



**KENDALI SUHU MENGGUNAKAN *FUZZY LOGIC* UNTUK SISTEM
PASTEURISASI SUSU**

PROPOSAL TUGAS AKHIR

**Program Studi
S1 Sistem Komputer**

Oleh:

Renggy Nikiuluw

14410200032

**INSTITUT BISNIS
DAN INFORMATIKA**

stikom
SURABAYA

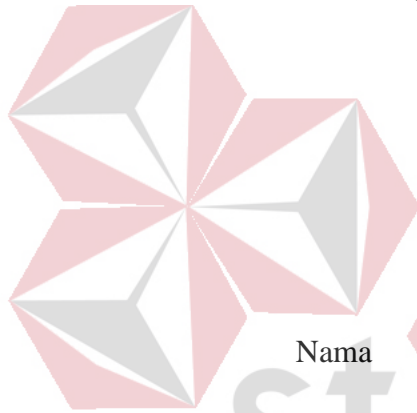
**FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA
INSTITUT BISNIS DAN INFORMATIKA STIKOM
SURABAYA
2018**

**KENDALI SUHU MENGGUNAKAN *FUZZY LOGIC* UNTUK
SISTEM PASTEURISASI SUSU**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan

Program Sarjana Komputer



Disusun Oleh :

Nama : Renggy Nikiuluw

NIM : 14410200032

Program : S1 (Strata Satu)

Jurusan : Sistem Komputer

**FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA
INSTITUT BISNIS DAN INFORMATIKA STIKOM SURABAYA**

2018



“Keep smiling, keep fighting,
Live for each moment and day”

INSTITUT BISNIS
DAN INFORMATIKA

stikom
SURABAYA

Kupersembahkan Kepada

ALLAH SWT

Ibu, Bapak dan semua keluarga,

Yang selalu mendukung, memotivasi dan mendoakan yang terbaik untuk saya.

Beserta semua orang dan rekan-rekan S1 Sistem Komputer yang selalu membantu,
mendukung dan memotivasi agar tetap berusaha menjadi lebih baik.



stikom
SURABAYA

TUGAS AKHIR

KENDALI SUHU MENGGUNAKAN *FUZZY LOGIC* UNTUK SISTEM PASTEURISASI SUSU

Dipersiapkan dan disusun oleh

Renggy Nikiuluw

NIM : 14410200032

Telah diperiksa, diuji dan disetujui oleh Dewan Penguji

Pada : 2018

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing

I. Dr. Jusak

NIDN. 0708017101


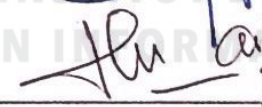
II. Hariato, S.Kom., M.Eng.

NIDN. 0722087701

Pembahas

I. Pauladie Susanto, S.Kom., M.T.

NIDN. 0729047501

 20/18

 20/08/18
20
08 2018

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana



Dr. Jusak

Dekan Fakultas Teknologi dan Informatika

INSTITUT BISNIS DAN INFORMATIKA STIKOM SURABAYA

SURAT PERNYATAAN

PERSETUJUAN PUBLIKASI DAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Sebagai mahasiswa Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya, saya :

Nama : Renggy Nikiuluw
NIM : 14410200032
Program Studi : S1 Sistem Komputer
Fakultas : Fakultas Teknologi dan Informatika
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : **KENDALI SUHU MENGGUNAKAN FUZZY
LOGIC UNTUK SISTEM PASTEURISASI
SUSU**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

1. Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, Teknologi dan Seni, saya menyetujui memberikan kepada Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalti Free Right*) atas seluruh isi/ sebagian karya ilmiah saya tersebut di atas untuk disimpan, dialihmediakan dan dikelola dalam bentuk pangkalan data (*database*) untuk selanjutnya didistribusikan atau dipublikasikan demi kepentingan akademis dengan tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta
2. Karya tersebut di atas adalah karya asli saya, bukan plagiat baik sebagian maupun keseluruhan. Kutipan, karya atau pendapat orang lain yang ada dalam karya ilmiah ini adalah semata hanya rujukan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka saya
3. Apabila dikemudian hari ditemukan dan terbukti terdapat tindakan plagiat pada karya ilmiah ini, maka saya bersedia untuk menerima pencabutan terhadap gelar kesarjanaan yang telah diberikan kepada saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, Agustus 2018

Yang menyatakan


Renggy N
NIM : 14410200032



ABSTRAK

Susu merupakan bahan pangan yang mempunyai nilai kandungan gizi dan vitamin yang sangat kaya. Tak heran susu menjadi kebutuhan sehari-hari manusia. Susu asli perahan (murni) tidak mampu bertahan lama, oleh karena itu susu asli perahan harus melewati proses yang dinamakan pasteurisasi. Selain itu, pasteurisasi dapat membunuh mikroorganisme yang menyebabkan penyakit dan mikroorganisme yang menyebabkan usia pada susu sangat pendek.

Pada penelitian ini penulis membuat rancang bangun kendali suhu pada sistem pasteurisasi menggunakan metode *Fuzzy Logic* Sugeno. Pada *Fuzzy Logic* ini memiliki *input* berupa nilai suhu dan perubahan suhu pada susu secara *real time* selama 30 menit. *Output* dari *Fuzzy Logic* yang digunakan memiliki 9 rule yang telah ditetapkan oleh penulis dengan *output* berupa aktuator servo yang berfungsi sebagai pengatur besar hingga kecilnya api kompor.

Sistem pasteurisasi yang digunakan adalah metode pasteurisasi susu LTLT (*Low Temperature Long Time*) dengan set point 64°C selama 30 Menit. Hasil pengujian dengan grafik suhu selama 30 menit memiliki nilai *Average Error* sebesar 0.31%, *Rise Time* 8.1 Menit, *Overshoot* 0.49%, *Settling Time* 8.1 Menit.

Kata Kunci: Pasteurisasi LTLT (*Low Temperature Long Time*), *Fuzzy Logic* Sugeno, Susu.

KATA PENGANTAR

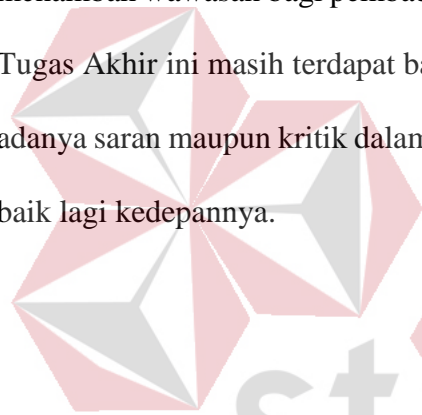
Pertama-tama penulis panjatkan puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, karena berkat izin, Rahmat dan hidayah-nya penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini yang merupakan salah satu syarat menempuh Tugas Akhir pada Program Studi S1 Sistem Komputer di Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya. Shalawat serta salam tidak lupa selalu penulis panjatkan kepada Rasulullah SAW.

Di dalam buku Tugas Akhir ini dilakukan pembahasan mengenai pembuatan sistem Otomatisasi untuk kendali suhu pada proses pasteurisasi LTLT menggunakan *Fuzzy Logic*. Dalam usaha menyelesaikan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak baik moral maupun materi. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Orang tua dan saudara-saudara saya tercinta yang telah memberikan dukungan dan bantuan baik moral maupun materi sehingga penulis dapat menempuh dan menyelesaikan Tugas Akhir maupun laporan ini.
2. Kepada Bapak Dr. Jusak dan Bapak Harianto, S.Kom, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing. Terima kasih atas bimbingan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
3. Kepada Bapak Pauladie Susanto, S.Kom., M.T., selaku Ketua Program Studi Sistem Komputer Surabaya atas ijin yang diberikan untuk mengerjakan Tugas Akhir ini.
4. Semua staf dosen yang telah mengajar dan memberikan ilmunya.

5. Terima kasih terhadap seluruh rekan-rekan S1 Sistem Komputer khususnya rekan-rekan seperjuangan angkatan 2014 khususnya Prodi S1 Sistem Komputer yang selalu memberikan semangat dan bantuannya.
6. Serta semua pihak lain yang tidak dapat disebutkan secara satu per satu, yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis berharap semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat untuk menambah wawasan bagi pembacanya. Penulis juga menyadari dalam penulisan buku Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis berharap adanya saran maupun kritik dalam memperbaiki kekurangan dan berusaha untuk lebih baik lagi kedepannya.



INSTITUT BISNIS
DAN INFORMATIKA

Surabaya, Agustus 2018

stikom
SURABAYA

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Metode Pasteurisasi Susu	5
2.2 <i>Fuzzy Logic</i>	6
2.2.1 Fungsi Keanggotaan.....	7
2.2.2 Metode Sugeno	8
2.3 Sensor Suhu DS18B20	9

2.4	Mikrokontroler AVR ATmega16	11
2.5	LCD (Liquid Crystal Display)	12
2.6	Motor DC	12
2.7	Motor Servo	13
2.8	Relay	14
2.9	Kompas	15
BAB III METODE PENELITIAN.....		16
3.1	Perancangan Perangkat Keras	17
3.1.1	Perancangan Rangkaian <i>Minimum system</i> Atmega16.....	18
3.1.2	Perancangan Perangkat DS18B20.....	20
3.1.3	Perancangan Perangkat Servo	21
3.2	Perancangan Perangkat Lunak.....	23
3.2.2	Perancangan Perangkat Lunak <i>Fuzzy Sugeno</i>	24
3.2.3	Perancangan Perangkat Lunak DS18B20	36
3.2.4	Perancangan Perangkat Lunak Servo.....	37
3.3	Model Perancangan	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		42
4.1	Pengujian <i>Minimum System</i> Atmega16	42
4.1.1	Tujuan	42

4.1.2	Alat yang digunakan	42
4.1.3	Prosedur Pengujian	43
4.1.4	Hasil Pengujian	43
4.2	Hasil Pengujian Sensor Suhu DS18B20.....	45
4.2.1	Tujuan	45
4.2.2	Alat Yang Digunakan.....	45
4.2.3	Prosedur Pengujian	45
4.2.4	Hasil Pengujian	45
4.3	Hasil Pengujian Motor Servo	47
4.3.1	Tujuan	47
4.3.2	Alat yang digunakan	47
4.3.3	Prosedur Pengujian	48
4.3.4	Hasil Pengujian	48
4.4	Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem.....	50
4.4.1	Tujuan	50
4.4.2	Alat yang digunakan	50
4.4.3	Prosedur Pengujian	51
4.4.4	Hasil Pengujian	51
BAB V PENUTUP.....		56

5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	59
BIODATA PENULIS	70



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram blok ‘ <i>Fuzzy Logic</i> sebagai <i>black box</i> ’	6
Gambar 2. 2 Representasi <i>linear</i> naik	7
Gambar 2. 3 Representasi <i>linear</i> turun	8
Gambar 2. 4 Representasi kurva segitiga	8
Gambar 2. 5 DS18B20	10
Gambar 2. 6 Konfigurasi pin Atmega16 PDIP.	11
Gambar 2. 7 LCD 16x2	12
Gambar 2. 8 Motor DC	13
Gambar 2. 9 Motor Servo.....	14
Gambar 2. 10 Relay.....	14
Gambar 2. 11 Kompor.....	15
Gambar 3.1 Blok diagram sistem.....	17
Gambar 3.2 Rangkaian <i>Minimum System</i> Atmega16.....	19
Gambar 3.3 Schematic <i>Minimum System</i> atmega16 sensor DS18B20	21
Gambar 3.4 Rangkaian <i>Minimum System</i> dengan port PWM.....	22
Gambar 3.5 Flowchart sistem otomatisasi	23
Gambar 3.6 Himpunan suhu	25
Gambar 3.7 Himpunan perubahan suhu	25
Gambar 3.8 Flowchart kontrol sistem <i>Fuzzy Logic</i>	28
Gambar 3.9 Flowchart fuzzifikasi suhu	29
Gambar 3.10 Fuzzifikasi perubahan suhu	32

Gambar 3.11 Flowchart mencari nilai minimum	34
Gambar 3.12 <i>Wire setting</i> DS18B20.....	36
Gambar 3.13 <i>Codes program</i> DS18B20.	37
Gambar 3.14 <i>Codes</i> pembacaan suhu.	37
Gambar 3.15 Setting PWM servo	38
Gambar 3.16 Desain otomatisasi pasteurisasi tampak depan.....	39
Gambar 3.17 Desain otomatisasi pasteurisasi tampak samping.....	40
Gambar 3.18 Rancang bangun otomatisasi pasteurisasi tampak depan.....	40
Gambar 3.19 Rancang bangun otomatisasi pasteurisasi tampak samping	41
Gambar 3.20 Rangkaian <i>Minimum system</i> atmega16 dan relay.	41
Gambar 4.1 <i>Build Project</i>	44
Gambar 4.2 <i>Upload Program</i>	44
Gambar 4.3 Pengujian sensor DS18B20.....	46
Gambar 4.4 Servo menunjukan 90 derajat.....	48
Gambar 4.5 Servo Menunjukan 0 Derajat.....	49
Gambar 4.6 Kurva respon waktu dari suhu pada proses pasteurisasi menggunakan <i>Fuzzy Logic</i>	54

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Alokasi port <i>Minimum System</i>	20
Tabel 4.1 Selisih perbandingan suhu	46
Tabel 4.2 Selisih perbandingan Servo.....	49
Tabel 4.3 Tabel pengujian pasteurisasi LTLT menggunakan <i>Fuzzy Logic</i>	52
Tabel 4.4 Data Pengujian	54



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Susu adalah bahan pangan yang memiliki nilai kandungan gizi yang tinggi karena mengandung zat makanan yang seimbang seperti protein, kalori, lemak, karbohidrat, besi, kalsium, vitamin A, vitamin B1 dan vitamin C yang sangat dibutuhkan oleh manusia. Menurut (Lely,2014) Susu murni atau susu segar memiliki ketahanan pada suhu ruang selama empat jam yang ditinjau dari uji tingkat keasaman (pH), uji didih dan waktu reduktase. Untuk dapat memperpanjang ketahanan susu, pada umumnya dapat menggunakan media penyimpanan pada suhu dingin atau teknik pemanasan yang disebut pasteurisasi.

Kelebihan dari teknik pasteurisasi yaitu membunuh bakteri patogen, karena susu asli dari perahan sapi tidak seutuhnya bisa diminum karena masih terdapat bakteri yang berbahaya bagi manusia, oleh sebab itu para peternak sapi selalu menggunakan metode pasteurisasi sebagai pengawet usia susu sapi dan dapat memberikan dan menimbulkan cita rasa yang lebih menarik (Kustanti,2012).

Pasteurisasi adalah perlakuan panas yang diberikan pada bahan baku di bawah titik didih, teknik ini digunakan untuk mengawetkan bahan pangan yang tidak tahan suhu tinggi dan mengurangi mikroorganisme patogen yang terdapat pada bahan baku tersebut, selain itu dapat menon-aktifkan enzim fosfatase dan katalase yaitu enzim yang membuat susu cepat rusak (Setya,2012).

Pada umumnya pasteurisasi terbagi menjadi 3 yaitu LTLT (*Low Temperature Long Time*), HTST (*High Temperature Short Time*) dan UHT (*Ultra High Temperature*). Berdasarkan SNI 19-1502-1989 susu pasteurisasi dapat mengalami proses pemanasan pada suhu 63°C - 66°C selama minimum 30 menit (LTLT) atau pada pemanasan 72°C selama minimum 15 detik (HTST). Oleh sebab itu perlunya menjaga suhu yang stabil dan sesuai dengan set point yang sudah ditentukan sejak awal menggunakan sistem kontrol dan metode sistem cerdas yang baik untuk mengaplikasikannya.

Sistem cerdas yang dapat diaplikasikan dalam metode pasteurisasi ini adalah *Fuzzy Logic*, kelebihan dari *Fuzzy Logic* ini adalah dapat diterapkan di dalam sistem kontrol sehingga suhu yang tiba – tiba lebih atau kurang dari set point akan selalu diatur oleh *Fuzzy Logic* karena kestabilan suhu tidak boleh diabaikan atau akan berakibat rusaknya susu (cacat).

Dengan *Fuzzy Logic* menurut (Birle dkk, 2013) tidak memerlukan pengetahuan tentang model matematika sistematis secara presisi akan tetapi aksi pengendalian dilakukan dengan memasukkan logika atau intuisi operator kepada sistem kontrol. Sistem kontrol *fuzzy* merupakan tool yang sangat baik untuk mengimplementasikan pengetahuan operator/manusia terhadap sistem ke dalam suatu logika kontrol atau sistem kontrol sehingga ketidakpastian pada sistem dapat ditangani.

Dalam hal ini penulis memiliki gagasan yaitu bagaimana mengatur suhu pada metode pasteurisasi susu LTLT pada suhu 64°C menggunakan sistem kontrol mikrokontroler dan metode *Fuzzy Logic* untuk menjaga kestabilan suhu dan kompor

sebagai media penghantar panas yang akan diatur oleh mikrokontroler untuk tetap menjaga kestabilan suhu.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana mengendalikan suhu pada proses pasteurisasi susu LTLT menggunakan metode *Fuzzy Logic* sehingga suhu tetap pada nilai 64°C dalam rentang waktu 30 berdasarkan SNI.

1.3 Batasan Masalah

- a) Sistem kontrol menggunakan mikrokontroler Atmega16.
- b) Kompor gas yang digunakan menggunakan bahan bakar gas LPG.

1.4 Tujuan

Mengimplementasi metode *Fuzzy Logic* untuk mengendalikan suhu pada proses metode pasteurisasi susu LTLT, sehingga tetap pada nilai 64°C.

1.5 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan tentang latar belakang rumusan masalah batasan masalah, tujuan dari penelitian ini, dan sistematika penulisan tugas akhir.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini membahas teori pasteurisasi, *Fuzzy Logic*, Sensor Suhu DS18B20, Mikrokontroler Atmega16, LCD, Motor DC, Motor Servo, Relay dan Kompor.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang pengujian sistem yang meliputi prosedur perancangan perangkat lunak baik secara program, metode *Fuzzy Logic* beserta *rule-rule*, perangkat keras dan rancangan mekanik.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas tentang pengujian dari perangkat lunak, perangkat keras, hasil pengujian keseluruhan sistem dan hasil pengujian pasteurisasi.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan penulis serta saran kedepan sebagai pengembangan penelitian.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Metode Pasteurisasi Susu

Menurut (Setya,2012) pasteurisasi merupakan perlakuan panas yang diberikan pada bahan baku di bawah titik didih. Teknik ini digunakan untuk mengawetkan bahan pangan yang tidak tahan akan suhu tinggi, misalnya susu. Pasteurisasi ditujukan untuk mengurangi mikroorganisme patogen yang ada dalam bahan baku tersebut, yang dapat menimbulkan penyakit pada manusia.

Salah satu tujuan dari pasteurisasi (Kustanti,2012) juga membunuh beberapa mikroorganisme yang menyebabkan memperlambat pertumbuhan mikroba sehingga dapat memperpanjang masa penyimpanan susu. Selain tujuan diatas, pasteurisasi memiliki tujuan lain yaitu:

1. Untuk membunuh bakteri patogen yaitu bakteri hewan yang berbahaya karena dapat menimbulkan penyakit apabila masuk ke tubuh manusia. Bakteri pada susu yang bersifat patogen misalnya *Mycobacterium tuberculosis* dan *Coxiella burnetii*.
2. Untuk memperpanjang daya simpan bahan atau produk.
3. Dapat menimbulkan citarasa yang lebih baik pada produk.
4. Pada susu, proses ini dapat menon-aktifkan enzim fosfatase dan katalase yaitu enzim yang membuat susu cepat rusak.

Berdasarkan SNI 19-1502-1989 susu pasteurisasi adalah susu segar, susu rekonstitusi, susu rekombinasi yang telah mengalami proses pemanasan pada suhu 63°C - 66°C selama minimum 30 menit atau pada pemanasan 72°C selama minimum 15 detik.

2.2 Fuzzy Logic

Fuzzy Logic (Logika Fuzzy) merupakan suatu metode pengambilan keputusan berbasis aturan yang digunakan untuk memecahkan keabu-abuan (Samar) masalah pada sistem yang sulit dimodelkan atau memiliki ambiguitas. Dasar logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy*.



Gambar 2. 1 Diagram blok '*Fuzzy Logic* sebagai *black box*'
(Dewi, Nisak, K, & D, 2014)

Pada Gambar 2.1 Logika *Fuzzy* dapat dianggap sebagai kotak hitam yang berhubungan antara ruang *input* menuju ruang *output*. Kotak hitam yang dimaksudkan adalah metode yang dapat digunakan untuk mengolah data *input* menjadi *output* dalam bentuk informasi yang baik.

Pada logika tegas, hanya dikenal dua nilai, yaitu salah atau benar, 0 atau 1. Sedangkan pada logika *Fuzzy* mengenal nilai antara benar dan salah. Kebenaran dalam logika *Fuzzy* dapat dinyatakan dalam derajat kebenaran yang nilainya antara 0 hingga

1. Fungsi keanggotaan himpunan *Fuzzy* menyatakan derajat keanggotaan pada suatu himpunan. Nilai dari fungsi keanggotaan ini berada dalam selang [0,1].

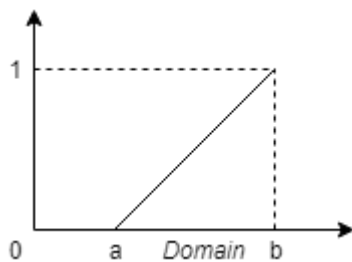
2.2.1 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*membership function*) (Kusumadewi Guswaludin 2005) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik – titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya (derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan:

1. Representasi *Linear*

Pada representasi *Linear*, pemetaan *input* ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai garis lurus. Ada 2 keadaan himpunan fuzzy yang *Linear*.

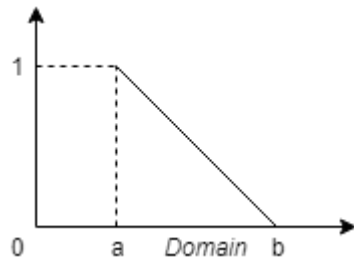
- a. Kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.



$$u(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x - a}{b - a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases}$$

Gambar 2. 2 Representasi *linear* naik

- b. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah

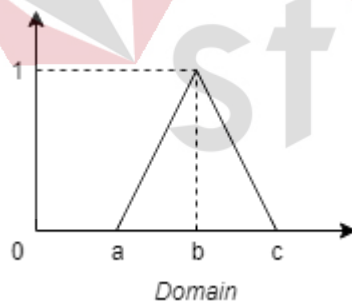


$$u(x) = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases}$$

Gambar 2. 3 Representasi *linear* turun

2. Representasi Kurva Segitiga

Kurva Segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (*Linear*)



$$u(x) = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ \frac{(b-x)}{(c-b)}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq c \end{cases}$$

Gambar 2. 4 Representasi kurva segitiga

2.2.2 Metode Sugeno

Menurut (Masyukur,2012) penalaran dengan metode Sugeno memiliki sedikit persamaan penalaran dengan mamdani, hanya saja *output* (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan *Linear*. Metode

ini diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985. Sehingga ini sering juga dinamakan dengan metode TSK. Metode TSK terdiri dari 2 jenis, yaitu:

- a. Model *fuzzy* sugeno orde-nol Secara umum bentuk model *fuzzy* Sugeno orde-nol adalah:

$$\text{IF } (x_1 \text{ Is } A_1) \cdot (x_2 \text{ Is } A_2) \cdot (x_3 \text{ Is } A_3) \cdot \dots \cdot (x_i \text{ Is } A_i) \text{ THEN } \mathbf{z} = \mathbf{k}$$

Dengan A_i adalah himpunan fuzzy ke- i sebagai anteseden dan k adalah suatu konstanta (tegas) sebagai konsekuen.

- b. Model *fuzzy* sugeno orde-satu secara umum bentuk model *fuzzy* Sugeno orde-satu adalah:

$$\text{IF } (x_1 \text{ Is } A_1) \cdot (x_2 \text{ Is } A_2) \cdot (x_3 \text{ Is } A_3) \cdot \dots \cdot (x_n \text{ Is } A_n) \text{ THEN } \mathbf{z} = \mathbf{p}_1 * \mathbf{x}_1 + \dots + \mathbf{p}_n * \mathbf{x}_n + \mathbf{q}$$

Dengan A_i adalah himpunan *fuzzy* ke- i sebagai anteseden dan P_i adalah suatu konstanta (tegas) ke- i dan q juga merupakan konstanta dalam konsekuen. Apabila komposisi aturan menggunakan metode Sugeno, maka defuzzifikasi dilakukan dengan cara mencari nilai rata-ratanya (*Weighted Average*) seperti pada persamaan dibawah ini:

$$\text{WA} = \frac{x_1 z_1 + x_2 z_2 + x_3 z_3 \dots \dots \dots + x_n z_n}{x_1 + x_2 + x_3 \dots \dots \dots + x_n}$$

2.3 Sensor Suhu DS18B20

Menurut (Yoga,2016) sensor suhu DS18B20 merupakan suatu komponen elektronika yang dapat menangkap perubahan suhu lingkungan lalu kemudian mengkonversi menjadi besaran listrik. Sensor ini merupakan sensor digital yang

menggunakan 1 wire untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler. Kelebihan dari sensor ini adalah tiap sensor memiliki kode serial yang memungkinkan untuk penggunaan DS18B20 lebih dari satu dalam komunikasi protokol 1-wire. DS18B20 merupakan sensor suhu digital yang dikeluarkan oleh Perusahaan Dallas Semiconductor. Untuk pembacaan suhu, sensor menggunakan protokol 1-wire communication.

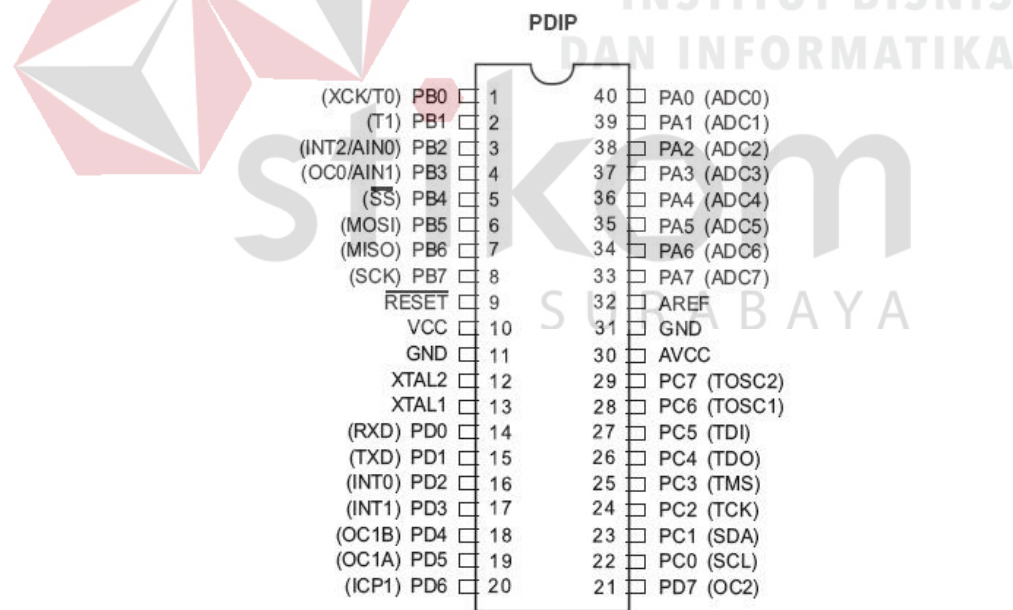


Gambar 2. 5 DS18B20

Pada Gambar 2.5 DS18B20 memiliki 3 pin yang terdiri dari VCC *ground* dan *data*. Kaki VCC merupakan kaki tegangan sumber. Tegangan sumber untuk sensor Suhu DS18B20 adalah sekitar 3V sampai 5.5V. Pada umumnya VCC diberikan tegangan 5V sesuai dengan tegangan kerja Mikrokontroler. Kemudian kaki *ground* disambungkan dengan *ground* rangkaian. Pada pin *data* menggunakan *pull up* berupa resistor dengan nilai 4.7K Ohm.

2.4 Mikrokontroler AVR ATmega16

Menurut (Dian dan Yuniarto, 2010) Avr merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RIS (*Reduced Instruction Set Computer*). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. AVR mempunyai 32 *register general-purpose*, *timer/counter* fleksibel dengan *mode compare*, *interrupt internal dan external*, *serial UART*, *programmable Watchdog Timer*, dan *mode Power Saving*, *ADC dan PWM internal*. AVR juga mempunyai *in-system Programmable Flash on-chip* yang memungkinkan memori *program* untuk deprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan *serial SPI* ATmega16. ATmega16 mempunyai *throughput* mendekati 1 MIPS per MHz membuat disainer sistem untuk mengoptimasi konsumsi daya dengan kecepatan proses.



Gambar 2. 6 Konfigurasi pin Atmega16 PDIP.

2.5 LCD (Liquid Crystal Display)

Banyak sekali kegunaan LCD dalam perancangan suatu sistem yang menggunakan mikrokontroler. Pada Gambar 2.8 LCD berfungsi sebagai penampil suatu nilai hasil sensor, menampilkan teks, atau menampilkan menu pada aplikasi mikrokontroler. LCD yang digunakan adalah jenis LCD M1632. LCD M1632 merupakan modul LCD dengan tampilan 16x2 baris dengan konsumsi daya rendah. Modul tersebut dilengkapi dengan mikrokontroler yang didesain khusus untuk mengendalikan LCD.



Gambar 2. 7 LCD 16x2

2.6 Motor DC

Motor DC adalah motor listrik yang membutuhkan suplai tegangan searah atau arus DC (Direct Current) pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor tersebut disebut stator, dan kumparan jangkar disebut rotor.

Dasar teori dari motor DC adalah, disekitar kawat berarus listrik terdapat medan magnet (teori Oersted). Bila mana arus listrik yang mengalir pada kawat arahnya

menjauhi kita (maju), maka medan medan magnet yang terbentuk di sekitar kawat arahnya searah dengan putaran jarum jam. Sebaliknya bila arus listrik yang mengalir pada kawat arahnya mendekati kita (mundur), maka medan-medan magnet yang terbentuk di sekitar kawat arahnya berlawanan dengan arah putaran jarum jam (teori Maxwell).



Gambar 2. 8 Motor DC

2.7 Motor Servo

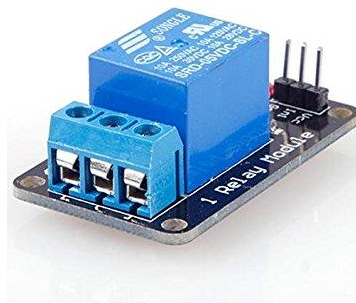
Motor servo adalah sebuah motor DC dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi rotor-nya akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian *gear*, potensiometer, dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa (PWM) yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor servo.



Gambar 2. 9 Motor Servo

2.8 Relay

Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *Electromechanical* (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat kontak saklar). Relay menggunakan prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*Low Power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan Armature Relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.



Gambar 2. 10 Relay

2.9 Kompor

Kompor adalah alat media penghasil panas. Pada umumnya kompor digunakan sebagai alat untuk memasak. Selain itu kompor juga dipakai untuk menaikkan suhu ruang pemanas. Pemanas ini menghasilkan perubahan fisik, kimiawi, atau biologis benda. Pemanas benda padat dapat dilakukan secara langsung di atas api atau secara tak langsung dengan menggunakan media tertentu. Kompor gas pada umumnya memerlukan bahan bakar gas alam / cair yang telah dikemas dalam tabung dan dialirkan melalui selang khusus. Pengaliran gas ke pembakarnya dilakukan dengan udara bertekanan atau dengan bantuan tekanan gas di dalam wadahnya.



Gambar 2. 11 Kompor

BAB III

METODE PENELITIAN

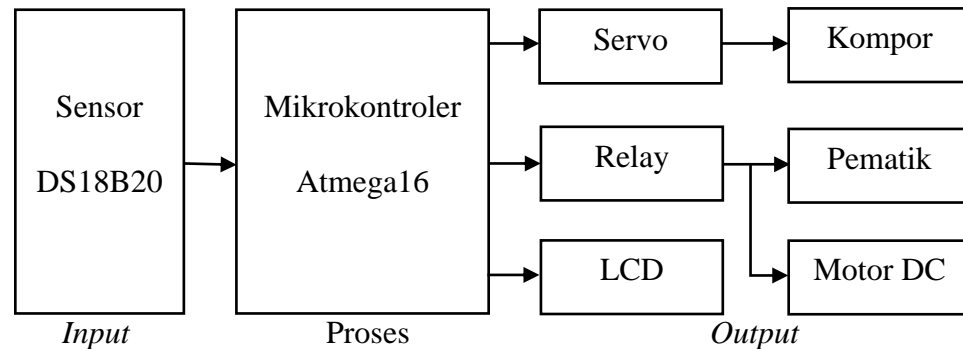
Metode penelitian yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah studi literatur berupa data-data dari masing-masing komponen, perancangan perangkat keras dan prosedur pembuatan program untuk melakukan pengaturan suhu pada susu.

Pada sistem yang akan dibuat terdapat sebuah *input* yaitu sensor suhu DS18B20 sebagai pendeteksi suhu pada susu. Terdapat empat buah *output* yaitu satu buah Servo, Motor DC, satu buah pematik, dan satu buah LCD. Dengan Servo sebagai alat yang mengatur besar kecilnya api. Pada motor DC digunakan sebagai pengaduk susu sehingga susu tidak mengalami gosong, Pematik elektrik sebagai pemicu api apabila posisi kompor mati dan ingin dinyalakan dapat menggunakan pematik elektrik yang terhubung pada relay, dan LCD menampilkan nilai suhu pada susu dan waktu yang berjalan. Dengan adanya *output* ini maka aktuator akan berkoordinasi sehingga suhu pada susu dapat terkontrol sesuai dengan *input* yang telah dideteksi oleh sensor.

Sistem bekerja didukung oleh mikrokontroler *Minimum System Atmega16* sebagai unit pengendali. Nilai suhu yang dideteksi menggunakan sensor DS18B20 akan diolah menggunakan logika *fuzzy* pada *Minimum System Atmega16*, setelah diproses maka *Minimum System Atmega16* akan mengirimkan perintah pada komponen-komponen *output* sesuai *rule* yang telah ditetapkan pada program.

3.1 Perancangan Perangkat Keras

Secara umum gambar pada Blok Diagram pada rancangan perangkat keras.



Gambar 3.1 Blok diagram sistem.

Penjelasan setiap bagian dari diagram blok sistem pada Gambar 3.1 sebagai berikut:

1. *Input*:

- a) Sensor Suhu DS18B20: sebagai sensor suhu yang dimasukkan ke dalam air susu.

2. *Proses*:

- a) Mikrokontroler Atmega 16: sebagai pengolah data dari suhu dan diolah menggunakan sistem *fuzzy* sehingga diperoleh nilai *output*.

3. *Output*:

- a) Servo: sebagai aktuator besar kecilnya api pada kompor.
- b) Pematik Elektrik: sebagai pemicu api pada kompor menggunakan relay.
- c) Motor DC: sebagai pengaduk susu sehingga mengalami pemerataan pemanasan.
- d) LCD (*Liquid Crystal Display*): sebagai tampilan suhu dan waktu yang sudah berjalan.

Penjelasan pada blok diagram Gambar 3.1 yaitu nilai pada suhu yang dideteksi menggunakan sensor suhu DS18B20, akan diterima oleh mikrokontroler dan diolah menggunakan sistem *fuzzy*. Pada sistem *fuzzy* ini terdapat *rules* yang telah ditentukan oleh penulis. Setelah diolah menggunakan *fuzzy*, maka *output* dari nilai *fuzzy* akan menghasilkan perintah dari mikrokontroler untuk melakukan aktuator yang telah ditetapkan pada program. Aktuator servo akan aktif sesuai dengan *output* yang telah ditentukan. Semua aktuator akan berhenti apabila waktu pada pasteurisasi susu sudah memasuki waktu 30 menit.

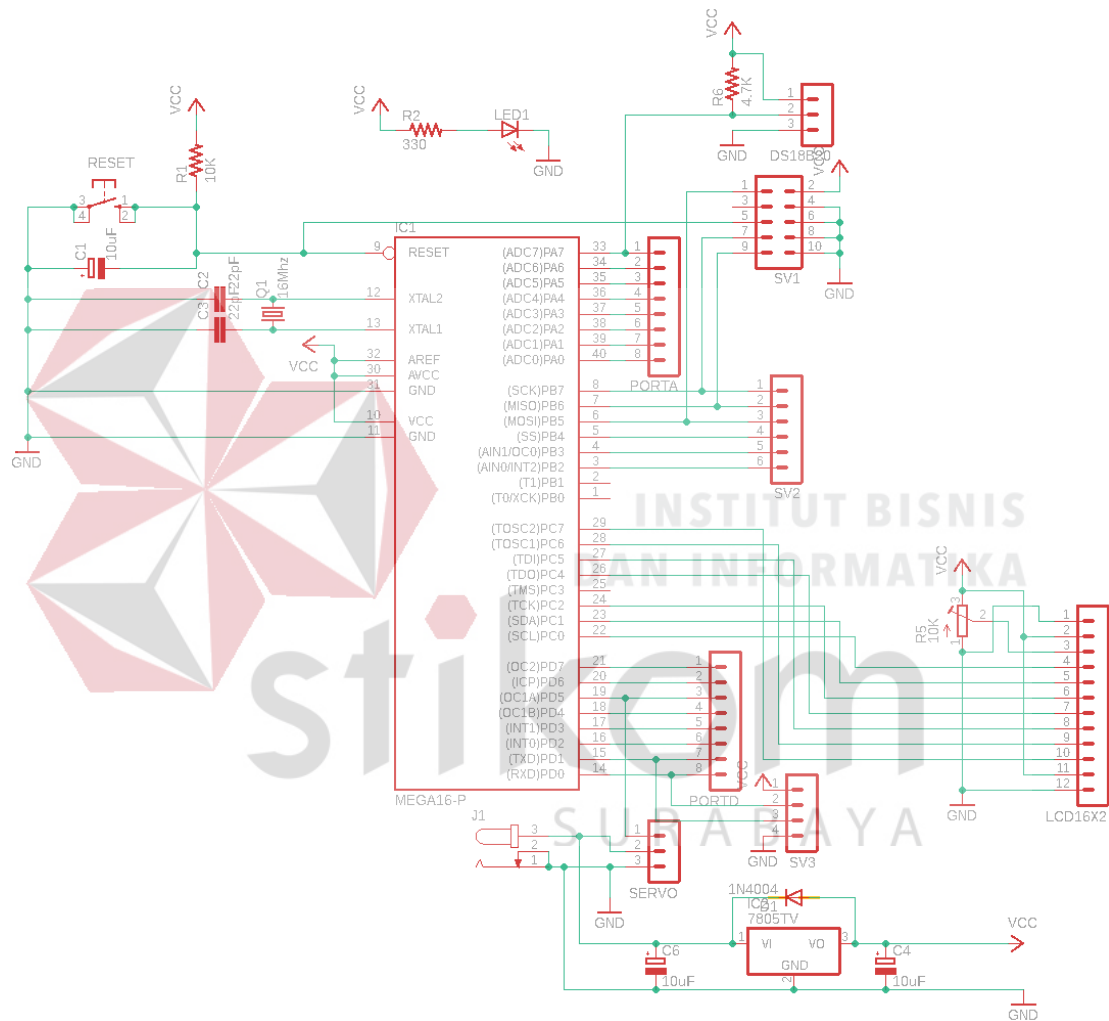
3.1.1 Perancangan Rangkaian *Minimum system* Atmega16

Pada proyek tugas akhir ini mikrokontroler Atmega16 digunakan sebagai pengendali *input* maupun *output*. Atmega16 membutuhkan *Minimum System* untuk dapat menjalankan program. Rangkaian *Minimum System* terdiri dari rangkaian reset, rangkaian *oscillator*, rangkaian *Input - Output*.

Rangkaian reset pada *Minimum System* Atmega16 terjadi apabila logika *high* pada kaki reset mikrokontroler Atmega16. Program akan berjalan kembali apabila pada kaki reset kembali menjadi *low*. Dalam hal ini reset yang digunakan adalah *manual reset*.

Rangkaian *oscillator* terbagi menjadi 2 yaitu rangkaian *oscillator internal* dan *oscillator eksternal*. Pin XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin *oscillator* bagi *Minimum system* Atmega16. *Oscillator* ini bisa berasal dari Kristal atau dari keramik *resonator*.

Rangkaian *Input-Output* merupakan jalur mikrokontroler Atmega16 agar dapat berhubungan dengan perangkat atau device lain. Dengan jalur *Input Output* mikrokontroler akan menjalankan fungsinya dengan baik sesuai perintah yang telah dimasukkan.



Gambar 3.2 Rangkaian *Minimum System Atmega16*.

Rangkaian *input* dan *output* dari mikrokontroler mempunyai kontrol terhadap direksi yang telah dikonfigurasi secara individual, maka dalam perancangan *input*

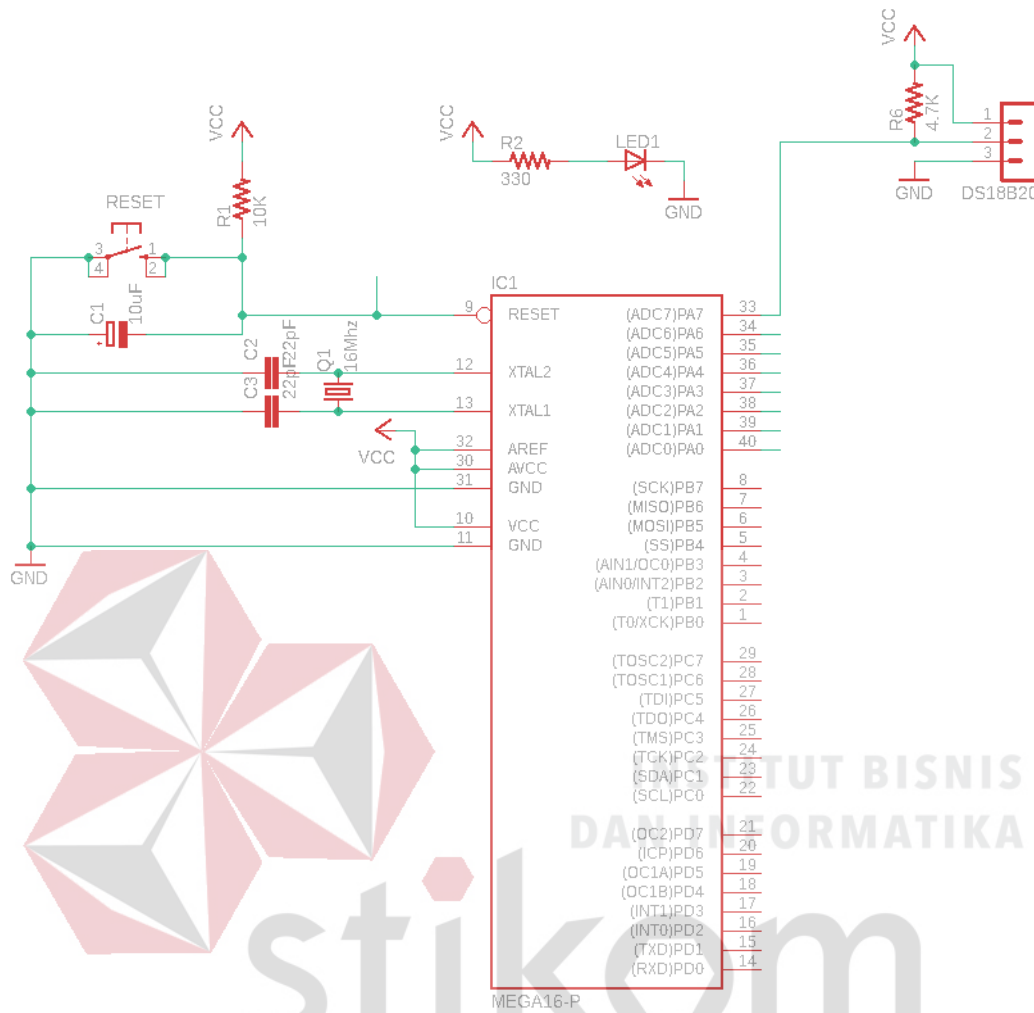
output yang digunakan ada yang berupa operasi pada port hingga operasi port tiap bit I/O. Berikut ini adalah konfigurasi dari I/O mikrokontroler yang ada pada masing-masing port yang terdapat pada *mikrokontroler*:

Tabel 3. 1 Alokasi port *Minimum System*

PORT	Alokasi Port Pada <i>Hardware</i>
PORTA.1	Pematik Kompor
PORTA.2	Motor Pengaduk
PORTA.7	Sensor Module DS18B20
PORTC.0	RS LCD
PORTC.1	RW LCD
PORTC.2	EN LCD
PORTC.4	D4 LCD
PORTC.5	D5 LCD
PORTC.6	D6 LCD
PORTC.7	D7 LCD

3.1.2 Perancangan Perangkat DS18B20

DS18B20 adalah sensor suhu digital seri terbaru dari Maxim IC. Sensor ini mampu membaca suhu dengan ketelitian 9 hingga 12-bit, rentang -55°C hingga 125°C dengan ketelitian ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$). Setiap sensor yang diproduksi memiliki kode unik sebesar 64-Bit yang disematkan pada masing-masing *chip*, sehingga memungkinkan penggunaan sensor dalam jumlah besar hanya melalui satu kabel saja (*single wire data bus/1-wire protocol*). Berikut adalah schematic *Minimum System Atmega16* menggunakan sensor DS18B20.

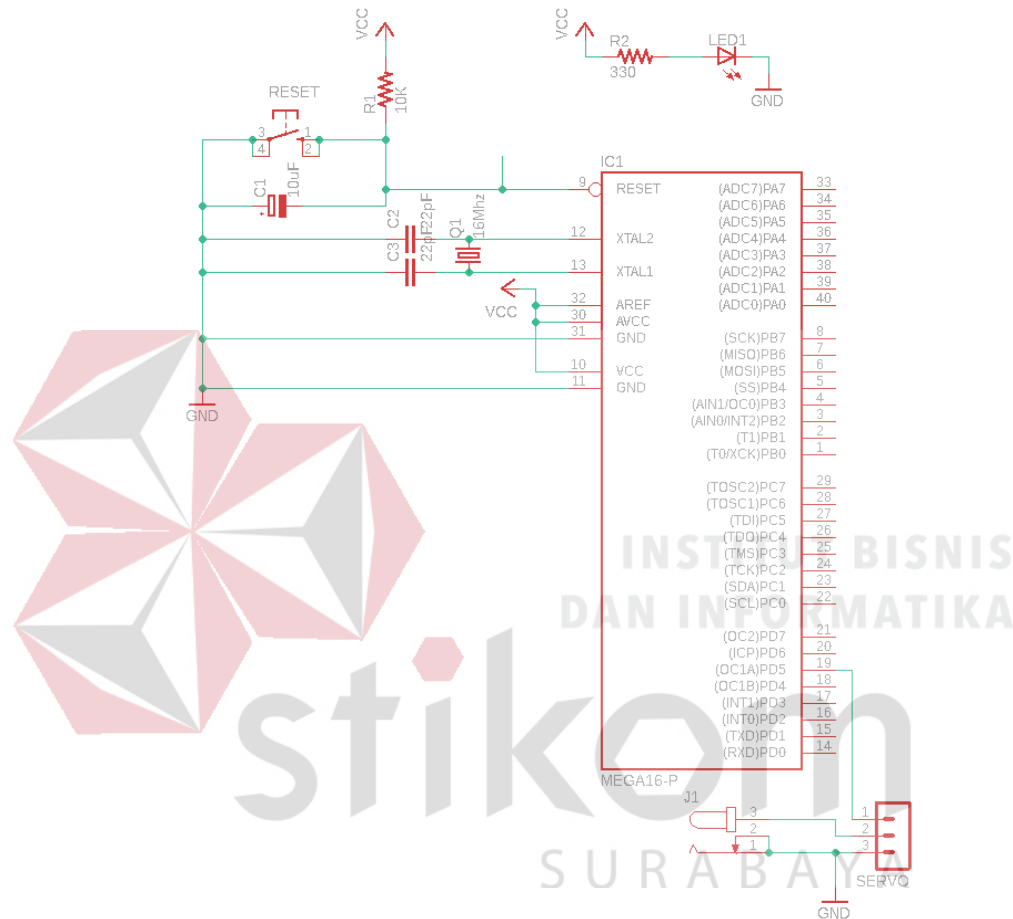


Gambar 3.3 Schematic *Minimum System* atmega16 sensor DS18B20

3.1.3 Perancangan Perangkat Servo

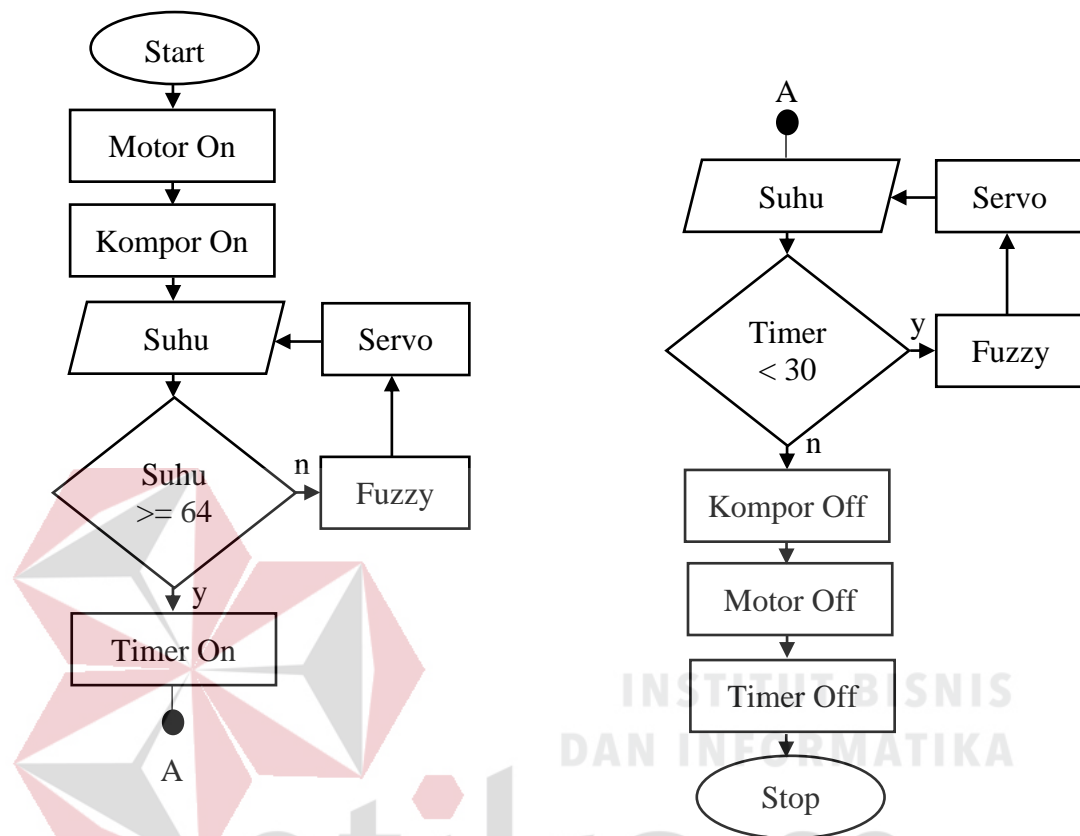
Servo digunakan sebagai aktuator untuk mengatur besar kecil nya api pada kompor. Untuk menjalankan Servo diperlukan *Pulse width modulation* (PWM) untuk mengatur putaran servo dengan derajat tertentu. PWM yang digunakan dalam tugas akhir ini menggunakan Timer 1 yaitu OCR1A yang terdapat pada PORT D.5.

Tegangan servo yang digunakan adalah 6V dengan arus minimal 500mA, sehingga penulis menggunakan power supply 6V yang di paralel antara *Minimum System* dan Servo. Berikut adalah schematic rangkaian *Minimum System* dan Servo.



Gambar 3.4 Rangkaian *Minimum System* dengan port PWM

3.2 Perancangan Perangkat Lunak



Gambar 3.5 Flowchart sistem otomatisasi

Pada flowchart diatas adalah bagaimana sistem bekerja yang akan di aplikasikan ke dalam tugas akhir penulis, mula-mula motor pengaduk aktif setelah power dinyalakan dan kompor juga akan menyala secara otomatis, pemanasan akan dimulai untuk memanaskan susu yang telah dimasukan ke dalam Panci, bila suhu telah mencapai 64°C ke atas maka timer akan memulai menghitung namun apabila kondisi belum mencapai 64°C maka akan dilakukan proses fuzzy.

Setelah timer on, proses fuzzy akan bekerja secara otomatis untuk menghasilkan suhu 64°C dengan *output* berupa derajat servo dalam menentukan besar, kecil dan matinya api. hingga program berhenti secara otomatis setelah 30 menit dan diikuti oleh pengaduk serta kompor pada kondisi mati.

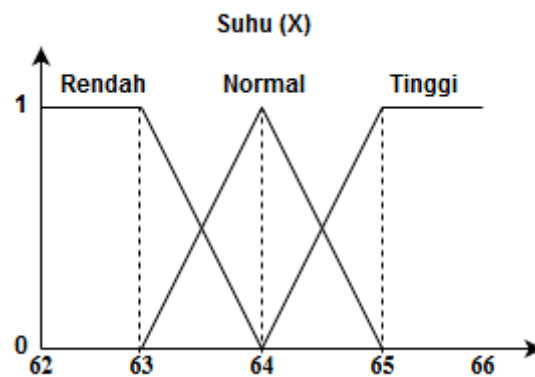
3.2.2 Perancangan Perangkat Lunak Fuzzy Sugeno

Pada penelitian ini metode *fuzzy* yang digunakan penulis yaitu *fuzzy* Sugeno. Penggunaan *fuzzy* Sugeno ini untuk mengontrol seluruh aktuator secara *real time*. Berikut adalah *rule-rule* metode *fuzzy* Sugeno yang telah diterapkan sebagai keluaran pada sistem yang telah dirancang.

1. *Input* pada *fuzzy* Sugeno:

Terdapat dua *input* pada *fuzzy* Sugeno yaitu *input* pertama suhu dan *input* kedua yaitu perubahan suhu, *input* pertama adalah hasil pembacaan menggunakan sensor DS18B20 secara *real time* dan *input* kedua adalah perubahan suhu saat ini dikurangi suhu sebelumnya, nilai dari pengurangan tersebut yang akan digunakan sebagai *input* kedua pada fuzzy. Berikut adalah himpunan *fuzzy* suhu dan perubahan suhu:

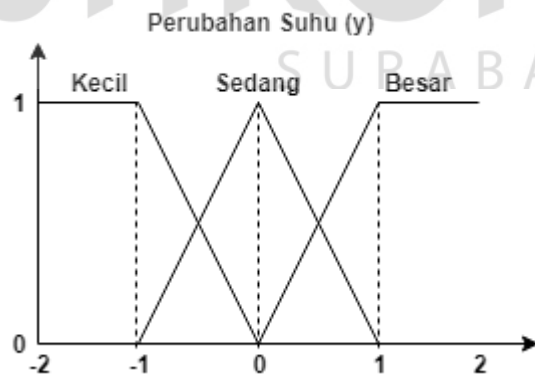
a. Himpunan *fuzzy* Suhu (x):



Gambar 3.6 Himpunan suhu

- Suhu Rendah : Fungsi *Linear Turun* $a = 63, b = 64$
- Suhu Normal : Fungsi *Linear Segitiga* $a = 63, b = 64, c = 65$
- Suhu Tinggi : Fungsi *Linear Naik* $a = 64, b = 65$

b. Himpunan *fuzzy* Perubahan Suhu (y):



Gambar 3.7 Himpunan perubahan suhu

- Perubahan Suhu Kecil : Fungsi *Linear Turun* $a = -1, b = 0$
- Perubahan Suhu Sedang : Fungsi *Linear Segitiga* $a = -1, b = 0, c = 1$
- Perubahan Suhu Besar : Fungsi *Linear Naik* $a = 0, b = 1$

2. *Output* pada *fuzzy* Sugeno:

Pada *output fuzzy* ini terdapat satu *output* yaitu servo, derajat servo digunakan untuk mengatur besar kecilnya api yang keluarannya telah ditentukan pada rule-rule *fuzzy* Sugeno yaitu:

- IF Suhu Rendah and Perubahan Suhu Kecil then Servo Besar
- IF Suhu Rendah and Perubahan Suhu Sedang then Servo Besar
- IF Suhu Rendah and Perubahan Suhu Besar then Servo Kecil
- IF Suhu Normal and Perubahan Suhu Kecil then Servo Mati
- IF Suhu Normal and Perubahan Suhu Sedang then Servo Mati
- IF Suhu Normal and Perubahan Suhu Besar then Servo Mati
- IF Suhu Tinggi and Perubahan Suhu Kecil then Servo Mati
- IF Suhu Tinggi and Perubahan Suhu Sedang then Servo Mati
- IF Suhu Tinggi and Perubahan Suhu Besar then Servo Mati

Rule-rule diatas berfungsi mencari nilai *fuzzy output* dari *fuzzy input*, keluaran dari rules yaitu besaran derajat servo sebagai berikut:

- Besar (0°)
- Kecil (55°)
- Mati (90°)

Sebagai contoh apabila suhu rendah dibawah set point dan perubahan suhu kecil maka dapat dikatakan suhu pada susu perlu dipanaskan untuk mencapai set point atau lebih dari set point, maka rules yang dipilih adalah nomor 1 yaitu sesuai dengan keadaan dan *output* yang dihasilkan yaitu aktuator servo Besar (0°) yang berarti api menyala Besar.

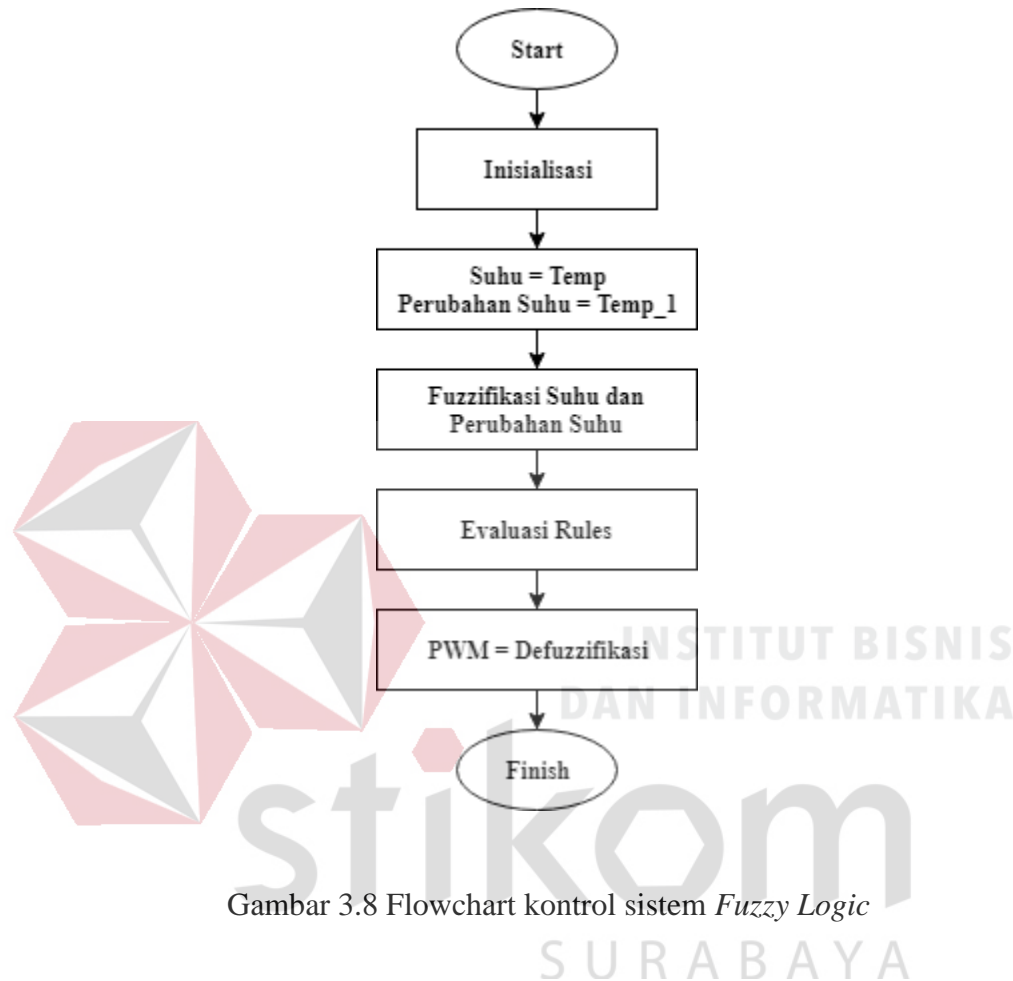
Apabila suhu rendah dan perubahan suhu besar maka suhu pada susu perlu dinaikan sedikit untuk mencapai set point. Pada kondisi saat ini rules yang digunakan adalah nomor 3 yaitu memperkecil menyala api dengan *output* aktuator servo sebesar 55° yang berarti api menyala kecil.

Apabila suhu normal dan perubahan suhu Sedang maka suhu pada susu perlu dkecilkan sehingga set point tetap selalu stabil dengan mematikan kompor dan *output* yang dihasilkan yaitu aktuator servo sebesar 90° yang berarti api mati.

Apabila suhu tinggi dan perubahan suhu kecil maka suhu pada susu perlu dkecilkan mencapai set point dengan mematikan kompor dan *output* yang dihasilkan yaitu aktuator servo sebesar 0° yang berarti api mati.

3. Flowchart sistem *Fuzzy Logic*

a) Kontrol sistem *Fuzzy Logic*



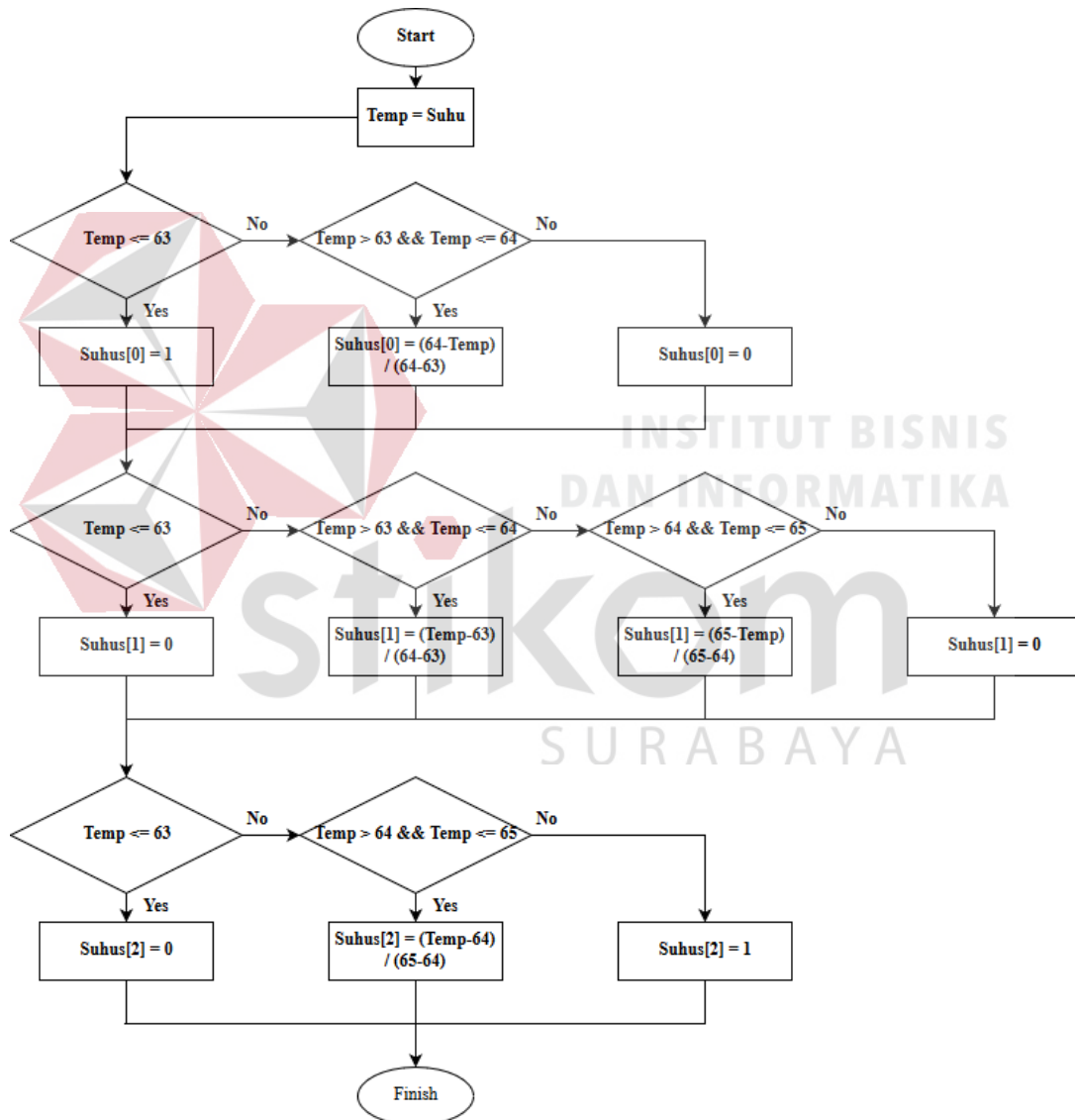
Gambar 3.8 Flowchart kontrol sistem *Fuzzy Logic*

Flowchart kontrol sistem *Fuzzy* mula-mula menginisialisasi port pada mikrokontroler, selanjutnya sensor suhu DS18B20 akan mendeteksi nilai suhu dan diterima oleh mikrokontroler Atmega16, nilai suhu yang diterima akan dimasukkan dalam variabel yang telah disediakan. Pada variabel itu nilai akan diolah menggunakan sistem *Fuzzy* Sugeno dengan rule yang telah ditentukan.

Pada proses fuzzifikasi, nilai nilai tersebut akan diolah sehingga mendapat nilai keluaran Evaluasi Rules dan defuzzifikasi yang akan menggerakkan *output* PWM servo.

b. Fuzzifikasi Suhu

Pada proses fuzzifikasi suhu, data yang akan diproses didapatkan dari pembacaan sensor DS18B20, berupa nilai suhu pada susu. Proses fuzzifikasi berdasarkan rule yang telah ditentukan. Terdapat 3 himpunan suhu antara lain rendah, normal, tinggi. Berikut flowchart fuzzifikasi suhu:



Gambar 3.9 Flowchart fuzzifikasi suhu

Pada fuzzifikasi suhu rendah nilai suhu pada susu akan dibaca oleh mikrokontroler, kondisi pertama jika suhu pada susu yang dibaca masih kurang dari sama dengan 63° , maka *fuzzy* menganggap suhu pada susu masih dikategorikan rendah dan nilai pada suhu rendah yaitu 1. Bila kondisi belum terpenuhi maka akan masuk pada kondisi kedua apabila suhu yang dibaca lebih besar dari 63° dan kurang dari sama dengan 64° maka nilai pada suhu rendah diolah menggunakan rumus representasi *Linear* turun. Bila kondisi belum terpenuhi dari kondisi kedua maka masuk pada kondisi terakhir yaitu apabila suhu pada susu lebih dari 64° maka nilai pada suhu rendah yaitu 0.

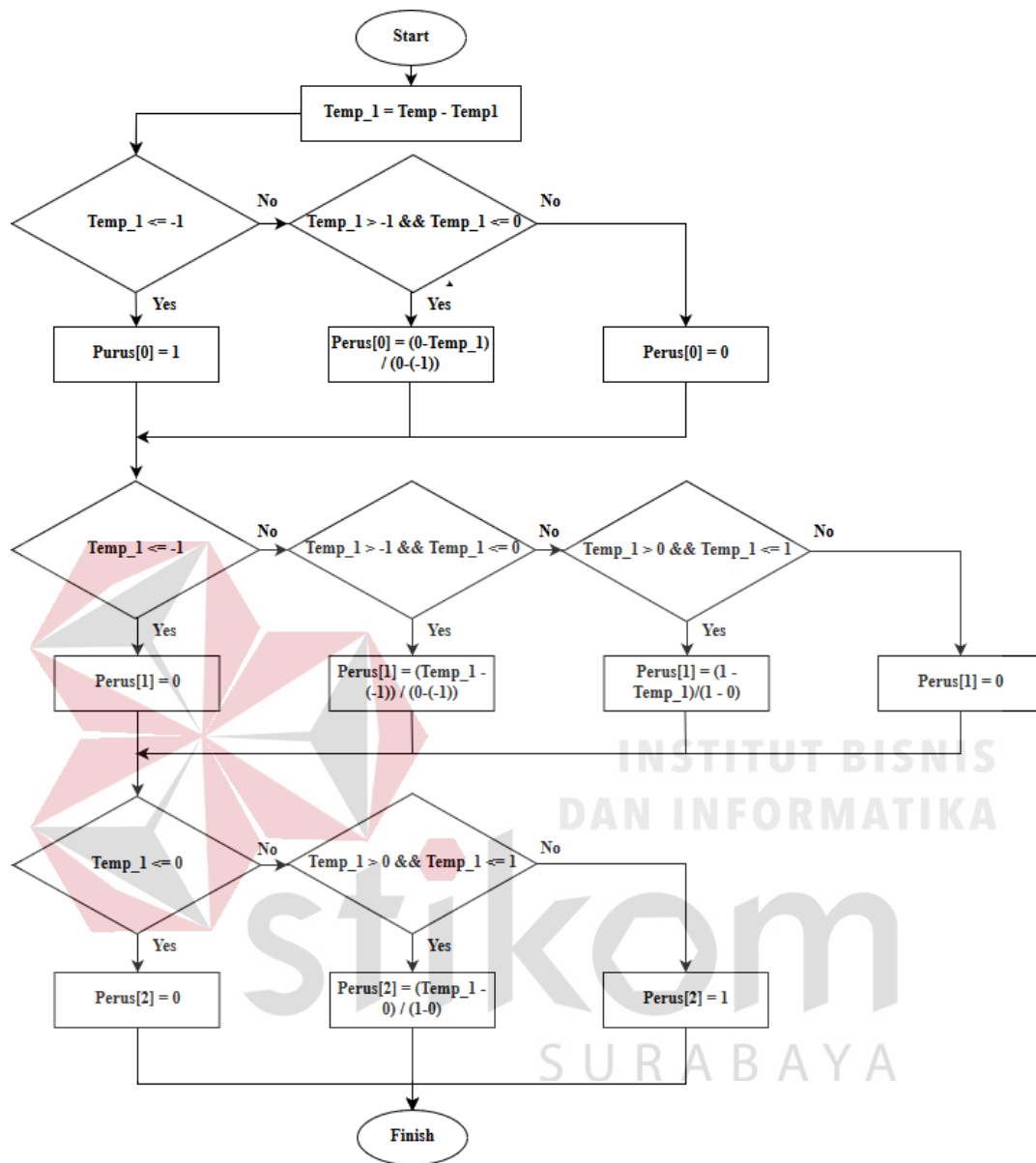
Pada fuzzifikasi suhu normal, kondisi pertama apabila suhu yang dibaca dibawah 63° maka nilai suhu pada susu dapat dikategorikan rendah dan nilai pada suhu rendah yaitu 0. Apabila kondisi tidak terpenuhi maka masuk pada kondisi kedua apabila suhu lebih dari 63° dan kurang dari sama dengan 64° maka *fuzzy* akan mengolah suhu dengan rumus representasi *Linear* naik. Jika kondisi belum terpenuhi maka masuk pada kondisi ketiga yaitu apabila suhu diantara lebih besar 64° dan lebih kecil sama dengan 65° maka *fuzzy* akan mengolah suhu dengan rumus representasi *Linear* turun. Apabila semua kondisi belum terpenuhi semua maka nilai suhu kondisi normal yaitu 0.

Pada fuzzifikasi suhu tinggi, kondisi pertama apabila suhu yang dibaca kurang dari sama dengan 64° maka nilai pada suhu tinggi yaitu 0° . Apabila kondisi belum terpenuhi maka masuk pada kondisi kedua yaitu apabila suhu diatas 64° dan suhu dibawah sama dengan 65° maka nilai pada suhu tinggi akan dilakukan rumus representasi *Linear* naik. Jika kondisi belum terpenuhi maka nilai pada suhu tinggi yaitu 1.

c. Fuzzifikasi Perubahan Suhu

Pada proses fuzzifikasi perubahan suhu, data yang akan diproses didapatkan dari perbandingan suhu sebelumnya dan suhu sekarang menggunakan DS18B20 pada suhu susu. Proses fuzzifikasi berdasarkan rule yang telah ditentukan. Terdapat tiga himpunan fuzzy dari perubahan suhu antara lain kecil, sedang, besar. Berikut flowchart fuzzifikasi pada perubahan suhu.





Gambar 3.10 Fuzzifikasi perubahan suhu

Pada fuzzifikasi perubahan suhu kecil, kondisi pertama apabila perubahan suhu yang dibaca kurang dari sama -1° maka nilai perubahan suhu kecil yaitu 1. Apabila kondisi belum terpenuhi maka masuk pada kondisi kedua yaitu apabila perubahan suhu

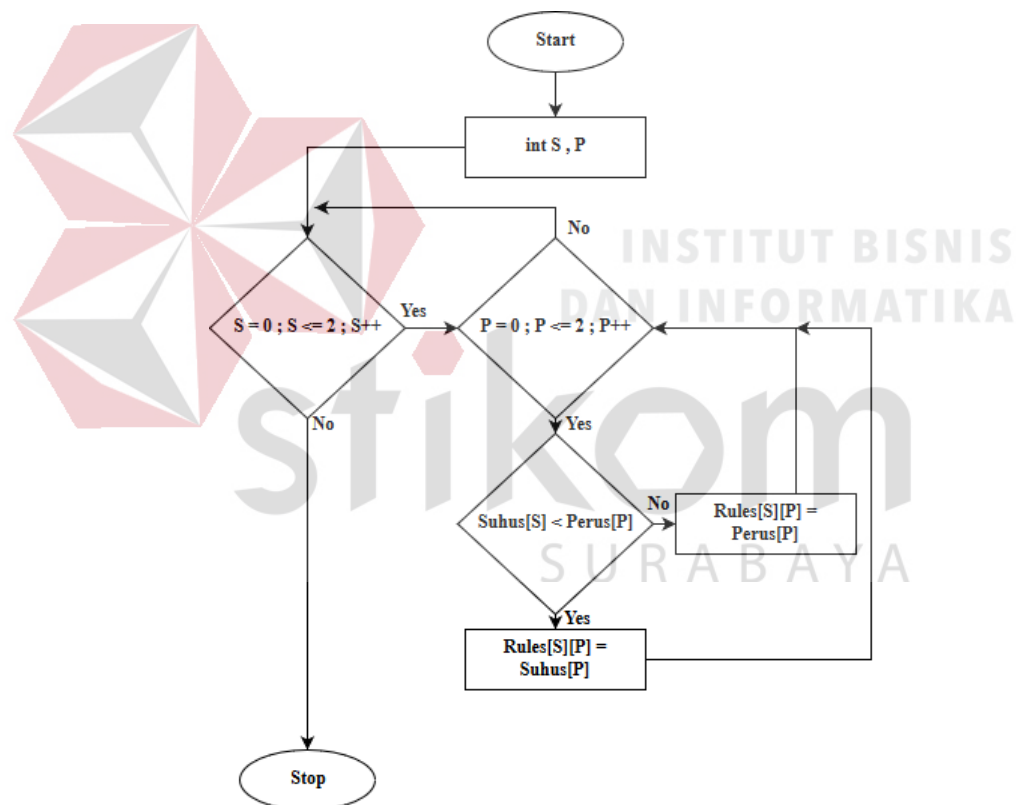
antara lebih besar dari -1° dan kurang dari sama dengan 0° maka akan digunakan rumus representasi *Linear* turun. apabila kondisi kedua belum terpenuhi maka nilai pada perubahan suhu kecil yaitu 0.

Pada fuzzifikasi perubahan suhu sedang, kondisi pertama apabila perubahan suhu kurang dari -1° maka nilai perubahan suhu kondisi sedang yaitu 0. Apabila kondisi pertama belum terpenuhi maka masuk pada kondisi kedua yaitu apabila perubahan suhu lebih besar dari -1° dan perubahan suhu kurang dari sama dengan 0° maka akan dilakukan rumus representasi *Linear* naik. Jika kondisi kedua belum terpenuhi maka kondisi ketiga yaitu apabila perubahan suhu diatas 0° dan kurang dari sama dengan 1° maka *fuzzy* maka akan digunakan rumus representasi *Linear* naik. Jika kedua belum terpenuhi maka kondisi ketiga yaitu apabila perubahan suhu lebih dari 0° dan kurang dari 1° maka akan dilakukan rumus representasi *Linear* turun. Jika kondisi ketiga belum terpenuhi maka kondisi keempat nilai perubahan suhu sedang yaitu 0.

Pada fuzzifikasi perubahan suhu tinggi, kondisi pertama apabila perubahan suhu kurang dari 0° maka nilai kondisi perubahan suhu tinggi yaitu 0. Jika kondisi pertama belum terpenuhi maka masuk pada kondisi kedua yaitu apabila perubahan suhu lebih dari 0 dan perubahan suhu kurang dari sama dengan 1 maka akan dilakukan rumus representasi *Linear* naik. Jika kondisi kedua belum terpenuhi maka nilai perubahan suhu tinggi yaitu 1.

d. Evaluasi Rules

Evaluasi rules berfungsi untuk mencari nilai keluaran dari nilai masukan. Proses pada evaluasi rules berasal dari nilai yang telah didapat dari fuzzyfikasi yang kemudian dimasukan dalam sebuah rule yang telah dibuat penulis untuk menghasilkan nilai *output*. Evaluasi rules yang digunakan yaitu mencari nilai minimum dari hasil proses fuzzyfikasi. Pada Gambar 3.11 adalah algoritma untuk mencari nilai minimum dari nilai variabel fuzzyfikasi.



Gambar 3.11 Flowchart mencari nilai minimum

e. Defuzzifikasi

Pada proses defuzzifikasi menggunakan metode *Weight-Average*. Keluaran dari hasil defuzzifikasi merupakan nilai *real* untuk derajat pada servo. Nilai dari hasil evaluasi rules akan diproses dengan mengalikan setiap nilai minimal yaitu hasil dari evaluasi rules dan nilai rules berupa derajat yang telah ditetapkan oleh penulis.

$$\text{Pengali} = (\text{Rule00} * \text{Besar}) + (\text{Rule01} * \text{Besar}) + (\text{Rule02} * \text{Kecil}) + (\text{Rule10} * \text{Mati}) + (\text{Rule11} * \text{Mati}) + (\text{Rule12} * \text{Mati}) + (\text{Rule20} * \text{Mati}) + (\text{Rule21} * \text{Mati}) + (\text{Rule22} * \text{Mati});$$

$$\text{Pembagi} = \text{Rule00} + \text{Rule01} + \text{Rule02} + \text{Rule10} + \text{Rule11} + \text{Rule12} + \text{Rule20} + \text{Rule21} + \text{Rule22}$$

$$\text{Defuzzifikasi} = \text{Pengali} / \text{Pembagi}$$

Pada variabel Pengali merupakan nilai minimal dari hasil proses Evaluasi Rules yang dikalikan dengan besaran derajat servo dari rules yang telah ditetapkan penulis. Pada variabel Pembagi merupakan nilai minimal dari proses evaluasi rules yang dijumlahkan.

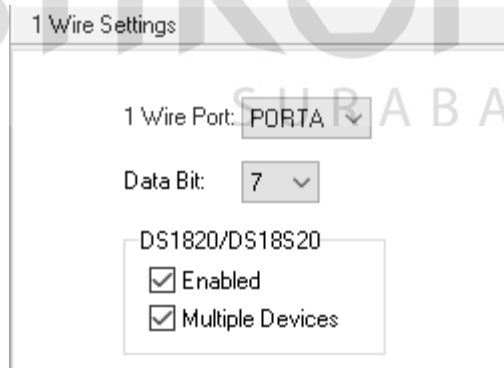
Output dari defuzzifikasi berupa nilai derajat servo yang akan mengendalikan besar kecilnya api.

3.2.3 Perancangan Perangkat Lunak DS18B20

Sensor modul DS18B20 digunakan sebagai pendeteksi suhu pada susu. Dengan sensor ini dapat menghasilkan nilai dan menampilkan pada LCD. Pada pengujian ini *Minimum system* Atmega16 diberikan perintah yang dapat membaca sensor DS18B20 agar dapat mengetahui nilai suhu yang terdapat pada susu.

Pada perancangan perangkat lunak ini bertujuan untuk melihat kinerja sensor DS18B20 dapat mendeteksi nilai suhu pada susu. Berikut ini langkah-langkah perancangan lunak DS18B20 menggunakan *Software* CVAVR sebagai berikut:

1. Buka *Software* CVAVR.
2. Pilih File – New – Project
3. Tekan yes untuk menggunakan Code Wizard.
4. Tekan OK pada pilihan AT90, AT Tiny, ATmega.
5. Pilih 1 Wire dan Setting 1 Wire seperti pada Gambar 3.12



Gambar 3.12 *Wire setting* DS18B20

6. Generate Program dengan menekan icon dibawah tulisan *Help*.
7. Rubah settingan awal menjadi seperti pada Gambar 3.13.

```
#include <megal6a.h>
#include <lwire.h>
#include <ds18b20.h>

#define MAX_DS18B20 8

unsigned char ds18b20_devices;
unsigned char ds18b20_rom_codes[MAX_DS18B20][9];

ds18b20_devices=wl_search(0xf0,ds18b20_rom_codes);
```

Gambar 3.13 *Codes program DS18B20.*

Untuk dapat membaca sensor suhu DS18B20 dapat menggunakan perintah seperti pada Gambar 3.14

```
float Temp;
Temp = ds18b20_temperature(&ds18b20_rom_codes[0][0]);
```

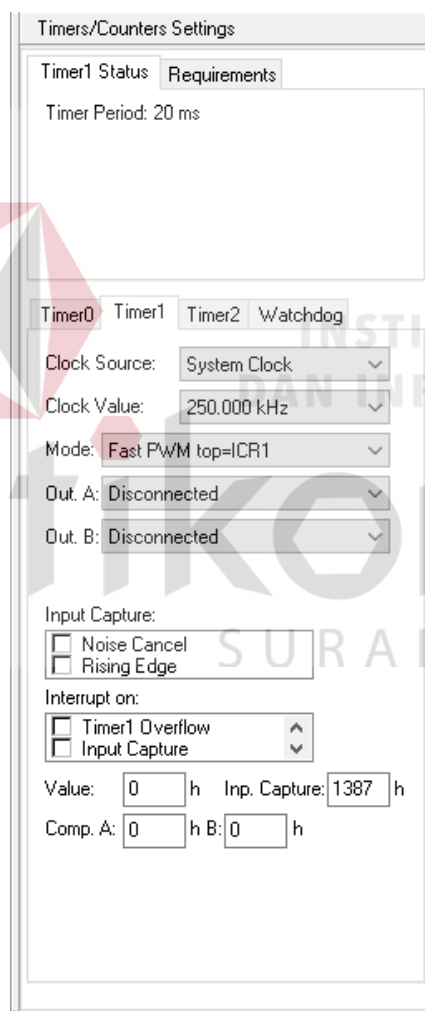
Gambar 3.14 *Codes pembacaan suhu.*

3.2.4 Perancangan Perangkat Lunak Servo

Perancangan perangkat lunak Servo ini digunakan sebagai mengatur besar kecilnya api yang akan mempengaruhi naik dan turunnya suhu pada susu.

Perancangan perangkat lunak servo ini bertujuan untuk menghasilkan putaran servo dengan derajat yang diinginkan sesuai *output* dari hasil defuzzifikasi. Untuk dapat menentukan derajat servo, penulis menggunakan PWM Timer1 sebagai nilai pulse Servo dengan perancangan lunak Timer1 sebagai berikut:

1. Buka *Software CVAVR*.
2. Pilih File – New – Project
3. Tekan yes untuk menggunakan Code Wizard.
4. Tekan OK pada pilihan AT90, AT Tiny, ATmega.
5. Pilih Timers/Counters.
6. Pada kolom Timer1 setting seperti pada Gambar 3.15



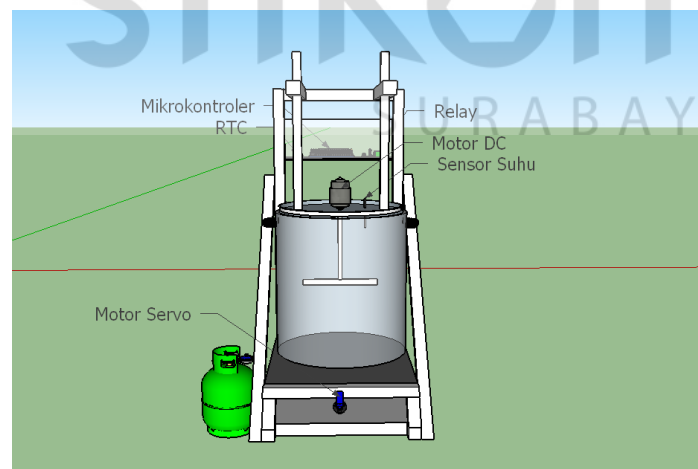
Gambar 3.15 Setting PWM servo

Settingan pada Gambar 3.15 merupakan settingan PWM untuk servo dengan periode sebesar 20 ms menggunakan Timer1. Untuk dapat menentukan besaran derajat yang diinginkan dapat menggunakan function Servo dan rumus:

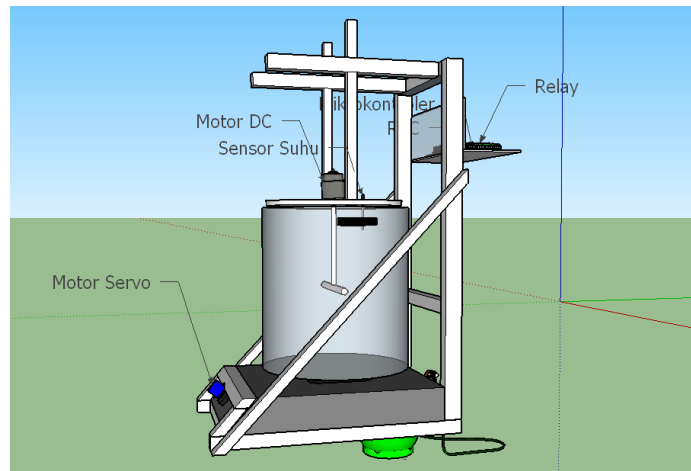
```
Void Servo (int Degree)
{
Pulse      = -2.4778*Degree;
Pulse      = Pulse+350;
OCR1A      = Pulse
}
```

3.3 Model Perancangan

Berikut ini desain rancang bangun Otomatisasi sistem pasteurisasi pada Gambar 3.16 – Gambar 3.17.



Gambar 3.16 Desain otomatisasi pasteurisasi tampak depan



Gambar 3.17 Desain otomatisasi pasteurisasi tampak samping

Berikut ini adalah hasil rancang bangun Otomatisasi sistem pasteurisasi Pada
 Gambar 3.18 – Gambar 3.20.



Gambar 3.18 Rancang bangun otomatisasi pasteurisasi tampak depan



Gambar 3.19 Rancang bangun otomatisasi pasteurisasi tampak samping



Gambar 3.20 Rangkaian *Minimum system* atmega16 dan relay.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab empat ini akan dibawah hasil serta pembahasan pada pengujian Otomatisasi sistem pasteurisasi yang telah dirancang oleh penulis berupa perangkat keras dan perangkat lunak.

4.1 Pengujian *Minimum System Atmega16*

4.1.1 Tujuan

Pengujian *Minimum System* bertujuan untuk mengetahui apakah *Minimum System* ini dapat berjalan dengan baik, serta dapat mengeksekusi program ke mikrokontroler dengan benar.

4.1.2 Alat yang digunakan

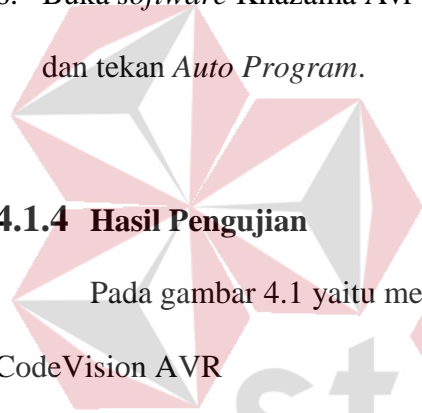
1. Rangkaian *Minimum System Atmega16*
2. USBASP Sebagai *Downloader*
3. PC atau Laptop
4. *Software CodeVision AVR*
5. *Software Khazama AVR Programmer*
6. Power Supply 6V

4.1.3 Prosedur Pengujian

1. Menghidupkan PC atau laptop.
2. Nyalakan *Power Supply* dan hubungkan ke rangkaian *Minimum System*.
3. Sambungkan *Minimum System* dengan kabel USB ASP pada port USB.
4. Jalankan program CodeVisionAVR.
5. Sebelum *upload* program yang telah dibuat, pastikan tidak ada error, apabila tidak ada pilih *build all project*
6. Buka *software* Khazama Avr Programmer dan pilih program yang akan diupload dan tekan *Auto Program*.

4.1.4 Hasil Pengujian

Pada gambar 4.1 yaitu melakukan *Build Project* menggunakan *software* CodeVision AVR

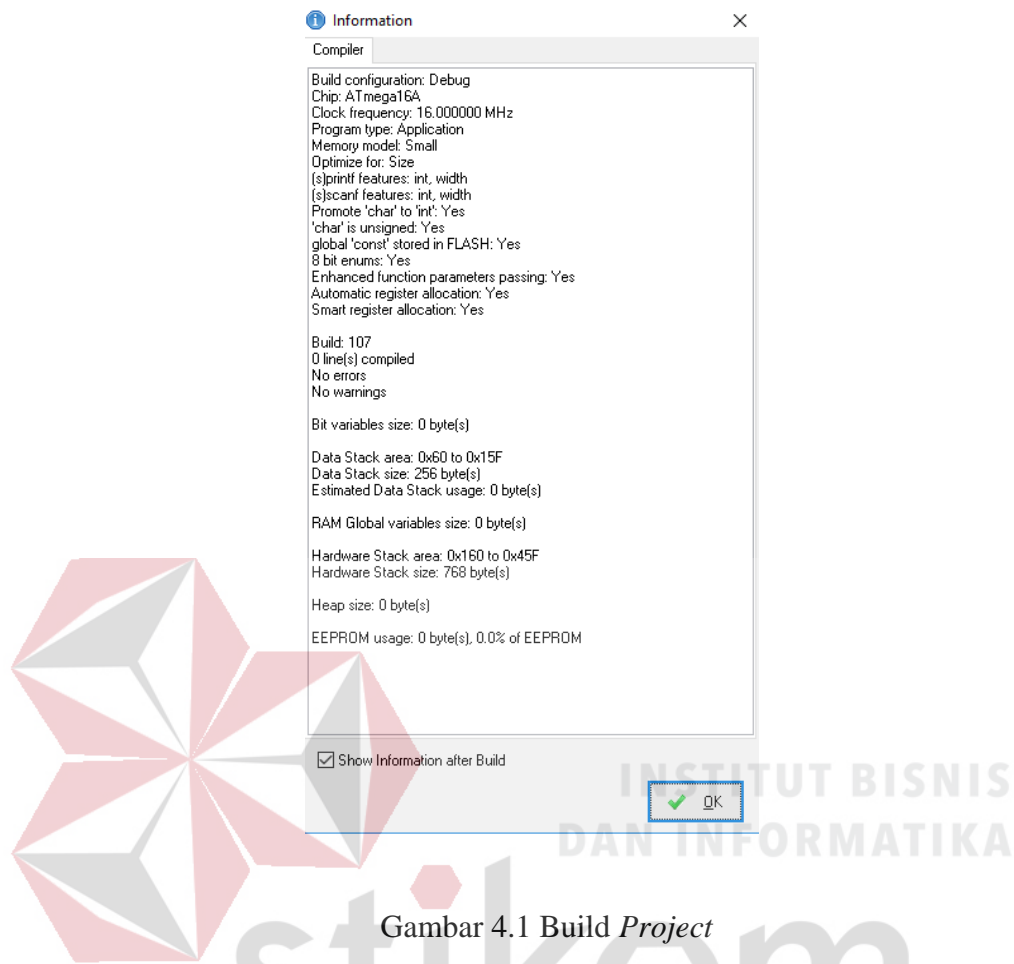


INSTITUT BISNIS

TEKNOLOGI INFORMATIKA

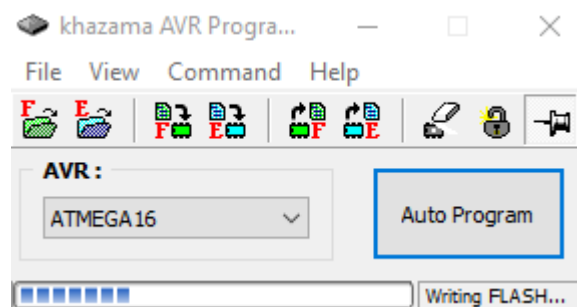
stikom

SURABAYA



Gambar 4.1 Build Project

Setelah build program selesai, maka langkah selanjutnya yaitu mengupload program ke *Minimum System* dengan membuka *software* khazama seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Upload Program

4.2 Hasil Pengujian Sensor Suhu DS18B20

4.2.1 Tujuan

Pada pengujian sensor suhu DS18B20 dibuat program untuk dapat membaca suhu menggunakan *software* CodeVisionAVR dengan jalur komunikasi 1-Wire yang telah disediakan pada CodeVisionAVR.

4.2.2 Alat Yang Digunakan

1. PC atau laptop
2. Rangkaian *Minimum System* ATmega16
3. LCD 16x2
4. Sensor DS18B20
5. USBASP Downloader

4.2.3 Prosedur Pengujian

1. Hubungkan sensor DS18B20 dan LCD 16x2 pada *Minimum System* Atmega16.
2. Sambungkan USBASP Downloader.
3. *Upload* program menuju *Minimum System* Atmega16.
4. Amati data dari Sensor di LCD.

4.2.4 Hasil Pengujian

Pada pengujian sensor suhu DS18B20 yaitu melakukan pembacaan suhu dan ditampilkan pada LCD. Satuan suhu sensor DS18B20 yaitu Celcius. Pengujian sensor

DS18B20 menggunakan Thermometer Digital sehingga selisih perbandingan dapat terlihat. Adapun hasil percobaan sensor suhu DS18B20 pada table.



Gambar 4.3 Pengujian sensor DS18B20

Tabel 4.1 Selisih perbandingan suhu

Percobaan Ke -	Sensor DS18B20	<i>Thermometer Digital</i>	Selisih
1	34.56	35.75	1.19
2	38.61	39.88	1.27
3	42.10	43.24	1.14
4	45.56	46.56	1
5	48.41	49.4	0.99
6	54.7	55.8	1.1
7	56.22	57.4	1,18
8	58.4	59.9	1,5
9	59.10	60.12	1.02
10	61,56	62,70	1,14
		Rata - Rata	1,15

Kesimpulan daripada hasil percobaan DS18B20 dan Thermometer Digital dapat dilihat pada tabel diatas yaitu perbedaan pada DS18B20 memiliki nilai yang lebih rendah dari thermometer digital dan memiliki selisih dengan rata-rata 1°C.

4.3 Hasil Pengujian Motor Servo

4.3.1 Tujuan

Pengujian motor servo yang merupakan aktuator sebagai pengatur suhu pada susu. pengujian ini bertujuan mengetahui servo dapat bekerja sesuai dengan baik dan benar. Putaran derajat dari servo akan ditampilkan pada LCD sehingga dapat mengetahui derajat servo berputar.

4.3.2 Alat yang digunakan

Pada pengujian motor servo yaitu servo dapat melakukan putaran derajat dari mikrokontroler Atmega16 dan akan di tampilkan derajatnya melalui LCD. Berikut hasil pengujian servo pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5

1. PC atau laptop
2. Rangkaian *Minimum System* ATmega16
3. LCD 16x2
4. Servo
5. USBASP Downloader

4.3.3 Prosedur Pengujian

1. Hubungkan servo pada port yang telah disediakan pada *Minimum System*.
2. Sambungkan USBASP downloader pada *Minimum System*.
3. Sambungkan USBASP pada USB Laptop / PC
4. *Upload* program Servo menggunakan *software* Khazama.
5. Amati pergerakan derajat Servo.

4.3.4 Hasil Pengujian

Pada pengujian Servo yaitu mengatur pergerakan servo sesuai program dan function yang telah dibuat penulis dan ditampilkan pada LCD. Untuk menguji derajat Servo penulis membandingkan dengan busur derajat.



Gambar 4.4 Servo menunjukkan 90 derajat



Gambar 4.5 Servo Menunjukkan 0 Derajat

Tabel 4.2 Selisih perbandingan Servo

Percobaan Ke-	Derajat Servo	Busur Derajat	Selisih
1	10	10.4	0.4
2	20	20.5	0.5
3	30	30.4	0.4
4	40	40.6	0.6
5	50	50.8	0.8
6	60	60.8	0.8
7	70	70.4	0.4
8	80	80.4	0.4
9	90	90.5	0.5
		Rata - Rata	0.49

Kesimpulan dari hasil percobaan Servo dan Busur Derajat dapat dilihat pada tabel diatas yaitu perbedaan pada Servo memiliki nilai yang hampir mendekati dan memiliki selisih dengan rata-rata 0.49 derajat.

4.4 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Hasil pengujian keseluruhan meliputi pengujian dari segi *Software* maupun *Hardware*, *Software* meliputi program yang telah dimasukan kepada Atmega16 berupa *input*, *output*, dan metode *Fuzzy Logic*. *Hardware* meliputi pemasangan setiap komponen yang telah dipasang pada setiap *Software*.

4.4.1 Tujuan

Pada pengujian keseluruhan sistem ini adalah menguji keseluruhan setiap *Software* dan *Hardware* dalam menguji pasteurisasi susu menggunakan *Fuzzy Logic* dengan metode pasteurisasi *Low Temperature Long Time* (LTLT) yaitu teknik memanaskan suhu pada susu. Pasteurisasi LTLT adalah teknik memanaskan suhu pada suhu 64 °C selama 30 menit.

4.4.2 Alat yang digunakan

Adapun alat-alat yang digunakan dalam menguji yaitu:

1. *Minimum System* Atmega16.
2. Servo sebagai aktuator untuk mengatur besar kecilnya api.
3. Sensor Suhu DS18B20.
4. LCD 16x2.
5. USBASP Downloader.
6. PC atau Laptop.
7. Kompor.
8. Relay Pematik dan Motor DC

9. Gas LPG.
10. Power Supply 6V dan 12V

4.4.3 Prosedur Pengujian

1. Hubungkan USBASP *Downloader* pada *Minimum System*.
2. Hubungkan USBASP pada USB Laptop / PC.
3. Sambungkan sensor DS18B20 pada *Minimum System*.
4. Sambungkan Servo pada *Minimum System*.
5. Sambungkan LCD 16x2 pada *Minimum System*.
6. Program *Minimum System* Atmega16.
7. Setelah program telah dibuat upload menggunakan *Software Khazama*.
8. Masukkan Susu pada panic.
9. Masukkan Sensor Suhu dan Pengaduk pada susu yang telah dituangkan pada panic.
10. Tancapkan Power Supply 6V pada *Minimum System* dan 12V pada Motor Pengaduk.
11. Amati data pada LCD.

4.4.4 Hasil Pengujian

Adapun hasil pengujian dari metode Pasteurisasi Susu LTLT menggunakan *Fuzzy Logic* pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Tabel pengujian pasteurisasi LTLT menggunakan *Fuzzy Logic*.

No	Waktu	Suhu (°C)	Servo (Derajat)	Error	Absolut	Persentase Error (%)
1	0:00:00	64	90	0	0	0
2	0:01:00	63.94	84	0.06	0.06	0.09
3	0:02:00	63.81	73	0.19	0.19	0.30
4	0:03:00	63.75	67	0.25	0.25	0.39
5	0:04:00	63.62	56	0.38	0.38	0.59
6	0:05:00	63.94	84	0.06	0.06	0.09
7	0:06:00	63.87	78	0.13	0.13	0.20
8	0:07:00	63.75	67	0.25	0.25	0.39
9	0:08:00	63.69	61	0.31	0.31	0.48
10	0:09:00	63.94	84	0.06	0.06	0.09
11	0:10:00	63.87	78	0.13	0.13	0.20
12	0:11:00	63.75	67	0.25	0.25	0.39
13	0:12:00	63.56	56	0.44	0.44	0.69
14	0:13:00	63.94	84	0.06	0.06	0.09
15	0:14:00	63.87	78	0.13	0.13	0.20
16	0:15:00	63.69	61	0.31	0.31	0.48
17	0:16:00	63.75	67	0.25	0.25	0.39
18	0:17:00	63.94	84	0.06	0.06	0.09
19	0:18:00	63.87	78	0.13	0.13	0.20
20	0:19:00	63.69	61	0.31	0.31	0.48
21	0:20:00	63.87	78	0.13	0.13	0.20
22	0:21:00	63.87	78	0.13	0.13	0.20
23	0:22:00	63.69	61	0.31	0.31	0.48
24	0:23:00	63.69	61	0.31	0.31	0.48
25	0:24:00	63.94	84	0.06	0.06	0.09
26	0:25:00	63.81	73	0.19	0.19	0.30
27	0:26:00	63.62	56	0.38	0.38	0.59
28	0:27:00	63.87	78	0.13	0.13	0.20
29	0:28:00	63.75	67	0.25	0.25	0.39
30	0:29:00	63.69	61	0.31	0.31	0.48
Rata – rata persentase <i>Error</i>						0.31

Pada tabel 4.3 adalah hasil dari pengujian pasteurisasi LTLT menggunakan *Fuzzy Logic* selama 30 menit. Pengambilan pada data dilakukan setiap 1 menit sekali. Nilai pada *error* didapatkan dari set point – suhu, nilai *Absolut* adalah nilai bilangan

riil dari *error*, dan nilai persentase *error* adalah nilai yang didapatkan dari

$$\frac{\text{Nilai Absolut}}{\text{Set Point}} \times 100.$$

Dari pengujian pasteurisasi susu selama 30 menit (Tabel 4.3) dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic* diperoleh:

- Rata-rata persentase *error* (*Average Error*) adalah rata – rata dari persentase *error* selama 30 menit.
- Waktu naik (*Rise Time*) adalah waktu yang diperlukan sistem untuk naik dari 10 sampai 90%, 5 sampai 95%, atau 0 sampai 100% dari harga akhirnya.
- Lewatan maksimum (*Overshoot*) adalah harga puncak maksimum dari kurva respon waktu yang diukur dari satu, jika rise time tidak sama dengan satu, maka biasa digunakan persen lewatan maksimum.

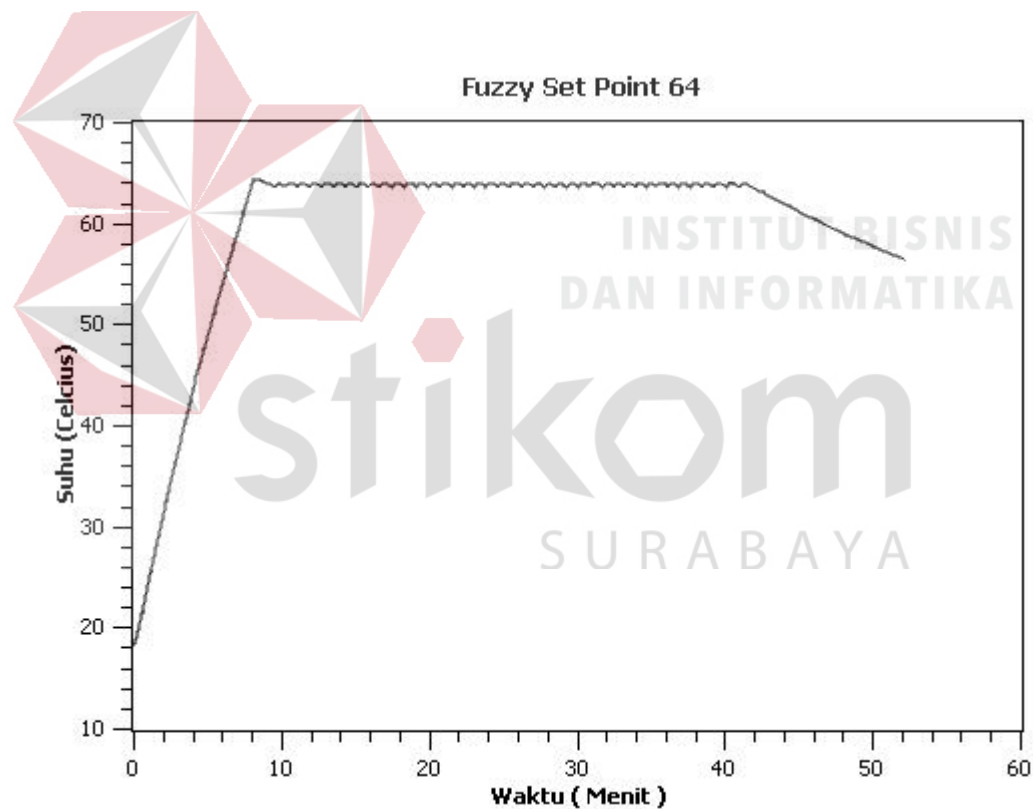
$$\frac{\text{Nilai Suhu Tertinggi} - \text{Set Point}}{\text{Set Point}} \times 100\%$$

- Waktu penetapan (*Settling Time*) adalah waktu yang diperlukan kurva respon waktu untuk mencapai dan menetap dalam daerah disekitar harga akhir yang ukurannya ditentukan dengan persentase mutlak dari harga akhir (biasanya 5% atau 2%).

Pada tabel 4.4 diperoleh hasil dari data *Average Error* sebesar 0.31%, *Rise Time* 8.1 Menit, *Overshoot* 0.49%, *Settling Time* 8.1 Menit. Adapun hasil dari grafik pada proses pasteurisasi LTLT menggunakan *Fuzzy Logic*.

Tabel 4.4 Data Pengujian

<i>Data</i>	Nilai
<i>Average Error</i>	0.31%
<i>Rise Time</i>	8.1 Menit
<i>Overshoot</i>	0.49%
<i>Settling Time</i>	8.1 Menit



Gambar 4.6 Kurva respon waktu dari suhu pada proses pasteurisasi menggunakan

Fuzzy Logic.

Pada gambar 4.6 kurva respon waktu dimulai saat suhu pada susu 18°C naik untuk mencapai suhu target 64°C. Waktu naik dalam proses pemanasan susu membutuhkan waktu 8 menit. Setelah kurva respon waktu mencapai 64°C proses pasteurisasi LTLT berbasis *Fuzzy Logic* berjalan selama 30 menit. Selanjutnya setelah waktu 30 menit tercapai maka knop kompor dimatikan sehingga tampak pada gambar 4.6 kurva respon waktu mulai menurun yang menunjukkan bahwa proses pasteurisasi telah selesai dilakukan.



BAB V

PENUTUP

Hasil dari pengujian pada sistem Otomatisasi Pasteurisasi LTLT menggunakan metode *Fuzzy Logic* pada tugas akhir ini terdapat kesimpulan dan saran dari penulis diantaranya:

5.1 Kesimpulan

1. Pengujian sistem Otomatisasi berbasis *Fuzzy Logic* untuk tujuan pasteurisasi susu mampu mempertahankan suhu dari susu di titik $\pm 64^{\circ}\text{C}$ dengan *Average Error* 0.31% selama rentang waktu 30 menit sesuai dengan metode LTLT (*Low Temperature Long Time*).
2. Grafik suhu pada otomatisasi pasteurisasi susu berbasis *Fuzzy Logic*, menghasilkan nilai *Average Error* sebesar 0.31%, *Rise Time* 8.1 Menit, *Overshoot* 0.49%, *Settling Time* 8.1 Menit.

5.2 Saran

1. Pembuatan sistem pendingin susu setelah proses pasteurisasi secara otomatis.
2. Pembuatan sistem keamanan yaitu sensor gas dan sensor api.

DAFTAR PUSTAKA

Anggraiani Nabababan Lely (2014), *Ketahanan Susu Segar pada Penyimpanan Suhu Ruang Ditinjau dari Uji Tingkat Keasaman, Didih, dan Waktu Reduktase :*

Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Udayana.

Alif Yoga (2016), *Perbandingan Kualitas Antar Sensor Suhu Dengan Menggunakan Arduini Pro Mini :* Universitas Widya Kartika Surabaya.

Birle, S., Hussein, M.A. dan Becker, T. (2013). *Fuzzy Logic control and soft sensing applications in food and beverage processes. Food Control* 29: 254-269.

Dewi, I. C., Nisak, A., K, D. R., & D, M. R. (2014). Penerapan Logika Fuzzy Metode Tsukamoto Untuk Menentukan Kualitas Hotel. *JTIK* , 6-9.

Dian, Yuniarto. *Aplikasi Mikrokontroler Atmega16 Sebagai Pengontrol Sistem Emergency dan Lampu Jalan Yang Dilengkapi Dengan Sensor Cahaya (LDR) Pada Miniatur Kompleks Perumahan Modern.*

Hadiwiyoto, S.,(1994). *Teknik Uji Mutu Susu dan Hasil Olahannya.*Liberty, Yogyakarta.

Haris Sopyan, Hasanah Sri, Anwar Muhammad, Kartikaningrum Wiwik (2002). *Upaya Pembuatan Alat Pasteurisasi Buatan Skala Home Industry :* Fakultas Peternakan UGM, Yogyakarta.

Ogata Katsuhiko (1970). *Teknik Kontrol Automatik.* Terjemahan oleh Ir. Edi Laksono. Jakarta: Erlangga.

Kustanti,Ika (2012). *Otomatisasi Proses Mixing Pada Susu Pasteurisasi* : Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Universitas Brawijaya Malang

Kurniawan,Irfan dan Defi,Riana (2013).*Alat Pemantau Kestabilan Susu* : Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang.

Kusumadewi Sri, Purnomo Hari (2010). *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan* : Graha Ilmu, Yogyakarta.

Kusumadewi, S. dan Purnomo, H., 2010. Aplikasi Logika *Fuzzy* untuk system pendukung keputusan. Andi Offset, Yogyakarta

Masykur Fauzan (2012), *Implementasi Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Diabetes Mellitus Menggunakan Metode Fuzzy Logic Berbasis Web*. Universitas Diponegoro, Semarang.

Setya, A. W. (2012). *Teknologi Pengolahan Susu*. Surakarta: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Slamet Riyadi.

SNI 19-1502-1989, *Susu Pasteurisasi* : Badan Standardisasi Nasional.



INSTITUT BISNIS

stikom
SURABAYA

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. LISTING PROGRAM PASTEURISASI DENGAN *FUZZY*

LOGIC SUGENO

```
/******  
  
This program was created by the  
CodeWizardAVR V3.12 Advanced  
Automatic Program Generator  
Copyright 1998-2014 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.  
http://www.hpinfotech.com  
  
Project : Susu Pasteurisasi LTLT Standart Nasional Indonesia  
Version : 1  
Date : 7/31/2018  
Author : Renggy  
Company : Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya  
Comments: Biasa Saja  
  
Chip type : ATmega16A  
Program type : Application  
AVR Core Clock frequency: 16.000000 MHz  
Memory model : Small  
External RAM size : 0  
Data Stack size : 256  
*****/  
  
#include <mega16a.h>  
#include <i2c.h>  
#include <ds1307.h>  
#include <lwire.h>  
#include <ds18b20.h>  
#include <alcd.h>  
#include <stdio.h>  
#include <delay.h>  
#include <stdlib.h>  
  
#define MAX_DS18B20 8  
  
bit Toogle = 1; // Toogle Untuk Suhu Lebih dan  
Timer On  
  
int Counter; // Nilai Counter Timer0  
int Second; // Nilai Detik  
int Minute; // Nilai Menit  
int Besar = 0; // Kompor Api Besar  
int Kecil = 55; // Kompor Api Kecil
```

```

int Mati = 90; // Kompor Api Mati

float Nilai_1,Nilai_2; // Menyimpan Nilai Sebelum
Difuzzifikasi
float Defus; // Nilai Hasil Defuzzifikasi
Sebelumnya
float Defuzi; // Nilai Hasil Defuzzifikasi
float Temp,Temp_1,Temp_2; // Nilai Pada Suhu dan Perubahan
Suhu
float Rule00,Rule01,Rule02; // Nilai Evaluasi Rules
float Rule10,Rule11,Rule12; // Nilai Evaluasi Rules
float Rule20,Rule21,Rule22; // Nilai Evaluasi Rules
float Suhu[3],Perus[3],Rules[3][3]; // Nilai Hasil Fuzzifikasi

unsigned char Suhu[20]; // Menampilkan Suhu
unsigned char Timer[20]; // Menampilkan Timer
unsigned char Derajat[20]; // Menampilkan Derajat
unsigned char Perubahan[20]; // Menampilkan Perubahan Suhu

unsigned char ds18b20_devices;
unsigned char ds18b20_rom_codes[MAX_DS18B20][9];

interrupt [TIM2_OVF] void timer2_ovf_isr(void)
{
    TCNT2=0x83;
    Counter++;
    if(Counter == 2000)
    {
        Counter = 0;
        Second++;
        if(Second == 60)
        {
            Second = 0;
            if(Toogle == 0)
            {
                Minute++;
            }
        }
    }
}

void Servo(int Degree)
{
    unsigned int Pulse ;
    Pulse = -2.4778*Degree;
    Pulse = Pulse+350;
    OCR1A = Pulse ;
}

void Start()
{
    Servo(90);
    lcd_gotoxy(0,0);
}

```



```

    lcd_putsf("~~~~~Prepare~~~~");
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_putsf("~Pasteurization~");
    PORTA.0 = 1;           // Pematik Off
    PORTA.1 = 1;           // Motor Pengaduk Off
    delay_ms(10000);      // Jeda Tunggu 10 Detik
    PORTA.1 = 0;           // Motor Pengaduk On
}
void Lighter()
{
    Servo(30);             // Membuka Knop Kompor
    PORTA.0 = 0;           // Menyalakan Pematik
    delay_ms(2000);        // Jeda Tunggu 2 Detik
    PORTA.0 = 1;           // Mematikan Pematik
}
void Temperature()
{
    Temp = ds18b20_temperature(&ds18b20_rom_codes[0][0]); //
Membaca Nilai Suhu
    Temp_1 = Temp - Temp_2; // Nilai
Perubahan Suhu = Suhu - Suhu Sebelumnya
    Temp_2 = Temp; //
Menyimpan Nilai Suhu Sekarang Untuk Mencari Nilai Perubahan Suhu
    if(Temp >= 64 && Toogle == 1)
    {
        Toogle = 0;
    }
}
void Fuzzifikasi()
{
    //~~~~~Mencari Nilai Fuzzifikasi Suhu
Rendah
    if(Temp <= 63)
    {
        Suhus[0] = 1;
    }
    else if(Temp > 63 && Temp <= 64)
    {
        Suhus[0] = (64-Temp)/(64-63);
    }
    else
    {
        Suhus[0] = 0;
    }
    //~~~~~Mencari Nilai Fuzzifikasi Suhu
Normal
    if(Temp <= 63)
    {
        Suhus[1] = 0;
    }
    else if(Temp > 63 && Temp <= 64)
    {
        Suhus[1] = (Temp-63)/(64-63);
    }
}

```

```

else if(Temp > 64 && Temp <= 65)
{
    Suhus[1] = (64-Temp)/(65-64);
}
else
{
    Suhus[1] = 0;
}
//~~~~~Mencari Nilai Fuzzifikasi Suhu
Tinggi
if(Temp <= 64)
{
    Suhus[2] = 0;
}
else if(Temp > 64 && Temp <= 65)
{
    Suhus[2] = (Temp-64)/(65-64);
}
else
{
    Suhus[2] = 1;
}
//~~~~~Mencari Nilai Fuzzifikasi
Perubahan Suhu Kecil
if(Temp_1 <= -1)
{
    Perus[0] = 1;
}
else if(Temp_1 > -1 && Temp_1 <= 0)
{
    Perus[0] = (0-Temp_1) / (0-(-1));
}
else
{
    Perus[0] = 0;
}
//~~~~~Mencari Nilai Fuzzifikasi
Perubahan Suhu Zero
if(Temp_1 <= -1)
{
    Perus[1] = 0;
}
else if(Temp_1 > -1 && Temp_1 <= 0)
{
    Perus[1] = (Temp_1 - (-1))/(0-(-1));
}
else if(Temp_1 > 0 && Temp_1 <= 1)
{
    Perus[1] = (1 - Temp_1)/(1 - 0);
}
else
{
    Perus[1] = 0;
}

```

```

//~~~~~Mencari Nilai Fuzzifikasi
Perubahan Suhu Besar
  if(Temp_1 <= 0)
  {
    Perus[2] = 0;
  }
  else if(Temp_1 > 0 && Temp_1 <= 1)
  {
    Perus[2] = (Temp_1 - 0)/(1 - 0);
  }
  else
  {
    Perus[2] = 1;
  }
}
void Rule_Evaluation()
{
  int S,P;
  //~~~~~Mencari Nilai Terkecil
  for(S = 0 ; S <= 2 ; S++)
  {
    for(P = 0 ; P <= 2 ; P++)
    {
      if(Suhus[S] < Perus[P])
      {
        Rules[S][P] = Suhus[S];
      }
      else
      {
        Rules[S][P] = Perus[P];
      }
    }
  }
  //~~~~~Evaluasi Rules
  Rule00 = Rules[0][0]; // If Suhu Rendah and Perubahan Suhu Kecil
then Besar
  Rule01 = Rules[0][1]; // If Suhu Rendah and Perubahan Suhu Zero
then Besar
  Rule02 = Rules[0][2]; // If Suhu Rendah and Perubahan Suhu Besar
then Kecil
  Rule10 = Rules[1][0]; // If Suhu Normal and Perubahan Suhu Kecil
then Mati
  Rule11 = Rules[1][1]; // If Suhu Normal and Perubahan Suhu Zero
then Mati
  Rule12 = Rules[1][2]; // If Suhu Normal and Perubahan Suhu Besar
then Mati
  Rule20 = Rules[2][0]; // If Suhu Tinggi and Perubahan Suhu Kecil
then Mati
  Rule21 = Rules[2][1]; // If Suhu Tinggi and Perubahan Suhu Zero
then Mati
  Rule22 = Rules[2][2]; // If Suhu Tinggi and Perubahan Suhu Besar
then Mati
}
void Deffuzifikasi()

```

```

{
    Nilai_1 =
    (Rule00*Besar)+(Rule01*Besar)+(Rule02*Kecil)+(Rule10*Mati)+(Rule11*Ma
    ti)+(Rule12*Mati)+(Rule20*Mati)+(Rule21*Mati)+(Rule22*Mati);
    Nilai_2 =
    Rule00+Rule01+Rule02+Rule10+Rule11+Rule12+Rule20+Rule21+Rule22;
    Defuzi = Nilai_1/Nilai_2;

    if(Defus >= 56 && Defuzi < 56)
    {
        Lighter();
    }
    Servo(Defuzi);
    Defus = Defuzi;
}
void Screen()
{
    lcd_clear();

    sprintf(Timer,"Detik:%d",Second);
    lcd_gotoxy(0,0);
    puts(Timer);
    lcd_puts(Timer);

    ftoa(Temp,2,Suhu);
    lcd_gotoxy(10,0);
    puts(Suhu);
    lcd_puts(Suhu);

    itoa(Defuzi,Derajat);
    lcd_gotoxy(0,1);
    puts(Derajat);
    lcd_puts(Derajat);

    ftoa(Temp_1,2,Perubahan);
    lcd_gotoxy(10,1);
    puts(Perubahan);
    lcd_puts(Perubahan);
}
void main(void)
{
    // Declare your local variables here

    // Input/Output Ports initialization
    // Port A initialization
    // Function: Bit7=In Bit6=In Bit5=In Bit4=In Bit3=In Bit2=In Bit1=In
    Bit0=Out
    DDRA=(0<<DDA7) | (0<<DDA6) | (0<<DDA5) | (0<<DDA4) | (0<<DDA3) |
    (0<<DDA2) | (1<<DDA1) | (1<<DDA0);
    // State: Bit7=T Bit6=T Bit5=T Bit4=T Bit3=T Bit2=T Bit1=T Bit0=T
    PORTA=(0<<PORTA7) | (0<<PORTA6) | (0<<PORTA5) | (0<<PORTA4) |
    (0<<PORTA3) | (0<<PORTA2) | (0<<PORTA1) | (0<<PORTA0);

    // Port B initialization

```

```

// Function: Bit7=In Bit6=In Bit5=In Bit4=In Bit3=In Bit2=In Bit1=In
Bit0=In
DDRB=(0<<DDB7) | (0<<DDB6) | (0<<DDB5) | (0<<DDB4) | (0<<DDB3) |
(0<<DDB2) | (0<<DDB1) | (0<<DDB0);
// State: Bit7=T Bit6=T Bit5=T Bit4=T Bit3=T Bit2=T Bit1=T Bit0=T
PORTB=(0<<PORTB7) | (0<<PORTB6) | (0<<PORTB5) | (0<<PORTB4) |
(0<<PORTB3) | (0<<PORTB2) | (0<<PORTB1) | (0<<PORTB0);

// Port C initialization
// Function: Bit7=In Bit6=In Bit5=In Bit4=In Bit3=In Bit2=In Bit1=In
Bit0=In
DDRC=(0<<DDC7) | (0<<DDC6) | (0<<DDC5) | (0<<DDC4) | (0<<DDC3) |
(0<<DDC2) | (0<<DDC1) | (0<<DDC0);
// State: Bit7=T Bit6=T Bit5=T Bit4=T Bit3=T Bit2=T Bit1=T Bit0=T
PORTC=(0<<PORTC7) | (0<<PORTC6) | (0<<PORTC5) | (0<<PORTC4) |
(0<<PORTC3) | (0<<PORTC2) | (0<<PORTC1) | (0<<PORTC0);

// Port D initialization
// Function: Bit7=In Bit6=In Bit5=Out Bit4=In Bit3=In Bit2=In Bit1=In
Bit0=In
DDRD=(0<<DDD7) | (0<<DDD6) | (1<<DDD5) | (0<<DDD4) | (0<<DDD3) |
(0<<DDD2) | (0<<DDD1) | (0<<DDD0);
// State: Bit7=T Bit6=T Bit5=0 Bit4=T Bit3=T Bit2=T Bit1=T Bit0=T
PORTD=(0<<PORTD7) | (0<<PORTD6) | (0<<PORTD5) | (0<<PORTD4) |
(0<<PORTD3) | (0<<PORTD2) | (0<<PORTD1) | (0<<PORTD0);

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 0 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC0 output: Disconnected
TCCR0=(0<<WGM00) | (0<<COM01) | (0<<COM00) | (0<<WGM01) | (0<<CS02) |
(0<<CS01) | (0<<CS00);
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;

// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 250.000 kHz
// Mode: Fast PWM top=ICR1
// OC1A output: Non-Inverted PWM
// OC1B output: Disconnected
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer Period: 20 ms
// Output Pulse(s):
// OC1A Period: 20 ms Width: 0 us
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=(1<<COM1A1) | (0<<COM1A0) | (0<<COM1B1) | (0<<COM1B0) |
(1<<WGM11) | (0<<WGM10);

```

```

TCCR1B=(0<<ICNC1) | (0<<ICES1) | (1<<WGM13) | (1<<WGM12) | (0<<CS12)
| (1<<CS11) | (1<<CS10);
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x13;
ICR1L=0x87;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 250.000 kHz
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
// Timer Period: 0.5 ms
ASSR=0<<AS2;
TCCR2=(0<<PWM2) | (0<<COM21) | (0<<COM20) | (0<<CTC2) | (1<<CS22) |
(0<<CS21) | (0<<CS20);
TCNT2=0x83;
OCR2=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=(0<<OCIE2) | (1<<TOIE2) | (0<<TICIE1) | (0<<OCIE1A) |
(0<<OCIE1B) | (0<<TOIE1) | (0<<OCIE0) | (0<<TOIE0);

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=(0<<ISC11) | (0<<ISC10) | (0<<ISC01) | (0<<ISC00);
MCUCSR=(0<<ISC2);

// USART initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART Receiver: On
// USART Transmitter: On
// USART Mode: Asynchronous
// USART Baud Rate: 9600
UCSRA=(0<<RXC) | (0<<TXC) | (0<<UDRE) | (0<<FE) | (0<<DOR) | (0<<UPE)
| (0<<U2X) | (0<<MPCM);
UCSRB=(0<<RXCIE) | (0<<TXCIE) | (0<<UDRIE) | (1<<RXEN) | (1<<TXEN) |
(0<<UCSZ2) | (0<<RXB8) | (0<<TXB8);
UCSRC=(1<<URSEL) | (0<<UMSEL) | (0<<UPM1) | (0<<UPM0) | (0<<USBS) |
(1<<UCSZ1) | (1<<UCSZ0) | (0<<UCPOL);
UBRRH=0x00;
UBRRL=0x67;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// The Analog Comparator's positive input is
// connected to the AIN0 pin
// The Analog Comparator's negative input is

```

```

// connected to the AIN1 pin
ACSR=(1<<ACD) | (0<<ACBG) | (0<<ACO) | (0<<ACI) | (0<<ACIE) |
(0<<ACIC) | (0<<ACIS1) | (0<<ACIS0);
SFIOR=(0<<ACME);

// ADC initialization
// ADC disabled
ADCSRA=(0<<ADEN) | (0<<ADSC) | (0<<ADATE) | (0<<ADIF) | (0<<ADIE) |
(0<<ADPS2) | (0<<ADPS1) | (0<<ADPS0);

// SPI initialization
// SPI disabled
SPCR=(0<<SPIE) | (0<<SPE) | (0<<DORD) | (0<<MSTR) | (0<<CPOL) |
(0<<CPHA) | (0<<SPR1) | (0<<SPR0);

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=(0<<TWEA) | (0<<TWSTA) | (0<<TWSTO) | (0<<TWEN) | (0<<TWIE);

// Bit-Banged I2C Bus initialization
// I2C Port: PORTB
// I2C SDA bit: 0
// I2C SCL bit: 1
// Bit Rate: 100 kHz
// Note: I2C settings are specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|I2C menu.
i2c_init();

// DS1307 Real Time Clock initialization
// Square wave output on pin SQW/OUT: Off
// SQW/OUT pin state: 0
rtc_init(0,0,0);

// 1 Wire Bus initialization
// 1 Wire Data port: PORTA
// 1 Wire Data bit: 7
// Note: 1 Wire port settings are specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|1 Wire menu.
w1_init();

// Determine the number of DS1820 devices
// connected to the 1 Wire bus
ds18b20_devices=w1_search(0xf0,ds18b20_rom_codes);

// Alphanumeric LCD initialization
// Connections are specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD menu:
// RS - PORTC Bit 0
// RD - PORTC Bit 1
// EN - PORTC Bit 2
// D4 - PORTC Bit 4
// D5 - PORTC Bit 5
// D6 - PORTC Bit 6
// D7 - PORTC Bit 7

```

```
// Characters/line: 16
lcd_init(16);

// Global enable interrupts
#asm("sei")

Start();
Lighter();
while (1)
{
    if(Minute <= 30)
    {
        Temperature();
        Fuzzifikasi();
        Rule_Evaluation();
        Deffuzzifikasi();
        Screen();
    }
    else
    {
        Servo(90);
        lcd_clear();
        lcd_gotoxy(0,0);
        lcd_putsf("---Completed---");
        lcd_gotoxy(0,1);
        lcd_putsf("--Pasteurization--");
        delay_ms(1000);
    }
}
```



LAMPIRAN 2. DATASHEET SENSOR SUHU DS18B20.



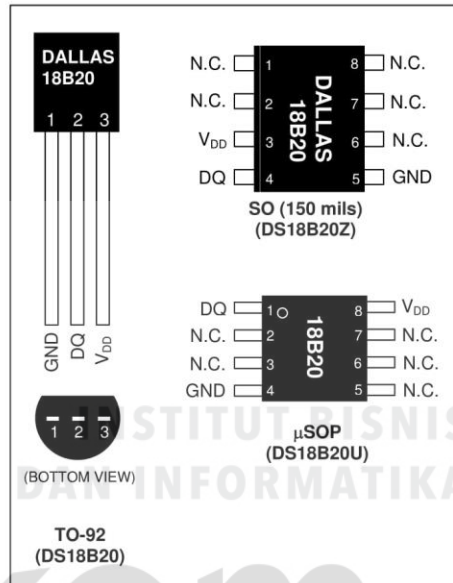
DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer

www.maxim-ic.com

FEATURES

- Unique 1-Wire[®] Interface Requires Only One Port Pin for Communication
- Each Device has a Unique 64-Bit Serial Code Stored in an On-Board ROM
- Multidrop Capability Simplifies Distributed Temperature-Sensing Applications
- Requires No External Components
- Can Be Powered from Data Line; Power Supply Range is 3.0V to 5.5V
- Measures Temperatures from -55°C to +125°C (-67°F to +257°F)
- ±0.5°C Accuracy from -10°C to +85°C
- Thermometer Resolution is User Selectable from 9 to 12 Bits
- Converts Temperature to 12-Bit Digital Word in 750ms (Max)
- User-Definable Nonvolatile (NV) Alarm Settings
- Alarm Search Command Identifies and Addresses Devices Whose Temperature is Outside Programmed Limits (Temperature Alarm Condition)
- Available in 8-Pin SO (150 mils), 8-Pin μ SOP, and 3-Pin TO-92 Packages
- Software Compatible with the DS1822
- Applications Include Thermostatic Controls, Industrial Systems, Consumer Products, Thermometers, or Any Thermally Sensitive System

PIN CONFIGURATIONS



DESCRIPTION

The DS18B20 digital thermometer provides 9-bit to 12-bit Celsius temperature measurements and has an alarm function with nonvolatile user-programmable upper and lower trigger points. The DS18B20 communicates over a 1-Wire bus that by definition requires only one data line (and ground) for communication with a central microprocessor. It has an operating temperature range of -55°C to +125°C and is accurate to $\pm 0.5^\circ\text{C}$ over the range of -10°C to +85°C. In addition, the DS18B20 can derive power directly from the data line ("parasite power"), eliminating the need for an external power supply.

Each DS18B20 has a unique 64-bit serial code, which allows multiple DS18B20s to function on the same 1-Wire bus. Thus, it is simple to use one microprocessor to control many DS18B20s distributed over a large area. Applications that can benefit from this feature include HVAC environmental controls, temperature monitoring systems inside buildings, equipment, or machinery, and process monitoring and control systems.

1-Wire is a registered trademark of Maxim Integrated Products, Inc.

BIODATA PENULIS



Nama : Renggy Nikiuluw
Tempat/Tgl. Lahir : Bogor, 10 April 1996
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
Alamat : Jalan Ikan Arwana U19 Tambak Rejo,
Waru, Sidoarjo, Jawa Timur.
Kewarganegaraan : Indonesia
No. Telepon : +6281249822403
E-mail : renggyn@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

- SDN Wadung Asri Sidarjo 2002 - 2004
- SDN 2 Sukajadi Pekanbaru 2004 - 2006
- SD Muhammadiyah 3 Denpasar 2006 - 2008
- SMPN 2 Denpasar 2008 - 2011
- SMAN 6 Denpasar 2011 - 2014
- Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya 2014 - Sekarang