

Design of a Skin Moisture Detection System Using a Microcontroller and Google Sheets As a Data Storage Platform

Desain Sistem Pendeteksi Kelembaban Kulit Menggunakan Mikrokontroler dan Google Sheets sebagai Platform Penyimpanan Data

Saddam Gusti Ramadhan Tamnge¹, Arief Wicaksono²,

¹Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Email Penulis Korespondensi: *ariefwicaksono@umsida.ac.id

Abstract. Skin moisture is one of the indicators that can be used to evaluate skin condition. Skin moisture measurement is generally performed using commercial instruments, which are relatively expensive and less affordable for research and simple monitoring purposes. This study aims to design and implement a skin moisture detection system based on a capacitive sensor using an ESP32 microcontroller with Google Sheets as a cloud-based data storage platform. This research employed the Research and Development (R&D) method, including hardware design, software development, system implementation, and performance testing. Sensor readings were processed using the trimmed mean, median filter, deadband, and Exponential Moving Average (EMA) methods to improve measurement stability. The processed data were then converted into skin moisture percentages, displayed on an SSD1306 OLED, and automatically transmitted to Google Sheets via WiFi using Google Apps Script. The results indicate that the developed system is capable of measuring skin moisture in real time, classifying skin conditions into dry, normal, and moist categories based on calibration results, and automatically storing measurement data in Google Sheets. The implemented data processing methods successfully reduced the effects of outliers and signal fluctuations, resulting in more stable measurements. Therefore, the proposed system can serve as a low-cost Internet of Things (IoT)-based prototype for skin moisture detection and monitoring.

Keywords - ESP32; Capacitive Sensor; Skin Moisture; Google Sheets; Internet of Things (IoT).

Abstrak. Kelembaban kulit merupakan salah satu indikator yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi kesehatan kulit. Pengukuran kelembaban kulit umumnya masih menggunakan alat komersial yang memiliki harga relatif tinggi sehingga kurang terjangkau untuk kebutuhan penelitian maupun penggunaan sederhana. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pendeteksi kelembaban kulit berbasis sensor kapasitif menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan Google Sheets sebagai media penyimpanan data hasil pengukuran. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D), meliputi tahap perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, implementasi sistem, serta pengujian kinerja alat. Data hasil pembacaan sensor diolah menggunakan metode trimmed mean, median filter, deadband, dan Exponential Moving Average (EMA) untuk meningkatkan kestabilan hasil pengukuran. Hasil pengukuran kemudian dikonversi menjadi persentase kelembaban kulit, ditampilkan pada OLED SSD1306, serta dikirimkan secara otomatis ke Google Sheets melalui jaringan WiFi menggunakan Google Apps Script. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berhasil melakukan pengukuran kelembaban kulit secara real-time, mengklasifikasikan kondisi kulit ke dalam kategori kering, normal, dan lembab berdasarkan hasil kalibrasi, serta menyimpan data hasil pengukuran secara otomatis pada Google Sheets. Penerapan metode pengolahan data mampu mengurangi pengaruh nilai ekstrem dan fluktuasi pembacaan sensor sehingga hasil pengukuran menjadi lebih stabil. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dapat digunakan sebagai prototipe pendeteksi kelembaban kulit berbasis Internet of Things (IoT) dengan biaya yang relatif rendah.

Kata Kunci - ESP32; sensor kapasitif; kelembaban kulit; Google Sheets; Internet of Things (IoT).

I. PENDAHULUAN

Kelembaban kulit merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk menentukan kandungan air pada lapisan terluar kulit (*stratum corneum*)[1]. Hidrasi kulit yang baik sangat penting untuk menjaga fungsi perlindungan kulit, meningkatkan elastisitas kulit, dan menjaga kesehatan jaringan kulit. Kekurangan air dapat menyebabkan kulit

menjadi kering, kasar, iritasi, dan bahkan meningkatkan risiko masalah pada lapisan pelindung kulit. Oleh karena itu, pemantauan kelembapan kulit sangat penting dalam bidang kesehatan dan perawatan kulit[1].

Sensor kapasitif adalah salah satu pengganti untuk mengukur kelembapan kulit. Sensor ini dapat mendeteksi variasi kandungan air di permukaan kulit dengan mengukur perubahan kapasitansi yang disebabkan oleh variasi permitivitas material di sekitar elektroda. Sensor kapasitif banyak digunakan dalam berbagai sistem pemantauan berbasis *Internet of Things (IoT)* modern karena konsumsi daya yang rendah, kemudahan dalam pembuatan, biaya yang terjangkau, dan kemudahan integrasi dengan sistem berbasis mikrokontroler[2][3][4].

Prinsip kerja sensor kapasitif didasarkan pada perubahan nilai kapasitansi akibat perubahan permitivitas material yang berada di sekitar elektroda. Hubungan antara kapasitansi, permitivitas, luas elektroda, dan jarak antar elektroda dapat dinyatakan pada Persamaan (1)[5].

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \quad (1)$$

Persamaan kapasitansi

Keterangan variabel:

- C = kapasitansi (F)
- ϵ = permitivitas material
- A = luas elektroda
- d = jarak antar elektroda

Berdasarkan Persamaan (1), perubahan nilai permitivitas akibat kandungan air pada permukaan kulit akan memengaruhi nilai kapasitansi yang dibaca oleh sensor. Oleh karena itu, sensor kapasitif dapat dimanfaatkan sebagai media untuk mendeteksi tingkat kelembapan kulit[3].

Berbagai metode telah digunakan dalam pengembangan luas penelitian tentang sistem deteksi kelembapan. Untuk mencatat dan melacak hasil pengukuran secara online, Arief Wicaksono dkk. membuat prototipe alat pengukur kelembapan berbasis ESP32 yang terintegrasi dengan spreadsheet. Menurut penelitian, mengintegrasikan media penyimpanan berbasis cloud dengan mikrokontroler ESP32 dapat meningkatkan efektivitas prosedur pemantauan data[6].

Dalam studi yang berbeda, Shazana Dhiya Ayuni dkk. menciptakan sistem pemantauan *Internet of Things* yang mengirimkan data secara *real-time*. Temuan studi tersebut menunjukkan bahwa teknologi *IoT* dapat meningkatkan efisiensi pemantauan dan mempermudah dalam memperoleh data pengukuran[2].

Selanjutnya, Jamaaluddin dkk. menciptakan sistem Mesin *Etching Printed Circuit Board (PCB)* berbasis ESP32-CAM yang memanfaatkan teknologi *Internet of Things* sebagai sarana pemantauan perangkat. Menurut penelitian, ESP32 cocok digunakan dalam sistem pemantauan berbasis *Internet of Things* karena dapat melakukan pengumpulan data, pemrosesan informasi, dan tugas komunikasi jaringan secara terintegrasi[7].

Selain itu, penelitian Enggar Banifa Pratiwi menghasilkan pengembangan sistem pengukur kelembapan kulit berbasis sensor kapasitif planar yang sukses. Sensor kapasitif mungkin berguna untuk menilai kelembapan kulit karena temuan penelitian menunjukkan bahwa variasi nilai kapasitansi dapat digunakan untuk membedakan antara jumlah kelembapan kulit yang berbeda[8].

Dalam studi lain juga Mikrokontroler ESP32 juga telah digunakan sebagai pusat kontrol dalam sistem berbasis *Internet of Things (IoT)* dalam sejumlah penelitian. ESP32 dipilih karena memiliki modul *WiFi* terintegrasi yang memungkinkan komunikasi jaringan, pemrosesan data, dan pengumpulan data semuanya dalam satu perangkat. Karena fitur ini, ESP32 sering digunakan dalam berbagai sistem pemantauan yang perlu mengirim data melalui internet secara *real-time*[6][9].

Beberapa eksperimen menggunakan *Google Sheets* sebagai media penyimpanan data berbasis *cloud* selain ESP32 sebagai pusat kontrol. Platform ini dipilih karena kemudahan penggunaannya, tidak memerlukan server khusus, dan kemampuannya untuk menyimpan data pengukuran secara otomatis, yang memfasilitasi dokumentasi dan pemantauan waktu nyata[10].

Banyak penelitian telah menunjukkan penggunaan efektif sensor kapasitif untuk prosedur pengukuran kelembapan dan ESP32 dalam sistem pemantauan berbasis *Internet of Things*. Kedua strategi tersebut masih biasanya dikembangkan secara independen. Sementara penelitian berbasis *IoT* menekankan pada transfer dan pemantauan data, penelitian kelembapan kulit terutama berfokus pada akurasi pengukuran. Oleh karena itu, masih ada kebutuhan untuk lebih banyak penelitian dan pengembangan di bidang ini karena saat ini hanya ada sedikit sistem yang dapat mengintegrasikan sensor kapasitif, ESP32, OLED SSD1306, dan *Google Sheets* sebagai media untuk penyimpanan data otomatis secara *real-time*[8][11].

Studi ini menyarankan pembuatan sistem deteksi kelembapan kulit berbasis mikrokontroler ESP32 menggunakan *Google Sheets* sebagai media penyimpanan data untuk mengisi kekurangan penelitian. Sistem ini menggunakan sensor kapasitif untuk memantau kadar kelembapan kulit, menampilkan hasilnya pada OLED SSD1306, dan secara otomatis mengirimkan data pengukuran ke platform *cloud*. Akibatnya, temuan pengukuran dapat dicatat dan digunakan untuk pemantauan proses selain dapat dilihat secara langsung.

II. METODE

A. Desain Penelitian

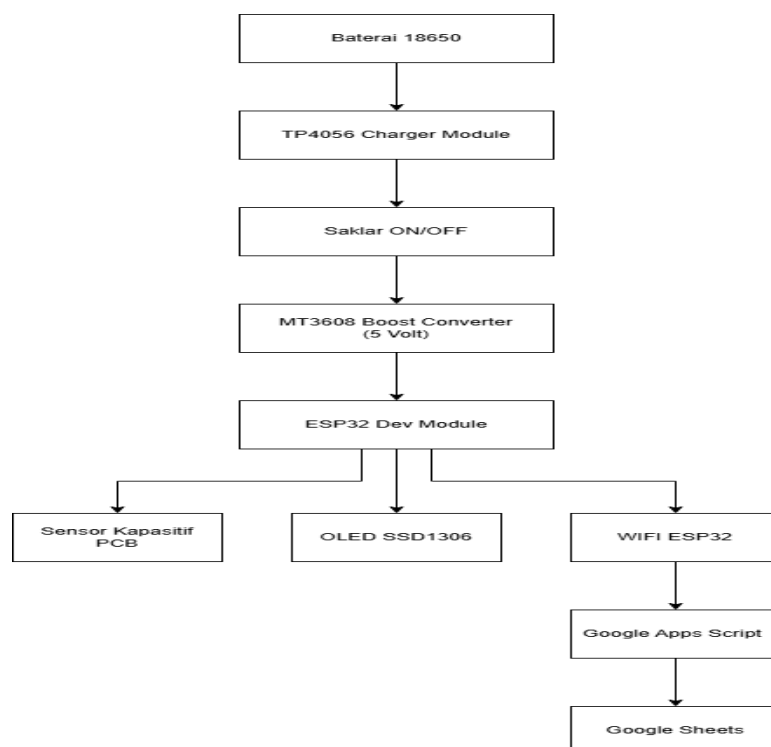
Penelitian ini menggunakan metode Penelitian dan Pengembangan *Research and Development*(R&D) dengan tujuan merancang, membangun, dan menguji sistem deteksi kelembapan kulit berbasis mikrokontroler ESP32. Metode ini dipilih karena dalam penelitian ini tidak hanya dihasilkan sebuah konsep tetapi juga prototipe yang dapat digunakan untuk melakukan pengukuran kelembapan kulit secara *real-time*[12], [13].

Tahapan penelitian ini meliputi identifikasi kebutuhan sistem, perancangan *hardware*, perancangan *software*, implementasi sistem, pengujian alat, analisis hasil pengujian dan penyusunan laporan penelitian.

B. Perancangan Sistem

Perancangan system dilakukan untuk memastikan hubungan antara komponen dan proses operasional dari sistem yang telah dibuat, desain sistem diselesaikan sebagai langkah pertama. Sebuah OLED SSD1306 berfungsi sebagai media tampilan untuk hasil pengukuran, sebuah mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pengendali pusat dan pemroses data, sebuah sensor kapasitif berfungsi sebagai perangkat input, dan Google Sheets berfungsi sebagai media penyimpanan data berbasis *cloud*. Pengukuran otomatis, pemrosesan data, tampilan hasil, dan penyimpanan data dimungkinkan oleh integrasi elemen-elemen ini[2], [6].

Ketika permukaan sensor bersentuhan dengan kulit, sistem mendeteksi perubahan nilai kapasitansi. ESP32 kemudian menggunakan validasi sentuh, penyaringan, dan perhitungan persentase kelembapan kulit untuk menangani data dari pengukuran. Hasil pengukuran kemudian ditampilkan pada OLED SSD1306 dan diunggah melalui *WiFi* ke *Google Sheets* menggunakan *Google Apps Script*, memungkinkan data pengukuran disimpan secara otomatis untuk monitoring[10], [14].



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

C. Perancangan Perangkat Keras

Untuk mengukur kelembapan kulit, sejumlah komponen kunci yang saling mendukung diintegrasikan ke dalam arsitektur perangkat keras. Modul ESP32 Dev berfungsi sebagai pusat kontrol sistem, sensor kapasitif mendeteksi perubahan kelembapan kulit, OLED SSD1306 menampilkan hasil pengukuran, baterai lithium-ion 18650 berfungsi

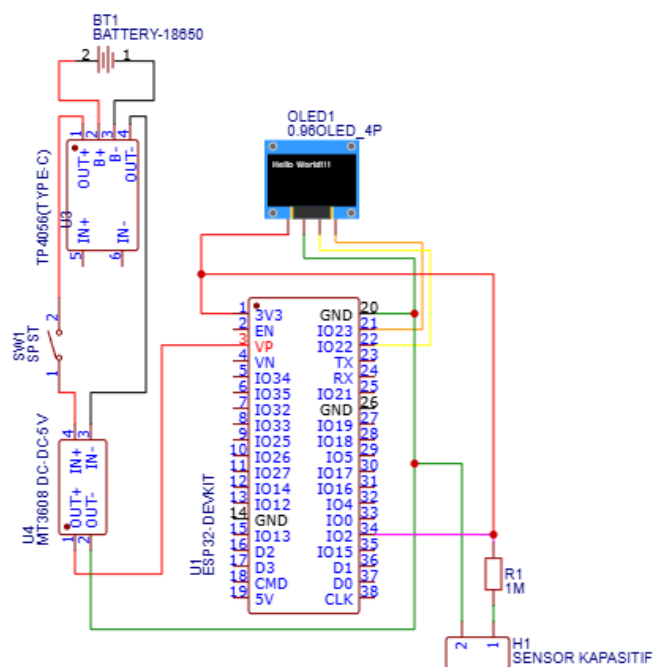
sebagai sumber daya, modul TP4056 berfungsi sebagai sirkuit pengisian baterai, dan modul MT3608 berfungsi sebagai konverter DC-DC yang mengubah tegangan output berdasarkan kebutuhan sistem[7], [15], [16], [17], [18].

Berdasarkan skema rangkaian yang dibuat dengan perangkat lunak *EasyEDA*, setiap komponen terhubung.

Untuk memfasilitasi proses pembacaan sensor yang lancar, pemrosesan data oleh ESP32, visualisasi hasil pengukuran pada SSD1306 OLED, dan transmisi data ke *Google Sheets*, setiap komponen dirancang untuk bekerja sama[15], [17].

No	Komponen	Spesifikasi	Fungsi
1	ESP32 DevKit V1	Dual Core WiFi	Pengendali utama
2	Sensor Kapasitif	Elektroda PCB	Sensor kelembaban
3	OLED SSD1306	0.96" I ² C	Menampilkan hasil
4	TP4056	Charger Li-ion	Pengisian baterai
5	MT3608	Boost Converter	Menaikkan tegangan
6	Baterai 18650	Li-ion	Sumber daya

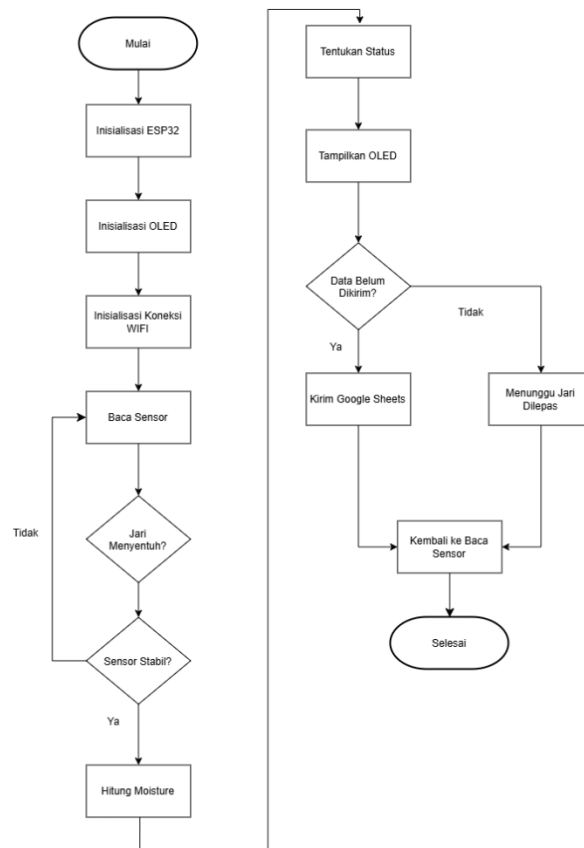
Tabel 1. Spesifikasi Komponen



Gambar 2. Skematik Rangkaian

D. Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak ini dikembangkan dalam Arduino IDE dan bahasa pemrograman C++ digunakan untuk membuat perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini. Dari inisialisasi perangkat, koneksi ESP32 ke jaringan *WiFi*, membaca data dari sensor kapasitif, memfilter dan memvalidasi sentuhan, menghitung persentase kelembapan kulit, mengklasifikasikan kondisi kulit, hingga menampilkan hasil pengukuran pada OLED SSD1306, program ini dibuat untuk mengelola seluruh alur kerja sistem. Selain itu, perangkat lunak mengontrol proses transmisi data pengukuran secara otomatis melalui internet ke *Google Sheets*[6]. *le Apps Script* digunakan sebagai jembatan antara ESP32 dan *Google Sheets* untuk melakukan operasi penyimpanan data. Aplikasi web *Google Apps Script* menerima data pengukuran dari sensor melalui *WiFi* menggunakan protokol HTTP, setelah itu langsung dimasukkan ke dalam *spreadsheet*. Data pengukuran dapat disimpan secara terpusat berkat teknologi ini, yang membuatnya berguna untuk pemantauan, pencatatan, dan analisis tambahan[19].



Gambar 3. Flowchart Sistem

E. Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem yang telah dikembangkan. Tahapan pengujian meliputi:

1. Pengujian sensor kapasitif.
2. Pengujian tampilan OLED SSD1306.
3. Pengujian koneksi *WiFi*.
4. Pengujian pengiriman data menuju *Google Sheets*.
5. Pengujian keseluruhan sistem.

Data yang diperoleh dari setiap pengujian dicatat dan dianalisis untuk mengetahui keberhasilan sistem dalam melakukan pengukuran kelembaban kulit.

F. Teknik Analisis Data

Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan nilai pembacaan sensor terhadap kategori kelembaban kulit yang telah ditentukan. Hasil analisis digunakan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam melakukan pengukuran secara konsisten serta mengevaluasi kinerja prototipe yang telah dikembangkan.

Data hasil pembacaan sensor kapasitif diolah menggunakan metode *trimmed mean*, yaitu dengan menghilangkan nilai pembacaan maksimum dan minimum sebelum menghitung nilai rata-rata. Pendekatan ini digunakan untuk mengurangi pengaruh nilai ekstrem (*outlier*) sehingga hasil pengukuran menjadi lebih stabil sebelum dilakukan proses klasifikasi kelembaban kulit[20].

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i - x_{\min} - x_{\max}}{n-2} \quad (2)$$

Keterangan:

- $\bar{x}$ = nilai rata-rata pembacaan sensor
- x_i = nilai pembacaan sensor ke- i
- $x_{\min}$ = nilai pembacaan minimum
- $x_{\max}$ = nilai pembacaan maksimum
- n = jumlah pembacaan sensor (**30 sampel**)

Berdasarkan Persamaan (2), sistem menghitung nilai rata-rata dari **30 data pembacaan sensor** dengan menghilangkan satu nilai minimum dan satu nilai maksimum. Dengan demikian, nilai rata-rata diperoleh dari **28 data**

yang tersisa sehingga pengaruh fluktuasi akibat nilai ekstrem dapat dikurangi sebelum data diproses menggunakan tahapan penyaringan berikutnya.

Nilai rata-rata pembacaan sensor diperoleh menggunakan metode *trimmed mean*. Kemudian data tersebut melewati banyak tahap penyaringan untuk membuat hasil pengukuran lebih stabil. Tingkat pertama adalah *Median Filter* untuk mengurangi efek gangguan dalam bentuk pembacaan pencilan (*noise*). Kemudian pendekatan Deadband digunakan untuk mengabaikan perubahan nilai yang sangat kecil yang membuat pembacaan sensor lebih stabil. Langkah terakhir adalah memperhalus variasi nilai sensor menggunakan *Exponential Moving Average* (EMA).

Angka yang diperoleh kemudian diterjemahkan ke dalam persentase kelembapan kulit menggunakan nilai kalibrasi untuk kondisi kulit kering dan lembab. Konversi ini bertujuan untuk mengubah pembacaan sensor menjadi skala persentase yang lebih mudah dipahami yang dapat digunakan sebagai dasar untuk menentukan kelompok kondisi kulit. Persamaan (3) adalah persamaan untuk menghitung persentase kelembapan.

$$P = \frac{(S_{kering} - S)}{(S_{kering} - S_{basah})} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

- P = persentase kelembapan kulit (%)
- S = nilai rata-rata sensor setelah proses filtering
- S_{kering} = nilai kalibrasi kondisi kulit kering
- S_{basah} = nilai kalibrasi kondisi kulit lembab

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

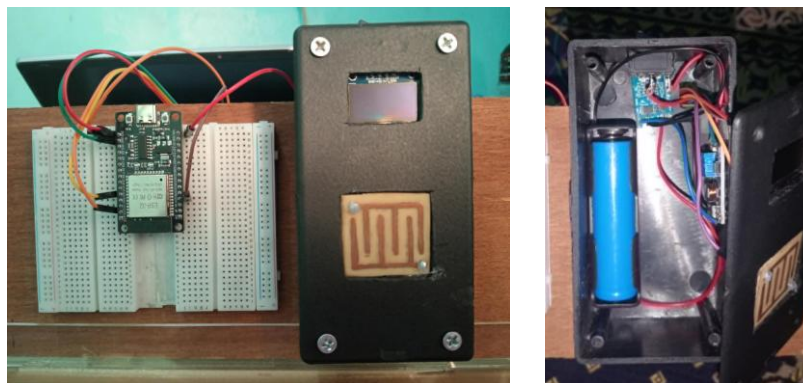
A. Hasil Penelitian

1. Implementasi Sistem

Sistem pendeteksi kelembapan kulit sudah berhasil diimplementasikan dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama yang terhubung dengan sensor kapasitif, OLED SSD1306, dan *Google Sheets* untuk media penyimpanan data hasil pengukuran. Untuk Sumber daya sistem ditenagai dari baterai *lithium-ion* 18650 yang dihubungkan dengan modul TP4056 sebagai pengisi daya dan modul MT3608 sebagai *boost converter* untuk menyediakan tegangan kerja yang sesuai.

Saat sistem diaktifkan, ESP32 menginisialisasi perangkat, menghubungkan sistem ke jaringan *WiFi*, membaca nilai sensor kapasitif, menghitung persentase kelembapan kulit, yang hasil pengukuran ditampilkan pada OLED SSD1306, kemudian mengirimkan data hasil pengukuran ke *Google Sheets* melalui *Google Apps Script*.

Sistem yang dikembangkan dapat mendeteksi kelembapan kulit secara berurutan mulai dari membaca nilai sensor kapasitif, memproses data dengan ESP32, menampilkan hasil pengukuran pada OLED SSD1306, dan mengunggah data ke *Google Sheets* menggunakan *WiFi*. Setelah proses transmisi selesai, sebuah notifikasi OLED ditampilkan, yang menyatakan bahwa prosedur pengukuran telah selesai dan data telah disimpan dengan benar.



Gambar 4. Gambar Prototipe Sistem

2. Hasil Pengujian Sensor Kapasitif

Pengujian sensor kapasitif dilakukan untuk memahami kemampuan sensor dalam mendeteksi perubahan nilai kapasitansi yang disebabkan oleh kondisi kulit. Setiap pengujian menghasilkan nilai minimal (*minimum*), rata-rata (*average*), dan maksimum (*maximum*).

No.	Tanggal	Waktu	Kondisi Aktual	Min	Avg	Max	Moisture (%)	Status Sensor
1.	26/07/2026	1:03:52	normal	870	993	1093	46	Normal
2.	26/07/2026	1:04:17	kering	1133	1270	1423	25	Kering
3.	26/07/2026	1:05:08	kering	1373	1599	1798	0	Kering
4.	26/07/2026	1:05:46	normal	943	1057	1136	41	Normal
5.	26/07/2026	1:06:09	normal	1039	1166	1264	33	Normal
6.	26/07/2026	1:06:41	kering	1237	1334	1427	20	Kering
7.	26/07/2026	1:07:16	normal	839	954	1046	49	Normal
8.	26/07/2026	1:08:13	normal	1023	1195	1318	31	Normal
9.	26/07/2026	1:08:57	normal	842	951	1057	49	Normal
10.	26/07/2026	1:09:27	normal	900	1046	1129	42	Normal
11.	26/07/2026	1:09:55	normal	880	998	1104	46	Normal
12.	26/07/2026	1:10:30	normal	975	1164	1292	33	Normal
13.	26/07/2026	1:11:02	normal	836	970	1038	48	Normal
14.	26/07/2026	1:12:18	normal	960	1062	1178	41	Normal
15.	26/07/2026	1:13:17	Kering	1333	1601	1771	0	Kering
16.	26/07/2026	1:13:44	Kering	1260	1506	1679	7	Kering
17.	26/07/2026	1:14:08	Kering	1116	1308	1421	22	Kering
18.	26/07/2026	1:14:37	Kering	1057	1245	1365	27	Kering
19.	26/07/2026	1:15:03	Kering	1151	1324	1478	21	Kering
20.	26/07/2026	1:15:33	Kering	1187	1397	1555	15	Kering
21.	26/07/2026	1:17:07	Lembab	432	521	581	83	Lembab
22.	26/07/2026	1:17:33	Lembab	493	604	681	76	Lembab
23.	26/07/2026	1:18:11	Lembab	491	570	641	79	Lembab
24.	26/07/2026	1:18:47	Lembab	400	510	587	83	Lembab
25.	26/07/2026	1:19:21	Lembab	571	665	754	71	Lembab
26.	26/07/2026	1:20:07	Lembab	635	708	752	68	Normal
27.	26/07/2026	1:20:34	Lembab	501	605	669	76	Lembab
28.	26/07/2026	1:21:29	Lembab	771	845	954	58	Normal
29.	26/07/2026	1:21:56	Normal	908	1078	1201	40	Normal
30.	26/07/2026	1:22:32	Normal	841	962	1070	49	Normal
31.	26/07/2026	1:23:02	Lembab	374	362	447	95	Lembab
32.	26/07/2026	1:23:39	Lembab	798	895	989	54	Normal
33.	26/07/2026	1:24:49	Lembab	443	475	545	86	Lembab

34.	26/07/2026	1:25:16	Lembab	384	468	546	87	Lembab
35.	26/07/2026	1:25:43	Lembab	624	724	823	67	Normal
36.	26/07/2026	1:26:35	Lembab	559	643	725	73	Lembab

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor

Pengujian dilakukan menggunakan sensor kapasitif yang telah dikalibrasi. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa sensor mampu memberikan nilai pembacaan yang relatif stabil sehingga dapat digunakan sebagai parameter dalam menentukan tingkat kelembaban kulit.

3. Hasil Pengujian Tampilan OLED

Pengujian pada OLED SSD1306 ditujukan untuk memastikan bahwa ia dapat menampilkan hasil pengukuran secara *real-time*. Ini menampilkan rata-rata pembacaan sensor, persentase kelembapan pada kulit, kategori kondisi kulit, dan status koneksi *WiFi*.

Pada hasil tes menunjukkan bahwa semua informasi dapat ditampilkan dengan baik tanpa ada keterlambatan selama proses pembacaan sensor atau transmisi data sistem. OLED SSD1306 menampilkan hasil pengukuran sebagai nilai sensor, persentase kelembapan, dan kategori kondisi kulit. Ini juga menampilkan notifikasi tentang keberhasilan transmisi data ke *Google Sheets* dan status koneksi *WiFi*. Informasi ini memungkinkan pengguna untuk lebih memahami keadaan sistem tanpa harus memeriksa penyimpanan data secara langsung.



Gambar 5. Tampilan Pada OLED SSD1306

4. Hasil Pengujian Pengiriman Data ke *Google Sheets*

Pengujian pengiriman data dilakukan dengan menghubungkan ESP32 ke jaringan *WiFi* kemudian mengirimkan hasil pengukuran menuju *Google Sheets* menggunakan *Google Apps Script*.

Data yang berhasil dikirim meliputi:

- Nilai rata-rata sensor.
- Persentase kelembaban kulit.
- Status kondisi kulit.
- Waktu pengukuran.

No.	Tanggal	Waktu	Kondisi Aktual	Min	Avg	Max	Moisture (%)	Status Sensor
129	28/07/2026	0:15:29		0	8	0	100	Lembab
130	28/07/2026	0:16:00		0	4	0	100	Lembab
131	28/07/2026	0:17:01		0	0	0	100	Lembab
132	28/07/2026	0:20:04		1099	1108	1130	37	Normal
133	28/07/2026	0:20:31		688	713	752	68	Normal
134	28/07/2026	0:36:26		1181	1318	1344	21	Kering
135	28/07/2026	3:11:17		930	933	1040	51	Normal

Gambar 6. Google Sheets

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh data berhasil tersimpan secara otomatis pada *Google Sheets* dan dapat diakses sistem sebagai dokumentasi hasil pengukuran.

Setelah proses pengiriman selesai, ESP32 menerima respons dari *Google Apps Script* dengan status berhasil (*HTTP Code 200*). Selanjutnya sistem menampilkan notifikasi “*Upload Berhasil Google Sheets*” pada OLED sebagai indikasi bahwa data hasil pengukuran telah berhasil tersimpan.

B. Pembahasan

Hasil implementasi dan pengujian yang telah dilakukan, sistem deteksi kelembaban kulit berbasis ESP32 telah berhasil direalisasikan sesuai dengan desain yang telah dibuat. Sistem ini dapat diintegrasikan dengan sensor kapasitif sebagai media pengukuran, ESP32 sebagai pengendali utama, OLED SSD1306 sebagai media tampilan, dan *Google Sheets* sebagai media penyimpanan data berbasis cloud. Sehingga seluruh proses dari pembacaan sensor, pemrosesan data, tampilan hasil pengukuran, dan transmisi data berjalan secara otomatis agar sistem dapat berjalan sesuai dengan tujuan penelitian.

Pada tahap pertama pengembangan, sensor kapasitif masih memberikan nilai pembacaan yang kurang stabil. Nilai sensor bervariasi sesuai dengan posisi jari, tekanan sentuh, dan sensitivitas sensor terhadap variasi lingkungan. Kondisi tersebut membuat hasil pengukuran belum dapat digunakan sebagai referensi dalam menentukan sistem kelembapan kulit secara konsisten. Oleh karena itu, beberapa perbaikan dilakukan baik dalam desain sensor maupun dalam algoritma yang digunakan untuk pemrosesan data, hingga pembacaan yang lebih stabil dapat diperoleh.

Untuk meningkatkan stabilitas sistem, setelah penyaringan data diproses lebih lanjut, yang mencakup rata-rata beberapa pembacaan (rata-rata) dan validasi sentuh. Metode ini dapat mengurangi fluktuasi nilai sensor, dan hasil pengukuran lebih konsisten dibandingkan dengan pengukuran langsung. Selain itu, proses kalibrasi dilakukan secara bertahap menggunakan beberapa tes hingga mencapai rentang nilai yang dapat diterima untuk mengklasifikasikan kondisi kulit ke dalam kategori kering, normal, dan lembab[3], [21].

Untuk meningkatkan stabilitas sistem, setelah penyaringan data diproses lebih lanjut, yang mencakup rata-rata beberapa pembacaan (rata-rata) dan validasi sentuh. Metode ini dapat mengurangi fluktuasi nilai sensor, dan hasil pengukuran lebih konsisten dibandingkan dengan pengukuran langsung. Selain itu, proses kalibrasi dilakukan secara bertahap menggunakan beberapa tes hingga mencapai rentang nilai yang dapat diterima untuk mengklasifikasikan kondisi kulit ke dalam kategori kering, normal, dan lembab[5], [14].

Hasil dari penelitian ini serupa dengan penelitian yang dilaksanakan oleh Enggar Banifa Pratiwi, yang memakai sensor kapasitif sebagai sarana untuk mengukur kelembapan kulit. Namun dalam penelitian ini, sistem dikembangkan dengan menambahkan fitur penyimpanan data otomatis menggunakan *Google Sheets* melalui jaringan *Internet of Things (IoT)*. Fitur ini memudahkan hasil pengukuran ditampilkan secara real-time, tetapi juga secara otomatis didokumentasikan yang memudahkan penggunaannya untuk proses pemantauan dan analisis data[8], [11], [22].

Sistem telah berhasil direalisasikan dan dapat berfungsi sesuai dengan desain. Namun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Lebih banyak pengujian dengan ukuran sampel yang lebih besar diperlukan karena jumlah responden yang digunakan untuk pengujian masih terbatas. Selain itu, sensor kapasitif yang diterapkan masih memerlukan sistem kalibrasi sistem digunakan dalam kondisi lingkungan atau fitur kulit yang berbeda. Oleh karena itu, penelitian mendatang bertujuan untuk mengembangkan metode kalibrasi yang lebih adaptif dan meningkatkan akurasi sistem agar dapat digunakan dalam berbagai pengaturan pengguna.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem pendeteksi kelembaban kulit berbasis sensor kapasitif menggunakan mikrokontroler ESP32 berhasil dirancang dan diimplementasikan sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem mampu membaca perubahan nilai kapasitansi pada permukaan kulit, mengolah data menggunakan metode *trimmed mean*, *median filter*, *deadband*, dan *Exponential*

Moving Average (EMA), kemudian mengonversi hasil pembacaan menjadi persentase kelembaban untuk menentukan kategori kondisi kulit.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menampilkan hasil pengukuran secara *real-time* melalui OLED SSD1306 serta mengirimkan data hasil pengukuran secara otomatis ke *Google Sheets* melalui jaringan *WiFi* menggunakan *Google Apps Script*. Data yang berhasil dikirim tersimpan dengan baik sehingga dapat dimanfaatkan sebagai media penyimpanan dan pemantauan hasil pengukuran secara daring.

Berdasarkan hasil kalibrasi dan pengujian yang telah dilakukan, sistem mampu membedakan kondisi kulit ke dalam kategori kering, normal, dan lembab. Penerapan metode pengolahan data juga mampu meningkatkan kestabilan hasil pembacaan sensor dengan mengurangi pengaruh nilai ekstrem dan fluktuasi selama proses pengukuran sehingga hasil yang diperoleh menjadi lebih konsisten.

Secara keseluruhan, penelitian ini telah menghasilkan sebuah prototipe pendeteksi kelembaban kulit berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu melakukan pengukuran dan penyimpanan data secara otomatis. Meskipun demikian, sistem masih memiliki beberapa keterbatasan, antara lain tingkat akurasi pengukuran yang masih dipengaruhi oleh posisi dan tekanan sentuhan pada sensor, jumlah data kalibrasi yang masih terbatas, serta ketergantungan terhadap koneksi *WiFi* untuk proses pengiriman data ke *Google Sheets*. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengujian dengan jumlah responden yang lebih banyak, menggunakan sensor dengan sensitivitas yang lebih tinggi, serta mengembangkan sistem monitoring berbasis aplikasi Android atau web agar proses pemantauan dan pengelolaan data menjadi lebih mudah dan efisien.

REFERENSI

- [1] A. Kimoto, F. Yonekawa, and T. Kawasoe, "Skin moisture measurement on stripping and pasted water by a handy-type electrostatic sensor," *Skin Research and Technology*, vol. 28, no. 2, pp. 274–279, Mar. 2022, doi: 10.1111/srt.13125.
- [2] R. Saifuddin and S. D. Ayuni, "IoT Based PDAM Water Meter Monitoring System With Real Time Data," *Indonesian Journal of Innovation Studies*, vol. 27, no. 1, Apr. 2026, doi: 10.21070/ijins.v27i1.2078.
- [3] D. Raditya Dwitama, M. F. Gunawan, A. Rahmadhani, R. Rahmadewi, and I. P. Sary, "Rancang Bangun Sensor Kapasitif Dua Plat Tembaga untuk Mengukur Viskositas Minyak," *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, vol. 6, no. 5, pp. 926–941, Jun. 2026, doi: 10.52436/1.jpti.1734.
- [4] A. Kurnia Ramadhan *et al.*, "Sensor Data Processing System in a Prototype of an IoT-Based Solar-Powered Electric Induction Stove," *Journal of Electrical Technology UMY (JET-UMY)*, vol. 10, no. 1, 2026.
- [5] A. Syaifur Rohman *et al.*, "Pengembangan Alat Portabel Pengukur Kadar Air dan Suhu Biji Kopi Berbasis ESP32 dengan Sensor Kapasitif dan Penyimpanan Data Real-Time Development of a Portable Coffee Bean Moisture and Temperature Meter Using a Capacitive Sensor and Real-Time Data Storage," *Jurnal Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, vol. 17, no. 2, p. 2025, 2025, doi: 10.5614/joki.2025.17.2.12.
- [6] M. D. Ramadhan, A. Wisaksono, J. Jamaaluddin, and A. Ahfas, "Prototype Of Moisture Content Meter In Grain Using Esp32 Based On Spreadsheet," *Journal of Computer Networks, Architecture and High Performance Computing*, vol. 6, no. 2, pp. 502–513, Apr. 2024, doi: 10.47709/cnahpc.v6i2.3530.
- [7] A. Prasetyo, J. Jamaaluddin, and I. Anshory, "PCB (Printed Circuit Board) Etching Machine Using ESP32-Camera Based Internet of Things," *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, vol. 5, no. 2, pp. 260–268, Jun. 2023, doi: 10.12928/biste.v5i2.8132.
- [8] Enggar Banifa Pratiwi, "Desain Skin Moisture Meter dengan Metode Pengukuran Kapasitansi Berbasis Mikrokontroler," 2022.

- [9] S. Carolin, 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," *Journal of Electrical Technology UMY (JET-UMY)*, vol. 6, no. 1, 2022.
- [10] M. Nur and T. Indrabulan, "SISTEM MONITORING PENGGUNAAN LABORATORIUM TERINTEGRASI BIOMETRIK SIDIK JARI DAN IOT BERBASIS GOOGLE SHEETS." [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient>
- [11] J. Pebralia, L. Handayani, D. Suprayogi, and I. Amri, "IMPLEMENTATION OF INTERNET OF THINGS (IoT) BASED ON GOOGLE SHEETS FOR WATER QUALITY MONITORING SYSTEM," *JoP*, vol. 9, no. 1, pp. 85–89, 2023.
- [12] Prof. Dr. Sugiyono, "Metode Penelitian dan Pengembangan (Research and Development/R&D)".
- [13] W. Riyanta *et al.*, "Penerapan Metode Research and Development Untuk Pengembangan Sumber Belajar Digital (Open Course Ware) di Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun Application of Research and Development Methods for Development of Digital Learning Resources (Open Course Ware) at the Indonesian Railways Polytechnic Madiun," *Jurnal Ilmiah Intech : Information Technology Journal of UMUS*, vol. 4, no. 2, pp. 246–254, 2022.
- [14] D. Ananta, "Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Berbasis Internet of Things Menggunakan ESP32 dan DHT22," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 14, no. 2, Apr. 2026, doi: 10.23960/jitet.v14i2.9467.
- [15] S. Systech, "SOLOMON SYSTECH SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA SSD1306 128 x 64 Dot Matrix OLED/PLED Segment/Common Driver with Controller," 2008. [Online]. Available: <http://www.solomon-systech.com>
- [16] P. By ALLDATASHEETCOM, "TP4056 ASIC | Alldatasheet."
- [17] P. By ALLDATASHEETCOM, "DATASHEET SEARCH SITE | WWW.ALLDATASHEET.COM," 2019. [Online]. Available: www.espressif.com/en/subscribe.
- [18] P. By ALLDATASHEETCOM, "MT3608 DATASHEET SEARCH SITE | WWW.ALLDATASHEET.COM."
- [19] B. Al Fatih and H. Putra, "GOOGLE APP SCRIPT UNTUK PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI LABORATORIUM," 2024.
- [20] A. V. Shved and Ye. O. Davydenko, "OUTLIER DETECTION TECHNIQUE FOR HETEROGENEOUS DATA USING TRIMMED-MEAN ROBUST ESTIMATORS," *Radio Electronics, Computer Science, Control*, no. 3, p. 50, Oct. 2022, doi: 10.15588/1607-3274-2022-3-5.
- [21] V. Chaturvedi, M. Falk, S. Björklund, J. F. Gonzalez-Martinez, and S. Shleev, "Monoolein-Based Wireless Capacitive Sensor for Probing Skin Hydration," *Sensors*, vol. 24, no. 14, Jul. 2024, doi: 10.3390/s24144449.
- [22] H. Alfarizi and R. Z. Abidin, "SISTEM MONITORING SUHU BERBASIS IOT DENGAN SENSOR THERMOCOUPLE DAN PELAPORAN OTOMATIS MENGGUNAKAN GOOGLE SHEETS PADA RUANG COLD STORAGE," 2025. doi: 10.36040/jati.v9i6.15495.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.