

PCB (Printed Circuit Board) Etching Machine Using ESP32-Camera Based Internet Of Things

¹Adi Prasetyo, ^{2*}Jamaaluddin Jamaaluddin, ³Izza Anshory

^{1,2,3} Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah, Sidoarjo

¹Adijoeoy07@gmail.com ²jamaaluddin@umsida.ac.id, ³izzaanshory@umsida.ac.id

Article Info

Article history:

Received July 15th, 2023

Revised August 7th, 2023

Accepted September 17th, 2023

Keyword:

Printed Circuit Board;

Etching;

FeCl₃;

Real Time Clock;

ESP32-Cam;

Internet Of Things;

Telegram;

ABSTRACT

Today's technology is automated. In car alarm devices, to automatic parking. This very rapid development of technology makes humans create equipment that can make it easier for humans. The etching process can also be called the Printed Circuit Board screen printing process, which is the creation of a path or layout that will connect between electrical components. PCB etching machine is a tool used to dissolve metal parts that are not designed on plain PCB boards using a mixture of chemical solutions, namely ferric chloride. Manual PCB processes usually take a long time and risk being exposed to ferric chloride solutions for users. This article discusses how to make an automatic etching machine tool with a Microcontroller module that has a camera feature to monitor the editing results on a copper board. With the time method as the key to perfect results during the checking process. For as a driver, that is using a Servo Motor. The microcontroller used in this machine is an ESP32 camera based on the Internet of things Telegram as a Data Base media. For software design using fritzing software applications. The success of the PCB etching machine in this study is seen from testing tools ranging from voltage testing, microcontroller testing, real time a clock testing and Internet of Things system testing. From many of these tests, good results were obtained.

Copyright © 2023 Jurnal JEETech.

All rights reserved.

Corresponding Author:

Jamaaluddin Jamaaluddin, Department of Electrical Engineering,
Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, East Java, Indonesia.

Email: jamaaluddin@umsida.ac.id

Abstrak - Teknologi saat ini dibuat secara otomatis. Pada alat alarm mobil, hingga parkir otomatis. Perkembangan teknologi yang sangat pesat ini membuat manusia menciptakan peralatan yang dapat mempermudah manusia. Proses etching juga bisa disebut dengan proses sablon Printed Circuit Board, yaitu pembuatan jalur atau layout yang akan menghubungkan antar komponen listrik. Mesin Etsa PCB adalah alat yang digunakan untuk melarutkan bagian logam yang tidak dirancang pada papan PCB polos dengan menggunakan campuran larutan kimia yaitu ferit klorida. Proses PCB manual biasanya memakan waktu lama dan berisiko terkena larutan ferit chloride bagi pengguna. Artikel ini membahas cara membuat alat mesin etching otomatis dengan modul Mikrokontroler yang memiliki fitur kamera untuk memantau hasil editing pada papan tembaga. Dengan metode waktu sebagai kunci hasil yang sempurna selama proses pengecekan. Untuk sebagai penggerak, yaitu menggunakan Motor Servo. Mikrokontroler yang digunakan pada mesin ini adalah Kamera ESP32 berbasis Internet of things Telegram sebagai media Data Base. Untuk desain perangkat lunak menggunakan aplikasi perangkat lunak fritzing. Keberhasilan mesin PCB etching dalam penelitian ini dilihat dari pengujian alat mulai dari pengujian tegangan, pengujian mikrokontroler, pengujian real time a clock dan pengujian sistem Internet Of Things. Dari banyak pengujian tersebut maka didapatkan hasil yang baik.

I. Pendahuluan

Secara umum, teknologi saat ini dibuat secara otomatis. Seiring dengan kemajuan teknologi yang saat ini berkembang pesat dan didorong oleh meningkatnya kebutuhan manusia[1]. Perkembangan teknologi yang sangat pesat ini membuat manusia menciptakan peralatan yang dapat meminimalisir aktivitas manusia[2][18]. Salah satunya adalah membuat mesin etching pcb otomatis melalui smartphone android. Kini smartphone Android banyak diminati dari kalangan remaja hingga orang dewasa, karena, mudah dioperasikan dan sangat banyak fitur yang digunakan. Kemudahan teknologi pada smartphone Android ini mengundang banyak pengembang pada aplikasi dan fitur Android[3]. sehingga smartphone Android dapat digunakan untuk membuat aplikasi yang dapat mengontrol dan memantau proses pengecekan pada PCB (Printed Circuit Board).

Proses etching juga bisa disebut dengan proses pelarutan tembaga pada PCB (Printed Circuit Board), yaitu proses pembuatan jalur yang akan menghubungkan komponen-komponen yang ada pada papan. Mesin EtchingPCB adalah alat yang digunakan untuk melarutkan bagian tembaga yang tidak dibutuhkan pada papan PCB biasa menggunakan campuran larutan ferit clorid[4]. Karena besi chloride dari segi kemudahan untuk mendapatkannya dan harganya sangat terjangkau. Untuk mendapatkan hasil yang baik, proses pelarutan PCB (Printed Circuit Board) harus dilakukan dengan memanaskan air yang dicampur dengan Ferric Chloride dengan suhu yang stabil dan memberikan kadar oksigen secara terus menerus pada larutan, termasuk yang dilakukan untuk memberikan kadar oksigen dengan mengocok wadah pelarut PCB yang diisi dengan larutan kimia Ferric Chloride[5]. termasuk yang dilakukan untuk memberikan kadar oksigen dengan mengocok wadah pelarut PCB (Printed Circuit Board) yang diisi dengan larutan kimia Ferric Chloride[6].

Dengan menggoyangkan secara manual keatas dan kebawah menggunakan media box dan tangan sebagai alat. Untuk mengembangkan alat-alat mesin etching yang manual tersebut dengan sistem otomatis[7]. Perlu diperhatikan juga Merancang sistem otomatis dengan melihat posisi operator saat melakukan proses pelarutan tembaga pcb membuat senyaman mungkin operator atau pengguna[8]. Penelitian ini merancang Mesin Etching papan sirukuit tembaga Cetak berbasis Internet Of Things dan Monitoring Menggunakan ESP32CAM. Mikrokontroler ESP32-CAM ini sangat cocok untuk proyek Internet Of Things yang membutuhkan fitur kamera. Modul Esp32cam memiliki lebih banyak pin input dan output daripada modul Cam Esp32[9]. Sistem otomatis pada mesin etching ini menggunakan Internet of Things karena bertujuan untuk memperluas koneksi internet yang terhubung secara real time[10].

Untuk membuat proses etsa berjalan secara otomatis, Untuk membuat proses etching berjalan secara otomatis, diperlukan servo[11]. Motor servo di kontrol dengan android dan pengontrol mikro ESP32-Camera. Motor servo ini mampu bekerja dua arah, Cara kerja motor servo ini menggunakan sistem feedback dimana posisi motor servo dijalankan sesuai keinginan nantinya akan kembali ke rangkaian kontrol pada motor servo[12]. Kontrol bekerja dengan mengocok PCB (Printed Circuit Board) ke dalam larutan ferit clorid dan kemudian servo berfungsi untuk memindahkannya untuk mempercepat proses pelarutan tembaga. Untuk proses pelarutan tembaga, suhu juga penting untuk melarutkan hasil. Kamera pada fitur esp32cam berfungsi untuk memantau proses pelarutan Printed Circuit Board. Fitur kamera pada ESP32-Cam digunakan untuk memotret hasil keadaan PCB saat mesin etching berhenti dan mengirimkan gambar pada telegram[13].

Dalam pembuatan mesin etching PCB ini, Motor Servo sebagai penggerak kotak untuk larutan kimia ferit clorid. untuk timing menggunakan RTC-DS3231 yang bertujuan untuk mengatur waktu. Secara otomatis, RTC (*Real Time Clock*) mampu menyimpan semua data waktu, hari, tanggal, bulan dan tahun[14]. Untuk memindahkan servo digunakan kontroller yang disebut mikrokontroler, sehingga sistem gerak servo ini menjadi otomatis. Untuk dapat memantau proses pengecekan, penelitian ini juga menggunakan kontrol ESP32CAM yang terhubung ke sistem android untuk memantau proses pengecekan Printed Circuit Board[15].

II. Metode Penelitian

Perancangan sistem pada pembuatan mesin etching pcb ini dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu Software dan Hardware. Sebagaimana dengan tujuan dari perangkat keras dan perangkat lunak tersebut berhubungan agar pada akhir perancangan didapatkan hasil yang baik. Tidak lupa setelah perancangan software dan hardware selesai pada metode penelitian dilakukan pengujian pada komponen dan keseluruhan.

2.1. Metode

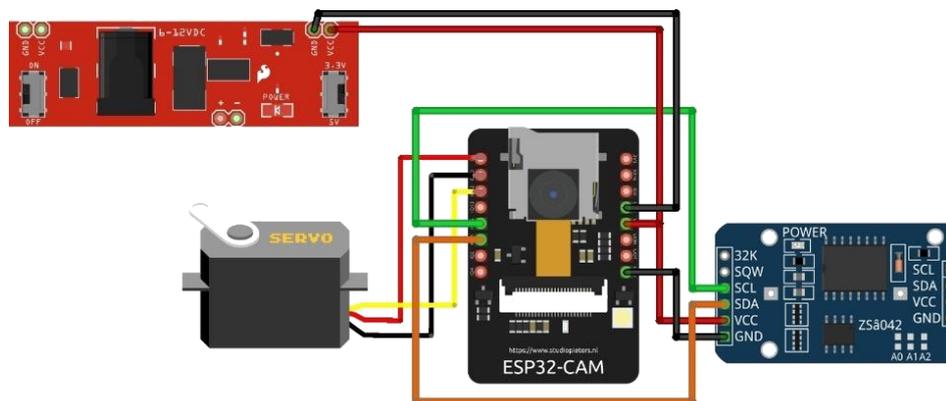
Ada 3 bagian untuk penelitian, yaitu metode: input, proses, dan output. Pada bagian input terdapat perintah dari sistem internet of things di telegram. Di bagian proses ada mikrokontroler ESP32-CAM. Mikrokontroler ESP32-CAM digunakan untuk menjalankan proses Motor Servo, RTC (Real Time Clock) dan mengirim foto ke Telegram. Untuk Output ada Hasil Foto yang ditampilkan di Telegram saat proses etsa berhenti. Kronologi penelitian dari mesin etching PCB ini adalah mengubah sistem manual menjadi sistem otomatis dan meminimalisir pekerjaan operator untuk dapat melakukan pekerjaan lainnya [16].

2.2. Desain Sistem

Untuk sistem desain dalam penelitian, alat mesin etching PCB (Printed Circuit Board) menggunakan sistem otomatis ini dibagi menjadi 3 sistem desain. Sistem pertama menggunakan desain perangkat lunak mulai dari daftar komponen dan kabel. Dengan tidak lupa menghubungkan pin data yang digunakan. Sistem kedua, blok diagram, meliputi sistem kerja pada alat etching PCB (Printed Circuit Board). Sistem ketiga atau terakhir, yang menggunakan desain flowchart bertujuan untuk mengetahui lebih jauh alur kerja sistem kerja dari awal hingga akhir secara lebih detail dengan mengetahui diagram diagram dari flowchart tersebut.

2.2.1. Pengkabelan

Untuk tampilan pada kabel dalam desain perangkat lunak, yaitu pada gambar 1 di bawah ini. Dimana gambar pada masing-masing komponen telah terhubung dengan mikrokontroler. Pertama, Untuk sumber listriknya sendiri menggunakan 5v Dc. Kemudian dipasang ke motor servo, esp32-cam dan rtc 3231. Untuk pin data, servo terhubung ke pin 13 pada mikrokontroler esp32-cam. Selanjutnya, untuk koneksi ke pin sda dan scl rtc 3231, terhubung ke pin 14 untuk sda, pin 15 untuk scl.



Gambar 1. Desain Pengkabelan

Untuk desain software atau kabel pada mesin etsa ini menggunakan software fritzing. Karena fritzing sendiri merupakan aplikasi yang digunakan secara umum dalam pengkabelan dan banyak komponen juga yang ada di perpustakaan. Dimulai dengan Power Supply sebagai sumber tegangan untuk menyuplai seluruh komponen termasuk mikrokontroler. Selanjutnya akan dibahas mengenai pin out yang digunakan oleh mikrokontroler dan komponen.

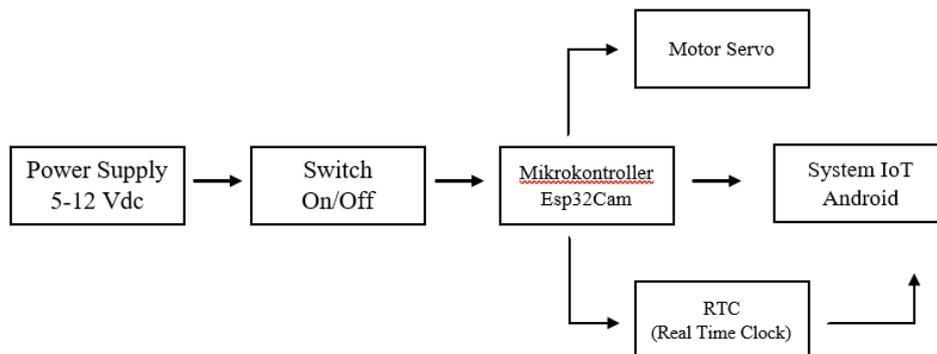
Tabel 1. Penggunaan Pin ESP32-Cam

No	Pin Esp32-Cam	Penggunaan
1	IO 12	DATA PWM SERVO
2	IO 14	SDA RTC 3231
3	IO 15	SCL RTC 3231
4	5V	VCC POWER SUPPLY
5	VCC	VCC RTC 3231
6	GND	GND POWER SUPPLY
7	5V	VCC MOTOR SERVO
8	GND	GND MOTOR SERVO
9	GND	GND RTC 3231

Tabel 1 menunjukkan koneksi kabel atau koneksi pin Sumber daya, Esp32-cam Mikrokontroler, Servo Motor dan Real Time Clock DS3231. Koneksi ke data pin perlu dicantumkan untuk tujuan merancang sistem perangkat keras yang lebih baik dan benar. Untuk sumber daya menggunakan terminal bertujuan untuk membuat sumber daya banyak.

2.2.2. Diagram Blok

Blok diagram sistem dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sistem Blok Diagram

Dari gambar 2 dapat dijelaskan bahwa perangkat keras terdiri dari 6 bagian, dimulai dengan sumber listrik yang memiliki nilai tegangan 5 volt DC. Kemudian dihubungkan dengan switch on/off untuk dapat mengatur sistem pada alat ini jika posisi off atau on menggunakan switch. Kemudian setelah switch selesai terhubung kemudian dihubungkan ke pin vcc dan gnd pada esp32-cam. Setelah mikrokontroler disuplai, sambungkan pin sumber daya serta pin out pada Real Time Clock dan Motor Servo. Jangan lupa untuk menyematkan data. Jika semua kabel telah selesai, maka langkah terakhir adalah menghubungkan ke sistem internet of things di Android Aplikasi Telegram.

2.3. Sistem Flowchart

Untuk sistem flowchart selanjutnya, yaitu tahap untuk lebih detail cara kerja sistem dari mesin etching yang dibuat. Flowchart dalam penelitian juga diperlukan untuk mengetahui cara kerja dari awal dan logika yang digunakan.



Gambar 3. Diagram Sistem Flowchart

Penjelasan Gambar 3, Dimulai dengan menghubungkan Esp32 Cam ke Sistem IoT (Internet Of Things), yang menggunakan sistem Android di Telegram. Jika Ya maka kamera Esp32 terhubung ke telegram. Jika tidak, itu akan memproses koneksi terlebih dahulu. Jika sudah terhubung, proses selanjutnya adalah menentukan batas waktu Servo yang diproses menggunakan RTC (Real Time Clock). Atur waktu Anda sendiri untuk memproses berapa lama servo akan berjalan. Ketika waktu ditentukan, servo akan berjalan dan waktu juga akan berjalan. Jika waktu yang ditentukan sudah berjalan, Servo akan berhenti. Setelah menghentikan sistem pada Esp32 Cam akan bekerja yaitu fitur kamera akan mengirimkan gambar yang dihasilkan setelah waktu berhenti. Ke mana harus mengirim gambar ke sistem telegram yang pada awalnya sudah terhubung. Kemudian selesai.

2.4. Akurasi dan Ketepatan

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran alat yang dibuat dengan alat standar yang umum digunakan. Selain itu, pengujian juga dilakukan dengan mengambil hasil dari kondisi aktual dan real-time.

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan beberapa rumus, antara lain:

$$Selisih = (nSensor - nUkur) \quad (1)$$

Yang merupakan rumus selisih:

$$Average Value = \mu = \frac{x_1+x_2+x_3+x_4+x_5}{n} \quad (2)$$

yang merupakan rumus nilai rata-rata; standar

Rumus deviasi[17].

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n}} \quad (3)$$

dan akurasi dan persentase persentase rumus

Kesalahan dapat diungkapkan di bawah ini.

$$\%Ketepatan = \left\{ 1 - \left| \frac{Yn - Xn}{Xn} \right| \right\} \times 100\% \quad (4)$$

$$\%Error = \left\{ \left| \frac{Yn - Xn}{Xn} \right| \right\} \times 100\% \quad (5)$$

III. Hasil dan Pembahasan

Berikut adalah hasil realisasi Mesin Etching PCB dari penelitian tersebut. Pada Gambar 4, ini adalah hasil dari realisasi alat. Komponen alat akan dijelaskan dengan penomoran sebagai berikut: 1. Power Supply 5 volt, 2. Saklar On/Off, 3. Motor Servo S690, 4. Mikrokontroler ESP32-CAM, 5. Real Time Clock DS3231.



Gambar 4. Hasil realisasi alat

Cara menggunakan alat ini adalah sebagai berikut:

1. Hubungkan tegangan AC ke stopkontak dan kemudian pastikan sakelar menyala. Pastikan Hotspot Internet aktif.
2. Mikrokontroler ESP32-Cam akan terhubung ke hotspot di pemberitahuan Android . Ditandai dengan Servo Motor akan bergerak sebagai pemberitahuan.
3. Jika sudah selesai terhubung, langkah selanjutnya adalah mengecek bot telegram yang telah dibuat. Klik start terlebih dahulu pada bot telegram setelah itu akan ada pilihan waktu untuk etching. Kemudian etching dimulai sesuai waktu servo bergerak sesuai waktu yang ditentukan. Setelah selesai proses etching, Servo Motor akan berhenti dan akan mendapatkan notifikasi dari Pengiriman gambar bot yang diproses oleh mikrokontroler Esp32-cam.

3.1. Power Supply Testing

Untuk pengujian sumber daya bertujuan untuk mengukur tegangan stabilizer pada tegangan mikrokontroler dan komponen lain yang membutuhkan catu daya. hasil dari pengujian Power Supply yang digunakan dalam penelitian mesin etching. Yaitu menggunakan power supply yang digunakan pada VCD dan DVD. Karena memiliki amper dan tegangan yang cukup pada mesin etching ini.

Tabel 2 Pengujian Power Supply

Pengujian	Tegangan yang dibutuhkan	Multimeter	Selisih	Ketepatan
Ke-	(V)	(V)	(V)	(%)
Ke-1	5	5,08	0,8	92
Ke-2	5	5	0	100
Ke-3	5	5,07	0,7	93
Ke-4	5	5,01	0,1	99
Ke-5	5	5	0	100
Average	5	5,03	0,32	96,8

3.2. *Pengujian Koneksi jaringan Internet Wi-Fi pada mikrokontroler Esp32-cam sebagai komunikasi data*

Untuk pengujian koneksi jaringan internet wi-fi pada Esp32cam dilakukan untuk mengetahui seberapa cepat dan berapa lama Esp32cam dapat terhubung ke jaringan internet untuk komunikasi data di awal start. Pengujian ESP32-Cam dapat dilihat terhubung ke jaringan internet sebagai komunikasi data di awal mulai. Untuk dapat mengetahui apakah ESP32Cam terhubung ke internet atau tidak, maka dilakukan pengujian dengan menghitung waktu saat menghubungkan server sebanyak 5 kali.

Tabel 3 Pengujian Koneksi Wi-Fi Internet ESP32-Kamera

Pengujian Ke-	Koneksi Hotspot pada Esp32 - Kamera		
	Keadaan	Waktu Tunggu (s)	Kecepatan
Ke-1	Terhubung	5	Sedang
Ke-2	Terhubung	4	Sedang
Ke-3	Terhubung	5	Sedang
Ke-4	Terhubung	5	Sedang
Ke-5	Terhubung	5	Sedang

3.3. *Pengujian Servo Motor SG90*

Dalam pengujian motor servo sendiri bertujuan untuk mengukur derajat yang akan digunakan pada saat inspeksi dan juga pada waktu yang ditentukan. Pengujian motor servo dengan percobaan derajat tertentu dengan demikian membuat 5 kali percobaan. Mengapa menguji derajat lebih dalam penelitian alat etching adalah karena apa yang digunakan untuk penelitian mesin etching ini menggunakan fokus derajat sebagai pengaruh untuk proses etching. Pengujian dimulai dari 0-360 derajat. Jika pada saat perintah berapa derajat yang akan keluar sama dengan yang diperintahkan bisa dikatakan berhasil. Untuk penelitian, alat ini menggunakan 90° dan 180° sehingga bisa naik turun di etching box.

Tabel 4 Pengujian Motor Servo SG90

Pengujian Ke-	Servo Motor SG90		Keterangan
	Masukkan	Keluaran	
Ke-1	0°	0°	Sukses
Ke-2	45°	45°	Sukses
Ke-3	90°	90°	Sukses
Ke-4	180°	180°	Sukses
Ke-5	360°	360°	Sukses

3.4. *Pengujian ESP32-CAM*

Pengujian kamera di mana untuk hasil terakhir pada perangkat etching setelah kontrol servo dihentikan, kamera akan mengakses hasil etching. Tes dilakukan dengan memberikan perintah atau memberikan input dengan kata high yang berarti ESP32-cam akan mengirimkan foto ke Telegram.

Tabel 5 Pengujian Esp32-Cam

Pengujian Ke-	ESP32 - CAM		Keterangan
	Masukkan	Keluaran	
Ke-1	High	Photo	Success
Ke-2	High	Photo	Success
Ke-3	High	Photo	Success
Ke-4	High	Photo	Success
Ke-5	High	Photo	Success

3.5. *Pengujian Telegram*

Tabel 6 menunjukkan hasil lima tes Telegram dengan waktu tunggu 3 detik untuk mengirim pemberitahuan. Dapat disimpulkan bahwa hasil tes dihitung waktu. Karena melakukan pengujian telegram ini sangat penting untuk menentukan alat ini bekerja dengan baik.

Tabel 6 Pengujian Telegram

Pengujian Ke-	Telegram		Kecepatan
	Keadaan	Waktu Tunggu (s)	
Ke-1	Kirim	3	Sedang
Ke-2	Kirim	3	Sedang
Ke-3	Kirim	3	Sedang
Ke-4	Kirim	3	Sedang
Ke-5	Kirim	3	Sedang

3.6. *Pengujian Waktu pada Saat Pengiriman Data dari Telegram ke Mikrokontroler ESP32-Cam*

Untuk time testing saat mengirim data dari telegram ke mikrokontroler, bertujuan untuk mengetahui kepastian waktu yang ditentukan pada pilihan yang ada. dalam menguji waktu pada saat pengiriman data perintah dari telegram ke mikrokontroler ESP32 CAM. Di mana ada perintah dan ada tabel waktu untuk menentukan berapa lama pengujian pada Real Time Clock DS3231. Yakni pengujian menggunakan waktu 1-5 menit. Dalam pengujian waktu sesuai dengan perintah. Di mana keterlibatan rata-rata terjadi 15 menit.

Tabel 7 Pengujian Waktu Tertentu

Pengujian Ke-	Waktu yang Ditentukan		Keterangan
	Waktu Perintah (Minutes)	Waktu Keluaran (Minutes)	
Ke-1	1	1	Sedang
Ke-2	2	2	Sedang
Ke-3	3	3	Sedang
Ke-4	4	4	Sedang
Ke-5	5	5	Sedang

3.7. *Pengujian Keseluruhan*

Pengujian secara keseluruhan dapat dilakukan dengan menyatukan Software hardware untuk menguji cara mengirim data apakah berhasil, membaca data dan perintah pada mikrokontroler. Tes keseluruhan dilakukan dengan memasukkan perintah melalui telegram, alat komunikasi. Percobaan dilakukan 5 kali jika pada saat pengujian terdapat lebih dari 3 percobaan yang menunjukkan hasil yang ideal dianggap berhasil. Jika dalam tes menunjukkan di bawah 3 kali, maka itu dianggap tidak berhasil.

Tabel 8 Pengujian Keseluruhan

Pengujian Ke-	Catu daya (v)	Waktu (Menit)	Waktu Awal (Menit)	Waktu akhir (Menit)	Keterangan
Ke-1	5,08	5	19.20	19.25	Sukses
Ke-2	5	10	19.45	19.55	Sukses
Ke-3	5,07	15	20.10	20.25	Sukses
Ke-4	5,01	20	20.40	21.00	Sukses
Ke-5	5	25	21.10	21.35	Sukses

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pembuatan mesin etsa PCB menggunakan ESP32-Camera dan pembahasan yang telah dijelaskan sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Mesin etching yang telah dibuat dapat digunakan dalam proses pembuatan PCB Board Polos.
2. Pembuatan PCB lebih mudah dan efisien karena waktu pembuatan PCB dalam proses etching menjadi lebih cepat.
3. Minimalkan pekerjaan karena sistem yang digunakan berbasis Internet Of Things, yang dapat dikontrol menggunakan Android.
4. Sistem alat ini akan menyala ketika saklar atau saklar menyala dan kemudian menghubungkan wifi atau internet yang sama jika alat etching ini bisa digunakan.

V. Daftar Pustaka

- [1] J. Tarantang, A. Awwaliyah, M. Astuti, and M. Munawaroh, "Perkembangan Sistem Pembayaran Digital Pada Era Revolusi Industri 4.0 Di Indonesia," *J. Al-Qardh*, vol. 4, no. 1, pp. 60–75, 2019, doi: 10.23971/jaq.v4i1.1442.
- [2] J. Jamaaluddin, "Sistem Kontrol Pendingin Mobil Ramah Lingkungan Berbasis Android," *Cyclotron*, vol. 2, no. 1, 2019, doi: 10.30651/cl.v2i1.2528.
- [3] A. Royan, "Implikasi Binery Search Untuk Volthering Sebagai Aplikasi Data Hadits Android," *J. Technopreneursh. Inf. Syst.*, vol. 2, no. 1, pp. 18–23, 2019, doi: 10.36085/jtis.v2i1.216.
- [4] M. V Tarihoran, "Mesin Etching Pcb (Printed Circuit Board) Menggunakan Arduino Nano," *Semin. Nas. Ilmu Terap.*, pp. 1–4, 2019, [Online]. Available: <https://ojs.widyakartika.ac.id/index.php/sniter/article/view/134>.
- [5] D. Sonda and M. Anwar, "Perancangan dan Pembuatan Alat Pelarut Pcb Secara Otomatis Menggunakan Sistem Kontrol Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 32," *Voteteknika (Vocational Tek. Elektron. dan Inform.)*, vol. 9, no. 2, p. 1, 2021, doi: 10.24036/voteteknika.v9i2.111325.
- [6] D. A. N. Waktu, L. Terhadap, and R. Logam, "Universitas indonesia," 2012.
- [7] M. A. Pratama, A. F. Sidhiq, Y. Rahmanto, and A. Surahman, "Perancangan Sistem Kendali Alat Elektronik Rumah Tangga," *J. Tek. dan Sist. Komput.*, vol. 2, no. 1, pp. 80–92, 2021, doi: 10.33365/jtikom.v2i1.46.
- [8] A. Susatyo and C. Bariyah, "Perancangan Fasilitas Kerja yang Ergonomis pada Proses Pelarutan," *J. Integr. Sist. Ind.*, vol. 3, no. 1, pp. 7–14, 2016.
- [9] A. Nur, R. Ardiyantoro, and D. Susandi, "Pengenalan Kondisi Tanah Dengan Raspberry Pi Pada Drone Penyemprot Tanaman," *Pros. Semin. Nas. Ris. Inf. Sci.*, vol. 4, no. 2, pp. 71–76, 2022, [Online]. Available: <https://tunasbangsa.ac.id/seminar/index.php/senaris/article/view/210>.
- [10] A. Priyanto, S. Setiawidayat, and F. Rofii, "Design and Build an IoT Based Prepaid Water Usage Monitoring System and Telegram Notifications," *JEEE-U (Journal Electr. Electron. Eng.)*, vol. 5, no. 2, pp. 197–213, 2021, doi: 10.21070/jeeeu.v5i2.1527.
- [11] G. R. Anandya, "Rancang Bangun Lengan Robot Penjepit PCB 3 Dof Berbasis Arduino Untuk Proses Etching PCB Otomatis," p. 110, 2017, [Online]. Available: <http://repository.its.ac.id/47867/>.
- [12] A. Hilal and S. Manan, "Pemanfaatan Motor Servo Sebagai Penggerak Cctv Untuk Melihat Alat-Alat Monitor Dan Kondisi Pasien Di Ruang Icu," *Gema Teknol.*, vol. 17, no. 2, pp. 95–99, 2015, doi: 10.14710/gt.v17i2.8924.
- [13] T. Jaringan, A. A. Arsadi, and E. Haryatmi, "InfoTekJar: Jurnal Nasional Informatika dan Pemanfaatan Aplikasi Telegram dan Internet of Things pada Pemantauan Tempat Sampah," vol. 2, 2021.
- [14] P. Rahardjo, "SISTEM PENYIRAMAN OTOMATIS MENGGUNAKAN RTC (REAL TIME CLOCK) BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO MEGA 2560 PADA TANAMAN MANGGA," vol. 8, no. 1, pp. 1–5, 2021.
- [15] A. Mathematics, *濟無No Title No Title No Title*, vol. 32. 2016.
- [16] A. Hermawan, N. H. Y, F. Teknik, U. N. Jakarta, and J. R. Muka, "Rancang Bangun Pembuat Layout PCB Otomatis Berbasis Android 123."
- [17] S. C. S. Yanti and I. Sulistiyowati, "An Inventory Tool for Receiving Practicum Report Based on IoT by Using ESP32-CAM and UV Sterilizer: A Case Study at Muhammadiyah University of Sidoarjo," *J. Electr. Technol. UMY*, vol. 6, no. 1, pp. 49–56, 2022, doi: 10.18196/jet.v6i1.14607.
- [18]. Jamaaluddin Jamaaluddin, Imam Robandi, Izza Anshory, Ahmad Fudholi, VERY SHORT-TERM LOAD FORECASTING OF PEAK LOAD TIME USING FUZZY TYPE-2 AND BIG BANG BIG CRUNCH (BBBC) ALGORITHM, *ARPN*, VOL. 15, NO. 7, APRIL 2020.