pISSN : 0852-0232, eISSN : 2656-582X DOI : 10.14710/gt.v23i1.xxxxx

RANCANG BANGUN PROTOTIPE *ROBUSTA COFFEE BEAN DRYER* BERBASIS ESP32 DENGAN KONTROL SUHU OTOMATIS DAN MONITORING MELALUI BLYNK

Novi Chiquita Dewi Azizah [1], Yuniarto[2]

[1]Program Studi Str. Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
**E-mail : yuniartostmt@gmail.com*

ABSTRACT

The coffee bean drying process is one of the post-harvest stages that affects bean quality, but conventional drying still depends on weather conditions and takes a relatively long time. This study aims to design and build a prototype ESP32-based Robusta coffee bean dryer with automatic temperature control and a monitoring system via Blynk. The system was designed using a modified 750 W electric oven as the drying chamber, an SHT30 sensor to measure temperature and relative humidity, an OLED display and a joystick as the local interface, and a Solid State Relay (SSR) to control the heating element. Temperature control is performed using the Proportional-Integral-Derivative (PID) method with parameters Kp = 1.5, Ki = 0, and Kd = 0.7 at a setpoint of 65°C. Temperature and humidity data are transmitted in real-time to Blynk via a Wi-Fi network and recorded in Google Sheets to support the monitoring and analysis process. Testing was conducted under two scenarios: drying using an oven with PID control at a setpoint of 65°C and conventional drying by sun-drying. The test results showed a rise time of 8 minutes with an overshoot of 4.62% (peak temperature of 68°C) and a steady-state average temperature of 64.58°C. The relative humidity in the drying chamber decreased from 93% to 19.8% in approximately 8 hours and 37 minutes. The results of the moisture content test using the gravimetric method showed a final moisture content of 12%, which meets the maximum limit of 12.5% based on SNI 01-2907-2008. In conventional testing, the sample mass decreased from 400 grams to 130.4 grams over seven days. These results indicate that the designed prototype is capable of performing the drying process with integrated temperature control and monitoring of the drying chamber conditions.

Keywords: *coffee bean dryer, ESP32, PID, SHT30, Blynk, Internet of Things, gravimetric method.*

PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan yang banyak dibudidayakan di Indonesia dan sebagian besar pengusahaannya berasal dari perkebunan rakyat. Berdasarkan Statistik Kopi Indonesia pada tahun 2023, luas areal perkebunan kopi Indonesia mencapai 1.266,85 ribu hektare dengan produksi sebesar 758,73 ribu ton [1]. Besarnya produksi tersebut menjadikan penanganan pascapanen sebagai salah satu bagian yang perlu diperhatikan untuk mempertahankan mutu kopi sebelum disimpan dan diolah lebih lanjut.

Salah satu tahapan pascapanen yang berpengaruh terhadap mutu biji kopi adalah pengeringan. Proses ini dilakukan untuk menurunkan kadar air biji hingga mencapai kondisi yang sesuai untuk penyimpanan. Ghosh dan Venkatachalapathy menjelaskan bahwa kopi setelah proses pengolahan masih memiliki kadar air yang tinggi sehingga perlu dikeringkan hingga mencapai sekitar 12% basis basah [2]. Di Indonesia, persyaratan mutu biji kopi berdasarkan SNI 01-2907-2008 menetapkan kadar air maksimum sebesar 12,5% [3].

Pengeringan kopi secara konvensional umumnya dilakukan dengan memanfaatkan panas matahari. Metode tersebut relatif sederhana, tetapi kondisi prosesnya sangat dipengaruhi oleh intensitas matahari, kelembapan udara, dan perubahan cuaca, sehingga waktu pengeringan menjadi tidak menentu dan kondisi pengeringan sulit dipertahankan secara konsisten [2]. Penggunaan ruang pengering dengan sumber panas buatan dapat menjadi alternatif untuk menghasilkan kondisi pengeringan yang lebih terkendali. Perkembangan mikrokontroler dan teknologi Internet of Things juga memberikan peluang untuk melakukan pemantauan kondisi pengeringan selama alat beroperasi [4].

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem pengering kopi dengan pendekatan yang beragam. Penelitian mengenai pengurangan kadar air biji kopi Robusta menggunakan

media aspal dan terpal menunjukkan adanya perbedaan waktu pengeringan, dengan kadar air rata-rata 12,32% dicapai dalam waktu sekitar 3,91 hari pada media aspal [5]. Penelitian lain menggunakan solar dryer dome dan sun drying sebagai metode pengeringan yang menunjukkan percepatan proses dibandingkan metode konvensional [6]. Sistem monitoring berbasis ESP32 dan sensor DHT22 juga telah dikembangkan menggunakan platform ThingSpeak [4] dan Blynk dengan kendali on-off [7]. Selain itu, perbandingan kendali relay dan PID pada oven pengering menunjukkan bahwa kendali PID menghasilkan overshoot dan osilasi yang lebih kecil [8].

Berdasarkan uraian tersebut, pada penelitian ini dirancang dan dibangun prototipe pengering biji kopi Robusta berbasis ESP32 dengan kontrol suhu otomatis menggunakan metode PID dan monitoring melalui Blynk. Sistem mengintegrasikan sensor SHT30 untuk pembacaan suhu dan kelembapan, SSR sebagai pengendali elemen pemanas, OLED dan joystick sebagai antarmuka lokal, serta konektivitas Wi-Fi untuk pengiriman data ke Blynk dan Google Sheets. Sistem dirancang untuk menghentikan proses pengeringan secara otomatis apabila kelembapan ruang pengering telah mencapai target 20%, dengan proteksi suhu berlebih pada batas 75°C.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode rancang bangun yang terdiri atas dua tahap utama, yaitu perancangan perangkat keras (hardware) dan perancangan perangkat lunak (software), dilanjutkan dengan tahap pembuatan alat dan pengujian. Sistem dirancang menggunakan oven listrik 750 W yang dimodifikasi sebagai ruang pengering, dengan ESP32 sebagai mikrokontroler utama yang menjalankan seluruh logika kendali dan komunikasi.

Pada bagian perangkat keras, sumber tegangan PLN 220 V AC digunakan untuk menyuplai elemen pemanas dan modul catu daya HLK-PM01 yang menghasilkan tegangan 5 V DC untuk ESP32. Sensor SHT30 dihubungkan ke ESP32 melalui komunikasi I²C pada GPIO21 (SDA) dan GPIO22 (SCL) untuk membaca suhu dan kelembapan relatif di dalam ruang pengering. Display OLED SH1106 menggunakan jalur I²C terpisah pada GPIO32 dan GPIO33 agar proses pembacaan sensor dan pembaruan tampilan tidak saling mengganggu. Joystick KY-023 berfungsi sebagai antarmuka masukan pengguna untuk navigasi halaman OLED dan pengendalian status operasi (start/stop). Solid State Relay (SSR) FOTEK SSR-25DA digunakan sebagai sakelar elektronik untuk mengendalikan elemen pemanas berdasarkan keluaran algoritma PID.

Pada bagian perangkat lunak, ESP32 menjalankan sistem operasi FreeRTOS dengan empat task yang berjalan secara paralel: task kontrol (pembacaan sensor dan perhitungan PID), task OLED (pembaruan tampilan), task network (koneksi WiFi, Blynk, dan Google Sheets), serta task input (pembacaan joystick). Pengendalian suhu menggunakan algoritma PID dengan parameter Kp = 1,5, Ki = 0, dan Kd = 0,7 pada setpoint 65°C. Keluaran PID dikonversi menjadi durasi waktu aktif SSR dalam periode jendela 2000 milidetik (metode time-proportioning). Nilai Ki ditetapkan nol untuk menghindari efek integral windup pada kondisi cold start. Data suhu dan kelembapan dikirimkan ke Blynk setiap 2 detik dan dicatat pada Google Sheets setiap 60 detik melalui Google Apps Script.

Pengujian dilakukan melalui beberapa skema, yaitu (1) pengujian kesesuaian pembacaan suhu antara tampilan OLED dan Blynk, (2) pengujian karakteristik oven sebelum modifikasi, (3) pengujian sistem kendali PID pada setpoint 65°C, (4) pengujian pencatatan data pada Google Sheets, (5) pengujian pengeringan konvensional melalui penjemuran selama tujuh hari, (6) perhitungan kadar air dengan metode gravimetri, serta (7) pengujian keseluruhan sistem secara terintegrasi. Kadar air biji kopi dihitung menggunakan rumus gravimetri:

$$\text{Kadar Air (\%)} = ((\text{Berat Awal} - \text{Berat Kering Total}) / \text{Berat Awal}) \times 100\%$$

HASIL PENGUKURAN

1. Kesesuaian Pembacaan Suhu pada Blynk dan OLED

Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai suhu yang ditampilkan pada layar OLED dan dashboard Blynk secara bersamaan pada beberapa titik pengamatan. Seluruh pembacaan suhu pada layar OLED menunjukkan nilai yang sesuai dengan data yang diterima oleh Blynk, yaitu 28,2°C.

Kesesuaian tersebut menunjukkan bahwa proses pengiriman data dari ESP32 ke platform Blynk berjalan dengan baik tanpa terjadi perubahan nilai selama proses transmisi.

2. Karakteristik Oven Sebelum Modifikasi

Pengujian awal dilakukan pada oven listrik sebelum modifikasi untuk mengetahui kemampuan kendali bawaan dalam mempertahankan suhu. Oven diatur pada 60°C selama 10 menit. Hasil ringkasan pengujian ditampilkan pada Tabel 1.

Parameter	Hasil
Suhu pengaturan	60°C
Suhu awal	30,94°C
Waktu mencapai 60°C	2 menit 49 detik
Suhu maksimum	113,71°C
Selisih suhu maks. terhadap pengaturan	53,71°C
Suhu pada menit ke-10	110,24°C

Tabel 1. Ringkasan hasil pengujian oven sebelum modifikasi

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kendali bawaan oven mampu meningkatkan suhu hingga mencapai pengaturan, tetapi tidak mampu mempertahankannya. Suhu terus meningkat hingga 113,71°C atau 53,71°C di atas nilai pengaturan. Kondisi tersebut menjadi dasar dilakukannya modifikasi sistem kendali menggunakan ESP32, sensor SHT30, dan SSR dengan metode PID.

3. Pengujian Sistem Kendali PID pada Setpoint 65°C

Pengujian kontrol suhu dilaksanakan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mempertahankan kestabilan suhu ruang pengering selama proses pengeringan. Parameter PID yang diterapkan adalah Kp = 1,5, Ki = 0, dan Kd = 0,7 dengan metode time-proportioning pada jendela waktu 2000 milidetik. Ringkasan parameter performa kendali PID ditampilkan pada Tabel 2.

Parameter	Nilai
Setpoint	65°C
Suhu awal	29,20°C
Parameter PID (Kp, Ki, Kd)	1,5 ; 0 ; 0,7
Rise time (90%)	8 menit
Overshoot maksimum	3,00°C (4,62%)
Suhu puncak	68,00°C
Settling time (±2°C)	165 menit
Settling time (±1°C)	191 menit
Suhu rata-rata kondisi tunak	64,58°C
Selisih terhadap setpoint (steady-state)	−0,42°C
Rentang fluktuasi kondisi tunak	62,21°C – 66,25°C
Periode osilasi (fase akhir)	±16 menit/siklus
Kelembapan awal	93%
Kelembapan akhir	19,8%
Durasi total pengeringan	±517 menit (8 jam 37 menit)

Tabel 2. Ringkasan parameter performa kontrol PID pada setpoint 65°C

Suhu chamber meningkat dari 29,20°C menjadi 61,53°C dalam waktu delapan menit pertama, dengan laju kenaikan rata-rata sekitar 4°C per menit. Suhu pertama kali menyentuh setpoint 65°C pada menit ke-10 dan mencapai puncak tertinggi 68°C pada menit ke-12 akibat inersia termal elemen pemanas. Setelah mencapai puncak overshoot, suhu mulai menurun secara bertahap akibat pengurangan duty cycle keluaran PID, dengan komponen derivatif (Kd = 0,7) berperan dalam meredam laju kenaikan yang terlalu cepat.

Pada fase awal kondisi tunak (menit ke-30 hingga ke-120), suhu rata-rata tercatat 62,64°C dengan selisih 2,36°C di bawah setpoint. Pada fase pertengahan (menit ke-120 hingga ke-300), suhu rata-rata meningkat menjadi 64,18°C. Pada fase akhir (setelah menit ke-300), suhu rata-rata tercatat 65,36°C dengan pola osilasi yang lebih teratur. Kelembapan relatif menurun dari 93% dan mencapai target 20% pada menit ke-516, yang mengindikasikan proses penguapan air berlangsung secara efektif.

4. Hasil Pengujian Pengeringan Konvensional

Pengujian pengeringan konvensional dilakukan dengan menjemur sampel biji kopi Robusta sebanyak 400 gram di area terbuka selama tujuh hari berturut-turut. Hasil penimbangan harian disajikan pada Tabel 3.

Hari ke-	Berat Sampel (gram)	Susut Berat (gram)
0 (awal)	400	-
1	268,7	131,1
2	173,6	95,1
3	158,9	14,7

4	137,1	21,8
5	135,8	1,3
6	132,2	3,6
7	130,4	1,8

Tabel 3. Hasil pengujian pengeringan konvensional

Berat sampel mengalami penurunan dari 400 gram menjadi 130,4 gram selama tujuh hari, dengan total penyusutan sebesar 269,6 gram. Penyusutan terbesar terjadi pada hari pertama (131,1 gram) disebabkan oleh tingginya kandungan air pada permukaan biji yang masih dalam kondisi basah setelah proses full washed. Laju penyusutan menurun secara bertahap karena sisa air yang berada di bagian dalam biji memerlukan waktu lebih lama untuk berdifusi ke permukaan.

5. Perhitungan Kadar Air dengan Metode Gravimetri

Pengukuran kadar air dilakukan menggunakan metode gravimetri dengan sampel 20 gram dari biji kopi hasil pengeringan oven. Sampel dipanaskan pada suhu 130°C dan ditimbang secara berkala hingga penyusutan antar periode kurang dari 1%. Hasil pengukuran ditampilkan pada Tabel 4.

Periode	Durasi Kumulatif	Berat Sampel (gram)	Penyusutan (%)	Status
Awal	-	20	-	-
Periode 1	3 jam	18,2	9,0	> 1%, dilanjutkan
Periode 2	4 jam	17,7	2,7	> 1%, dilanjutkan
Periode 3	5 jam	17,6	0,6	< 1%, kering total

Tabel 4. Hasil pengukuran gravimetri

Berat kering total diperoleh sebesar 17,6 gram setelah pemanasan selama 5 jam pada suhu 130°C. Kadar air biji kopi dihitung sebagai: Kadar Air = ((20 − 17,6) / 20) × 100% = 12%. Nilai tersebut memenuhi persyaratan SNI 01-2907-2008 yang menetapkan kadar air maksimum 12,5%, serta berada dalam rentang rekomendasi Specialty Coffee Association (SCA) yaitu 10%–12%.

6. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan dilakukan untuk memastikan seluruh komponen bekerja secara terintegrasi. Ringkasan hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 5.

Komponen/ Fungsi	Indikator Keberhasilan	Status
Sensor SHT30	Data suhu dan RH terbaca pada OLED	Berhasil
Sistem kendali PID	Suhu dipertahankan mendekati setpoint 65°C	Berhasil
SSR dan elemen pemanas	Heater menyala/mati sesuai keluaran PID	Berhasil
Tampilan OLED	Data tampil pada 3 halaman navigasi	Berhasil
Joystick (navigasi & tombol)	Navigasi halaman dan toggle start/stop berfungsi	Berhasil
Pengiriman data ke Blynk	Data real-time tampil pada dashboard	Berhasil
Pencatatan Google Sheets	Data tercatat dengan stempel waktu setiap 60 detik	Berhasil
Proteksi suhu berlebih	Heater mati otomatis saat melebihi batas aman	Berhasil
Penghentian otomatis (RH)	Pemanasan berhenti saat RH mencapai 20%	Berhasil
Reconnect WiFi otomatis	Sistem menyambung ulang setelah WiFi terputus	Berhasil

Tabel 5. Ringkasan hasil pengujian keseluruhan sistem

Seluruh komponen dan fungsi pada sistem pengering berhasil bekerja sesuai perancangan. Sensor SHT30 membaca suhu dan kelembapan secara berkala, kendali PID mengatur elemen pemanas, data ditampilkan pada OLED dan dikirimkan ke Blynk serta Google Sheets, joystick berfungsi sebagai antarmuka masukan, dan sistem mampu menghentikan pemanasan secara otomatis berdasarkan kelembapan target maupun kondisi suhu berlebih.

ANALISIS

Berdasarkan hasil pengujian, modifikasi sistem kendali oven menggunakan ESP32, sensor SHT30, dan SSR dengan metode PID terbukti mampu mengatasi keterbatasan kendali bawaan oven. Pengujian oven sebelum modifikasi menunjukkan suhu yang terus meningkat hingga 113,71°C ketika diatur pada 60°C, dengan selisih 53,71°C dari nilai pengaturan. Setelah modifikasi, sistem kendali PID dengan parameter Kp = 1,5, Ki = 0, dan Kd = 0,7 mampu mempertahankan suhu di sekitar setpoint 65°C dengan selisih rata-rata hanya −0,42°C pada kondisi tunak.

Respons transien menunjukkan rise time 8 menit dan overshoot sebesar 4,62% (suhu puncak 68°C), yang masih dalam batas aman karena belum melampaui ambang kritis degradasi kimiawi biji kopi. Settling time (±2°C) tercatat pada menit ke-165, yang mengindikasikan sistem memerlukan durasi pemanasan yang cukup panjang agar distribusi panas merata. Karakteristik ini merupakan konsekuensi dari penggunaan kendali proporsional-derivatif tanpa aksi integral. Penetapan Ki = 0 dilakukan secara sadar untuk menghindari efek integral windup pada kondisi cold start, meskipun mengakibatkan offset pada fase awal kondisi tunak.

Pergeseran suhu rata-rata dari 62,64°C (fase awal) menjadi 65,36°C (fase akhir) berkaitan dengan perubahan karakteristik termal chamber seiring menurunnya kadar air biji kopi. Ketika kelembapan menurun, sebagian energi panas yang sebelumnya terpakai untuk menguapkan air lebih banyak tersimpan dalam massa udara dan biji kopi, sehingga suhu cenderung meningkat pada proporsi daya pemanas yang sama.

Kadar air akhir sebesar 12% yang diperoleh melalui metode gravimetri memenuhi standar SNI 01-2907-2008 (maksimum 12,5%) dan berada dalam rentang rekomendasi SCA (10%–12%). Hasil ini sekaligus menunjukkan bahwa pembacaan kelembapan ruang pengering sebesar 20% oleh sensor SHT30 dapat dijadikan acuan indikator bahwa proses pengeringan telah menghasilkan biji kopi dengan kadar air yang sesuai standar.

Perbandingan antara pengeringan oven dan konvensional menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam hal waktu. Pengeringan menggunakan oven dengan kendali PID mencapai kondisi kelembapan target dalam waktu sekitar 8 jam 37 menit, sementara pengeringan konvensional membutuhkan tujuh hari untuk mencapai berat akhir 130,4 gram dari 400 gram awal. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem yang dirancang dapat memberikan proses pengeringan yang lebih terkendali dan efisien dibandingkan metode konvensional, meskipun pengujian masih terbatas pada skala prototipe.

KESIMPULAN

1. Prototipe pengering biji kopi Robusta telah berhasil dirancang dan dibangun menggunakan oven listrik 750 W yang dimodifikasi, ESP32 sebagai mikrokontroler utama, sensor SHT30 untuk pembacaan suhu dan kelembapan, SSR sebagai pengendali elemen pemanas, OLED dan joystick sebagai antarmuka lokal, serta konektivitas Wi-Fi untuk monitoring melalui Blynk dan pencatatan data pada Google Sheets.

2. Sistem kendali PID dengan parameter Kp = 1,5, Ki = 0, dan Kd = 0,7 mampu mempertahankan suhu pengeringan di sekitar setpoint 65°C, dengan rise time 8 menit, overshoot sebesar 4,62% (suhu puncak 68°C), dan suhu rata-rata kondisi tunak sebesar 64,58°C.

3. Kelembapan relatif ruang pengering mengalami penurunan dari 93% menjadi 19,8% dalam waktu sekitar 8 jam 37 menit, dengan sistem menghentikan proses pemanasan secara otomatis saat kelembapan mencapai target 20%.

4. Hasil pengujian kadar air menggunakan metode gravimetri menunjukkan kadar air akhir sebesar 12%, yang memenuhi batas maksimum 12,5% berdasarkan SNI 01-2907-2008 dan berada dalam rentang rekomendasi SCA (10%–12%).

5. Pada pengujian pengeringan konvensional, massa sampel mengalami penurunan dari 400 gram menjadi 130,4 gram selama tujuh hari, menunjukkan bahwa proses pengeringan menggunakan oven dengan kendali PID memberikan waktu yang jauh lebih singkat.

6. Sistem terbukti mampu menjalankan seluruh fungsi secara terintegrasi, meliputi pembacaan sensor, pengendalian suhu PID, tampilan lokal OLED, navigasi joystick, monitoring real-time Blynk,

pencatatan Google Sheets, proteksi suhu berlebih, penghentian otomatis berdasarkan kelembapan, serta reconnect WiFi otomatis pada skala prototipe laboratorium.

SARAN

1. Melakukan pengujian dengan variasi setpoint dan parameter PID untuk memperoleh karakteristik respons suhu yang lebih optimal.

2. Melakukan pengujian dengan variasi massa dan kondisi awal biji kopi untuk mengetahui pengaruh kondisi bahan terhadap proses pengeringan.

3. Melakukan pengukuran kadar air menggunakan coffee moisture meter sebagai pembanding terhadap hasil yang diperoleh melalui metode gravimetri.

4. Melakukan pengujian dengan jumlah sampel dan kondisi lingkungan yang lebih beragam untuk mengetahui konsistensi hasil pengeringan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Badan Pusat Statistik, "Statistik Kopi Indonesia 2023," vol. 8. Badan Pusat Statistik, 2024.

[2] F. M. Borém dan E. T. De Andrade, "Processing and drying of coffee," Drying and Roasting of Cocoa and Coffee, vol. 3, no. 12, hlm. 141–170, 2019.

[3] BSN, "Standar Nasional Indonesia Biji Kopi," SNI 01-2907-2008, hlm. 4, 2008.

[4] I. N. Syamsiana, M. A. Wahyudi, T. U. Syamsuri, N. Nafisah, dan A. D. W. Sumari, "Implementasi Sistem Monitoring Alat Pengering Biji Kopi Berbasis IoT," Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan, vol. 11, no. 1, hlm. 62–67, 2024.

[5] A. P. R. S. M. Dani, "Analisis proses pengurangan kadar air pada biji kopi robusta (Coffea canephora)," Agrotekma, vol. 10, no. 1, hlm. 72–78, 2025.

[6] D. D. Novita, S. Suharyatun, dan M. Riganda, "Karakteristik Pengeringan Biji Kopi Robusta pada Dua Metode Penjemuran," 2026.

[7] Nurkhalis dkk., "Rancang Bangun Pengering Biji Kopi Berbasis Mikrokontroler dan IoT," vol. 9, no. 7, hlm. 1–11, 2025.

[8] A. Nidhar, B. Belyamin, S. Prasetya, dan D. M. Kamal, "Perbandingan Kontrol Temperatur menggunakan Relay dan PID pada Oven Pengering berbasis Load Cell untuk Mengukur Kadar Air Buah," Jurnal Rekayasa Mesin, vol. 20, no. 1, hlm. 81–94, 2025.

[9] F. Bastian dkk., "From plantation to cup: Changes in bioactive compounds during coffee processing," Foods, vol. 10, no. 11, hlm. 1–27, 2021.

[10] Delta Coffee Roaster, "5 Jenis Metode Pascapanen Kopi dan Penjelasan Secara Detail." [Daring].

[11] Espressif Systems, "ESP32-WROOM-32 Datasheet," Version 3.

[12] Samono, Petunjuk Manual Oven Listrik SW-EOG12.

[13] Sensirion AG, "Datasheet SHT3x-DIS Humidity and Temperature Sensor," hlm. 1–22, 2023.

[14] FOTEK, "SSR Series Solid State Module."