

## Uji *Functional Suitability* Dan *Usability* Pada Sistem Kendali Mesin 3D Print Berbasis IoT

**Akbar Sena Wijaya**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

*email:* akbar.19012@mhs.unesa.ac.id

**Bambang Suprianto, I Gusti Putu Asto Buditjahjanto, Farid Baskoro**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

*email:* bambangsuprianto@unesa.ac.id, asto@unesa.ac.id, faridbaskoro@unesa.ac.id

### Abstrak

Mesin cetak 3D merupakan mesin yang dapat memproses pembuatan objek tiga dimensi yang bersumber dari gambar digital yang telah dibuat sebelumnya dan banyak digunakan pada berbagai industri, utamanya pada tahap permodelan dan *prototyping*. Pemanfaatan mesin cetak ini memiliki kelebihan untuk menghemat waktu, menekan *human error*, dan mengurangi limbah produksi. Tujuan penelitian ini untuk melakukan perancangan, pembuatan, dan pengujian terhadap *software* dan *hardware* sistem kendali 3D print berbasis IoT pada laboratorium mikroprosesor. Prosedur penelitian ini meliputi persiapan, perancangan *hardware* dan *software*, pembuatan prototipe, dan pengujian alat. Alat ini dilakukan 2 jenis pengujian, pertama pengujian *functional suitability* dengan metode *black-box testing* yang dinilai dengan skala *Guttman* dan dihitung menggunakan matrik *feature completeness*. Pengujian kedua *usability* yang dihitung menggunakan skala *Likert*. Teknik yang digunakan untuk mendapatkan data menggunakan kuisisioner online melalui *google form*. Hasil penelitian yaitu, sistem ini berhasil dibuat dengan menggabungkan *hardware* dan *software* dari 3 buah sub-sistem diantaranya sistem kendali daya, sistem monitoring daya, dan sistem *remote* pada mesin 3D print. Selain itu, hasil pengujian *functional suitability* mendapatkan nilai 0.93 artinya sistem yang telah dibuat berjalan dengan baik, diimplementasikan dengan spesifikasi yang sesuai, dan fitur berjalan sama dengan rencana. Sedangkan hasil pengujian *usability* didapatkan nilai sebesar 95.6%, di mana masing-masing aspek yaitu, aspek *Learnability* diklasifikasikan sangat layak, aspek *flexibility* diklasifikasikan sangat layak, aspek *Effectiveness* diklasifikasikan sangat layak, dan aspek *Attitude* diklasifikasikan sangat layak.

**Kata Kunci:** 3D Print, *hardware*, *software*, *functionality*, *usability*

### Abstract

A 3D printing machine is a machine that can process the creation of three-dimensional solid objects from previously made digital images and is widely used in various industries, especially in the modeling and prototyping stages. The use of this printing press has the advantage of saving time, reducing human error, and reducing production waste. The purpose of this research is to design, manufacture, and test the software and hardware of an IoT-based 3D print control system in a microprocessor laboratory. The research procedure includes preparation, hardware and software design, prototype making, and tool testing. This tool is carried out 2 types of testing, the first is *functional suitability* testing using the *black-box testing* method which is assessed using the *Guttman* scale and calculated using the *feature completeness* matrix. The second *usability* test is calculated using a *Likert* scale. Data collection techniques using questionnaires via *google form*. The results of the research are, this system was successfully created by combining hardware and software from 3 sub-systems including a power control system, a power monitoring system, and a remote system on a 3D printing machine. In addition, the results of the *functional suitability* test get a value of 0.93 meaning that the system that has been made functions properly, is implemented according to specifications, and features according to their duties. While the results of the *usability* test obtained a value of 95.6%, in which each aspect, namely, the *Learnability* aspect was categorized as very feasible, the *flexibility* aspect was categorized as very feasible, the *Effectiveness* aspect was categorized as very feasible, and the *Attitude* aspect was categorized as very feasible.

**Keywords:** 3D Print, *hardware*, *software*, *functionality*, *usability*

## PENDAHULUAN

Mesin cetak 3D atau dikenal sebagai 3D print merupakan sebuah mesin yang dapat mencetak atau memproses pembuatan objek tiga dimensi yang bersumber dari gambar digital yang telah dibuat sebelumnya (Mawardi, 2020). Mesin cetak ini mengadopsi konsep *additive manufacturing*, di mana sebuah obyek padat 3 dimensi dicetak berdasarkan urutan lapisannya (Amal dkk., 2022). Pemanfaatan teknologi 3D *printing* telah memberikan dampak yang signifikan pada tahapan produksi dalam berbagai bidang. 3D printing yang mengusung teknik *additive manufacturing* selain dapat mempercepat dan mengoptimalkan waktu produksi, juga mengurangi limbah produksi yang biasa ditimbulkan oleh teknik *manufacturing subtractive* seperti pada mesin cnc maupun mesin *wire cut* (Rusianto dkk., 2019).

IoT adalah konsep yang memperluas jaringan internet pada benda fisik untuk saling bertukar informasi dalam kehidupan sehari-hari (Budiyanti, 2021). Konsep dan karakteristik dari IoT yang mampu membuat benda fisik saling berkomunikasi melalui internet untuk melakukan *sensing* atau *actuation*, dapat mereduksi waktu, tenaga, maupun biaya operasional sehingga dapat mendongkrak nilai dari sebuah benda konvensional menjadi lebih cerdas. Penggunaan teknologi ini pada sektor manufaktur akan memberikan keunggulan tersendiri dengan adanya *sensor* sebagai alat pengukur dan *actuator* sebagai realisasi cepat berdasarkan kondisi aktual yang sedang terjadi (Mantik, 2022). Kajian yang dilakukan oleh Suharman & Murti mengenai penerapan industri 4.0 di Indonesia mendapatkan kesimpulan bahwa penerapannya teknologi ini memberikan manfaat dan nilai tambah yang lebih banyak berupa kinerja yang lebih efisien serta efektif (Suharmanto & Murti, 2019).

Penambahan sistem kendali dengan *Internet of Things* pada mesin 3D print dapat menjadi salah satu ide untuk menambah fungsi dan daya gunanya. Pada penelitian yang dilakukan oleh Amal dkk., tahun 2022, kelemahan hasilnya ada pada aplikasi yang hanya dapat memonitor tanpa bisa melakukan kendali terhadap 3D print, namun sudah bisa terakses secara *online*. Sedangkan pada penelitian Priyatna dkk., tahun 2021, kelemahannya sistem tidak dapat diakses secara online, sistem yang minim penambahan fitur, namun sudah bisa melakukan kendali terhadap 3D print. Melihat

peran 3D print dalam berbagai bidang, utamanya pada tahap permodelan dan *prototyping* sebuah produk menjadi lebih cepat, dan ditambah dengan konsep *internet of things* yang dapat menambah efisiensi dan efektivitas menjadikan ide sintesis keduanya menjadi hal yang menarik untuk diteliti. Selain itu, hasil penelitian terdahulu yang dirasa perlu perbaikan dalam beberapa bagian, sehingga topik penelitian ini menarik untuk diteliti. Dengan demikian, penulis akan melakukan perancangan, pembuatan, dan pengujian terhadap *software* dan *hardware* sistem kendali 3D print berbasis IoT.

## KAJIAN PUSTAKA

### Mesin 3D Print



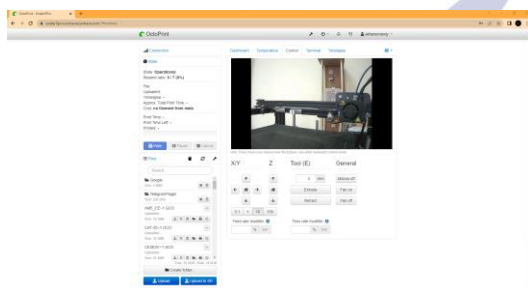
Gambar 1. Bentuk fisik 3D mesin print  
(Sumber: [creality.com/products/ender-5-pro-3d-printer](https://creality.com/products/ender-5-pro-3d-printer))

Mesin cetak 3D atau 3D print adalah teknologi manufaktur yang hadir pada revolusi industri 4.0 yang mengusung konsep *Additive manufacturing* (Amal dkk., 2022). Selain itu, 3D Print juga dapat didefinisikan sebagai mesin yang memproses pembuatan obyek 3 dimensi berdasarkan model CAD (Priyatna dkk., 2021). Konsep *additive manufacturing* yang diusung pada mesin 3D print memberikan kelebihan berupa penghematan bahan dan tidak menimbulkan limbah seperti yang terjadi pada *subtractive manufacturing* (Rusianto dkk., 2019). Pada Gambar 1, dapat dilihat bentuk fisik dari 3D Print type Ender 5 Pro pabrikan Creality.

### *Internet of Things* (IoT)

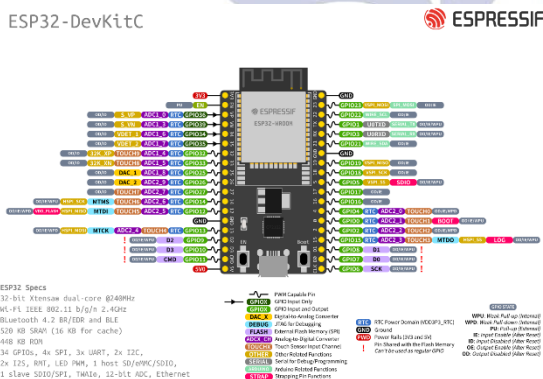
*Internet of Things* menurut Budiyanti adalah konsep yang memperluas penggunaan jaringan internet ke ranah benda-benda fisik, untuk saling bertukar data dan informasi dalam aplikasi kendali ataupun aplikasi pengawasan (Budiyanti, 2021). Sedangkan Rusito dalam bukunya berjudul “Teknologi Internet, Dasar Internet, Internet of Things (IOT) dan Bahasa HTML”, mengartikan IoT sebagai

sebuah teknologi yang mampu memberikan solusi dari permasalahan tradisional dengan menyertakan dampak sosial dan dibubut dengan teknologi informasi serta komunikasi yang berkembang (Rusito, 2021). Sukaridhoto dalam bukunya berjudul “Bermain dengan *Internet of Things* dan *BigData*” terbitan terbitan Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, menggambarkan model referensi dari *Internet of Things* yang terdiri atas 4 buah lapisan diantaranya lapisan aplikasi, layanan dan pendukung aplikasi, jaringan, dan perangkat (Sukaridhoto, 2016). Gambar 2 menjadi salah satu gambaran penerapan IoT untuk 3D Print dalam proses monitoring melalui *dashboard website*.



Gambar 2. Dashboard kontrol IoT

### Board ESP32

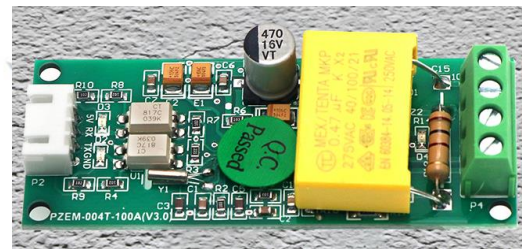


Gambar 3. Board ESP32  
(Sumber: docs.espressif.com)

ESP32 merupakan board mikrokontroler pabrikan espressif yang diperkenelakan sebagai *upgrade* dari board sebelumnya yaitu ESP8266 atau biasa dikenal dengan NodeMCU (Prafanto A dkk., 2021). Pin I/O yang dimiliki oleh board ESP32 sebanyak 48 buah, dengan detail masing-masing terdapat pada Gambar 3. Board ini beserta pendahulunya sama-sama diperkenalkan sebagai mikrokontrol yang mendukung *Internet of Things*, karena sudah integrasi module WiFi *on-board* (Muliadi dkk., 2020).

### Modul sensor PZEM-04T

Modul PZEM-004T merupakan modul yang digunakan sebagai pengukur arus dan tegangan dengan basis mikrokontroler atau board *open-source* lainnya, namun memiliki tegangan operasional rendah sebesar 5V (Andriana dkk., 2019). Bentuk fisik dari sensor PZEM-004T dapat dilihat pada Gambar 4. Modul ini mampu mengukur besaran tegangan (V), arus (I), daya aktif, frekuensi, energi aktif, dan faktor daya dengan jenis komunikasi data serial (Anwar dkk., 2019).



Gambar 4. Bentuk fisik module PZEM-004T  
(Sumber: en.peacefair.cn)

### Raspberry Pi 3B



Gambar 5. Bentuk fisik Raspberry Pi 3B  
(Sumber: raspberrypi.com)

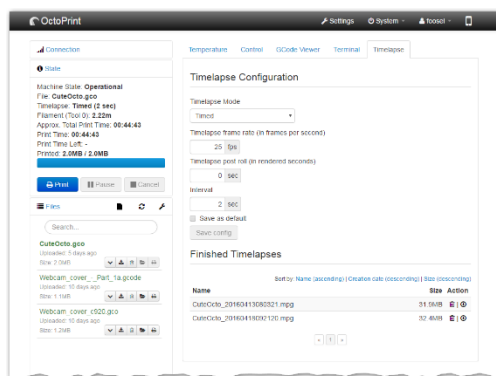
Raspberry Pi 3B adalah produk yang dikembangkan oleh Raspberry Pi Foundation dengan seri *single-board computer*. Single-board ini sendiri merupakan keluaran terbaru, dengan spesifikasi prosesor 64-bit quad core 1,4 GHz (Priyatna dkk., 2021). Setiap seri dari Raspberry memiliki bentuk fisik yang berbeda, untuk Raspberry Pi 3B secara fisik dapat dilihat pada Gambar 5. Lebih lanjut, arsitektur dari board ini ialah ARM11 yang dilengkapi dengan *interface* berupa port HDMI, SD card, Ethernet Port, USB 2.0 Port (Dasmen & Rasmila, 2019).

### OctoPrint

OctoPrint adalah aplikasi *driver* printer 3D *open-source* yang menyediakan antarmuka website untuk printer yang terhubung. Aplikasi ini merupakan turunan dari *Cura Slicer* dan memiliki naungan yang sama, yaitu di bawah lisens AGPL.

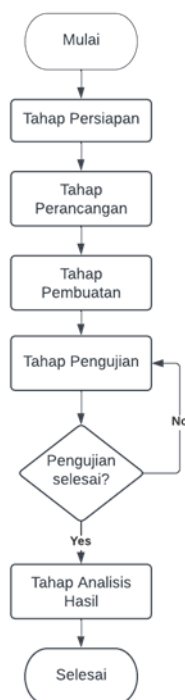


Pengembangan perangkat lunak pencetakan 3D dipublikasikan di GitHub (Priyatna dkk., 2021). Selain itu, OctoPrint dapat berjalan di beberapa sistem operasi umum layaknya windows dll. Namun, software ini paling sering ditanamkan pada single-board semacam raspberry pi dengan OS Linux. Gambar 6 menunjukkan tampilan dashboard Octoprint secara *default*. Pengembangan OctoPrint didukung oleh Patreon dan telah diperkirakan mendapatkan pendanaan lebih dari \$6.000 per bulan. Octoprint ini memiliki Sistem Operasi sendiri yang disebut Octopi yang dipasang di Raspberry Pi agar IoT dapat bekerja (Prianto dkk., 2021).



Gambar 6. Dashboard octoprint  
(Sumber: *octoprint.org*)

## METODE



Gambar 7. Flowchart sistem monitoring & remote 3D

Pada penelitian ini, dibagi menjadi 5 langkah, diantaranya adalah persiapan, dilanjutkan Langkah perancangan, kemudian pembuatan, pengujian, dan tahap analisis data. Pada tahap pengujian, jika alat yang dibuat belum sesuai dengan perancangan maka akan dilakukan pengulangan tahap pembuatan. Diagram alur prosedur penelitian secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 7.

### Tahap Persiapan

Pada Langkah pertama ini proses yang ditempuh ialah mencari keterangan dari berbagai sumber dengan melakukan studi literatur, jurnal ilmiah maupun skripsi, yang berkaitan dengan obyek dan perangkat-perangkat penelitian. Selain dari melakukan *literature review*, juga mempersiapkan alat dan bahan untuk proses pembuatan alat dan pelaksanaan penelitian baik untuk *software* maupun untuk *hardware*.

### Tahap Perancangan

Selanjutnya pada Langkah perancangan ini dibagi menjadi dua, yaitu perangkat keras atau *hardware* dan perangkat lunak atau *software*. Perancangan *software* dan *hardware* meliputi perancangan sistem kendali daya, monitoring daya, dan remote 3D print.

### Tahap Pembuatan

Setelah melewati proses perancangan *software* dan *hardware*, langkah selanjutnya yaitu pembuatan dari alat yang telah dirancang. Pada tahap ini rangkaian *hardware* dibangun secara terpisah menurut *board* yang digunakan, yaitu *board* ESP32 dan *board* Raspberry Pi 3B. *Board* ESP32 akan dibuat untuk sistem kendali power dan sistem *automatic cost counting*. Sedangkan, untuk *board* Raspberry Pi 3B digunakan untuk sistem *monitoring & remote 3D print*. Sedangkan untuk pembuatan *software*, juga dilakukan berdasarkan *board* yang digunakan. Untuk ESP32 akan diprogram menggunakan Arduino IDE dan library sensor didalamnya. *Board* Raspberry Pi 3B untuk sistem *monitoring & remote 3D print*, akan dilakukan *burning firmware* dan penyesuaian plugin.

### Tahap Pengujian

Pengujian dilakukan sebanyak 2 kali yaitu berupa uji *functional suitability* dan uji *usability*. Uji *functional suitability* adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kesesuaian karakteristik dalam menjalankan fungsi yang telah dikembangkan (Dako dan Ridwan, 2021). Pada

pengujian sistem yang dibangun, menggunakan *functional suitability* dengan metode *black box testing*. Penggunaan metode tersebut bertujuan untuk memvalidasi bahwa fitur yang telah dikembangkan berjalan dengan baik pada sisi pengguna (Wonohadidjojo D.M, & Santoso H., 2022). Teknik yang digunakan dalam mendapatkan data menggunakan kuisioner yang ditata dan dibuat dengan kebutuhan fungsional sesuai spesifikasi pada bab 1. Kemudian hasil pengumpulan data melalui test case dan kuisioner selanjutnya dinilai menggunakan skala *Guttman* yang dihitung dengan matriks *feature completeness* pada persamaan 1 (Ichsanuddin, M., & Ferdiansyah, 2022).

$$X = \frac{I}{P} \quad (1)$$

X adalah matrik *feature completeness*, I jumlah fitur yang berhasil diimplementasikan, dan P jumlah fitur yang dirancang.

Sedangkan *usability* adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui tingkat kepuasan dan pemahaman pengguna ketika menggunakan sebuah sistem yang telah selesai dibuat (Pradhana dkk., 2021). Lebih lanjut, Joseph Dumas & Janice Redish menerangkan bahwa *usability* mengukur seberapa mudah dipelajari dan digunakan suatu produk oleh pengguna dalam mencari tujuannya (Rahadi, 2014). Dalam pengujian ini, aspek yang dinilai ialah *learnability*, *flexibility*, *effectiveness*, dan *attitude*. Teknik pengumpulan data menggunakan kuisioner, dan dihitung menggunakan skala *Likert*. Skala *Likert* dapat dihitung dengan persamaan 2 (Pradhana dkk., 2021).

$$Usability(\%) = \frac{A+B+C+D}{4} \times 100\% \quad (2)$$

A = nilai aspek *Learnability* (%)

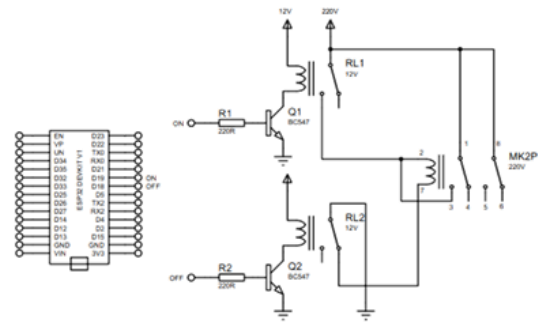
B = nilai aspek *flexibility* (%)

C = nilai aspek *Effectiveness* (%)

D = nilai aspek *Attitude* (%)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan perangkat pada penelitian ini dibagi menjadi tiga sub-sistem utama, yaitu sistem kendali daya, sistem monitoring daya, dan sistem remote 3D print. Sistem kendali daya pada mesin 3D print tersusun atas relay DC 5V, relay AC 220V Omron MK2P, dan ESP32 sebagai CPU, yang mana skema dari rangkaian daya terdapat pada Gambar 8.



Gambar 8. Skema rangkaian kendali daya

Konfigurasi untuk pin-pin yang terhubung ke relay DC terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Koneksi Pin Relay DC

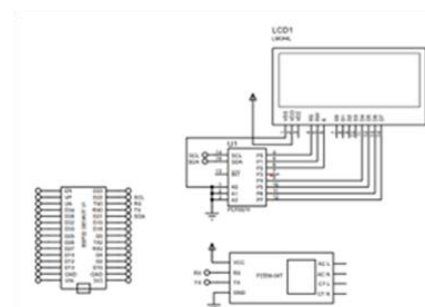
Relay DC ON		Relay DC OFF	
Pin	Koneksi	Pin	Koneksi
NO	Com AC (2)	NO	-
NC	-	NC	Com AC (7)
Com	220V	Com	GND AC

Sedangkan konfigurasi untuk pin-pin pada relay AC omron MK2P terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Koneksi Pin Relay AC

Relay AC		
Pin		Koneksi
Com1	1	220V
Com2	8	220V
NC1	4	-
NC2	5	Beban
NO1	3	Coil pin 2
NO2	6	-
Coil	2	Terminal NO (On)
Coil	7	Terminal NC (Off)

Rangkaian monitoring daya juga menggunakan ESP32 sebagai CPU, module PZEM-004T sebagai sensor, dan LCD 2004+I2C sebagai display. Skema rangkaian ini terdapat pada Gambar 9.



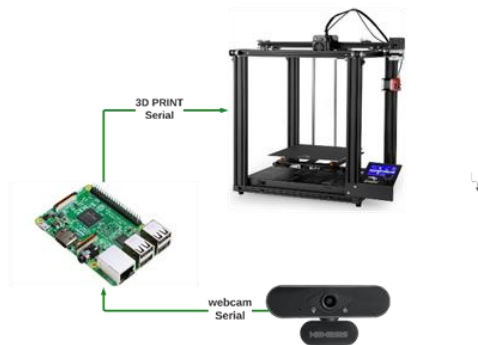
Gambar 9. Skematik monitoring daya

Konfigurasi pin untuk sensor PZEM-004T dan LCD 2004 terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Koneksi pin monitoring daya

ESP32	PZEM	ESP32	LCD
RX	TX	21	SDA
TX	RX	22	SCL
Vin	VCC	Vin	VCC
GND	GND	GND	GND

Rangkaian remote 3D print, berfungsi sebagai rangkaian yang akan menghubungkan 3D print dengan internet, sehingga bisa diakses darimana saja dan kapan saja. Rangkaian ini disusun dari *single-board* computer merk Raspberry Pi tipe 3B, *microSD*, dan *Webcam* yang dapat dilihat ilustrasinya pada Gambar 10. Hasil akhir dari alat ini yang telah dirakit seluruh sub-sistemnya, terdapat pada Gambar 11.



Gambar 10. Ilustrasi rangkaian remote 3D print

Selanjutnya, program perangkat lunak atau software untuk ESP32 yang digunakan sebagai CPU pada sub-sistem kendali daya dan monitoring daya 3D print, dibuat dengan menggunakan *tools* Arduino IDE. Setelah program selesai dibuat, maka akan diunggah kedalam board melalui kabel USB tipe A mikro. Sedangkan untuk perangkat lunak sub-sistem remote 3D print, diburning ke dalam microUSB menggunakan *tools* balenaEtcher.

Setelah alat selesai dikembangkan, langkah yang dilakukan berikutnya yaitu menguji dengan pengujian *functional suitability* dan *usability* pada alat. Pengujian pertama yang dilakukan pada sistem adalah pengujian kesesuaian fungsional, dimana metode pengujian *black box* berpatokan kepada standarisasi ISO 9126-2. Pengujian yang dilakukan ini untuk melihat angka keberhasilan dari setiap fitur sistem yang telah dikembangkan dan diimplementasikan sebelumnya. Pengujian ini dilakukan pada tiga matriks, yaitu kecukupan

fungsional (FA), kelengkapan implementasi fungsional (FICM), kelengkapan implementasi fungsional (FIC) pada skala Guttman dan dihitung menggunakan matriks kelengkapan fungsi pada Persamaan 1.



Gambar 11. Tampilan fisik alat

Tabel 4. Hasil pengujian *functional suitability*

No	Sistem	FA	FIC	FICM
1	Kendali Daya On	1	1	1
2	Kendali Daya Off	1	1	1
3	Start print via telegram-bot	1	1	1
4	Stop print via telegram-bot	1	1	1
5	Pause/resume print via telegram-bot	1	1	1
6	Monitoring kondisi 3D print via telegram-bot	1	1	1
7	List file pada 3D print via telegram-bot	1	1	1
8	Start print via website	1	1	1
9	Stop print via website	1	1	1
10	Pause/resume print via website	1	1	1
11	Streaming kondisi 3D print via website	1	1	1
12	Schedule printing via website	0.2	0.2	0.2
<b>Rata-rata</b>		<b>0.93</b>	<b>0.93</b>	<b>0.93</b>

Pengujian dilakukan berdasarkan sistem yang dibuat dalam 3 kasus uji. Penggunaan skala *Guttman* pada pengujian ini adalah untuk mendapatkan jawaban yang jelas, tegas, dan pasti, di mana jawaban tersebut “YA maupun PASS” dan “TIDAK maupun FAIL”. Hasil dari instrument dengan skala *Guttman* inilah yang akan diolah menggunakan persamaan 1.

Hasil pengujian *functional suitability* dari 3 buah *test case* terdapat pada Tabel 4. Besaran nilai antara 0 (nol) dinilai kurang baik dan nilai yang mendekati atau sama dengan 1 (satu) dinilai sebagai baik ( $0 \leq X \leq 1$ ). Sementara FA adalah kecukupan fungsi sistem, FIC adalah sejauh mana implementasi dari fungsi sistem, dan FICM adalah kelengkapan implementasi dari fungsi sistem. Eksperimen dilakukan dan kemudian dihitung menggunakan Persamaan 1.

Hasil perhitungan data menggunakan matrik *feature completeness* rata-rata mendapatkan nilai 0.93, di mana rentang nilai tersebut mengartikan sistem yang telah dibuat berjalan dengan baik, diimplementasikan dengan spesifikasi yang sesuai, dan fitur berjalan sama dengan rencana. Sehingga, dapat dikatakan bahwa sistem fungsi ini telah berkerja dan memiliki kualitas baik.

Pengujian kedua yaitu uji *usability* yang dilakukan dengan mengamati reaksi 20 responden. Teknik pengumpulan data pada pengujian ini dengan menggunakan kuisioner online melalui *google form*, yang berisi pertanyaan-pertanyaan positif sesuai kategori dalam aspek *usability*. Sedangkan untuk mengukur hasil kuisioner, menggunakan skala *Likert*, yang mana skala ini sering kali digunakan untuk pengukuran pada penelitian perilaku. Persamaan yang digunakan dalam menghitung persentase hasil pengujian *usability* pada sistem ini ditunjukkan pada persamaan 2.

Tabel 5. Hasil pengujian *usability*

Q	Jawaban					Bobot	%
	SS	S	B	TS	STS		
Aspek <i>Learnability</i>							
Q1	20					100	100
Q2	15	3	2			93	93
Aspek <i>flexibility</i>							
Q3	19	1				99	99
Q4	13	6	1			92	92
Q5	17	3				97	97
Q6	3		16	1		65	65
Aspek <i>Effectiveness</i>							
Q7	18	2				98	98
Q8	20					100	100
Aspek <i>Attitude</i>							
Q9	19	1				99	99
Q10	18	2				98	98

Data hasil dari pengujian *usability* terdapat pada Tabel 5. Tabel tersebut berisi total jawaban responden untuk masing-masing jawaban dari tiap

pertanyaan, bobot, dan persentasenya. Pertanyaan (Q) pada Tabel tersebut telah diklasifikasikan menurut aspeknya.

Rata-rata persentase dari masing-masing aspek, dapat dilihat pada Tabel 6. Hasil rata-rata dari masing-masing aspek kemudian dihitung menggunakan persamaan 2. Persentase *usability* berdasarkan data dan perhitungan didapatkan nilai sebesar 95.6%. Sehingga sistem ini dapat dikategorikan sangat layak berdasarkan indeks kategori kelayakan. Sedangkan, untuk kategori masing-masing aspek yaitu, *Learnability* dikategorikan sangat layak, *flexibility* dikategorikan sangat layak, *Effectiveness* dikategorikan sangat layak, dan *Attitude* dikategorikan sangat layak. Menurut persamaan 2 adalah sebesar 95.6%

Tabel 6. Hasil rata-rata masing-masing aspek

No	Aspek	Rata-rata (%)
1	<i>Learnability</i>	96.50%
2	<i>Flexibility</i>	88.25%
3	<i>Effectiveness</i>	99.00%
4	<i>Attitude</i>	98.50%

## PENUTUP

### Simpulan

Hasil pengujian dari sistem kendali daya 3D print pada laboratorium mikroprosesor berbasis IoT, untuk uji *functional suitability* dengan metode *black box testing* dan dihitung menggunakan matriks *feature completeness* mendapatkan nilai 0.93 yang artinya sistem yang telah dibuat berjalan dengan baik, diimplementasikan dengan spesifikasi yang sesuai, dan fitur berjalan sama dengan rencana, sehingga dikategorikan berkualitas baik. Sedangkan hasil pengujian *usability* menggunakan skala *Likert* didapatkan nilai sebesar 95.6%, di mana masing-masing aspek yaitu, aspek *Learnability* diklasifikasikan sangat layak, aspek *flexibility* diklasifikasikan sangat layak, aspek *Effectiveness* diklasifikasikan sangat layak, dan aspek *Attitude* diklasifikasikan sangat layak.

### Saran

Penulis beranggapan bahwa terdapat banyak kekurangan pada penelitian yang dilakukan, sehingga saran yang dapat penulis berikan dari diataranya penelitiaini dapat dilakukan pengujian dengan metode yang lain. Tipe board dapat diganti dengan merk lain dan type lain, untuk mengetahui pengaruh terhadap perfoma dan lain-lain.



## DAFTAR PUSTAKA

- Amal, R. R., Rosa, M. R., & Rodiana, I. M. 2022. *Monitoring dan Komunikasi Pada Massive 3D Printer Dengan Material Sampah Plastik Berbasis IoT*. E-Proceeding of Engineering.
- Andriana, Baehaqi, H., & Zulkarnain. 2019. *Sistem Kwh Meter Digital Menggunakan Modul PZEM-004T*. Jurnal TIARISIE. Vol. 16(1): hal. 29–34.
- Anwar, S., Artono, T., Nasrul, Dasrul, & Fadli, A. 2019. “*Pengukuran Energi Listrik Berbasis PZEM-004T*”. Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Budiyanti, R. T. 2021. *Buku Ajar Internet of Things*. Semarang: CV. Asta Karya Kreatifa Media.
- Dako, R. D. R., & Ridwan, W. 2021. *Pengujian Karakteristik Functional Suitability dan Performance Efficiency tesadaptif.com*. Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering. Vol. 3(2): hal. 66-71.
- Dasmen, R. N., & Rasmila. 2019. *Implementasi Raspberry Pi 3 pada Sistem Pengontrol Lampu berbasis Raspbian Jessie*. JEPIN (Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika). Vol.5(1): hal. 46–53.
- Ichsanuddin, M., & Ferdiansyah. 2022. *Rancanganprototype Smart Home Untuk Kontrol Jarak Jauh Pada Perangkat Rumah Dengan Mikrokontroler ESP32*. Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi, Jakarta Selatan.
- Mantik, H. 2022. *Revolusi Industri 4.0: Internet of Things, Implementasi Pada Berbagai Sektor Berbasis Teknologi Informasi (Bagian I)*. Jurnal Sistem Informasi (JSI). Vol. 9(2): hal. 41-49.
- Mawardi, C. 2020. *Pengantar 3D Printing*. Semarang: Polimedia.
- Muliadi, Imran, A., & Rasul, M. 2020. *Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan ESP32*. Jurnal Media Elektrik. Vol. 17(2): hal. 2721–9100.
- Pradhana, J. R. P., Rikhanah, M. K. I., Injiyani, R. N., Ardiansah, W. H., Saputra, Z. R., Adhinata, F. D., & Rakhmadani, D. P. 2021. *Pengujian Usability untuk Mengetahui Kepuasan Pengguna pada Website Perpustakaan Institut Teknologi Telkom Purwokerto*. Jurnal ICTEE. Vol. 2(1): hal. 36-41.
- Prafanto, A., Budiman, E., Widagdo, P. P., Mahendra Putra, G., & Wardhana, R. 2021. *Pendeteksi Kehadiran Menggunakan ESP32 Untuk Sistem Pengunci Pintu Otomatis*. JTT (Jurnal Teknologi Terapan). Vol. 7(1): hal. 37–43.
- Prianto, E., Pramono, H. S., & Yuchofif. 2021. *IoT-Based 3D Printer Development for Student Competence Improvement*. Journal of Physics: Conference Series (ICE-ELINVO), Yogyakarta.
- Priyatna, I. P. A. C., Agung, I. G. A. P. R., & Divayana, Y. 2021. *Pengaruh Penambahan Sistem Iot Raspberry Pi Terhadap Kecepatan Cetak Dan Tingkat Produktivitas Operator 3D Printer Reprap*. Jurnal SPEKTRUM. Vol. 8(2): hal.128–137.
- Rahadi, D. R. 2014. *Pengukuran Usability Sistem Menggunakan Use Questionnaire Pada Aplikasi Android*. Jurnal Sistem Informasi (JSI). Vol.6(1): hal.661-671.
- Rusianto, T., Huda, S., & Wibowo, H. (2019). *A Riview: Jenis Dan Pencetakan 3d (3d Printing) Untuk Pembuatan Prototipe*. Jurnal Teknologi. Vol.12(1): hal. 14–21.
- Rusito. 2021. *Dasar Internet Teknologi IoT (Internet of Thing) dan Bahasa HTML* (I. A. Dianta, Danang, & Y. Fitrianto, Eds.). Semarang: Yayasan Prima Agus Teknik.
- Suharman & Murti, H. W. 2019. *Kajian Industri 4.0 Untuk Penerapannya Di Indonesia*. Jurnal Manajemen Industri dan Logistik. Vol. 3(1): hal. 1-13.
- Sukaridhoto, S. 2016. *Bermain dengan Internet of Things dan Big Data*. Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- Wonohadidjojo, D. M., & Santoso, H. 2022. *Sistem Kendali Jarak Jauh untuk Smart Home Melalui Aplikasi Android Menggunakan NodeMCU dan Firebase*. Buletin Poltanesa. Vol. 23(1): hal. 329–344.