PENGENDALIAN SUHU EKSTRAKSI KULIT BUAH NAGA MERAH BERBASIS ATMEGA2560 UNTUK MENGHASILKAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

SITAS BR



Disusun oleh:

JENDRA SESOCA NIM. 105060300111017

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
MALANG
2014

LEMBAR PERSETUJUAN

PENGENDALIAN SUHU EKSTRAKSI KULIT BUAH NAGA MERAH BERBASIS ATMEGA2560 UNTUK MENGHASILKAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN

SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh: **JENDRA SESOCA**

NIM. 105060300111017

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing 1

Pembimbing 2

<u>Dr.Ir.Erni Yudaningtyas,M.T.</u> NIP. 19650913 199062 2 001 <u>Ir.Purwanto,M.T.</u> NIP. 19540424 198601 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

PENGENDALIAN SUHU EKSTRAKSI KULIT BUAH NAGA MERAH BERBASIS ATMEGA2560 UNTUK MENGHASILKAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN

SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Disusun Oleh:

JENDRA SESOCA NIM. 105060300111017

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada tanggal 13 Januari 2015

MAJELIS PENGUJI

M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D NIP. 19741203 200012 1 001 <u>Ir. Dipl.-Ing Moch. Rusli</u> NIP. 19630104 198701 1 001

Rahmadwati, S.T., M.T., Ph.D NIP. 19771102 200604 2 003

Mengetahui, Ketua Jurusan Teknik Elektro

M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D NIP. 19741203 200012 1 001

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim.

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Pengendalian Suhu Ekstraksi Kulit Buah Naga Merah Berbasis ATmega2560 untuk Menghasilkan Aktivitas Antioksidan". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

- Allah SWT yang selalu tahu kapan waktu yang terbaik untuk hambaNya dan Rasulullah Muhammad SAW, semoga shalawat serta salam selalu tercurah kepada beliau.
- Keluarga, Bapak Ananto Basuki, Ibu Ninuk Mahmudah, dan Ancalah Egah yang senantiasa memberikan dorongan, kesabaran dan senantiasa menyemangati dan meluruskan.
- Bapak M. Aziz Muslim, ST., MT, Ph.D sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Bapak Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Bapak Ir. Purwanto, MT. selaku KKDK Teknik Kontrol.
- Ibu Dr.Ir.Erni Yudaningtyas,M.T.sebagai Dosen Pembimbing I atas segala bimbingan, pengarahan, gagasan, ide, saran, motivasi yang telah diberikan, serta waktu yang diluangkan untuk bimbingan.
- Bapak Ir. Purwanto, MT. sebagai Dosen Pembimbing II atas segala bimbingan, pengarahan, gagasan, ide, saran, motivasi yang telah diberikan, serta waktu yang diluangkan untuk bimbingan.
- Ibu Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, MT. sebagai Kepala Laboratorium Sistem Kontrol atas izin penggunaan laboratorium Sistem Kontrol dan saran yang telah diberikan.
- Bapak Ibu Dosen, karyawan, staf recording dan RBTE atas segala bantuan dan kemudahan.

- Sahabat dan Family Day, Noora, Tri Wahyu, Imam Mbut, Afnan Mbek, M.Aulia.Babi, Laksana Boni, Basori, Reza Adin Gaul, Faishol, Yuda, Luthfi, Pipi, Iqbal, Abu Tempe, Nizar Prof, Dheo Geje, Yatma Tiang, Comel Industri, Dipta Soleh Visip, Gosi Slow, Samid Psikopat, Rahmad Angga Sapi, Rohman, Dandy, Randy. Aziz, Rangga Tigor, Ares, Ari Mutan, Fery Kahim, Azwar Anas Kisana, Kevin Gay, Agam Ketua Angkatan, Azri, Jatu, Sauqil dan anak-anak HMH atas kerelaannya berbagi ilmu, membantu dalam mengerjakan, semangat, cerita, cinta, dan waktu yang menyenangkan selama menjadi mahasiswa dan hingga akhir nanti.
- Anak-anak VOR-F-EX yang selalu memberikan kisah klasik yang indah dan tidak akan terlupakan *best friends forever*.
- Teristimewa MAGNET'10, yang memberikan doa, semangat serta dukungan kepada penulis.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini belumlah sempurna, karena keterbatasaan ilmu dan kendala-kendala lain yang terjadi selama pengerjaan skripsi. Oleh karena itu, penulis mengharap kritik dan saran untuk penyempurnaan tulisan di masa yang akan datang. Penulis berharap, semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Januari 2015

Penulis

ABSTRAK

Jendra Sesoca, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2015, *Pengendalian Suhu Ekstraksi Kulit Buah Naga Merah Berbasis ATmega 2560 untuk Menghasilkan Aktivitas Antioksidan*, Dosen Pembimbing: Dr.Ir.Erni Yudaningtyas, M.T, Ir. Purwanto, M.T.

Abstrak— Penelitian ini difokuskan pada pengendalian suhu untuk ekstraksi kulit buah naga merah berbasis ATmega 2560, dan kontroler proporsional integral differensial, sehingga diperoleh suatu desain pengendalian suhu yang tepat untuk ekstraksi kulit buah naga merah.

Perancangan dan pembuatan sistem pengendalian suhu pada alat ekstraksi kulit buah naga merah pada penelitian ini berhasil dilakukan dengan menggunakan metode satu *Ziegler-Nichols*, didapatkan nilai parameter Kp yang sesuai untuk sistem yaitu Kp=7,. Ki=0,2, dan nilai Kd= 65,99. Sistem ekstraksi kulit buah naga merah dapat mencapai *set point* 58° C dan *settling time* 126. Didasari dengan nilai tersebut perancangan perangkat lunak untuk sistem pengendalian suhu menggunakan *software* pada Arduino ATmega2560 dapat bekerja dengan baik karena dapat menjaga suhu pada kisaran 58° C selama 28 menit sesuai dengan standar ekstraksi kulit buah naga merah untuk mendapatkan hasil antioksidan yang baik..

Kata Kunci— Buah Naga, Ekstraksi Kulit Buah Naga, Kontroler Proporsional Integral Derivatif.

DAFTAR ISI

	PENGANTAR	
	AK	
	R ISI	
	R GAMBAR	
DAFTA	R TABEL	VIII
BABII	PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined
1.1	Latar Belakang	
1.2	Rumusan MasalahBatasan Masalah	2
1.3	Batasan Masalah	2
1.4	Tujuan	
1.5	Sistematika Pembahasan	3
BAB II	TINJAUAN PUSTAKA	
2.1	Kulit Buah Naga Merah	
2.2	Antioksidan	
2.3	Ekstraksi	
2.4	Prinsip Kerja Umum	6 c
2.5	Kontroller	6
2.6	Kontrol PID	
2.7	Sensor Suhu DS18B20	
2.8	Heater	Error! Bookmark not defined.
2.9	Motor DC Servo	
2.10	Arduino ATmega2560	Error! Bookmark not defined
BAB III	METODE PENELITIAN	Error! Bookmark not defined
3.1	Perancangan Sistem	Error! Bookmark not defined.
3.2	Realisasi Pembuatan Sistem	Error! Bookmark not defined.
3.3	Pengujian dan Analisis Data	Error! Bookmark not defined.
3.4	Pengambilan Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
BAB IV	PERANCANGAN DAN PEMBUATAN	ALAT19
4.1	Perancangan Sistem	
4.2	Diagram Blok Sistem	
4.3	Spesifikasi Alat	Error! Bookmark not defined.

4.4	l Pr	insip Kerja Sistem Error! Bookmark not define	ed.
4.5	5 Pe	erancangan Perangkat Keras Error! Bookmark not define	ed.
	4.5.1	Perancangan Sensor DS18B20Error! Bookmark not define	ed.
	4.5.2	Perancangan Motor DC servo dan Motor DCError! Bookmark not	defined.
	4.5.3	Perancangan Kipas Error! Bookmark not define	ed.
	4.5.4	Karakteristik Alat Ekstraksi Kulit Buah Naga Merah Error! Bookma	rk not defined.
	4.5.5	Perancangan Kontroler	24
4.6	5 Pe	erancangan Perangkat Lunak	28
BAB		NGUJIAN DAN ANALISIS	
5.1	Pe	engujian Sensor DS18B20	29
5.2		engujian Sinyal Kontrol Motor DC ServoError! Bookmark not define	
5.3	B Pe	engujian Motor DC Servo terhadap Suhu	36
5.4	l Pe	engujian Tanpa KontrolerError! Bookmark not define	ed.
5.5	5 Pe	engujian Sistem Keseluruhan	38
5.6	5 Pe	engujian Sistem Keseluruhan dengan GangguanError! Bookmark not define	ed.
5.7	Has	il Pengujian Eksraksi dengan Parameter Suhu yang Berbeda	
BAB	VI KI	ESIMPULAN DAN SARAN	45
6.1		esimpulan	
6.2		ran	
DAF	TAR I	PUSTAKA	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Blok Kontrol Proporsional (Ogata K)8
Gambar 2.2 Diagram Blok Kontrol Integral (Ogata K)Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.3 Diagram Blok Kontrol Deferensial (Ogata K)Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.4 Diagram Blok Kontrol PID (Ogata K)
Gambar 2.5 Kurva Respon Unit Step yang Menunjukkan 25% Maximum Overshoot
Gambar 2.6 Respon Plant Terhadap Masukan berupa Unit Step (Ogata K)Error! Bookmark not de
Gambar 2.7 Kurva Respon yang berbentuk S (Ogata K)Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.8 Sistem Loop Tertutup dengan Kontrol Proporsional Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.9 Osilasi Berkesinambungan dengan Periode Pcr (Ogata K) Error! Bookmark not define
Gambar 2.10 Sensor Suhu Tipe DS18B2014
Gambar 2.11 Kompor Portable
Gambar 2.12 Motor DC Servo
Gambar 2.13 Arduino ATmega 2560
Gambar 4.1 Diagram Balok Sistem Pengendalian Suhu
Gambar 4.2 Desain Rancangan Alat Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.3 Grafik Respon Karakteristik Ekstraksi Kulit Buah NagaError! Bookmark not defined
Gambar 4.4 Grafik Penetuan Kp, Ki, Kd Metode Ziegler Nichols25
Gambar 5.1 Pengujian Sensor DS18B20
Gambar 5.2 Rangkaian Sensor DS18B20
Gambar 5.3 Grafik Respon Hubungan Sensor dengan Termometer Error! Bookmark not defined.
Gambar 5.4 Rangkaian untuk Menguji Motor DC servoError! Bookmark not defined.
Gambar 5.5 Sinyal Kontrol dan Parameter Motor Servo sudut 0 ⁰ Error! Bookmark not defined.
Gambar 5.6 Sinyal Kontrol dan Parameter Motor Servo sudut 50 ⁰ Error! Bookmark not defined.
Gambar 5.7 Sinyal Kontrol dan Parameter Motor Servo sudut 100°Error! Bookmark not defined.

Gambar 5.8 Sinyal Kontrol dan Parameter Motor Servo sudut 150 ⁰ Error! Bookma	rk not defined.
Gambar 5.9 Sinyal Kontrol dan Parameter Motor Servo sudut 180 ⁰ Error! Bookma	rk not defined.
Gambar 5.10 Grafik Hubungan Sudut dengan Duty Cycle	34
Gambar 5.11 Hubungan Derajat Motor DC Servo dengan Suhu	36
Gambar 5.12 Grafik Respon Tanpa Kontroller	37
Gambar 5.13 Pengujian Keseluruhan Sistem	39
Gambar 5.14 Rangkaian Keseluruhan Sistem	39
Gambar 5.15 Grafik Respon dengan Kontrol PID Error! Bookmark not define	ed.
Gambar 5.16 Sistem diberi Disturbance Error! Bookmark not define	ed.
Gambar 5.17 Respon Sistem yang telah diberi disturbance Error! Bookmark not d	efined.



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan Waktu dan Suhu pada Ekstraksi Kulit Buah Naga Merah 6	
Tabel 2.2 Aturan <i>Tuning</i> Metode 1 Ziegler-Nichols (Ogata K.) Error! Bookmark not de	fined.
Tabel 2.3. Aturan Dasar Metode 2 Ziegler-Nichols (Ogata K)	
Tabel 4.1 Aturan Metode 1 Ziegler-Nichols (Ogata K)	
Tabel 5.1 Perbandingan Pembacaan Suhu Sensor dengan Termometer	
Tabel 5.2 Hubungan Sudut dengan Duty Cycle Error! Bookmark not defined.4	
Tabel 5.3 Hubungan Sudut Servo dengan Kenaikan Suhu	
Tabal 5 / Hasil Ekstraksi dangan Paramatar Suhu yang Parhada	



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Buah naga merah menjadi salah satu buah favorite yang dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Buah naga dikonsumsi dalam bentuk segar juga dapat diolah menjadi beberapa produk olahan untuk mempermudah mengkonsumsi. Kulitnya yang mempunyai berat 30% - 35% dari berat buah belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat umum dan hanya dibuang sebagai sampah sehingga makin menambah pencemaran lingkungan. Hal ini sangat disayangkan karena kulit buah naga mempunyai beberapa keunggulan. Keunggulan kulit buah naga super merah menurut Li Chen Wu (2005) adalah kaya polyphenol dan sumber antioksidan yang baik. Bahkan menurut studi yang dilakukannya terhadap total phenolic konten, aktivitas antioksidan dan kegiatan antiproliferative, kulit buah naga merah memiliki inhibitor pertumbuhan sel-sel kanker lebih kuat daripada dagingnya dan tidak mengandung toksik.

Oleh karena itu salah satu pemanfaatan kulit buah naga adalah dengan mengekstraknya sehingga dapat dimanfaatkan untuk bahan dasar beragam pangan fungsional yang akan bermanfaat bagi kesehatan. Akan tetapi dalam proses ekstraksi kulit buah naga merah untuk mendapatkan hasil maksimum aktivitas antioksidan diperlukan suhu dan waktu yang tepat dikarenakan jika waktu dan suhu ekstraksi tidak tepat maka akan mempengaruhi kandungan aktivitas antioksidan. Banyak para industri terutama industri rumahan dan tradisional kurang memperhatikan akan pentingnya suhu dalam proses ekstraksi. Hasil penelitian oleh (Taufik Boby Wisesa dkk. 2014) menjelaskan hasil suhu dan waktu ekstraksi maksimum untuk respon aktivitas antioksidan adalah sebesar 58,40° celcius dalam waktu 28 menit yang menghasilkan aktivitas sebesar 15,90%.

Penelitian skripsi ini adalah untuk membuat alat yang mana diharapkan mampu menjaga dan mengontrol kestabilan suhu dalam proses ekstraksi. Pada penelitian skripsi ini digunakan Arduino 2560 , sensor *DS18B20* dan *motor* DC *servo* serta kontrol Proporsional Integral Diferensial (PID) sebagai kontrol

pengendali. Penggunaan kontrol PID sebagai kontrol pengendali dikarenakan pada sistem pengaturan suhu ini dibutuhkan respon yang cepat dengan akurasi tinggi. Kontrol Proporsional Integral Differensial digunakan untuk menentukan besarnya sudut dimmer dengan *motor* DC *servo* sehingga menghasilkan suhu yang diinginkan.

1.2 Rumusan Masalah

- 1. Bagaimana merancang dan membuat sistem pengendalian suhu proses ekstraksi kulit buah naga merah untuk menghasilkan aktivitas antioksidan menggunakan PID ?
- 2. Bagaimana merancang hardware dan software sistem pengendalian suhu proses ekstraksi kulit buah naga merah untuk menghasilkan aktivitas antioksidan ?

1.3 Batasan Masalah

- 1. Suhu pada proses ekstraksi dibatasi pada 57⁰-60⁰ C dengan rentang waktu 28 menit.
- 2. Plant yang dikendalikan adalah plant suhu.
- 3. Pengendali PID diterapkan menggunakan mikrokontroler ATmega2560.
- 4. Pengendalian suhu diatur dengan mengatur sudut putaran *dimmer* pada kompor *portable*..
- 5. Reaksi kimia dan fisika tidak dibahas dalam skripsi.
- 6. Pembahasan mengenai kandungan antioksidan, mekanik, model matematis, serta rangkaian elektronika tidak dibahas secara mendalam.

1.4 Tujuan

Tujuan skripsi ini adalah membuat alat dengan menggunakan kontrol PID sebagai alat bantu pengendalian suhu untuk aktivitas antioksidan pada ekstraksi kulit buah naga merah sehingga diharapkan dapat meningkatkan potensi aktivitas antioksidan didalam kulit buah naga merah tersebut.

1.5 Sistematika Pembahasan

Skripsi ini terdiri dari enam bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Membahas latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika pembahasan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perancangan dan pembuatan alat.

BAB III Metode Penelitian

Membahas metode penelitian dan perencanaan alat.

BAB IV Perancangan dan Pembuatan Alat

Membahas perancangan alat yang meliputi spesifikasi, perencanaan blok diagram, prinsip kerja, dan pembuatan alat. Setelah itu, bagaimana penerapannya dalam sistem secara keseluruhan.

BAB V Pengujian dan Analisis

Membahas hasil pengujian sistem yang sudah dibuat dan analisis hasil yang diperoleh.

Bab VI Kesimpulan dan Saran

Membahas kesimpulan penelitian dan saran-saran yang diperlukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kulit Buah Naga Merah

Buah naga merah (Hylocereus costaricensis) merupakan buah dengan sejarah awal yang panjang. Banyak yang percaya, buah dengan kulit berwarna cerah ini berasal dari Meksiko dan kawasan Amerika Selatan juga Tengah. Tapi tak sedikit pula yang meyakini buah ini berasal dari daratan Asia sebab sejak dahulu kala masyarakat Tionghoa sudah mengenalnya sebagai buah persembahan yang diletakkan di antara patung naga. Meski asalnya masih simpang siur, pada faktanya buah ini telah berhasil disemaikan dan dibudidayakan di seluruh dunia termasuk Indonesia. Buah naga memiliki banyak khasiat di antaranya menghalau diabetes, membersihkan darah, sebagai sumber vitamin C dan masih banyak lagi lainnya. Tapi, tak hanya buahnya yang berkhasiat. Ternyata, kulit buah naga memiliki kasiat yang tidak kalah dengan buahnya salah satunya sebagai antioksidan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Li Chen Wu (2005) kulit buah naga kaya akan polyphenol dan sumber antioksidan yang baik. Bahkan menurut studi yang dilakukannya terhadap total phenolic konten, aktivitas antioksidan dan kegiatan antiproliferative, kulit buah naga merah adalah lebih kuat inhibitor pertumbuhan sel-sel kanker daripada dagingnya dan tidak mengandung toksik. Menurut Saati (2009) dalam penelitiannya, ekstraksi kulit buah naga super merah (Hylocereus costaricensis) dengan pelarut air mengandung 1,1 mg/100 ml antosianin. Menurut Kanner, J., Harel, S. Dan Granit, R. (2001) antosianin dapat berfungsi untuk merendahkan kadar kolesterol dalam darah

2.2 Antioksidan

Antioksidan adalah zat yang mampu mencegah proses oksidasi. Antioksidan juga merupakan kelompok vitamin, mineral, enzim, dan rempahrempah yang membantu melindungi tubuh dari radikal bebas. Ketika di dalam tubuh terjadi proses normal, di mana oksigen digunakan untuk menyediakan bahan bakar sel, beberapa dari molekul oksigen kehilangan salah satu elektron.

Ketika hal itu terjadi, molekul oksigen yang sebelumnya bersifat stabil itu berubah menjadi radikal bebas yang berbahaya. Molekul ini kemudian mencoba untuk menstabilkan diri mereka sendiri dengan mencuri elektron dari molekul lain yang stabil, sehingga hal ini bisa merusak mereka dan menciptakan radikal bebas lebih banyak. Karena radikal bebas mudah bereaksi dengan senyawa lain, mereka memiliki efek yang bisa menimbulkan gangguan dalam tubuh secara signifikan (merubah proses normal dari, misalnya: metabolisme, respirasi, reproduksi, dll). Banyak faktor yang dapat menyebabkan produksi radikal bebas, internal maupun eksternal. Sumber-sumber radikal bebas dari dalam tubuh, selain proses konsumsi oksigen, termasuk juga stres secara emosional dan latihan berat. Sumber eksternal antara lain polusi udara, asap rokok, polusi pabrik dan knalpot mobil, asap, pestisida, herbisida, kontaminasi makanan, kemoterapi, dan radiasi. Semua faktor itu bisa menyebabkan over produksi radikal bebas.

2.3 Ekstraksi

Ekstraksi pada umumnya memiliki arti yaitu proses pemisahan suatu zat berdasarkan perbedaan kelarutannya terhadap dua cairan tidak saling larut yang berbeda, biasanya air dan yang lainnya pelarut organik.Bahan alamiah yang diekstrak mengandung senyawa aktif yang dapat larut dan senyawa yang tidak dapat larut seperti serat, karbohidrat, protein, antioksidan dan lain-lain. Struktur kimia yang berbeda-beda akan mempengaruhi kelarutan serta stabilitas senyawa-senyawa tersebut terhadap pemanasan, udara, cahaya dan logam berat (Dwi, 2012). Proses ekstraksi memiliki dua bagian utama, yaitu pelarut dan bahan utama. Pelarut (solvent) adalah zat yang digunakan untuk melarutkan dan memisahkan solute (zat terlarut) dari material yang memiliki kelarutan lebih rendah dari pada zat itu sendiri. sedangkan, yang dimaksud bahan utama adalah bahan yang mengandung zat yang ingin dilarutkan atau diekstraksi (Berk, 2009).

Maserasi merupakan suatu metode ekstraksi dengan cara merendam suatu bahan menggunakan pelarut dengan atau tanpa pengadukan. Metode maserasi digunakan untuk mengekstrak sampel yang relatif mudah rusak oleh panas. Oleh sebab itu dibutuhkan suhu dan waktu yang tepat dalam proses ekstraksi. Penelitian (Mai, D.S, V.T Tong and N.L. Hong. 2011) menyatakan

bahwa suhu ekstraksi terbaik untuk aktivitas antioksidan diperoleh pada suhu 55°C dan menurun pada suhu 60°C. Penelitian (Taufik Boby Wisesa dan Simon Bambang Widjanarko dkk 2014) mengatakan waktu dan suhu pada proses ekstraksi kulit buah naga merah memiliki kolerasi yang tinggi terhadap respons. Hubungan waktu dan suhu dapat dilihat dalam tabel 2.1:

Tabel 2.1 Hubungan waktu dan suhu pada ekstraksi kulit buah naga merah.

(Wisesa dkk. 2014)			
	Waxtu (Menit)	Sunu (°C)	Aktivitas Antiok sidan (%)
	20	50	10.55
	1	1.05	2000
	21	51.05	11.02
	22	52.10	11.81
	23	53.16	11.96
	24	54.21	12.59
	25	55.26	13.07
	26	56.32	13.70
	27	57.37	14.33
	28	58.43	15.90
	29	59.48	14.64
	30	60.53	13.70

2.4 Prinsip Kerja Umum

Sistem utama pada pengaturan untuk aktivitas antioksidan pada proses ekstraksi kulit buah naga merah ini diatur oleh mikrokontroler. Input mikrokontroler ini diperoleh dari sensor suhu. Data dari sensor tersebut akan ditampilkan nilainya pada *display*. Ketika suhu terlalu rendah atau terlalu tinggi maka motor DC *servo* akan mengatur dimmer yang terdapat pada *heater* untuk mengendalikan daya yang masuk.

2.5 Kontroler

Sistem pengendalian dirancang untuk melakukan dan menyelesaikan tugas tertentu. Syarat utama sistem pengendalian adalah harus stabil. Di samping kestabilan mutlak, maka sistem harus memiliki kestabilan secara relatif, yakni tolak ukur kualitas kestabilan sistem dengan menganalisis sampai sejauh mana batas-batas kestabilan sistem tersebut jika dikenai gangguan (Ogata K.,1997). Selain itu analisis juga dilakukan untuk mengetahui bagaimana kecepatan sistem

dalam merespons input, dan bagaimana peredaman terhadap adanya lonjakan (over shoot).

Suatu sistem dikatakan stabil jika diberi gangguan maka sistem tersebut akan kembali ke keadaan *steady state* di mana *output* berada dalam keadaan tetap seperti tidak ada gangguan. Sistem dikatakan tidak stabil jika outputnya berosilasi terus menerus ketika dikenai suatu gangguan. Karena suatu sistem pengendalian biasanya melibatkan penyimpanan energi maka *output* sistem ketika diberi suatu input, tidak dapat mengikuti input secara serentak, tapi menunjukkan respon transien berupa suatu osilasi teredam sebelum mencapai steady state.

2.6 **Kontrol PID (Proporsional Integral Deferensial)**

Kontrol Proporsional

Kontroler dengan Kontrol Proporsional adalah sebuah kontrol yang memiliki karakteristik mempercepat respon. Secara lebih sederhana dapat dikatakan, bahwa keluaran kontrol proporsional merupakan perkalian antara konstanta proporsional dengan masukannya.Perubahan pada sinyal masukan akan segera menyebabkan sistem secara langsung mengubah keluarannya sebesar konstanta pengalinya. Hubungan antara keluaran kontrol m(t) dan sinyal kesalahan penggerak e(t) ditunjukkan dalam persamaan 2.1.

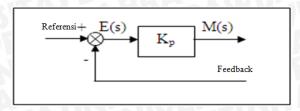
$$m(t) = Kp \ e(t) \tag{2.1}$$

atau, dalam besaran transformasi Laplace ditunjukkan dalam persamaan 2.2,

$$\frac{M(s)}{E(s)} = Kp \tag{2.2}$$

Di mana K_p adalah kepekaan proporsional atau penguatan.

Apapun wujud mekanisme yang sebenarnya dan apapun bentuk daya penggeraknya, kontrol proporsional pada dasarnya merupakan penguat dengan penguatan yang dapat diatur (Ogata K.,1997). Diagram blok kontrol proporsional ditunjukkan dalam Gambar 2.1



Gambar 2.1 Diagram Blok Kontrol Proporsional (Ogata K., 1997)

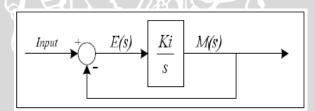
b. Kontrol Integral

Kontrol integral memiliki kemampuan untuk mengurangi *offset* yang ditinggalkan oleh kontrol proporsional.

Harga keluaran kontrol m(t) diubah dengan laju yang sebanding dengan sinyal kesalahan penggerak e(t). Persamaan kontrol Ki ditunjukkan dalam persamaan 2.3.(Ogata K.,1997).

$$\frac{dm(t)}{dt} = Kie(t) \tag{2.3}$$

Ki adalah penguatan integral. Gambar 2.2 menunjukkan diagram blok kontrol integral.



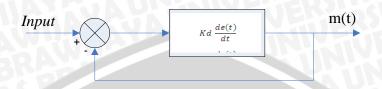
Gambar 2.2 Diagram Blok Kontrol Integral (Ogata K., 1997)

c. Kontrol Deferensial

Kontrol ini digunakan untuk memperbaiki atau mempercepat respons transien sebuah sistem kontrol dengan cara memperbesar *phase lead* terhadap penguatan kontrol dan mengurangi *phase lag* penguatan tersebut (Ogata K.,1997). kontrol deferensial tidak dapat mengeluarkan *output* bila tidak ada perubahan *input*, selain itu kontrol deferensial tidak dapat digunakan untuk proses yang mengandung *noise*. Hubungan antara keluaran kontrol m(t) dan sinyal kesalahan penggerak e(t) dinyatakan dalam persamaan 2.4 :

$$\frac{M(s)}{E(s)} = Kd.s \tag{2.4}$$

Kd adalah penguatan deferensial. Gambar 2.3 menunjukkan diagram blok kontrol deferensial.



Gambar 2.3 Diagram Blok Kontrol Deferensial (Ogata K., 1997)

d. Kontrol Proporsional Integral Deferensial (PID)

Gabungan kontrol proporsional, integral, dan differensial mempunyai keunggulan dibandingkan dengan masing-masing dari tiga kontrol tersebut. Masing – masing kontrol P, I, maupun D berfungsi untuk mempercepat reaksi sistem, menghilangkan *offset*, dan mendapatkan energy ekstra ketika terjadi perubahan *load*.

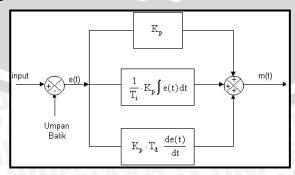
Persamaan kontrol PID ini dapat dinyatakan dalam persamaan 2.5:

$$m(t) = K_p e(t) + \frac{\kappa_p}{\tau_i} \int_0^t e(t)dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$
 (2.5)

Dalam transformasi Laplace dinyatakan dalam persamaan 2.6:

$$\frac{M(s)}{E(s)} = Kp \left(1 + \frac{1}{Ti \cdot s} + Td. s \right)$$
 (2.6)

Ti adalah waktu integral dan Td adalah waktu derivatif. Gambar 2.4 menunjukkan diagram blok kontrol PID.

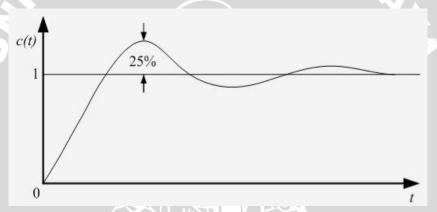


Gambar 2.4 Diagram Blok Kontrol PID (Ogata K., 1997)

e. Metode Kontrol Proporsional Integral Diferensial (PID)

Metode yang digunakan dalam perancangan ini menggunakan metode Ziegler-Nichols. Ziegler dan Nichols mengemukakan aturan-aturan untuk menentukan nilai dari gain proporsional K_p , waktu integral T_i , dan waktu derivatif T_d berdasarkan karakteristik respon transien dari *plant* yang diberikan. Penentuan parameter kontrol PID atau penalaan kontrol PID tersebut dapat dilakukan dengan bereksperimen dengan plan (Ogata, K., 1997).

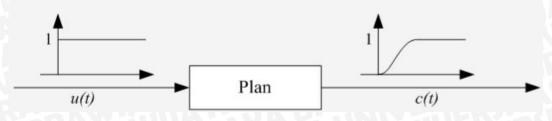
Terdapat dua metode yang disebut dengan aturan penalaan Ziegler-Nichols, pada kedua metode tersebut memiliki tujuan yang sama yaitu untuk mencapai 25% *maximum overshoot* pada respon unit step, ditunjukkan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kurva Respon Unit Step yang Menunjukkan 25% *Maximum Overshoot* (Ogata, K. 1997)

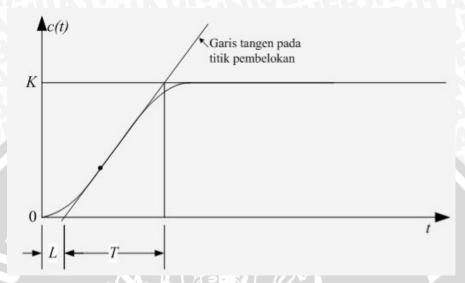
1). Metode Pertama

Metode pertama atau sering disebut metode kurva reaksi, respon dari plan dapat dapat diperoleh secara eksperimental dengan masukan berupa unit step, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Respon Plant Terhadap Masukan Berupa Unit Step (Ogata, K. 1997)

Jika dalam plan tersebut terdapat integrator atau dominan complexconjugate poles, maka kurva respon unit step berbentuk seperti huruf S, seperti ditunjukkan dengan Gambar 2.7. jika respon tidak memberikan bentuk kurva S, maka metode ini tidak berlaku.(Ogata, K., 1997).



Gambar 2.7 Kurva Respon yang Berbentuk S (Ogata, K. 1997)

Kurva berbentuk S tersebut dapat dikarakteristikkan menjadi dua konstanta yaitu waktu tunda L dan konstanta waktu T. Waktu tunda dan konstanta waktu ditentukan dengan menggambar sebuah garis tangen pada titik pembelokan dari kurva S, dan menentukan perpotongan antara garis tangen dengan sumbu waktu t dan sumbu c(t) = K, seperti yang telah ditunjukkan dalam Gambar 2.7

Fungsi alih C(s)/U(s) dapat dilakukan pendekatan dengan sistem orde satu dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{C(s)}{U(s)} = \frac{Ke^{-Ls}}{Ts+1} \tag{6.7}$$

Ziegler dan Nichols menyarankan untuk menentukan nilai-nilai dari K_p, T_i dan T_d berdasarkan pada formula yang ditunjukkan dalam Tabel 2.2 (Ogata, K., 1997)

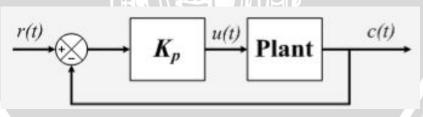
Tabel 2.2 Aturan Penalaan Ziegler-Nichols Berdasarkan Respon Unit Step Dari Plan (Ogata, K. 1997)

Tipe	K_p	T_i	Td
Kontrol			
Р	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0.9\frac{T}{L}$	$\frac{L}{0,3}$	0
PID	$1,2\frac{T}{L}$	2L	0,5 L

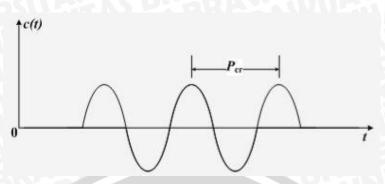
2). Metode Kedua

Dalam metode kedua ziegler-nichols, mula-mula yang dilakukan adalah membuat $T_i = \infty$ dan $T_d = 0$. Kemudian hanya dengan menggunakan tindakan kontrol proporsional, harga ditingkatkan dari nol ke suatu nilai kritis Kcr, disini mula-mula keluaran memiliki osilasi yang berkesinambungan (Jika keluaran tidak memiliki osilasi berkesinambungan untuk nilai K_p manapun yang telah diambil, maka metode ini tidak berlaku). Dari keluaran yang berosilasi secara berkesinambungan, penguatan kritis Kcr dan periode Pcr dapat ditentukan.

Diagram blok sistem loop tertutup dengan kontrol proporsional ditunjukkan dalam Gambar 2.8 dan untuk osilasi berkesinambungan dengan periode Pcr ditunjukkan dalam Gambar 2.9



Gambar 2.8 Sistem Loop Tertutup dengan Kontrol Proporsional (Ogata, K. 1997)



Gambar 2.9 Osilasi Berkesinambungan dengan Periode *P*cr (Ogata, K. 1997)

Ziegler dan Nichols menyarankan penyetelan nilai parameter K_p , T_i , T_d dan berdasarkan rumus yang diperlihatkan dalam Tabel 2.3. (Ogata, K., 1997)

Tabel 2.3. Aturan Dasar Ziegler-Nichols Berdasarkan *Critical Gain* Kcr dan *Critical Period* Pcr (Ogata, K. 1997)

Tipe Kontrol	K_p	T_i	Td
P	0.5 Kcr	∞	0
PI	0.45 Kcr	$\frac{1}{1,2}$ Pcr	0
PID	0.60 Kcr	0.5 Pcr	0.125 Pcr

2.7 Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu merupakan salah satu komponen elektronika yang dapat menangkap perubahan temperatur lingkungan lalu mengkonversi ke besaran listrik yang dapat dengan mudah dianalisis nilainya.. Terdapat empat macam sensor suhu antara lain; Thermokopel, Thermistor, RTD (*Resistance Temperature Detectors*), dan IC LM 35. Tentunya tiap jenis alat tersebut mempunyai fungsi dan cara kerja yang berbeda-beda.

Sensor suhu DS18B20 yang ditunjukkan dalam Gambar 2.10 merupakan sensor yang memiliki kemampuan tahan air (*waterproof*). DS18B20 cocok digunakan untuk mengukur suhu pada tempat yang sulit atau basah. Karena ouput data sensor suhu ini merupakan data digital, maka tidak perlu khawatir terhadap degradasi data ketika menggunakan untuk jarak yang jauh. DS18B20 menyediakan 9 hingga 12-bit (yang dapat dikonfigurasi) data.

Karena setiap sensor DS18B20 memiliki silicon serial number yang unik, maka beberapa sensor DS18B20 dapat dipasang dalam 1 bus. Hal ini

memungkinkan pembacaan suhu dari berbagai tempat. Meskipun secara datasheet sensor ini dapat membaca bagus hingga 125°C, namun dengan penutup kabel dari PVC disarankan untuk penggunaan tidak melebihi 100°C. Bentuk sensor DS18B20 adalah sebagai berikut:



Gambar 2.10 Sensor Suhu Tipe DS18B20

2.8 Heater

Heater pada skripsi ini menggunakan kompor portable yang dapat dilihat dalam Gambar 2.11 dengan bahan bakar gas yang memiliki dimmer yang berfungsi mengatur besarnya api yang akan digunakan. Prinsip kerja kompor ini pada dasarnya menggunakan gas yang dipicu oleh percikan listrik dari pematik sehingga menimbulkan api. Api inilah yang keluar sebagai energi kalor.



Gambar 2.11 Kompor Portable

2.9 Motor DC Servo

Motor DC servo seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.12 adalah motor yang mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan dengan memberikan variasi lebar pulsa (*duty cycle*) sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya. Motor ini terdiri atas sebuah motor DC, gearbox , potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut putaran servo. Sedangkan sudut sumbu motor servo

diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Gambar 2.12 merupakan gambar motor servo.



Gambar 2.12 Motor DC Servo

2.10 Arduino Mega 2560

Arduino mega 2560 seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.13 adalah board arduino Mega versi terbaru, yang merupakan perbaikan dari board terdahulunya yaitu arduino Mega 1280. Arduino mega 2560 memiliki 54 digital *input / output* (dengan 14 pin yang dapat digunakan sebagai *output* PWM (*Pulse Width Modulation*)), 16 input analog, 4 UART (*Universal Asynchronous Receiver / Transmitter*), kristal 16 MHz osilator, koneksi USB, jack listrik, *header* ICSP (*incircuit serial programming*), dan tombol reset.



Gambar 2.13 Arduino ATmega 2560

Arduino mega dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya akan dipilih secara otomatis. Eksternal (non-USB) daya dapat berasal baik dari adaptor AC-DC atau baterai...

Masing-masing dari 54 digital pin pada Mega dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan pinMode (), digitalWrite (), dan digitalRead (). Dengan 14 pin yang dapat digunakan sebagai output PWM (Pulse Width Modulation) menyediakan 8-bit PWM output dengan fungsi analogWrite ().

Arduino Mega2560 memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lainnya. ATmega2560 ini menyediakan empat *UART hardware* untuk komunikasi serial. LED (*Light-Emitting Diode*) akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui ATmega8U2/ATmega16U2 koneksi Chip dan USB ke komputer.

BAB III METODE PENELITIAN

Kajian dalam skripsi ini merupakan penelitian yang nantinya diharapkan dapat digunakan secara aplikatif, yaitu dengan merancang suatu pengendalian menggunakan kontrol PID yang bertujuan mendapatkan performansi sistem yang diharapkan.

Langkah – langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang akan dibuat adalah :

3.1 Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan sebagai langkah awal sebelum terbentuknya suatu sistem beserta rangkaian elektrik serta pemrogramannya. Hal ini dimaksudkan agar pengendalian suhu pada sistem ekstraksi kulit buah naga merah dapat berjalan sesuai deskripsi awal yang telah direncanakan.

Perancangan sistem yang dilakukan meliputi:

- 1. Penentuan motor DC servo yang digunakan untuk mengatur besarnya sudut *dimmer* kompor *portable* gas.
- 2. Penentuan rangkaian elektrik yang digunakan meliputi:
 - Rangkaian sensor DS18B20,
 - Rangkaian *motor DC servo*
 - Rangkaian *motor DC*
 - Rangkaian relay kipas.
- 3. Penentuan spesifikasi sistem, meliputi:
 - Penentuan deskripsi kerja sistem keseluruhan,
 - Kontroler proporsional, serta rangkaian elektronik pendukung.
- 4. Perancangan *program* PID, *program* motor DC servo, *program* relay untuk kipas, *program* motor DC dan *program* sensor pada arduino 2560.

3.2 Realisasi Pembuatan Sistem

Untuk merealisasikan alat yang telah dirancang sebelumnya, tahapan- tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

- Penyempurnaan konstruksi alat ekstr kulit buah naga merah dan motor DC servo sebagai pengatur sudut putaran dimmer kompor.
- 2. Pembuatan rangkaian elektrik meliputi rangkaian sensor DS18B20, rangkaian motor DC servo, rangkaian kipas, rangkaian motor DC.
- Pembuatan dan penyelesaian program PID, program motor DC servo, 3. program sensor DS18B20 pada arduino 2560.

3.3 Pengujian dan Analisis Data

Setelah semua komponen pada alat sudah terhubung sesuai dengan diagram blok sistem yang telah dirancang dan program software sudah dibuat, maka diadakan pengujian dan analisis alat. Performansi sistem yang diinginkan dari pengendalian suhu ini adalah respon sistem tanpa overshoot dengan error steady state seminimal mungkin.

Pengujian dan analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut.

- Pengujian setiap blok rangkaian. 1.
- 2. Pengujian pada sensor yang digunakan.
- 3. Penggabungan semua blok rangkaian menjadi sebuah sistem.
- 4. Pengujian alat secara keseluruhan.
- Evaluasi dan analisis pengujian sistem yang didapat.

3.4 Pengambilan Kesimpulan

Kesimpulan diambil berdasarkan data yang didapat dari hasil pengujian sistem secara keseluruhan. Apabila hasil yang didapatkan sesuai dengan yang direncanakan sebelumnya, maka sistem kendali tersebut telah berhasil memenuhi harapan dan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya untuk disempurnakan.

BAB 1V PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Dalam bab ini akan dibahas mengenai perancangan dan pembuatan sistem pengendali suhu pada alat ekstraksi. Pada dasarnya perancangan alat meliputi perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak.

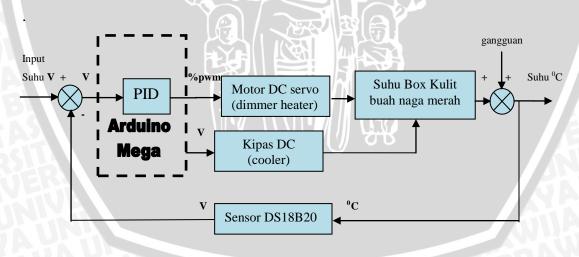
4.1 Perancangan Sistem

Perancangan alat ini dilakukan secara bertahap dalam bentuk blok sehingga akan memudahkan dalam analisis pada setiap bloknya maupun secara keseluruhan. Perancangan ini terdiri atas:

- 1. Perancangan perangkat keras meliputi kompor, sensor DS18B20, relay 5v, kipas 12v, motor DC dan motor DC *servo*.
- 2. Pembuatan dan penyelesaian program perangkat lunak (perangkat algoritma PID pada software Arduino 1.5.7).

4.2 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem yang dirancang ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram Balok Sistem Pengendalian Suhu.

Keterangan diagram blok dalam Gambar 4.1 adalah sebagai berikut :

• Set point sistem adalah suhu 58° Celcius.

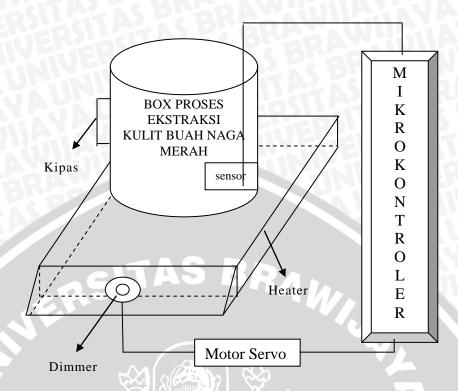
- Pusat pengendalian sistem adalah mikrokontroler Atmega 2560 yang memberikan sinyal(PWM)Pulse Width Modulation pada motor DC servo.
- Sinyal dari motor servo tadi kemudian menggerakkan dimmer pada kompor sehingga mengatur panas api yang sesuai dengan setpoint.
- Sensor DS18B20 digunakan sebagai feedback sistem.

4.3 Spesifikasi Alat

Spesisfikasi sistem pengendalian suhu pada alat ekstraksi kulit buah naga merah menggunakan kontrol PID berbasis ATmega 2560 adalah sebagai berikut.

- 1. Tabung ekstraksi kulit buah naga merah berupa sebuah tabung stainless steel dengan diameter 18 cm dan tinggi 16 cm.
- 2. Buah naga merah yang digunakan untuk ekstraksi hanya kulit dari buah naga merah.
- Proses ekstraksi dilakukan dengan menggunakan aquades pH 7.
- Sensor yang digunakan adalah sensor suhu DS18B20 pada rentang suhu 125^o hingga -125^o Celcius.
- Pengaturan panas kompor ditentukan dengan putaran dimmer yang diatur besar sudutnya oleh motor DC servo. Motor DC servo menerima sinyal PWM dari driver motor DC servo.
- Pusat pengendali sistem adalah ATmega 2560.

Skema perancangan sistem dapat dilihat dalam Gambar 4.2:



Gambar 4.2 Desain Rancangan Alat

4.4 Prinsip Kerja Sistem

Cara kerja sistem adalah sebagai berikut:

- Catu daya yang digunakan terdiri atas 4 macam, yaitu:
 - Catu daya 5V DC digunakan sebagai catu daya bagi motor DC dan motor DC servo.
 - 2. Catu daya +/- 12V DC digunakan sebagai catu daya bagi kipas angin.
- DS18B20 merupakan sensor suhu yang memiliki keluaran digital sehingga bisa langsung dihubungkan ke mikrokontroler ATmega 2560 dengan tambahan resistor 4,2 kΩ dengan rentang suhu 125 ° hingga -125° C.
- Mikrokontroler ATmega2560 menerima sinyal digital dari komputer mengolahnya sehingga menghasilkan sinyal digital berupa PWM.
- Sinyal digital dari mikrontroler ATmega2560 digunakan untuk mengaktifkan sensor DS18B20 dan kipas angin melalui relay 5V.
- PWM keluaran dari mikrontroler ATmega2560 digunakan sebagai sinyal kontrol bagi motor DC servo.

BRAWIJAYA

 Motor DC servo bergerak sesuai dengan PWM yang diterima pada pin kontrolnya. Besarnya sudut putaran motor DC servo tersebut akan menggerakkan dimmer pada kompor.

4.5 Perancangan Perangkat Keras

Berdasarkan diagram blok perancangan alat yang telah disusun, perancangan perangkat keras meliputi sensor DS18B20, rangkaian motor DC servo, rangkaian motor DC, dan rangkaian relay kipas. Di bawah ini merupakan penjelasan masing-masing perancangan perangkat keras dalam ekstraksi kulit buah naga merah pada penelitian ini.

4.5.1 Perancangan Sensor DS18B20

Berdasarkan teori yang didapat pada *datasheet DS18B20* termasuk ke dalam sensor digital temperatur yang mana dapat di catu dengan tegangan 3-5 V dan harus diberi resistor 4.7 k Ω sebagai pembatas arus yang dibutuhkan.

4.5.2 Perancangan Motor DC Servo dan Motor DC

Pada dasarnya motor DC *servo* dan motor DC mendapat sinyal PWM dengan tegangan maksimal 6 V. Arduino Atmega2560 merupakan mikrokontroler yang memberikan sinyal PWM dengan tegangan 5V sehingga kedua motor tersebut dapat langsung dioperasikan.

4.5.3 Perancangan Kipas

Perancangan kipas dalam skripsi ini menggunakan kipas dengan catu daya 12 V sedangkan Arduino Atmega 2560 memberika tegangan maksimal 5V. Oleh sebab itu dibutuhkan relay 5V *to* 12V dan catu daya 220V *to* 12V.

4.5.3 Karakteristik Alat Ekstraksi Kulit Buah Naga

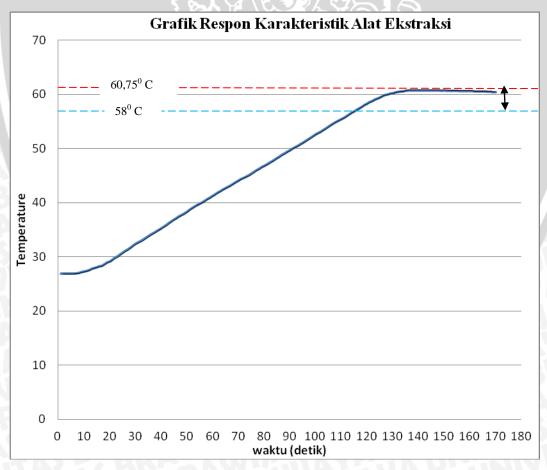
Alat ekstraksi kulit buah naga tanpa pengendali suhu terdiri atas kompor gas portable dan tabung ekstraksi. Kompor gas yang digunakan memiliki tabung yang dapat digunakan selama dalam kondisi api yang paling besar. Kelemahan utama kompor gas portable tersebut adalah adanya batas waktu yang digunakan

BRAWIJAX

tergantung jumlah kapasitas tabung. Kompor gas portable ini dapat digunakan selama 2 jam dalam kondisi api maksimal. Gambar 4.3 merupakan grafik karakteristik alat ekstraksi kulit buah naga. Grafik karaketristik tersebut didapat dengan memaksimalkan nyala api kompor kemudian mematikannya ketika suhu ekstraksi mencapai *set point* yaitu 58° Celcius.

Berdasarkan grafik karakteristik dalam Gambar 4.3 , ketika kompor gas portable dimatikan pada suhu 58° Celcius, suhu pada tabung ekstraksi tetap naik hingga mencapai 60,75° Celcius. Sehingga dapat diketahui bahwa beda suhu (*lagging temperature*) mencapai 2,75° Celcius.

Waktu yang diperlukan alat tersebut untuk mencapai suhu 58° Celcius adalah 120 detik atau 2 menit. Sedangkan waktu yang diperlukan alat tersebut untuk mencapai suhu *steady* (60,75° Celcius) adalah 135 detik atau 2,15 menit. Dengan demikian waktu yang diperlukan sistem untuk mencapat *steady* dari kedudukan *set point*nya adalah 15 detik.



Gambar 4.3 Grafik Respon Karakteristik Ekstraksi Kulit Buah Naga Merah

4.5.5 Perancangan Kontroler

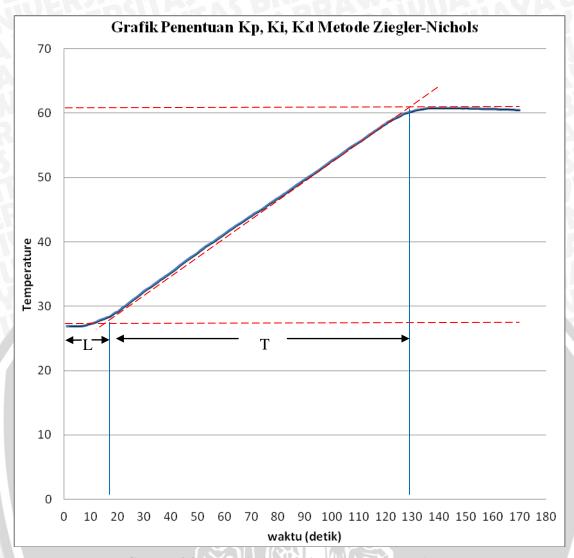
Dalam memenuhi tujuan performansi loop yang diinginkan, maka perlu ditambahkan kontroler dalam sistem. Kontrol yang dipilih adalah kontrol proporsional integral derivatif. Kontroler proposional integral derivatif dipilih karena karakteristik *plant* tersebut membutuhkan kontrol yang cepat dengan meminimalkan *overshoot*.

Grafik karakteristik *plant* dalam Gambar 4.3 menunjukkan bahwa bentuk kurva karakteristik *plant* menyerupai huruf S (*S-shaped curve*) sehingga dapat digunakan *tuning* K_p, K_i, dan K_d menggunakan metode 1 Ziegler-Nichols. Langkah awal *tuning* parameter dengan metode 1 Ziegler-Nichols adalah menarik garis *tangent* pada titik infleksi grafik karakteristik *plant*. Kemudian mencari perpotongan garis *tangent* dengan garis nilai akhir, sehingga diperoleh nilai T dan L. Nilai T dan L tersebut digunakan untuk menentukan besarnya K_p, K_i, dan K_d yang tepat, sesuai dengan Tabel 4.1 aturan *tuning* metode 1 Ziegler-Nichols.

Type of Controller	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0.9\frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2\frac{T}{L}$	2L	0.5L

Tabel 4.1 Aturan Metode 1 Ziegler-Nichols (Ogata K, 1997)

Penentuan nilai K_p , K_i , dan K_d ditunjukkan dalam Gambar 4.3 dengan menggunakan metode 1 *ziegler-nichols*. Berdasarkan Gambar 4.3 didapatkan nilai T=110 dan nilai L=17 sehingga kita dapat mengetahui besarnya nilai $K_p=7,7647$, nilai $T_i=34$, nilai $T_d=8,5$, $K_i=0,22837$, dan nilai $K_d=65,9999$ dihitung berdasarkan tabel 4.1



Gambar 4.4 Metode 1 Ziegler-Nichols (Perancangan)

Perhitungan menggunakan PID pada tabel 4.1:

•
$$K_p = 1.2 \frac{T}{L} = 1.2 \frac{110}{17} = 7.7647$$

•
$$Ti = 2L = 2.17 = 34$$

•
$$Td = 0.5L = 0.5.17 = 8.5$$

•
$$Kp = Ki \times Ti$$

•
$$Ki = \frac{Kp}{Ti}$$

$$\bullet Ki = \frac{7,7647}{34}$$

•
$$Ki = 0,22837$$

•
$$Kp = \frac{Kd}{Td}$$

• $Kd = Kp \times Td$

• $Kd = 7,7647 \times 8,5 = 65,9999$



BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Tujuan pengujian sistem adalah untuk menentukan apakah alat yang telah dibuat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perancangan. Pengujian pada sistem ini meliputi pengujian setiap blok maupun pengujian secara keseluruhan. Pengujian setiap blok ini dilakukan untuk menemukan letak kesalahan dan mempermudah analisis pada sistem apabila alat tidak bekerja sesuai dengan perancangan.

5.1 Pengujian Sensor DS18B20

a. Tujuan

Mengetahui kemampuan pembacaan sensor DS18B20 terhadap perubahan suhu dengan melihat hasil pembacaan sensor yang ditampilkan..

- b. Peralatan yang Digunakan
 - Sensor DS18B20
 - Kompor Gas Portable
 - Panci
 - Termometer Digital Krisbow KW06-308
 - Air
 - Komputer
- c. Langkah Pengujian
 - 1. Menyusun rangkaian seperti dalam Gambar 5.1 dan Gambar 5.2.
 - 2. Menghubungkan sensor dan resistor 4,7 k Ω dengan ATmega2560
 - 3. Mengamati dan mencatat setiap perubahan suhu berdasarkan suhu termometer acuan.

Termometer

Sensor



Gambar 5.1 Pengujian Sensor DS18B20



Gambar 5.2 Rangkaian Sensor DS18B20

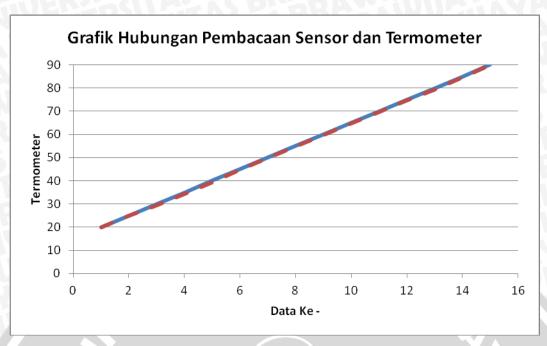
d. Hasil Pengujian dan Analisis

Hasil pengujian sensor DS18B20 ditunjukkan dalam Tabel 5.1. Didapatkan grafik linear antara suhu dengan termometer seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.1 dan Gambar 5.2.

Tabel 5.1 Perbandingan Pembacaan Suhu Sensor dengan Termometer

	Suhu Temometer	Suhu Pembacaan Sensor DS18B20					
No.	(°C)	DATA 1	DATA 2	DATA 3	ERROR 1	ERROR 2	ERROR 3
1	20	19,87	19,93	19,74	0,13	0,07	0,26
2	25	24,8	24,88	24,81	0,2	0,12	0,19
3	30	28,75	29,62	30	1,25	0,38	0
4	35	34,38	34,12	34,78	0,62	0,88	0,22
5	40	39,13	39,44	39,54	0,87	0,56	0,46
6	45	44,94	44,5	44,68	0,06	0,5	0,32
7	50	49,69	49,79	49,67	0,31	0,21	0,33
8	55	54,89	54,75	54,77	0,11	0,25	0,23
9	60	59,88	59,81	59,88	0,12	0,19	0,12
10	65	64,97	64,44	64,63	0,03	0,56	0,37
11	70	69,56	69,81	69,52	0,44	0,19	0,48
12	75	74,25	74,76	74,86	0,75	0,24	0,14
13	80	79,69	79,31	79,33	0,31	0,69	0,67
14	85	84,97	84,12	84,37	0,03	0,88	0,63
15	90	89,83	89,56	89,77	0,17	<i>)</i> 0,44	0,23
	Error 0,36 0,410						0,31
Jumlah error							0,360222

Berdasarkan hasil pengujian dalam Tabel 5.1, error antara suhu pembacaan termometer dengan suhu pembacaan serial monitor adalah sekitar 0,36° C. Grafik perbandingan suhu hasil pembacaan termometer acuan dengan serial monitor dapat dilihat dalam Gambar 5.3. Pada grafik tersebut terlihat bahwa selisih yang timbul antara kedua pembacaan suhu cenderung membentuk garis linear.



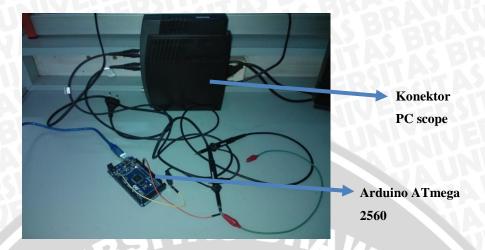
Gambar 5.3 Grafik Hubungan Termometer dengan Sensor DS18B20

5.2 Pengujian Sinyal Kontrol Motor DC Servo

a. Tujuan

Pengujian sinyal kontrol motor DC *servo* ini bertujuan untuk melihat bagaimana bentuk sinyal saat berada pada posisi sudut yang telah ditentukan serta melihat tegangan yang dikeluarkan untuk setiap perubahan sudut motor DC *servo*.

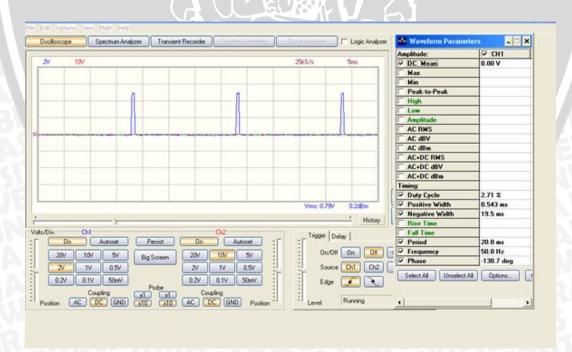
- b. Peralatan yang digunakan
- Catu Daya 5V DC.
- Arduino ATmega 2560
- Komputer
- Konektor PC scope
- Hardware dan software PC Lab 2000SE.
- Program dan software Arduino.
- c. Langkah Pengujian
- 1. Merangkai peralatan seperti Gambar 5.4.
- 2. Mengunduh program pengatur sudut *servo* dengan sudut 0, 40, 90, 120, 180 derajat pada software Arduino ERW 1.0.5.
- 3. Menjalankan software PC Lab 2000SE.
- 4. Memilih mode osiloskop lalu pilih *Run* untuk menjalankan osiloskop.



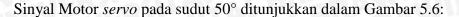
Gambar 5.4 Rangkaian untuk Menguji Motor DC Servo

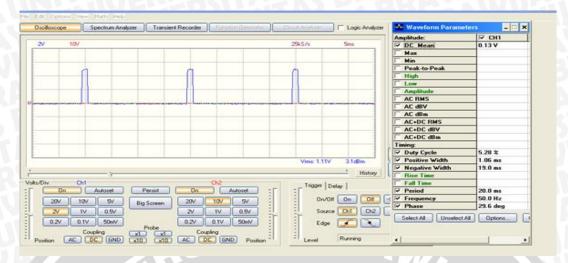
d. Hasil Pengujian

Setelah melakukan prosedur pengujian, didapatkan hasil sinyal dan tampilan parameter. Parameter yang dihasilkan adalah amplitudo, duty cycle, dan lebar sinyal. Proses pengujian Sinyal Kontrol Motor DC servo sudut 0^0 ditunjukkan dalam Gambar 5.5.



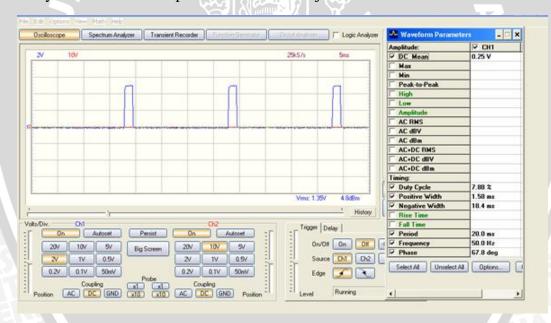
Gambar 5.5 Sinyal Kontrol dan Parameter Motor Servo Sudut 00





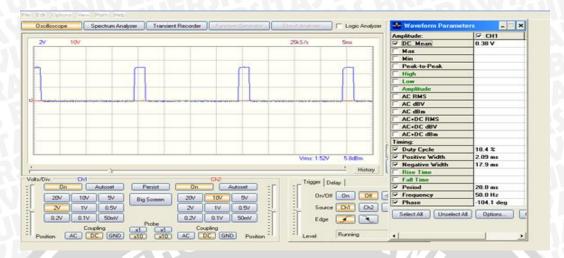
Gambar 5.6 Sinyal Kontrol dan Parameter Motor Servo Sudut 500

Sinyal motor DC servo pada sudut 100° ditunjukkan dalam Gambar 5.7:



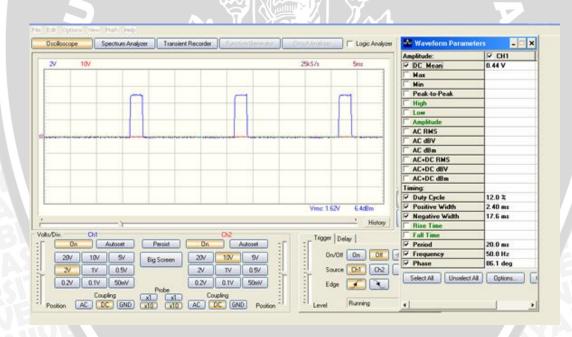
Gambar 5.7 Sinyal Kontrol dan Parameter Motor Servo Sudut 100⁰

Sinyal motor DC servo pada sudut 150° ditunjukkan dalam Gambar 5.8:



Gambar 5.8 Sinyal Kontrol dan Parameter Motor Servo Sudut 150⁰

Sinyal motor DC *servo* pada sudut 180° ditunjukkan dalam Gambar 5.9:



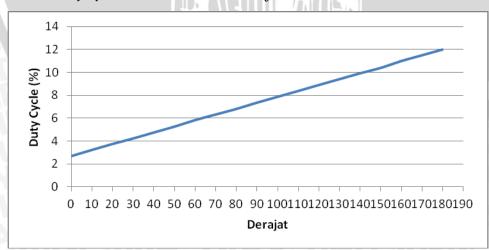
Gambar 5.9 Sinyal Kontrol dan Parameter Motor Servo Sudut 180⁰

Hasil pengujian duty cycle ditunjukkan dalam Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hubungan Sudut dengan Duty Cycle

Sudut (⁰ C)	Duty Cycle (%)
0	2,71
10	3,25
20	3,77
30	4,25
40	4,77
50	5,28
60	5,85
70	6,34
80	6,82
90	7,37
100	7,88
110	8,39
120	8,91
130	9,42
140	9,93
150	10,4
160	Z/X4117 7
170	11,5
180	1231号

Grafik duty cycle motor DC servo ditunjukkan dalam Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Grafik Hubungan Sudut dengan Duty Cycle

Dari hasil pengujian sinyal kontrol motor DC servo yang dilakukan, dapat dilihat bahwa semakin besar nilai derajat maka duty cycle juga akan semakin besar.

5.3 Pengujian Motor DC Servo terhadap Suhu

a. Tujuan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan suhu terhadap perubahan pergerakan motor DC servo. SEA WILLIAM

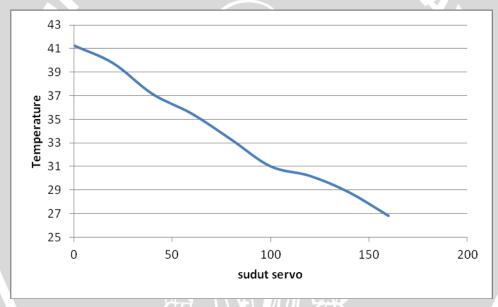
- b. Peralatan yang Digunakan
 - Motor DC Servo
 - Panci
 - Air Aqudes 1250 ml
 - Kulit Buah Naga Merah
 - Kompor gas portable
 - Program dan software arduino
 - Termometer Digital Krisbow KW06-308
- c. Langkah Pengujian
 - 1.Menaruh panci yang uda berisi air aquades di atas kompor gas portable.
 - 2.Memprogram pergerakan arduino mulai dari sudut 0° ...
 - 3.Menyalakan api hingga 1 menit sambil membaca kenaikan suhu yang tertera pada termometer.
 - 4. Ulangi seperti langkah diatas hingga sudut 160°.
 - 5. Mencatat kenaikan suhu dan membuat hubungan antara keduanya.
- d. Hasil Pengujian

Setelah dilakukan sesuai dengan cara diatas didapatkan hasil seperti pada Tabel 5.3.

Sudut	Kenaikan Suhu
Servo	dalam 1 Menit
0	41,25
20	39,75
40	37,14
60	35,47
80	33,28
100	31
120	30,19
140	28,79
160	26,8

Tabel 5.3 Hubungan Sudut Servo dengan Kenaikan Suhu

Grafik hubungan antara derajat motor servo dengan kenaikan suhu digambarkan dalam Gambar 5.11.



Gambar 5.11 Hubungan Derajat Motor Servo dengan Suhu.

Dari hasil pengujian yang dilakukan, dalam grafik dapat dilihat bahwa semakin kecil perubahan derajat pergerakan *servo* yang diberikan, maka kenaikan suhu juga semakin besar dikarenakan pemasangan mekanik membutuhkan putaran *servo* yang terbalik.

5.4 Pengujian Tanpa Kontroler

a. Tujuan

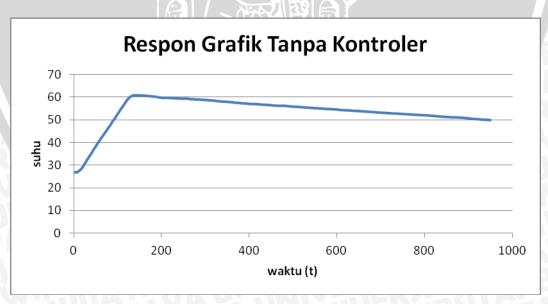
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana perbedaan respon sistem terhadap *setpoint* ketika tanpa kontroler dengan menggunakan

BRAWIJAYA

kontroler, sehingga dapat ditentukan bahwa sistem memerlukan sebuah sistem pengontrolan.

- b. Peralatan yang Digunakan
- Kompor gas portable
- Sensor DS18B20
- Arduino ATmega 2560
- Catu daya 5v
- Program dan software arduino Atmega 2560
- Komputer
- c. Langkah Pengujian
- 1. Menyalakan *heater* pada posisi sudut yang menghasilkan suhu terbesar yaitu 0^0 hingga mencapai *setpoint* = 58^0 kemudian api dimatikan.
- 2. Menampilkan keluaran nilai suhu pada serial monitor software arduino.
- 3. Mengamati keluaran suhu kemudian menampilkan dalam bentuk grafik terhadap waktu
- d. Hasil Pengujian

Setelah melakukan prosedur pengujian, didapatkan hasil respon suhu tanpa kontroler. Grafik hasil pengujian ditunjukkan dalam Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Respon Grafik Sistem Tanpa Kontroler

Dalam grafik diatas sistem mengalami *overshoot* yaitu 60,75° C dan sistem tidak dapat stabil dalam waktu yang diinginkan maka diperlukan

sebuah kontroler untuk menjaga kestabilan sistem dalam kurun waktu yang kita inginkan.

5.5 Pengujian Keseluruhan Sistem

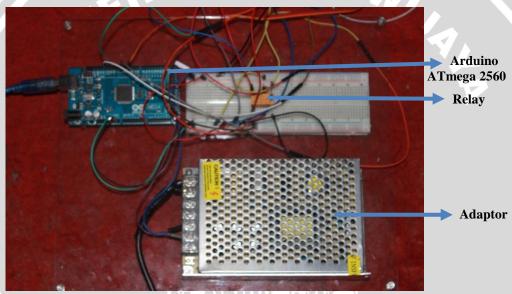
a. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kinerja sistem secara keseluruhan dan mengamati respons kontroler yang terbaik terhadap setpoint. BRAWIUNE

- b. Peralatan yang Digunakan
- Kompor gas portable
- Motor DC servo
- Arduino ATmega2560
- Kulit Buah Naga Merah
- Air Aquades pH 7
- Kipas 12V
- Catu daya
- Sensor DS18B20
- relay 5 V
- Panci
- Komputer
- Program dan software arduino ATmega2560
- c. Langkah Pengujian
- 1. Merakit seperti dalam Gambar 5.13 dan 5.14
- 2. Mengunduh program dengan nilai Kp = 7,7647, nilai Ki = 0,22837, dan nilai Kd = 65,9999
- 3. Melihat hasil keluaran nilai suhu dan menjadikan grafik terhadap waktu.



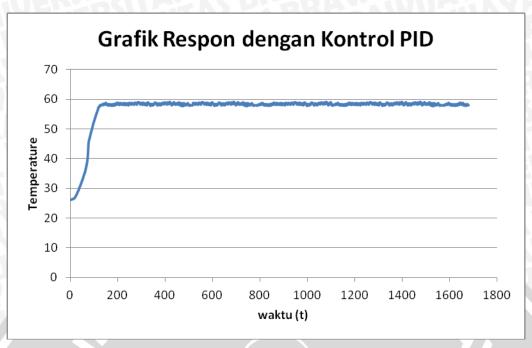
Gambar 5.13 Pengujian Keseluruhan Sistem



Gambar 5.14 Rangkaian Keseluruhan Sistem

d. Hasil Pengujian

Setelah melakukan prosedur pengujian, didapatkan hasil respon yang terbaik dengan settling time paling kecil dan waktu untuk mencapai *steady state* paling cepat yang dapat dilihat dalam Gambar 5.15.



Gambar 15.15 Grafik Respon dengan Nilai Kp,Ki, dan Kd

Berdasarkan hasil pengujian dalam Gambar 5.15 grafik respon sistem keseluruhan, diperoleh kinerja sistem antara lain:

- 1. t_u (waktu tunda) yaitu waktu ketika suhu belum naik karena pemanas masih dalam proses pemanasan. t_u berdasarkan pengujian adalah 6 detik.
- 2. t_s (settling time) yaitu waktu yang diperlukan sistem untuk mencapai nilai akhir ketika steady. ts berdasarkan pengujian adalah 126 detik. Settling time didapat ketika suhu telah mencapai 58,0° C.

3. Error Steady State %E =
$$\left| \frac{S_{stpoint} - present \ value}{s_{stpoint}} \right| x 100\%$$

%E = $\left| \frac{58 - 58 \cdot 45709}{58} \right| x 100\%$
%E = 0,78809 %

Pengujian Keseluruhan Sistem dengan Gangguan 5.6

a. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kinerja sistem secara keseluruhan dan mengamati respons kontroler terhadap setpoint ketika mendapatkan gangguan berupa perubahan aliran suhu yang turun drastis.

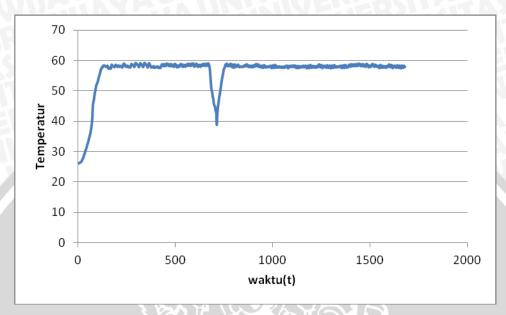
- b. Peralatan yang Digunakan
- Kompor gas portable
- Motor DC servo
- Arduino ATmega2560
- Kulit Buah Naga Merah
- Air Aquades pH 7
- Kipas 12V
- Catu daya
- Sensor DS18B20
- relay 5 V
- Panci
- Komputer
- SBRAWIUAL - Program dan software arduino ATmega2560
- c. Langkah Pengujian
- 1. Merakit seperti dalam Gambar 5.13 dan 5.14
- 2. Menggunakan kontrol PID
- 3. Meletakkan panci di dalam air dingin kemudian meletakkan kembali ke kompor portable
- 4. Melihat hasil keluaran nilai suhu dan menjadikan grafik terhadap waktu.



Gambar 5.16 Sistem diberi Disturbance

d. Hasil Pengujian

Setelah melakukan prosedur pengujian, didapatkan hasil respon setelah diberi gangguan yang dapat dilihat dalam Gambar 5.17.



Gambar 5.17 Respon Sistem yang telah diberi Disturbance

Dari grafik hasil pengujian, dapat dilihat respon sistem terhadap gangguan berupa perubahan suhu yang dingin. Sistem dapat kembali pada keadaan *steady state* setelah terjadinya gangguan dan mengalami proses *recovery time* sebesar 42 detik. Dengan begitu dapat dikatakan sistem kontrol pada perancangan ini telah bekerja dengan baik.

5.7 Hasil Pengujian Eksraksi dengan Parameter Suhu yang Berbeda

a. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kinerja sistem secara keseluruhan dan mengamati respons kontroler terhadap *setpoint* ketika mendapatkan gangguan berupa perubahan aliran suhu yang turun drastis.

- b. Peralatan yang Digunakan
- Kompor gas portable
- Motor DC servo
- Arduino ATmega2560
- Kulit Buah Naga Merah

- Air Aquades pH 7
- Kipas 12V
- Catu daya
- Sensor DS18B20
- relay 5 V
- Panci
- Komputer
- Program dan software arduino ATmega2560
- c. Langkah Pengujian
- 1. Merakit seperti dalam Gambar 5.13 dan 5.14
- 2. Menggunakan kontrol PID
- 3. Mengatur nilai setpoint yang berbeda-beda mulai dari 40^{0} C, 58^{0} C, dan 70^{0} C.
- 4. Membawa hasil ekstraksi ke tempat uji lab.
- d. Hasil Pengujian

Setelah melakukan prosedur pengujian, didapatkan hasil yang dapat dilihat dalam Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Hasil Ekstraksi dengan Parameter Suhu yang Berbeda.

No.	Suhu	Hasil
1	40^{0} C	61,90 mg/ml
2	58 ⁰ C	84,03 mg/ml
3	70 ⁰ C	73,44 mg/ml
4	58 ⁰ C dengan <i>disturbance</i>	37,33 mg/ml

Dari Tabel 5.4 hasil pengujian ekstraksi, dapat dilihat bahwa pada suhu 58°C menghasilkan nilai kandungan antioksidan terbesar dibandingkan dengan parameter nilai suhu yang lain yaitu sebesar 84,03 mg/ml.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1. Berdasarkan data respons sistem yang diperoleh dari pengujian dengan menggunakan metode pertama dari teori *Ziegler-Nichols*, maka parameter kontroler PID dapat ditentukan pada *plant* suhu yang mempunyai nilai $K_p = 7.76$, $K_i = 0.2$, $K_d = 65.9$ dan toleransi error sebesar 2%-5%, Setelah diimplementasikan secara langsung sistem ekstraksi kulit buah naga merah dapat mencapai *set point* 58° C, *settling time* (t_s) = 126 detik, waktu tunda (t_u) = 6 detik, dan error steady state sebesar 0,78809%.
- 2. Hasil pengujian dengan menggunakan gangguan terhadap kontroler PID menggunakan Arduino ATmega2560 menunjukkan bahwa respon sistem dapat kembali pada keadaan *steady state* dan mengalami proses *recovery time* sebesar 42 detik.

6.2 Saran

Dalam perancangan dan pembuatan alat ini masih terdapat kelemahan. Pengembangan untuk memperbaiki kinerja alat lanjut disarankan untuk pengambilan data sebaiknya berada ditempat dengan suhu yang stabil atau ruangan ber-AC dengan suhu yang selalu terjaga.

DAFTAR PUSTAKA

- Ogata, Katsuhiko. 1997. Teknik Kontrol Automatik. Jakarta:Penerbit Erlangga.
- Atmel.2009. Datasheet ATmega 2560 PA/88 PA/168 PA/328 P.San Jose: Atmel.
- Wisesa, dkk. 2014 . Penentuan Nilai Mmum Proses Ekstr Kulit Buah Naga Merah (Hylocereus polyrhizus). FTP Universitas Brawijaya
- Choo, W. S. 2011. Antioxidant properties of two species of Hylocereus fruits. Advances in Applied Science Research.
- Mai, D.S, V.T Tong and N.L. Hong. 2011. Survey of the Betacyanin Extraction from the Skin of Vietnamese Dragon Fruit. BITEC ASEAN Food
 Conference
- Wahyuni, Rekna. 2011.Pemanfaatan Kulit Buah Naga Supermerah (Hylicereus costaricensis) sebagai Sumber Antrioksidan dan Pewarna Alami pada Pembuatan Jelly. Universitas Yudharta Pasuruan
- Li Chen Wu, Hsiu-Wen Hsu, Yun-Chen Chen, Chih-Chung Chiu, Yu-In Lin and Annie Ho .2005. *Antioxidant And Antiproliferative Activities Of Red*.



LAMPIRAN

FOTO ALAT







Gambar 1 : Foto Alat Tampak Atas



Gambar 2 : Foto Alat Tampak Samping

LAMPIRAN II

LISTING PROGRAM



```
#include <Servo.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 3
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
Servo myservo; // objek servo yang dikontrol
float suhu;
double
setPoint,error,dError,sError,lError,dTime,output,errorTop,errorBot,kP,kI,k
D;
unsigned long now,lTime;
unsigned long time; // deklarasi data untuk pemberhentian sistem
int deg; // variabel servo
const int motordc = 11;
const int kipas = 6;
void setup()
myservo.attach(9); // servo pada pin 9
    pinMode(motordc,OUTPUT);
       pinMode(kipas,OUTPUT);
Serial.begin(9600); // analog input
sensors.begin();
digitalWrite(11,HIGH);
suhu = 0;
error = 0;
dError = 0;
sError = 0;
```

```
lError = 0;
dTime = 0;
output = 0;
/*parameter yang di set*/
setPoint = 58;
                              SBRAWIUNA
kP = 7,7647;
kI = 0.2283;
kD = 65,9999;
void loop()
 sensors.requestTemperatures();
 suhu = sensors.getTempCByIndex(0);
 time = millis(); // untuk menghentikan sistem
/*perhitungan*/
 now = millis();
 dTime =(double) (now-lTime);
//menghitung nilai error
 error = setPoint-suhu;
//kalkulasi sinyal PID
 sError =(sError+error);
 dError = (error-lError);
//Rumus pid
 output =
(kP*error)+((kI*sError)*(dTime/1000))+((kD*dError)/(dTime/1000));
//sinyal PID sebagai perintah untuk aktuator dan pembatas
   if (output > 0) // belum mencapai setpoint
```

```
myservo.write(deg++); //sudut semakin kecil
    digitalWrite(6,LOW);
     if(deg >= 160)
     myservo.write (160);
   else if (output < 0)// melebihi setpoint
   myservo.write (deg--); //sudut semakin besar
    digitalWrite(6,HIGH);
     if (deg \ll 0)
     myservo.write (0);
   else if (output=0)
   myservo.write(160);
lError = error;
lTime = now;
    Serial.println(sensors.getTempCByIndex(0));
    delay (3000);
    if (time >= 100800000)
     myservo.write (180);
```

LAMPIRAN III

DATASHEET





HASIL UJI LAB



