

**OPTIMALISASI PROSES AFDRUK *SCREEN* SABLON
BERBASIS IOT (*INTERNET OF THINGS*) MENGGUNAKAN ESP 32**

(Skripsi)

Oleh

**BONIE ROMERO FALAH
NPM 1917051027**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

**OPTIMALISASI PROSES AFDRUK *SCREEN* SABLON
BERBASIS IOT (*INTERNET OF THINGS*) MENGGUNAKAN ESP 32**

Oleh

BONIE ROMERO FALAH

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA KOMPUTER**

Pada

**Jurusan Ilmu Komputer
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

**OPTIMALISASI PROSES AFDRUK *SCREEN* SABLON
BERBASIS IOT (*INTERNET OF THINGS*) MENGGUNAKAN ESP 32**

Oleh

BONIE ROMERO FALAH

Proses afdruk merupakan tahapan krusial dalam industri sablon manual yang sangat menentukan kualitas hasil cetakan. Saat ini, banyak pelaku usaha sablon masih melakukan proses penyinaran (*exposure*) secara manual, baik menggunakan sinar matahari maupun lampu konvensional tanpa acuan waktu yang presisi. Hal ini sering menyebabkan kegagalan teknis seperti *overexposure* atau *underexposure* serta ketidakefisienan waktu dan tenaga. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan proses afdruk melalui pengembangan sistem penyinaran otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan merancang sistem yang mengintegrasikan sensor suhu dan kelembaban (DHT22), sensor intensitas cahaya (LDR), serta modul *relay* untuk mengontrol delapan lampu TL LED 10 Watt. Sistem ini dirancang dengan dua mode operasional: mode manual menggunakan tombol fisik dan mode otomatis melalui antarmuka *web server* yang dapat diakses melalui *smartphone* atau laptop dalam jaringan Wi-Fi lokal. Pengujian dilakukan melalui *Black Box Testing* untuk memastikan fungsionalitas komponen dan uji kinerja untuk mengukur akurasi serta respons sistem.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja dengan sangat baik, di mana seluruh komponen berfungsi sesuai rancangan. Kecepatan respon perintah melalui *web server* tercatat kurang dari 2 detik dengan akurasi *timer* yang sangat tinggi (deviasi $\pm 0,5$ detik). Integrasi IoT melalui *web server* memungkinkan pengguna untuk mengatur durasi penyinaran secara presisi berdasarkan parameter *mesh count* dan ukuran desain, sehingga meningkatkan konsistensi kualitas afdruk dan efisiensi operasional bagi pelaku usaha sablon.

Kata Kunci: Afdruk Sablon, IoT, ESP32, Otomatisasi, Web Server.

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF SCREEN PRINTING EXPOSURE PROCESS BASED ON IOT (INTERNET OF THINGS) USING ESP32

By

BONIE ROMERO FALAH

The exposure process is a crucial stage in the manual screen printing industry that significantly determines the quality of the prints. Currently, many screen printing businesses still perform the exposure process manually, using either sunlight or conventional lamps without precise timing. This often leads to technical failures such as overexposure or underexposure, as well as inefficiency in time and labor. This study aims to optimize the exposure process by developing an automated exposure system based on the Internet of Things (IoT) using the ESP32 microcontroller.

The research method employed is experimental, involving the design of a system that integrates temperature and humidity sensors (DHT22), light intensity sensors (LDR), and relay modules to control eight 10-Watt LED TL lamps. The system is designed with two operational modes: a manual mode using physical buttons and an automatic mode via a web server interface accessible through smartphones or laptops within a local Wi-Fi network. Testing was conducted using Black Box Testing to ensure component functionality and performance testing to measure system accuracy and response.

The results show that the system operates excellently, with all components functioning as designed. The response speed via the web server was recorded at less than 2 seconds, with high timer accuracy (deviation of ± 0.5 seconds). IoT integration through the web server allows users to set precise exposure durations based on mesh count and design size parameters, thereby increasing the consistency of exposure quality and operational efficiency for screen printing businesses.

Keywords: Screen Printing Exposure, IoT, ESP32, Automation, Web Server.

Judul Skripsi : **OPTIMALISASI PROSES AFDRUK *SCREEN*
SABLON BERBASIS IOT (*INTERNET OF
THINGS*) MENGGUNAKAN ESP 32**

Nama Mahasiswa : **Bonie Romero Falah**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1917051027

Program Studi : S1 Ilmu Komputer

Jurusan : Ilmu Komputer

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama

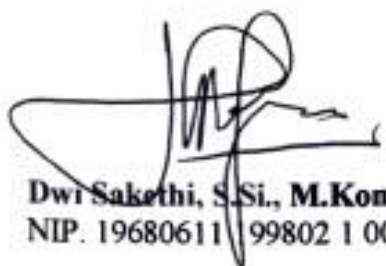


Febi Eka Febriansyah, M.T
NIP. 19800219 200604 1 001

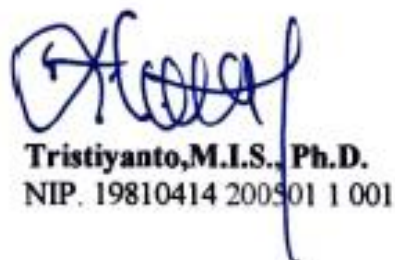
2. Mengetahui

Ketua Jurusan

Ketua Program Studi S1 Ilmu Komputer



Dwi Sakethi, S.Si., M.Kom.
NIP. 19680611 199802 1 001



Tristiyanto, M.I.S., Ph.D.
NIP. 19810414 200501 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Febi Eka Febriansyah, M.T.**



Penguji I : **Ossy Dwi Endah Wulansari, S. Si., M.T.**



Penguji II : **Bambang Hermanto, S.Kom., M.Cs.**

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **26 Januari 2026**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bonie Romero Falah

NPM : 1917051027

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "**OPTIMALISASI PROSES AFDRUK SCREEN SABLON BERBASIS IOT (*INTERNET OF THINGS*)**

MENGGUNAKAN ESP 32" merupakan karya saya sendiri, bukan karya orang lain.

Semua tulisan yang tertulis dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Jika di kemudian hari terbukti bahwa karya tulis ilmiah saya terbukti hasil menjiplak karya orang lain, maka saya siap menerima sanksi berupa pencabutan gelar yang saya peroleh.

Bandar Lampung, 10 Februari 2026

Penulis,



Bonie Romero Falah

NPM. 1917051027

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 3 Juli 2001, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara dari Bapak Supangat dan Ibu Sigit Eti Winarti. Penulis menyelesaikan pendidikan formal di SDN 2 Beringin Raya Bandar Lampung dan selesai pada Tahun 2013, dilanjutkan Pendidikan Menengah Pertama di SMPN 14 Bandar Lampung yang diselesaikan pada Tahun 2016 dan melanjutkan ke Pendidikan Menengah

Atas di SMAN 1 Gedongtataan yang diselesaikan pada Tahun 2019. Pada Tahun 2019 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis melakukan beberapa kegiatan antara lain.

1. Menjadi Koordinator Lapangan pada Pengenalan Kehidupan Kampus Bagi Mahasiswa Baru Tingkat Universitas, Fakultas dan Jurusan Ilmu Komputer Pada Tahun 2019.
2. Menjadi anggota bidang Kaderisasi Himpunan Mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer pada periode 2019.
3. Menjadi anggota HPDD pada Acara Pekan Raya Jurusan (PRJ) Ilmu Komputer 2019.
4. Menjadi Kakak Asuh Divisi Acara Pada Program Orientasi Mahasiswa Baru Jurusan Ilmu Komputer 2020.
5. Menjadi Ketua Bidang Internal Himpunan Mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer pada periode 2021/2022.
6. Menjadi Pembimbing Senior Divisi Acara Program Orientasi Mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer 2021

7. Menjadi Panitia Pengarah Presidium Pelaksana Kompetisi Olahraga Keluarga Ilmu Komputer tahun 2021.
8. Mengikuti Kerja Praktik di Sma N 1 Gedongtataan pada Januari – Februari 2022.
9. Mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode 1 tahun 2022 di Desa Belimbing Sari Jabung Lampung Timur.
10. Menjadi Pembicara Pada acara Sosialisasi Jurusan Ilmu Komputer FMIPA Universitas Lampung Kepada Guru dan Siswa SMA Se-Provinsi Lampung pada Tanggal 2022.
11. Mengikuti sharing session draw of harmony yang di adakan oleh tim Bandhayudha undip Robotics Development Center Universitas Diponogoro 2025.
12. Mengikuti Showcase Ilmu Komputer Fmipa Unila pada 2025.
13. Pembicara Pada Acara Kunjungan Smk Cefada Bandar Lampung 2025.

MOTTO

*"Tuhanmu tidak meninggalkanmu dan tidak (pula) membencimu."
(Q.S. Ad- Duha : 3)*

*"Bersyukur atas apa yang ada, berjuang untuk apa yang belum nyata, Fainna ma'al 'usri
yusran, inna ma'al 'usri yusran."
(QS. Ibrahim: 7, QS. Ar-Ra'd: 11, QS. Al-Insyirah: 5&6)*

*"Bukan akhir, hanya jeda. Karena aku adalah penulis atas hidupku sendiri; dan ceritaku
masih panjang."
(Author)*

*"Menjadi utuh bukan berarti tidak ada retakan. Menjadi utuh adalah saat kamu memutuskan
untuk memungut potongan dirimu sendiri dan merangkainya kembali, tanpa menunggu
tangan orang lain untuk melakukannya."
(Mas Koko Ganteng)*

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillah rabbil'alamin. Puji Syukur kepada Allah SWT atas berkah, Rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Sholawat serta salam tak lupa disanjungkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Kupersembahkan hasil karya ini kepada:

Ibu dan Ayah

Terima kasih karena telah melahirkan dan membesarkanku dengan penuh cinta dan kasih sayang yang tulus dan penuh kesabaran, yang selalu mengiringi perjalanan hidup penulis. Terima kasih banyak telah tanpa lelah mendidik serta memberikan do'a dan motivasi yang tak pernah luput untuk menyemangati penulis dalam mencapai kesuksesan.

Keluarga Besar dan kakak-adik

Terima kasih atas segala do'a -do'a baik, semangat, motivasi, kasih sayang dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis.

Almamater Tercinta, Sahabat dan Teman – Teman seperjuangan

Terima kepada almamater tercinta sebagai tempat menimba ilmu, serta kepada teman-teman yang telah memberikan semangat, motivasi, dan bantuan kepada penulis dalam belajar dan berdiskusi selama perkuliahan hingga penyusunan karya sederhana ini, sekaligus menjadi bagian penting dalam perjalanan berbagi pengalaman, tumbuh bersama, dan menjalani proses belajar dengan penuh makna, kebersamaan, serta dukungan yang tulus.

SANWACANA

Puji Syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“OPTIMALISASI PROSES AFDRUK *SCREEN* SABLON BERBASIS IOT (*INTERNET OF THINGS*) MENGGUNAKAN ESP 32”**. Skripsi ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan proses perkuliahan dan mendapatkan gelar Sarjana Komputer di Jurusan Ilmu Komputer FMIPA Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak lepas dari peran berbagai pihak sehingga dengan penuh rasa hormat, tulus dan syukur pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan baik. Tanpa limpahan rahmat, kesehatan, serta kekuatan dari-Nya, karya ini tidak mungkin dapat terselesaikan.
2. Ibu dan Ayah yang telah melahirkan serta membesarkan dengan cinta yang tulus, menjadi sumber kekuatan dan keyakinan dalam perjalanan hidup ini. Terima kasih atas setiap dukungan dan doa yang tak pernah putus dalam setiap perjalanan, atas cinta dan kasih sayang yang tulus dan tak terbatas serta kepercayaan yang selalu ditanamkan kepada penulis. Terima kasih pula atas kesabaran yang luar biasa, nasihat yang menguatkan serta segala bentuk pengorbanan yang tak ternilai.
3. Kakak-Adik dan Keluarga Besar tersayang. Terima kasih kepada Kakak dan Adikku yang selalu memberikan semangat, doa, dukungan dan kepercayaan kepada penulis sampai skripsi ini selesai.

4. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
5. Bapak Dwi Sakethi, M. Kom. selaku Ketua Jurusan Ilmu Komputer FMIPA Universitas Lampung.
6. Ibu Yunda Heningtyas, S. Kom., M. Kom. selaku Sekretasi Jurusan Ilmu Komputer FMIPA Universitas Lampung.
7. Bapak Tristiyanto, S.Kom., M.I.S., Ph.D. selaku Ketua Prodi S1 Ilmu Komputer FMIPA Universitas Lampung.
8. Bapak Rico Andrian, S.Si., M.Kom.. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan arahnya.
9. Bapak Febi Eka Febriansyah, M.T. selaku Pembimbing Utama yang telah membimbing saya dengan memberikan arahan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
10. Ibu Ossy Dwi Endah Wulansari, S. Si., M.T. selaku Pembahas Pertama yang telah banyak memberikan bantuan, masukan, dan bimbingan yang sangat membantu dalam proses pembuatan skripsi ini
11. Bapak Bambang Hermanto, S.Kom., M.Cs. selaku Pembahas Kedua yang telah memberikan kritik dan saran kepada penulis yang sangat membantu dalam perbaikan skripsi ini.
12. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Ilmu Komputer FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu bermanfaat.
13. Ibu Ade Nora Maela, Bang Zainuddin, Mas Nofal dan Mas Sam yang telah membantu segala urusan administrasi dan izin penulis di Jurusan Ilmu Komputer.
14. Keluarga besar Ilmu Komputer dan Himpunan Mahasiswa Ilmu Komputer (HIMAKOM), yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan perkuliahan penulis, dalam proses perkembangan diri serta turut memberikan banyak pengalaman, pelajaran berharga, dan kebersamaan yang membentuk perjalanan akademik ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan karya tulis ini masih jauh dari kata sempurna serta kesalahan yang diluar batas kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menerima saran dan kritik yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Penulis berharap karya tulis ini dapat bermanfaat bagi siapapun yang membaca skripsi ini.

Bandar Lampung, 10 Februari 2026

Bonie Romero Falah
NPM. 1917051027

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR GAMBAR	VII
DAFTAR TABEL	V
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. <i>Internet Of Things</i>	6
2.2. Otomatisasi	6
2.3. Afdruk.....	7
2.4. Web server	13
2.5. HTML	14
2.6. <i>Cascading Style Sheets (CSS)</i>	14
2.7. <i>Unified Modelling Language (UML)</i>	14
2.8. <i>Activity Diagram</i>	15
2.9. Metode Eksperimental.....	16
2.10. <i>Black Box Testing</i>	16
III. METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	20
3.2. Alat Pendukung	20
3.2.1. Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	20

3.2.2.	Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	21
3.3.	Tahapan Penelitian.....	31
3.4.	Tahapan Pengumpulan Data	33
3.4.1.	Data Primer	33
3.4.2.	Data Sekunder	33
3.5.	Analisis Kebutuhan.....	34
3.5.1.	Kebutuhan Fungsional	34
3.5.2.	Kebutuhan Non Fungsional.....	35
3.6.	UML (<i>Unified Modelling Language</i>)	36
3.7.	User Interface Lampu Afdruk Otomatis	40
3.8.	Alur Pembuatan	41
3.9.	Diagram Blok Sistem.....	42
3.10.	Rancangan Wiring Diagram	44
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	50
4.1.	Hasil.....	50
4.2.	Pembahasan	50
4.2.1.	Pembelian Komponen	50
4.2.2.	Perakitan Alat.....	53
4.2.3.	Pembuatan Program.....	54
4.2.4.	Uji coba Alat	56
4.2.5.	Pengujian Fungsional Sistem	58
4.2.6.	Uji Kinerja Sistem.....	60
4.2.7.	Tampilan.....	66
4.3.	Analisis Hasil Pengujian.....	68
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	70
5.1.	Kesimpulan.....	70
5.2.	Saran	71
	DAFTAR PUSTAKA.....	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Ilustrasi alat afdruk.....	8
2. Cairan Afdruk.....	9
3. Pengolesan Afdruk Pada Screen.....	9
4. Pengolesan Afdruk Hingga Rata	10
5. Pengeringan Obat Afdruk.....	10
6. Pemberian Minyak Pada Permukaan <i>Screen</i>	11
7. Peletakan film Desain Pada Screen.....	11
8. Penghilangan Gelembung Udara Antara Desain Film dan Screen.....	12
9. Exposure Screen Sablon.....	12
10. Pembersihan Sisa Minyak dan Penyemprotan pola Gambar	13
11. ESP 32.....	21
12. Oled Display SSD 1306.....	22
13. Switch Toggle.....	23
14. LDR.....	24
15. DHT 22.....	24
16. Adaptor.....	25
17. Relay.....	26
18. Button.....	26
19. Kabel Jumper.....	27
20. Lampu TL LED.....	28
21. Buzzer.....	28
22. Tampak Depan Box Lampu Afdruk.....	29
23. Rangkaian Lampu TL Tampak Atas Box Lampu Afdruk	30
24. Rangkaian Komponen Tampak Atas Box Lampu Afdruk	30

25. Tahapan Penelitian.	32
26. Activity Diagram Mengatur Waktu Otomatis.	36
27. Activity Diagram Mengatur Waktu Manual.	37
28. Activity Diagram Monitoring Waktu Manual.	38
29. Activity Diagram Monitoring Waktu Otomatis.	39
30. User Interface Lampu Afdruk Otomatis.	40
31. Alur Pembuatan Alat.	41
32. Diagram Blok Sistem.	42
33. Skematik diagram.	44
34. Rancangan Wiring Diagram.	45
35. Perakitan Alat.	53
36. Perakitan alat Final.	53
37. Program Arduino IDE.	54
38. Kode Program HTML.	55
39. Kode Program CSS.	55
40. Tampilan Web server pada Laptop dan PC.	66
41. Tampilan Web server Pada Smartphone.	67

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Activity Diagram.....	15
2. Penelitian Terdahulu.....	17
3. Penggunaan Pin antara ESP32 dengan Modul Relay.....	46
4. Penggunaan Module Relay ke Lampu	47
5. Penggunaan Pin antara ESP32 dengan Push Button	47
6. Penggunaan Pin antara ESP32 dengan OLED Display.....	48
7. Penggunaan Pin antara ESP32 dengan Buzzer	48
8. Penggunaan Switch utama (Switch On/Off)	49
9. Penggunaan pin DHT ke ESP	49
10. Penggunaan pin LDR ke ESP	49
11. Pembelian Komponen	51
12. Perbandingan Mode Manual vs Mode Otomatis.....	56
13. Pengujian fungsional.....	58
14. Hasil Uji Kinerja	60

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kemajuan teknologi yang pesat saat ini telah memberikan berbagai kemudahan dalam penggunaan alat dan perangkat yang menunjang kebutuhan manusia. Oleh karena itu, penting bagi kita untuk mengikuti perkembangan di bidang teknologi elektronika, baik dalam bentuk sistem manual maupun otomatis. Salah satu bidang yang turut berkembang adalah industri konveksi sablon, terutama karena meningkatnya permintaan pasar terhadap produk-produk kustom.

Sejarah sablon manual telah dikenal sejak abad ke-17 di Jepang. Saat itu, Miyazaki Yuzensai dan Shisoyou menggunakan teknik sablon tangan untuk membuat kimono dengan berbagai pola. Pada masa itu, pola-pola tersebut dibuat secara manual hingga akhirnya ditemukan metode sablon yang mampu mengurangi biaya produksi, sehingga memperluas penyebaran teknik ini ke negara-negara lain. Pada tahun 1907, Samuel Simon dari Inggris mengembangkan teknik sablon menggunakan bahan rajutan dari benang sutera halus yang menjadi cikal bakal kain kasa modern dalam dunia sablon. Setelah Perang Dunia II, teknologi sablon terus mengalami perkembangan dan inovasi, termasuk penggunaan komputer untuk menghasilkan desain yang lebih kompleks (Bagaskara dkk., 2024).

Saat ini, sablon menjadi salah satu metode populer dalam dunia percetakan modern. Proses pencetakan dilakukan dengan melukis warna pada bahan layar (*screen*), yang kemudian ditekan pada permukaan kain sehingga menghasilkan pola yang seragam dan berulang (Mustafa dkk., 2024).

Sablon merupakan media cetak yang mampu mereproduksi gambar atau tulisan pada permukaan tertentu. Pemilihan *screen* disesuaikan dengan jenis tinta dan bahan cetak yang digunakan. *Screen* terdiri dari bingkai kayu atau aluminium dan kain berbahan nilon atau poliester. Kerapatan kain *screen* ditentukan oleh kode *mesh*; semakin kecil angkanya, semakin besar pori-porinya (Bagaskara dkk., 2024).

Salah satu tahap penting dalam proses sablon adalah afdruk, yaitu proses pemindahan desain ke kain *screen* melalui metode foto-kimia. Tahap ini menggunakan emulsi fotosensitif yang dioleskan merata pada *screen* menggunakan alat bernama *coater*. Setelah emulsi mengering, desain positif (film) diletakkan di atas *screen*, lalu disinari dengan sumber cahaya seperti matahari, lampu TL, atau LED. Bagian emulsi yang terkena cahaya akan mengeras, sementara bagian yang tertutup desain akan tetap lunak. Setelah penyinaran, *screen* dicuci untuk menghilangkan emulsi lunak dan menghasilkan pola desain yang diinginkan.

Kualitas afdruk sangat bergantung pada kain monyl, yaitu kain berbahan dasar nilon atau polyester yang dirancang khusus untuk sablon. Kain ini memiliki tingkat kerapatan yang berbeda (*mesh count*) yang berpengaruh terhadap detail cetakan. Semakin tinggi *mesh count*, semakin rapat anyaman kain dan semakin detail hasil cetaknya. Pemilihan kain monyl yang sesuai sangat penting untuk menghasilkan sablon berkualitas tinggi.

Durasi penyinaran pada proses afdruk dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kekentalan emulsi, ketebalan lapisan, kerapatan *screen*, jarak antara lampu dan *screen*, serta intensitas cahaya. Oleh karena itu, penerapan sistem kontrol otomatis menjadi solusi yang efektif untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi produksi (Maxipro, 2022). Saat ini, banyak pelaku sablon masih melakukan proses afdruk secara manual dengan sinar matahari. (Djiwo dkk, 2022) Metode ini memiliki keterbatasan seperti ketergantungan pada kondisi cuaca, tidak dapat dilakukan pada malam hari, serta berisiko menimbulkan kesalahan teknis seperti *overexposure* atau *underexposure* yang dapat menurunkan kualitas hasil cetak (Wedman, 2022).

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) menghadirkan peluang untuk mengotomatisasi proses afdruk. IoT adalah konsep yang menghubungkan perangkat fisik agar dapat berkomunikasi melalui internet. Perangkat ini dapat berupa alat sehari-hari yang dilengkapi sensor, mikrokontroler, dan aktuator, sehingga dapat dikendalikan dan dipantau dari jarak jauh (Bayilmis dkk., 2022).

Dalam industri sablon, perangkat berbasis IoT dapat digunakan untuk mengatur dan memantau proses penyinaran *screen* sesuai waktu yang telah ditentukan, sehingga mengurangi kesalahan manusia dan meningkatkan efisiensi produksi. Menurut (Hmissi, 2022), IoT dalam otomasi industri digunakan untuk mengontrol dan memantau operasi mesin produksi agar lebih fungsional dan produktif melalui koneksi internet.

Sejalan dengan itu, sistem otomasi afdruk berbasis IoT dengan mikrokontroler ESP32 dapat menjadi solusi untuk mengotomatisasi proses penyinaran *screen* sablon. Sistem ini dirancang untuk terhubung dengan web server sehingga memungkinkan pengguna untuk mengatur dan memantau proses afdruk secara real-time dari jarak jauh.

Sistem ini akan dilengkapi dengan fitur seperti pengaturan durasi penyinaran otomatis, pemutusan daya otomatis (*cut off*) saat proses selesai, kontrol manual melalui tombol fisik, tampilan status dan waktu berjalan melalui OLED *display*. Dengan sistem ini, diharapkan dapat mengurangi kesalahan teknis, meningkatkan kualitas hasil sablon, serta memberikan efisiensi dan fleksibilitas yang lebih besar bagi pelaku usaha sablon.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, permasalahan yang dapat diidentifikasi adalah:

1. Proses *exposure* pada *screen* sablon belum optimal karena belum adanya acuan waktu penyinaran.
2. Proses *exposure* masih dilakukan secara manual sehingga hanya dapat dikendalikan dan dipantau dari jarak dekat, yang menyebabkan kurang efisien dalam penggunaan waktu dan tenaga.

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian sistem otomasi afdruk sablon ini adalah sebagai berikut:

1. Proses *exposure* hanya dapat dilakukan dengan ukuran desain maksimal A3.
2. Penelitian ini hanya menggunakan obat afdruk jenis Bremol RN yaitu obat emulsi berbasis minyak yang umum berada di pasaran.
3. Penelitian ini berfokus mencari waktu optimal dan efesiensi proses untuk *exposure* afdruk.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan pada latar belakang dan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menemukan dan menentukan waktu *exposure* yang optimal berdasarkan ukuran desain dan *mesh count* melalui pengujian menggunakan metode eksperimental.
2. Meningkatkan efisiensi jarak dan waktu pada proses *exposure* dengan menggabungkan sistem pengendalian dan pemantauan manual serta otomatis menggunakan *microcontroller esp 32*

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Pelaku Usaha Sablon: Sistem ini dapat membantu meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil afdruk dengan mengurangi kesalahan teknis pada proses afdruk.
2. Bagi Pengembangan Teknologi: Memberikan contoh implementasi teknologi IoT dan *microcontroller* dalam industri kreatif, khususnya pada proses sablon.
3. Bagi Peneliti: Menambah wawasan dan pengetahuan dalam pengembangan sistem otomasi menggunakan Arduino ESP32 dan integrasi dengan web server

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Internet Of Things

Internet of Things adalah sebuah teknologi dimana jaringan internet digunakan secara *real-time* atau terus menerus dengan fiturnya yang dapat melakukan kontrol jarak jauh sehingga informasi dapat diambil tanpa intervensi dari manusia, yang berarti bahwa data dapat dikumpulkan dan diproses secara otomatis tanpa campur tangan manusia (Gunawan dan Ahmadi, 2024). Penggunaan *Internet of Things* dapat menciptakan suatu ekosistem dimana perangkat keras seperti barang elektronik, kendaraan ataupun objek lainnya dapat melakukan pertukaran data yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi (Fadillah dan Gunawan, 2024). Kegiatan dapat disebut berbasis IoT saat memenuhi tiga komponen yaitu perangkat elektronik, jaringan internet dan aplikasi untuk mengontrol perangkat (Alfayed dan Purnomo, 2024).

2.2. Otomatisasi

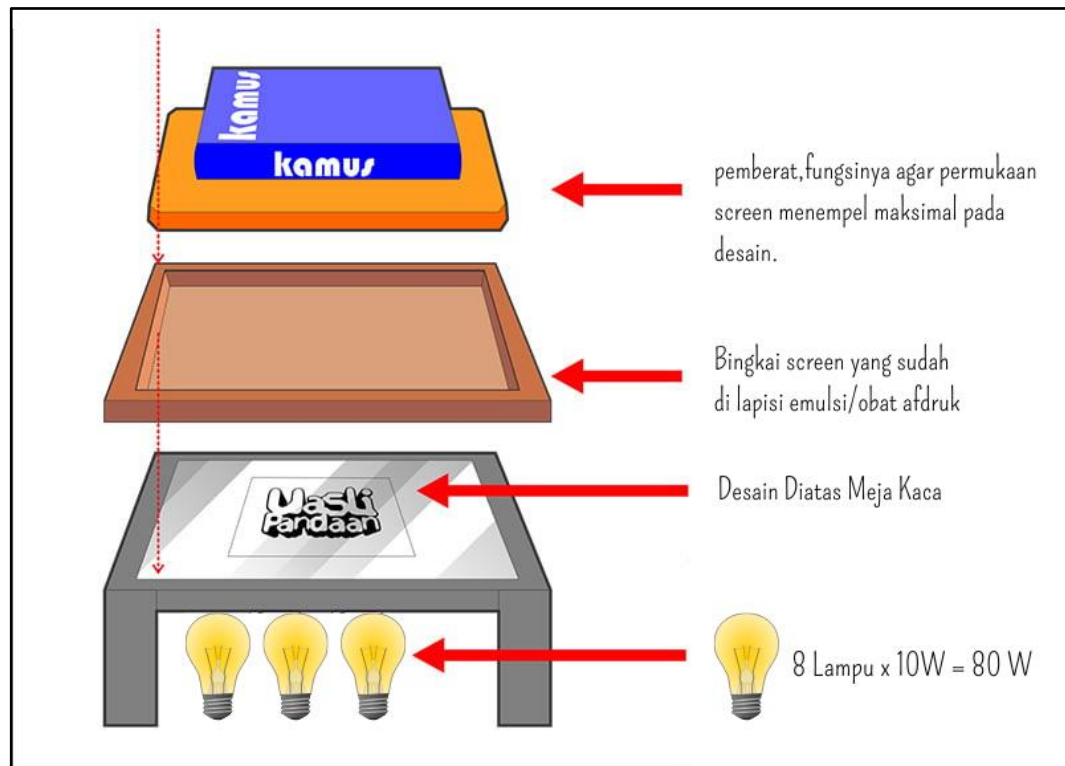
Otomatisasi merupakan istilah dalam bahasa indonesia yang berarti sebuah proses membuat sesuatu menjadi otomatis. Otomatisasi dapat meningkatkan efisiensi dalam hal tenaga maupun biaya. Sistem otomatisasi saat ini dibutuhkan untuk menggantikan tangan manusia dalam membantu dan mempermudah suatu pekerjaan dengan sistem komputer (Setiawan dkk., 2023).

2.3. Optimalisasi

Optimalisasi berasal dari kata “optimal” yang berarti sesuatu yang paling baik atau paling menguntungkan. Secara umum, optimalisasi merupakan proses atau usaha untuk membuat suatu sistem, program, atau kegiatan menjadi lebih efektif, efisien, dan bekerja secara maksimal sesuai tujuan yang ingin dicapai. Secara teoritis, optimalisasi adalah proses mencari solusi terbaik dari suatu persoalan berdasarkan kriteria tertentu. Proses ini dilakukan untuk meningkatkan hasil kerja, memperbesar keuntungan, atau mengurangi kerugian dalam batas-batas yang ada. Dengan demikian, optimalisasi dapat dipahami sebagai usaha peningkatan kinerja atau hasil suatu kegiatan agar lebih sempurna, berfungsi optimal, dan tepat sasaran sesuai pencapaian tujuan (Barlian dkk, 2024).

2.4. Afdruk Sablon

Afdruk merupakan proses foto-kimia atau iradiasi, di mana obat afdruk dioleskan pada layar untuk membentuk pola gambar. Proses Afdruk merupakan tahapan penting dalam proses cetak sablon, karena sangat mempengaruhi hasil gambar yang ingin di cetak serta daya tahan pola gambar. Proses afdruk/pengafdrukan merupakan sebuah proses pemindahan sebuah desain atau gambar film sablon ke permukaan *screen* melalui proses afdruk/expose/penyinaran. Proses ini harus dilakukan di ruang dengan pencahayaan yang minim, agar obat afdurk yang peka cahaya tidak rusak. (Widya dan Darmawan, 2022).



Gambar 1. Ilustrasi alat afdruk.

Gambar menunjukkan ilustrasi rancangan alat afdruk screen sablon yang menggunakan delapan buah lampu TL LED berdaya 10 Watt sebagai sumber penyorotan utama. Lampu-lampu tersebut disusun sejajar dan merata di atas area penyorotan untuk memastikan distribusi cahaya yang homogen pada permukaan screen. Sistem ini berfungsi untuk mempercepat proses pengeringan dan pengafdrukan emulsi secara optimal, sehingga menghasilkan kualitas cetak sablon yang lebih tajam dan konsisten. Durasi proses afdruk sangat bergantung pada kekentalan obat afdruk, cahaya yang dipancarkan oleh lampu dan juga berapa lama proses penyorotan. (Maxipro, 2022).

Berikut langkah-langkah proses persiapannya:

1. Persiapkan *screen* sablon, sepaket cairan afdruk sablon, *scoop coater*, spatula, rakel, minyak sayur, dan film sablon.
2. Tuangkan cairan afdruk sablon: emulsifier dan sensitizer ke dalam *scoop coater* secukupnya, (sesuaikan perbandingannya dengan petunjuk dari pabrik yang terdapat dalam kemasan). Kemudian aduk hingga merata menggunakan spatula



Gambar 2. Cairan Afdruk.
Sumber: Pengantar Cetak Sablon,2022.

3. *Scoop coater* yang sudah berisi campuran cairan, oleskan pada permukaan *screen* sablon Ini umum disebut dengan istilah: proses *coating* pada sablon.



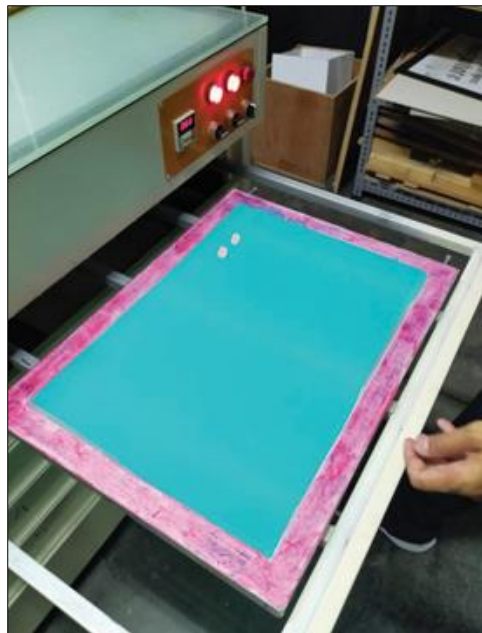
Gambar 3. Pengolesan Afdruk Pada *Screen*.
Sumber: Pengantar Cetak Sablon,2022.

4. Oleskan pada seluruh permukaan depan dan belakang *screen* sablon dengan *scoop coater*
5. Oleskan ke seluruh permukaan *screen* sablon, depan belakang dengan merata sampai menutupi permukaan *screen* sablon.



Gambar 4. Pengolesan Afdruk Hingga Rata.
Sumber: Pengantar Cetak Sablon,2022.

6. Selanjutnya adalah proses pengeringan obat afdruk sebelum dilakukan penyinaran. Pengeringan dapat menggunakan *dryer* cabinet, hotgun, *hairdryer*, ataupun kipas angin.



Gambar 5. Pengeringan Obat Afdruk.
Sumber: Pengantar Cetak Sablon,2022.

7. Tuangkan minyak sayur di atas *screen* sablon.
8. Ratakan minyak sayur dengan rakel.



Gambar 6. Pemberian Minyak Pada Permukaan *Screen*.
Sumber: Pengantar Cetak Sablon, 2022.

9. Letakkan film desain/ gambar di atas *screen* dengan posisi desain/ gambar menempel rapat pada permukaan obat afdruk dengan posisi hasil print menempel pada permukaan obat *screen* menggunakan minyak sayur sebagai perekat.



Gambar 7. Peletakan film Desain Pada *Screen*.
Sumber: Pengantar Cetak Sablon, 2022.

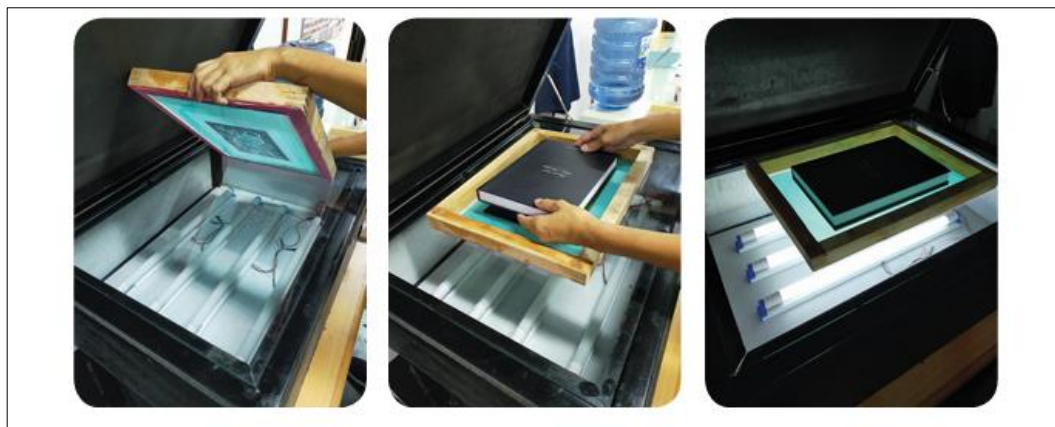
10. Gosok dengan rakel hingga gelembung udara di antara film dan obat afdruk menghilang.



Gambar 8. Penghilangan Gelembung Udara Antara Desain Film dan *Screen*.
Sumber: Pengantar Cetak Sablon, 2022.

Berikutnya adalah proses penyinaran/*exposure* film pada *screen* sablon.

11. Letakkan bagian atas *screen* yang sudah terdapat gambar model berhadapan dengan sumber cahaya.



Gambar 9. *Exposure Screen* Sablon.
Sumber: Pengantar Cetak Sablon, 2022.

12. Setelah penyinaran selesai, siram bagian depan dan belakang *screen* dengan air bersih untuk menghentikan proses pematangan obat afdruk dan akan muncul bayangan gambar model pada permukaan *screen*.

13. Semprot *screen* secara menyeluruh permukaan obat afdruck pada bagian depan dan belakang berulang kali dengan alat semprot berisi air bersih atau dengan *shower spray* untuk membuka pori pada *screen* yang nantinya akan membentuk gambar model.



Gambar 10. Pembersihan Sisa Minyak dan Penyemprotan pola Gambar.
Sumber: Pengantar Cetak Sablon, 2022.

14. Proses pengeringan dilakukan lagi sebagai tahap akhir persiapan *screen*, sebelum proses cetak sablon dengan cara dijemur atau dengan *hotgun*.(Leonardo Adi Dharma Widya dan Andreas James Darmawan, 2022)

2.5. Web Server

Web server adalah perangkat lunak atau perangkat keras yang bertugas melayani permintaan HTTP atau HTTPS dari browser dan mengirimkan kembali halaman web seperti HTML, CSS, JavaScript, maupun konten lainnya. Server ini menyimpan, memproses, dan mendistribusikan data website, baik yang bersifat statis seperti gambar dan dokumen, maupun konten dinamis yang dihasilkan melalui proses server-side seperti PHP atau framework web lainnya. Web server umumnya beroperasi melalui port 80 (HTTP) dan 443 (HTTPS) serta dapat dilengkapi fitur tambahan seperti caching, load balancing, dan sistem keamanan untuk menjaga performa dan mencegah serangan. Contoh perangkat lunak web server yang banyak digunakan adalah Apache, Nginx, dan Microsoft IIS, sedangkan perangkat kerasnya dapat berupa server fisik maupun virtual di data center atau layanan cloud (Ardiyanto dkk, 2024)

2.6. HTML

HTML (*HyperText Markup Language*) merupakan salah satu bahasa pemrograman yang digunakan dalam pembuatan website absensi pegawai kantor. Bahasa ini menggunakan tanda *tag* (< >) sebagai penanda kode yang akan diterjemahkan oleh browser agar halaman web dapat ditampilkan sesuai dengan tata letak yang telah ditentukan. HTML berfungsi untuk menyusun struktur dasar dari sebuah halaman website, sehingga dapat diibaratkan sebagai pondasi awal dalam membangun kerangka halaman web secara terstruktur sebelum masuk ke tahap desain visual dan pengembangan fungsionalitas. Selanjutnya, HTML biasanya dikombinasikan dengan bahasa pemrograman CSS untuk memperindah tampilan website (Sari dkk., 2022).

2.7. Cascading Style Sheets (CSS)

CSS (*Cascading Style Sheets*) merupakan bahasa pemrograman yang digunakan untuk mengatur tampilan halaman web yang dibuat dengan HTML atau XML, meliputi pengaturan warna, tata letak, ukuran, serta posisi setiap elemen. Elemen utama dalam CSS adalah *selector* yang berfungsi untuk menentukan elemen HTML yang akan diberikan gaya. Konsep *cascading* digunakan untuk menetapkan prioritas gaya berdasarkan tingkat spesifisitas, urutan penulisan, dan sifat pewarisan. Selain itu, CSS menerapkan *box model* yang terdiri dari konten, *padding*, *border*, dan *margin*, serta mendukung sistem tata letak *modern* seperti *Flexbox* dan *Grid* guna menciptakan desain web yang responsif, teratur, dan memberikan pengalaman pengguna yang optimal (Jain dkk, 2024).

2.8. Unified Modelling Language (UML)

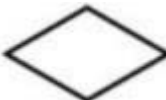
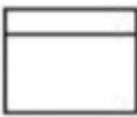
Unified Modeling Language (UML) merupakan bahasa standar yang digunakan untuk memodelkan sistem perangkat lunak dengan tujuan memvisualisasikan, menjelaskan, membangun, serta mendokumentasikan komponen sistem. Layaknya seorang arsitek yang merancang bangunan, pengembang perangkat lunak memanfaatkan diagram UML untuk membantu merancang sistem yang kompleks.

Beberapa jenis diagram yang sering digunakan antara lain *Use Case Diagram* untuk menggambarkan fungsi dan interaksi sistem, *Activity Diagram* untuk menunjukkan alur aktivitas, *Sequence Diagram* untuk menjelaskan urutan interaksi antar objek, serta *Class Diagram* untuk memperlihatkan struktur dan hubungan antar kelas (Khairunnisa & Voutama, 2024).

2.9. Activity Diagram

Activity Diagram digunakan untuk menggambarkan berbagai aktivitas yang terjadi dalam suatu sistem, menunjukkan cara setiap fungsi bekerja, serta menjelaskan bagaimana suatu proses berakhir. Diagram ini berfungsi untuk memodelkan rangkaian peristiwa atau kejadian yang terjadi dalam suatu *use case* (Rahmadani dkk., 2020).

Tabel 1. *Activity Diagram*

No	Gambar	Nama	Keterangan
1		Status Awal	Status awal aktivitas sistem, sebuah diagram aktivitas memiliki sebuah status awal.
2		Aktivitas	Aktivitas yang dilakukan sistem, aktivitas biasanya diawali dengan kata kerja.
3		Percabangan	Asosiasi percabangan dimana jika ada pilihan aktivitas lebih dari satu.
4		Status Akhir	Status akhir yang dilakukan sistem, sebuah diagram aktivitas memiliki sebuah status akhir.
5		Swimlane	<i>Swimlane</i> memisahkan organisasi bisnis yang bertanggung jawab terhadap aktivitas yang terjadi.

2.10. Metode Eksperimental

Metode eksperimental adalah pendekatan penelitian yang digunakan untuk menguji hipotesis melalui percobaan yang terkendali. Metode penelitian eksperimental merupakan penelitian kausal (sebab-akibat) antara variabel satu dan yang lain yang pembuktiannya didapatkan melalui perbandingan. Melalui penggunaan metode ini peneliti dapat mengoptimalkan desain alat IoT, memeriksa apakah alat dapat memenuhi standar yang dibutuhkan dan melakukan identifikasi masalah yang terjadi. Penelitian dengan serangkaian eksperimen dilakukan untuk mendapatkan desain dan alat yang lebih baik dengan melakukan beberapa tahap (Calderon dkk., 2024).

2.11. Black Box Testing

Black Box Testing atau pengujian kotak hitam adalah teknik untuk mengevaluasi kualitas perangkat lunak dengan fokus pada fungsionalitas. Salah satu tujuan utama pengujian *Black Box* adalah untuk menemukan berbagai jenis kesalahan, termasuk kesalahan fungsi yang tidak tepat atau tidak ada, kesalahan antarmuka atau UI, masalah dengan struktur data dan akses basis data, ketidakefektifan performa, dan kesalahan inisialisasi dan terminasi. Metode ini memungkinkan uji coba perangkat lunak tanpa mengetahui bagaimana struktur kode sumber atau rincian internalnya. Sebaliknya, ia menekankan pada fitur eksternal yang dapat diakses oleh pengguna akhir (Christian & Voutama, 2024).

Tabel 2. Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti dan Tahun	Judul	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
Bagaskara dkk., (2024)	Analisis teknik produksi dalam UMKM sablon untuk meningkatkan daya saing ekonomi: Studi pada UMKM Sablon MyBlessing Cloth Solo	Penelitian ini menemukan bahwa keterlibatan komunitas secara aktif dalam praktik produksi sablon mampu meningkatkan keberlanjutan usaha melalui peningkatan pengetahuan, efisiensi proses, pengurangan limbah, serta penguatan kolaborasi antar pelaku industri sablon di Tegal.	Sama sama membahas sablon manual menggunakan <i>screen</i> printing.	Jurnal ini membahas bagaimana keterlibatan komunitas dalam proses produksi sehingga sumber daya manusia (SDM) dalam membangun umkm mampu bersaing sedangkan penulis fokus mencari cara optimal sehingga mencapai hasil yang efesien dalam produksi dan tenaga menggunakan mikrokontroler.
Hmissi, F. (2022).	<i>A survey on application layer protocols for IoT networks</i>	Penelitian ini menghasilkan pemetaan komprehensif tentang berbagai protokol lapisan aplikasi pada jaringan IoT—seperti MQTT, CoAP, AMQP, dan HTTP—dengan menilai kinerja, efisiensi, kelebihan, kekurangan, serta kesesuaiannya untuk berbagai kebutuhan implementasi IoT.	Sama-sama membahas IoT Menyoroti manfaat IoT dalam otomatisasi dan efisiensi	Jurnal ini lebih fokus pada konsep dasar dan perkembangan IoT secara umum. Sedangkan penulis menekankan integrasi IoT menggunakan ESP32 dengan antarmuka web untuk kontrol dan monitoring real-time

Robby Rizky dkk., (2020)	Implementasi Teknologi IoT pada Rumah Pintar Berbasis <i>Microcontroller</i> ESP8266	Mengembangkan sistem rumah pintar berbasis ESP8266 untuk mengontrol pencahayaan secara otomatis melalui IoT	Sama-sama berbasis IoT untuk otomatisasi perangkat. Menggunakan konektivitas internet untuk kontrol jarak jauh.	Jurnal ini lebih fokus pada rumah pintar secara umum, bukan alat penyinaran <i>screen</i> sablon. Menggunakan ESP8266, sedangkan karya penulis menggunakan ESP32.
Sanriomi Sintaro <i>et al.</i> (2021)	Sistem Pengontrol Cahaya pada Lampu Tubular Daylight Berbasis IoT	Mengembangkan sistem kendali lampu tubular daylight berbasis IoT dengan NodeMCU dan sensor LDR	Menggunakan IoT untuk kontrol otomatis. memanfaatkan sensor LDR untuk mendeteksi cahaya	Karya penulis lebih fokus pada penyinaran <i>screen</i> sablon, bukan pengendalian pencahayaan umum. Jurnal ini menggunakan NodeMCU, sedangkan karya penulis menggunakan ESP32
Chris Hamonangan Pery Pardede, dkk (2024)	Rancang Bangun Perangkat Sablon Berupa <i>Screen</i> Sablon Menggunakan Metode Quality Function Deployment (Qfd)	Quality Function Deployment (QFD) berhasil menghasilkan rancangan perangkat sablon dan storage <i>screen</i> sablon yang sesuai dengan kebutuhan pengguna, lebih ergonomis, dan mampu meningkatkan efisiensi kerja proses sablon hingga sekitar 20%, serta meningkatkan kualitas dan kerapian hasil cetak melalui pengorganisasian	Kedua penelitian sama-sama berfokus pada peningkatan efisiensi dan kualitas proses sablon melalui pengembangan alat bantu yang dirancang untuk mempermudah pekerjaan dan menghasilkan hasil sablon yang lebih baik.	Penelitian ini menekankan pada desain perangkat sablon dan storage <i>screen</i> berbasis Quality Function Deployment (QFD) secara manual dan ergonomis, sedangkan penelitian penulis berfokus pada otomatisasi proses afdruk menggunakan mikrokontroler dan teknologi IoT untuk mengatur penyinaran secara otomatis.

			penyimpanan <i>screen</i> yang lebih baik.		
Rafid Ahmad Al-Farisi <i>et al.</i> (2023)	Implementasi <i>Microcontroller</i> ESP32 pada Alat Penyinaran <i>Screen</i> Sablon PCB Otomatis Berbasis IoT	Mengembangkan alat penyinaran <i>screen</i> sablon berbasis IoT dengan ESP32 untuk efisiensi dalam proses pencetakan PCB. Menggunakan sinar ultraviolet dan sistem otomatisasi berbasis aplikasi Blynk	Sama-sama menggunakan ESP32 sebagai <i>microcontroller</i> utama. Sistem otomatisasi berbasis aplikasi Blynk Berbasis IoT untuk mengontrol perangkat dari jarak jauh	Fokus jurnal ini pada pencetakan PCB dengan <i>screen</i> sablon, sementara penulis lebih luas cakupannya. Menggunakan sinar UV sebagai metode penyinaran sedangkan penulis menggunakan lampu TL sebagai sumber cahaya.	

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan November 2024 - April 2025 yang bertempat di Jurusan Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2. Alat Pendukung

Penelitian ini menggunakan peralatan pendukung yaitu perangkat lunak (*software*) dan perangkat keras (*hardware*).

3.2.1. Perangkat Lunak (*Software*)

Perangkat lunak (*software*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem Operasi Windows 10
2. Fritzing
3. Star UML
4. Web server
5. Arduino IDE
6. Visual Studio Code

3.2.2. Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras (*hardware*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Laptop dengan spesifikasi:
 - a. *Device Name* : HP Pavilion Aero Laptop 13
 - b. *Processor* : Windows 10 Home Single Language 64-bit
 - c. *Installed RAM*: 16.0 GB
 - d. *System Type* : 64-bit operating system

2. *Microcontroller* ESP32

ESP32 adalah *microcontroller* yang diperkenalkan oleh *Espressif System* sebagai penerus dari *microcontroller* ESP8266. *Microcontroller* ini sudah dilengkapi dengan modul Wi-Fi dan Bluetooth dalam satu chip, sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi *Internet of Things* (IoT) (Liu & Wang 2022). ESP32 memiliki performa tinggi dengan konsumsi daya yang rendah, menjadikannya pilihan utama untuk pengembangan sistem berbasis IoT (Gheorghe, Stan, and Udriou 2021). Alat ini juga berfungsi sebagai perangkat untuk menghubungkan alat lain dengan menggunakan jaringan wifi dan koneksi TCP/IP (Wijayanti, 2022). Gambar dari alat ini dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 11. ESP 32.
Sumber: Dokumentasi Pribadi.

Pengembangan alat pada penelitian ini menggunakan ESP32 Devkit versi 1 pemilihan mikrokontroler ini diperuntukan untuk mengatur dan monitoring proses afdruk screen sablon secara manual dan otomatis. Jika dibandingkan dengan NodeMCU ESP8266, ESP32 Lebih baik dalam hal memori, ESP32 menyediakan lebih dari 520 KB memori yang dapat digunakan, peningkatan yang cukup besar dibandingkan milik ESP8266 dengan rentang 80-160 KB. ESP32 juga unggul dalam kemampuan GPIO (*General Purpose Input/Output*) dibandingkan dengan ESP8266. Dan juga ESP32 memiliki prosesor *Dual-Core* yang berjalan pada 240 MHz, mengungguli prosesor single-core ESP8266, yang beroperasi pada 80 MHz (Liu & Wang, 2022).

3. Oled Display I2C

OLED (*Organic Light Emitting Diode*) adalah *Light-Emitting Diode* (LED) dimana lapisan *emissive electroluminescent* merupakan lembaran senyawa organik yang akan memancarkan cahaya bila dilalui arus elektrik (Tao, 2021). *Organic Light-Emitting Diode* (OLED) merupakan sebuah semikonduktor sebagai pemancar cahaya yang terbuat dari lapisan organik. OLED digunakan dalam teknologi elektroluminensi, seperti pada tampilan layar atau *display* (Yang, 2024). *Oled Display SSD 1306 Oled I2C* adalah salah satu media tampilan yang digunakan untuk menampilkan informasi dalam bentuk teks atau grafik pada berbagai *microcontroller* seperti Arduino dan ESP32. Dapat dilihat pada Gambar 12 berikut.



Gambar 12. Oled Display SSD 1306.
Sumber: Dokumentasi Pribadi.

Layar ini memiliki kelebihan berupa kontras tinggi, hemat energi, dan tidak memerlukan *backlight*, sehingga tampilan tetap jelas meskipun dalam kondisi minim cahaya. Protokol I2C (*Inter-Integrated Circuit*) memungkinkan komunikasi dengan *microcontroller* menggunakan lebih sedikit kabel dibandingkan dengan antarmuka *Serial Peripheral Interface* atau SPI (Huang dkk., 2022) .

4. *Switch Toggle 2 Pin*

Switch Toggle 2 Pin adalah jenis sakelar listrik yang digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan aliran listrik dalam suatu rangkaian. Sakelar ini memiliki dua posisi utama, yaitu *ON* (menyambungkan arus listrik) dan *OFF* (memutuskan arus listrik). Penggunaan sakelar ini sangat umum dalam berbagai perangkat elektronik dan rangkaian listrik karena cara kerjanya yang sederhana dan andal(Feriyanto dkk., 2021).



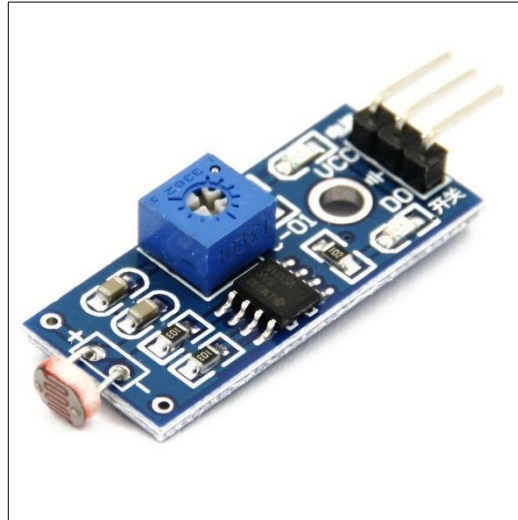
Gambar 13. *Switch Toggle*.
Sumber: Dokumentasi Pribadi.

5. LDR (*Light Dependent Resistor*)

LDR (*Light Dependent Resistor*) adalah komponen sensor cahaya yang nilai resistansinya berubah tergantung pada intensitas cahaya yang mengenainya. (Setiawan dkk., 2024).

- Ketika cahaya terang mengenai LDR, nilai resistansinya menjadi kecil, sehingga arus listrik dapat mengalir dengan mudah.

- Sebaliknya, ketika cahaya redup atau gelap, resistansinya meningkat, sehingga arus listrik sulit mengalir.

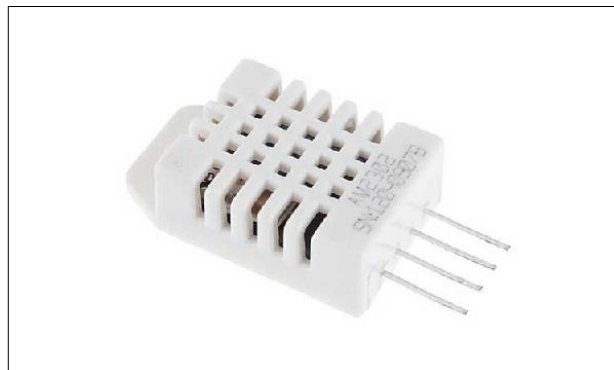


Gambar 14. LDR.

Sumber: <https://alltopnotch.co.uk/product/ldr-photoresistor-light-detection-sensor-module/> .

6. DHT 22

Sensor DHT22 adalah modul digital terintegrasi untuk pengukuran suhu dan kelembapan. Modul ini menggabungkan elemen sensor kelembapan kapasitif dengan elemen suhu (biasanya termistor) serta sebuah mikrokontroler kecil yang mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital yang dapat dibaca oleh mikrokontroler. (Azhari, dkk. 2023).



Gambar 15. DHT 22.

Sumber: https://www.instructables.com/How-to-use-DHT-22-sensor-Arduino-Tutorial/?utm_source .

7. Adaptor 12 Volt

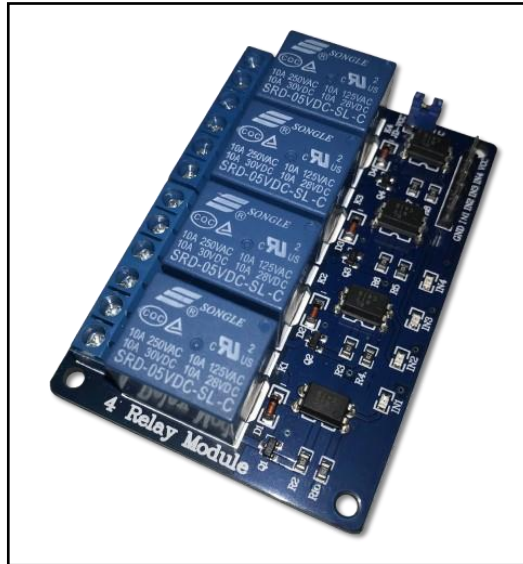
Adaptor 12 Volt adalah perangkat yang berfungsi untuk mengonversi tegangan listrik dari sumber AC (arus bolak-balik) menjadi DC (arus searah) dengan *output* sebesar 12 Volt. Adaptor ini sering digunakan untuk menyuplai daya ke berbagai perangkat elektronik, seperti modul *microcontroller*, LED strip, router, dan kamera CCTV. Selain itu, adaptor ini memiliki fitur perlindungan terhadap lonjakan arus dan kelebihan tegangan, yang membuatnya lebih aman digunakan dalam berbagai aplikasi elektronik(Saukani, 2022).



Gambar 16. Adaptor.
Sumber: Dokumentasi Pribadi.

8. Relay

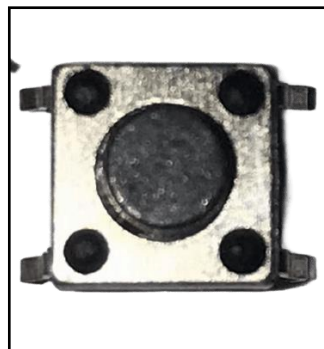
untuk mengontrol aliran listrik. Kumparan di dalam relay akan menciptakan medan magnet yang menggerakkan kontak-kontak saklar, sehingga dapat menghubungkan atau memutuskan suatu rangkaian (misel, 2024).



Gambar 17. *Relay*.
Sumber: Dokumentasi Pribadi.

9. *Button*

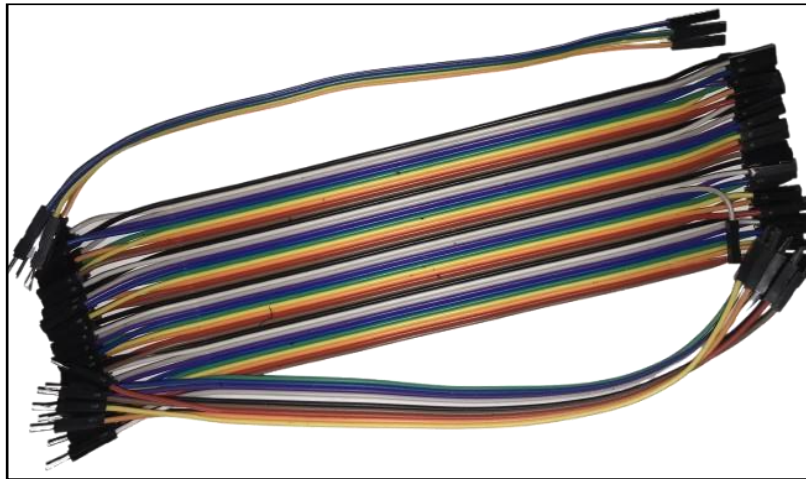
Button Adalah sebuah *input device* sederhana yang digunakan untuk mengirimkan sinyal logika ke *microcontroller*, biasanya logika *HIGH* (1) atau *LOW* (0). Ketika *button* ditekan, ia mengubah kondisi sirkuit, biasanya dari terbuka (*open*) menjadi tertutup (*closed*), memungkinkan arus listrik mengalir dan memberikan sinyal ke *microcontroller* (Maulana, 2024).



Gambar 18. *Button*.
Sumber: Dokumentasi Pribadi

10. Kabel *Jumper*

Kabel *jumper* merupakan kabel elektrik yang memiliki pin konektor di setiap ujungnya dan memungkinkan untuk menghubungkan dua komponen yang melibatkan Arduino tanpa memerlukan solder (edukasi elektronik, 2023). Gambar dari alat ini dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Kabel *Jumper*.
Sumber: Dokumentasi Pribadi

11. Lampu TL LED

Lampu TL (*Tube Luminescent*) atau *Tube Lamp* merupakan jenis lampu penerangan berbentuk tabung yang banyak digunakan karena efisiensinya (atonergi, 2023). Lampu TL LED memiliki beberapa keunggulan dibandingkan jenis lampu lainnya, di antaranya: Efisiensi Pencahayaan, bentuk tabung yang memanjang memungkinkan lampu ini memancarkan cahaya lebih luas dan merata. Emisi Panas Rendah, lampu TL LED menghasilkan panas yang lebih sedikit dibandingkan lampu konvensional sehingga lebih aman digunakan (mcbestari, 2024), Umur Pemakaian Panjang, dapat bertahan hingga 15.000 jam, menjadikannya lebih tahan lama dibandingkan lampu biasa, konsumsi daya yang lebih rendah membuat lampu ini lebih hemat energi dibandingkan lampu lain dengan tingkat pencahayaan yang sama (tirto, 2024). Dengan keunggulan-keunggulan tersebut, Lampu TL LED menjadi pilihan yang lebih efisien dan ekonomis untuk berbagai kebutuhan pencahayaan.



Gambar 20. Lampu TL LED.
Sumber: Dokumentasi Pribadi

12. *Buzzer*

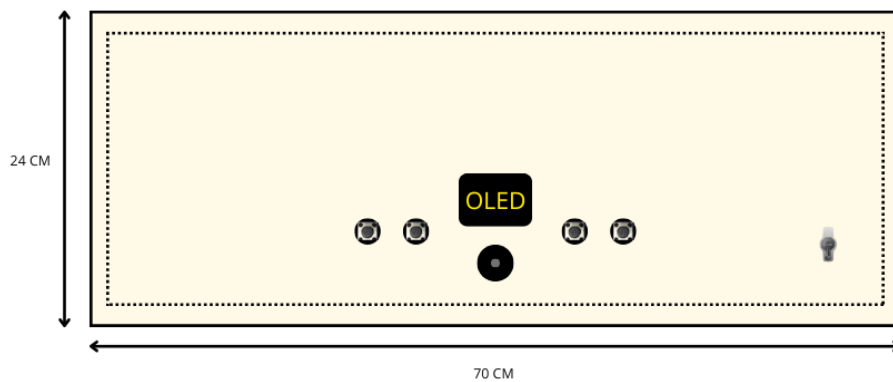
Buzzer adalah sebuah komponen elektronik yang dapat menghasilkan suara atau getaran. *Buzzer* elektronik akan menghasilkan gelombang suara ketika diberikan tegangan listrik dengan taraf tertentu, sesuai dengan spesifikasi bentuk dan ukurannya (Wanda Pratomo et al. 2021). *Buzzer* sering digunakan sebagai alarm karena penggunaannya yang sangat mudah, yaitu cukup dengan memberikan tegangan input, maka *buzzer* akan menghasilkan getaran suara berupa gelombang bunyi.



Gambar 21. *Buzzer*.
Sumber : Dokumentasi Pribadi

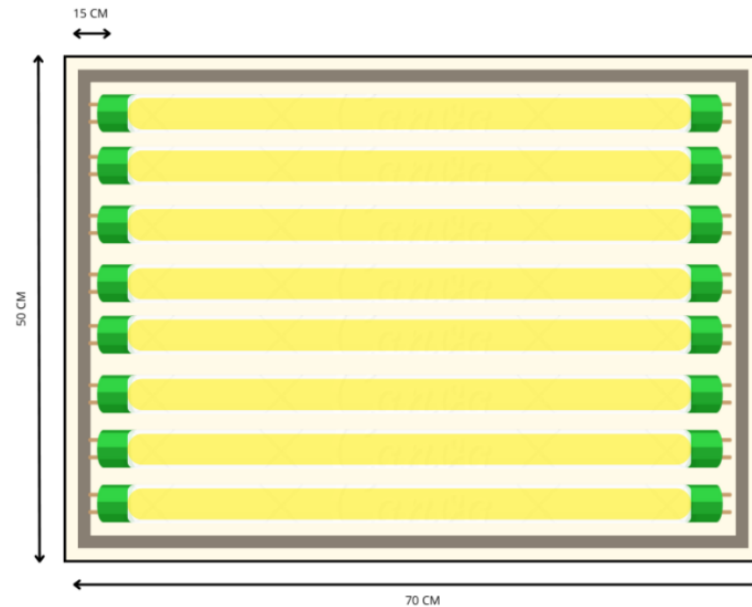
13. *Box Lampu Afdruk Sablon*

Box lampu afdruk digunakan untuk melakukan proses penyinaran terhadap *screen* sablon dengan intensitas cahaya yang stabil dan merata. Pada proses ini, lampu LED atau UV ditempatkan dalam wadah tertutup agar cahaya terfokus pada *screen* serta terlindungi dari gangguan cahaya luar. Stabilitas intensitas cahaya pada *box* afdruk memiliki pengaruh langsung terhadap ketajaman hasil cetak desain. (Pardede dkk., 2024) menjelaskan bahwa kualitas *exposure* sangat bergantung pada distribusi cahaya dan media penyinaran, serta temuan (Guntur dkk., 2022) yang menekankan bahwa penggunaan lampu LED dan perancangan *box exposure* yang optimal dapat meningkatkan akurasi proses afdruk. Berikut merupakan simulasi dari *box* lampu afdruk.



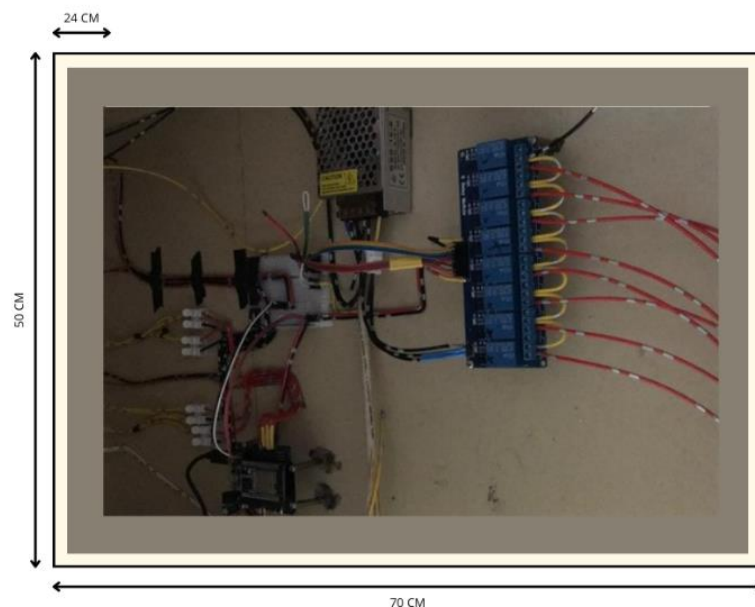
Gambar 22. Tampak Depan *Box* Lampu Afdruk.

Gambar 22 merupakan tampak depan *Box* lampu afdruk dengan spesifikasi tinggi *box* 24 cm, panjang 50 cm dan lebar 70 cm. Terdapat 4 *unit button* sebagai pengendalian waktu, 1 *unit buzzer* sebagai alarm, 1 *unit switch toggle* sebagai pengendalian tegangan yang berfungsi menghidupkan dan mematikan listrik dan 1 unit oled sebagai media visual yang menampilkan semua informasi pada lampu afdruk.



Gambar 23. Rangkaian Lampu TL Tampak Atas *Box* Lampu Afdruk

Gambar 23 merupakan rangkaian lampu tl *box* lampu afdruk tampak atas dengan spesifikasi panjang 50 cm, lebar 70 cm, tinggi *box* 24 cm dan posisi lampu 15 cm diukur dari atas *box*.

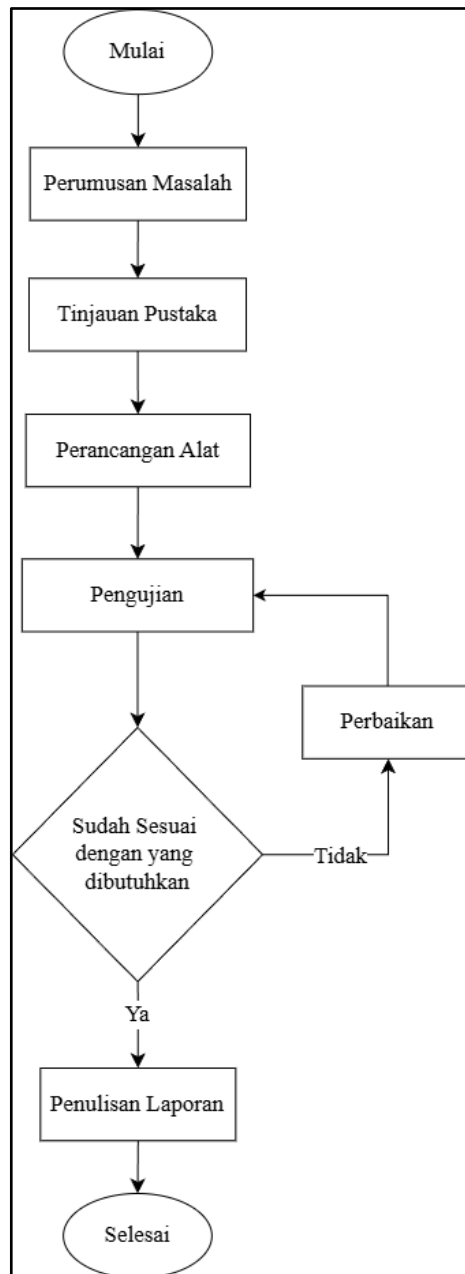


Gambar 24. Rangkaian Komponen Tampak Atas *Box* Lampu Afdruk .

Gambar 24 merupakan rangkaian komponen jika dilihat dari atas, rangkaian komponen tersebut di letakan di dasar *box*. Jika di hitung jarak dari permukaan atau atas *box* 24 cm dan 9 cm di bawah rangkaian lampu afdruk sehingga rangkaian ini tidak terlihat secara langsung.

3.3. Tahapan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa tahapan yang bertujuan untuk merancang dan membangun alat penyinaran afdruk otomatis menggunakan metode eksperimental dengan tujuan utama yaitu mampu mendeteksi intensitas cahaya, suhu dan kelembaban yang menjadi faktor penentu waktu yang optimal dalam proses penyinaran afdruk dengan parameter *Mesh Count* dan ketebalan obat afdruk. Melalui penggunaan metode ini peneliti dapat mengoptimalkan desain alat IoT, memeriksa apakah alat dapat memenuhi standar yang dibutuhkan dan melakukan identifikasi masalah yang terjadi. Penelitian dengan serangkaian eksperimen dilakukan untuk mendapatkan desain dan alat yang lebih baik dengan melakukan beberapa tahap dan dapat dilihat pada gambar 25.



Gambar 25. Tahapan Penelitian.

Berikut adalah tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini, yang dimulai dari:

1. Perumusan masalah
2. Tinjauan pustaka
3. Perancangan dan pembuatan alat IoT untuk Penyinaran *Screen* Sablon Otomatis
4. Pengujian hasil alat IOT untuk penyinaran *screen* sablon otomatis menggunakan *black box testing*.

5. Analisis hasil pengujian alat, apabila alat belum bekerja sesuai dengan yang dibutuhkan maka akan dilakukan perbaikan. Setelah alat bekerja dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan maka dapat dilakukan proses berikutnya.
6. Penulisan laporan yang mencakup tahapan penelitian, temuan, analisis dan hasil

3.4. Tahapan Pengumpulan Data

Tahapan pengumpulan data dilakukan untuk memahami konsep dan teknologi yang digunakan dengan menggunakan dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder.

3.4.1. Data Primer

Data primer diperoleh dari observasi. Teknik observasi digunakan untuk mengamati secara langsung objek penelitian mengenai pembuatan afdruk pada *screen* sablon yang masih menggunakan tenaga matahari dan percobaan menggunakan lampu TL secara berulang sampai mendapatkan waktu yang paling cepat dan optimal dengan hasil sesuai yang diharapkan..

3.4.2. Data Sekunder

Data sekunder dalam penelitian ini diperoleh melalui studi literatur dan penelitian terdahulu yang berguna untuk menunjang hasil penelitian dengan pencarian sumber materi yang relevan dengan permasalahan melalui dokumen-dokumen yang bersumber dari jurnal, buku, internet dan lainnya yang berkaitan dengan *Internet of Things*, lampu otomatis, Afdruk sablon, *monitoring* waktu, ESP32, Relay, Oled I2C, *Buzzer* dan Web server.

3.5. Analisis Kebutuhan

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan diperoleh dua kebutuhan diantaranya fungsional dan non fungsional, diantaranya sebagai berikut.

3.5.1. Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional adalah persyaratan yang mendefinisikan fungsi-fungsi spesifik yang harus dilakukan oleh sistem untuk memenuhi tujuan dan kebutuhan pengguna. Berikut ini beberapa kebutuhan fungsional untuk dapat menjalankan proses penyinaran *screen* sablon otomatis:

1. Penyinaran *screen*

Sistem penyinaran *screen* harus mampu menentukan kapan lampu menyala dan lampu mati berdasarkan waktu yang ditentukan menggunakan perangkat keras dan sistem penyinaran dapat menentukan waktu yang optimal dengan parameter *Mesh Count* dan ukuran *design* menggunakan web server dengan hitungan mundur.

2. *Monitoring* waktu

Sistem *Monitoring* waktu harus mampu menampilkan waktu pada OLED *Display* setelah waktu di *setting* dan mengirimkan data waktu berupa menit dan detik *secara real time* ke web server untuk ditampilkan, dan menyalakan *buzzer* sebagai notifikasi ke pengguna jika waktu berakhir.

3. Integrasi dengan web server

Alat harus terintegrasi dengan web server karena sistem harus memiliki *interface* pada web server yang menampilkan keterangan sensor dan keterangan saat lampu menyala atau mati serta pengaturan waktu penyinaran serta memungkinkan pengguna untuk beralih antara mode kontrol manual dan otomatis melalui web server.

4. Koneksi dan Komunikasi

ESP32 harus dapat terhubung ke jaringan Wi-Fi untuk komunikasi dengan web server dan sistem harus mampu memulihkan koneksi WiFi secara otomatis jika terputus.

3.5.2. Kebutuhan Non Fungsional

Analisis kebutuhan non-fungsional yang relevan pada saat proses perancangan dan pengembangan alat penyinaran *screen* sablon otomatis harus mempertimbangkan beberapa aspek penting yaitu:

1. Respon Kinerja Alat

Responsivitas, alat harus memberikan respon terhadap perintah penginputan waktu oleh pengguna secara *real time*

2. Pengiriman Data

Interval pengiriman data, alat harus mampu mengirim data waktu ke web server dalam interval waktu yang telah ditentukan tanpa penundaan.

3. Keamanan

Penyinaran *screen* sablon yang aman, alat harus memastikan bahwa proses penyinaran dilakukan dengan aman tanpa resiko, proses pencahayaan yang berlebih atau kurang sangat berpengaruh terhadap hasil film yang akan di buat.

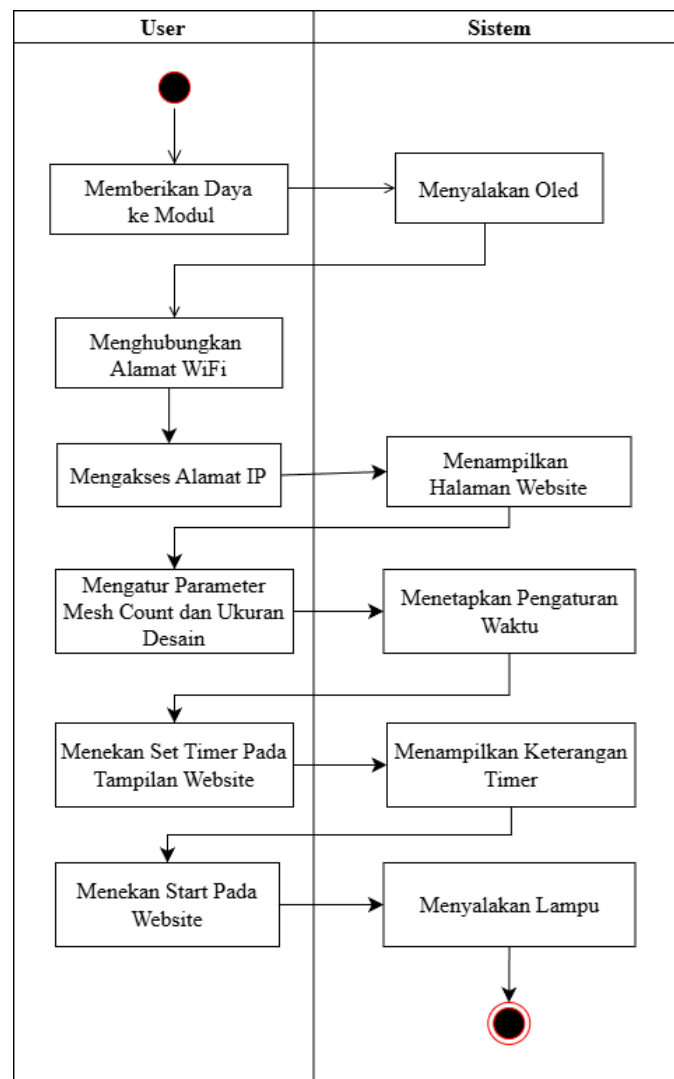
4. Kemudahan penggunaan

Antarmuka web server harus *user-friendly* dan mudah digunakan tanpa membutuhkan pelatihan khusus atau memerlukan pengetahuan teknis yang mendalam.

3.6. UML (Unified Modelling Language)

Desain sistem dilakukan dengan menggambarkan cara kerja sistem menggunakan *Unified Modeling Language* (UML). Pada Sistem penyinaran lampu afdruck otomatis, perancangan dilakukan melalui beberapa *Activity Diagram* yang menggambarkan alur aktivitas utama, meliputi *Activity Diagram* mengatur waktu otomatis, *Activity Diagram* mengatur waktu manual, *Activity Diagram* monitoring waktu manual dan *Activity Diagram* monitoring waktu otomatis.

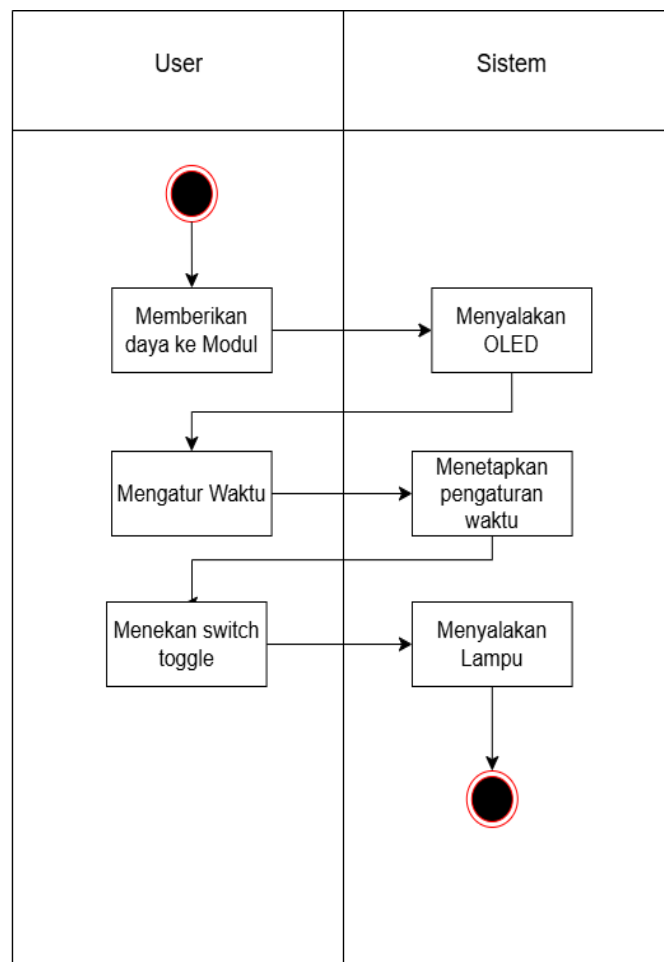
1. *Activity Diagram* Mengatur Waktu Otomatis



Gambar 26. *Activity Diagram* Mengatur Waktu Otomatis.

Dalam *Activity diagram* mengatur waktu otomatis pada Gambar 26, *User* memberikan daya ke modul dan sistem menerima daya dan menyalakan Oled kemudian *user* menghubungkan alamat wifi dan mengakses alamat IP, sistem menampilkan halaman web server, *user* mengatur parameter *mesh count* dan ukuran desain, sistem akan menetapkan pengaturan waktu sesuai parameter yang ditetapkan *user*, *user* menekan *set* waktu pada tampilan web server, sistem menampilkan keterangan waktu untuk memastikan waktu berubah sesuai parameter, *user* menekan *start* pada web server dan sistem akan menyalakan lampu.

2. Activity Diagram Mengatur Waktu Manual

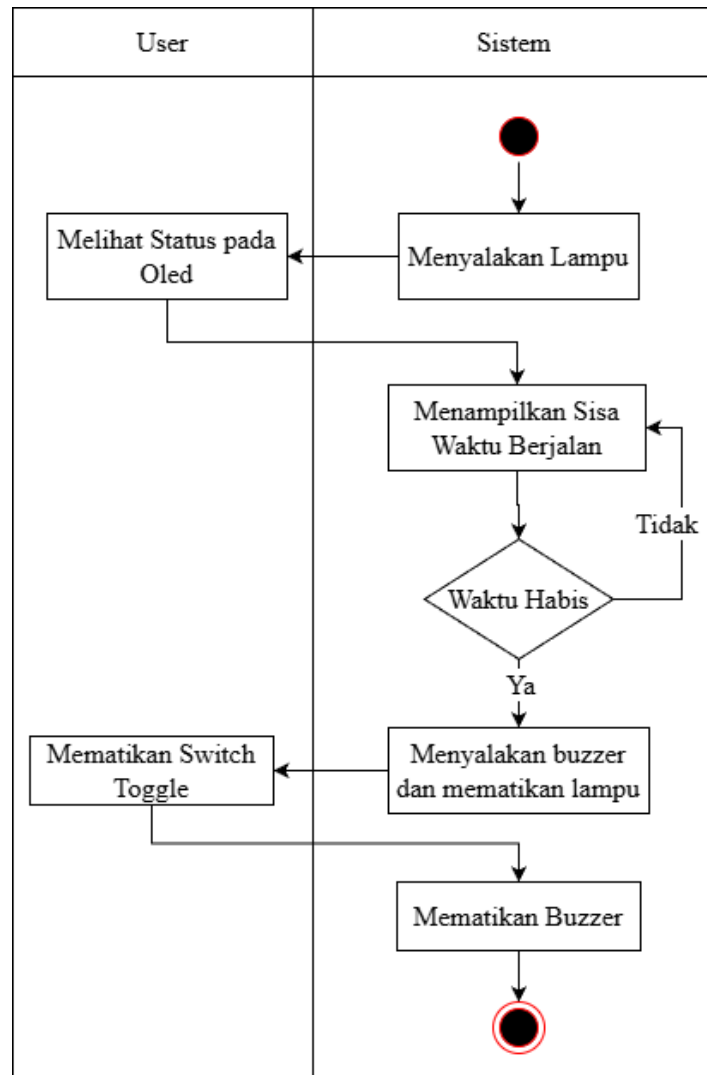


Gambar 27. Activity Diagram Mengatur Waktu Manual.

Dalam *Activity diagram* mengatur waktu manual pada Gambar 27, *User* memberikan daya ke modul dan sistem menerima daya dan menyalakan Oled

kemudian *user* mengatur waktu sistem menerima pengaturan waktu kemudian *user* menyalakan *switch* dan sistem akan menyalakan lampu.

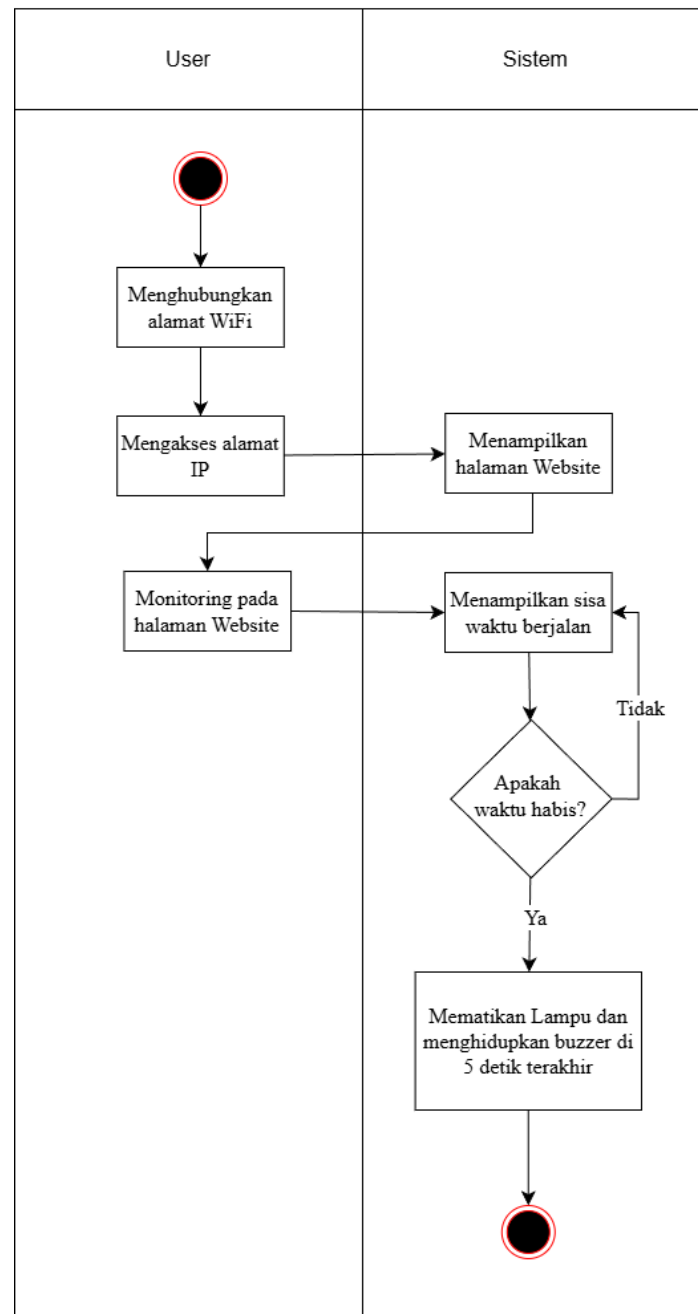
3. Activity Diagram Monitoring Waktu manual



Gambar 28. Activity Diagram Monitoring Waktu Manual.

Dalam *Activity diagram monitoring waktu manual* pada Gambar 28, sistem menyalakan lampu, *user* melihat status pada Oled, *user* menampilkan sisa waktu dan jika waktu masih berjalan sistem akan terus menampilkan sisa waktu berjalan dan jika waktu habis sistem menyalakan *buzzer* dan mematikan lampu, *user* mematikan *switch toggle*, sistem mematikan *buzzer*.

4. Activity Diagram Monitoring Waktu Otomatis

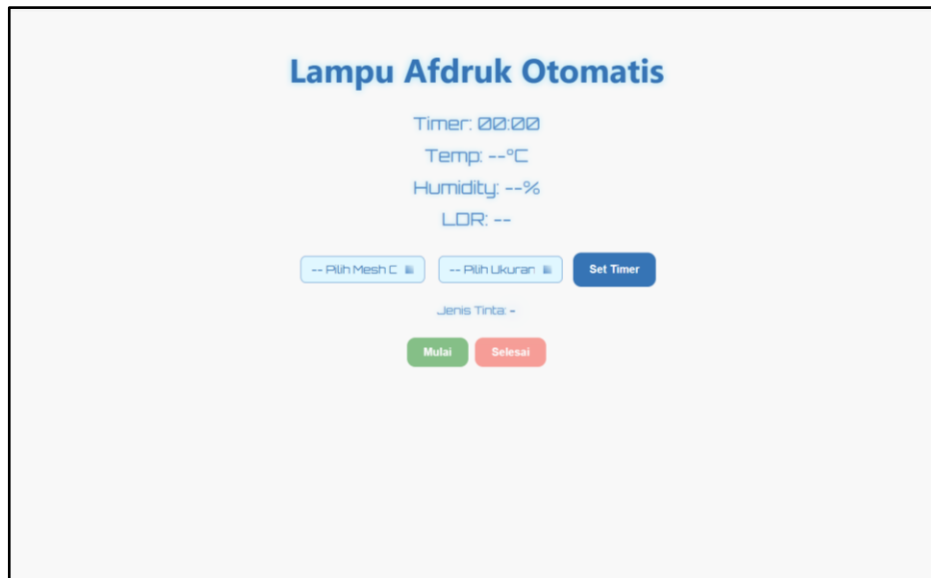


Gambar 29. Activity Diagram Monitoring Waktu Otomatis.

Dalam *Activity diagram monitoring waktu otomatis* pada Gambar 29, *user* menyambungkan Wi-Fi ke ESP 32 kemudian *user* dapat membuka web server melalui Alamat IP kemudian sistem menampilkan halaman *dashboard* sehingga *user* dapat memonitoring waktu dan sistem menampilkan sisa waktu yang berjalan.

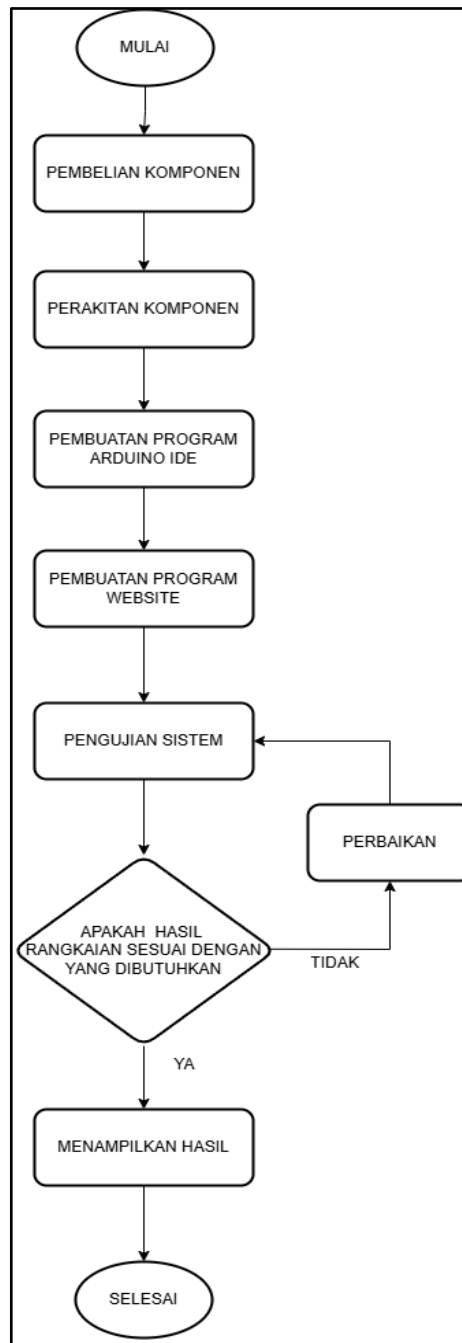
3.7. *User Interface Lampu Afdruk Otomatis*

Halaman ini berisi keterangan waktu, *temperature*, *humidity*, LDR, 2 *drop down* dan 3 buah *button* diantaranya *Set Timer*, *Start* dan *Stop*. Dapat dilihat pada Gambar 30.



Gambar 30. *User Interface Lampu Afdruk Otomatis.*

3.8. Alur Perancangan Alat

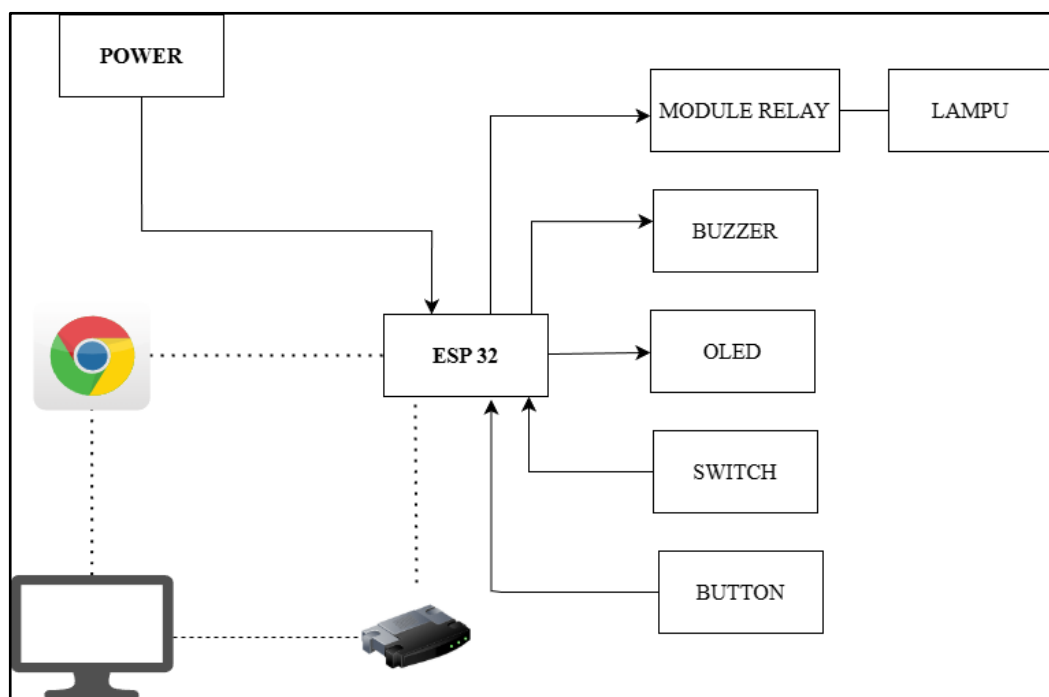


Gambar 31. Alur Pembuatan Alat.

Gambar 31 adalah langkah pembuatan alat. Pembuatan alat ini dimulai dengan pembelian komponen yang dibutuhkan untuk perancangan alat. Setelah komponen yang dibutuhkan sudah siap maka dilanjutkan dengan merakit komponen tersebut

sesuai dengan rangkaian yang sudah direncanakan. Setelah komponen terangkai maka dilanjutkan dengan pembuatan program pada Arduino IDE dan Virtual Studio Code agar dapat terkoneksi dengan pengguna. Dilanjutkan dengan pengujian sistem apabila belum sesuai dengan yang dibutuhkan maka dilakukan perbaikan dan dilakukan pengujian ulang sampai keseluruhan alat sesuai dengan yang dibutuhkan.

3.9. Diagram Blok Sistem



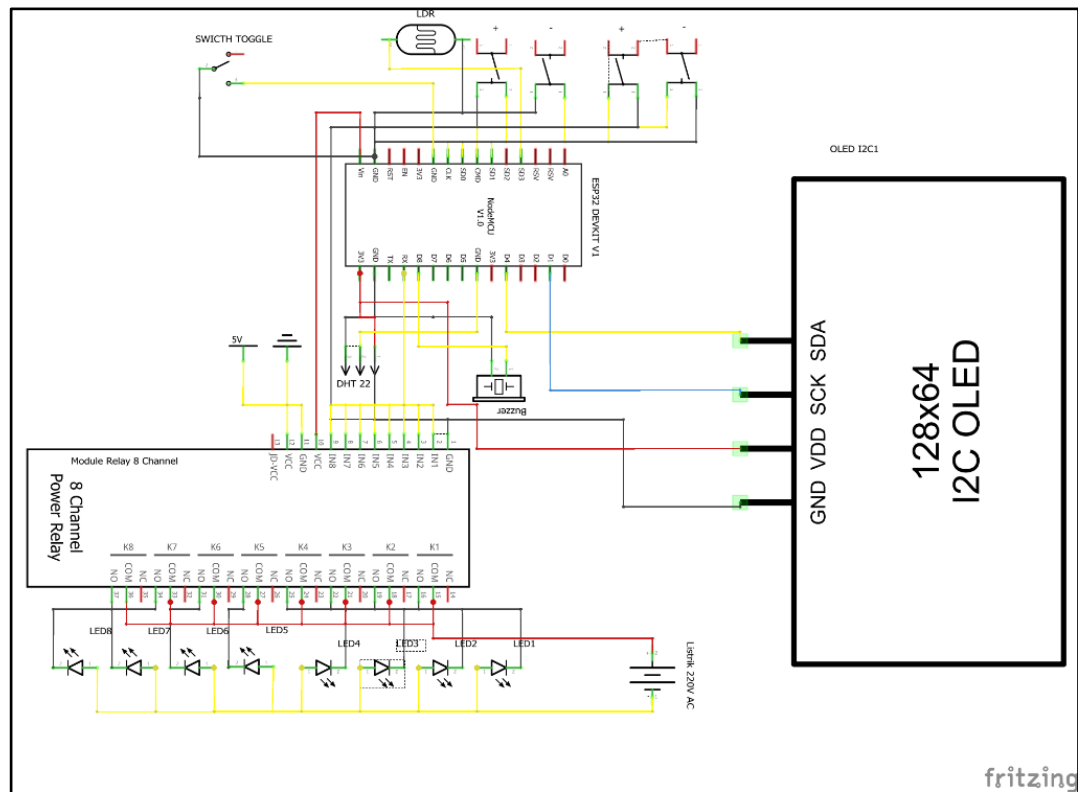
Gambar 32. Diagram Blok Sistem.

Berikut adalah penjelasan fungsi dari setiap komponen blok diagram sistem:

- a. *Power* Berfungsi sebagai sumber daya utama untuk seluruh sistem, termasuk ESP32, *Button*, *Relay*, *OLED*, dan *Buzzer*.
- b. ESP32 Mikrokontroler utama yang mengendalikan seluruh sistem. ESP32 menerima input dari web server melalui jaringan WiFi, memproses perintah, dan mengendalikan *output* seperti *Button*, *Relay*, *OLED*, dan *Buzzer*. Juga terhubung ke jaringan untuk komunikasi *cloud*.

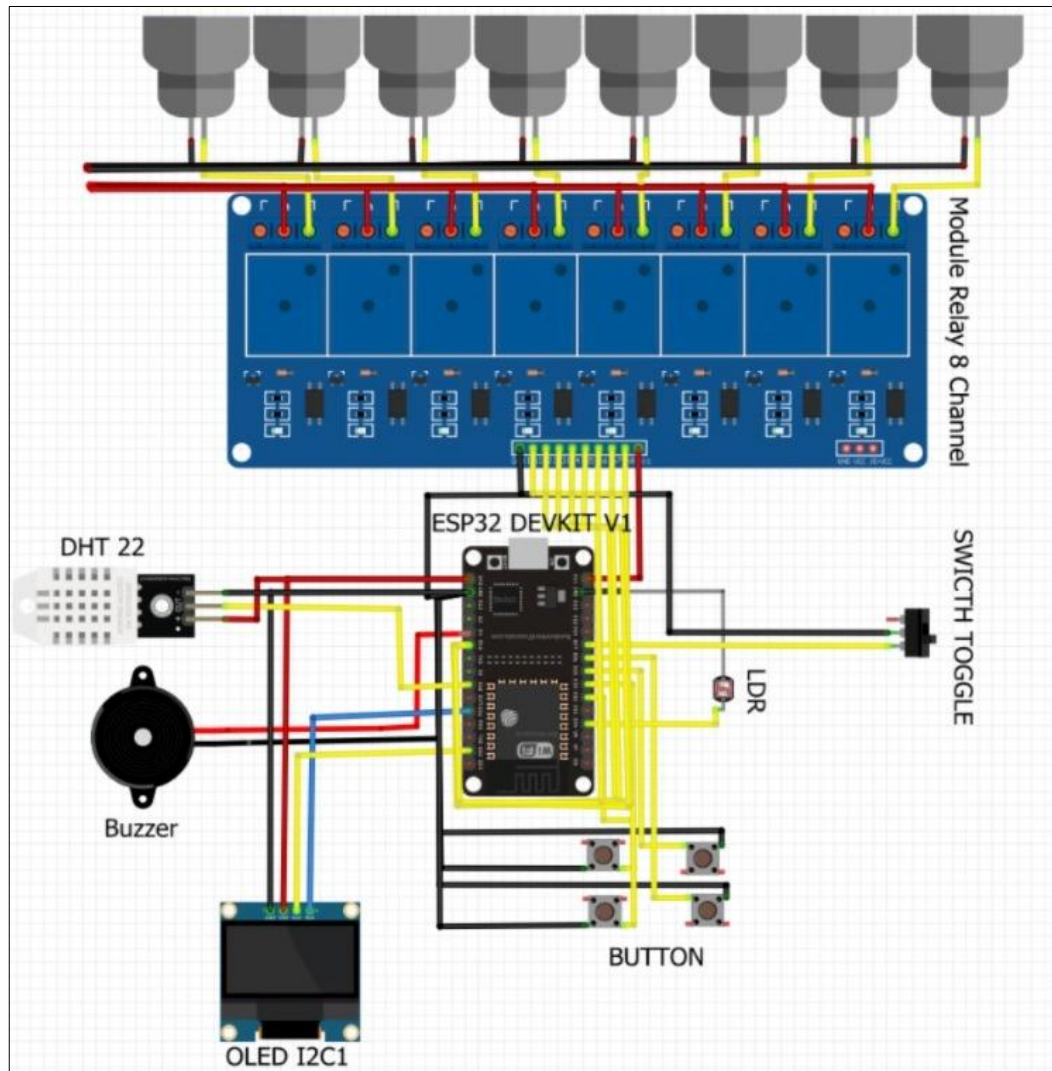
- c. *Button* terhubung dengan ESP32 untuk Tombol *input* dari pengguna secara manual. Berfungsi untuk mengatur waktu baik menambahkan atau mengurangi waktu penyinaran secara manual.
- d. *Switch* Digunakan untuk menyalakan atau mematikan perangkat seperti lampu secara fisik.
- e. *Module Relay* dikendalikan langsung oleh ESP32 untuk mengalirkan atau memutus arus listrik ke lampu. Memungkinkan kontrol listrik secara elektronik berdasarkan logika dari program.
- f. Lampu berperan sebagai perangkat *output* utama yang dikendalikan oleh *relay*. Akan menyala atau mati sesuai waktu atau perintah dari web server.
- g. *OLED Display* menampilkan informasi penting seperti status sistem, waktu yang tersisa, atau notifikasi. Membantu pengguna memantau sistem secara lokal tanpa harus membuka aplikasi.
- h. *Buzzer* memberikan umpan balik suara sebagai alarm atau notifikasi (misalnya saat proses selesai, waktu habis, atau sistem dinyalakan).
- i. Web server yang digunakan untuk mengontrol dan memonitor sistem secara jarak jauh melalui internet. Menerima *input* dari pengguna dan mengirimkan data ke ESP32.
- j. *Smartphone* (Pengguna) media antarmuka berguna untuk mengakses web server Digunakan untuk memantau sistem dan memberi perintah seperti menyalakan lampu atau mengatur durasi melalui tombol virtual.
- k. *Router WiFi* menghubungkan ESP32 dan *smartphone* ke jaringan internet dan web server diperlukan agar komunikasi jarak jauh dapat terjadi.

3.10. Rancangan Wiring Diagram



Gambar 33. Skematik diagram.

Gambar skematik diagram ini menunjukkan keseluruhan hubungan antar komponen pada sistem Lampu Afdruk Otomatis yang menggunakan mikrokontroler ESP32 DevKit V1 sebagai pusat kendali. Rangkaian mencakup sensor, aktuator, modul display, serta rangkaian kontrol relay untuk mengatur lampu penyalinan.



Gambar 34. Rancangan *Wiring Diagram*.

Wiring diagram pada Gambar 34 memiliki fungsi utama untuk menggambarkan dan menjelaskan cara koneksi dan interaksi antara berbagai komponen dalam rangkaian alat penyinaran *screen* sablon secara otomatis.

Berikut adalah penjelasan dari rancangan *wiring diagram* antara pin ESP32 dengan masing- masing komponen lainnya berupa *table* dan hubungannya antara pin satu dan pin lainnya.

Tabel 3. Penggunaan Pin antara ESP32 dengan Modul *Relay*

ESP32 NodeMCU	Warna Kabel	Module Relay (8 channel)
D16	Kuning	IN1
D16	Kuning	IN2
D16	Kuning	IN3
D16	Kuning	IN4
D16	Kuning	IN5
D16	Kuning	IN6
D16	Kuning	IN7
D16	Kuning	IN8
VIN (5V)	Merah	VCC
GND	Hitam	GND

Tabel 3 adalah penjelasan dari penggunaan pin-pin dalam rangkaian ESP32 dengan *Relay* yang berfungsi mengatur nyala/mati lampu.

1. Setiap pin digital dari ESP32 dikoneksikan ke masing-masing input (IN1–IN8) di *relay*.
2. Modul *relay* dikendalikan dengan sinyal digital untuk mengatur nyala/mati lampu TL LED.
3. VCC *relay* terhubung ke VIN (biasanya 5V dari USB).
4. GND ESP32 dan *relay* disambungkan agar sinyal terdeteksi dengan benar.

Tabel 4. Penggunaan *Module Relay* ke Lampu

<i>Module Relay</i>	Warna Kabel	Lampu
NO	kuning	Positif
COM	merah	Negatif

Tabel 4 adalah penjelasan dari penggunaan pin-pin dalam rangkaian *Relay* dan lampu. berikut penjelasan hubungan antara *Relay* dan lampu:

1. Masing-masing *channel relay* dikonfigurasi sebagai saklar untuk menghidupkan/mematikan lampu.
2. Koneksi dari COM ke NO akan menutup sirkuit ketika *relay* aktif.
3. Pada saat implementasi sumber tegangan akan menggunakan adaptor 12V 1A untuk ESP, *Power Suply* 5V 3A untuk *relay* dan tersambung ke listrik rumah.

Tabel 5. Penggunaan Pin antara ESP32 dengan Push *Button*

ESP32	Warna Kabel	<i>Push Button</i>
D25	Kuning	<i>Button 1</i>
D26	Kuning	<i>Button 2</i>
D32	Kuning	<i>Button 3</i>
D33	Kuning	<i>Button 4</i>
GND	Hitam	Semua GND

Tabel 5 adalah penjelasan dari penggunaan pin-pin dalam rangkaian ESP32 dan *Push Button*

1. *Button* digunakan untuk input manual: mengatur *timer*, dalam satuan menit dan detik.
2. GND pada semua *button* disambungkan ke GND ESP32.

Tabel 6. Penggunaan Pin antara ESP32 dengan OLED *Display*

ESP32	Warna Kabel	OLED SSD1306
GND	Hitam	GND
3.3V	Merah	VCC
D21	Kuning	SDA
D22	Biru	SCL

Tabel 6 adalah penjelasan dari penggunaan pin-pin dalam rangkaian ESP32 dan Oled *Display*.

1. OLED digunakan sebagai tampilan waktu atau status proses afdruk.
2. Komunikasi via protokol I2C: SDA dan SCL.

Tabel 7. Penggunaan Pin antara ESP32 dengan *Buzzer*

ESP32	Warna Kabel	<i>Buzzer</i>
D4	Merah	Positif (+)
GND	Hitam	Negatif (-)

Tabel 7 adalah penjelasan dari penggunaan pin-pin dalam rangkaian ESP32 dan *Buzzer*.

1. *Buzzer* aktif digunakan untuk notifikasi misalnya selesai afdruk.
2. *Buzzer* menyala saat 5 detik akhir sebelum waktu habis dan tidak akan mati sebelum *switch* dimatikan.
3. Dapat dinyalakan dengan sinyal *HIGH* dari pin digital ESP32

Tabel 8. Penggunaan *Switch* utama (*Switch On/Off*)

ESP32/<i>Breadboard</i>	Warna Kabel	<i>Switch</i>
D27	Merah	Satu sisi <i>switch</i>
GND	Hitam	GND umum

Tabel 8 adalah penjelasan dari penggunaan pin-pin dalam rangkaian ESP32 dan *Switch*.

1. *Switch* utama untuk menghidupkan/mematikan sistem atau sebagai tombol *stop/start*.

Tabel 9. Penggunaan pin DHT ke ESP

ESP32/<i>Breadboard</i>	Warna Kabel	DHT
D18	kuning	input
GND	Hitam	GND umum
Vin	merah	Vcc

Tabel 9 adalah penjelasan dari penggunaan pin-pin dalam rangkaian ESP32 dan DHT 22.

Tabel 10. Penggunaan pin LDR ke ESP

ESP32/<i>Breadboard</i>	Warna Kabel	LDR
D34	kuning	AO
GND	Hitam	GND umum
Vin	merah	Vcc

Tabel 10 adalah penjelasan dari penggunaan pin-pin dalam rangkaian ESP32 dan LDR.

V.KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, perancangan, serta pengujian yang telah dilakukan terhadap alat Lampu Afdruk Otomatis Berbasis ESP32, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, sebelumnya proses *exposure* sering mengalami *over exposure* maupun *under exposure* karena tidak adanya acuan waktu yang tepat. Alat *exposure screen* sablon yang dikembangkan dalam penelitian ini berhasil memenuhi kebutuhan pengguna dengan kemampuan menentukan waktu *exposure* yang optimal berdasarkan parameter ukuran desain dan *mesh count*/kerapatan screen, serta memberikan rekomendasi jenis cat yang sesuai. Penentuan waktu ini dilakukan menggunakan metode eksperimental sehingga hasil *exposure* menjadi lebih konsisten dan terukur. Selain itu, sistem juga telah dilengkapi dengan fitur *timer* otomatis yang memiliki akurasi tinggi dengan deviasi kurang dari satu detik, serta mampu mematikan lampu penyinaran secara otomatis setelah waktu yang ditentukan berakhir. Kombinasi antara penentuan waktu optimal dan *timer* otomatis ini memberikan dampak signifikan terhadap optimalisasi proses afdruk, meningkatkan efisiensi kerja, mengurangi risiko kesalahan, serta menghasilkan kualitas *screen* sablon yang lebih stabil dan dapat direplikasi.
2. Sistem kontrol *exposure* yang dikembangkan mampu menggabungkan dua mode pengoperasian, yaitu kontrol manual melalui tombol fisik dan kontrol otomatis melalui web server lokal berbasis Wi-Fi, sehingga proses

pengendalian dan pemantauan dapat dilakukan secara fleksibel tanpa harus selalu berada di samping alat seperti pada metode manual sebelumnya. Integrasi ini tidak hanya mempermudah operator dalam menjalankan proses afdruk, tetapi juga memungkinkan pengguna melakukan aktivitas lain secara bersamaan, seperti menyiapkan desain atau memindahkan desain ke media kerja. Selain itu, kemampuan sistem untuk bekerja secara lokal tanpa memerlukan koneksi internet eksternal menjadikan alat lebih praktis, cepat diakses, dan stabil digunakan dalam lingkungan produksi. Secara keseluruhan, kombinasi fitur ini memberikan peningkatan signifikan terhadap efisiensi kerja, konsistensi hasil afdruk, serta kemudahan kontrol dan *monitoring*, sehingga sistem dinilai layak diterapkan dalam proses produksi sablon secara nyata.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, perancangan, dan pengujian yang telah dilakukan terhadap alat afdruk otomatis berbasis ESP32, penulis memberikan beberapa saran konstruktif untuk pengembangan sistem di masa mendatang. Saran ini disusun secara komprehensif dan dilengkapi dengan arahan teknis (*clue*) agar peneliti selanjutnya dapat melanjutkan dan mengembangkan penelitian tanpa memulai dari awal.

1. Menambahkan fitur penyimpanan data (log data sensor dan waktu penyinaran) agar hasil penggunaan dapat direkam dan dianalisis secara historis.
 - Gunakan SPIFFS sebagai penyimpanan internal atau *MicroSD Module* jika membutuhkan kapasitas yang lebih besar.
 - Gunakan format CSV untuk analisis di Excel atau JSON untuk integrasi dengan sistem web.
 - Tambahkan menu Riwayat Penggunaan pada web interface yang menampilkan tabel log otomatis.

- Data yang direkomendasikan untuk disimpan mencakup: waktu mulai, waktu selesai, durasi penyinaran, intensitas cahaya (LDR), serta suhu & kelembapan (DHT22).
2. Mengembangkan tampilan web server agar lebih interaktif dan responsif dengan menggunakan framework front-end seperti Bootstrap atau Tailwind CSS pada halaman HTML yang disimpan di SPIFFS, merapkan AJAX atau *WebSocket* untuk memperbarui data tanpa *refresh* halaman, Sertakan fitur *dark mode* dan *layout grid* untuk tampilan lebih profesional.
 3. Menambahkan fitur notifikasi otomatis melalui WhatsApp atau Telegram seperti *Fonnte API*, *CallMeBot API*, atau *Telegram Bot API*. sebagai pengingat ketika proses afdruk selesai.
 4. Mengintegrasikan sistem dengan kontrol berbasis IoT (Internet of Things) yang dapat diakses dari mana saja melalui jaringan internet global seperti *MQTT broker* (HiveMQ, EMQX), Tambahkan fitur login atau autentikasi sederhana untuk keamanan akses.
 5. Melakukan uji coba lapangan dalam jangka waktu panjang untuk menilai ketahanan komponen dan stabilitas sistem pada kondisi operasional sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Farisi, R., Topan, P. A., Andriani, T., & Hidayatullah, M. (2023). *Implementation of ESP32 microcontroller on IoT-based automatic PCB screening equipment: Implementasi mikrokontroler ESP32 pada alat penyinaran screen sablon PCB otomatis berbasis IoT*. *Journal Altron; Journal of Electronics, Science & Energy Systems*, 2(01), 28–36.
- Alfayed, M. H., & Purnomo, A. S. (2024). Prototipe alat pemberi pakan kucing otomatis berbasis Internet of Things. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 8(1).
- Atonergi. (2023, Mei 30). Kelebihan dan kegunaan lampu Sehen LED. Diambil kembali dari <https://atonergi.com/kelebihan-dan-kegunaan-lampu-sehen-led>
- Azhari, T. I., Nasution, S. H., Sinaga, S., & Sudiati. (2023). *Design of Monitoring System Temperature And Humidity Using DHT22 Sensor and NRF24L01 Based on Arduino*. *J. Phys. Conf. Ser.*, 2421.
- Bagaskara, R. N., & Utomo, Y. P. (2024). *Analisis teknik produksi dalam UMKM sablon untuk meningkatkan daya saing ekonomi: Studi pada UMKM Sablon MyBlessing Cloth Solo*. *Determinasi: Jurnal Ekonomi Manajemen dan Akuntansi*, 2(4), 28–33.

- Bayılmış, C., Ebleme, M. A., Çavuşoğlu, Ü., Küçük, K., & Sevin, A. (2022). *A survey on communication protocols and performance evaluations for Internet of Things*. *Jurnal Digital Communications and Networks*, 8(6), 1094–1104.
- Calderón, D., Folgado, F. J., González, I., & Calderón, A. J. (2024). *Implementation and experimental application of industrial IoT architecture using automation and IoT hardware/software*. *Jurnal Sensors*, 24(24), 8074.
- Christian, C., & Voutama, A. (2024). Rancang bangun aplikasi sistem informasi inventaris berbasis website. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan (JITET)*, 12(2), 1500–1509.
- Djiwo, S., Praswanto, D. H., & Setyawan, E. Y. (2022, Oktober). Penerapan layer afdruk sebagai pengering *screen* sablon di UKM Velyn Souvenir. *Jurnal Aplikasi dan Inovasi IPTEKS Soliditas*, 5(1), 32–38.
- Edukasielektronika. (2023, Mei 16). Kabel *jumper*: Pengertian dan jenis-jenisnya. Diambil kembali dari <https://www.edukasielektronika.com/2023/05/kabel-jumper-pengertian-dan-jenis-jenisnya.html>
- Fadillah, A. Z., & Gunawan, R. (2024). Potensi IoT dalam industri 4.0. *Jurnal Teknologi Informasi*, 8(1).
- Feriyanto, D., Ancolo, A., Afrida, Y., Zainuri, S., & Aji, W. P. (2021). *Perancangan dan pemanfaatan sakelar elektronik (electronic switch)*. *Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering*, 3(1), 21–28.
- Gheorghe, A. C., Stan, E., & Udriou, I. (2021). *Electricity consumption measurement system using ESP32*. *The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty*, 21(3).

- Gunawan, I., & Ahmadi, H. (2024). Kajian dan rancang bangun alat pakan ikan otomatis (smart feeder) pada kolam budidaya ikan berbasis Internet of Things. *Jurnal Informatika dan Teknologi*, 7(1), 40.
- Guntur, A., Wijaya, P., & Arifin, R. (2022). Perancangan Mesin Exposure Screen Sablon Berbasis LED. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 14(1), 55–63.
- Hmissi, F. (2022). *A survey on application layer protocols for IoT networks. International Journal on Advances in Telecommunications*, 15(1–2), 11.
- Maulana, F. E., & Nurlaela, L. (2024). Konfigurasi Mikrocontroller STM32 untuk Membaca Push Button dengan Arduino IDE pada Prototipe Smart Charger. *JATI: Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 8(4), 7278-7284.
- Huang, Y., Zhao, X., & Li, J. (2020). Mini-LED, Micro-LED and OLED displays: present status and future perspectives. *Light: Science & Applications*, 9, 919
- Liu, Y., & Wang, J. (2022). *Comparative Performance Analysis Between ESP32 and ESP8266 Based IoT Systems. International Journal of Wireless and Mobile Computing*, 21(3), 188–200.
- Jain, R., Shrivastava, V., Pandey, A., & Sharma, A. (2024). Modern web development using CSS & HTML. *International Journal of Emerging Science and Engineering (IJESE)*, 12(1), 13–16.
- Khairunnisa, G., & Voutama, A. (2024). Penerapan UML dalam perancangan sistem informasi peminjaman inventaris berbasis web di BEM FASILKOM UNSIKA. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(3), 2748–2755.

- Matusea, A. A. F., & Suprianto, A. (2021, Oktober). Rancang bangun aplikasi pendaftaran pasien online dan pemeriksaan dokter di klinik pengobatan berbasis web. *Jurnal Rekayasa Informasi*, 10(2), 139–146.
- McBestari. (2024, Oktober 16). Lampu LED dan dampak positifnya pada lingkungan. Diambil kembali dari <https://mcbestari.com/lampu-led/lampu-led-dan-dampak-positifnya-pada-lingkungan>
- Misel. (2024, Mei). Apa itu *relay*? Berikut pengertian, jenis, dan fungsi relay. Diambil kembali dari <https://misel.co.id/apa-itu-relay-berikut-pengertian-jenis-dan-fungsi-relay-yuk-simak>
- Mustofa, R. H., Narimo, S., Suranto, & Utama, R. P. (2024). *Enhancing sustainable practices in screen-printing businesses through community engagement: A case study of the Tegal screen printing community*. *RGSA – Revista de Gestão Social e Ambiental*, 18(6).
- Pardede, C. H. P., Djanggu, N. H., & Budiman, R. (2024). Rancang bangun perangkat sablon berupa *screen* sablon dan *storage screen* sablon menggunakan metode Quality Function Deployment (QFD). *INTEGRATE: Industrial Engineering and Management System*, 8(2), 62–69.
- Rahmadani, E. L., Sulistiani, H., & Hamidy, F. (2020, Juni). Rancang bangun sistem informasi akuntansi jasa cuci mobil (studi kasus: Cucian Gading Putih). *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi (JTSI)*, 1(1), 25–32.
- Rizky, R., Hakim, Z., Yunita, A. M., & Wardah, N. N. (2020). Implementasi teknologi IoT pada rumah pintar berbasis mikrokontroler ESP8266. *Jurnal Teknologi Informasi*, 4(2).

- Sari, I. P., Azzahrah, Q., Lubis, N., & Anggraini, T. (2022, Juli). Perancangan sistem absensi pegawai kantoran secara online pada website berbasis HTML dan CSS. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 1(1), 8–15.
- Setiawan, S. A., Hidayat, M., & Sutarti. (2024). Prototype lampu penerangan jalan otomatis menggunakan sensor LDR berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknologi Elektro dan Komputer*, 8(2).
- Saukani, I., & Triturani, R. (2022). Pengujian power supply switching komputer 12 Volt di laboratorium Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang. *Jurnal ELTEK*, 20(1), 69–74.
- Setiawan, V., Mat Syai'in, L., Subiyanto, L., Rachman, I., & Endrasmono, J. (2023). Implementasi Logika Fuzzy berbasis PLC dalam Otomatisasi Hydrocyclone dan Kontrol Level Tangki PT. X. *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri (Jurnal Elkolind)*, 10(2), 146–155.
- Xinjie Tao, Yongli Li, Yuechan Li, Dongya Sun, & An Xie. (2021). *Electroluminescent Polymer Materials and Their Applications. Annales de Chimie – Science des Matériaux*, 45(3), 231–238.
- Sintaro, S., Surahman, A., & Pranata, C. A. (2021). *Sistem Pengontrol Cahaya pada Lampu Tubular Daylight Berbasis IoT. Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam*, 2(1), 28-35.
- Tirto. (2024, Februari 15). Mengapa penggunaan lampu LED dapat menghemat energi listrik. Diambil kembali dari <https://tirto.id/mengapa-penggunaan-lampu-led-dapat-menghemat-energi-listrik-gvpy>
- Wanda Pratomo, B., Pujiyanto, D., & Mahakarya, A. (2021). Sistem penjadwalan pakan ikan otomatis berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknik Informatika Mahakarya*, 4(2), 1–7.

Wedman, J. (2022, March 11). *Tips for exposing screen printing screens with the sun*. ScreenPrinting.com. https://www.screenprinting.com/blogs/news/tips-for-exposing-screen-printing-screens-with-thesun?utm_source=chatgpt.com

Widya, L. A. D., & Darmawan, A. J. (2022). *Bahan ajar kursus dan pelatihan desain grafis: Pengantar cetak sablon*. Jakarta: Direktorat Kursus dan Pelatihan – Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.

Wijayanti, M. (n.d.). Prototype smart home dengan NodeMCU ESP8266 berbasis IoT. JUIT: *Jurnal Informatika dan Teknologi*, 1(2).

Yang, X. (2024). *Advances in high-efficiency blue OLED materials*. *Photonics*, 11(9), 864