

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN SUHU DAN KELEMBABAN BERBASIS PID PADA PENDINGIN TIPE ROTARI KABINET UNTUK PENDINGINAN CABAI MERAH

FAHRIE SYAM YONAN



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Rancang Bangun Sistem Pengendalian Suhu Dan Kelembaban Berbasis PID Pada Pengering Tipe Rotari Kabinet Untuk Pengeringan Cabai Merah” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Fahrie Syam Yonan
F1401221044



ABSTRAK

FAHRIE SYAM YONAN. Rancang Bangun Sistem Pengendalian Suhu Dan Kelembaban Berbasis PID Pada Pengering Tipe Rotari Kabinet Untuk Pengeringan Cabai Merah. Dibimbing oleh I DEWA MADE SUBRATA dan LEOPOLD OSCAR NELWAN.

Cabai merah (*Capsicum annuum* L.) merupakan komoditas hortikultura strategis yang memerlukan pengeringan terkontrol untuk mempertahankan mutu dan memperpanjang umur simpan. Penelitian ini bertujuan merancang sistem pengendalian suhu dan kelembaban berbasis PID pada pengering tipe rotari kabinet, menganalisis efektivitas pengendalian, mengevaluasi kinerja respons sistem, serta menganalisis kinerja pengeringan cabai merah pada lima kombinasi perlakuan setpoint suhu, kelembaban relatif, dan nilai minimum kipas. Sistem dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan dua *loop* kontrol independen. *Loop* suhu mengendalikan elemen pemanas melalui SSR dan *loop* kelembaban mengendalikan kipas DC. Parameter PID suhu diperoleh melalui metode Ziegler-Nichols dan *fine-tuning*. Sistem berhasil mempertahankan suhu dengan *steady-state error* 0,05-0,29°C, sedangkan pengendalian kelembaban efektif pada setpoint rendah namun mengalami keterbatasan pada setpoint tinggi akibat penurunan laju penguapan air bahan pada fase *falling rate*. Seluruh perlakuan berhasil mencapai kadar air akhir sesuai SNI 3389:2023 dengan durasi 12-21 jam. Perlakuan P1 menghasilkan laju pengeringan tertinggi sebesar 59,18%bk/jam, mekanisme rotasi bahan menghasilkan keseragaman kadar air akhir antar rak dengan selisih 0,01-0,04%bk. Total konsumsi energi listrik seluruh perlakuan berada dalam rentang yang sempit, yaitu 3,037-3,123 kWh meskipun durasi pengeringan berbeda sangat jauh.

Kata kunci: Cabai merah, kinetika pengeringan, konsumsi energi, kontrol PID, pengering rotari



ABSTRACT

FAHRIE SYAM YONAN. Design and Development of PID-Based Temperature and Humidity Control System for Rotary Cabinet Dryer for Red Chili Drying. Supervised by I DEWA MADE SUBRATA and LEOPOLD OSCAR NELWAN.

Red chili (*Capsicum annuum* L.) is a strategic horticultural commodity that requires controlled drying to maintain quality and extend shelf life. This study aimed to design and build a PID-based temperature and humidity control system for a rotary cabinet dryer, analyze control effectiveness, evaluate system response performance, and analyze red chili drying performance under five treatment combinations of temperature setpoint, relative humidity setpoint, and minimum fan speed. The system was built using an ESP32 microcontroller with two independent control loops i.e. temperature and humidity. The heating element via SSR was controlled by temperature loop while DC exhaust fan was controlled by humidity loop. PID temperature parameters were obtained through Ziegler-Nichols tuning and fine-tuning. The system successfully maintained temperature with a steady-state error of 0.05-0.29°C, while humidity control was effective at low setpoints but limited at high setpoints due to reduced moisture evaporation rate during the falling rate period. All treatments achieved final moisture content below 11% wet basis in accordance with SNI 3389:2023 within 12-21 hours. P1 treatment produced the highest drying rate of 59,18%db/hour, the tray rotation mechanism achieved excellent drying uniformity with inter-tray moisture content difference of only 0.01-0.04%db, and total energy consumption across all treatments remained within a narrow range of 3.037-3.123 kWh despite significantly different drying durations.

Keywords: *Drying kinetics, energy consumption, PID control, red chili, rotary dryer.*



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN SUHU DAN KELEMBABAN BERBASIS PID PADA PENDINGIN TIPE ROTARI KABINET UNTUK PENDINGINAN CABAI MERAH

FAHRIE SYAM YONAN

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dr. Leopold Oscar Nelwan, S. TP, M. Si.
2. Dr. Ir. Agus Sutejo, M. Si



Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem Pengendalian Suhu dan Kelembaban Berbasis PID Pada Pengering Tipe Rotari Kabinet Untuk Pengeringan Cabai Merah

Nama : Fahrie Syam Yonan
NIM : F1401221044

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Ir. I Dewa Made Subrata, M. Agr.
NIP. 196208031987031002

Pembimbing 2:

Dr. Leopold Oscar Nelwan, S. TP, M. Si.
NIP. 197012081999031001

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Prof.Dr.Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc. Agr.
NIP. 196304251989031001

Tanggal Ujian:
31 Juli 2026

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Penelitian ini dilaksanakan sejak bulan Mei 2026 sampai bulan Juli 2026 dengan judul “Rancang Bangun Sistem Pengendalian Suhu dan Kelembaban Berbasis PID Pada Pengereng Tipe Rotari Kabinet Untuk Pengerengan Cabai Merah”. Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, doa, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. I Dewa Made Subrata, M. Agr. dan Bapak Dr. Leopold Oscar Nelwan, S. TP, M. Si. yang telah membimbing, memberikan banyak ilmu, saran, dan arahan selama masa pengerjaan skripsi ini.
2. Mama, papa, dan kakak tercinta. Terima kasih yang tulus dan penuh cinta penulis atas segala doa, dukungan, pengorbanan yang tidak pernah terhitung, dan kasih sayang yang selalu menjadi kekuatan terbesar dalam setiap langkah perjalanan penulis.
3. Seseorang yang selalu hadir di saat-saat tersulit, yang memberikan semangat ketika lelah mulai menyapa, dan menjadi tempat bercerita yang paling nyaman sepanjang perjalanan ini. Kehadiranmu berarti lebih dari yang bisa penulis ungkapkan dengan kata-kata.
4. Khansa Fadillah dan Wida Puspita. Terima kasih telah hadir, kebersamaan serta memberi dukungan kepada penulis sejak masa putih-abu di SMA hingga akhir masa perkuliahan ini.
5. Heni, Dhavin, dan Didi yang senantiasa memberikan dukungan, bantuan, serta kebersamaan sejak masuk di jurusan hingga akhir masa perkuliahan ini.
6. Seluruh warga “Pondok Ceria” dan “Rumah Mimiti”, yang telah menerima, membantu dan menyediakan tempat persinggahan bagi penulis selama masa perkuliahan.
7. Keluarga besar Teknik Pertanian dan Biosistem angkatan 59 “Vermilion”, yang telah menjadi bagian dari perjalanan penulis, atas kebersamaan, rasa kekeluargaan, dan pengalaman berharga yang didapatkan selama masa perkuliahan.
8. Terakhir, untuk diri sendiri atas kerja keras selama ini, atas ketekunan yang tidak pernah menyerah meskipun jalan terasa berat, atas keberanian untuk terus melangkah dan mencoba hal baru meskipun banyak keraguan, dan atas komitmen untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai sejak pertama kali masuk kuliah.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2026

Fahrie Syam Yonan



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Cabai Merah (<i>Capsicum annum</i> L.)	4
2.2 Pengeringan Bahan	4
2.3 Proses Blansir	4
2.4 Kontrol PID (Proporsional, Integral, dan Derivatif)	5
2.5 <i>Internet of Things</i> (IoT)	6
2.6 NodeMCU ESP32	6
2.7 Sensor DHT22	6
2.8 <i>Solid State Relay</i> (SSR)	7
2.9 <i>Google Apps Script</i>	7
III METODE	8
3.1 Waktu dan Tempat	8
3.2 Alat dan Bahan	8
3.3 Variabel Penelitian	8
3.4 Perancangan Sistem	9
3.5 Prosedur Penelitian	12
3.6 Parameter Pengujian Respons Sistem	15
3.7 Analisis Data	16
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Hasil Perancangan Alat	18
4.2 Kalibrasi Sensor DHT22	19
4.3 Proses Tuning dan Pengujian Sistem Kontrol	21
4.4 Pengujian Pengeringan Cabai	30
4.5 Pengujian Kadar Air Cabai	43
4.6 Laju Pengeringan dengan Kadar Air Basis Kering Cabai	49
4.7 Konsumsi Energi Listrik	51
V SIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Simpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	61
RIWAYAT HIDUP	65



DAFTAR TABEL

1	Kombinasi perlakuan yang diuji	8
2	Aturan formula Ziegler-Nichols pada <i>loop</i> tertutup	12
3	Perhitungan nilai k_p , t_i , dan t_d menggunakan aturan Ziegler-Nichols pada <i>loop</i> tertutup	22
4	Perbandingan hasil <i>fine-tuning</i> pada setpoint 55°C	24
5	Parameter pid untuk kedua setpoint	26
6	Perbandingan hasil <i>tuning</i> pid kelembaban	28
7	Parameter kinerja sistem kontrol suhu selama pengeringan	41
8	Parameter kinerja sistem kontrol kelembaban selama pengeringan	42
9	Hasil pengukuran kadar air awal dan akhir menggunakan metode oven	44
10	Konsumsi energi listrik total dengan perhitungan biaya	53

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram blok pid (Saputro dan Fahruzi 2021)	5
2	Alur kerja sistem	9
3	Rancangan desain kabinet pengering	11
4	Diagram blok sistem kontrol pid	11
5	Prosedur penelitian	13
6	Hasil perancangan alat pengering dengan (a) kondisi saat ditutup dan tidak digunakan (b) kondisi saat terbuka	18
7	Perbandingan suhu dalam ruang pengering	19
8	Perbandingan suhu di <i>exhaust</i> pengering	20
9	Perbandingan kelembaban relatif di <i>exhaust</i> pengering	21
10	Respons sistem pada osilasi berkelanjutan	22
11	Respons sistem pada tiap setpoint suhu	23
12	Respons sistem kontrol suhu pada percobaan 3	25
13	Respons sistem kontrol kelembaban pada (a) percobaan 1, (b) percobaan 2, (c) percobaan 3, dan (d) percobaan 4	28
14	Respons suhu pada (a) perlakuan 1, (b) perlakuan 2, (c) perlakuan 3, (d) perlakuan 4, dan (e) perlakuan 5	31
15	(a) Potongan respons suhu perlakuan 3 dari menit ke-60 hingga menit ke-120 dan (b) potongan respons suhu perlakuan 5 dari menit ke-60 hingga menit ke-120	33
16	Respons kelembaban pada (a) perlakuan 1, (b) perlakuan 2, (c) perlakuan 3, (d) perlakuan 4, dan (e) perlakuan 5	35
17	Daya yang dikeluarkan oleh pemanas (SSR) dalam satuan % per satuan waktu pada (a) P1, (b) P2, (c) P3, (d) P4, dan (e) P5	37
18	Persentase kecepatan putaran kipas per satuan waktu pada (a) P1, (b) P2, (c) P3, (d) P4, dan (e) P5	39
19	Potongan persentase kecepatan putaran kipas pada (a) P2, (b) P4, dan (c) P5 pada jam pertama pengeringan	40
20	Kondisi cabai (a) sebelum dan (b) sesudah proses pengeringan	43



21	Penurunan kadar air basis basah setiap jam selama pengeringan pada semua perlakuan	45
22	Penurunan kadar air basis kering selama pengeringan pada semua perlakuan	46
23	Penurunan kadar air basis kering antar rak selama pengeringan pada perlakuan (a) P1, (b) P2, (c) P3, (d) P4, dan (e) P5	48
24	Laju pengeringan terhadap kadar air basis kering dari seluruh perlakuan	49
25	Akumulasi energi listrik AC yang digunakan selama pengeringan pada semua perlakuan	51
26	Akumulasi energi listrik DC yang digunakan selama pengeringan pada semua perlakuan	52

DAFTAR LAMPIRAN

1	Desain penempatan komponen utama pengering	62
2	Desain tata letak komponen sistem kontrol pengering	62
3	Perbandingan berat awal cabai segar dan berat akhir cabai kering untuk setiap perlakuan	62
4	Selisih hasil kadar air akhir basis basah dengan perhitungan manual dan metode oven	63
5	Perbandingan laju pengeringan tertinggi, laju pengeringan terendah dan rata-rata laju pengeringan pada setiap perlakuan	63
6	Konsumsi energi listrik AC dalam satuan kWh per jam	63
7	Konsumsi energi listrik DC dalam satuan Wh per jam	64