan Backgroud Kecerahan 255

Kondisi : LED Menyala Dinamis dengan Background Kecerahan 255	
Parameter	**Nilai Rata-Rata**
Tegangan (V)	5
Arus (A)	1,3-2,3 A
Daya (W)	8,800 W

Pada pengujian kondisi LED menyala dinamis dengan background variasi kecerahan 255. Perangkat beroperasi pada tegangan kerja sebesar 5 volt dengan arus beban yang ditarik sebesar diantara 1,3-2,3A. Berdasarkan kedua parameter tersebut, total konsumsi daya yang dihasilkan pada LED dot matriks dalam kondisi menyala dinamis tanpa background dengan variasi kecerahan 255 yaitu sebesar 8,800 watt.

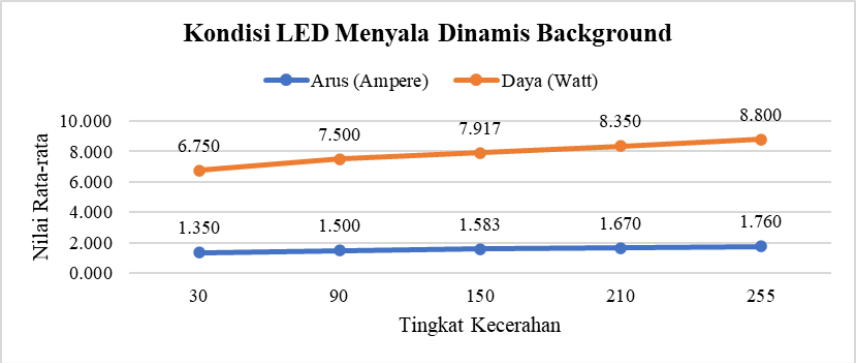
21. Perbandingan dari setiap tingkat kecerahan pada kondisi menyala dinamis dengan backgroud kecerahan

Pengukuran dilakukan untuk mengetahui arus (I), tegangan (V), dan daya (P) pada lima tingkatan. Nilai smerepresentasikan tingkatan kecerahan diantaranya 30, 90, 150, 210, dan 255 pada kondisi teks dinamis dengan background. Rincian data arus, tegangan dan daya pada masing-masing variasi tingkat kecerahan dapat dilihat pada tabel 4.22 sebagai berikut.

Tabel 22 Rekapitulasi Rata-rata Teks Dinamis dengan Background Pada Setiap Tingkat Kecerahan

Rekapitulasi Nilai Rata-rata LED Menyala Dinamis dengan *Background*			
Tingkat kecerahan	**Nilai Rata-rata**		
	Arus (*Ampere*)	**Tegangan (*Volt*)**	**Daya (*Watt*)**
30	1,350	5	6,750
90	1,500	5	7,500
150	1,583	5	7,917
210	1,670	5	8,350
255	1,760	5	8,800

Berdasarkan dari tabel 22 dapat terlihat hasil pada masing-masing tingkat kecerahan yang diatur melaui PWM berbanding lurus dengan konsumsi daya listriknya, dengan kondisi dinamis dengan background tegangan 5V, arus meningkat dari 1,350A (6,750 watt) pada kecerahan 30 menjadi 1,760 A (8,800 watt) pada kecerahan maksimal yaitu 255. Grafik perbandingan dapat dilihat pada gambar 48 sebagai berikut.



Gambar 48 Perbandingan LED Menyala Dinamis dengan Background

Visualisasi pada gambar 48 dapat dianalisis bahwa pada panel LED dot matriks beroperasi dinamis dengan background memiliki karakteristik sama halnya dengan kondisi statis yaitu konsumsi arus dan daya listriknya stabil dengan pola linear yang sempurna.

4. Pengujian LED Dot Matriks

Setelah data diperoleh, data diolah untuk dilakukan pengujian efisiensi rancangan sistem LED dot matriks serta dilakukan perbadingan antara penggunaan sistem hibrida dengan catu daya PLN. Adapun perhitungan efisiensi serta perbandingan penggunaan sistem hibrida dengan catu daya PLN dapat dilihat sebagai berikut.

5. Sistem Automatic Transfer Switch (ATS) PLTS-PLN

Sistem Automatic Transfer Switch (ATS) dirancang pada sistem optimalisasi pengendalian daya LED dot matriks untuk mensuplai listrik dalam pengoperasian alat. Melalui sensor tegangan yang terintegrasi, sistem ATS akan otomatis mengalihkan beban ke jaringan PLN apabila kapasitas pada 2 baterai PLTS menurun di bawah batas tanpa mengakibatkan gangguan pada teks yang sedang ditampilkan panel LED. Rangkaian ATS yang sudah terintegrasi pada sistem LED dan hasil pengujian kerja sistem ATS dapat dilihat pada gambar 1 dan tabel 23 sebagai berikut.



Gambar 49 Pengujian Sistem ATS

Tabel 23 Hasil Pengujian Sistem ATS

PLN	PLTS	Suplai Listrik ke Beban	Waktu Respon Perubahan	Penggunaan Catu Daya (24 Jam)	Kondisi Alat
ON	OFF	PLN	-	3	Beroperasi
OFF	ON	PLTS	0,763 detik	21	Beroperasi
OFF	OFF	-	-	0	Tidak Beroperasi

Berdasarkan tabel 23 hasil menunjukkan pada sistem ATS yang buat sesuai dengan rancangan teknis. Hasil pengujian dapat membuktikan saat sumber listriks utama (PLTS) beroperasi, sistem secara otomatis menonaktifkan suplai cadangan dari PLN. Baterai pada PLTS digunakan secara bergantian, apabila tegangan pada baterai 1 kurang dari (V) maka akan otomatis berpindah ke baterai 2 dan pengisian daya pada baterai 1 aktif dan sebaliknya.

6. Analisis Perhitungan Efisensi Energi

Perhitungan efisiensi energi dilakukan untuk mengetahui berapa besar persentase perbedaan penggunaan energi pada saat sebelum dan sesudah menggunakan sistem pengendalian daya. Pengukuran dalam waktu 24 jam dengan kondisi PLN menyala 3 jam bersamaan dengan PLTS menyala 21 jam dan PLN menyala 24 jam. Adapun rincian efisensi energi dapat dilihat pada Tabel 4.24 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Efisiensi Energi Sistem Pengendalian Daya LED Dot Matriks

No.	Tingkat Kecerahan	Daya (W)	Energi Listrik PLN 3 Jam (kWh)	Energi Listrik PLN 24 Jam (kWh)	Persentase Penghematan
1	30	2,10	0,0063	0,0504	87,5%
2	30	2,00	0,006	0,048	
3	90	2,40	0,0072	0,0576	
4	150	2,50	0,0075	0,06	
5	210	2,80	0,0084	0,0672	
6	255	3,05	0,00915	0,0732	

Hasil rincian pada Tabel 4.25 menunjukkan implementasi sistem Automatic Transfer Switch (ATS) yang mengintegrasikan PLTS dan PLN terbukti mampu menghasilkan efisiensi energi yang sangat signifikan sebesar 87,5 % secara konsisten di seluruh tingkat kecerahan. Berdasarkan dari Tabel 4.25, pengendalian intensitas cahaya yang adaptif dan manajemen sumber daya ATS merupakan strategi optimal dalam meminimalkan pengeluaran energi listrik tanpa mengurangi kualitas visual pada panel LED dot matriks.

7. Analisis Sistem Pengendalian Daya LED Dot Matriks

Sistem pengendalian daya LED dot matriks dengan kendali tingkat kecerahan dengan berbasis LDR sebagai kontrol intensitas cahaya. Secara teknis, sistem sensor LDR bekerja mengatur intensitas cahaya pada panel LED dot matriks melalui MPPT, sehingga saat kondisi lingkungan menjadi gelap (0 lux), sistem berjalan secara responsif menurunkan daya guna menghindari pemborosan energi. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan sensor LDR berhasil mengubah perangkat dari beban listrik statis menjadi beban adaftif yang bekerja sesuai dengan kebutuhan pencahayaan lingkungan sekitar.

Pengujian sistem dibedakan kedalam empat kategori tingkat kecerahan berdasarkan kondisi cahaya di lingkungan sekitar, ditambah dengan kondisi pembanding yaitu tanpa menggunakan sistem. Melalui perbandingan ini, terlihat pada angka yang jelas pada Tabel 4.23 dimana arus mengalami peningkatan secara bertahap dari 0,40 A hingga 0,56 A seiring meningkatnya nilai lux, namun tetap lebih rendah dibandingkan kondisi tanpa menggunakan sistem yang menarik arus hingga 0,61 A pada kearas keabuan (grayscale levels) maksimal. Berdasarkan dari segi konsumsi biaya dengan membandingkan 4 tingkat kecerahan yaitu 30, 90, 150, 210 dengan 255 (default) dapat merepresentasikan dari masing-masing tingkat kecerahan dapat dikendalikan untuk memastikan konsumsi daya tetap terkendali sehingga tidak membebani baterai pada sistem PLTS secara berlebihan dan dapat membuat lama pakai baterai lebih panjang.

Efisiensi dibuktikan dengan melihat pada Tabel 4.23 yaitu kemampuan sistem dalam mengurangi pemborosan energi (daya) sebesar 8,2% pada tingkat kecerahan (sangat terang) dengan nilai daya 2,80 W, jika dibandingkan dengan kondisi tanpa sistem pada beban puncak (terang super) yang mencapai 3,05W. Secara teknis, efisiensi sistem juga teramati pada perpindahan ke tingkat kecerahan menengah, dimana peningkatan dari 197 lux menjadi 292 lux hanya memerlukan penambahan arus sebesar 0,02A yang mengindikasikan optimal antara emisi fotondan input energi listrik. Melalui pemanfaatan kearas keabuan (grayscale levels) sebagai pembatas tingkat kecerahan, sistem hibrida berhasil mencegah perangkat beroperasi pada arus maksimal (0,61A), sehingga tidak hanya meminimalkan konsumsi daya tetapi juga mengurangi risiko kerusakan komponen akibat panas berlebih dari disipasi daya yang tidak terkendali.

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dari hasil pengujian dan analisis sistem pengendalian daya LED dot matriks, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Efisiensi daya melalui kendali tingkat kecerahan, penggunaan sistem kendali

kecerahan otomatis berbasis sensor LDR (Light Dependent Resistor) terbukti secara efektif meningkatkan efisiensi penggunaan daya pada LED dot matriks. Dengan mengadaptasi intensitas cahaya lingkungan ke dalam empat tingkatan kecerahan (grayscale levels), sistem mampu meminimalkan konsumsi energi pada kondisi redup tanpa mengurangi visibilitas teks, sehingga memastikan efisiensi daya tetap optimal dengan arus yang stabil.

2. Perbandingan konsumsi energi pada penerapan sistem hibrida PLTS-PLN yang diatur melalui mekanisme Automatic Transfer Switch (ATS) memberikan solusi yang signifikan untuk operasional LED dot matriks, baik dalam menampilkan teks statis maupun dinamis. Sistem ini berhasil menjawab tantangan biaya operasional dengan memprioritaskan penggunaan energi surya sebagai sumber daya utama, sehingga ketergantungan pada listrik PLN dapat dikurangi secara drastis untuk penggunaan jangka panjang.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilaksanakan, terdapat beberapa poin saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan sistem pengendalian daya LED dot matriks yang akan datang, antara lain:

1. Optimalisasi algoritma sensor LDR: Pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan dengan menambahkan filter digital atau algoritma pemulusan (smoothing) pada pembacaan sensor LDR untuk mencegah fluktuasi kecerahan LED yang terlalu sensitif terhadap perubahan cahaya sesaat, seperti bayangan yang melintas.
2. Integrasi monitoring jarak jauh: Penambahan modul komunikasi seperti IoT (Internet of Things) disarankan agar pengguna dapat memantau status perpindahan daya pada ATS dan konsumsi real-time arus serta daya melalui perangkat smartphone secara jarak jauh.

DAFTAR PUSTAKA

A. Fata, “Studi Efisiensi Energi dan Kualitas Visual Prototipe Videotron Berbasis LED Ramah Lingkungan A-71 A-72,” Proceeding Semin. Nas. Politek. Negeri Lhokseumawe, vol. 8, no. 1, hal. 71–75, 2025.

A. Saputra, H. Khumaini, dan A. Azkiya, “Perancangan Alat Monitoring Arus Pada Circuit Breaker Dengan Sensor Acs712 Menggunakan Tampilan Lcd,” I N F O R M a T I K a, vol. 14, no. 2, hal. 86, 2023, doi: 10.36723/juri.v14i2.505.

A. Umar, “Rancang Bangun Rangkaian Kontrol Otomatis Tanpa Sensor Cahaya Dan Monitoring Baterai Lampu Penerangan Jalan Panel Surya Berbasis Internet of Things (IoT),” Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro dan Inform., hal. 30–35, 2023.

C. I. Onah, “Light Emitting Diode (LED) Matrix Display Board Light Emitting Diode (LED) Matrix Display Board,” no. January 2022, 2024.

H. Yuniarti et al., “P5 Module Embedded System online training using HD-2020 for vocational students in Surabaya,” Abdimas J. Pengabdi. Masy. Univ. Merdeka Malang, vol. 7, no. 2, hal. 255–266, 2022, doi: 10.26905/abdimas.v7i2.6310.

I. Suwanda, “Sistem Monitoring Listrik Tiga Phasa Berbasis Panel LED P10,” J. Appl. SMART Electr. Netw. Syst. (Jasen.), vol. 5, no. 2, hal. 49–54, 2024.

K. Siringo, J. Siregar, dan Alvisndo, “Perancangan Display LED Dot Matriks Berbasis Arduino Uno Yang Dapat Difungsikan Sebagai Penampil Tulisan Berjalan Dan Penampil Informasi Tombol Pilih Terprogram,” J. Sains dan Teknol. ISTP, vol. 19, no. 01, hal. 18–31, 2023.

L. M. K. Amali, Y. Mohamad, A. I. Tolago, N. Elysiantobuo, dan A. Y. Dako, “Analisis Konsumsi Energi Listrik Menggunakan Metode Internsitas Konsumsi Energi,” Jambura J. Electr. Electron. Eng., vol. 6, no. 1, hal. 103–107, 2024, doi: 10.37905/jjeee.v6i1.22567.

M. A. Mufid dan E. S. Ma’arif, “Efisiensi Baterai Lithium Ion terhadap Pembatasan Arus Motor

BLDC 2000 Watt Sepeda Motor Listrik," Resist. (Elektronika Kendali Telekomun. Tenaga List. Komputer), vol. 7, no. 1, hal. 1–6, 2024.
M. Jin, X. Li, F. Yan, W. Chen, L. Jiang, dan X. Zhang, "The effects of low-color-temperature dual-primary-color light-emitting diodes on three kinds of retinal cells," J. Photochem. Photobiol. B Biol., vol. 214, hal. 112099, 2021, doi: 10.1016/j.jphotobiol.2020.112099.
M., R. Hariyanto, dan A. A. Widodo, "Ancang Bangun Alat Informasi Terdisplay Videotron Berbasis Mikrokontroler," Spirit, vol. 13, no. 1, hal. 40–43, 2021, doi: 10.53567/spirit.v13i1.199.
N. A. Hamzah, M. S. G. Mansoor, Z. S. Jabbar, Y. Niu, J. Fadhil Tawfeq, dan A. Dheyaa Radhi, "Control method of LED matrix bulletin board that can be connected to Bluetooth mobile phone," J. Pengabdi. dan Pemberdaya. Masy. Indones., vol. 3, no. 7, hal. 2023, 2023, [Daring]. Tersedia pada: https://jppmi.ptti.web.id/index.php/jppmi/
P. P. A. Santoso, F. Nopriyandy, I. F. B. Ningsih, L. D. Anjiu, dan I. Kurniawan, "Pengaruh Bentuk Rangkaian Panel Surya Terhadap Kuat Arus, Tegangan dan Daya," J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater., vol. 6, no. 1, hal. 26, 2022, doi: 10.30588/jeemm.v6i1.996.
P. Yuliantoro, S. Romadhona, dan D. O. Ayuninda, "Monitoring Power Consumption On LED Using LED Matrix P10 Panel," Jaict, vol. 8, no. 1, hal. 146, 2023, doi: 10.32497/jaict.v8i1.4072.
S. Nur, R. Nisa, S. I. Haryudo, dan A. A. Santana, "Studi Tegangan Jatuh pada Jaringan Tegangan Menengah Penyulang Sidomulyo," vol. 19, no. 03, 2025.
U. S. J R Banjarnahor, A Tanjung, "Studi Efisiensi Konsumsi Energi Listrik Pada Proses Pengolahan," SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknol. Ind., vol. 7, no. 1, hal. 16–22, 2022.
X. Xu, Q. Zhuo, C. Jiang, Z. Zhou, J. Tang, dan W. Zou, "An Adaptive High-Efficiency LED Backlight Driver," Electron., vol. 13, no. 15, 2024, doi: 10.3390/electronics13153057.