



Institut Teknologi Nasional Malang

**SKRIPSI – TEKNIK ELEKTRONIKA
SISTEM KONTROL SUHU, pH DAN
MONITORING OKSIGEN PADA BIOREAKTOR
BERBASIS ARDUINO ATMEGA 2560**

**SANDY DWI KURNIAWAN
NIM. 1812903**

**Dosen Pembimbing
Mohammad Ibrahim Ashari, ST., MT.
Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT.**

**PROGRAMSTUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Januari 2022**



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

SKRIPSI – TEKNIK ELEKTRONIKA
SISTEM KONTROL SUHU, pH DAN
MONITORING OKSIGEN PADA BIOREAKTOR
BERBASIS ARDUINO ATMEGA 2560

SANDY DWI KURNIAWAN
NIM. 1812903

Dosen Pembimbing
Mohammad Ibrahim Ashari, ST., MT.
Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Januari 2022

LEMBAR PENGESAHAN

**SISTEM KONTROL SUHU, pH DAN MONITORING
OKSIGEN PADA BIOREAKTOR BERBASIS**

ARDUINO ATMEGA 2560

SKRIPSI

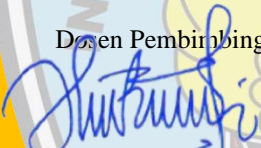
**SANDY DWI KURNIAWAN
1812903**

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi Teknik Elektro S-1
Institut Teknologi Nasional Malang

Diperiksa dan Disetujui :


Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2


Mohammad Ibrahim Ashari, ST., MT.
NIP. P. 1030100358


Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT.
NIP. P. 1030100365

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1


Dr. Eng. I Komang Somavirata, ST., MT
NIP. P.1030100361

MALANG

SISTEM KONTROL SUHU, PH DAN MONITORING OKSIGEN PADA BIOREAKTOR BERBASIS ARDUINO ATMEGA 2560

Sandy Dwi Kurniawan, M.Ibrahim Ashari, Irmalia Suryani

Faradisa

Sandydkurniawan2@gmail.com

ABSTRAK

Minuman probiotik merupakan salah satu produk mengandung mikroba baik bagi tubuh. Hasil yang maksimal dalam pembuatan minuman probiotik yang melibatkan mikroorganismenya dapat diperoleh dengan menjaga suasana lingkungan yang terkontrol sesuai dengan standar, sehingga dibutuhkan teknologi tepat guna untuk memproduksi minuman probiotik dengan kondisi terkontrol. Bioreaktor adalah sebuah sistem yang mampu menyediakan sebuah lingkungan terkontrol sehingga dapat memproduksi suatu minuman probiotik. Pembuatan alat ini bertujuan untuk mengatasi permasalahan kerusakan mikroorganismenya terjadi pada perubahan kadar oksigen, suhu dan pH pada saat monitoring secara manual. Maka dibuat suatu sistem pengendalian proses secara otomatis untuk menjaga agar kadar oksigen, pH dan suhu menggunakan metode sistem kontrol suhu menggunakan metode PID. Hasil dari penelitian ini adalah nilai tertinggi pada pengendalian suhu pada media sebesar 37,1 °C dan nilai terendah suhu sebesar 34,5 °C, oksigen terlarut media sebesar 5,3 pada menit ke-80 dan nilai terendah oksigen terlarut sebesar 0, kadar pH pada media sebesar 5,3 dan nilai terendah suhu sebesar 5,1. Pengujian perblok dari beberapa komponen yang digunakan memiliki eror kecil dari perbandingan dengan alat standar.

Kata Kunci - Kontrol Suhu, Kontrol pH, Bioreaktor, Arduino

**CONTROL SYSTEM TEMPERATURE, PH, AND MONITORING
OF OKSIGEN ON BIOREACTOR BASED ON ARDUINO
ATMEGA 2560**

**Sandy Dwi Kurniawan, M.Ibrahim Ashari, Irmalia Suryani
Faradisa**

Sandydkurniawan2@gmail.com

ABSTRACT

Probiotic drink is a product that contains good microbes for the body. Maximum results in the manufacture of probiotic drinks involving microorganisms can be obtained by maintaining a controlled environment according to standards, so appropriate technology is needed to produce probiotic drinks under controlled conditions. Bioreactor is a system capable of providing a controlled environment so that it can produce a probiotic drink. Making this tool aims to overcome the problem of damage to microorganisms that occur in changes in oxygen levels, temperature and pH during manual monitoring. Then a process control system is made automatically to maintain oxygen levels, pH and temperature using the temperature control system method using the PID method. The results of this study are the highest value for controlling the temperature in the media is 37.1 °C and the lowest value is 34.5 °C, dissolved oxygen in the media is 5.3 at 80 minutes and the lowest value is dissolved oxygen 0, the pH level at medium of 5.3 and the lowest value of temperature of 5.1. Block testing of several components used has a small error in comparison with standard tools.

Keyword - Temperature Control, pH Control, Bioreactor, Arduino

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis penatkan kehadiran Allah SWT atas berkat rahmat taufik dan hidayat-Nya, penyusunan skripsi yang berjudul **“SISTEM KONTROL SUHU, pH DAN MONITORING OKSIGEN PADA BIOREAKTOR BERBASIS ARDUINO ATMEGA 2560”** dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa dalam proses pelaksanaan dan pembuatan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung, serta saran dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

Selanjutnya ucapan terima kasih penulis sampaikan pula kepada :

1. Ayah dan Ibu yang tidak pernah berhenti mendukung dan mencurahkan doanya kepada penulis.
2. Bapak Mohammad Ibrahim Ashari, ST., MT selaku dosen pembimbing pertama dan sosok panutan saya selama menempuh kuliah, atas bimbingan dan ilmu yang bermanfaat sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
3. Ibu Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT. selaku dosen pembimbing kedua yang tidak pernah letih memberikan masukan dan motivasi yang membangun untuk tugas akhir penulis.
4. Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT selaku Ketua Program studi Teknik Elektro S-1.
5. Kepada Rizqy Amaliyatunnisa telah memberikan support selama masa perkuliah ini.
6. Kepada rekan kerja Dhani Catur rahmad, Ayu Shinta Puspitasari Dan Ibu lila wijaya serta Pimpinan LSSR UB telah memberikan support doa dan bantuan moral dan finansial

Akhir kata, penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat digunakan dikemudian hari. Besar harapan penulis semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya.

Malang, Januari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Arduino ATmega 2560.....	8
2.3 Sensor Oksigen.....	9
2.4 Sensor pH Meter.....	10
2.5 Sensor Suhu.....	11
2.6 Heater.....	12
2.7 Motor Stepper.....	13
2.8 Solenoid	13
2.9 Keypad	14
2.10 LCD (Liquid Crystal Display)	15
2.11 SD Module	15
2.12 Sistem Kontrol.....	16
2.12.1 Sistem Open loop	17
2.12.2 Sistem Closed loop	18
2.13 Kontrol PID (Proporsional, Integral, Derivatif)	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	20
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan	20
3.2 Perancangan Perangkat Keras	20
3.2.1 Perancangan Sensor Oksigen	22
3.2.2 Perancangan Sensor pH	23
3.2.3 Perancangan Sensor Suhu	24
3.2.4 Perancangan Heater Dan Driver Heater	25

3.2.5	Perancangan Motor Dan Driver Motor.....	25
3.2.6	Perancangan Selenoid Dan Driver Selenoid.....	26
3.2.7	Perancangan Memory	27
3.2.8	Perancangan Keypad	28
3.2.9	Perancangan LCD.....	29
3.2.10	Rangkaian Keseluruhan	30
3.3	Diagram alir Perancangan Software.....	32
3.4	Perancangan Mekanik.....	33
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1	Pengujian Perblok.....	34
4.1.1	Pengujian Sensor Oksigen	34
4.1.2	Pengujian Sensor pH	35
4.1.3	Pengujian Sensor suhu	37
4.1.4	Pengujian Heater	38
4.1.5	Pengujian Motor	39
4.2	Inisialisasi PID	40
4.3	Hasil Keseluruhan Pengujian bioreaktor.	42
4.4	Hasil Uji Sistem Kontrol Suhu.....	43
4.5	Hasil Proses Lama Waktu Suhu Mencapai Suhu Set Point ..	43
4.6	Hasil Uji Monitoring pH.....	44
4.7	Hasil Uji Monitoring Kadar Oksigen	45
4.9	Hasil Perancangan Bioreaktor.....	47
4.10	Hasil Perancangan Hardware	48
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1	Kesimpulan	49
5.1	Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arduino Mega 2560	8
Gambar 2.2 Sensor Oksigen SKU SEN0237.....	9
Gambar 2.3 Sensor pH meter SKU SEN0161.....	10
Gambar 2.4 Sensor Suhu DS18B20.....	11
Gambar 2.5 Jenis water heater.....	12
Gambar 2.6 Motor Stepper.....	13
Gambar 2.7 Selenoid.....	14
Gambar 2.8 Keypad.....	15
Gambar 2.9 LCD (Liquid Crystal Display).....	15
Gambar 2.10 SD Module	16
Gambar 2.11 Diagram Blok Pengendali Sistem Open Loop.....	17
Gambar 2.12 Diagram Blok Pengendali Sistem <i>Closed Loop</i>	18
Gambar 2.13 Diagram Blok PID	19
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem kontrol Bioreaktor	20
Gambar 3.2 Perancangan Sensor Oksigen	22
Gambar 3.3 Perancangan Sensor pH	23
Gambar 3.4 Perancangan Sensor Suhu	24
Gambar 3.5 Perancangan Heater	25
Gambar 3.6 Perancangan Motor Stepper	25
Gambar 3.7 Perancangan Selenoid	26
Gambar 3.8 Perancangan SD memory	27
Gambar 3.9 Perancangan Keypad 4x4.....	28
Gambar 3.10 Perancangan LCD	29
Gambar 3.11 Rangkaian Keseluruhan Hardware	30
Gambar 3.12 Diagram alir Perancangan Software	32
Gambar 3.13 Perancangan Bioreaktor dan Komponen Hardware... 33	
Gambar 4.1 Pengujian antara sensor oksigen standar dengan sensor oksigen SKU SEN0237	35
Gambar 4. 2 Pengujian antara sensor pH dengan buffer pH standar	36
Gambar 4. 3 pengujian suhu sensor pt-100 dengan sensor DS18B20 ...	38
Gambar 4. 4 Pengujian penembakan tachometer ke motor.....	40
Gambar 4. 5 Grafik hubungan hasil kontrol suhu dengan lama waktu fermentasi	43

Gambar 4. 6 Grafik hubungan waktu untuk mencapai suhu set point pada Pagi Hari	43
Gambar 4. 7 Grafik hubungan waktu untuk mencapai suhu set point pada Siang Hari	44
Gambar 4. 8 Grafik hubungan hasil monitoring pH dengan lama waktu fermentasi	44
Gambar 4. 9 Grafik hubungan hasil monitoring kadar Oksigen dengan lama waktu fermentasi	45
Gambar 4. 10 Grafik perbandingan Suhu dengan Kadar Oksigen	45
Gambar 4.11 Hasil Perancangan alat bioreaktor	48
Gambar 4. 12 Hasil tampilan perancangan Hardware	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi sensor Oksigen SKU SEN0237	9
Tabel 2.2 Nilai konversi pH ke satuan milivolt.....	10
Tabel 2.3 Nilai konversi Sensor suhu DS18B20 ke satuan Binary ...	12
Tabel 3.1 Konfigurasi Pin Modul Sensor Oksigen meter	22
Tabel 3.2 Pembacaan Nilai Kadar Oksigen meter di konversi ke Volt .	22
Tabel 3.3 Konfigurasi Pin Modul Sensor pH meter	23
Tabel 3.4 Pembacaan Nilai pH di konversi ke milivolt	23
Tabel 3.5 Konfigurasi Pin Sensor suhu meter	24
Tabel 3.6 Pembacaan suhu di konversi ke Digital Output	24
Tabel 3.7 Konfigurasi Pin Heater	25
Tabel 3.8 Konfigurasi Pin Motor stepper menggunakan ULN2003 Stepper Motor Driver Module	26
Tabel 3.9 Konfigurasi Pin Selenoid Driver Module	26
Tabel 3.10 Konfigurasi Pin SD meory card Module	27
Tabel 3.11 Konfigurasi Pin Keypad 4X4.....	28
Tabel 3.12 Konfigurasi Pin LCD I2C 20X4.....	29
Tabel 4.1 Hasil Pengujian dan Persentasi Kesalahan Kadar Oksigen ...	34
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian dan Persentasi Kesalahan Sensor pH	36
Tabel 4.3 Hasil Pengujian dan Persentasi Kesalahan	37
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian pada heater.....	38
Tabel 4.5 Pengujian dan Perentasi kesalahan pengukuran kecepatan motor.....	39
Tabel 4.6 Perhitungan Parameter Kontrol PID.....	41
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Parameter Kontrol PID.....	41

[Halaman Ini Sengaja Dikosongkan]

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem kontrol atau sistem kendali merupakan sistem yang telah lama dimanfaatkan oleh manusia untuk menjaga, memerintah, dan mengatur suatu system tetap berjalan semestinya. Tujuan utama dari suatu sistem pengendalian adalah untuk mendapatkan kondisi kerja yang optimal pada suatu sistem yang dirancang. Namun di era globalisasi sekarang ini, semakin pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di dunia maka sistem kontrol semakin canggih dan memudahkan pengguna [1].

Bioreaktor adalah suatu alat atau sistem yang mendukung aktivitas biologis. Dengan kata lain, sebuah bioreaktor adalah tempat berlangsungnya proses kimia yang melibatkan mikroorganisme atau enzim yang dihasilkan oleh suatu mikroorganisme menjadikan minuman probiotik. Perancangan alat bioreaktor adalah suatu pekerjaan teknik yang cukup kompleks. Pada dasarnya mikroorganisme dapat berkembang dengan sangat baik dimana kadar oksigen, suhu dan pH harus memenuhi standar. Dalam proses fermentasi jus buah menjadi minuman probiotik mikroorganisme akan hidup pada suhu 37°C, pH 4,5-5,5 dan kadar oksigen sebesar 0-4 mg/L [2]. Sering kali dalam pengujian gagal dikarenakan suhu, pH dan oksigen tidak menunjukkan hasil yang baik, karena pengecekan suhu, pH dan oksigen secara manual maka terjadi perubahan suhu, kadar pH dan oksigen dalam bahan fermentasi karena terkena paparan udara sekitar mengubah menjadi tidak sesuai standar berakibat matinya mikroorganisme dalam bahan [3].

Dari uraian diatas, terdapat permasalahan berupa sulitnya monitoring kadar oksigen dan menjaga suhu dan kadar pH dalam bahan tetap konstan sesuai standar dan dapat di monitoring secara otomatis dan secara terus menerus, sehingga diperlukan perbaikan dan pengembangan. Ditinjau dari beberapa faktor yang mempengaruhi kerusakan mikroorganisme terjadi pada perubahan suhu, pH dan oksigen pada saat monitoring secara manual dalam waktu yang lama.

Dilihat dari penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya, sudah pernah dibuat alat bioreaktor versi mini dan dalam proses operasional masih banyak kendala dari pengaduk penambahan bahan, pengontrolan suhu, pH dan monitoring oksigen dalam perancangan

sistem pengukuran banyak terdapat beberapa alat yang digunakan untuk mengukur kinerja dari bioreaktor diantaranya adalah alat ukur pH, alat ukur temperatur dan sebuah komputer untuk keperluan perekaman data secara online. Namun pada penelitian sebelumnya memiliki kekurangan dalam sistem perancangan belum memasuka proses monitoring kadar oksigen pada bioreaktor, kebanyakan hanya mengkontrol suhu agar tetap konstan dan hanya mengontrol kadar pH secara terpisah tidak menjadi satu alat.

Berdasarkan permasalahan tersebut penulis bertujuan menyempurnakan kekurangan dari penelitian sebelumnya. Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka dibuat suatu sistem pengendalian proses secara otomatis untuk menjaga agar suhu dan kadar pH tetap konstan sesuai standar dan memonitoring kadar oksigen dalam bahan. Untuk metode sistem kontrol suhu menggunakan metode PID guna suhu di dalam bioreaktor akan tetap konstan sesuai set point berada pada kisaran yang telah ditentukan sebesar 37°C dan Kadar pH masuk dalam rentang 4,5 – 5,5. Maka penulis memiliki tujuan dalam penelitian ini mengambil judul dan membuat “SISTEM KONTROL SUHU, pH DAN MEMONITORING OKSIGEN PADA BIOREAKTOR BERBASIS ARDUINO ATMEGA 2560” yang diterapkan pada bioreaktor dengan melakukan uji cara kerja dan uji performansi.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah pada skripsi ini adalah:

1. Bagaimana cara mengkontrol suhu tetap konstan pada 37°C pada bioreaktor ?
2. Bagaimana cara mengkontrol kadar pH bahan agar tetap masuk rentang 4,5 – 5,5 pada bioreaktor ?
3. Bagaimana cara memonitoring kadar oksigen pada bioreaktor ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada skripsi ini adalah

1. Jenis bioreaktor yang digunakan merupakan bioreaktor anaerob dengan kapasitas 30 L.
2. Melakukan sistem kontrol menggunakan metode PID guna suhu tetap konstan 37°C pada bioreaktor.

3. Mengontrol kadar pH pada bioreaktor pada rentang 4,4 – 5,5 menggunakan sensor pH meter SKU SEN0161.
4. Memonitoring pembacaan kadar oksigen pada bioreaktor menggunakan sensor oksigen SKU SEN0237.
5. Sistem operasional berjalan terpisah tidak masuk terhubung ke jaringan internet.
6. Bioreaktor ini merupakan tipe anaerob yang tidak membutuhkan oksigen tetapi tetap memonitoring kadar oksigen dalam bahan.

1.4 Tujuan

Tujuan pada skripsi ini adalah

1. Merancang sistem kontrol suhu dengan metode PID pada bioreaktor berbasis mikrokontroler arduino mega 2560.
2. Merancang sistem kontrol kadar pH pada rentang 4,4-5,5 pada bioreaktor berbasis mikrokontroler arduino mega 2560 menggunakan sensor pH meter SKU SEN0161.
3. Memonitoring kadar oksigen pada bioreaktor berbasis mikrokontroler arduino mega 2560 menggunakan sensor oksigen SKU SEN0237.

1.5 Manfaat

Manfaat pada skripsi ini adalah

Menghasilkan minuman prebiotik dari alat bioreaktor yang dapat mengontrol suhu, kadar pH serta memonitoring kadar oksigen secara otomatis dan terus menerus. Agar memudahkan pengguna dalam memonitor alat tersebut. Serta mendapatkan hasil yang di harapkan dari alat tersebut. Dalam perancangan sistem kontrol suhu, pH dan monitoring oksigen penulis menggunakan mikrokontroler arduino mega 2560.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan skripsi ini dibuat secara sistematis, dengan membagi menjadi lima bab, sehingga didapat alur penyampaian yang teratur. Sistematika penulisan laporan skripsi ini dijabarkan lebih lanjut sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan

Penulisan latar belakang dan permasalahan disajikan dalam bentuk uraian yang secara kronologis diarahkan untuk langsung menuju rumusan masalah. Dalam latar belakang dan permasalahan dapat dimasukkan beberapa uraian singkat penelitian terdahulu yang dapat memperkuat alasan mengapa penelitian ini dilakukan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini dipaparkan beberapa hasil penelitian terdahulu yang memiliki relevansi dengan penelitian penulis yang ditulis dalam laporan tugas akhir ini dan di bab ini dipaparkan teori – teori yang melandasi dilakukannya penelitian dan teori yang melandasi pengolahan data dalam laporan ini.

Bab III Metodologi Penelitian

Dalam bab ini penulis mengemukakan tentang metode penelitian yang dilakukan oleh penulis dalam pengembangan sistem informasi. Agar sistematis bab metode penelitian meliputi pemilihan Lokasi dan Waktu Penelitian, analisa Kebutuhan, alur Penelitian Flowchart

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini terdiri dari gambaran hasil penelitian dan analisa. Baik dari secara kualitatif, kuantitatif dan statistik, serta pembahasan hasil penelitian. Agar tersusun dengan baik diklasifikasikan ke dalam hasil Penelitian dan pembahasan

Bab V Penutup

Dalam bab ini terdapat kesimpulan yang memuat secara singkat dan jelas tentang hasil penelitian yang diperoleh sesuai dengan tujuan penelitian, serta saran yang diberikan penulis untuk keperluan penelitian lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada suatu proses dari pembuatan alat dan pengkajian terhadap penelitian yang dilakukan oleh penulis, ada beberapa dari dasar acuan yang digunakan untuk penyusunan laporan skripsi dari karya tulis, jurnal, serta tugas akhir dari orang lain. Untuk tema yang diangkat yang telah ada sebelumnya yaitu mengenai sistem kontrol oksigen suhu dan pH pada bioreaktor berbasis arduino atmega 2560.

Penelitian terdahulu yang pernah dilakukan oleh Dimas Prasetyo Oetomo pada tahun 2013 dengan mengambil judul “Perancangan Sistem Pengukuran pH Dan Temperatur Pada Bioreaktor Anaerob Tipe Semi-Batch” Dalam perancangan sistem pengukuran beberapa alat yang digunakan untuk mengukur kinerja dari bioreaktor diantaranya alat ukur pH, alat ukur temperatur dan sebuah komputer untuk keperluan perekaman data secara online. Pengukuran besaran pH dan temperatur digunakan sensor yang dihubungkan ke pemroses sinyal yang dibuat dari mikrokontroller arduino dan dihubungkan ke komputer. Berdasarkan penelitian berikut dapat disimpulkan secara umum bahwa sistem pengukuran pH dan temperatur dilakukan secara realtime yang dapat dimonitoring terus menerus. Kekurangan dari alat tersebut untuk sistem kontrol suhu belum menggunakan metode PID sehingga suhu didalam tidak konstan akan mengalami kenaikan dan penurunan dan untuk pH dari media sendiri akan mengalami perubahan. [4]

Selanjutnya Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Rachmawati pada tahun 2013 dengan mengambil judul “Sistem Pengendalian Temperatur Pada Dinding Bioreaktor Anaerob Secara Real Time” Dalam perancangan penelitian ini rangkaian sistem menggunakan Atmega 8535 yang berfungsi sebagai gerbang pengidentifikasi data yang masuk maupun yang keluar. Semua data yang masuk dan keluar akan melewati minimum sistem ini dan diolah pada ADC mikrokontroler agar dapat dibaca oleh kontroler. Untuk alur dari jalannya program pada mikrokontroller yakni ketika sistem pengendalian dinyalakan, maka pertama akan dilakukan inisialisasi port input/output, port ADC, serial dan timer. Kemudian mikrokontroler akan membaca nilai suhu yang diukur dari ketiga sensor LM35 yang digunakan. Berdasarkan penelitian berikut dapat disimpulkan dari perancangan tidak menggunakan metode PID hanya memonitor secara real time untuk sensor suhu masih

menggunakan sensor LM35 dan untuk perancangan ini hanya memonitoring suhu pada dinding bioreaktor.[5]

Kemudian penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Safuddin Zuhri pada tahun 2018 dengan mengambil judul “Sistem Pengendali Suhu Pada Bioreaktor Anaerob Berbasis Mikrokontroler” dalam penelitian ini Temperatur merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses pada bioreaktor, yang mana pertumbuhan mikroorganismenya dipengaruhi oleh perubahan suhu. Sangat penting untuk merancang sistem kontrol suhu 35°C merupakan temperatur optimum untuk perkembangbiakan bakteri. Sistem pengendali suhu pada bioreaktor dirancang untuk dapat mengontrol suhu berdasarkan kondisi ideal untuk perkembangbiakan bakteri. Dalam penelitian ini digunakan arduino UNO sebagai mikrokontroler dan untuk parameter kontroler. Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan untuk sistem pengendali menggunakan sistem loop terbuka dimana untuk sistem pengendali hanya suhu. Dan untuk mikroposesornya menggunakan arduino uno. Variabel penelitian hanya berfokus pada suhu bioreaktor.[6]

Berikut penelitian dilakukan oleh Kumar Muna pada tahun 2019 dengan mengambil judul “Kontrol Suhu Bioreaktor Fermentasi Untuk Produksi Etanol Menggunakan Pengontrol Imc-Pid” Dalam penelitian ini untuk perancangan merupakan model state-space diidentifikasi menggunakan alat identifikasi MATLAB dari pembacaan pengukuran dan data simulasi diperoleh. Metode perancangan kontroler model kontroler turunan integral proporsional (IMC-PID) berbasis model internal dan berhasil diuji ke model proses bioreaktor nonlinier. Suhu bioreaktor berhasil dikendalikan oleh pengontrol yang diusulkan dalam kedua kasus setpoint dan perubahan tanpa gangguan. Metode yang diusulkan menunjukkan kinerja loop tertutup yang lebih baik dalam hal waktu penyelesaian daripada metode lain yang dilaporkan untuk kontrol suhu bioreaktor. Berdasarkan penelitian tersebut dapat disimpulkan metode yang digunakan untuk sistem kontrol PID akan tetapi sensor yang digunakan dari penelitian tersebut tidak disebutkan dan hanya berfokus pada suhu. [7]

Terakhir penelitian yang dilakukan oleh Luke A. Richards tahun 2014 dengan mengambil judul “Pengujian Strategi Pengendalian PH Dalam Bioreaktor” Yang dibahas di penelitian ini menggunakan sebuah bioreaktor 5 liter dipasang dengan probe untuk mengukur pH.

Instrumentasi dihubungkan melalui perangkat keras akuisisi data. LabVIEW, bahasa pemrograman grafis digunakan di semua program pengukuran dan pengendalian. Kontrol suhu reaktor dapat dicapai dengan pengontrol proporsional-integral (PI) konvensional. Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa untuk pengendali pH ini menggunakan perangkat LabVIEW yang mungkin jarang untuk mengontrol alat, akan tetapi untuk pengendali ini hanya berfokus pada pH dalam bioreaktor tidak memasukan pengontrol suhu ataupun oksigen.[8]

Beberapa manfaat mengkonsumsi yoghurt adalah dapat menurunkan kadar kolesterol darah, menjaga kesehatan lambung dan mencegah penyakit kanker pada saluran pencernaan. terdapat dua bakteri dalam proses untuk pembuatan yoghurt yaitu *Lactobacillus bulgaricus* dengan kondisi optimum untuk pertumbuhannya adalah pH 4,5 – 5,5 dengan suhu 37°C. Mekanisme biokimiawi pembentukan asam laktat oleh *L. bulgaricus* terjadi melalui proses pembentukan glukosa menjadi asam laktat yang berlangsung dalam keadaan anaerob. [2]

Oksigen terlarut/ DO (Dissolved Oxygen) merupakan dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Peranan oksigen terlarut juga sangat penting untuk membantu mengurangi beban pencemaran pada perairan secara alami maupun secara perlakuan aerobik yang ditunjukkan untuk air buangan industri dan rumah tangga. Sehingga bagi air minum peran kandungan DO yang lebih tinggi dapat berperan sebagai pengoksidasi dan pereduksi bahan kimia beracun menjadi senyawa lain yang lebih sederhana dan tidak beracun. Nilai DO yang diperbolehkan menurut Permenkes 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum yaitu minimal 0-4 mg/L yang menjadi parameter wajib yang termasuk dalam parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan yaitu pada parameter kimia.[2]

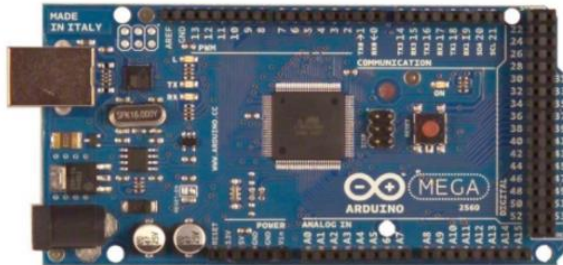
Berdasarkan pada penjabaran untuk penelitian terdahulu terhadap suatu konteks topik yang memiliki nilai kemiripan terhadap pembuatan alat oleh penulis, maka hal tersebut memiliki suatu nilai titik perbedaan yang ada. Untuk perbedaan dari penelitian yang penulis lakukan terletak pada penjabaran sistem kerja berbeda, latar belakang yang berfokus pada sistem kontrol, tujuan, metode penelitian yang penulis buat menggunakan metode PID pada kontrol suhu memonitoring hasil

pembacaan pH dan Oksigen secara realtime, serta hasil penelitian yang diperoleh berbeda, sehingga hal tersebut pembuatan alat yang dilakukan oleh penulis bersifat pemikiran baru.

2.2 Arduino ATmega 2560

Arduino adalah Board berbasis mikrokontroler atau papan rangkaian elektronik open source yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau IC (integrated circuit) yang bisa diprogram menggunakan computer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output sesuai yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai otak yang mengendalikan proses input, dan output sebuah rangkaian elektronik. [9]

Pada gambar 2.1 merupakan jenis Arduino Mega type 2560, Arduino Mega 2560 adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip ATmega2560. Board ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin analog input, 4 pin UART (serial port hardware). Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah oscillator 16 Mhz, sebuah port USB, power jack DC, ICSP header, dan tombol reset. Board ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibutuhkan untuk sebuah mikrokontroler.



Gambar 2.1 Arduino Mega 2560

2.3 Sensor Oksigen

Sensor oksigen terlarut atau *dissolved Oksigen (DO)* yang digunakan merupakakan jenis sensor oksigen SKU SEN0237 yang mempunyai sel galvanik yang memberikan nilai keluaran berupa tegangan yang sebanding dengan pengukuran konsentrasi oksigen terlarut dalam larutan. Nilai keluaran dari sensor ini lalu diperkuat untuk mendapatkan resolusi yang lebih baik dan diukur dengan konversi analog digital. [10]



Gambar 2.2 Sensor Oksigen SKU SEN0237

Sensor ini merupakan modul sensor yang berguna untuk mengukur jumlah oksigen (O_2) dalam air. Sensor ini memiliki tipe probe berupa *Galvanic probe*. Prinsip kerjanya adalah menggunakan probe oksigen yang terdiri dari katoda dan anoda yang direndam dalam larutan elektrolit, yakni menggunakan timah atau Zn sebagai anoda dan perak sebagai katoda yang kemudian akan bereaksi membentuk $Zn(OH)_2$ dan menjadi ZO dan H_2O . Sistem galvanik menghasilkan stabilitas dan durabilitas sensor yang lebih tinggi dengan kemampuan beroperasi selama berbulan-bulan tanpa perlu mengganti elektrolitnya. Spesifikasi dari sensor Oksigen SKU SEN0237 sebagai berikut.

Parameter	Spesifikasi
Tipe	Galvanic Probe
Range deteksi	0-20 mg/L
Range temperatur	0-40°C
Range tekanan	0-50 PSI
Response Time	90 detik
Response result	> 98%
Supply voltage	3,3-5,5 V
Output signal	0-3,0 V
Signal connector	Gravity Analog Interface
Dimensi	42mm x 32mm

Tabel 2.1 Spesifikasi sensor Oksigen SKU SEN0237

2.4 Sensor pH Meter

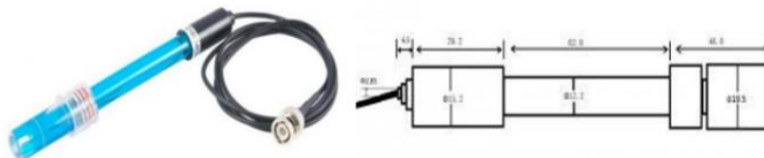
pH meter adalah sebuah alat elektronik yang digunakan untuk mengukur kadar pH keasaman ataupun basa, yang digunakan merupakakan jenis sensor ph meter SKU SEN0161. Prinsip kerja dari alat ini yaitu semakin banyak elektron pada sampel maka akan semakin bernilai asam begitu pun sebaliknya, karena batang pada pH meter berisi larutan elektrolit lemah. Alat ini ada yang digital dan juga analog. Probe ini menghasilkan tegangan rendah sekitar 60mV per unit pH yang diukur dan ditampilkan sebagai pembacaan nilai pH. Rangkaian pengukurannya dari sebuah voltmeter yang menampilkan pengukuran dalam pH selain volt. [11] Berikut spesifikasi dari sensor pH SKU SEN0161.

- Daya Modul: 5.00V
- Rentang Pengukuran pH: 0 sampai 14
- Mengukur Suhu: 0 – 60 oC
- Akurasi: ± 0.1 pH
- Waktu Respons: 1 menit

Output dari elektroda pH adalah milivolt, dan nilai pH dikonversi ke milivolt ditunjukkan sebagai berikut:

VOLTAGE (mV)	pH value	VOLTAGE (mV)	pH value
414.12	0.00	-414.12	14.00
354.96	1.00	-354.96	13.00
295.80	2.00	-295.80	12.00
236.64	3.00	-236.64	11.00
177.48	4.00	-177.48	10.00
118.32	5.00	-118.32	9.00
59.16	6.00	-59.16	8.00
0.00	7.00	0.00	7.00

Tabel 2. 2 Nilai konversi pH ke satuan milivolt



Gambar 2.3 Sensor pH meter SKU SEN0161

2.5 Sensor Suhu

Sensor suhu merupakan suatu komponen elektronika yang dapat menangkap perubahan temperatur lingkungan lalu kemudian mengkonversinya menjadi besaran listrik. Sensor suhu yang digunakan merupakan jenis sensor suhu DS18B20. Sensor ini merupakan sensor digital yang menggunakan 1 wire untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler. Dan merupakan sensor suhu digital yang dikeluarkan oleh Dallas Semi konduktor. Untuk pembacaan suhu, sensor menggunakan protokol 1 wire communication. DS18B20 memiliki 3 pin yang terdiri dari Vs, Ground dan data Input/Output. Kaki Vs merupakan kaki tegangan sumber. Tegangan sumber untuk sensor suhu DS18B20 adalah sekitar 3V sampai 5.5V. Pada umumnya Vs diberikan tegangan +5V sesuai dengan tegangan kerja mikrokontroler. [12] Kemudian kaki ground disambungkan dengan ground rangkaian. Sensor suhu DS18B20 dapat dilihat pada Gambar 2.4. Berikut adalah fitur-fitur utama yang terdapat pada sensor suhu DS18B20

- Setiap perangkat memiliki kode serial 64-bit yang disimpan dalam sebuah ROM on board
- Unit 1-Wire interface hanya memerlukan satu pin port untuk berkomunikasi secara 1 Wire
- Bekerja pada kisaran tegangan 3 sampai 5,5V
- Dapat mengukur suhu pada kisaran -55 sampai 125 °C
- Akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ dari suhu -10 – 85 °C
- Resolusi yang dapat dipilih oleh pengguna antara 9 – 12 bit
- Kecepatan mengkonversi suhu maksimal 750 ms



Gambar 2.4 Sensor Suhu DS18B20

TEMPERATURE (°C)	DIGITAL OUTPUT (BINARY)	DIGITAL OUTPUT (HEX)
+85.0*	0000 0000 1010 1010	00AAh
+25.0	0000 0000 0011 0010	0032h
+0.5	0000 0000 0000 0001	0001h
0	0000 0000 0000 0000	0000h
-0.5	1111 1111 1111 1111	FFFFh
-25.0	1111 1111 1100 1110	FFCEh
-55.0	1111 1111 1001 0010	FF92h

Tabel 2.3 Nilai konversi Sensor suhu DS18B20 ke satuan Binary

2.6 Heater

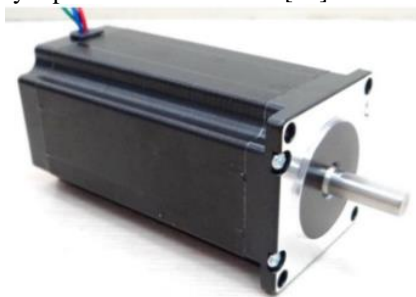
Electrical Heating Element (elemen pemanas listrik) merupakan alat yang berfungsi sebagai salah satu kegiatan kerja untuk mendapatkan suhu dari suhu rendah suatu zat sampai ke suhu tinggi. Sebagai sumber panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (*Resistance Wire*) biasanya bahan yang digunakan adalah kawat niklin yang digulung menyerupai bentuk spiral dan dimasukkan dalam selongsong/pipa sebagai pelindung, kemudian dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan. Bentuk dan tipe dari *Electrical Heating Element* ini bermacam macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan di panaskan. [13] Terdapat banyak sekali bentuk yang dapat digolongkan menurut pemakaiannya yaitu tubular heater berbentuk lurus, U form, W form multyform ataupun over the side heater yang digunakan untuk memanaskan udara atau cairan seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.5 adalah jenis water heater.



Gambar 2.5 Jenis water heater

2.7 Motor Stepper

Motor *stepper* merupakan motor DC yang tidak mempunyai komutator. Motor beroperasi dengan menyinkronkan secara akurat *output* sinyal pulsa dari *controller* ke *driver*. Umumnya motor *stepper* hanya mempunyai kumparan pada bagian stator sedangkan pada bagian rotor merupakan magnet permanen (bahan *ferromagnetic*). Motor *stepper* dapat berputar atau berotasi dengan sudut step yang bisa bervariasi tergantung motor yang digunakan. Sudut rotasi dan kecepatan motor *stepper* dapat dikontrol dengan akurasi yang tepat dengan menggunakan sinyal pulsa dari *controller*. [14]



Gambar 2.6 Motor Stepper

2.8 Solenoid

Solenoid valve yaitu sebuah katup yang digerakkan oleh energi listrik dan memiliki kumparan sebagai sistem penggerakannya. Kumparan pada solenoid valve berfungsi untuk menggerakkan piston yang dialiri oleh arus AC ataupun DC sebagai daya penggerak. Solenoid valve memiliki 2 buah saluran yang terdiri dari saluran masuk (inlet port) dan saluran keluar (outlet port). Saluran masuk berfungsi sebagai lubang masukan untuk cairan atau air, sedangkan saluran keluar berfungsi sebagai terminal atau tempat keluarnya cairan. Pada solenoid valve juga memiliki respon membuka dan menutup yang cepat dan juga memiliki tingkat keandalan yang tinggi, awet dan memiliki nilai ekonomis. Solenoid valve menggunakan tegangan kerja AC, yaitu 12 Volt Berikut merupakan cara kerja solenoid valve, yaitu :

1. Pada saat coil magnet teraliri arus (on), maka solenoid valve tertarik menuju coil magnet dan inlet hole terbuka dan udara tekan masuk menekan batang actuator menggerakkan valve actuator on.
2. Pada saat coil magnet tidak teraliri arus (off), maka solenoid valve terdorong menjauh dari coil magnet karena adanya pegas pembalik dan outlet hole terbuka dan udara tekan masuk menekan batang actuator menggerakkan valve actuator off.

Pada solenoid valve sistem coil magneticnya sama seperti relay. Solenoid valve hanya memiliki 2 kondisi, yaitu energized (kondisi on) dan de-energized (kondisi off). Solenoid valve membutuhkan tekanan angin untuk bekerja menggerakkan valve actuator yang nilai tekanannya disesuaikan dengan jenis actuator valvenya. Jenis valve type solenoid ini responnya sangat cepat. Sehingga sangat cocok digunakan pada sistem kontrol yang membutuhkan kecepatan reaksi tinggi. Solenoid valve juga digunakan untuk mengendalikan hidrolis, pneumatik, dan aliran air. Akan tetapi solenoid valve ini cocok digunakan untuk aliran dalam satu arah saja dengan tekanan yang diberikan pada bagian atas dari piringan saluran.[15]



Gambar 2.7 Solenoid

2.9 Keypad

Keypad adalah bagian penting dari suatu perangkat elektronika yang membutuhkan interaksi manusia. Keypad berfungsi sebagai interface antara perangkat elektronika atau dikenal dengan istilah HMI (Human Machine Interface). Matrix Keypad ini memiliki konstruksi atau susunan yang sederhana dan hemat dalam penggunaan port mikrokontroler. Konfigurasi keypad dengan susunan bentuk matrix ini

bertujuan untuk penghematan port mikrokontroler karena jumlah tombol yang dibutuhkan banyak pada suatu sistem mikrokontroler. [16]



Gambar 2.8 Keypad

2.10 LCD (Liquid Crystal Display)

LCD (Liquid Crystal Display) merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk menampilkan suatu data dapat berupa karakter, huruf, symbol maupun grafik. Karena ukurannya yang kecil maka LCD banyak dipasangkan dengan Mikrokontroler. LCD tersedia dalam bentuk modul yang mempunyai pin data dan control catu daya, tampilan LCD bermacam-macam tergantung ukuran dan fungsinya dapat dilihat pada gambar 2.8. bentuk LCD (Liquid Crystal Display) [16]

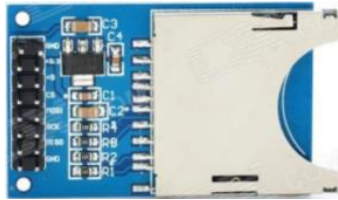


Gambar 2.9 LCD (Liquid Crystal Display)

2.11 SD Module

SD Card Shield atau SD Modul merupakan solusi untuk mengirim data ke SD card Pinout dari SD Card Shield dapat dihubungkan ke Arduino maupun mikrokontroler lainnya, sehingga bermanfaat untuk menambah kapasitas tempat penyimpanan data dan pencatatan data. SD

Card Shield ini dapat langsung dipasang pada Arduino dan terdapat switch untuk memilih flash card slot. [16]



Gambar 2.10 SD Module

2.12 Sistem Kontrol

Sistem kontrol memiliki peran yang sangat penting terhadap kemajuan ilmu dan teknologi. Sistem kontrol merupakan sebuah sistem yang memiliki hubungan satu sama lain antar komponen yang akan membentuk suatu konfigurasi sistem yang akan memberikan respon atau keluaran sistem yang diharapkan. Sistem kontrol dapat memberi perintah, mengontrol sistemnya sendiri, atau sistem lainnya sehingga didapatkan keluaran sistem yang dikehendaki. Berikut merupakan istilah-istilah dalam sistem kontrol yang perlu diketahui:

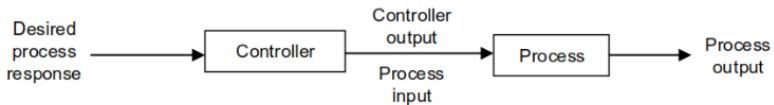
- a. *Proses/plant*, yaitu objek fisik yang dikontrol seperti proses fermentasi, proses mekanik, elektrik, maupun gabungan dari beberapa proses.
- b. *Kontroler*, adalah elemen yang dapat membandingkan set point dengan *process variable*, menghitung berapa banyak koreksi yang perlu dilakukan, dan mengeluarkan sinyal koreksi sesuai dengan perhitungan.
- c. *Driver*, merupakan komponen yang berperan sebagai *interface* antara kontroler dengan aktuator, berfungsi menerjemahkan sinyal yang diberikan kontroler untuk memerintahkan aktuator melakukan aksi kontrol.
- d. *Aktuator* adalah perangkat yang digunakan untuk melakukan aksi kontroler berdasarkan sinyal kontrol.
- e. *Set point* yaitu besaran *process variable* yang dikehendaki. Sebuah kontroler akan selalu menyamakan *controlled variable* dengan *set point*.

- f. *Process variable (PV)*, yaitu nilai hasil pembacaan sensor yang akan dibandingkan dengan nilai set point.
- g. *Controlled variable (CV)*, yaitu variabel proses yang akan dikontrol contohnya suhu, pH, kecepatan agitasi, dll.
- h. *Manipulated variable (MV)*, yaitu variabel yang akan dimanipulasi oleh aktuatur dalam rangka melakukan aksi koreksi.
- i. *Error*, yaitu perbandingan antara *process variable* dengan nilai *set point*.

Sistem kontrol dapat diklasifikasikan dengan banyak cara berdasarkan sistem linier atau tidak linier, berdasarkan perubahan terhadap waktu, berdasarkan kekontinyuan terhadap waktu, banyaknya masukan dan keluaran sistem, maupun berdasarkan umpan balik pada sistem yaitu sistem open loop dan sistem closed loop.[17]

2.12.1 Sistem Open loop

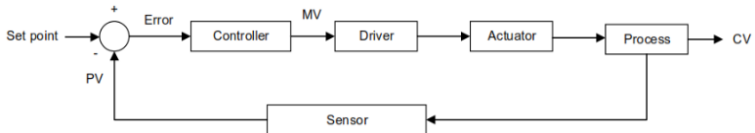
Sistem *open loop* menggunakan aktuatur untuk mengatur proses secara langsung tanpa adanya umpan balik. Harga keluaran sistem ini tidak dapat dibandingkan dengan harga masukannya. Artinya keluaran tidak akan memberikan pengaruh terhadap harga masukan atau variabel yang dikontrol tidak bisa dibandingkan dengan harga yang diharapkan. Sistem open loop memiliki konstruksi yang sederhana, perawatannya mudah, biaya yang lebih terjangkau, dan cocok untuk keluaran yang sulit diukur. Kekurangan sistem ini adalah diperlukan kalibrasi ulang secara berkala agar kualitas keluaran dapat dipertahankan, tidak terdapat koreksi terhadap harga kesalahan (error) sehingga menjadi kurang akurat, dan jika terdapat gangguan maka keluarannya akan sangat berbeda dengan masukan atau variabel yang diharapkan. [18] Diagram blok pengendalian sistem *open loop* ditampilkan melalui Gambar 2.10 berikut.



Gambar 2.11 Diagram Blok Pengendali Sistem *Open Loop*

2.12.2 Sistem Closed loop

Sistem *closed loop* memakai pengukuran output (keluaran) lalu mengumpukan balikkan sinyal tersebut agar dapat dibandingkan dengan harga yang diharapkan (input). Keluaran dari sistem dapat memberikan pengaruh pada besaran referensi atau besaran yang akan dikontrol sesuai dengan input yang diharapkan. Apabila sistem open loop tidak memberikan jaminan pada keamanan dimana terjadi banyak gangguan, sistem closed loop mampu memberikan koreksi terhadap keluaran sinyal error untuk dapat diperkecil. Kelebihan sistem ini diantaranya lebih akurat karena terdapat koreksi terhadap harga kesalahan, lebih dapat dipercaya, efek sinyal gangguan sangat kecil pengaruhnya, dan respon yang dihasilkan bisa sangat cepat. Kekurangan sistem ini diantaranya konstruksi yang lebih kompleks, biaya yang lebih mahal, memungkinkan terjadinya keluaran sistem yang berosilasi, dan biaya perawatan yang tinggi. [19] Diagram blok pengendalian sistem closed loop ditampilkan melalui Gambar 2.11 berikut.



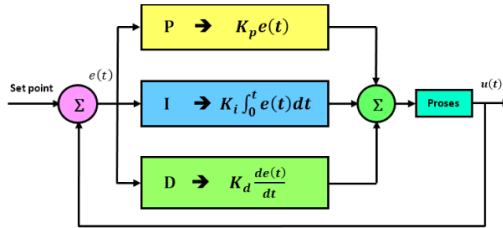
Gambar 2.12 Diagram Blok Pengendali Sistem *Closed Loop*

2.13 Kontrol PID (Proporsional, Integral, Derivatif)

Kontrol PID merupakan kontroler yang dapat menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan adanya feedback atau umpan balik pada sistem tersebut. Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing kontroler P, I dan D dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel menjadi kontroler PID seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.13. Elemen-elemen kontroler P, I dan D masing-masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem mencapai set point-nya, menghilangkan offset dan menghasilkan perubahan awal yang besar juga mengurangi overshoot. Karakteristik kontroler PID dipengaruhi oleh kontribusi besar dari ketiga parameter P, I dan D. Penyetelan konstanta K_p , K_i , dan K_d akan mengakibatkan penonjolan sifat dari masing-masing elemen. Persamaan nilai keluaran dari kontrol PID dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$U(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{d}{dt} e(t) \dots \dots \dots (1)$$

Persamaan tersebut menjelaskan bahwa nilai keluaran $u(t)$ adalah jumlah gabungan yang diperoleh melalui *gain proporsional* (K_p), *gain integral* (K_i), dan *gain derivative* (K_d) yang masing-masing parameter tersebut dipengaruhi oleh *error* (e) dalam selang waktu (t) tertentu.[20]



Gambar 2.13 Diagram Blok PID

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam melakukan pengambilan data dan pembuatan alat menggunakan metode eksperimen dan study literatur. Untuk metode eksperimental, dengan melakukan rancang bangun mesin bioreaktor untuk produksi minuman probiotik berbasis arduino atmega 2560 yang secara kuantitatif.

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

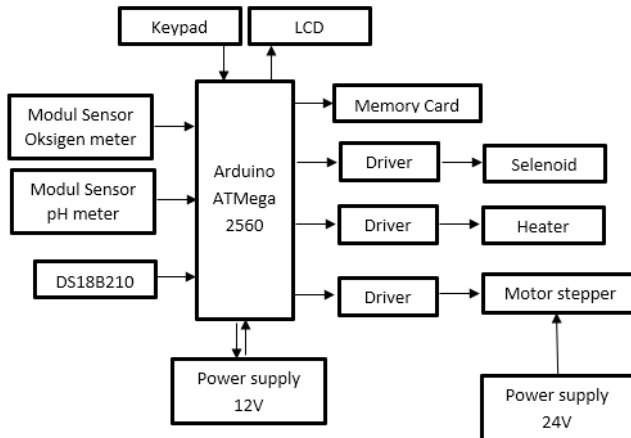
Penelitian ini dilakukan pada : Agustus 2021 – Desember 2021

Waktu : 09.00 – 15.00

Tempat : Laboratorium Senstral Sains Dan
Rekayasa

3.2 Perancangan Perangkat Keras

Dalam perancangan sistem meliputi sensor yang digunakan didukung dengan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dengan metode PID pada kontrol Suhu untuk menjadikan suhu pada tabung bioreaktor konstan dengan nilai set point yang digunakan dalam pengendalian sehingga apabila melebihi suhu tersebut heater akan menurunkan daya secara otomatis dan apabila suhu dibawah set point heater akan menaikkan daya untuk memanaskan bahan di dalam bioreaktor.



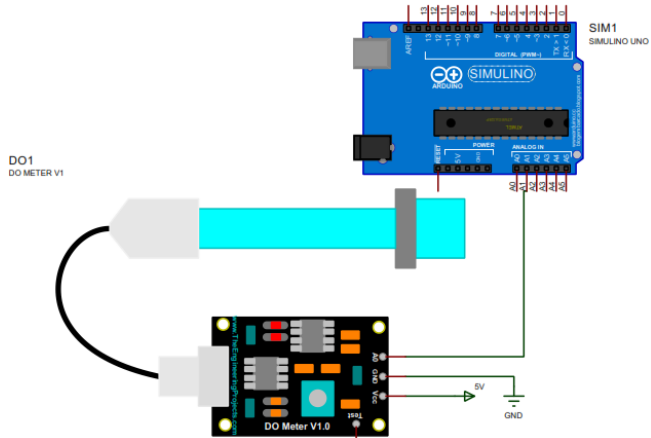
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem kontrol Bioreaktor

Dapat dilihat pada Gambar 3.1 Diagram kerja rangkaian elektronik Keseluruhan bioreaktor ini terdiri dari beberapa sensor yakni :

- a. Mikrokontroler Arduino ATmega 2560
Mikrokontroler berfungsi sebagai pusat seluruh sistem kontrol yang ada pada bioreaktor dan sebagai interface.
- b. Sensor Oksigen Meter
Komponen untuk mengetahui nilai oksigen terlarut pada media didalam bioreaktor.
- c. Sensor pH Meter
Merupakan komponen yang dibutuhkan untuk membaca nilai kadar pH pada bahan.
- d. Sensor DS18B20
Untuk mengetahui suhu air yang ada dalam water jacket bioreaktor agar menjaga suhu tetap stabil di suhu 37 °C.
- e. Heater
Heater merupakan alat yang digunakan untuk menaikkan suhu media yang dilengkapi dengan elemen panas yang terdapat di dalam heater.
- f. Motor Stepper
Motor Stepper merupakan komponen yang akan membantu untuk menggerakkan impeller dengan kecepatan putar 120 rpm.
- g. Selenoid
Komponen yang digunakan untuk membantu memindahkan larutan bufer ke dalam tabung bioreaktor. selenoid akan dihubungkan dengan selang yang terhubung dengan bioreaktor melalui lubang pada tutup.
- h. Memory Card
Komponen tempat perekam dan penyimpanan data pembacaan sensor saat proses berlangsung.
- i. Keypad
Papan tombol yang digunakan untuk menginput timer dan set point suhu yang diinginkan.
- j. LCD (Liquid Crystal Display)
LCD digunakan sebagai display untuk menampilkan nilai dari pembacaan sensor media yang terdeteksi.

3.2.1 Perancangan Sensor Oksigen

Pada perancangan sistem menggunakan Sensor Oksigen SKU SEN0237 atau dikenal dengan nama DO meter merupakan komponen yang dibutuhkan untuk memonitoring kadar nilai oksigen dalam bahan.



Gambar 3. 2 Perancangan Sensor Oksigen

Tabel 3.1 Konfigurasi Pin Modul Sensor Oksigen meter

Sensor Oksigen Meter	Arduino
GND	Pin GND
VCC	Pin 5V
A0	Pin A1

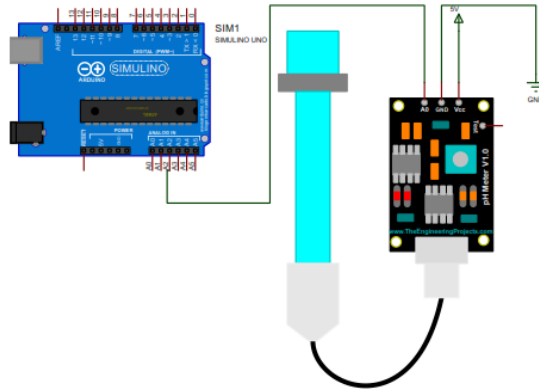
Tabel 3.2 Pembacaan Nilai Kadar Oksigen meter di konversi ke Volt

Kadar Oksigen (mg/L)	Nilai Tegangan (V)
0-20	3,3 – 5,5

Nilai kadar oksigen 0-20 mg/L memiliki nilai tegangan sebesar 3,3 - 5,5 V.

3.2.2 Perancangan Sensor pH

Pada perancangan sistem menggunakan Sensor pH meter SKU SEN0161 merupakan komponen yang dibutuhkan untuk membaca nilai pH pada bahan. Range pH yang digunakan dalam pembacaan sekitar 4,5-5,5.



Gambar 3.3 Perancangan Sensor pH

Tabel 3. 3 Konfigurasi Pin Modul Sensor pH meter

Sensor pH Meter	Arduino
GND	Pin GND
VCC	Pin 5V
A0	Pin A2

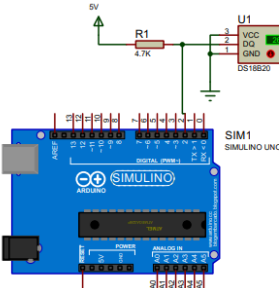
Tabel 3.4 Pembacaan Nilai pH di konversi ke milivolt

Nilai pH	Nilai Tegangan (mV)
4	177,68
7	0,01
9	-118,52

Nilai pH 4 memiliki nilai tegangan sebesar 177,48 mV, untuk nilai pH 7 0,01 mV . Terakhir nilai pH 9 memiliki nilai tegangan -118,32 mV.

3.2.3 Perancangan Sensor Suhu

Untuk mengetahui suhu yang ada dalam tabung bioreaktor menggunakan sensor DS18B210 water resist yang dimasukkan ke dalam tabung bioreaktor melalui tutup tangki. Suhu optimum bagi pertumbuhan bakteri yakni 37°C. Sensor ini dipilih karena ketelitian yang cukup tinggi dengan rentang nilai pembacaan -55°C hingga 125°C dengan ketelitian 0,5°C.



Gambar 3.4 Perancangan Sensor Suhu

Tabel 3.5 Konfigurasi Pin Sensor suhu meter

Sensor Oksigen Meter	Arduino
GND	Pin GND
VCC	Pin 5V
DQ	Pin 2

GND akan terhubung dengan ground, VCC akan terhubung dengan 5V dan DQ akan terhubung dengan pin Arduino, namun ditambahkan resistor sebesar 4,7k Sebagai penguat sinyal karenan menggunakan banyak sensor dan menggunakan kabel dengan jarak yang panjang.

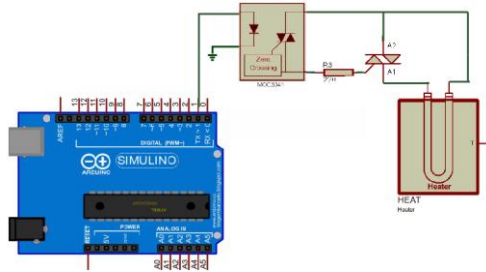
Tabel 3.6 Pembacaan suhu di konversi ke Digital Output

Suhu (°C)	Digital Output (Binary)	Digital Output (Hex)
37	0000 0010 0101 0000	0250h

Nilai Set point suhu yang dipakai sebesar 37 (°C) memiliki nilai digital outputnya berupa bilangan binary (0000 0010 0101 0000) untuk bilangan hex 0250h.

3.2.4 Perancangan Heater Dan Driver Heater

Heater merupakan alat yang digunakan untuk menaikkan suhu media sebesar 37°C yang dilengkapi dengan elemen panas yang terdapat di dalam lilitan besi. *Heater* yang digunakan memiliki daya 700 Watt.



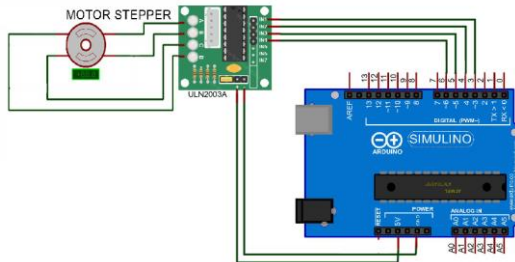
Gambar 3. 5 Perancangan Heater

Tabel 3.7 Konfigurasi Pin Heater

Heater	Arduino
IN 1	Pin 1
IN 2	GND

3.2.5 Perancangan Motor Dan Driver Motor

Motor yang digunakan merupakan jenis motor Stepper merupakan komponen yang akan membantu untuk menggerakkan pengaduk bahan di dalam bioreaktor. Motor stepper dapat menyesuaikan daya atau torsi dari motor yang berputar sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Beban yang akan diberikan pada motor hingga 30 L jus buah apel dengan kecepatan putar 120 rpm.



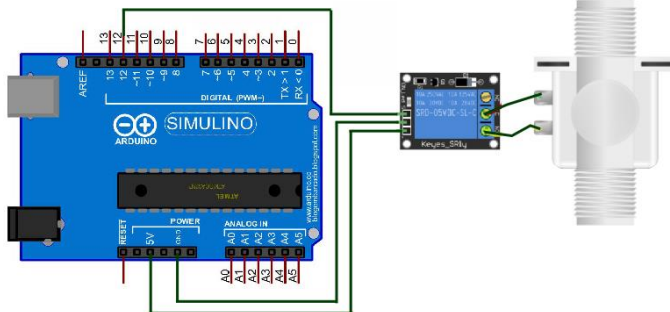
Gambar 3. 6 Perancangan Motor Stepper

Tabel 3. 8 Konfigurasi Pin Motor stepper menggunakan ULN2003 Stepper Motor Driver Module

Motor Stepper	Arduino
IN1	Pin 3
IN2	Pin 4
IN3	Pin 5
IN4	Pin 6
+	5V
-	GND

3.2.6 Perancangan Selenoid Dan Driver Selenoid

Selenoid merupakan komponen yang akan membantu untuk menambahkan bahan di dalam bioreaktor. selenoid bekerja dimana sensor pH mendeteksi jika kadar pH berada melampaui batas yang di tetapkan sebesar 4,5 – 5,5. Nantinya selenoid akan bekerja setiap 5 menit meneteskan cairan kedalam tabung bioreaktor.



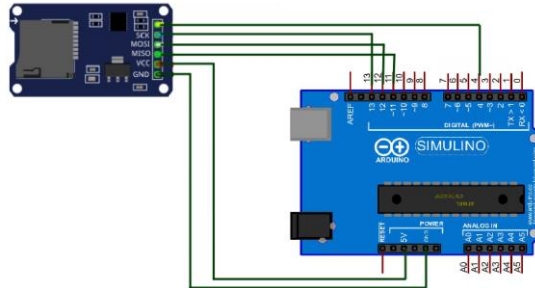
Gambar 3. 7 Perancangan Selenoid

Tabel 3. 9 Konfigurasi Pin Selenoid Driver Module

Selenoid	Arduino
IN	Pin 12
+	5V
-	GND

3.2.7 Perancangan Memory

SD Card Shield merupakan tempat penambah kapasitas tempat penyimpanan data dan pencatatan data dari pembacaan sensor suhu, sensor oksigen dan sensor pH.



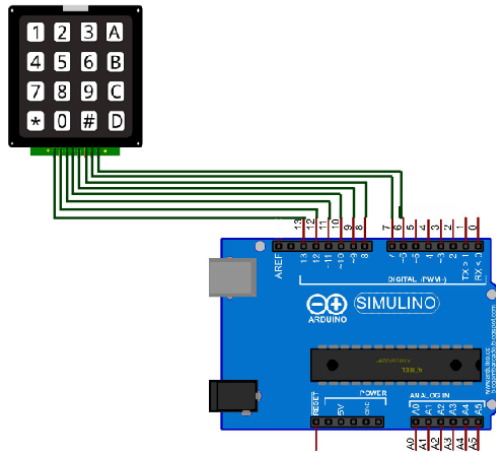
Gambar 3. 8 Perancangan SD memory

Tabel 3. 10 Konfigurasi Pin SD meory card Module

SD Memory	Arduino
MISO	Pin 11
MOSI	Pin 12
SCK	Pin 13
IN	Pin 4
+	5V
-	GND

3.2.8 Perancangan Keypad

Pada rancang menggunakan Keypad 4X4 berfungsi sebagai input data set point suhu dan memasukan kecepatan motor.



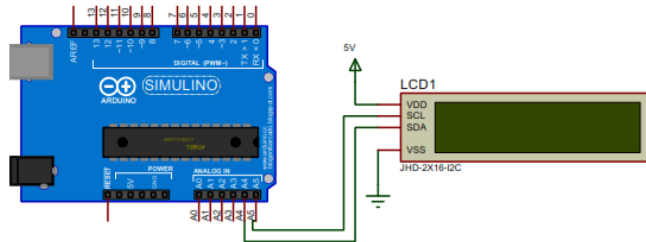
Gambar 3. 9 Perancangan Keypad 4x4

Tabel 3.11 Konfigurasi Pin Keypad 4X4

Keypad 4X4	Arduino Mega 2560
Baris 1	Pin 10
Baris 2	Pin 11
Baris 3	Pin 12
Baris 4	Pin 13
Kolom 1	Pin 9
Kolom 2	Pin 8
Kolom 3	Pin 7
Kolom 4	Pin 6

3.2.9 Perancangan LCD

Komponen LCD (*Liquid Crystal Display*) yang digunakan pada rancangan sistem ini yaitu LCD I2C dengan ukuran 20X4, di mana terdiri dari 4 baris dengan masing-masing baris berisi 20 karakter, Pada sistem ini, LCD digunakan sebagai monitoring hasil sensor yang terbaca.

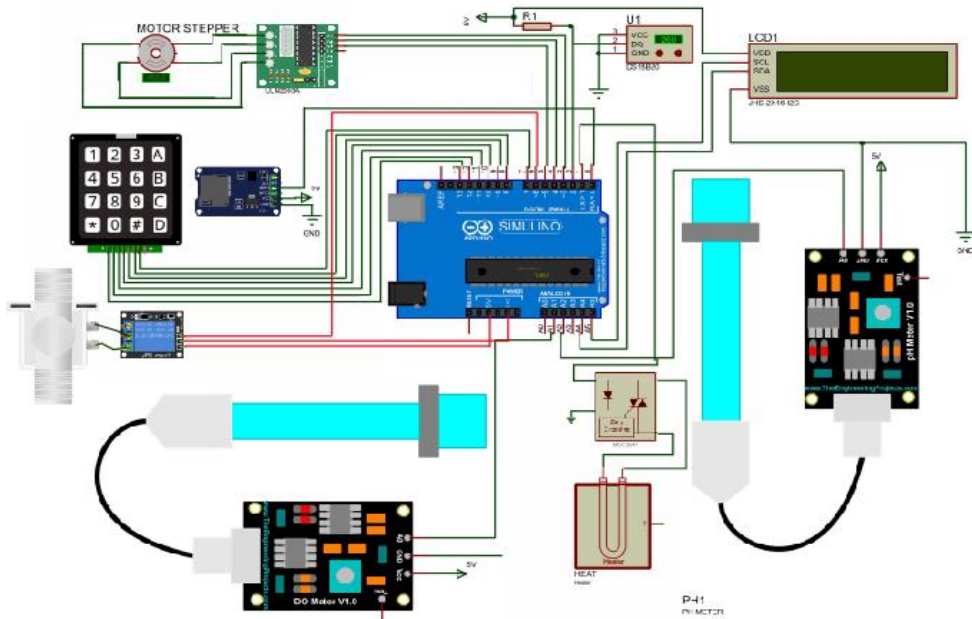


Gambar 3.10 Perancangan LCD

Tabel 3. 12 Konfigurasi Pin LCD I2C 20X4

LCD I2C 20X4	Arduino Mega 2560
GND	Pin GND
VCC	Pin 5V
SDA	Pin 20 (SDA)
SCL	Pin 21 (SCL)

3.2.10 Rangkaian Keseluruhan



Gambar 3. 11 Rangkaian Keseluruhan Hardware

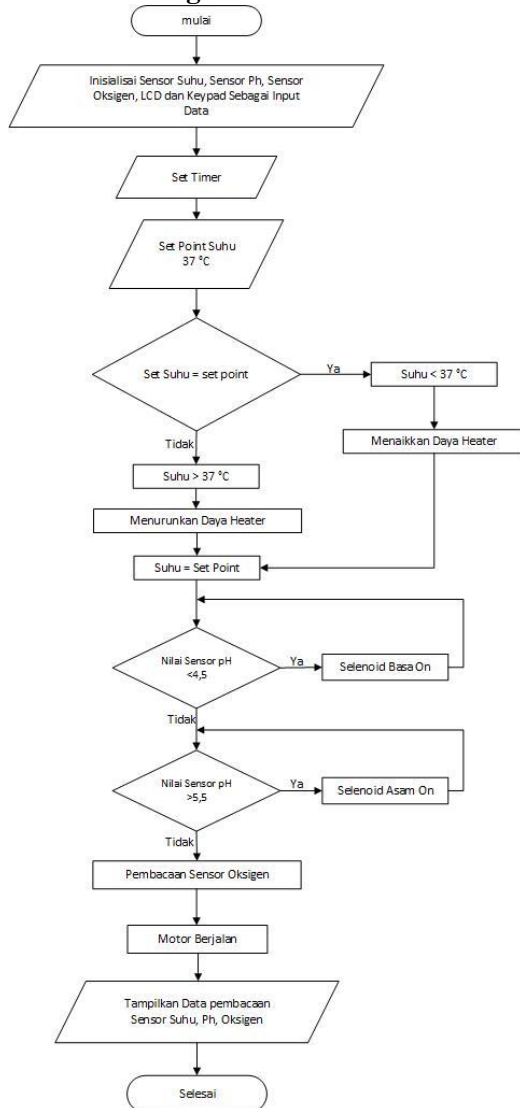
Dari Gambar 3.11 dapat diketahui Prinsip kerja rangkaian keseluruhan mikrokontroler Arduino Mega 2560 berperan sebagai otak atau pengontrol dari heater dan memonitoring sensor. Penelitian ini terdapat 3 konektor antara lain sensor pH ,sensor oksigen dan sensor Suhu digunakan untuk mengontrol dan memonitoring dari pembacaan sensor.

Pada Sensor suhu, Menggunakan sistem kontrol berbasis PID dipilih karena dapat mempercepat reaksi sebuah sistem. Closed loop berperan sebagai elemen yang membandingkan sinyal feedback dengan set point dan memberikan sinyal koreksi. Apabila nilai yang dimonitor oleh sensor berbeda dengan set point, terdapat perlakuan dari proses untuk memberikan aksi agar sinyal aktual sesuai dengan set point yang diberikan. Driver heater akan menaikkan daya untuk menghasilkan suhu 37°C. Pada awal proses, heater akan menaikkan daya tinggi untuk menaikkan suhu air dan jika suhu telah mendekati nilai 37°C, daya akan konstan agar tidak terjadi penurunan suhu dan tidak melonjak tinggi sehingga tercapainya suhu set point. Apabila suhu melebihi 37°C, daya heater akan menurunkan daya dan apabila suhu kurang dari 37°C daya heater akan kembali meningkat hingga didapatkan nilai yang stabil pada nilai set point.

Pada Sensor pH, menggunakan selenoid bekerja dengan menginjeksi larutan bufer untuk menyesuaikan kadar pH. Nilai kadar pH sudah ditentukan dibawah 4,5 maka akan diinjeksi bufer basa oleh pompa untuk menaikkan pH larutan, sedangkan apabila pH diatas 5,5 maka akan diinjeksi larutan bufer asam. Karena persyaratan untuk fermentasi minuman probiotik dikisaran kadar pH 4,5 – 5,5. Jadi sensor pH hanya memonitoring hasil pembacaan dari bahan di gunakan dalam pengujian.

Pada parameter kadar oksigen terlarut, proses pembacaan kadar oksigen terlarut membutuhkan data suhu media sehingga pada pemrograman sensor kadar oksigen dibutuhkan integasi hasil monitor sensor suhu. Umumnya semakin tinggi temperatur, akan semakin rendah kadar oksigen terlarut, dan begitu sebaliknya. Pada parameter hanya sistem monitoring.

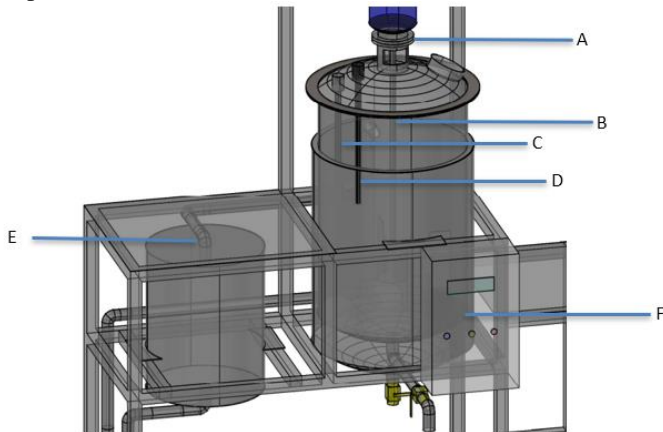
3.3 Diagram alir Perancangan Software



Gambar 3. 12 Diagram alir Perancangan Software

3.4 Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik diperlukan untuk menunjang proses seperti kebutuhan distribusi panas, sistem kontrol, dan dimensi masing-masing komponen. Bioreaktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah bioreaktor jenis anaerob, bagian tabung terbuat dari besi. Bioreaktor tersebut memiliki tinggi 2 meter, diameter 80 cm, dengan kapasitas sebesar 30L. Pemilihan bahan menggunakan bahan food grade dikarenakan produk yang dihasilkan merupakan minuman probiotik yang dapat dikonsumsi.



Keterangan :

A : Motor Stepper

B : Sensor Suhu DS18B20

C : Sensor pH

D : Sensor Oksigen

E : Heater

F : Box Panel

Gambar 3.13 Perancangan Bioreaktor dan Komponen Hardware

Dari gambar 3.13 dapat dilihat perancangan dari bioreaktor terdiri dari 2 tabung besar dan kecil. Setiap tabung memiliki fungsi yang berbeda tabung kecil yang ada heater berfungsi sebagai pemanas air dan nantinya air akan di alirkan ke water jacket tabung besar menggunakan pompa. Probe Oksigen dan pH dan sensor suhu dipasang didalam pada tabung besar pada bioreaktor, ditutup untuk mencegah masuknya udara dari luar. Semua komponen terhubung ke kotak elektronik yang berisi rangkaian listrik lengkap untuk menjalankan sistem kontrol dan monitoring.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Perblok

4.1.1 Pengujian Sensor Oksigen

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah sensor oksigen dapat bekerja dengan baik dalam untuk memonitoring kadar oksigen dalam bahan di dalam bioreaktor. Untuk melakukan pengujian sensor oksigen menggunakan uji perbandingan menggunakan oksigen meter standar menggunakan bahan yang di ukur air mineral. Sebelum alat digunakan dalam pengujian perlu dilakukan kalibrasi pada sensor oksigen sesuai prosedur. Selanjutnya nilai koreksi dari hasil kalibrasi di masukan kedalam kodingan, sehingga nilai yang terbaca dalam sensor sudah nilai sebenarnya. Untuk mengetahui hasil pengujian sensor dibuktikan dengan persentase kesalahan (% error) antara sensor oksigen standar dengan sensor oksigen arduino. Kesalahan dibuktikan dengan rumus sebagai berikut.

$$error = \frac{\text{Nilai Do Uji} - \text{Nilai Do Standar}}{\text{Nilai Do Standar}} \times 100\%$$

Didapatkan hasil pengujian dan persentase kesalahan sebagai berikut.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian dan Persentasi Kesalahan Kadar Oksigen

Pengujian Ke	Pengukuran Kadar Oksigen (mg/L)			Selesih	Error
	Bahan Pengujian	Do standar	DO SKU SEN0237		
1	Air Mineral	6,9	6,7	0,20	2,90%
2	Air Mineral	6,9	6,8	0,10	1,45%
3	Air Sabun	3,5	3,4	0,10	2,80%
4	Air Sabun	3,5	3,4	0,10	2,85%
5	Air Sungai	5,9	5,7	0,20	3,30%
	Rata-rata Error (%)				2,66%

Dari Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa hasil pengujian antara hasil pengukuran sensor oksigen standar dengan pembacaan oleh sensor oksigen arduino memiliki selisih perbedaan cukup kecil dan memiliki nilai eror cukup kecil hanya sebesar 2,66 %. Hal ini membuktikan bahwa sensor oksigen mampu membaca kadar oksigen dalam bahan di tabung bioreaktor dengan benar. Berikut gambar pengujian menggunakan sensor oksigen standar dan hasil pembacaan oleh sensor oksigen SKU SEN0237.



Gambar 4.1 Pengujian antara sensor oksigen standar dengan sensor oksigen SKU SEN0237

4.1.2 Pengujian Sensor pH

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah sensor pH dapat bekerja dengan baik dalam untuk mengkontrol nilai pH dalam bahan didalam bioreaktor. Untuk melakukan pengujian sensor pH menggunakan uji perbandingan menggunakan buffer pH standar dengan nilai buffer pH 4, 7 dan 9. Sebelum alat digunakan dalam pengujian perlu dilakukan kalibrasi pada sensor oksigen sesuai prosedur. Selanjutnya nilai koreksi dari hasil kalibrasi di masukan kedalam kodingan, sehingga nilai yang terbaca dalam sensor sudah nilai sebenarnya. Untuk mengetahui hasil pengujian sensor dibuktikan dengan persentase kesalahan (% eror) antara buffer standar dengan sensor Sensor pH. Kesalahan dibuktikan dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{error} = \frac{\text{Nilai pH Uji} - \text{Nilai pH Standar}}{\text{Nilai pH Standar}} \times 100\%$$

Didapatkan hasil pengujian dan persentase kesalahan sebagai berikut.

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian dan Persentasi Kesalahan Sensor pH

pH	Pengukuran pH		Selesih	Eror
	Buffer pH standar	pH arduino		
4	4	4,2	0,2	5,00%
7	7	7,2	0,2	2,86%
9	9	9,1	0,1	1,11%
Rata-rata Error (%)				2,99%

Dari Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa hasil pengujian antara hasil pengukuran Buffer pH standar dibaca oleh sensor pH memiliki selisih pembacaan cukup kecil dan memiliki nilai eror cukup kecil hanya sebesar 2,99 %. Hal ini membuktikan bahwa sensor pH mampu membaca kadar pH dalam bahan di tabung bioreaktor dengan benar. Berikut gambar pengujian menggunakan buffer standar dan hasil pembacaan oleh sensor pH.



Gambar 4. 2 Pengujian antara sensor pH dengan buffer pH standar

4.1.3 Pengujian Sensor suhu

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah sensor suhu dapat bekerja dengan baik dalam untuk mengontrol suhu di dalam bioreaktor. Untuk melakukan pengujian sensor suhu DS18B20 akan menggunakan uji perbandingan antara sensor pt 100 standar dengan DS18B20. Sebelum alat digunakan dalam pengujian perlu dilakukan kalibrasi pada sensor oksigen sesuai prosedur. Selanjutnya nilai koreksi dari hasil kalibrasi di masukan kedalam kodingan, Kemudian akan dibuktikan dengan persentase kesalahan eror (% eror) antara pembacaan dari sensor suhu DS18B20 dengan Pt-100. Kesalahan dibuktikan dengan rumus sebagai berikut.

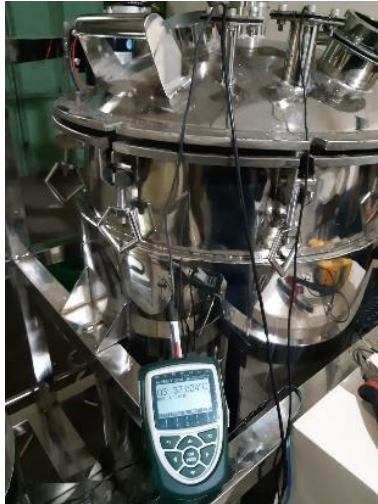
$$error = \frac{\text{Nilai Suhu Uji} - \text{Nilai Suhu Standar}}{\text{Nilai Suhu Standar}} \times 100\%$$

Didapatkan hasil pengujian dan persentase kesalahan Pengukuran Suhu sebagai berikut.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian dan Persentasi Kesalahan
Sensor suhu DS18B20

Pengujian Ke	Pengukuran Suhu (°C)			Selesih	Error
	Set Point	Pt – 100	DS18B20		
1	37	37,07	37,06	0,01	0,03%
2	37	37,07	37,06	0,01	0,03%
3	32	32,08	32,06	0,02	0,05%
4	32	32,03	32,00	0,03	0,08%
5	32	32,03	32,00	0,03	0,08%
	Rata-rata Error (%)				0,05%

Dari Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa hasil pengujian antara hasil pengukuran hubungan antara sensor pt 100 dengan sensor suhu DS18B20 memiliki selisih sangat kecil dan eror sangat kecil sebesar 0,05%. Hal ini membuktikan bahwa sensor DS18B20 mampu membaca suhu dalam tabung bioreaktor dengan benar. Berikut gambar pengujian menggunakan alat standar Pt-100 dan hasil pembacaan oleh sensor arduino dengan pembuktian serial monitor.



Gambar 4. 3 pengujian suhu sensor pt-100 dengan sensor DS18B20

4.1.4 Pengujian Heater

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah heater dapat bekerja dengan baik dalam untuk menaikkan suhu didalam bioreaktor. Untuk melakukan pengujian heater dimana disaat suhu air di dalam tabung bioreaktor sudah sesuai dengan set point pada sistem kontrol akan memutus atau mematikan aliran daya ke heater begitu juga sebaliknya jika suhu air dibawah set point maka sistem kontrol akan mengaliri daya heater sampai mencapai set point. Dibuktikan dengan on atau off aliran daya ke heater. Didapatkan hasil pengujian heater sebagai berikut.

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian pada heater

Pengujian Ke	Pengukuran Heater (°C)		Keadan daya Heater
	Set point	Sensor Suhu	
1	37	36,06	Menaikan
2	37	36,78	Menaikan
3	37	36,95	Menaikan
4	37	37,00	Menurunkan
5	37	37,01	Menurunkan

Dari Tabel 4.4 dapat diketahui bahwa hasil pengujian heater dengan set point yang di masukan di system kontrol sudah sesuai. Dalam pengujian ini menggunakan alat bantu sensor suhu DS18B20 sebagai pembaca suhu air. Dibuktikan dengan jika suhu terbaca oleh sensor dibawah 37 °C daya ke heater menaikkan aliran daya akan tetapi jika pembacaan sensor lebih besar dari set point sebesar 37 °C sistem kontrol akan menurunkan aliran daya ke heater.

4.1.5 Pengujian Motor

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah motor dapat bekerja dengan baik dalam untuk pengaduk bahan didalam tabung bioreaktor. Untuk melakukan pengujian kecepatan motor menggunakan uji perbandingan menggunakan Tachometer standar dengan sensor rpm. Dibuktikan dengan persentase kesalahan (% error) antara tachometer standar dengan sensor rpm. Kesalahan dibuktikan dengan rumus sebagai berikut.

$$error = \frac{\text{Nilai kecepatan Uji} - \text{Nilai kecepatan Standar}}{\text{Nilai kecepatan Standar}} \times 100\%$$

Didapatkan hasil pengujian dan persentase kesalahan putaran motor sebagai berikut.

Tabel 4.5 Pengujian dan Perentasi kesalahan pengukuran kecepatan motor

Pengujian Ke	Putaran Motor		Selesih	Error
	Digital Tachometer	Sensor Kecepatan		
1	120,5	120	0,5	0,41%
2	120,5	120	0,5	0,41%
3	120,5	120	0,5	0,41%
4	120,5	120	0,5	0,41%
5	120,5	120	0,5	0,41%
Rata-rata Error (%)				0,41%

Dari Tabel 4.4 dapat diketahui bahwa hasil pengujian antara pembacaan oleh tachometer dengan sensor rpm dengan set point 120 rpm yang di masukan di system kontrol. Dari hasil tabel di atas di dapatkan hasil pengujian didapatkan nilai cukup stabil akan tetapi

perbandingan dengan nilai yang terbaca pada tachometer memiliki selisih 0,5 dengan rata-rata eror sebesar 0,41 %. Hal ini membuktikan bahwa motor untuk pengaduk mampu memberikan putaran dalam tabung bioreaktor dengan benar. Berikut gambar pengujian menggunakan alat standar tachometer dan hasil pembacaan sesnor rpm.



Gambar 4. 4 Pengujian penembakan tachometer ke motor

4.2 Inisialisasi PID

Dalam perancangan sistem kontrol suhu menggunakan sistem kontrol berbasis PID dipilih karena dapat mempercepat reaksi sebuah sistem. Closed loop berperan sebagai elemen yang membandingkan sinyal feedback dengan set point dan memberikan sinyal koreksi. Apabila nilai yang dimonitor oleh sensor berbeda dengan set point, terdapat perlakuan dari proses untuk memberikan aksi agar sinyal aktual sesuai dengan set point yang diberikan.

guna mendapatkan suhu dalam bioreaktor sesuai set point dan tetap konstan, maka perlu perhitungan sistem perancangan PID mencari nilai K_i , K_p , K_d .

Tabel 4.6 Perhitungan Parameter Kontrol PID

Parameter Kontrol	K_p	T_i	T_d
P	T/L	∞	0
PI	0.9 T/L	L/0.3	0
PID	1.2 T/L	2L	0.5L

$$\begin{aligned}
 L &= 12 & T_d &= 0,5L \\
 T &= 817 & &= 0,5 \times 12 \\
 K_p &= 1,2 (T/L) & &= 6 \\
 &= 1,2 (817/12) & K_i &= K_p/T_i \\
 &= 81,70 & &= 81,7/24 \\
 T_i &= 2L & &= 3,40 \\
 &= 2 \times 12 & K_d &= K_p/T_d \\
 &= 24 & &= 81,7/6 \\
 & & &= 13,61
 \end{aligned}$$

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Parameter Kontrol PID

Parameter	Nilai
Kp	81,70
Ki	3,40
Kd	13,61

Setelah didapatkan dari proses perhitungan kontrol PID didapatkan nilai K_p , K_i , dan K_d . selanjutnya nilai yang di dapatkan dimasukan kedalam kodingan agar proses selama pemanasan oleh hiter berjalan sesuai set point dan suhu agar tetap konstan. Konstanta K_p (konstanta proporsional), K_i (konstanta integral), K_d (konstanta derivatif) merupakan parameter-parameter yang didapatkan melalui *tuning*, masing-masing memiliki penonjolan sifat yang digunakan untuk melakukan aksi kontrol. Jika K_p berharga kecil, kontroler proporsional hanya mampu melakukan koreksi kesalahan kecil dan respon yang diberikan lambat. Jika K_p dinaikkan, respon sistem menunjukkan semakin cepat mencapai keadaan mantapnya. Jika K_p berharga tinggi, sistem akan bekerja tidak stabil dan berosilasi. Jika K_i berharga berharga

besar, maka akan mempercepat hilangnya *offset*. Jika K_i ditingkatkan lebih besar, maka akan mengakibatkan peningkatan osilasi dari sinyal keluaran kontroler. Meningkatkan nilai K_d dapat meningkatkan stabilitas sistem dan mengurangi *overshoot*, hal berkebalikan berlaku apabila nilai K_d berharga kecil.

4.3 Hasil Keseluruhan Pengujian bioreaktor.

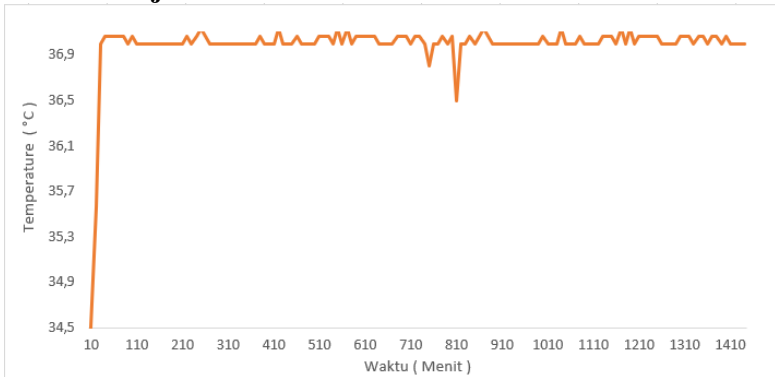
Setelah dilakukan perancangan mekanik dan pengujian per blok pada sistem control suhu dan sistem monitoring pH dan kadar oksigen pada bioreaktor. Tahap selanjutnya dilakukan analisa secara menyeluruh terhadap hasil pengujian alat untuk mengetahui performansi alat secara keseluruhan. Sistem kerja pengendali suhu dan sistem monitoring pH dan kadar oksigen bertujuan untuk menyediakan lingkungan biologis yang sesuai dengan persyaratan untuk proses fermentasi minuman probiotik. Dalam proses pengujian bioreaktor tempat menjadikan minuman prebiotik, dalam pengujian kali ini menggunakan bahan yang digunakan terbuat dari jus apel memiliki volume 30 L. Pengambilan data dilakukan selama 24 jam. Data suhu terlarut dicatat setiap 10 menit secara otomatis terbaca secara real time di LCD dan disimpan pada memory card.

Kontrol Suhu merupakan syarat utama dari proses fermentasi minuman probiotik, set point yang digunakan dalam pengontrolan suhu sebesar 37°C agar suhu tetap selalu konstan selama proses pengujian. Untuk itu menggunakan sistem kontrol PID. Sensor yang digunakan adalah DS18B20 sebagai pembacaan suhu. Hasil dari uji sistem kontrol suhu terdapat pada gambar 4.5.

Monitoring kadar pH dilakukan untuk mengetahui keberhasilan sensor untuk memonitor pH dari bahan. Sensor yang digunakan adalah Sensor pH meter SKU SEN0161. Monitoring dilakukan agar mengetahui apakah kadar pH dibahan sewaktu proses fermentasi bawah 4,5 dan atau di atas 5,5. Selain rentang tersebut merupakan syarat hidup bagi mikroorganisme di dalam media. Hasil dari uji kadar pH terdapat pada gambar 4.6.

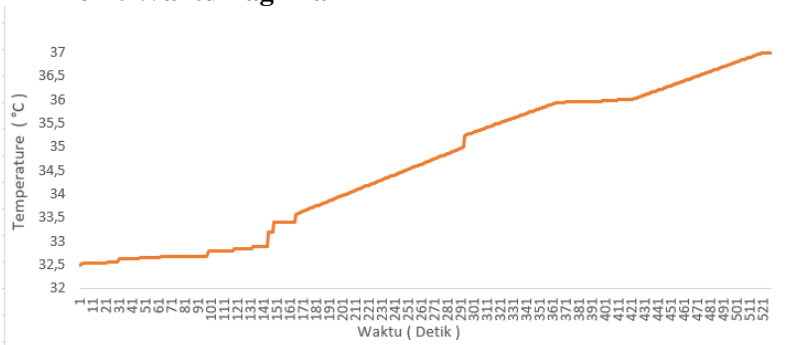
Pengujian performansi dilakukan untuk mengetahui keberhasilan sensor untuk memonitor kadar oksigen dari bahan. Sensor yang digunakan adalah Gravity Analog Dissolved Oksigen Sensor SKU: SEN0237 yang dapat digunakan. Hasil dari uji monitoring sensor oksigen terdapat pada gambar 4.7.

4.4 Hasil Uji Sistem Kontrol Suhu



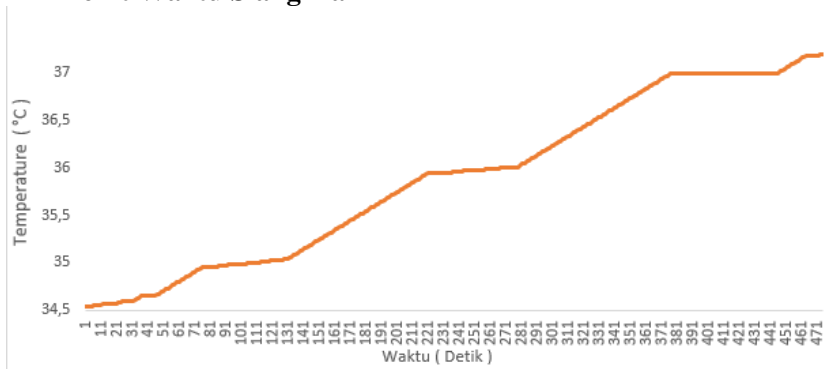
Gambar 4. 5 Grafik hubungan hasil kontrol suhu dengan lama waktu fermentasi

4.5 Hasil Proses Lama Waktu Suhu Mencapai Suhu Set Point Waktu Pagi Hari



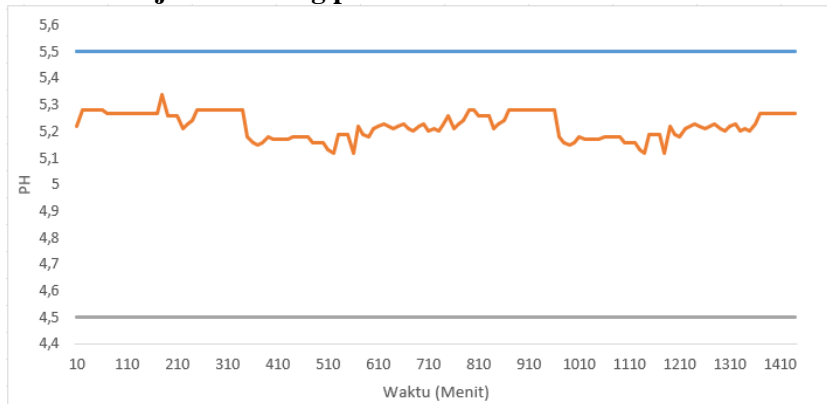
Gambar 4. 6 Grafik hubungan waktu untuk mencapai suhu set point pada Pagi Hari

4.6 Hasil Proses Lama Waktu Suhu Mencapai Suhu Set Point Waktu Siang Hari



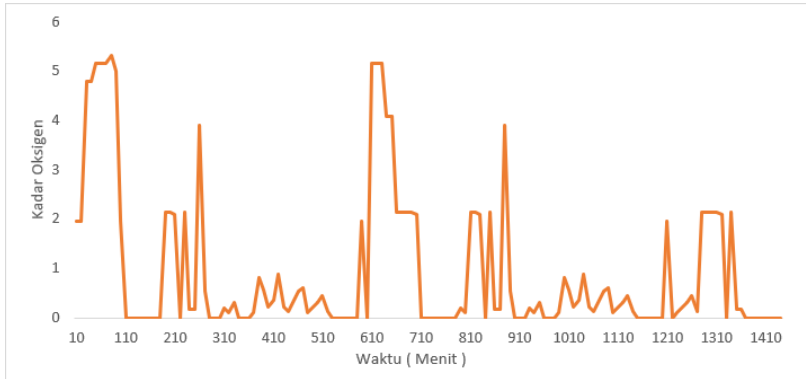
Gambar 4. 7 Grafik hubungan waktu untuk mencapai suhu set point pada Siang Hari

4.7 Hasil Uji Monitoring pH



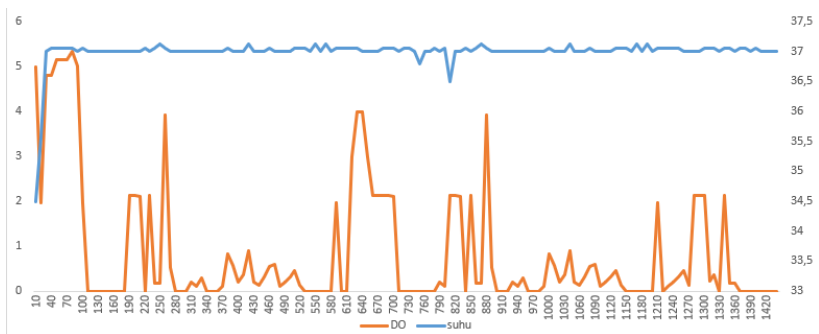
Gambar 4. 8 Grafik hubungan hasil monitoring pH dengan lama waktu fermentasi

4.8 Hasil Uji Monitoring Kadar Oksigen



Gambar 4. 9 Grafik hubungan hasil monitoring kadar Oksigen dengan lama waktu fermentasi

4.9 Hasil Perbandingan Suhu dengan Kadar Oksigen



Gambar 4. 10 Grafik perbandingan Suhu dengan Kadar Oksigen

Hasil Uji sistem kontrol suhu data yang sudah diperoleh disajikan dalam bentuk grafik menggunakan *software* Microsoft Excel pada Gambar 4.5, Gambar 4.6, dan Gambar 4.7. Diharapkan data grafik yang mengalami kenaikan secara teratur pada 7 menit pertama suhu menunjukkan nilai suhu 34,5 °C dikarenakan media belum panas, setelah program berjalan langsung mengalami kenaikan secara bertahap ke suhu 37 °C. Menurut grafik yang ditampilkan, terdapat error yang cukup besar pada menit 800 menyebabkan penurunan suhu yang cukup drastis hingga 1°C. Hal tersebut mungkin terjadi dikarenakan sistem sempat mati ditengah proses fermentasi, sehingga untuk beberapa saat heater tidak menyala. Sistem kontrol yang baik akan memberikan respon yang cepat untuk memperbaiki kesalahan, dalam hal ini dibuktikan bahwa tidak membutuhkan waktu yang lama untuk mengembalikan suhu ke set point awal yang telah ditentukan. Nilai tertinggi pengendalian suhu pada media sebesar 37,1 °C dan nilai terendah suhu sebesar 35,1 °C. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, menunjukkan performansi sensor suhu mampu mengontrol suhu tetap stabil dalam suhu 37 °C pada proses fermentasi selama 24 jam dan hasil monitor dari sensor dapat ditampilkan pada LCD selama proses berlangsung.

Hasil Uji Monitoring pH data yang sudah diperoleh disajikan dalam bentuk grafik menggunakan *software* Microsoft Excel pada gambar 4.8. Diharapkan data grafik. Garis abu-abu menunjukkan batas bawah yaitu 4,5 dan garis Biru menunjukkan keterangan batas atas yaitu 5,5. Menurut data yang ditunjukkan oleh grafik, pH selama proses fermentasi masih berada diantara kedua rentang, sebagaimana dapat dilihat pada garis orange dengan begitu monitoring kadar pH dalam bahan selama fermentasi telah tergolong stabil dan tidak mendapatkan penambahan buffer selama proses fermentasi berlangsung. Nilai tertinggi kadar pH pada media sebesar 5,3 dan nilai terendah suhu sebesar 5,1. Berdasarkan monitoring yang dilakukan, mampu memonitor kadar pH pada media selama 24 jam. kadar pH telah bekerja dengan baik ditunjukkan dengan sensor dapat memonitor nilai kadar pH dan hasil monitor dari sensor dapat ditampilkan pada LCD selama proses berlangsung.

Hasil Uji Monitoring Kadar Oksigen data yang sudah diperoleh disajikan dalam bentuk grafik menggunakan *software* Microsoft Excel pada Gambar 4.9. Diharapkan data grafik yang fluktuatif. Pada 10 menit pertama, nilai kadar oksigen terlarut media sebesar 1,96 kemudian nilai

naik pada waktu ke-30 menit sebesar 4,8. Nilai 0 pertama terjadi pada menit ke-160 namun nilai kembali naik pada menit ke-190 dengankadar oksigen terlarut sebesar 2,13. Nilai selanjutnya stabil dibawah nilai 1, lalu pada menit ke-610 nilai kembali naik menjadi 5,15. Kadar oksigen terlarut pada media terus mengalami perubahan hingga pada menit ke-1370 nilai kadar oksigen terlarut pada media bernilai 0 hingga akhir proses. Nilai tertinggi oksigen terlarut media sebesar 5,3 pada menit ke-80 dan nilai terendah oksigen terlarut sebesar 0. Pengukuran kadar oksigen terlarut dipengaruhi oleh suhu media. Terdapat pada Gambar 4.9 semaki tinggi temperatur, akan semakin rendah kadar oksigen terlarut, dan begitu sebaliknya.

Berdasar pengujian yang dilakukan, menunjukkan hasil Sensor Oksigen meter mampu memonitor kadar oksigen terlarut pada media selama 24 jam. Sensor Oksigen telah bekerja dengan baik ditunjukkan dengan sensor dapat memonitor nilai kadar oksigen dan hasil monitor dari sensor dapat ditampilkan pada LCD selama proses berlangsung.

4.10 Hasil Perancangan Bioreaktor

Hasil perancangan bioreaktor terdapat 2 tabung besar dan kecil, tabung kecil tempat dipasangnya heater dipasang pada samping bioreaktor, heater diletakkan terpisah dari bioreaktor bertujuan bahan pada bioreaktor tidak bersentuhan langsung dengan panas, nantinya air dari tabung kecil di alirkan ke water jacket tabung besar melalui pipa dibelakang menggunakan bantuan pompa berjalan terus menerus. Pada tutup tabung terdapat sensor suhu dan probe pH dan probe oksigen dengan pengaman seal silicon untuk mencegah masuknya udara dari luar. Motor stepper yang terhubung dengan pengaduk akan mengaduk media pada kecepatan 120 rpm untuk menghomogenkan media dan persebaran. Tabung dua atas tempat larutan buffer asam dan larutan buffer basa. Hasil perancangan alat bioreaktor yang digunakan untuk fermentasi minuman probiotik seperti ditampilkan pada Gambar 4.21. Bioreaktor dilengkapi dengan *electronic control box (EC Box)* yang berfungsi sebagai tempat melekatnya rangkaian elektronik yakni berisi komponen-komponen yang dibutuhkan seperti ditampilkan pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12.



Gambar 4.11 Hasil Perancangan alat bioreaktor

4.11 Hasil Perancangan Hardware

Bioreaktor dilengkapi dengan heater sebagai elemen sumber panas, DS18B20 sebagai sensor suhu, pH meter SKU SEN0161 sebagai sensor pH dan Sensor Oksigen SKU SEN0237 sebagai sensor oksigen berfungsi untuk memonitor kondisi optimum dalam bahan. Sistem terotomatisasi menggunakan sensor real time dan tersimpan pada memory card, interval pembacaan setiap 10 menit untuk parameter yang dibaca dan disimpan merupakan suhu, pH, dan kadar oksigen terlarut serta parameter kecepatan pengadukan yang keseluruhan parameter dapat dimonitor pada layar LCD seperti ditampilkan pada gambar 4.12. tampilan hasil perancangan hardware.



Gambar 4. 12 Hasil tampilan perancangan Hardware

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Hasil perancangan sistem pengendalian suhu dengan menggunakan sensor DS18B20, mikrokontroler Arduino Mega2560 sebagai kontroler menggunakan metode PID serta heater sebagai sumber panas. Diperoleh Nilai terendah suhu sebesar 34,5 °C pada saat heater baru dinyalakan. Didapatkan suhu tertinggi pada media sebesar 37,1 °C, Setelah mencapai nilai set point suhu berjalan konstan tanpa perubahan suhu sangat drastis.
2. Hasil perancangan pengendali kadar pH dalam bioreaktor secara real time dengan menggunakan mikrokontroler arduino mega 2560, diperoleh hasil monitoring didapatkan nilai tertinggi kadar pH pada media sebesar 5,3 dan nilai terendah kadar pH sebesar 5,1
3. Hasil monitoring kadar oksigen bahan dalam bioreaktor menggunakan mikrokontroler arduino mega 2560, diperoleh nilai tertinggi oksigen terlarut media sebesar 5,3 mg/l pada menit ke-80 dan nilai terendah oksigen terlarut sebesar 0 mg/l.
4. Dari hasil pengujian perblok dari beberapa komponen yang digunakan di dapatkan nilai rata-rata eror dalam (%) untuk pengujian kadar oksigen sebesar 2,66%, pH 2,99%, dan Sensor suhu 0,05%

5.1 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya penyempurnaan akan ditambahkan di sistem kontrol kadar oksigen dengan menambahkan spriger untuk menambahkan kadar oksigen.
2. Untuk sensor yang digunakan masih lamban dalam mengirimkan respon perubahan, perlu menggunakan sensor yang cukup teliti
3. Untuk melakukan penelitian memerlukan waktu yang sangat lama, perlu menyesuaikan dengan bahan yang akan di fermentasi

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yudaningtyas, Erni. 2017. Belajar Sistem Kontrol. Malang: UB Press
- [2] Oetomo, D.P., & Totok, S. 2013. Perancangan Sistem Pengukuran pH, Oksigen dan Temperatur Pada Bioreaktor Anaerob Tipe Semi – Batch. Surabaya: Jurnal Teknik POMITS Vol. 2, No. 3
- [3] Ika Nurina, 2015 Sistem Pengendalian Temperatur Pada Bioreaktor Anaerob, Jurnal
- [4] I Dimas Prasetyo Oetomo. 2013. Perancangan sistem pengukuran pH dan temperatur pada bioreaktor anaerob tipe semi-batch. Jurnal its
- [5] Rachmawati, 2013 Sistem Pengendalian Temperatur Pada Dinding Bioreaktor Anaerob Secara Real Time, Jurnal
- [6] Safuddin Zuhri. 2018. Sistem pengendali suhu pada bioreaktor anaerob berbasis mikrokontroler. Jurnal
- [7] Kumar Munna. 2019. Kontrol suhu bioreaktor fermentasi untuk produksi etanol menggunakan pengontrol IMC-PID. Jurnal
- [8] Luke A Richards. 2014. Pengujian Strategi pengendalian pH dalam Bioreaktor. Jurnal
- [9] Qalit, A., Fardian, Aulia, R. 2017. Rancang Bangun Prototipe Pemantauan Kadar pH dan Kontrol Suhu Serta Pemberian Pakan Otomatis Pada Budidayakan Lele Sangkuriang Berbasis IOT. Banda Aceh: KITEKTRO Vol. 2, No. 3, 8-15
- [10] DFRobot. 2019. [https://wiki.DFRobot.com/GravityAnalogDissolvedOxygen_Sensor_SKU_SEN0237](https://wiki.DFRobot.com/GravityAnalogDissolvedOxygenSensorSKU_SEN0237). Diakses pada 5 September 2021
- [11] Sabiq, A., & Prabowo, N.B. 2017. Sistem Pemantauan Kadar pH, Suhu dan Warna Pada Air Sungai Melalui Web Berbasis Wireless Sensor Network. Jakarta: Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer Vol. 5, No.3, 94-100
- [12] Rozaq, I.A., & Noor, Y.D.S 2017. Uji Karakterisasi Sensor Suhu DS18B20 Waterproof Berbasis Arduino Uno Sebagai Salah Satu Parameter Kualitas Air. Kudus: Universitas Muria Kudus
- [13] Safuddin Zuhri. 2018. Sistem pengendali suhu pada bioreaktor anaerob berbasis mikrokontroler. Jurnal

- [14] Rifai A, Gunawan US, dan Putra IM. 2011. Rancang Bangun Gerak Motor *Stepper* untuk Peralatan Brakiterapi. Jurnal Perangkat Nuklir.
- [15] AKesson Mats. 1998. Kontrol pH dalam pengaduk Bioreaktor. Jurnal
- [16] Vanags J. 2007. Oksigen dan Kontrol suhu selama budidaya mikroorganisme menggunakan pemberian substrat. Jurnal
- [17] Ogata, Katsuhiko. 2010. Modern Control Engineering 5th Edition. New Jersey: Pearson
- [18] Pimentel, T. C., Suellen, J.K., Michele, R., Carlos, E.B., Vanessa, A.M. 2019. Fruit Juices As Probiotic Food. Brazil: Elsevier
- [19] Arindya, Raditya. 2017. Penalaan Kendali PID Untuk Pengendali Proses: Jurnal Teknologi Elektro. Jakarta: Universitas Setyagama
- [20] Bachri, Samsul. 2004. Sistem Kendali Hybrid PID – Logika Fuzzy Pada Pengaturan Kecepatan Motor DC. Jember: Makara Teknologi Vol 8, No.1, 25-34

LAMPIRAN



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : J. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 66145
Kampus II : J. Raya Karangrejo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-172/EL-FTI/2021
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

1 Oktober 2021

Kepada : Yth. M. Ibrahim Ashari, ST. MT.

Dosen Teknik Elektro S-1

ITN MALANG

Dengan Hormat,

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa:

Nama : SANDY DWI KURNIAWAN
NIM : 1812903
Fakultas : **Teknologi Industri**
Program Studi : **Teknik Elektro S-1**
Peminatan : T. Elektronika S1

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/I selama masa waktu :

“Semester Ganjil Tahun Akademik 2021/2022”

Demikian atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih



Mengetahui
Kepala Program Studi Teknik Elektro S-1

Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST. MT.
NIP. P. 1030100361





PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 653015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417630 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-172/EL-FTI/2021
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

1 Oktober 2021

Kepada : Yth. Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT.

Dosen Teknik Elektro S-1

ITN MALANG

Dengan Hormat,

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa:

Nama : SANDY DWI KURNIAWAN
NIM : 1812903
Fakultas : **Teknologi Industri**
Program Studi : **Teknik Elektro S-1**
Peminatan : T. Elektronika S1

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/I selama masa waktu :

"Semester Ganjil Tahun Akademik 2021/2022"

Demikian atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih



Mengetahui
Kepada Program Studi Teknik Elektro S-1

Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT.
NIP. P. 1030100361



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Sandy Dwi Kurniawan
NIM : 1812903
Konsentrasi : Teknik Elektronika
IDE KTP / Paspor : 3518140512960001
Alamat : Nganjuk
Judul Skripsi : Sistem Kontrol Suhu,pH Dan Monitoring Oksigen Pada Bioreaktor Berbasis Arduino Atmega 2560

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya buat merupakan karya sendiri bukan hasil plagiarisme dari orang lain. Dalam skripsi ini tidak memuat karya orang lain kecuali dicantumkan sumber yang digunakan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Apabila ternyata di dalam skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur – unsur plagiarisme, maka saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang saya peroleh (S-1) dibatalkan, serta di proses sesuai dengan perundangan-undangan yang berlaku.

Malang, Januari 2022
Yang Membuat Pernyataan



(Sandy Dwi Kurniawan)
NIM. 1812903



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Sandy Dwi Kurniawan
NIM : 1812903
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Peminatan : Teknik Elektronika
Masa Bimbingan : 2021-2021
Judul Skripsi : Sistem Kontrol Suhu,pH Dan Monitoring Oksigen Pada
Bioreaktor Berbasis Arduino Atmega 2560

Diperlihatkan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu
(S-1) pada

Hari : Jum'at
Tanggal : 4 Februari 2022
Nilai : 80,86

Panitian Ujian Skripsi

Majelis Ketua Penguji

Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT.
NIP. P. 1030100361

Anggota Penguji

Sekretaris Majelis Penguji

Sotyo Hadi, ST., MT
NIP. Y. 1039700309

Dosen Penguji I

Ir. Kartiko Ardi Widodo, M.T
NIP. Y. 1030400475

Dosen Penguji II

Sotyo Hadi, ST., MT
NIP. Y. 1039700309



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 651431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Sandy Dwi Kurniawan
NIM : 1812903
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Peminatan : Teknik Elektronika
Masa Bimbingan : 2021-2022
Judul Skripsi : Sistem Kontrol Suhu,pH Dan Monitoring Oksigen
Pada Bioreaktor Berbasis Arduino Atmega 2560

Tanggal	Uraian	Paraf
Ir. Kartiko Ardi Widodo M.T (Jumát, 4 Februari 2022)	Perbaikan flowchart memperjelas waktu penambahan buffer asam basa pada selenoid serta penambahan grafik lama waktu yang di tempuh dari suhu ruang ke suhu set point pada pagi dan malam hari.	

Disetujui,
Dosen Penguji I

Ir. Kartiko Ardi Widodo, M.T
NIP. Y. 1030400475

Mengetahui,

Dosen Pembimbing 1

Mohammad Ibrahim Ashari, ST., MT.
NIP. P. 1030100358

Dosen Pembimbing 2

Irmalia Survani Faradisa, ST., MT.
NIP. P. 1030100365



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 651431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Sandy Dwi Kurniawan
NIM : 1812903
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Peminatan : Teknik Elektronika
Masa Bimbingan : 2021-2022
Judul Skripsi : Sistem Kontrol Suhu,pH Dan Monitoring Oksigen Pada Bioreaktor Berbasis Arduino Atmega 2560

Tanggal	Uraian	Paraf
Sotyohadi, ST., MT (Jumát, 4 Februari 2022)	Penambahan di latar belakang dimasukan kekurangan alat sebelumnya dan bagaimana kekurangan alat sebelumnya, dan penambahan perhitungan pada PID	

Disetujui,

Dosen Pengaji II

Sotyohadi, ST., MT
NIP. Y. 1039700309

Mengetahui,

Dosen Pembimbing 1

Mohammad Ibrahim Ashari, ST., MT.
NIP. P. 1030100358

Dosen Pembimbing 2

Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT.
NIP. P. 1030100365



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG






FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 651431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

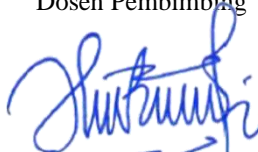
MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI SEMESTER
GENAP TAHUN AKADEMIK 2021/2021

Nama : Sandy Dwi Kurniawan
NIM : 1812903
Nama Pembimbing : Mohammad Ibrahim Ashari, ST., MT.
Judul Skripsi : Sistem Kontrol Suhu, pH Dan Monitoring Oksigen Pada Bioreaktor Berbasis Arduino Atmega 2560

No	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	2 Oktober 2021	09.00-11.00	Pertemuan Awal Konsultasi Judul Skripsi	
2	5 Oktober 2021	09.00-11.00	Konsultasi dan revisi bab 1 pada Latar belakang, Tujuan dan rumusan masalah	
3	8 Oktober 2021	09.00-11.00	Melanjutkan revisi pada bab 1 mengenai latar belakang dan merubah Judul Skripsi	
4	11 Oktober 2021	09.00-11.00	Konsultasi Pembuatan Diagram blok Kendali sstem kerja alat	
5	13 Oktober 2021	15.00 – 17.00	Konsultasi masuk pada bab III alur sistem kerja alat dan penambahan item mengenai desain alat	
6	21 Oktober 2021	15.00 – 17.00	Penambahan pada bab II mengenai dasar Teori yang belum masuk	
7	28 Oktober 2021	15.00 – 17.00	Revisi pada Diagram blok kesalahan pada arah panah	
8	4 November 2021	09.00-11.00	penambahan Gambar sistematic alat	

9	8 November 2021	15.00 – 17.00	Konsultasi Flowchart alur pengontrolan alat pada suhu	
10	15 November 2021	15.00 – 17.00	Revisi Pembuatan Flowchart masih belum jelas	
11	17 November 2021	15.00 – 17.00	Dasar teori di tambahkan dan di penjelasan lebih jelas setiap alat	
12	13 Desember 2021	15.00 – 17.00	Revisi bab III penambahan grafik lama waktu suhu samapai set point	
13	17 Januari 2022	15.00 – 17.00	Perbaikan di kesimpulan dan Saran	

Malang, 20 November 2020
Dosen Pembimbing



Mohammad Ibrahim Ashari, ST., MT.
NIP. P. 1030100358



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK






PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 651431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417836 Fax. (0341) 417834 Malang

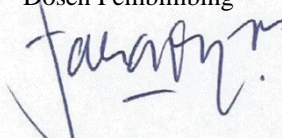
MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI SEMESTER
GENAP TAHUN AKADEMIK 2021/2021

Nama : Sandy Dwi Kurniawan
NIM : 1812903
Nama Pembimbing : Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT.
Judul Skripsi : Sistem Kontrol Suhu, pH Dan Monitoring Oksigen Pada Bioreaktor Berbasis Arduino Atmega 2560

No	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	2 Oktober 2021	09.00-11.00	Pertemuan Awal Konsultasi Judul Skripsi	
2	5 Oktober 2021	09.00-11.00	Konsultasi dan revisi bab 1 pada Latar belakang, Tujuan dan rumusan masalah	
3	8 Oktober 2021	09.00-11.00	Melanjutkan revisi pada bab 1 mengenai latar belakang dan merubah Judul Skripsi	
4	11 Oktober 2021	09.00-11.00	Konsultasi Pembuatan Diagram blok Kendali	
5	13 Oktober 2021	15.00 – 17.00	Konsultasi masuk pada bab III alur sistem kerja alat dan penambahan item mengenai desain alat	
6	21 Oktober 2021	15.00 – 17.00	Penambahan pada bab II mengenai dasar Teori yang belum masuk	
7	28 Oktober 2021	15.00 – 17.00	Revisi pada Diagram blok kesalahan pada arah panah	
8	4 November 2021	09.00-11.00	Konsultasi Gambar sistematic alat	

9	8 November 2021	15.00 – 17.00	Konsultasi Flowchart alur pengkontrolan alat	
10	15 November 2021	15.00 – 17.00	Revisi Pembuatan Flowchart	
11	17 November 2021	15.00 – 17.00	Revisi bab II pada dasar teori penambahan penjelasan lebih jelas	
12	13 Desember 2021	15.00 – 17.00	Penambahan grafik lama waktu suhu sampai set point dan penambahan grafik perbandingan suhu dan nilai pH	
13	17 Januari 2022	15.00 – 17.00	Perbaikan di kesimpulan dan Saran dan ppt kompre.	

Malang, 20 November 2020
Dosen Pembimbing



Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT.
NIP. P. 1030100365

Lampiran. Hasil pembacaan Uji Sensor

1. Pembacaan serial monitor sensor oksigen SKU SEN0237

COM3 (Arduino Mega or Mega 2560)

Temperature:	25	D0:	6.72
Temperature:	25	D0:	6.82
Temperature:	25	D0:	6.89
Temperature:	25	D0:	6.89
Temperature:	25	D0:	6.86
Temperature:	25	D0:	6.82
Temperature:	25	D0:	6.78
Temperature:	25	D0:	6.73
Temperature:	25	D0:	6.67
Temperature:	25	D0:	6.61
Temperature:	25	D0:	6.55
Temperature:	25	D0:	6.55
Temperature:	25	D0:	6.56
Temperature:	25	D0:	6.56
Temperature:	25	D0:	6.56
Temperature:	25	D0:	6.50
Temperature:	25	D0:	6.48
Temperature:	25	D0:	6.44
Temperature:	25	D0:	6.39
Temperature:	25	D0:	6.41
Temperature:	25	D0:	6.44
Temperature:	25	D0:	6.50
Temperature:	25	D0:	6.61
Temperature:	25	D0:	6.72
Temperature:	25	D0:	6.82
Temperature:	25	D0:	6.86
Temperature:	25	D0:	6.86
Temperature:	25	D0:	6.84
Temperature:	25	D0:	6.80
Temperature:	25	D0:	6.78
Temperature:	25	D0:	6.73
Temperature:	25	D0:	6.67
Temperature:	25	D0:	6.61
Temperature:	25	D0:	6.56
Temperature:	25	D0:	6.50
Temperature:	25	D0:	6.48
Temperature:	25	D0:	6.44
Temperature:	25	D0:	6.41

Autoscroll

2. Hasil Pembacaan serial monitor sensor pH pada pH 4 2

```
COM3 (Arduino Mega or Mega 2560)
|
pH value: 4.06
pH value: 4.07
pH value: 4.06
pH value: 4.06
pH value: 4.10
pH value: 4.60
pH value: 4.11
pH value: 4.03
pH value: 4.07
pH value: 4.06
pH value: 4.07
pH value: 4.22
pH value: 4.37
pH value: 4.19
pH value: 4.38
pH value: 4.46
pH value: 4.69
pH value: 4.60
pH value: 4.52
pH value: 4.63
pH value: 5.34
pH value: 4.41
pH value: 5.59
pH value: 4.67
pH value: 4.44
pH value: 4.36
pH value: 4.32
pH value: 4.30
pH value: 4.26
pH value: 4.25
pH value: 4.22
pH value: 4.22
pH value: 4.21
pH value: 4.18
pH value: 4.17
pH value: 4.17
pH value: 4.20
 Autoscroll
```


4. Hasil Pembacaan serial monitor sensor pH pada pH 9

```
COM3 (Arduino Mega or Mega 2560)

pH value: 8.92
pH value: 9.06
pH value: 9.16
pH value: 9.06
pH value: 9.06
pH value: 9.08
pH value: 9.03
pH value: 9.01
pH value: 9.04
pH value: 9.05
pH value: 9.05
pH value: 8.98
pH value: 9.00
pH value: 9.04
pH value: 9.05
pH value: 9.07
pH value: 9.05
pH value: 9.10
pH value: 9.08
pH value: 9.16
pH value: 9.08
pH value: 9.15
pH value: 9.07
pH value: 9.12
pH value: 9.00
pH value: 8.99
pH value: 9.03
pH value: 9.03
pH value: 9.03
pH value: 9.05
pH value: 9.04
pH value: 9.05
pH value: 9.03
pH value: 9.04
pH value: 9.03
pH value: 9.03
pH value: 9.02
```

Autoscroll

5. Hasil Pembacaan serial monitor sensor suhu DS18B20

```
COM3 (Arduino Mega or Mega 2560)

Sensor: 36.94C
Sensor: 37.00C
Sensor: 37.00C
Sensor: 37.00C
Sensor: 37.00C
Sensor: 37.00C
Sensor: 37.00C
Sensor: 37.00C
Sensor: 37.00C
Sensor: 37.00C
Sensor: 37.00C
Sensor: 37.00C
Sensor: 37.00C
Sensor: 37.00C
Sensor: 37.00C
Sensor: 37.00C
Sensor: 37.00C
Sensor: 36.94C
Sensor: 36.94C
Sensor: 36.94C
Sensor: 37.00C
Sensor: 36.94C
Sensor: 37.00C
Sensor: 37.00C
Sensor: 36.94C
Sensor: 36.94C
Sensor: 37.00C
Sensor: 36.94C
Sensor: 37.00C
Sensor: 36.94C
Sensor: 36.94C
Sensor: 36.94C
Sensor: 36.94C
Sensor: 37.00C
Sensor: 36.94C
Sensor: 36.94C
Sensor: 36.94C
Sensor: 36.94C
Sensor: 37.00C
Sensor: 36.94C
Sensor: 36.94C
Sensor: 36.94C
Sensor: 36.94C
Sensor: 36.94C
```

Autoscroll

Lampiran. Pemrograman Sistem Kontrol Bioreaktor

```
//motor Driver
int b2a=5, be0=12;//12 ga bermasalah double Setpoint2, eror2;
int l, k, o, p;

//DO
#include <avr/pgmspace.h> #include <EEPROM.h>

#define DoSensorPin A3 //dissolved oxygen sensor analog
output pin to arduino mainboard
#define VREF 5000 //for arduino uno, the ADC reference is
the AVCC, that is 5000mV(TYP)
float doValue; //current dissolved oxygen value, unit; mg/L
float temperature; //default temperature is 25^C, you can use a
temperature sensor to read it

#define EEPROM_write(address, p) {int i = 0; byte *pp =
(byte*)&(p);for(; i < sizeof(p); i++) EEPROM.write(address+i,
pp[i]);}
#define EEPROM_read(address, p) {int i = 0; byte *pp =
(byte*)&(p);for(; i < sizeof(p); i++)
pp[i]=EEPROM.read(address+i);}

#define ReceivedBufferLength 20
char receivedBuffer[ReceivedBufferLength+1]; // store the
serial command byte receivedBufferIndex = 0;

#define SCOUNT 30 // sum of sample point
int analogBuffer[SCOUNT]; //store the analog value in the
array, readed from ADC
int analogBufferTemp[SCOUNT];
int analogBufferIndex = 0,copyIndex = 0;
```

```

#define SaturationDoVoltageAddress 12 //the address of the
Saturation Oxygen voltage stored in the EEPROM
#define SaturationDoTemperatureAddress 16 //the address of
the Saturation Oxygen temperature stored in the EEPROM
float SaturationDoVoltage,SaturationDoTemperature; float
averageVoltage;

const float SaturationValueTab[41] PROGMEM = { //saturation
dissolved oxygen concentrations at various temperatures
14.46, 14.22, 13.82, 13.44, 13.09,
12.74, 12.42, 12.11, 11.81, 11.53,
11.26, 11.01, 10.77, 10.53, 10.30,
10.08, 9.86, 9.66, 9.46, 9.27,
9.08, 8.90, 8.73, 8.57, 8.41,
8.25, 8.11, 7.96, 7.82, 7.69,
7.56, 7.43, 7.30, 7.18, 7.07,
6.95, 6.84, 6.73, 6.63, 6.53,
6.41,
};

//Motor
#include <Wire.h> #include <PID_v1.h>

double Setpoint1, Input1, Output1;
//double Kp=0.2, Ki=0.3, Kd=0.01;
double Kp=0.00053, Ki=0.3441558, Kd=0.000020405;
//double Kp=0.1, Ki=0.5, Kd=0.01;
PID myPID1(&Input1, &Output1, &Setpoint1, Kp, Ki, Kd,
DIRECT); int stepPin=6;

#define reed A1//pin connected to read switch int reedVal;
long timer;// time between one full rotation (in ms) int mph;
float radius = 13.5;// tire radius (in inches) float circumference;
int kph; int rpm;

```

```

int maxReedCounter = 10;//min time (in ms) of one rotation
(for debouncing) int reedCounter;
int gear_n = 7; const char* gear;

//Heater
#include <PID_v1.h>
#include <OneWire.h>//DS18B20 Library
#include <DallasTemperature.h>//DS18B20 Library #include
<TimerOne.h>
#define ONE_WIRE_BUS 7 #include <Wire.h>
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS); DallasTemperature
sensors(&oneWire);

double Setpoint, Input, Output, error; double consKp=82,
consKi=1, consKd=80; double aggKp=10.08649, aggKi=1.9,
aggKd=24;
PID myPID(&Input, &Output, &Setpoint, consKp, consKi,
consKd, DIRECT); int Kon_power, Vac_power;
int deviceCount=0; int Dallas;
double Temperature,Temperature_H=60,
Temp_AVR1,Temp_AVR2,Temp_AVR3,Temp_AVR4,oke;
float TemperatureTot;
int dim1=0, alpha=135, pas=8, freqStep=75,
alphadecrease=90; volatile int Z = 0;
volatile boolean zero_cross = 0; int AC_pin=3; //Driver Heater int
AC_pin2=4;

//pH
#define SensorPin A2 //pH meter Analog output to Arduino
Analog Input 0
#define Offset 0.32 //deviation compensate #define LED 13
#define samplingInterval 20
#define printInterval 800
#define ArrayLenth 40 int pHArray[ArrayLenth];

```

```
int pHArrayIndex=0;
static unsigned long samplingTime = millis(); static unsigned
long printTime = millis(); static float pHValue,voltage;
```

```
//General
```

```
#include <SD.h>//SDcard Library #include <SPI.h>//SDcard
Library File myFile;
```

```
int pinCS = 53; int new_data=0;
```

```
char filename[] = "00000000.CSV";
```

```
#include <Keypad.h>//Keypad Library const byte ROWS = 4;
```

```
const byte COLS = 4; int i,a,b,x,m=-1;
```

```
char hexaKeys[ROWS][COLS] = {
```

```
{'1', '2', '3', 'A'},
```

```
{'4', '5', '6', 'B'},
```

```
{'7', '8', '9', 'C'},
```

```
{ '*', '0', '#', 'D' }
```

```
};
```

```
byte rowPins[ROWS] = {A12, A11 , A10, A9}; // {A12, A11,
```

```
A10, A9}; byte colPins[COLS] = {A8, A7, A6, A5 }; // {A8,
```

```
A7, A6, A5};
```

```
Keypad customKeypad = Keypad(makeKeymap(hexaKeys),
```

```
rowPins, colPins, ROWS, COLS);
```

```
#include <Wire.h> //LCD 20X4 #include
```

```
<LiquidCrystal_I2C.h>
```

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4); //0x3F #include
```

```
<TimerOne.h>
```

```
#include <RTClib.h>//RTC MODUL RTC_DS3231 RTC;
```

```
uint8_t clock[8] = {0x0,0xe,0x15,0x17,0x11,0xe,0x0};
```

```
char daysOfTheWeek[7][12] = {"Kam", "Jum", "Sab", "Ming",
```

```
"Sen", "Sel", "Rab"};
```

```
char bulan[12][12] ={" Nov", "Des","Jan", "Feb", "Mar",  
"Apr", "Mei", "Jun", "Jul", "Agu", "Sep", "Okt"};
```

```
double speed_motor=120; float pH=6.0;
```

```
int length = 33; // the number of notes  
char notes[] = "abcafedbacegffgecdabbagefdbcdeed"; // a space  
represents a rest int beats[] = { 2, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 1, 1, 1,  
1, 1, 1, 2, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1,  
2, 1, 4, 1, 1, 1, 1, 1,1,1,4 };
```

```
int tempo = 300;
```

```
//Actuator Wattage, Current, Voltage float Agitator2, Current1,  
Voltage1; int Current2, Heater1, Voltage2;
```

```
// Input/Output
```

```
int speakerPin=11;// Buzzer Piezo
```

```
//Input Value
```

```
int type, sec_timer, min_timer; int A,B,C,D,e,f,q;
```

```
int daysleft=0, hoursleft=0, minleft=0, secleft=0; int
```

```
other_menu,next,lock;
```

```
int tes=255;int lock2;
```

```
int Spd_Decrease, Spd_Increase, men, men1, men2; float  
Percentage, Motor_Output;
```

```
int num_min_timer1=0, num_min_timer2=0,
```

```
num_sec_timer1=0, num_sec_timer2=1;// Timer
```

```
int numv=1,numw=2,numx=8;// Alpha
```

```
int num_hour1=0, num_hour2=9, num_minute1=0,
```

```
num_minute2=0, num_second1=0, num_second2=0;// timer
```

```
int num,
```

```
num1=1,num2=2,num3=0,num6=3,num7=7;//Motor_Speed=num  
m1*100+num2*10+num3; num5 OC
```

```
Temperature=num4*10+num5 OC
```

```
float num4=6, num5=0; int FileKey=0;
```

```

int hours=9,minutes=0,seconds=0, min_interval=0,
sec_interval=1, erase=60; long startTime;
void setup()
{

//DO
pinMode(stepPin, OUTPUT); digitalWrite(stepPin, HIGH);
pinMode(DoSensorPin,INPUT); readDoCharacteristicValues();

//Heater sensors.begin(); pinMode(AC_pin, OUTPUT);
pinMode(AC_pin2, OUTPUT);
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(2), zero_cross_detect,
RISING); Timer1.initialize(freqStep);
Timer1.attachInterrupt(dim_check, freqStep);

lcd.begin();
deviceCount= sensors.getDeviceCount(); pinMode(pinCS,
OUTPUT); pinMode(speakerPin, OUTPUT);
lcd.setCursor(0,0);lcd.print("  BIOREACTOR ");delay(2000);
lcd.setCursor(0,2);lcd.print("  DHITA & MIAA");delay(1500);
lcd.clear(); lcd.setCursor(0,0);lcd.print(" Running System...
");delay(1000);
if (RTC.begin())
{lcd.setCursor(0,1);lcd.print(" Carry On RTC Clock ");} if
(RTC.lostPower())
{lcd.setCursor(0,1);lcd.print(" RTC Can't Work
");RTC.adjust(DateTime(2019, 11, 7, 0, 0, 0));}delay(1000);

lcd.setCursor(0,2 );lcd.print(" Found
");lcd.print(deviceCount,DEC);lcd.print(" Device");delay(1000);

lcd.setCursor(0,3 );

```

```

if (SD.begin()){lcd.print(" SDcard Can Be Used
");FileKey=1;} else{lcd.print("SDcard Can't Be
Used");}delay(1500);lcd.clear();

//motor
reedCounter = maxReedCounter; circumference =
2*3.14*radius; pinMode(reed, INPUT); pinMode(gear_n,
INPUT); Serial.begin(9600); cli();//stop interrupts
//set timer1 interrupt at 1kHz
TCCR4A = 0;// set entire TCCR1A register to 0 TCCR4B =
0;// same for TCCR1B
TCNT4 = 0;
// set timer count for 1khz increments
OCR4A = 1999;// = (1/1000) / ((1/(16*10^6))*8) - 1
// turn on CTC mode TCCR4B |= (1 << WGM42);
// Set CS11 bit for 8 prescaler TCCR4B |= (1 << CS41);
// enable timer compare interrupt TIMSK4 |= (1 <<
OCIE4A);
sei();
myPID1.SetMode(AUTOMATIC);
}
void zero_cross_detect() {
zero_cross = true; // set the boolean to true to tell our
dimming function that a zero cross has occurred
Z = 0;
digitalWrite(AC_pin, LOW); digitalWrite(AC_pin2, LOW);
}
// Turn on the TRIAC at the appropriate time void
dim_check() {
if (zero_cross == true)
{
if (Z >= alpha) {

```

```

digitalWrite(AC_pin, HIGH); // turn on light
digitalWrite(AC_pin2, HIGH); // turn on light Z = 0; //
reset time step counter
zero_cross = false; // reset zero cross detection
}
else {
Z++; // increment time step counter
}
}
}
}
void loop()
{
DateTime now = RTC.now (); dimmer();

Sensor_DS18B20(); if(D==0)//Features
{
digitalWrite(speakerPin,HIGH);
// analogWrite(b1a, 0);
analogWrite(be0, 0);
analogWrite(b2a, 0); digitalWrite(stepPin, HIGH);
//myPID.SetMode(MANUAL); alphadecrease=-8;
new_data=0;sec_timer=0;min_timer=0;// reset value
keypads();if(D==1){D=0;}if(B==1){A=0;D++;}
lcd.setCursor(1,0);lcd.print("Choose The
Process");lcd.setCursor(8,1);lcd.print("Type:");

lcd.setCursor(0,3);lcd.print("Bioreactor");lcd.setCursor(10,3);lcd.
print("{B}")
;
lcd.setCursor(14,2);lcd.print("Alpha:");
if(alpha<=100){lcd.setCursor(16,3);lcd.print(alpha);lcd.print("% "
);}
if(alpha>=100){lcd.setCursor(15,3);lcd.print(alpha);lcd.print("% "
);}
}

```



```

}
if(D==1)//Process Confirmation
{
lcd.clear(); if(B==1){type=2;} while(D==1)
{
lcd.setCursor(2,1);lcd.print("Confirm Process?");f=0;

lcd.setCursor(0,3);lcd.print("Cancel{C}");lcd.setCursor(15,3);lcd.
print("OK{D}"
);
keypads();
}
lcd.clear();
}

while(A==1)
{
while(A==1)
{
Sensor_DS18B20();
for (int Dallas=0; Dallas<deviceCount; Dallas++)
{
keypads();Temperature=sensors.getTempCByIndex(Dallas);
if(Dallas==0){Temp_AVR1=Temperature;}
if(Dallas==1){Temp_AVR2=Temperature;}
if(Dallas==2){Temp_AVR3=Temperature;}
if(Dallas==3){Temp_AVR4=Temperature;}
lcd.setCursor(0,0);lcd.print("Sensor 1:
");lcd.setCursor(0,1);lcd.print("Sensor 2:
");lcd.setCursor(0,2);lcd.print("Sensor 3: ");
lcd.setCursor(10,Dallas);lcd.print(Temperature);lcd.print(" \337C
");lcd.setCursor(0,3);lcd.print(" ");
}
}lcd.clear();if(D==1){D=0;}if(D==5){D=5;}

```

```

}
while(D==2)//Set Timer

{
d1();
x=0;next=0; num=num_hour1; while(next==0)
{
D=2;keypads();if(num>4){num=4;} //ganti
lcd.setCursor(1,1);lcd.print("
");delay(110);lcd.setCursor(1,1);lcd.print(num);delay(95);
if(x==1){next++;}
}num_hour1=num;num=num_hour2; while(next==1)
{
D=2;keypads();if(num_hour1==4&&num>7){num=7;}
lcd.setCursor(2,1);lcd.print("
");delay(110);lcd.setCursor(2,1);lcd.print(num);delay(95);
if(x==2){next++;}
}num_hour2=num;num=num_minute1; while(next==2)
{
D=2;keypads();if(num>5){num=5;} lcd.setCursor(4,1);lcd.print("
");delay(110);lcd.setCursor(4,1);lcd.print(num);delay(95);
if(x==3){next++;}
}num_minute1=num;num=num_minute2; while(next==3)
{
D=2;keypads(); lcd.setCursor(5,1);lcd.print("
");delay(110);lcd.setCursor(5,1);lcd.print(num);delay(95);
if(x==4){next++;}
}num_minute2=num;num=num_second1; while(next==4)
{
D=2;keypads();if(num>5){num=5;} lcd.setCursor(7,1);lcd.print("
");delay(110);lcd.setCursor(7,1);lcd.print(num);delay(95);
if(x==5){next++;}
}num_second1=num;num=num_second2; while(next==5)
{

```

```

D=2;keypads(); lcd.setCursor(8,1);lcd.print("
");delay(110);lcd.setCursor(8,1);lcd.print(num);delay(95);
if(x==6){next++;}
}num_second2=num;num=num_hour1; hours=
num_hour1*10+num_hour2; minutes=
num_minute1*10+num_minute2; seconds=
num_second1*10+num_second2;
}

```

```

while(D==3)//Set Interval
{
d1();
x=0;next=0; num=num_min_timer1; while(next==0)
{
D=3;keypads();if(num>5){num=5;}
lcd.setCursor(13,1);lcd.print("
");delay(110);lcd.setCursor(13,1);lcd.print(num);delay(95);
if(x==1){next++;}
}num_min_timer1=num;num=num_min_timer2; while(next==1)
{
D=3;keypads(); lcd.setCursor(14,1);lcd.print("
");delay(110);lcd.setCursor(14,1);lcd.print(num);delay(95);
if(x==2){next++;}
}num_min_timer2=num;num=num_sec_timer1; while(next==2)
{
D=3;keypads();if(num>5){num=5;}
lcd.setCursor(16,1);lcd.print("
");delay(110);lcd.setCursor(16,1);lcd.print(num);delay(95);
if(x==3){next++;}
}num_sec_timer1=num;num=num_sec_timer2;
while(next==3)
{
D=3;keypads();if(num_min_timer1==0&&num_min_timer2==0
&&num_sec_timer1==0&&num== 0){num=1;}

```

```

lcd.setCursor(17,1);lcd.print("
");delay(110);lcd.setCursor(17,1);lcd.print(num);delay(95);
if(x==4){next++;}
}num_sec_timer2=num;num=num_min_timer1;

min_interval= num_min_timer1*10+num_min_timer2;
sec_interval= num_sec_timer1*10+num_sec_timer2; lock2=1;
}

if(D==4)//Set Temperature(oC)
{
d2();
next=0;lcd.clear(); while(lock2==1)
{
Percentage=0; for(Percentage=0;Percentage<=100;Percentage++)
{Percentage++;delay(50);} if(Percentage>=100){lock2=0;}
}
if(D==5&&e==1){D=11;}if(f==0){DateTime now = RTC.now
();startTime=now.unixtime();f=1;}
}
if(D>=5)// Timer
{
Serial.print(rpm);
Serial.print(","); // a space ' ' or tab '\t' character is printed
between the two values.
Serial.print(TemperatureTot);

Serial.print(","); // a space ' ' or tab '\t' character is printed
between the two values.
Serial.print(pHValue);
Serial.print(","); // a space ' ' or tab '\t' character is printed
between the two values.
Serial.println(doValue); digitalWrite(stepPin, LOW);
// analogWrite(b1a, Output1);

```

```

Input=TemperatureTot; Setpoint=Temperature_H;
alphadecrease=alphadecrease*consKi; error=Setpoint-Input;
if(error<0)
{alphadecrease=-8;}
else if(error>=0&&error<0.1)
{alphadecrease=25;}
else if(error>=0.1&&error<0.3)
{alphadecrease=33;}
else if(error>=0.3&&error<0.5)
{alphadecrease=45;}
else if(error>=0.5&&error<2)
{alphadecrease=50;}
else if(error>=2&&error<2.5)
{alphadecrease=55;}
else if(error>=2.5&&error<3)
{alphadecrease=60;}
else if(error>=3&&error<3.5)
{alphadecrease=70;}
else if(error>=3.5&&error<4)
{alphadecrease=80;} else if(error>=4)
{alphadecrease=85;}
Setpoint2=pH; error2=Setpoint2-pHValue; if(error2==0)
{analogWrite(b2a,0); analogWrite(be0,0);
}
else if(error2<0&&1<=1)//else semua
{
analogWrite(b2a,100); l++;
if(l>=1)
{k=0;}
}
else if(k<=50)
{
analogWrite(b2a,0); k++;

```

```

if(k>=50)
{l=0;}
}
else if(error2>=0.2&&o<=1)
{
analogWrite(be0,200); o++;
if(o>=1)
{p=0;}
}
else if(p<=50)
{
analogWrite(be0,0); p++;
// Serial.println("Keempat"); if(p>=50)
{o=0;}
}
keypads();
DateTime now = RTC.now ();e=1;f=1; if(FileKey==1)
{
getFilename(filename);
myFile = SD.open(filename, FILE_WRITE); if(new_data==0)
{
myFile.println("");myFile.println(""); myFile.print("Date= ");
if(now.day()<10)
{ myFile.print("0");}myFile.print(now.day());myFile.print("/");
if(now.month()<10)
{ myFile.print("0");}myFile.print(now.month());myFile.print("/");
if(now.year()<10)
{ myFile.print("0");}myFile.println(now.year());

myFile.print("Time= "); if(now.hour()<10)
{ myFile.print("0");}myFile.print(now.hour());myFile.print(":");
if(now.minute()<10)
{ myFile.print("0");}myFile.print(now.minute());myFile.print(":");
if(now.second()<10)

```

```

{myFile.println("0");}myFile.println(now.second());

myFile.println("TIMER, TEMPERATURE(oC), pH, DO,
rpm"); new_data=1;
}
}
if(sec_timer<seclft){sec_timer=sec_timer+sec_interval;}
if(myFile&&minleft==min_timer&&seclft==sec_timer)
{

sec_timer=sec_timer+sec_interval;
if(sec_timer>=60){sec_timer=sec_timer-erase;min_timer++;}
min_timer=min_timer+min_interval;
if(min_timer>=60){min_timer=min_timer-erase;}

if(hoursleft<10)
{myFile.println("0");}myFile.print(hoursleft);myFile.print(":");

if(minleft<10)
{myFile.println("0");}myFile.print(minleft);myFile.print(":");
if(seclft<10)
{myFile.println("0");}myFile.print(seclft);
myFile.print(",");myFile.print(TemperatureTot);
myFile.print(",");myFile.print(pHValue);
myFile.print(",");myFile.println(doValue);
myFile.print(",");myFile.println(rpm);
}
//
Serial.print(min_timer);Serial.print(",");Serial.print(minleft);Serial
.print(",");
");Serial.print(sec_timer);Serial.print(",");Serial.println(seclft);

myFile.close(); // close the file if(B==1&&type==2){lock=2;}
daysleft = (now.unixtime() - startTime)/60/60/24;

```

```

hoursleft = (now.unixtime() - startTime)/60/60 -
(daysleft*24); minleft = (now.unixtime() - startTime)/60 -
(hoursleft*60) -
(daysleft*24*60);
seclft = (now.unixtime() - startTime) - (minleft*60) -
(hoursleft*3600) - (daysleft*24*60*60);

```

```

if(type==2)
{
lcd.setCursor(0,3);lcd.print("T
");lcd.print(TemperatureTot);lcd.setCursor(7,3);lcd.print("\337C
"); lcd.setCursor(0,2);lcd.print("S
");lcd.print(rpm);lcd.print("rpm");
lcd.setCursor(0,1);lcd.print("pH:");lcd.print(pHValue);

```

```

lcd.setCursor(0,0);lcd.print("DO:");lcd.print(doValue);lcd.setCurs
or(7,0);lcd.p rint("mg/L");

```

```

}
lcd.setCursor(12,0);lcd.print("SystemOn"); lcd.setCursor(12,1);
if(hoursleft<10){lcd.print("0");}lcd.print(hoursleft);lcd.print(':');
if(minleft<10){lcd.print("0");}lcd.print(minleft);lcd.print(':');
if(seclft<10){lcd.print("0");}lcd.print(seclft);f=1;
lcd.setCursor(14
,3);lcd.print("End");lcd.setCursor(17,3);lcd.print("[C]");

```

```

if(hoursleft==hours&&minleft==minutes&&seclft==seconds&
&f==1)

```

```

{
D=0;lcd.clear();lcd.setCursor(0,1);lcd.print(" Heater
");lcd.setCursor(0,2);lcd.print(" Turned OFF ");
for (int i = 0; i < length; i++) {
if (notes[i] == ' '){delay(beats[i] * tempo);} else
{playNote(notes[i], beats[i] * tempo);} delay(tempo / 2);}
}

```



```

if(D==0){lcd.clear();}
}
//pH loop
if(millis()-samplingTime > samplingInterval)
{
pHArray[pHArrayIndex++]=analogRead(SensorPin);
if(pHArrayIndex==ArrayLenth)pHArrayIndex=0;
voltage = avergearray(pHArray, ArrayLenth)*5.0/1024;

pHValue = 3.5*voltage+Offset; samplingTime=millis();
}
if(millis() - printTime > printInterval) //Every 800
milliseconds, print a numerical, convert the state of the LED
indicator
{
//Serial.print("Voltage:");
//Serial.print(voltage,2);
//Serial.print(" pH value: ");
// Serial.println(pHValue,2);
//digitalWrite(LED,digitalRead(LED)^1); printTime=millis();
}
//DO baru
static unsigned long analogSampleTimepoint = millis();
if(millis()-analogSampleTimepoint > 30U) //every 30
milliseconds,read the analog value from the ADC
{
analogSampleTimepoint = millis();
analogBuffer[analogBufferIndex] = analogRead(DoSensorPin);
//read the analog value and store into the buffer
analogBufferIndex++; if(analogBufferIndex == SCOUNT)
analogBufferIndex = 0;
}

static unsigned long tempSampleTimepoint = millis();

```

```

if(millis()-tempSampleTimepoint > 500U) // every 500
milliseconds, read the temperature
{
tempSampleTimepoint = millis();
temperature = TemperatureTot; // add your temperature codes
here to read the temperature, unit: ^C
}

```

```

static unsigned long printTimepoint = millis(); if(millis()-
printTimepoint > 1000U)
{
printTimepoint = millis();
for(copyIndex=0;copyIndex<SCOUNT;copyIndex++)
{
analogBufferTemp[copyIndex]= analogBuffer[copyIndex];
}
averageVoltage =
getMedianNum(analogBufferTemp,SCOUNT) * (float)VREF /
1024.0; // read the value more stable by the median filtering
algorithm
// Serial.print(F("Temperature:"));
// Serial.print(temperature,1);
// Serial.print(F("^C"));
doValue = pgm_read_float_near( &SaturationValueTab[0] +
(int)(SaturationDoTemperature+0.5) ) * averageVoltage /
SaturationDoVoltage;
//calculate the do value, doValue = Voltage /
SaturationDoVoltage * SaturationDoValue(with temperature
compensation)
// Serial.print(F(", DO Value:"));
// Serial.print(doValue,2);
// Serial.println(F("mg/L"));
}
if(serialDataAvailable() > 0)

```

```

{
byte modeIndex = uartParse(); //parse the uart command
received doCalibration(modeIndex); // If the correct calibration
command is
received, the calibration function should be called.
}
}
boolean serialDataAvailable(void)
{
char receivedChar;
static unsigned long receivedTimeOut = millis(); while (
Serial.available() > 0 )
{
if (millis() - receivedTimeOut > 500U)
{
receivedBufferIndex = 0;
memset(receivedBuffer,0,(ReceivedBufferLength+1));
}
receivedTimeOut = millis(); receivedChar = Serial.read();
if (receivedChar == '\n' || receivedBufferIndex ==
ReceivedBufferLength)
{
receivedBufferIndex = 0; strupr(receivedBuffer); return true;
}else{
receivedBuffer[receivedBufferIndex] = receivedChar;
receivedBufferIndex++;
}
}
return false;
}
byte uartParse()
{
byte modeIndex = 0;

```

```

if(strstr(receivedBuffer, "CALIBRATION") != NULL)
modeIndex = 1;
else if(strstr(receivedBuffer, "EXIT") != NULL) modeIndex =
3;
else if(strstr(receivedBuffer, "SATCAL") != NULL)
modeIndex = 2;
return modeIndex;
}

```

```

void doCalibration(byte mode)
{
char *receivedBufferPtr;
static boolean doCalibrationFinishFlag =
0,enterCalibrationFlag = 0; float voltageValueStore;
switch(mode)
{

case 0:
if(enterCalibrationFlag)
// Serial.println(F("Command Error")); break;

case 1:
enterCalibrationFlag = 1;
doCalibrationFinishFlag = 0;
// Serial.println();
// Serial.println(F(">>>Enter Calibration Mode<<<"));
// Serial.println(F(">>>Please put the probe into the
saturation oxygen water! <<<"));
// Serial.println(); break;

case 2:
if(enterCalibrationFlag)
{
// Serial.println();

```

```

// Serial.println(F(">>>Saturation Calibration Finish!<<<"));
// Serial.println();
EEPROM_write(SaturationDoVoltageAddress, averageVoltage);
EEPROM_write(SaturationDoTemperatureAddress,
temperature); SaturationDoVoltage = averageVoltage;
SaturationDoTemperature = temperature;
doCalibrationFinishFlag = 1;
}
break;

```

```

case 3: if(enterCalibrationFlag)
{
// Serial.println(); if(doCalibrationFinishFlag)
Serial.print(F(">>>Calibration Successful")); else
// Serial.print(F(">>>Calibration Failed"));
// Serial.println(F(",Exit Calibration Mode<<<"));
// Serial.println(); doCalibrationFinishFlag = 0;
enterCalibrationFlag = 0;
}
break;
}
}

```

```

int getMedianNum(int bArray[], int iFilterLen)
{
int bTab[iFilterLen];
for (byte i = 0; i<iFilterLen; i++)
{
bTab[i] = bArray[i];
}
int i, j, bTemp;
for (j = 0; j < iFilterLen - 1; j++)
{
for (i = 0; i < iFilterLen - j - 1; i++)

```

```

{
if (bTab[i] > bTab[i + 1])
{
bTemp = bTab[i];
bTab[i] = bTab[i + 1]; bTab[i + 1] = bTemp;
}
}
}
if ((iFilterLen & 1) > 0)
bTemp = bTab[(iFilterLen - 1) / 2]; else
bTemp = (bTab[iFilterLen / 2] + bTab[iFilterLen / 2 - 1]) /
2; return bTemp;
}

```

```

void readDoCharacteristicValues(void)
{
EEPROM_read(SaturationDoVoltageAddress,
SaturationDoVoltage);
EEPROM_read(SaturationDoTemperatureAddress,
SaturationDoTemperature);
if(EEPROM.read(SaturationDoVoltageAddress)==0xFF &&
EEPROM.read(SaturationDoVoltageAddress+1)==0xFF &&
EEPROM.read(SaturationDoVoltageAddress+2)==0xFF &&
EEPROM.read(SaturationDoVoltageAddress+3)==0xFF)
{
SaturationDoVoltage = 1127.6; //default voltage:1127.6mv
EEPROM_write(SaturationDoVoltageAddress,
SaturationDoVoltage);
}
if(EEPROM.read(SaturationDoTemperatureAddress)==0xFF
&& EEPROM.read(SaturationDoTemperatureAddress+1)==0xFF
&& EEPROM.read(SaturationDoTemperatureAddress+2)==0xFF

```

```

&&
EEPROM.read(SaturationDoTemperatureAddress+3)==0xFF)
{
SaturationDoTemperature = 25.0; //default temperature is
25^C EEPROM_write(SaturationDoTemperatureAddress,
SaturationDoTemperature);
}
}

//motor void ISR(TIMER4_COMPA_vect)
{
reedVal = digitalRead(reed); //get val of A0 if (reedVal) //if
reed switch is closed
if (reedCounter == 0) { //min time between pulses has passed
mph = (56.8*float(circumference))/float(timer); //calculate miles
per hour rpm = (float(60000))/(float(timer));
timer = 0; //reset timer
reedCounter = maxReedCounter; //reset reedCounter kph =
mph * 1.609344;
}
else{
if (reedCounter > 0) { //don't let reedCounter go negative
//reedCounter -= 1; //decrement reedCounter
}
}
}

else{ //if reed switch is open
if (reedCounter > 0) { //don't let reedCounter go negative
reedCounter -= 1; //decrement reedCounter
}
}
if (timer > 1000) { mph = 0;

```

```

kph = 0;//if no new pulses from reed switch- tire is still,
set mph, rpm and kph to 0
rpm=0;
}
else{
timer += 1;//increment timer
}
}

```

```

//pH Void
double avergearray(int* arr, int number){ int i;
int max,min; double avg; long amount=0; if(number<=0){
// Serial.println("Error number for the array to avraging!\n");
return 0;
}
if(number<5){ //less than 5, calculated directly statistics
for(i=0;i<number;i++){
amount+=arr[i];
}
avg = amount/number; return avg;
}else{
if(arr[0]<arr[1]){
min = arr[0];max=arr[1];
}
else{
min=arr[1];max=arr[0];
}
for(i=2;i<number;i++){ if(arr[i]<min){
amount+=min; //arr<min min=arr[i];
}else { if(arr[i]>max){
amount+=max; //arr>max max=arr[i];
}else{
amount+=arr[i]; //min<=arr<=max
}
}
}

```



```

} //if
} //for
avg = (double)amount/(number-2);
} //if return avg;
}

```

```

void keypads()
{
char customKey = customKeypad.getKey(); if (customKey)
{
// Serial.println(customKey);
}
if (customKey=='0'){num=0;x++;} if
(customKey=='1'){num=1;x++;} if
(customKey=='2'){num=2;x++;} if
(customKey=='3'){num=3;x++;} if
(customKey=='4'){num=4;x++;} if
(customKey=='5'){num=5;x++;} if
(customKey=='6'){num=6;x++;} if
(customKey=='7'){num=7;x++;} if
(customKey=='8'){num=8;x++;} if
(customKey=='9'){num=9;x++;}
if (customKey=='#'){Spd_Increase=1;} if
(customKey=='*'){Spd_Decrease=1;} if
(customKey=='A'){A=1;}
if (customKey=='B'){B=1;}
if (customKey=='C'){A=0;B=0;D=0;lcd.clear();} if
(customKey=='D'){D++;B=0;A=0;next=6;q=0;}
}

```

```

void dimmer()
{
alpha=128-alphaDecrease; dim1 = 255 - 2 * alpha;
Kon_power=100 - 100 * (255 - dim1) / 255;

```

```
}
```

```
void Sensor_DS18B20()
```

```
{  
sensors.requestTemperatures();  
TemperatureTot=sensors.getTempCByIndex(Dallas)+1;  
}
```

```
void d1()//Set Timer display
```

```
{  
DateTime now = RTC.now(); lcd.setCursor(0,0);lcd.print("Set  
Timer:"); lcd.setCursor(1,1);  
if(hours<10){lcd.print("0");}lcd.print(hours);lcd.print(':');  
if(minutes<10){lcd.print("0");}lcd.print(minutes);lcd.print(':');  
if(seconds<10){lcd.print("0");}lcd.print(seconds);
```

```
lcd.setCursor(11,0);lcd.print("Interval:"); lcd.setCursor(13,1);  
if(min_interval<10){lcd.print("0");}lcd.print(min_interval);lcd.pri  
nt(':'); if(sec_interval<10){lcd.print("0");}lcd.print(sec_interval);
```

```
lcd.setCursor(0,2);lcd.print("S:");lcd.setCursor(6,2);lcd.print("rp  
m");lcd.setCursor(14,3);lcd.print(" OK{D}");  
if(type==2){lcd.setCursor(3,2);lcd.print(speed_motor,0);}  
lcd.setCursor(0,3);lcd.print("T:");lcd.setCursor(5,3);lcd.print("\33  
7C ");  
if(type==2){lcd.setCursor(3,3);lcd.print(Temperature_H,0);}
```

```
lcd.setCursor(11,2);lcd.print("pH:");  
if(type==2){lcd.setCursor(15,2);lcd.print(pH,1);}  
}
```

```
void d2()
```

```
{  
lcd.clear();
```

```

d1();
B++;
while(B==1)
{
next=0;x=0;num=num1; while(next==0)
{
D=4;keypads(); if(num<1){num=1;} if(num>2){num=2;}
lcd.setCursor(3,2);lcd.print(" ");delay(95);
lcd.setCursor(3,2);lcd.print(num);delay(95);
lcd.setCursor(4,2);lcd.print(num2);
lcd.setCursor(5,2);lcd.print(num3); if(x==1){next++;}
}
num1=num;num=num2; while(next==1)
{
D=4;keypads(); if(num1==2){num=0;}
lcd.setCursor(4,2);lcd.print(" ");delay(95);
lcd.setCursor(4,2);lcd.print(num);delay(95);
lcd.setCursor(5,2);lcd.print(num3); if(x==2){next++;}
}
num2=num;num=num3; while(next==2)
{
D=4;keypads(); if(num1==2){num=0;}
lcd.setCursor(5,2);lcd.print(" ");delay(95);
lcd.setCursor(5,2);lcd.print(num);delay(95); if(x==3){next++;}
}
num3=num;
speed_motor=num1*100+num2*10+num3;
//if(num_T>80){num_T==80;}if(num_T<- 25){num_T==37;}}
} B++;
while(B==1)
{
next=0;x=0;num=num4; while(next==0)
{
D=4;keypads(); if(num<3){num=3;} if(num>9){num=9;}

```

```

lcd.setCursor(15,2);lcd.print(" ");delay(95);
lcd.setCursor(15,2);lcd.print(num);delay(95);

lcd.setCursor(17,2);lcd.print(num5,0); if(x==1){next++;}
}
if(type==2){num4=num;num=num5;} while(next==1)
{
D=4;keypads(); if(num4==7){num=0;}
lcd.setCursor(17,2);lcd.print(" ");delay(95);
lcd.setCursor(17,2);lcd.print(num);delay(95); if(x==2){next++;}
}
num5=num;
pH= num4+(num5/10);
//if(num_T>80){num_T==80;}if(num_T<-25){num_T==37;}}
}
B++;
while(B==1)
{
next=0;x=0;num=num6; while(next==0)
{
D=4;keypads(); if(num<3){num=3;} if(num>4){num=4;}
lcd.setCursor(3,3);lcd.print(" ");delay(95);
lcd.setCursor(3,3);lcd.print(num);delay(95);
lcd.setCursor(4,3);lcd.print(num7); if(x==1){next++;}
}
num6=num;num=num7; while(next==1)
{
D=4;keypads(); if(num6==4){num=0;}
lcd.setCursor(4,3);lcd.print(" ");delay(95);
lcd.setCursor(4,3);lcd.print(num);delay(95); if(x==2){next++;}
}
num7=num;
Temperature_H= num6*10+num7;
//if(num_T>80){num_T==80;}if(num_T<- 25){num_T==37;}}

```

```

}
}
void getFilename(char *filename)
{
DateTime now = RTC.now(); int year = now.year(); int
month = now.month(); int day = now.day();
filename[0] = '2';
filename[1] = '0';
filename[2] = (year-2000)/10 + '0'; filename[3] = year%10 +
'0'; filename[4] = month/10 + '0'; filename[5] = month%10 +
'0'; filename[6] = day/10 + '0'; filename[7] = day%10 + '0';
filename[8] = '.';

filename[9] = 't'; filename[10] = 'x'; filename[11] = 't'; return;
}

void playTone(int tone, int duration)
{
for (long i = 0; i < duration * 1000L; i += tone * 2)
{ digitalWrite(speakerPin, HIGH); delayMicroseconds(tone);
digitalWrite(speakerPin, LOW); delayMicroseconds(tone);}
}

void playNote(char note, int duration)
{
char names[] = { 'c', 'd', 'e', 'f', 'g', 'a', 'b', 'C' };
int tones[] = { 1915, 1700, 1519, 1432, 1275, 1136, 1014,
956 };
for (int i = 0; i < 8; i++)
{
if (names[i] == note) { playTone(tones[i], duration);}
}
}

```

Lampiran. Pemrograman Sistem Kontrol Bioreaktor

t (menit)	Suhu	PH	DO
10	34,5	5,22	5
20	35,56	5,28	1,96
30	37	5,28	4,8
40	37,06	5,28	4,8
50	37,06	5,28	5,15
60	37,06	5,28	5,15
70	37,06	5,27	5,15
80	37,06	5,27	5,33
90	37	5,27	5,01
100	37,06	5,27	1,96
110	37	5,27	0
120	37	5,27	0
130	37	5,27	0
140	37	5,27	0
150	37	5,27	0
160	37	5,27	0
170	37	5,27	0
180	37	5,34	0
190	37	5,26	2,13
200	37	5,26	2,13
210	37	5,26	2,1
220	37,06	5,21	0
230	37	5,23	2,13
240	37,06	5,24	0,18
250	37,13	5,28	0,18
260	37,06	5,28	3,91
270	37	5,28	0,53
280	37	5,28	0

290	37	5,28	0
300	37	5,28	0
310	37	5,28	0,2
320	37	5,28	0,1
330	37	5,28	0,3
340	37	5,28	0
350	37	5,18	0
360	37	5,16	0
370	37	5,15	0,1
380	37,06	5,16	0,82
390	37	5,18	0,56
400	37	5,17	0,21
410	37	5,17	0,35
420	37,13	5,17	0,89
430	37	5,17	0,21
440	37	5,18	0,12
450	37	5,18	0,32
460	37,06	5,18	0,54
470	37	5,18	0,6
480	37	5,16	0,1
490	37	5,16	0,21
500	37	5,16	0,32
510	37,06	5,13	0,45
520	37,06	5,12	0,12
530	37,06	5,19	0
540	37	5,19	0
550	37,13	5,19	0
560	37	5,12	0
570	37,13	5,22	0
580	37	5,19	0
590	37,06	5,18	1,96
600	37,06	5,21	0

610	37,06	5,22	0
620	37,06	5,23	3
630	37,06	5,22	4
640	37	5,21	4
650	37	5,22	3
660	37	5,23	2,13
670	37	5,21	2,13
680	37,06	5,2	2,13
690	37,06	5,22	2,13
700	37,06	5,23	2,1
710	37	5,2	0
720	37,06	5,21	0
730	37,06	5,2	0
740	37	5,23	0
750	36,8	5,26	0
760	37	5,21	0
770	37	5,23	0
780	37,06	5,24	0
790	37	5,28	0,2
800	37,06	5,28	0,1
810	36,5	5,26	2,13
820	37	5,26	2,13
830	37	5,26	2,1
840	37,06	5,21	0
850	37	5,23	2,13
860	37,06	5,24	0,18
870	37,13	5,28	0,18
880	37,06	5,28	3,91
890	37	5,28	0,53
900	37	5,28	0
910	37	5,28	0
920	37	5,28	0

930	37	5,28	0,2
940	37	5,28	0,1
950	37	5,28	0,3
960	37	5,28	0
970	37	5,18	0
980	37	5,16	0
990	37	5,15	0,1
1000	37,06	5,16	0,82
1010	37	5,18	0,56
1020	37	5,17	0,21
1030	37	5,17	0,35
1040	37,13	5,17	0,89
1050	37	5,17	0,21
1060	37	5,18	0,12
1070	37	5,18	0,32
1080	37,06	5,18	0,54
1090	37	5,18	0,6
1100	37	5,16	0,1
1110	37	5,16	0,21
1120	37	5,16	0,32
1130	37,06	5,13	0,45
1140	37,06	5,12	0,12
1150	37,06	5,19	0
1160	37	5,19	0
1170	37,13	5,19	0
1180	37	5,12	0
1190	37,13	5,22	0
1200	37	5,19	0
1210	37,06	5,18	1,96
1220	37,06	5,21	0
1230	37,06	5,22	0,1
1240	37,06	5,23	0,21

1250	37,06	5,22	0,32
1260	37	5,21	0,45
1270	37	5,22	0,12
1280	37	5,23	2,13
1290	37	5,21	2,13
1300	37,06	5,2	2,13
1310	37,06	5,22	0,23
1320	37,06	5,23	0,36
1330	37	5,2	0
1340	37,06	5,21	2,13
1350	37,06	5,2	0,18
1360	37	5,23	0,18
1370	37,06	5,27	0
1380	37,06	5,27	0
1390	37	5,27	0
1400	37,06	5,27	0
1410	37	5,27	0
1420	37	5,27	0
1430	37	5,27	0
1440	37	5,27	0