PROTOTIPE OTOMATISASI PEMBERSIH KANDANG SAPI BERBASIS KONTROL LOGIKA *FUZZY*

Skripsi

diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro

Oleh

Ryan Dany Setyo Pambudi

NIM.5301414075

PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2019

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama	: Ryan Dany Setyo Pambudi
NIM	: 5301414075
Program Studi	: Pendidikan Teknik Elektro, S1
Judul	: Prototipe Otomatisasi Pembersih Kandang Sapi berbasis Kontrol Logika Fuzzy

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi Program Studi S-1 Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 24 Juli 2019

Dosen Pembimbing,

Tatyantoro Andrasto S.T., M.T.

NIP. 196803161999031001

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul Prototipe Otomatisasi Pembersih Kandang Sapi Berbasis Kontrol Logika *Fuzzy* telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 22 Agustus 2019

Oleh

Nama : Ryan Dany Setyo Pambudi

NIM : 5301414075

Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro, S1

Panitia

Ketua

Drs. Agus Suryanto M.T.
NIP. 196708181992031004

Sekretaris

Drs. Ir. Sri Sukamta, M.Si, IPM
NIP. 196505081991031003

Penguji 1

Dr. Ir. I Made Sudana M.Pd. IPM
NIP. 195605081984031004

Penguji 2

Drs. Slamet Seno Adi M.Pd., M.T.
NIP. 195812181985031004

Penguji 3/Pembimbing

Tatyantoro Andrasto S.T., M.T.
NIP. 196803161999031001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik UNNES

Dr. Nur Qudus M.T. IPM
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 12 Agustus 2019
Yang membuat pernyataan,

Ryan Dany Setyo Pambudi
NIM. 5301414075

ABSTRAK

Ryan Dany Setyo Pambudi. 2019. **Prototipe Otomatisasi Pembersih Kandang Sapi Berbasis Kontrol Logika *Fuzzy***. Skripsi, Program Studi S-1 Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Tatyantoro Andrasto S.T. M.T.

Peternakan merupakan salah satu pemasok daging dipemasaran indonesia. Beberapa permasalahan pada peternakan dan salah satunya adalah masalah penyakit sapi. Penyakit sapi umumnya berdampak pada pertumbuhan sapi bahkan dapat menimbulkan kematian. Kebersihan kandang yang tidak teratur pada setiap peternakan adalah pemicu besar terjadinya penyakit sapi. Dampak kedepannya akan terjadi kerugian di perternakan tersebut. Salah satu cara mencegah terjadinya penyakit tersebut tidak lain adalah pembersihan kandang secara rutin dan terstruktur. Perkembangan teknologi membuat manusia lebih mudah melakukan pekerjaan, otomatisasi sebuah alat pembersih kandang akan meringankan beban manusia. Digabungkan dengan suatu logika pengambilan keputusan yaitu *fuzzy* akan lebih menambah efisiensi sebuah kontrol otomatis.

Metode penelitian yang digunakan yaitu rekayasa (*engineering*). Penelitian ini menggunakan mikrokontroler informasi suhu dan kelembaban udara diketahui mengunakan sensor DHT22. Pengolahan data menggunakan arduino Mega2560 dengan basis logika *fuzzy*, dan keluaran berupa motor sebagai pengeruk, kipas dan pompa. Penelitian ini diawali dengan uji sensor dan kemudian dilanjutkan dengan uji fungsional alat secara keseluruhan.

Pengujian secara keseluruhan menyatakan bahwa prototipe bekerja dengan baik. Penguian sensor DHT22 dengan thermohygrometer menghasilkan perbandingan error 0,4% pada pengukuran suhu dan 0,6% pada pengukuran kelembaban, dan pengujian *fuzzy* didapatkan selisih 0,31 dengan simulasi yang dibuat.

Kata Kunci : *fuzzy, kandang sapi, otomatisasi, prototipe*

PRAKATA

Segala puji dan syukur dipanjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga terselesaikan skripsi yang berjudul **Prototipe Otomatisasi Pembersih Kandang Sapi Berbasis Kontrol Logika *Fuzzy***. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Elektro S1 Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Sholawat serta salam senantiasa disampaikan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapatkan safa'at Nya di yaumul akhir nanti, Aamiin.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu ucapan terima kasih dan penghargaan disampaikan kepada :

1. Suwarjiyono dan Ruminah selaku kedua orangtua, yang telah memberikan bimbingan serta semangat dalam pengerjaan skripsi ini.
2. Tatyantoro Andrasto S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah berkenan memberikan arahan, bimbingan serta saran yang sangat membantu dalam proses penyusunan skripsi.
3. Dr. Ir. I Made Sudana M.Pd. IPM. dan Drs. Slamet Seno Adi M.Pd., M.T. selaku penguji yang telah memberikan masukan yang sangat berharga berupa kritik, saran, bimbingan dan arahan dalam menyempurnakan skripsi ini.

Harapan kedepan untuk skripsi ini semoga dapat bermanfaat bagi semua pihak, dan untuk semua orang yang telah terlibat dalam penyusunan skripsi ini semoga amal baiknya selalu mendapat balasan dari Allah SWT.

Semarang, 22 Agustus 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
LEMBAR PENGESAHAN iii
ABSTRAK v
PRAKATA vi
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR x
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Identifikasi Masalah 4
1.3. Batasan Masalah 4
1.4. Rumusan Masalah 5
1.5. Tujuan Penulisan 5
1.6. Manfaat Penulisan 5
BAB II LANDASAN TEORI 7
2.1. Deskripsi Teoritik 7
2.1.1. Prototipe dan Prototipe Pembersih Kandang Otomatis 7
2.1.2. Dasar Sistem Kontrol 7
2.1.3. Fuzzy Mamdani 9
2.1.3.1. Fuzzy Controller 15
2.1.3.1. eFLL (Embadded Fuzzy logic Library) 18
2.1.4. Mikrokontroler 19
2.1.5. Arduino Mega 29
2.1.6. Arduino *Software* (IDE) 30
2.1.7. Sensor dan Tranduser 31
2.1.8. IC driver L293D 35
2.1.9. Motor DC 36
2.2. Kajian Penelitian yang Relevan 39

BAB III METODE PENELITIAN 44
3.1 Metode Penelitian 44
3.2. Prosedur Penelitian 46
3.2.1. Perencanaan 46
3.2.2. Perancangan 47
3.2.3. Pembangunan 49
3.2.4. Penerapan 59
3.3. Teknik Analisis Data 62
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 63
4.1. Hasil Penelitian 63
4.1.1. Hasil Penelitian Laboratorium 64
4.1.2. Hasil Uji Implementasi Alat 74
3.2. Analisis Data 76
3.2.1. Analisis Uji Sensor DHT22 76
3.2.2. Analisis Uji Catu Daya 77
3.2.3. Analisis Uji Sistem Logika Fuzzy 77
3.3. Pembahasan 83
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 87
5.1. Kesimpulan 87
5.2. Saran 87
DAFTAR PUSTAKA 89
LAMPIRAN 91

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Perbedaan fuzzy controller tipe Mamdani dan Sugeno 16
Tabel 3. 1. Kondisi Output 54
Tabel 3. 2. Variabel Semesta Sistem Fuzzy 54
Tabel 3. 3. Rentan Nilai Suhu 55
Tabel 3. 4. Rentan Nilai Kelembaban 55
Tabel 3. 5. Rentan Kondisi Output 55
Tabel 3. 6. Aturan Fuzzy 57
Tabel 3. 7. Uji Unjuk Kerja DHT22 60
Tabel 3. 8. Uji Unjuk Kerja Kelembaban DHT 60
Tabel 3. 9. Uji Fungsional Catudaya 61
Tabel 4. 1. Hasil Perbandingan Suhu 65
Tabel 4. 2. Hasil Perbandingan Kelembaban 65
Tabel 4. 3. Pengujian Catu Daya 68
Tabel 4. 4. Pengujian Catu Daya 9 Volt 68
Tabel 4. 5. Pengujian Alat 74
Tabel 4. 6. Pengujian Tegangan Output 75
Tabel 4. 7. Aturan yang dilalui Daerah Implikasi 78
Tabel 4. 8. Nilai Operator Fuzzy 80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Sistem pengendalian lup terbuka..... 8
Gambar 2. 2. Sistem pengendalian loop tertutup 9
Gambar 2. 3. Blok diagram kontrol logika fuzzy..... 11
Gambar 2. 4. Defuzzifikasi metode COA 14
Gambar 2. 5. Fuzzy controller yang diaplikasikan pada sistem open loop..... 17
Gambar 2. 6. Fuzzy controller yang diaplikasikan pada sistem closed loop 17
Gambar 2. 7. Struktur Mikrokontroler (Sumber:Gridling and Weiss, 2007)..... 20
Gambar 2. 8. Jenis memory (sumber: Gridling and Weiss, 2007)..... 22
Gambar 2. 9. Sinyal PWM (sumber:www.robotic-electric.com)..... 25
Gambar 2. 10. Prinsip Kerja Interrupt Controller (sumber:www.tneutron.net).... 29
Gambar 2. 11. Software Arduino IDE 31
Gambar 2. 12. Simbol limit switch 35
Gambar 2. 13. Kontruksi L293D..... 36
Gambar 2. 14. Bagian Motor DC (Direct Current) 37
Gambar 2. 15. Prinsip Kerja Motor DC 39
Gambar 2. 16. Kerangka berfikir 43
Gambar 2. 1. Simulink Matlab..... 74
Gambar 3. 1. Diagram Alir Sistem..... 48
Gambar 3. 2. Desain Awal Prototipe Pembersih Kandang Sapi 49
Gambar 3. 3. Perancangan Catu Daya 50
Gambar 3. 4. Rangkaian DHT22 51
Gambar 3. 5. Modul L293D..... 51
Gambar 3. 6. Modul IRF520..... 52
Gambar 3. 7. LCD 16x2..... 53
Gambar 3. 8. Fungsi Anggota Suhu..... 56
Gambar 3. 9. Fungsi Anggota Kelembaban..... 56
Gambar 3. 10. Fungsi Anggota Output..... 57
Gambar 3. 11. Gambar Rangkaian Keselurauhan..... 58
Gambar 3. 12. Rangkain Sesuai Gambar Asli..... 59
Gambar 4. 1. Prototipe Pembersih Kandang..... 63
Gambar 4. 2. Gambar Bentuk Sinyal DHT22 Suhu 30C dan Kelembaban 69%.. 66
Gambar 4. 3. Gambar Bentuk Sinyal DHT22 Suhu 31C dan Kelembaban 88%.. 66
Gambar 4. 4. Rangkaian Catu Daya..... 67
Gambar 4. 5.Program LCD pada Arduino IDE..... 69
Gambar 4. 6. Tampilan LCD pada Prototipe 70
Gambar 4. 7. Perancangan FIS Matlab 71
Gambar 4. 8. Fungsi Anggota Suhu..... 71
Gambar 4. 9. Fungsi Anggota kelembaban..... 72

Gambar 4. 10. Fungsi Anggota Output Kondisi 72
Gambar 4. 11. Rule Base..... 73
Gambar 4. 12. Rule View..... 73
Gambar 4. 13. PWM sinyal 50..... 75
Gambar 4. 14. PWM sinyal 150..... 76
Gambar 4. 15. PWM sinyal 250..... 76
Gambar 4. 16. Daerah Input Variable Suhu..... 77
Gambar 4. 17. Daerah Input Variabel Kelembaban..... 78
Gambar 4. 18.Daerah Implikasi Variabel Suhu 79
Gambar 4. 19.Daerah Implikasi Variabel Kelembaban 79
Gambar 4. 20. Daerah Variable Output Kondisi..... 80
Gambar 4. 21. Luas Daerah Defuzzifikasi 81

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi telah mendorong manusia untuk berusaha mengatasi segala permasalahan yang timbul di sekitarnya serta meringankan pekerjaan yang ada, salah satunya teknologi komputer yang tidak hanya berperan dalam satu bidang saja, melainkan di segala bidang kehidupan manusia. Banyak hal yang saat ini untuk menyelesaikan permasalahan manusia membutuhkan biaya, waktu, tenaga yang cukup besar untuk penyelesaiannya. Dengan adanya kemajuan teknologi komputer, permasalahan tersebut dapat ditekan seminimal mungkin.

Bidang peternakan terutama berternak sapi merupakan salah satu bidang yang digeluti oleh sebagian masyarakat Indonesia dalam memperoleh penghidupan. Melalui bidang peternakan ini, mereka dapat memperoleh penghidupan yang layak. Bahkan melalui bidang peternakan sapi ini dapat menambah devisa bagi negara kita. Namun, masalah pasti akan muncul di suatu keadaan. Hewan ternak pasti tak luput dari sebuah limbah. Limbah ternak adalah sisa buangan dari suatu kegiatan usaha peternakan seperti usaha pemeliharaan ternak, rumah potong hewan, dan pengolahan produk ternak (Sihombing, 2000). Limbah terbanyak pada peternakan ialah kotoran dari hewan ternak itu sendiri. Satu ekor sapi dewasa menghasilkan sekitar 20 kg/hari (Dyer dan O'Marry, 1973). Berdasarkan data tersebut jika dikonversikan dalam perusahaan penggemukan sapi dengan jumlah antara 1.500

sampai 5.000 ekor, maka akan menghasilkan kotoran sebanyak 30 sampai 40 ton per hari. Limbah yang begitu banyak jika tidak ditangani dengan baik akan menimbulkan kerusakan lingkungan seperti pencemaran udara, pencemaan tanah, pencemaran air dan pencemaran lingkungan biologis sehingga dapat menjadi sumber penyakit bagi ternak maupun bagi peternak sehingga perlu dilakukannya pengolahan limbah ternak untuk menangani masalah tersebut.

Permasalahan selanjutnya adalah masalah penyakit sapi. Penyakit sapi umumnya berdampak pada pertumbuhan sapi bahkan dapat menimbulkan kematian. Kebanyakan penyakit pada sapi disebabkan oleh cacing dan bakteri, contohnya adalah scabies, anthrak, cacingan, dan ingusan. Peternakan Indonesia Multi Indah pada tahun 2018, sebanyak 2% sapi mati diakibatkan oleh penyakit - penyakit tersebut. Semua penyakit tersebut disebabkan oleh kurangnya kebersihan kandang sapi diperternakan itu sendiri. Pembersihan kandang yang tidak teratur pada setiap peternakan adalah pemicu besar terjadinya penyakit sapi. Dampak kedepannya akan terjadi kerugian di perternakan tersebut. Salah satu cara mencegah terjadinya penyakit tersebut tidak lain adalah pembersihan kandang secara rutin dan terstruktur.

Selain penyakit, hal lain yang ditimbulkan oleh kurang terstrukturnya pemberbersihan kandang adalah meningkatnya suhu dan kelembaban kandang, yang diakibatkan oleh kotoran sapi. Suhu dan kelembaban udara merupakan dua faktor iklim yang mempengaruhi produksi sapi perah maupun pedaging, karena dapat menyebabkan perubahan keseimbangan panas dalam tubuh ternak, keseimbangan air, keseimbangan energi dan keseimbangan tingkah laku ternak

(Esmay, 1982). Kehidupan dan produksinya, ternak memerlukan suhu lingkungan yang optimum. Zona termonetral suhu nyaman untuk sapi Eropa berkisar 23 – 28°C (McDowell, 1972). Reaksi sapi terhadap perubahan suhu yang dilihat dari respons pernapasan dan denyut jantung merupakan mekanisme dari tubuh sapi untuk mengurangi atau melepaskan panas yang diterima dari luar tubuh ternak. Peningkatan denyut jantung merupakan respons dari tubuh ternak untuk menyebarkan panas yang diterima ke dalam organ-organ yang lebih dingin. Pernapasan merupakan respons tubuh ternak untuk membuang atau mengganti panas dengan udara di sekitarnya. Jika kedua respon tersebut tidak berhasil mengurangi tambahan panas dari luar tubuh ternak, maka suhu organ tubuh ternak akan meningkat sehingga ternak mengalami cekaman panas (Yani A., 2006). Cekaman panas yang terus berlangsung pada ternak akan berdampak pada peningkatan konsumsi air minum, penurunan produksi susu bagi sapi perah dan penrunan berat badan bagi sapi pedaging, peningkatan volume urine, dan penurunan konsumsi pakan.

Penyebab utama penyakit dan kenaikan suhu adalah kurang tersrtukturnya pembersihan kandang. Selama ini pembersihan kandang dilakukan secara manual atau dilakukan dengan tenaga manusia. Dengan demikian diperlukan suatu sistem pembersih secara otomatis, agar pembersihan kandang dapat dilakukan dengan tepat waktu dan memperkecil peluang terjadinya penyakit dan penurunan kualitas dari produk perternakan sapi.

Dalam penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Anggara pada tahun 2017 sebuah sistem pengambilan keputusan cerdas yang disebut logika *fuzzy*, mampu

memaksimalkan nilai masukan dan mengolahnya dengan perhitungan yang dinamakan *defuzzifikasi* menghasilkan sebuah nilai keluaran yang dapat dijadikan sebagai keputusan.

Berdasarkan hal tersebut penulis terdorong melakukan eksplorasi model teknologi perternakan yang dapat diterapkan diperternakan, khsusnya perternakan sapi potong dan sapi perah guna merancang suatu alat pembersih otomatis untuk kandang sapi sebagai upaya pencegahan penyakit sapi. Penelitian tersebut ber judul "Prototipe Otomatisasi Pembersih Kandang Sapi Berbasis Kontrol Logika Fuzzy". Pada penelitian ini akan membahas tentang sensor kelemban, suhu, dan sistem pengerukan kotoran.

1.2. Identifikasi Masalah

Dari uraian latar belakang, maka dapat dibuat suatu identifikasi masalah sebagai berikut :

1. Kotoran sapi yang dibiarkan terlalu lama menumpuk dikandang dapat menyebabkan penyakit bagi ternak maupun peternak.
2. Penyakit sapi dapat menyebabkan kematian pada sapi tersebut dan dampak utama dari kematian tersebut adalah kerugian bagi peternak.
3. Tidak terstukturnya pembersihan kandang sapi menyebabkan suhu naik dan berdampak pada produktifitas sapi.

1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah, perlu adanya batasan masalah sehingga ruang lingkup masalah menjadi lebih jelas. Adapun batasan masalah yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Otomatisasi kandang yang dibuat adalah otomatsasi pembersih kandang sapi.
2. Prototipe otomatisasi kandang sapi hanya membahas mengenai pembersihan kandang dan penjaggan suhu kandang.
3. Penggunaan Mikrokontroler arduino Mega 2560 sebagai sistem kendali.
4. Penggunakan motor DC sebagai penggerak pegeruk pada prototipe.
5. Penggumaan pompa air DC sebagai penyemprot kotoran pada prototipe.
6. Penggunaan kipas DC sebagai pengatur suhu pada prototipe.

1.4. Rumusan Masalah

Dari idetifikasi masalah yang ada, maka dapat ditarik beberapa rumusan masalah, yaitu :

1. Bagaimana merancang dan membuat hardware prototipe pembersih kandang sapi otomatis berbasis kontrol logika fuzzy?
2. Bagaimana kinererja dari prototipe pembersih kandang sapi otomatis berbasis kontrol logika fuzzy?

1.5. Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan usulan skripsi ini adalah:

1. Menghasilkan sistem otomatisasi pembersih kandang sapi berbasis kontrol logika fuzzy.
2. Untuk mengetahui kinerja dari prototype pembersih kandang sapi otomatis berbasis kontrol logika fuzzy.

1.6. Manfaat Penulisan

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Dapat meringankan pekerjaan dan penghematan waktu dan tenaga
2. Penelitian diharapkan dapat menjadi referensi model penelitian penelitian selanjutnya
3. Memberikan inovasi teknologi peternakan tentang otomatisasi kandang sapi.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Deskripsi Teoritik

2.1.1. Prototipe dan Prototipe Pembersih Kandang Otomatis

Prototipe merupakan bentuk awal (contoh) atau standar ukuran dari sebuah entitas. Dalam desain, sebuah prototipe dibuat sebelum dikembangkan atau justru dibuat khusus untuk pengembangan. Pembuatan prototipe otomatisasi pembersih kandang sapi akan dibuat miniatur atau bentuk kecil dan untuk mekanik dari prototipe hanya sebuah peraga untuk pengembang selanjutnya.

2.1.2. Dasar Sistem Kontrol

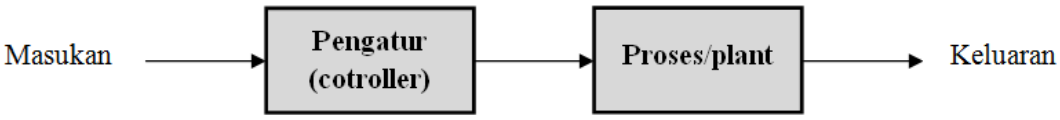
Kontrol berarti mengukur nilai dari variabel sistem yang dikontrol dan menerapkan variabel yang dimanipulasi ke sistem untuk mengoreksi dan membatasi penyimpangan nilai yang diukur dari nilai yang dikehendaki. (Ogatha, 1997: 2)

Sistem adalah kombinasi dari beberapa komponen yang bekerja bersama-sama dan melakukan suatu sasaran tertentu. Sistem tidak dibatasi hanya untuk sistem fisik saja. Konsep sistem dapat digunakan pada gejala yang abstrak dan dinamis seperti yang dijumpai dalam ekonomi. Oleh karena itu istilah sistem harus diinterpretasikan untuk menyatakan sistem fisik, biologi, ekonomi dan sebagainya. (Ogatha, 1997: 3)

Dasar sistem kontrol adalah sistem kontrol umpan balik dengan acuan masukan dan keluaran yang dikehendaki dapat konstan atau berubah secara perlahan dengan

berjalannya waktu dan tugas utamanya adalah menjaga keluaran sebenarnya berada pada nilai yang dikehendaki dengan adanya gangguan.banyak contoh sistem pengaturan otomatis, beberapa diantaranya adalah sistem control suhu. (Ogatha, 1997: 3-4)

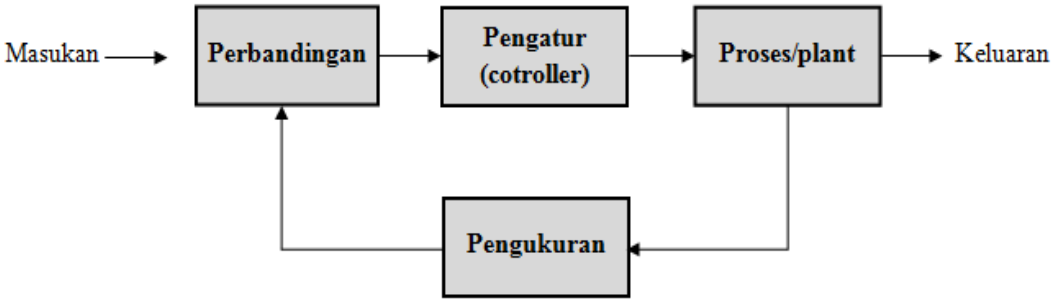
Sistem kendali lup terbuka atau umpan maju (*feedforward control*) umumnya mempergunakan pengatur (*controller*) serta aktuator kendali (*control actuator*) yang berguna untuk memperoleh respon sistem yang baik. Sistem kendali ini keluarannya tidak diperhitungkan ulang oleh *controller*. Suatu keadaan apakah *plant* benar-benar telah mencapai target seperti yang dikehendaki masukan atau referensi, tidak dapat mempengaruhi kinerja *controller*. (Ogatha, 1997: 5-6)



Gambar 2. 1. Sistem pengendalian lup terbuka

Sistem kendali lup tertutup (*closed loop system*) memanfaatkan variabel yang sebanding dengan selisih respon yang terjadi terhadap respon yang diinginkan. Sistem seperti ini juga sering dikenal dengan sistem kendali umpan balik. Aplikasi sistem umpan balik banyak dipergunakan untuk sistem kemudi kapal laut dan pesawat terbang. Perangkat sehari-hari yang juga menerapkan sistem ini adalah

penyetelan temperatur pada almari es, oven, tungku dan pemanas air. (Ogatha, 1997: 5-6).



Gambar 2. 2. Sistem pengendalian loop tertutup

2.1.3. Fuzzy Mamdani

Logika *Fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lutfi A. Zadeh dari California University pada tahun 1965 sebagai cara matematis untuk merepresentasikan ketidakpastian linguistik. Dasar logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy*. Pada teori himpunan *fuzzy*, peranan derajat keanggotaan atau nilai keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Logika *fuzzy* sangat berguna untuk menyelesaikan banyak permasalahan dalam berbagai bidang yang biasanya memuat derajat ketidak pastian (Suwintana, 2013: 39). Logika *Fuzzy* **(***Fuzzy Logic)* adalah metodologi sistem kontrol pemecahan masalah, yang cocok untuk diimplementasikan pada sistem, mulai dari sistem yang sederhana, sistem kecil, *embedded system*, jaringan PC, multi channel atau *workstation* berbasis akuisisi data, dan sistem kontrol. Metodologi ini dapat diterapkan pada perangkat keras, perangkat lunak, atau kombinasi keduanya (Widiyantoro, 2014: 70).

Dalam sistem kontrol logika *fuzzy* terdapat beberapa tahapan operasional meliputi:

a. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi yaitu suatu proses untuk mengubah suatu masukan dari bentuk tegas (*crisp*) menjadi *fuzzy* (variabel linguistik) yang biasanya disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan *fuzzy* dengan suatu fungsi kenggotaannya masing-masing.

b. Aturan Dasar Logika *Fuzzy*

Aturan dasar atau *rule base* pada kontrol logika *fuzzy* merupakan suatu bentuk aturan relasi/implikasi "Jika-Maka" atau "*If-Then*" seperti pada pernyataan berikut:

"if x is A then y is B dimana A dan B adalah *linguistic values* yang didefinisikan dalam rentang variabel X dan Y. Pernyataan "x is A" disebut *antecedent* atau premis. Pernyataan "y is B" disebut *consequent* atau kesimpulan.

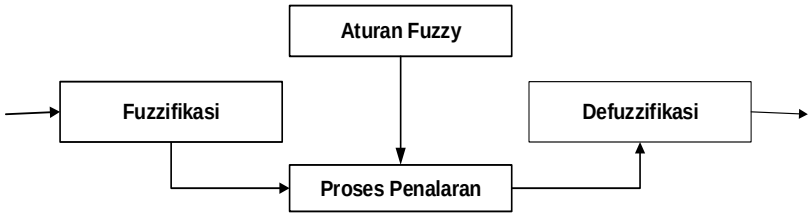
c. Mesin Penalaran Kontrol Logika *Fuzzy* (*Inference Engine*)

Mesin penalaran (*Inference Engine*) adalah proses implikasi dalam menalar nilai masukan untuk penentuan nilai keluar sebagai bentuk pengambil keputusan.

d. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses pemetaan himpunan *fuzzy* kemampuan tegas (*crisp*) proses ini merupakan kebalikan dari proses fuzzifikasi.

Blok diagram kontrol logika *fuzzy* ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3. Blok diagram kontrol logika fuzzy

Salah satu aplikasi logika *fuzzy* yang telah berkembang amat luas dewasa ini adalah sistem inferensi *fuzzy (Fuzzy Inference System/FIS)*, yaitu kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan *fuzzy*, aturan *fuzzy* berbentuk *IF THEN*, dan penalaran *fuzzy*. Misalnya dalam penentuan status gizi, produksi barang, sistem pendukung keputusan, penentuan kebutuhan kalori harian, dan sebagainya. Terdapat beberapa metode dalam sistem inferensi *fuzzy* yang sering digunakan, yaitu metode Tsukamoto, metode Mamdani, dan metode Takagi Sugeno (Suwintana, 2013: 39-40).

Menurut Kusumadewi (2010), metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama Metode Max-Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan output, diperlukan 4 tahapan:

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*

   Pada Metode Mamdani, baik variabel *input* maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

2. Aplikasi fungsi implikasi

   Pada Metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

3. Komposisi Aturan

Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri-dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu: max, additive dan probabilistik OR (probor).

a. Metode Max (*Maximum*)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator OR (union). Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan konstribusi dari tiap-tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan:

$$\mu_{sf}[xi] \leftarrow max\left(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i]\right)$$

dengan:

$\mu_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i;

$\mu_{kf}[x_i]$= nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i;

Apabila digunakan fungsi implikasi MIN, maka metode komposisi ini sering disebut dengan nama MAX-MIN atau MIN-MAX atau MAMDANI.

b. Metode Additive (*Sum*)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan bounded-sum terhadap semua output daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}[xi] \leftarrow min\left(1, \mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i]\right)$$

dengan:

$\mu_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i;

$\mu_{kf}[x_i]$= nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i;

c. Metode Probabilistik OR (*probor*)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan product terhadap semua output daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}[xi] \leftarrow \left(\mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i]\right) - \left(\mu_{sf}[x_i] - \mu_{kf}[x_i]\right)$$

dengan:

$\mu_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i;

$\mu_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i;

4. Penegasan (*defuzzy*)

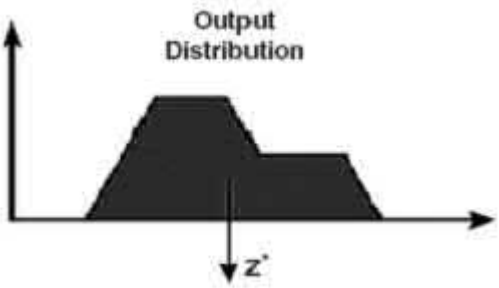
Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai output.

Ada beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan MAMDANI, antara lain:

a. Metode Centroid (*Composite Moment*)

Metode COA yang lebih sering digunakan menentukan pusat gravitasi (titik berat) distribusi peluang aksi kendali. Pada kasus semesta pembicaraan diskrit, metode COA dirumuskan sebagai berikut:

$$Z^{*}{}_{\mathrm{COA}} = \frac{\sum_{J=1}^{n} \mu C(Z_J)Z_J}{\sum_{J=1}^{n} \mu C(Z_J)}$$



Gambar 2. 4. Defuzzifikasi metode COA

Dengan n merupakan banyaknya level kuantifikasi (nilai linguistik) variabel keluaran. Zj merupakan nilai numerik aksi kendali pada level kuantisasi ke-j dan μC (Z_j) merupakan niali derajat keanggotaan pada himpunan fuzzy C.

Jika semesta pembicaraan kontinu, metode COA dirumuskan:

$$Z^{*}{}_{\mathrm{COA}} = \frac{\int_{Z} \mu c(z) z dz}{\int_{Z} \mu c(z) dz}$$

b. Metode *Mean of Maximum* (MOM)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

c. Metode *Largest of Maximum* (LOM)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

d. Metode *Smallest of Maximum* (SOM)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

2.1.3.1. Fuzzy Controller

Fuzzy Logic Controler (FLC) merupakan sistem fuzzy yang diaplikasikan secara khusus dalam bidang kendali. Dewasa ini telah banyak aplikasi yang menerapkan FLC dari peralatan rumah tangga seperti kulkas, mesin cuci, penghisap debu, oven, penyejuk udara (AC), peralatan otomotif seperti sistem pengereman otomatis, transmisi otomatis dan masih banyak lagi. FLC banyak diaplikasikan pada sistem kendali karena sifatnya yang lebih humanis dibandingkan dengan sistem kendali klasik karena FLC mempresentasikan pengetahuan operator atau pakar dalam mengoperasikan atau mengendalikan plant/sistem yang akan dikendalikan. Kelebihan fuzzy *controller* :

a. Fuzzy *controller* mengakomodasi pengetahuan pakar dan operator
b. Fuzzy *controller* lebih kokoh dibandingkan pengendali PID, karena fuzzy *controller* mencakup daerah operasi yang lebih luas daripada pengendali PID dan dapat bekerja dengan lingkungan yang bernois dan banyak pengganggu.
c. Membangun *fuzzy* c*ontroller* lebih murah daripada membangun pengendali berdasarkan model.
d. *Fuzzy controller* lebih mudah dimodifikasi karena *fuzzy controller* lebih mudah dimengerti dan dimodifikasi aturan-aturannya. Hal ini dikarenakan fuzzy *Controller* menggunakan strategi operator yang dinyatakan dengan bahasa yang alamiah.
e. Cukup mudah untuk memahami bagaimana fuzzy *controller* bekerja dan bagaimana merancang dan mengaplikasikannya dalam sistem nyata.
f. Fuzzy *controller* dapat mengendalikan sistem yang kurang stabil

Tipe *Fuzzy* Controller

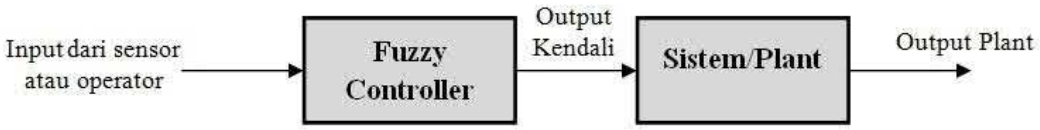
Fuzzy controller merupakan sistem *fuzzy* yang diaplikasikan sebagai sistem kendali. Variabel input pada *fuzzy controller* umumnya berupa nilai selisih antara nilai referensi output dengan nilai output actual yang disebut nilai error. Sedangkan output fuzzy *controller* adalah perintah kendali yang diberikan ke actuator atau penggerak. Struktur fuzzy *controller* sama dengan sistem fuzzy pada umumnya. Berdasarkan tipe konsekuen yang digunakan pada fuzzy rule-base, tipe fuzzy *controller* dapat dibedakan menjadi dua, yaitu tipe Mamdani dan tipe Sugeno.

Fuzzy *controller* tipe Mamdani lebih tepat digunakan jika model *plant* tidak diketahui secara pasti, tetapi terdapat operator atau pakar yang mengetahui perilaku dan karakteristik sistem yang dikendalikan. Sedangkan Sugeno lebih cocok digunakan pada kondisi tidak terdapat operator atau pakar, tetapi model matematis plat diketahui. Tipe ini lebih tepat digunakan pada sistem kendali linier. Tipe ini juga lebih dipilih pada sistem nonlinier dan kendali adaptif karena kemampuannya dalam hal beradaptasi dan mudah dianalisis secara matematis. Perbandingan kedua tipe fuzzy *controller* ditunjukkan pada tabel 2.1

Tabel 2. 1. Perbedaan fuzzy controller tipe Mamdani dan Sugeno

Tipe	**Tipe Mamdani**	**Tipe Sugeno**
Persamaan	Memiliki bagian anteseden yang sama	
Perbedaan	Bagian konsekuen adalah himpunan fuzzy	Bagian konsekuen adalah singleton atau fungsi linier dari variabel input
Keunggulan	- Mudah dipahami oleh parkar - Sederhana - Diperkenalkan lebih dahulu dan lebih terkenal	- Komputasi lebih efektif - Lebih luas dianalisis secara matematis - Menjamin kontinuitas permukaan *output*

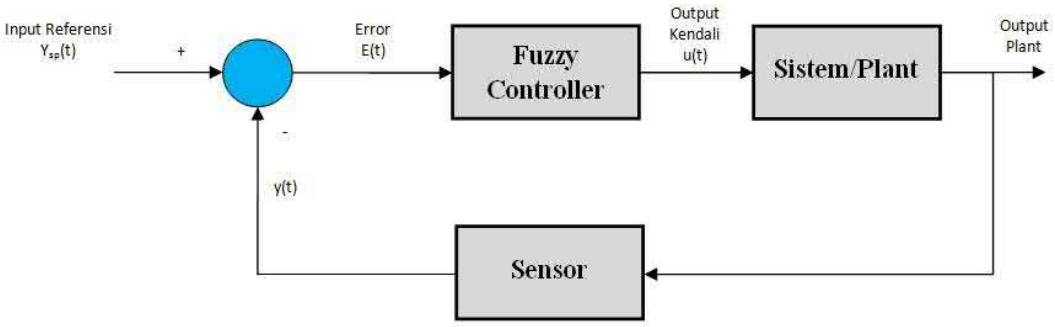
Open Loop Fuzzy Controller



Gambar 2. 5. *Fuzzy controller* yang diaplikasikan pada sistem *open loop*

Fuzzy *controller* dapat diterapkan pada sistem kendali open loop seperti pada gambar 2.5., contohnya pengendali pada vacuum cleaner. Pengendali tersebut berfungsi mengatur daya hisap debu dari permukaan yang dibersihkan. Daya hisap tersebut dapat dinyatakan dengan variabel linguistik: “sangat kuat”, “kuat”, “sedang”, “lemah” dan “sangat lemah”. Input kendali tersebut adalah banyaknya debu yang terdapat disuatu permukaan yang dinyatakan dengan variabel linguistik: “sangat kotor”, “kotor”, “agak kotor”, “hampir bersih” dan “bersih”. Pengendali ini dapat mengubah daya hisap berdasarkan tingkat kotora yang ada dipermukaan.

Close Loop Fuzzy Controller



Gambar 2. 6. *Fuzzy controller* yang diaplikasikan pada sistem *closed loop*

Fuzzy kontroler yang diimplementasikan secara *closed loop* merupakan pengendali dengan struktur umpan balik seperti ditunjukkan pada gambar 2.6., pada struktur tersebut dapat didesain *fuzzy* kontroler yang bekerja menyerupai sistem kendali PID. Dalam hal ini harus dipilih variabel *input*, variabel keadaan, maupun

output sistem/*plant* yang akan dikendalikan sebagai bagian dari anteseden aturan maupun konsekuen aturan. Variabel keadaan yang bisa dipilih sebagai anteseden aturan *fuzzy* adalah *error* (e), *change of Error* (Δe) dan *sum of Error* (Σe)

Sedangkan variabel *input* sistem yang merupakan output pengendali dan merupakan bagian konsekuen aturan *fuzzy* dapat berupa *change of output* (Δu) dan *output Control* (u)

Sinyal *error* adalah selisih antara nilai sinyal referensi dengan *output* aktual sistem, dirumuskan sebagai:

$$e(t) = y_{sp}(t) - y(t)$$

Sedangkan sinyal *change of error* dirumuskan sebagai:

$$\Delta e(t) = e(t) - e(t-1)$$

Sedangkan sinyal *Sum Error* dirumuskan sebagai:

$$\Sigma \mathrm{e}(t) = \sum_{k=0}^{t} e(k)$$

2.1.3.1. eFLL (Embadded Fuzzy logic Library)

eFLL (Embedded Fuzzy Logic Library) adalah pustaka standar untuk *Embedded Systems* untuk mengimplementasikan *Fuzzy Systems* yang mudah dan efisien. eFLL dikembangkan oleh Robotic Research Group (RRG) di Universitas Negeri Piauí (UESPI-Teresina). *Library* eFLL (Embedded Fuzzy Logic Library) adalah pilihan yang fleksibel, ringan dan efisien untuk bekerja dengan Fuzzy Logic dalam sistem *embedded*. Sistem ini ditulis dalam bahasa C ++ / C, hanya menggunakan pustaka bahasa C standar "stdlib.h", jadi eFLL adalah pustaka yang dirancang tidak hanya untuk Arduino, tetapi Sistem Tertanam atau tidak bagaimana perintah yang ditulis dalam Bahasa C.

Sistem ini juga tidak memiliki batasan eksplisit pada kuantitas Fuzzy, Aturan Fuzzy, Input atau Output, kekuatan pemrosesan yang terbatas dan penyimpanan setiap mikrokontroller. eFLL hanya digunakan untuk metode (MAX-MIN) dan (Mamdani Minimum) untuk sistem inferensi dan komposisi, untuk nilai defuzzifikasi menggunakan metode *Center of Area* (*CoA*).

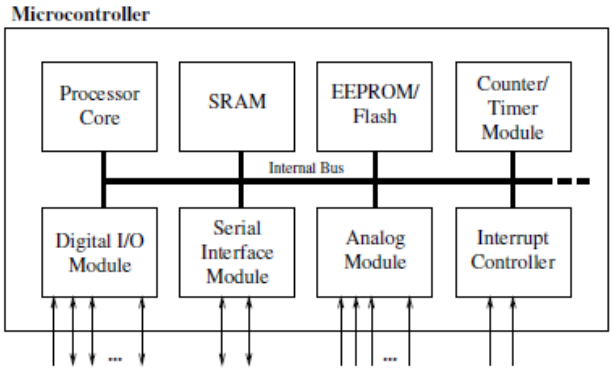
2.1.4. Mikrokontroler

Fitriastuti dan Ari (2013) mengemukakan bahwa mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer mikro yang memiliki tiga komponen utama yaitu unit pengolah pusat, memori, dan sistem input/output untuk dihubungkan dengan perangkat yang terintegrasi di luar.

Ridhamuttaqin et al (2013) mengemukakan mikrokontroler adalah suatu perangkat semi konduktor yang terdiri dari mikroprosesor, *input*, *output*, dan memori yang terdapat dalam satu kemasan chip dan berfungsi sebagai pengontrol dalam suatu sistem.

Dari dua definisi diatas dapat disimpulkan bahwa mikrokontroler adalah sebuah sistem dengan ukuran mikro yang memiliki fungsi untuk mengambil keputusan. Didalam mikrokontroler terdapat ROM, RAM, I/O yang sudah saling terhubung dan terorganisasi dengan baik yang dikemas dalam satu chip.

Gambar dibawah ini menunjukkan diagram blok struktur mikrokontroler yang umumnya terdiri dari beberapa komponen yang saling berhubungan stau sama lain melalui internal bus. Berikut penjelasan bagian-bagian dari mikrokontroler secara umum sebagai berikut :



Gambar 2. 7. Struktur Mikrokontroler
(Sumber:Gridling and Weiss, 2007)

Penjelasan dari bagian/komponen dalam struktur mikrokontroller sebagai berikut :

1. *Processor Core*

CPU merupakan inti prosesor utama dari mikrokontroller yang terdiri dari bagian yaitu unit logika atau ALU *(Arithmetic Logic Unit)* dan unit pengendali *(control unit)*. Disamping itu juga mempunyai beberapa simpanan yang berukuran kecil disebut dengan *register*. Berikut penjelasannya :

a. ALU *(Arithmetic Logic Unit)*

ALU digunakan untuk melakukan pengolahan logika (AND,ADD,INC,...) dan fungsi matematis (tambah, kali, kurang, dan bagi) yang sesuai dengan instruksi program dan dapat menyimpan beberapa informasi.

b. Control Unit

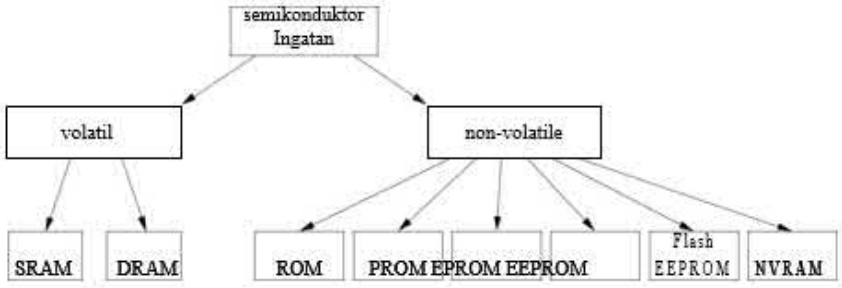
Control Unit adalah unit yang berfungsi untuk mengambil, mengkode, dan melaksanakan urutan instruksi suatu program yang tersimpan dalam memori. Tugas dari kontrol unit menentukan operasi mana yang harus dijalankan dan untuk mengkonfigurasi jalur data yang sesuai.

c. Register File

Register adalah alat penyimpanan yang mempunyai kecepatan akses cukup tinggi yang digunakan untuk menyimpan data sementara yang sedang diproses. Dengan adanya register data sementara ini maka proses pengolahan akan bisa dilakukan secara jauh lebih cepat.

2. Memori

Memori dibedakan menjadi 2 yaitu memori *volatile* dan memori *non volatile.* Memori *volatile* adalah jenis memori yang bersifat sementara atau memori yang datanya akan hilang setelah daya dimatikan. Selain itu, memiliki kecepatan akses yang lebih baik dengan kecepatan kisaran nanodetik. Memori *non volatile* merupakan memori yang bersifat permanen atau data dalam memori tersebut tetap ada meskipun daya dimatikan. Kecepatan dalam memori *non volatile* ini kisaran milidetik. Berikut penjelasan dari jenis – jenis memori *volatile* dan memori *non volatile.*



Gambar 2. 8. Jenis memory
(sumber: Gridling and Weiss, 2007)

a. Memori *Volatile*

- SRAM *(Static Random Access Memory)*

SRAM adalah jenis memori *volatile* pertama yang banyak digunakan sebagai memori kerja selama *sketch* dijalankan dan untuk menyimpan variabel yang tidak dapat disimpan kedalam register. Chip SRAM terdiri dari susunan sel yang masing-masing menyimpan sedikit informasi. Kecepatan SRAM lebih tinggi dibandingkan dengan DRAM (*Dynamic Random Access Memory*). Data yang tersimpan dalam SRAM bersifat statis dimana data akan tetap utuh selama adanya listrik.

- DRAM (*Dynamic Random Access Memory*)

DRAM adalah jenis memori *volatile* yang memiliki kapasitas penyimpanan lebih besar dibandingkan dengan SRAM. Kapasitas penyimpanan sekitar empat kali lebih besar daripada SRAM. Akan tetapi, untuk merefresh DRAM jauh lebih lambat dari SRAM. Pada DRAM setiap sel menyimpan 1 bit data dan memiliki 1 buah transistor dan 1 buah kondensator. Adanya kondensator untuk menjaga tegangan agar tetap mengaliri transistor sehingga dapat

menyimpan data karena ketika kapasitor dialiri listrik, maka data yang ada pada kapasitor akan hilang.

b. Memori *Non Volatile*

- ROM *(Read Only Memory)*

  Merupakan jenis pertama dari memori semikonduktor *non volatile*. ROM bersifat permanen artinya data tetap ada meskipun daya dimatikan. Dalam menggunakan ROM tidak mudah karena data tersebut akan diserahkan ke pabrik. ROM yang banyak digunakan pada mikrokontroller adalah *flash* PEROM *(Programmable Erasable ROM)* yang dapat dihapus dan ditulis sekaligus.

- PROM *(Programmable Read Only Memory)*

  PROM adalah jenis ROM yang hanya digunakan untuk dibaca isinya saja. Program yang disimpan bersifat permanen. Selain itu, PROM digunakan untuk menyimpan program bahasa mesin yang sudah menjadi bagian *hardware* komputer.

- EPROM *(Erasable Programmable Read Only Memory)*

  Adalah jenis memori non volatile bersifat permanen. Pada memori jenis ini program dapat ditulis kembali. Kelebihan dari EPROM adalah data dapat dihapus dengan menggunakan sinar UV *(Ultraviolet).* Sinar UV ialah sinar cukup kuat dan dapat merusak mata manusia.

- EEPROM (*Electrically Erasable and Programmable Random Only Memory*)

EPPROM merupakan area memori yang bersifat *non volatile* yang biasanya digunakan untuk menyimpan data yang tidak boleh hilang saat mikrokontroller dimatikan atau dapat menyimpan data secara permanen. Kelebihan utama dari EEPROM dapat menghapus data per blok tergantung alamat yang ingin untuk dihapus secara elektrik dengan cara meninggikan tegangan. Ruang EEPROM dimulai dari 0x000 dan ke nilai maksimum tergantung spesifikasi mikrokontroller yang digunakan.

- *FLASH EEPROM*

  Merupakan varian dari EEPROM yang umumnya digunakan untuk program bukan memori data. *Flash EEPROM* memiliki daya tahan siklus lebih renda untuk menghapus dibandingkan dengan EEPROM.

- NVRAM *(Non Volatile RAM)*

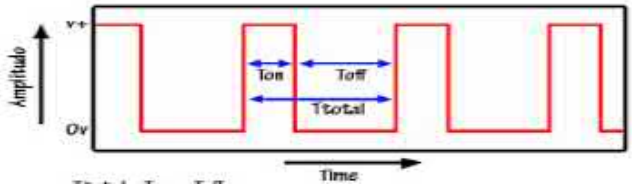
  Merupakan jenis memori yang menggabungkan antara memori *volatile* dan memori *non volatile.* Dengan menambahkan baterai internal kecil untuk perangkat SRAM sehingga ketika daya dimatikan maka data tetap ada (masih mempertahankan isinya).

3. Counter/Timer Module

Timer/counter adalah fasilitas yang digunakan untuk menghasilkan delay dan kontrol pulsa mengetahui proses yang sedang berlangsung. *Timer/counter* digunakan untuk melakukan salah satu dari 3 fungsi yaitu perhitungan suatu interval waktu, perhitungan banyaknya kejadian, dan pembangkit *baud rate.*

- PWM *(Pulse Width Modulation)*

PWM adalah pengatur waktu yang menghasilkan sinyal keluaran digital periodik dengan waktu dan periode yang dapat dikonfigurasikan. Semakin besar perbandingan lama sinyal *high* dengan periode sinyal maka semakin cepat motor berputar. Kekurangan menggunakan PWM ialah memerlukan pengatur waktu khusus untuk menghasilkan sinyal. PWM diciptakan dengan menswitch antara kondisi *on* (logika 1) dan *off* (logika 0). Di dalam PWM terdapat istilah *duty cycle* yang merupakan perbandingan periode lamanya suatu sistem bernilai logika *high* dan *low.*



Gambar 2. 9. Sinyal PWM
(sumber:www.robotic-electric.com)

Semakin besar perbandingan lama sinyal *high* dengan periode sinyal maka semakin cepat motor berputar. *Duty cycle* dari PWM dapat dinyatakan sebagai berikut :

- $T_{total} = T_{on} + T_{off}$
- $D = \frac{Ton}{Ttotal}\ x\ 100\% = \frac{Thigh}{(Thigh+Tlow)}$ x 100%
- V_{out} = *Duty Cycle* x V_{total}

Keterangan :

D = *duty Cycle* (lamanya pulsa high dalam 1 periode)

T*on* =waktu pulsa *"high"*

T*off* = waktu pulsa *"low"*

4. Digital I/O Module

Digital I/O memiliki kemampuan untuk memantau dan mengontrol perangkat keras. Sehingga hampir semua mikrokontroller memiliki 1-2 pin I/O digital yang dihubungkan langsung ke perangkat keras dan dapat diakses dengan satu *byte*. I/O digunakan untuk mengakses peralatan-peralatan berupa pin-pin yang berfungsi untuk mengeluarkan data digital atau menginput data. Pada digital I/O, tiga register mengontrol PIN antara lain :

- DDR *(Data Direction Register)* digunakan untuk mendefinisikan port sebagai *input* atau *output*. Jika bernilai 1 maka port sebagai *output*, sedangkan bernilai 0 maka port sebagai *input*
- PORT digunakan untuk mengeluarkan atau menulis data ke port mikrokontroller saaat sebagai *output.*
- PIN *(Port Input Register)* digunakan untuk mengambil/membaca data dari port nikrokontroller saat sebagai output. Registrasi PIN hanya mampu membaca keadaan *input* dan *output*

5. Serial Interface Module

Interface adalah menghubungkan 2 perangkat melalui sebuah mdia transmisi untuk memindahkan data. Mikrokontroller umumnya berisi beberapa antarmuka komunikasi seperti dua modul UART. UART *(Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)* merupakan media komuniaksi yang digunakan untuk berkomunikasi antar perangkat dan dapat melakukan konversi data paralel ke serial pada perangkat penirim dan pada penerima data. Tujuan dari antarmuka untuk memungkinkan mikrokontroller untuk berkomunikasi dengan unit lain.

6. Analog Module

Sinyal *Analog* menjelaskan variabel fisik yang bervariasi terus menerus yang berhubungan dengan variabel lain. Cara untuk menangani input analog dalam mikrokontroller adalah dengan membandingkan satu sama lain atau tegangan referensi yang diketahui. Sinyal *input analog* adalah suatu input yang memiliki bentuk gelombang yang kontinyu yang dinyatakan dalam gelombang sinusoidal. Sinyal analog dipetakan menjadi 2 yaitu nilai diskrit 0 dan 1.

a. Analog to Digital Converter (ADC)

ADC adalah pengubah input analog menjadi kode-kode digital yang banyak digunakan sebagai pengatur proses industri, komunikasi digital dan rangkaian pengukuran. Masukan analog ADC tegangan harus lebih besar dari 0 V dan lebih kecil daripada tegangan referensi. Masukan ADC dihubungkan dengan konfigurasi potensio yang dihubungkan dengan VCC dan GND untuk memperoleh rentang masukan analog ADC dari 0 – 5 V. Prinsip kerja ADC adalah mengkonversikan sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal input dan tegangan referensi. ADC banyak digunakan sebagai pengatur proses industri, komunikasi digital, dan rangkaian pengukuran/pengujian. Umumnya digunakan sebagai perantara antara sensor yang kebanyakan analog dengan sistem komputer seperti sensor suhu, cahaya, tekanan/berat, aliran dan sebagainya kemudian diukur dengan menggunakan sistem digital (komputer).

Rumus ADC *(Analog Digital Converter)* :

$$\boldsymbol{ADC = \frac{1023}{Vref}\ x\ Vin}$$

Keterangan :

- 1023 : memiliki ADC 10 bit
- Vin : Tegangan analog input yang akan diubah ADC
- Vref : Tegangan referensi yang dipakai oleh ADC sebagai acuan pengubah

ADC *(Analog To Digital Converter)* memiliki 2 karakter prinsip yaitu kecepatan sampling dan resolusi.

- Kecepatan sampling

Merupakan sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu. Kecepatan sampling dinyatakan dalam *sample per sekon* (SPS). Secara matematik, proses sampling dapat dinyatakan oleh persamaan berikut :

$$X(n) = xa\ (nT) = x(t),\ \text{untuk } -\infty < n < \infty\ (n=\text{integer})$$

Dimana : x(t) = sinyal analog

X(n) = sinyal waktu diskrit

Xa(nT) = sinyal analog yang disampling setiap perioda

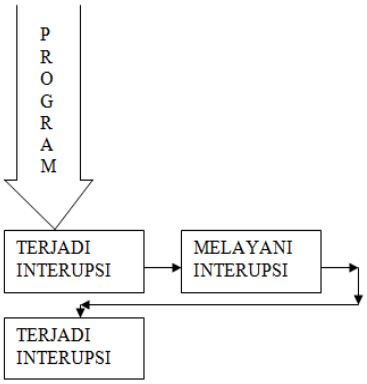
- Resolusi ADC

Menentukan ketelitian nilai hasil konversi ADC. Contohnya ADC 8 bit akan mempunyai ketelitian sebanyak 255 nilai dan apabila ADC 10 bit akan memiliki ketelitian sebanyak 1023 nilai.

7. *Interrupt Controller*

Adalah komponen dari mikrokontroller untuk mengatasi gangguan dalam program baik secara ekternal (diaktifkan dengan menggunakan pin *interrupt*) maupun internal (dengan menggunakan interupsi selama pemrograman) (Gridling

and Weiss, 2007). Pada saat interupsi dipanggil maka proses normal akan diberhentikan sementara selama proses interupsi dijalankan. Program yang dijalankan pada saat melayani interupsi disebut *Interrupt Service Routine* (Rutin Layanan Interupsi). Selain itu, merupakan komponen yang menyediakan program yang sedang bekerja.



Gambar 2. 10. Prinsip Kerja *Interrupt Controller*
(sumber:www.tneutron.net)

2.1.5. Arduino Mega

Arduino adalah *platform* yang bersifat open *sources* atau papan elektronik yang diprosesori oleh atmega 2560 yang berfungsi untuk mewujudkan rangkaian elektronik dari sederhana hingga kompleks. Selain itu arduino mudah untuk dipelajari dan digunakan karena *library* yang terdapat pada arduino mudah didapat. Tegangan operasi arduino mulai dari 5V sampai dengan 12V. Arduino mega memeiliki 53 digilat pin I/O 13 diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM, memiliki 10 analog pin input.

Bahasa pemrograman yang digunakan Arduino Mega ialah bahasa C++ yang disederhanakan dengan bantuan *library* arduino. Struktur perintah pada arduino

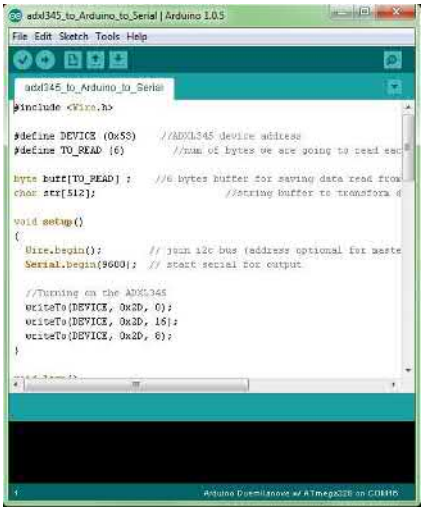
secara garis besar terdapat 2 bagian yaitu *void setup* dan *void loop* (Risal, 2017). *Void setup* digunakan untuk memanggil satu kali ketika program dijalankan.dan *void loop* berisi perintah yang akan dieksekusi berulang-ulang selama arduino dinyalakan. Atmega 2560 adalah chip yang terdapat dalam papan arduino mega yang fungsinya sebagai otak. Komponen ini adalah sebuah IC yang dipasang ke *header socket* sehingga memungkinkan untuk dilepas (Rita dan Lutfi, 2016).

2.1.6. Arduino *Software* (IDE)

Berhubung pada perancangan hardware menggunakan *Arduino* IDE untuk memprogram mikrokontroler yang akan digunakan adalah *driver* dan *Software*. Arduino IDE adalah *software* yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan Java seperti pada gambar 2.11. Arduino IDE terdiri dari (Evans, 2014) :

1. *Editor* program, sebuah *window* yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *Processing* yaitu dengan bahasa C++.
2. *Compiler*, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa *Processing*) yang ditulis dengan bahasa C++ menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa *Processing* yang bisa dipahami oleh mikrokontroler adalah kode biner. Itulah sebabnya *compiler* diperlukan dalam hal ini.

3. *Uploader*, sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam *memory* di dalam mikrokontroler arduino. Gambar di bawah ini adalah contoh tampilan *IDE* arduino dengan sebuah *sketch*.



Gambar 2. 11. Software Arduino IDE
(Sumber : http://arduino.cc,2014)

2.1.7. Sensor dan Tranduser

Tranduser adalah suatu peranti yang dapat mengubah sinyal dari bentuk yang satu menjadi bentuk energi yang lain. Sensor adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi sinyal dan ukuran sensor kecil sehingga sangat mudah dalam pemakaian dan menghemat energi. Bagian masukan dari tranduser disebut dengan sensor karena bagian ini dapat mengindera suatu kuantitas fisik tertentu dan mengubahnya menjadi energi lain. Sensor dan tranduser dapat digunakan sebagai bagian dari sistem instrumentasi (pengukuran) dan dapat pula digunakan untuk kepentingan pengendalian (kontrol). Maka dalam memilih sensor dan tranduser yang sesuai dengan sistem yang akan disensor maka perlu diperhatikan persyaratan umum berikut ini :

a. Linearitas

Linear dalam hal ini dimaksudkan hubungan antara besaran *input* yang dideteksi menghasilkan besaran *output* dengan hubungan berbanding lurus dan dapat digambarkan secara grafik yang membentuk garis lurus. Ada banyak sensor yang menghasilkan sinyal keluaran yang berubah secara kontinyu sebagai tanggapan terhadap masukan yang berubah secara kontinyu.

b. Sensitivitas

Adalah perubahan antara sinyal keluaran atau respon transduser terhadap perubahan masukan atau variable yang diukur. Sensitivitas akan menunjukkan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur. Sensitivitas sering dinyatakan dengan bilangan yang menunjukkan perubahan keluaran dibandingkan unit perubahan masukan.

c. Tanggapan Waktu

Tanggapan waktu pada sensor menunjukan seberapa cepat tanggapan terhadap perubahan masukan.

d. Jangkauan

Salah satu kriteria dalam memilih sensor adalah kesanggupan mengindera sesuai dengan yang diperlukan. Misalnya sebuah alat ukur akan digunakan untuk pengukuran suhu disekitar kamar yaitu antara -35 derajat *celcius* sampai 150 derajat *celcius* dilihat dari jangkauan ukurnya.

e. Stabilitas tinggi

Sensor maupun tranduser dikatakan baik apabila memiliki kesalahan pengukuran yang kecil dan tidak begitu banyak terpengaruh oleh faktor-faktor lingkungan.

f. *Repetebility*

Repetebility adalah kemampuan untuk menghasilkan kembali keluaran yang sama ketika digunakan untuk mengukur besaran yang sama dengan kondisi lingkungan yang sama.

2.1.7.1.Sensor DHT 22

DHT22 adalah sensor Suhu dan Kelembaban, dia memiliki keluaran sinyal digital yang dikalibrasi dengan sensor suhu dan kelembaban yang kompleks. Teknologi ini memastikan keandalan tinggi dan sangat baik stabilitasnya dalam jangka panjang, mikrokontroller terhubung pada kinerja tinggi sebesar 8 bit. Sensor ini termasuk elemen *resistif* dan perangkat pengukur suhu *NTC*. Memiliki kualitas yang sangat baik, respon cepat, kemampuan anti-gangguan dan keuntungan biaya kinerja tinggi. Berdasarkan sifar ini penggunakan sensor DHT22 dapat digunakan sebagai pengukur suhu dan kelembaban dalam ruangan kandang secara otomatis

Spesifikasi sensor DHT22 berdasarkan *datasheet :*

- Tegangan Input 3,3 Volt – 5 Volt
- Konsumsi Arus 15mA
- Stabilitas jangka panjang 0,5% RH/tahun
- Memiliki 3 Pin yaitu VCC, data, dan GND

Cara kerja dari sensor DHT22

Sistem sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban adalah DHT22 dengan sumber tegangan 5 Volt dan komunikasi bidirectonal 2- wire. Sistem sensor ini mempunyai 1 jalur data yang digunakan untuk perintah pengalamatan dan pembacaan data. Pengambilan data untuk masing-masing pengukuran dilakukan dengan memberikan perintah pengalamatan oleh mikrokontroler. Kaki serial Data yang terhubung dengan mikrokontroler memberikan perintah pengalamatan pada pin Data DHT22 “00000101” untuk mengukur kelembaban relatif dan “00000011” untuk pengukuran temperatur. DHT22 memberikan keluaran data kelembaban dan temperatur pada pin Data secara bergantian sesuai dengan clock yang diberikan mikrokontroler agar sensor dapat bekerja. Sensor DHT-22 memiliki ADC (Analog to Digital Converter) di dalamnya sehingga keluaran data DHT-22 sudah terkonversi dalam bentuk data digital dan tidak memerlukan ADC eksternal dalam pengolahan data pada mikrokontroler.

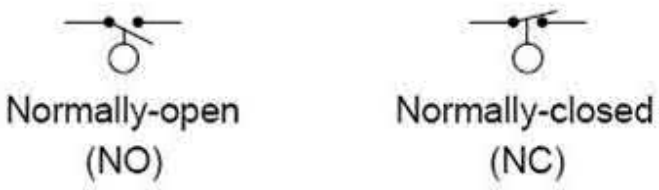
2.1.7.2.*Limit Switch*

Limit switch dalam bahasa Indonesia berarti saklar pembatas, yaitu suatu alat yang berfungsi untuk memutuskan dan menghubungkan arus listrik pada suatu rangkaian yang bisa menghasilkan perubahan dari status *ON* menjadi *OFF*, dari 0 menjadi 1 atau sebaliknya ketika melewati suatu batas yang telah ditetapkan.Sesuai dengan namanya, *limit switch* digunakan untuk membatasi kerja dari suatu alat yang sedang beroperasi. Simbol dan bentuk dari *limit switch* bisa dilihat dari gambar 2.12. dibawah ini.

Pada umumnya *limit switch* sering digunakan untuk berbagai keperluan seperti:

1. Memutuskan dan menghubungkan rangkaian menggunakan objek atau benda lain.
2. Menghidupkan daya yang besar, dengan sarana yang kecil.
3. Sebagai sensor posisi atau kondisi suatu objek.

Prinsip kerja *limit switch* diaktifkan dengan penekanan pada tombolnya pada batas/daerah yang telah ditentukan sebelumnya sehingga terjadi pemutusan atau penghubungan rangkaian dari rangkaian tersebut. *Limit switch* memiliki 2 kontak yaitu NO (*Normally Open*) dan kontak NC (*Normally Close*) dimana salah satu kontak akan aktif jika tombolnya tertekan. Gambar dan simbol limit switch dapat dilihat pada gambar

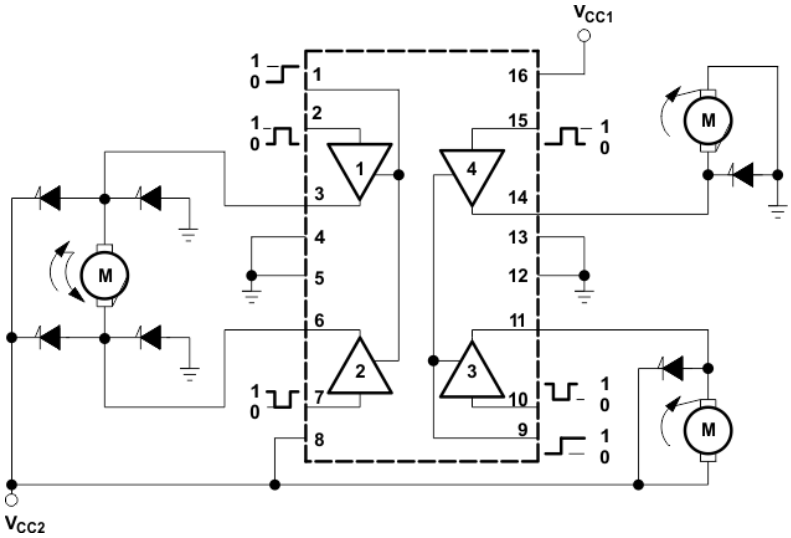


Gambar 2. 12. Simbol *limit switch*
(Sumber : http://www.keywordbasket.com)

2.1.8. IC driver L293D

IC L293D adalah IC yang didesain khusus sebagai *driver* motor DC dan dapat dikendalikan dengan rangkaian TTL maupun mikrokontroler. Motor DC yang dikontrol dengan *driver* IC L293D dapat dihubungkan ke *ground* maupun ke sumber tegangan positif karena di dalam *driver* L293D sistem driver yang digunakan adalah *totem pool*. Dalam 1 unit chip IC L293D terdiri dari 4 buah *driver* motor DC yang berdiri sendiri dengan kemampuan mengalirkan arus 1 *Ampere* tiap drivernya.

Sehingga dapat digunakan untuk membuat driver *H-bridge* untuk 2 buah motor DC. Konstruksi pin *driver* motor DC IC L293D dapat dilihat pada gambar 2.13.

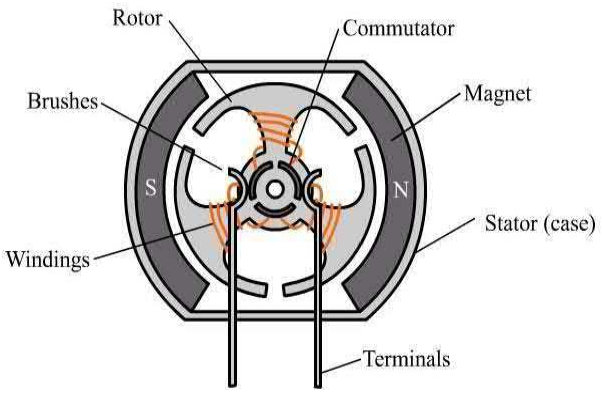


Gambar 2. 13. Kontruksi L293D
(Sumber : http://www.ti.com/product/L293)

2.1.9. Motor DC

Motor DC (*Direct Current*) adalah peralatan elektromekanik dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik. Motor DC merupakan jenis motor yang menggunakan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada dua terminal menentukan arah putaran motor sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor (Frank D. Petruzella, 2001 : 331)

Motor DC memiliki 3 bagian atau komponen utama untuk dapat berputar. Yang ditunjukkan seperti gambar 2.14.



Gambar 2. 14. Bagian Motor DC (Direct Current)

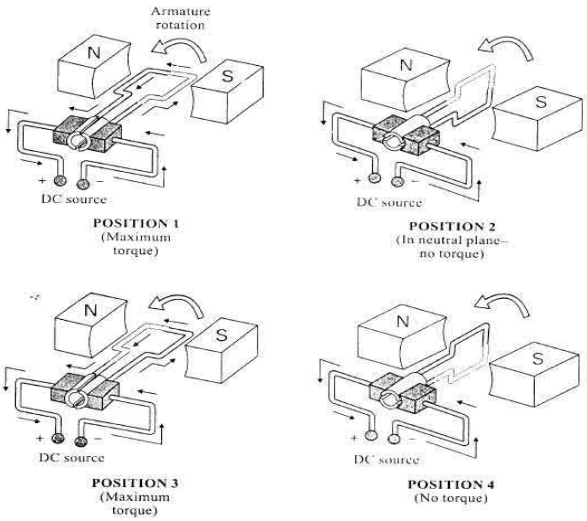
1. ***Kutub medan.*** Secara sederhana bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan dinamo yang menggerakkan *bearing* pada ruang diantara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan yaitu kutub utara dan kutub selatan.
2. ***Rotor.*** Bila arus masuk menuju rotor (bagian motor yang bergerak), maka arus ini akan menjadi elektromagnet. Rotor yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, rotor berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk merubah kutub-kutub utara dan selatan dinamo.
3. ***Komutator.*** Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk membalikkan arah arus listrik dalam dinamo. *Commutator* juga membantu dalam transmisi arus antara dinamo dan sumber daya (Mohammad Hamdani, 2010 : 9 - 10).

Prinsip kerja Motor DC

Arus mengalir melalui kumparan jangkar dari sumber tegangan DC, menyebabkan jangkar beraksi sebagai magnet. Gambar 2.15. menjelaskan prinsip kerja motor DC magnet permanen.

1. Pada posisi 1 arus elektron mengalir dari sikat negatif menuju ke sikat positif. Akan timbul torsi yang menyebabkan jangkar berputar berlawanan arah jarum jam.
2. Ketika jangkar pada posisi 2, sikat terhubung dengan kedua segmen komutator. Aliran arus pada jangkar terputus sehingga tidak ada torsi yang dihasilkan. Tetapi, kelembaban menyebabkan jangkar tetap berputar melewati titik netral.
3. Pada posisi 3, letak sisi jangkar berkebalikan dari letak sisi jangkar pada posisi 1. Segmen komutator membalik arah arus elektron yang mengalir pada kumparan jangkar. Oleh karena itu arah arus yang mengalir pada kumparan jangkar sama dengan posisi 1. Torsi akan timbul yang menyebabkan jangkar tetap berputar berlawanan arah jarum jam.

4. Jangkar berada pada titik netral. Karena adanya kelembaman pada poros jangkar, maka jangkar berputar terus-menerus (Muhammad Zamroni, 2013 : 4 - 5).



Gambar 2. 15. Prinsip Kerja Motor DC

2.2. Kajian Penelitian yang Relevan

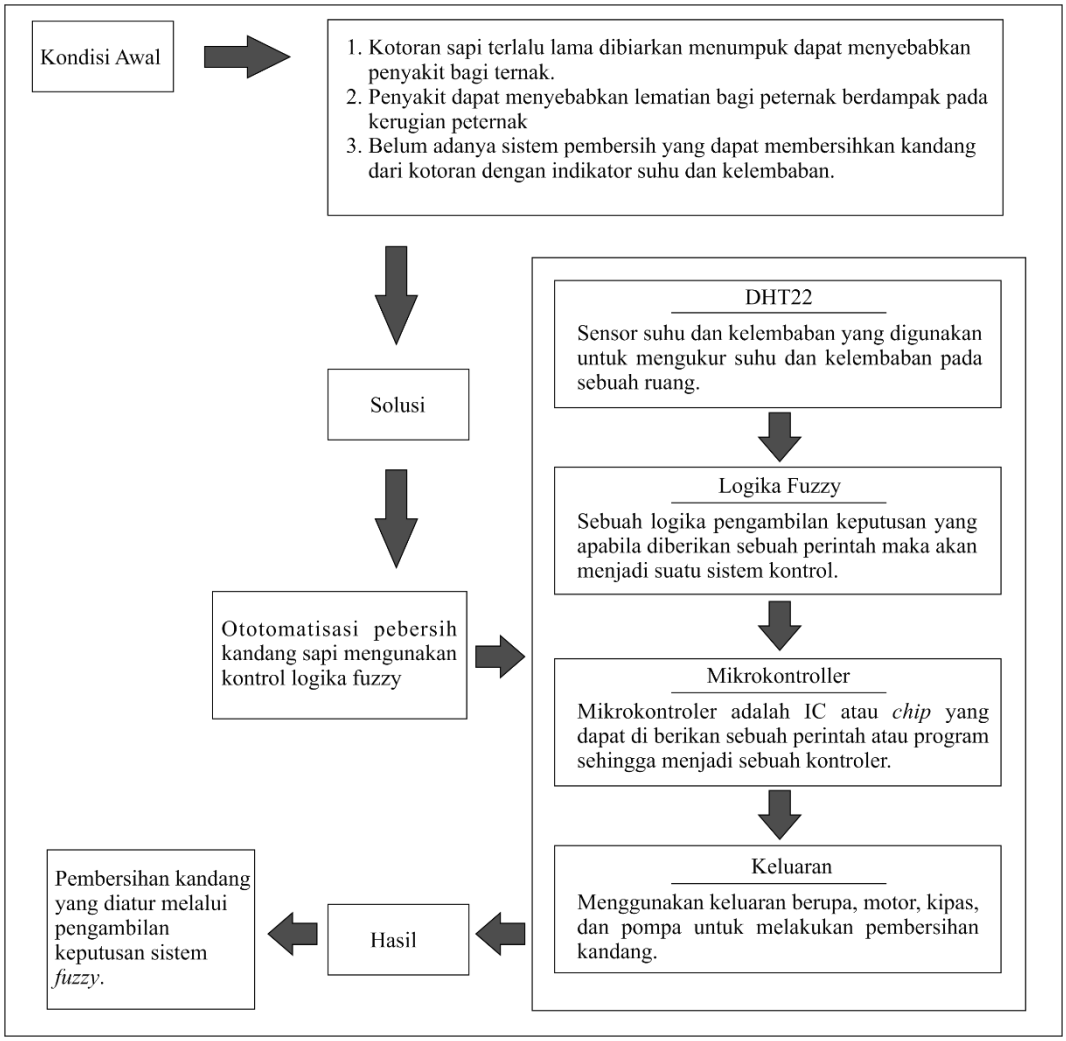
Penelitian tentang *prototype* pembersih kandang otomatis pada dasarnya merupakan penelitian berupa teknologi yang dapat bekerja sendiri dalam melaksanakan tugas pookok tanpa bantuan operator ataupun manusia. Dan berikut adalah penelitian yang menjadi acuan dalam penelitian ini :

1. Penelitian berjudul Robot Pembersih Lantai Berbasis Arduino UNO dengan Sensor Ultrasonik oleh Yuliza dan Umi Nur Kholifah pada tahun 2015. Jurnal ini membahas tentang otomatisasi pembersih lantai rumah, berbentuk robot yang dilengkapi dengan sensor ultrasonik untuk mencegah tumbukan dengan benda didepannya. Bergerak menggunakan motor DC yang dipasangi oleh roda dan dikontrol oleh arduino UNO. Pembersihan menggunakan sikat untuk membersihkan debu dilantai rumah.

2. Penelitian dengan judul “Perancangan Dan Realisasi *Prototype* Sistem Kontrol Otomatis Untuk Kandang Anak Ayam Menggunakan Metode Logika *Fuzzy* (Pemberi Pakan, *Conveyor* Berjalan, Kendali Suhu, Dan Kelembapan)” oleh Anggara et al., pada tahun 2017 menghasilkan penelitian pemberian makanan tidak berdasarkan waktu melainkan dengan menggunakan sensor *photodioda* sebagai pendeteksi ada dan tidaknya makanan dalam kandang. Pada penelitian ini peringatan mengenai keberadaan makanan pada stok belum ada. Hubungan relevansi dari penelitian ini dengan penelitian yang akan dibuat ialah pemberian makanan berdasarkan keberadaan makanan. Perbedaannya dalam penggunaan sensor. Dalam penelitian ini menggunakan sensor ultrasonik untuk pendeteksi makanan.
3. Penelitian mengenai *Conveyor Belt Scraper System* oleh Gibs tahun 1981. Jurnal ini membahas tentang konfeyor pengikis untuk membersihkan suatu lantai. Pada jurnal ini lebih membas tentang kontruksi atau mekanik dari sistem pengeruk itu sendiri. Seperti kontrusi dalam dan detail dari bentuk konfeyor itu sendiri.
4. Penelitian berjudul *Prevalence of Claw Disorders in Dutch Dairy Cows Exposed ti Serveral Floor System oleh Somers, K. Frankena dan J. H. M. Motz* pada tahun 2003. Penelitian ini membahas tentang penyakit sapi yang diakibatkan oleh bakteri yang masuk dari kuku sapi. Beberapa faktor pengaruhnya adalah kelembaban dan kotoran sapi yang dibiarkan hingga bakteri itu dapat berkembang biak didalam kuku sapi tersebut.

5. Penelitian pembuatan alat yang bernama *Manure Scraper System* diteliti oleh Sveaverken Group, pada tahun 2014. Ini adalah sebuah alat yang dipergunakan untuk mengeruk kotoran sapi menggunakan *Conveyor Belt Scraper System*, yang telah dikembangkan sesuai dengan bentuk dari kandang sapi. Alat ini dikontrol menggunakan suatu tombol untuk mengoprasikannya. Dengan menekan tombol maka pengeruk akan bekerja bolak balik dari sisi ke sisi.

2.3. Kerangka Teoritik

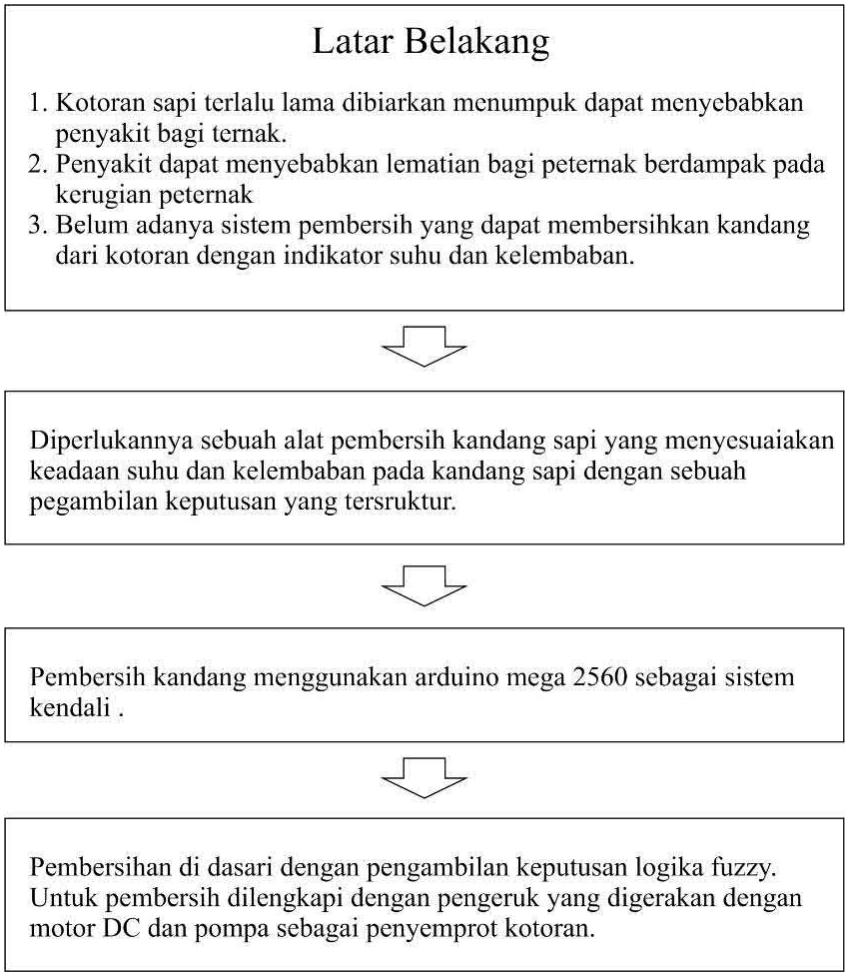


2.4. Kerangka Berfikir

Dalam peternakan sapi, pembersihan kandang dapat mempengaruhi pola perilaku dari sapi itu sendiri, tidak terstrukturnya pembersihan kandang mengakibatkan suhu dan kelembaban menjadi tinggi, suhu tinggi mengakibatkan sapi banyak minum sehingga menurunkan kualitas dari daging, kelembaban tinggi mengakibatkan mudahnya perkembangan bakteri pada lingkungan kandang, bam\kteri bisa menyebabkan penyakit bagi sapi.

Berdasarkan permasalahan diatas maka diperlukan suatu alat otomatisasi pembersih kandang sapi yang dititik beratkan pada kotoran, pada perancangan yang akan dibuat menggnakan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban kandang. Untuk output digunakan motor sebagai pengeruk, kipas sebagai pengatur suhu, dan pompa sebagai penyemprot kotoran.

Bagian kerangka berfikir dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. 16. Kerangka berfikir

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perancangan dan pengujian telah dihasilkan sebuah Prototipe Otomatisasi Pembersih Kandang Sapi yang berjalan sesuai dengan logika *fuzzy* yang telah direncanakan.
2. Pembersihan kandang secara otomatis untuk kandang sapi pada Prototipe Otomatisasi Pembersih Kandang Sapi Berbasis Kontrol Logika *Fuzzy* memiliki kinerja yang baik dengan kondisi sensor suhu dan kelembaban menunjukan suhu 30 C dan kelembaban 90%, pada LCD menunjukan kondisi 3 yang mana pompa hidup, kipas mati, dan pengeruk hidup, dengan nilai output dari pengolahan data pada fuzzy yang menunjukkan 25,31, dengan keslahan pada sensor suhu sebesar 0,4% dan pada sensor kelembaban sebesar 0,6%, serta untuk output dari fuzzy sebesar 0,31%.

5.2. Saran

Berdasarkan keterbatasan menegenai penelitian yang telah dilaksanakan, ada beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya, diantaranya yaitu :

1. Pada penggunakan metode fuzzy dianjurkan menggunakan metode fuzzy sugeno, karena untuk output dari fuzzy sugeno sebih stabil apabila dipergunkan sebagai sistem kontrol.

2. Untuk pengembangan selanjutnya dapat dikembangkan menjadi *smart cage* yang dilengkapi dangan pemberian pakan dan minum, serta pengaturan suhu secara otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

Aryandhi, Y.D. and Talakua, M.W., 2013. Penerapan Inferensi Fuzzy Untuk Pengendali Suhu Ruangan Secara Otomatis Pada Air Conditioner (AC). *Prosiding FMIPA Universitas Pattimura*.

Christianto, P., Darjat, D. and Setiawan, I., 2011. *Pengaturan Kecepatan Motor DC Dengan Adaptive Fuzzy Logic Controller Metode Tuning Output* (Doctoral dissertation, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik).

Esmay, M. L. 1982. Principle of Animal environmental. AVI Publishing Company, Inc. Wesport, Connecticut.

Gibbs, A.S., Gibbs Alfred S, 1981. *Conveyor belt scraper system*. U.S. Patent 4,269,301.

Gifson, A. and Slamet, S., 2009. Sistem Pemantau Ruang Jarak jauh dengan Sensor Passive Infrared berbasis Mikrokontroler AT89S52. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control), 7*(3), pp.201-106.

Hamdani, Mohammad. 2009. Pengendalian Kecepatan Putaran Motor DC Terhadap Perubahan Temperatur Dengan Sitem Modulasi Lebar Pulsa. *Skripsi*. Universitas Indonesia.

Jayusman, I., Gurdjita, G. and Shavab, O.A.K., 2017. Pengembangan Media Pembelajaran Multi Media Power Point Pada Mata Kuliah Sejarah Asia Timur. *Jurnal Candrasangkala Pendidikan Sejarah*, *3*(1), Pp.37-42.

Kusumadewi, Sri dan Hari Purnomo. 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*.Yogyakarta: Graha Ilmu.

Maust, L.E., McDowell, R.E. and Hooven, N.W., 1972. Effect of summer weather on performance of Holstein cows in three stages of lactation. *Journal of Dairy Science*, *55*(8), pp.1133-1139.

Mazenda, G., Soebroto A.A., Dewi, C., 2014. Implementasi Fuzzy Inference System (FIS) Metode Tsukamoto Pada Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Kualitas Air Sungai. *Journal Of Enviromental Engineering & Sustainable Technology. Vol. 01 No.2*

Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1*. Jakarta : Erlangga.

Parker, D.B., 2010. Effectiveness of a manure scraper system for odor control in tunnel-ventilated swine finisher barns. *Transactions of the ASABE*, *54*(1), pp.315-324.

Sihombing, D.T.H., 2000. Teknik Pengelolaan Limbah Kegiatan/Usaha Peternakan. *Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Lembaga Penelitian, Institut Pertanian Bogor, Bogor*.

Soeprapto, I.H., 2010. *Cara tepat penggemukan sapi potong*. AgroMedia.

Sugiyono. 2016. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung : Alfabeta

Suwintana, I Ketut. 2013. Sistem Inferensi Fuzzy Mamdani Berbasis Web. *Jurnal Matrix 3(1)*: 39-43.

Somers, J.G.C.J., Frankena, K., Noordhuizen-Stassen, E.N. and Metz, J.H.M., 2003. Prevalence of claw disorders in Dutch dairy cows exposed to several floor systems. *Journal of dairy science*, *86*(6), pp.2082-2093.

Syahwil Muhammad. 2013. *Panduan Mudah Simulasi & Praktek Mikrokontroller Arduino.*Yogyakarta: Penerbit Andi.

Taufiq D.S., Suyadhi. *Robot 1 Driver Motor*, Bandung, 2013

Turang, D.A.O., 2015, Desember. Pengembangan Sistem Relay Pengendalian Dan Penghematan Pemakaian Lampu Berbasis Mobile. In *Seminar Nasional Informatika (SEMNASIF)* (Vol. 1, No. 1).

Vanderholm, D.H. and Melvin, S.W., 1987. *Scraper systems for removing manure from swine facilities*. NC Agricultural Extension Service.

Widianto, E.D., Khasanah, M., Prasetijo, A.B. and Septiana, R., 2017. Sistem Otomatisasi Pembersihan Kotoran dan Pengaturan Suhu Kandang Kelinci Berbasis Arduino Mega2560. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, *13*(3), pp.133-138.

Widiyantoro, Andreas, T. Sutojo Dan Sudaryanto. 2014. Menerapkan Logika Fuzzy Mamdani untuk Menentukan Harga Jual Batik. *Techno COM* 13(2)*: 69-74*.

Wahyono, Setiyo., Arief, Ulfah Mediaty. 2015. Pengendalian Suhu dan Humidity Pada Alat Pengering Seledri Menggunakan Kontrol Fuzzy Logic. Edu Elektrika Journal. Vol. 4, hal 21-26.

Yani, A. and Purwanto, B.P., 2006. Pengaruh iklim mikro terhadap respons fisiologis sapi peranakan Fries Holland dan modifikasi lingkungan untuk meningkatkan produktivitasnya (ulasan). *Media Peternakan*, *29*(1)

Yani, A.H.M.A.D., Suhardiyanto, H., Hasbullah, R. and Purwanto, B.P., 2007. Analisis dan simulasi distribusi suhu udara pada kandang sapi perah menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD). *Media Peternakan*, *30*(3).

Yuliza, Y. and Kholifah, U.N., Robot Pembersih Lantai Berbasis Arduino Uno Dengan Sensor Ultrasonik. *Jurnal Teknologi Elektro*, *6*(3).

Zribi, M. and Chiasson, J., 1991. Position control of a PM stepper motor by exact linearization. *IEEE Transactions on automatic control*, *36*(5), pp.620-625.