

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN
LENGAN ROBOT PENARI PADA ROBOT KRISI
(KONTES ROBOT SENI INDONESIA)**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan

Memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

RIZAL RACHMAD

NIM 0510630089

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2010

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN
LENGAN ROBOT PENARI PADA ROBOT KRISI
(KONTES ROBOT SENI INDONESIA)**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

RIZAL RACHMAD
NIM 0510630089

Mengetahui dan menyetujui

Dosen pembimbing:

Adharul Muttaqin, ST., MT.

NIP. 19760121 200501 1 001

Ir. Nanang Sulistyanto

NIP. 19700113 199403 1 002

LEMBAR PENGESAHAN
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN
LENGAN ROBOT PENARI PADA ROBOT KRISI
(KONTES ROBOT SENI INDONESIA)

SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh:

RIZAL RACHMAD

NIM 0510630089

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 11 Februari 2010

DOSEN PENGUJI

Ir. Bambang Siswoyo, MT.
NIP. 19621211 198802 1 001

Ir. Nurussa'adah, MT.
NIP. 19680706 199203 2 001

Panca Mudjirahardjo, ST., MT.
NIP. 19700329 200012 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Rudy Yuwono, ST., MSc
NIP. 19710615 199802 1 003

ABSTRAK

Rizal Rachmad, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Februari 2010, *Perancangan dan Pembuatan Lengan Robot Penari pada Robot KRSI (Kontes Robot Seni Indonesia)*, Dosen Pembimbing : Adharul Muttaqin, ST., MT dan Ir. Nanang Sulistiyanto.

Kontes Robot Seni Indonesia (KRSI) merupakan suatu ajang kompetisi perancangan dan pembuatan robot yang disertai dengan unsur-unsur seni dan budaya bangsa yang telah terkenal di bumi pertiwi. Tujuan dari kontes robot ini adalah untuk menumbuh kembangkan kreatifitas dan minat para mahasiswa dalam teknologi maju, khususnya teknologi robotika yang selain diperuntukkan bagi industri juga diharapkan dapat membantu kegiatan manusia serta mengaplikasikan ilmu pengetahuan dan teknologi ke dalam dunia nyata dan meningkatkan kepekaan mahasiswa dalam pengembangan bidang teknologi robotika, dan membudayakan iklim kompetitif di lingkungan perguruan tinggi.

Divisi KRSI yang merupakan divisi baru dalam Kontes Robot mengambil tema robot penari untuk menampilkan seni budaya yang diinginkan sesuai dengan tema setiap tahun. Pada tahun ini, tema yang diambil adalah “robot penari pendet”. Setiap robot diwajibkan menari pendet yang diiringi dengan musik. Semakin luwes dan bervariasi gerakan tangannya, maka semakin tinggi nilai yang didapat. Untuk itu membutuhkan motor yang memiliki dimensi kecil dengan torsi besar, yaitu dipilih motor DC servo. Motor ini diletakkan di sendi-sendi robot agar dapat bergerak seperti lengan manusia. Dalam skripsi ini lengan kanan memiliki lima buah sendi dan lengan kiri memiliki empat buah sendi yang dapat bergerak. Untuk menggerakkan motor tersebut digunakan mikrokontroler yang agar dapat mengatur putaran sudut dan kecepatan servo, sehingga akan didapatkan variasi dan tempo gerakan dari lengan robot penari.

Kata kunci : robot, lengan robot, motor DC servo, KRSI



PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena dengan rahmat, taufik dan hidayah-Nya lah skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi berjudul “ Perancangan dan Pembuatan Lengan Robot Penari pada Robot KRSI (Kontes Robot Seni Indonesia)” ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada:

- Ibu dan Ayah atas segala nasehat, kasih sayang, perhatian dan kesabarannya di dalam membesarkan dan mendidik penulis, serta telah banyak mendoakan kelancaran penulis hingga terselesaikannya skripsi ini,
- Kakak dan Adik-adikku yang banyak mendoakan kelancaran penulis hingga terselesaikannya skripsi ini,
- Bapak Rudy Yuwono, ST., M.Sc selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- Bapak Aziz Muslim, ST.,MT., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- Bapak Ir. M. Julius St, MS selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Elektronika Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- Bapak Adharul Muttaqin, ST., MT selaku Dosen Pembimbing I atas segala ilmu, bimbingan, nasehat, gagasan, ide, saran, motivasi dan bantuan yang telah diberikan,
- Bapak Ir. Nanang Sulistiyanto selaku Dosen Pembimbing II atas segala bimbingan, nasehat, pengarahan, motivasi, saran dan masukan yang telah diberikan,
- Staf rekording Jurusan Teknik Elektro,
- Rekan-rekan pengerjaan skripsi di “sekret KRSI”, Rangga, Andi, Nino, Riezky-Mbatu, Om, Fahmi, Abrar yang selalu memberi semangat, bantuan dan saran dalam pengerjaan skripsi,

- Rekan-rekan pengerjaan skripsi di Laboratorium Dasar Elektronika, Angga, Adit, yang selalu memberi semangat, bantuan dan saran dalam pengerjaan skripsi,
- Teman-teman Tim Robot KRSI “el~Hawa”, Ocam, Lana, Reza, Arif, Irfan, yang terus mendukung dalam menyelesaikan skripsi,
- Teman-teman Tim Robot Teknik Elektro Universitas Brawijaya KRI-KRCI 2008,2009 dan 2010, yang selalu memberi semangat dalam menyelesaikan skripsi,
- Teman-teman Streamline angkatan 2005 yang telah berbagi ilmu dengan penulis dan selalu memberikan semangat,
- Seluruh teman-teman, senior serta semua pihak yang tidak mungkin untuk dicantumkan namanya satu-persatu, terima kasih banyak atas bantuan dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Malang, 2 Februari 2010

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Sistematika Pembahasan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kontes Robot Seni Indonesia (KRSI).....	4
2.1.1 Sistem Perlombaan	5
2.1.2 Spesifikasi Robot.....	5
2.1.3 Arena Lomba dan Urutan Gerakan Tarian	6
2.2 Motor Servo	9
2.2.1 Teori Motor Servo	9
2.2.2 Jenis-Jenis dan Kegunaan Motor Servo.....	11
2.2.3 Mode pemberian pulsa pada motor servo	11
2.2.4 Bentuk-Bentuk Motor Servo.....	12
2.3 Mikrokontroler Atmega32	14
2.4 Transformasi Linier.....	17



BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Perancangan Alat	22
3.2 Pembuatan Alat	22
3.2.1 Pembuatan Mekanik Robot.....	22
3.2.2 Pembuatan Perangkat Keras	22
3.2.3 Pembuatan Perangkat Lunak	23
3.3 Pengujian Alat.....	23
BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN	24
4.1 Perancangan Sistem	24
4.2 Perancangan Mekanik Robot	25
4.3 Perancangan Perangkat Keras	28
4.3.1 Rangkaian Catu Daya Sistem	28
4.3.2 Rangkaian Mikrokontroler Kontrol Servo.....	30
4.3.3 Motor Servo	31
4.3.4 Rangkaian Reset Mikrokontroler.....	33
4.4 Perancangan Gerakan Dasar	35
4.4.1 Perancangan Posisi Dasar Lengan	35
4.4.2 Perancangan Tempo Lengan Robot.....	38
4.4.3 Perancangan Gerakan Lengan Robot.....	38
4.5 Perancangan Perangkat Lunak	42
4.5.1 Metode Pengendalian Multi-Servo	42
4.5.2 Algoritma Mikrokontroler Kontrol Servo	45
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS	47



5.1	Pengujian Sinyal Kontrol Servo.....	47
5.2	Pengujian Motor DC Servo pada Lengan Robot.....	51
5.3	Pengujian Variasi Gerakan Lengan Robot.....	53
5.4	Pengujian Tempo Gerakan Lengan Robot.....	61
5.5	Pengujian Keseluruhan.....	62
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		67
6.1	Kesimpulan	67
6.2	Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA.....		68
LAMPIRAN		69



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Lapangan Lomba KRSI 2010 6

Gambar 2.2. *Start Zone* (diwakili Tim Biru) 7

Gambar 2.3. *Ngagem Zone* merah dan biru 8

Gambar 2.4. *End /Bokor Zone* Sumber : DIKTI, 2009 9

Gambar 2.5. Motor Servo 10

Gambar 2.6. Sistem Mekanik Motor Servo 10

Gambar 2.7. Contoh posisi dan waktu pemberian pulsa 12

Gambar 2.8. Bentuk Motor Servo 13

Gambar 2.9. Pin-Pin dan Pengkabelan Pada Motor Servo 14

Gambar 2.10. Ilustrasi pengendalian motor servo 14

Gambar 2.11. Konfigurasi Pin ATmega32 16

Gambar 2.12. Transformasi Skala 18

Gambar 2.13. Transformasi Translasi 18

Gambar 2.14. Transformasi Rotasi 19

Gambar 2.15. Transformasi Refleksi 19

Gambar 2.16. Transformasi *Shear* 20

Gambar 4.1. Blok Diagram Sistem 24

Gambar 4.2. Desain Lengan Robot 26

Gambar 4.3. Desain Lengan Kiri Robot 26

Gambar 4.4. Desain Lengan Kanan Robot 27

Gambar 4.5. Gambar dan Keterangan Sendi pada Lengan Robot 28



Gambar 4.6. Rangkaian Catu Daya Sistem.....	29
Gambar 4.7. Minimum Sistem Mikrokontroler ATmega 32.....	30
Gambar 4.8. Komunikasi Mikrokontroler dengan Motor Servo.....	31
Gambar 4.9. Pulsa Minimal dan Maksimal Motor Servo	32
Gambar 4.10. Skema Rangkaian Reset Mikrokontroler	33
Gambar 4.11. Desain posisi-1	35
Gambar 4.12. Desain Posisi-2.....	36
Gambar 4.13. Desain Posisi-2.....	37
Gambar 4.14. Perbandingan Tempo	38
Gambar 4.15. Sinyal Kontrol Motor DC Servo	42
Gambar 4.16. Pulsa Pengontrollan multi-servo (Mikrokontroler Kiri)	43
Gambar 4.17. Pulsa Pengontrollan multi-servo (Mikrokontroler Kanan)	43
Gambar 4.18. Diagram Alir Algoritma Mikrokontroler Kontrol Servo	45
Gambar 5.1. Pemeriksaan Rangkaian Catu Daya dengan Voltmeter	47
Gambar 5.2. Diagram Blok Pengujian Sinyal Kontrol Servo.....	48
Gambar 5.3. Sinyal Kontrol Servo dengan lebar pulsa <i>high</i> 600 μ s.....	49
Gambar 5.4. Sinyal Kontrol Servo dengan lebar pulsa <i>high</i> 1500 μ s.....	49
Gambar 5.5. Sinyal Kontrol Servo dengan lebar pulsa <i>high</i> 2500 μ s.....	50
Gambar 5.6. Diagram Blok Pengujian Motor DC Servo	51
Gambar 5.7. Diagram Blok Pencarian dan Pengujian Variasi Lengan Robot	53
Gambar 5.8. Gambar posisi awal lengan robot.....	54
Gambar 5.9. Desain Posisi-1	55
Gambar 5.10. Gambar Posisi-1 pada Lengan Kanan dan Kiri Robot.....	55

Gambar 5.11. Gambar Posisi-1 pada Lengan Robot.....	56
Gambar 5.12. Gambar Desain Posisi-2.....	57
Gambar 5.13. Gambar Posisi-2 pada Lengan Kanan dan Kiri Robot.....	57
Gambar 5.14. Gambar Posisi-2 pada Lengan Robot.....	58
Gambar 5.15. Gambar Desain Posisi-3.....	59
Gambar 5.16. Gambar Posisi-3 pada Lengan Kanan dan Kiri Robot.....	59
Gambar 5.17. Gambar Posisi-3 pada Lengan Robot.....	60
Gambar 5.18. Gambar tiga step dengan waktu jeda sebesar 50ms.....	61
Gambar 5.19. Gambar delapan step dengan waktu jeda sebesar 50ms	61
Gambar 5.20. Gambar Penggabungan Posisi-1 dengan Posisi-2.....	63
Gambar 5.21. Gambar Penggabungan Posisi-2 dengan Posisi-3.....	65



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik motor servo GWS	13
Tabel 4.1. Jenis dan Besarnya Torsi Motor Servo pada Lengan Kiri	32
Tabel 4.2. Jenis dan Besarnya Torsi Motor Servo pada Lengan Kanan	32
Tabel 4.3. Besar Sudut Posisi-1	35
Tabel 4.4. Besar Sudut Posisi-2	36
Tabel 4.5. Besar Sudut Posisi-3	37
Tabel 4.6. Periode sudut servo dan nilai TOP	44
Tabel 5.1. Hasil Pengujian Sinyal Kontrol Servo <i>high</i>	50
Tabel 5.2. Hasil Pengujian posisi Motor Servo pada Lengan Kanan	52
Tabel 5.3. Hasil Pengujian posisi Motor Servo pada Lengan Kiri	52
Tabel 5.4. Lebar Pulsa <i>High</i> pada Posisi-1	56
Tabel 5.5. Lebar Pulsa <i>High</i> pada Posisi-2	58
Tabel 5.6. Lebar Pulsa <i>High</i> pada Posisi-3	60
Tabel 5.7. Nilai Banyaknya Step dan Waktu Jeda	62
Tabel 5.8 Pengujian Tempo Motor Servo	62
Tabel 5.9. Penggabungan Posisi -1 dengan Posisi -2	63
Tabel 5.10 Perbandingan Perhitungan dan Pengukuran Posisi -1 ke Posisi -2	64
Tabel 5.11. Penggabungan Posisi -2 dengan Posisi -3	65
Tabel 5.12 Perbandingan Perhitungan dan Pengukuran Posisi -2 ke Posisi -3	66



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pelaksanaan kontes robot yang telah berlangsung setiap tahun selama lebih dari satu dekade di bumi pertiwi, telah melahirkan insan-insan pemikir dan pembuat robot yang berkemampuan tinggi. Kontes robot Indonesia (KRI) dan Kontes Robot Cerdas Indonesia (KRCI) telah merupakan ajang kompetisi kemampuan masing-masing perguruan tinggi untuk menunjukkan kepiawaian mahasiswanya dalam merancang dan membuat serta memprogramkan robot-robot buatan mereka dalam kompetisi tersebut. Selama ini robot-robot yang dibuat hanya mengikuti segi teknis dari tema dan aturan pertandingan dengan tujuan untuk memenangkan pertandingan, sehingga kurang dan bahkan tidak memperhatikan segi keindahan dari robot rancangannya. Sedangkan robot sebagai suatu produk teknologi canggih, juga seharusnya memperhatikan segi keindahan dan kemanusiaan sehingga pada penerapan di industri dapat bekerja sama dengan lingkungan pekerja.

Kontes Robot Seni Indonesia (KRSI) merupakan suatu ajang kompetisi perancangan dan pembuatan robot yang disertai dengan unsur-unsur seni dan budaya bangsa yang telah terkenal di bumi pertiwi dan diselenggarakan oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Tujuan dari kontes robot ini adalah untuk menumbuh kembangkan kreatifitas dan minat para mahasiswa dalam teknologi maju, khususnya teknologi robotika yang selain diperuntukkan bagi industri juga diharapkan dapat membantu kegiatan manusia serta mengaplikasikan ilmu pengetahuan dan teknologi ke dalam dunia nyata dan meningkatkan kepekaan mahasiswa dalam pengembangan bidang teknologi robotika, dan membudayakan iklim kompetitif di lingkungan perguruan tinggi. Divisi KRSI yang merupakan divisi baru dalam Kontes Robot mengambil tema robot penari untuk menampilkan seni budaya yang diinginkan sesuai dengan tema setiap tahun.

Robot penari ini harus bergerak saat musik dinyalakan dan berhenti saat musik di matikan. Robot penari ini akan bergerak dengan gerakan seperti seorang penari, sehingga dibutuhkan derajat kebebasan yang banyak. Semakin banyak derajat kebebasannya semakin luwes gerakannya sehingga poin yang didapatkannya semakin besar.

Untuk menggerakkan suatu lengan robot dibutuhkan motor yang memiliki torsi yang kuat dan berat yang ringan, sehingga penggunaan motor servo saat dibutuhkan dalam pembuatan lengan pada robot penari ini.

Dengan penggunaan mikrokontroler yang dapat digunakan untuk mengatur putaran sudut dan kecepatan servo, maka akan didapatkan variasi dan tempo gerakan dari lengan robot penari.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan masalah yang telah dijelaskan pada latar belakang, dapat dibuat rumusan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang lengan robot penari sehingga dapat melakukan berbagai macam variasi gerakan dalam tari.
2. Bagaimana merancang perangkat keras yang dapat menunjang motor servo.
3. Bagaimana merancang program mikrokontroler untuk melakukan berbagai macam variasi dan tempo gerakan.

1.3 Batasan Masalah

Dalam perancangan untuk skripsi ini permasalahan dibatasi oleh hal-hal sebagai berikut :

1. Hanya membahas pergerakan kedua lengan robot.
2. Membahas variasi gerakan dari kedua lengan robot.
3. Mikrokontroler pada lengan robot diberi masukan berupa variasi gerakan serta tempo yang bukan berasal dari suara musik, tetapi masukan yang dibuat sendiri.
4. Motor yang digunakan adalah motor servo.

1.4 Tujuan

Tujuan skripsi ini adalah untuk merancang lengan robot yang dapat melakukan variasi dan tempo gerakan.

1.5 Sistematika Pembahasan

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

BAB I Pendahuluan

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

BAB II Tinjauan Pustaka

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat, yang meliputi Kontes Robot Seni Indonesia, motor servo, mikrokontroler AVR ATmega32, Transformasi linier.

BAB III Metodologi Penulisan

Memuat tahapan penyelesaian skripsi ini yang meliputi studi literatur, perancangan dan pembuatan alat, pengujian dan analisis, serta pengambilan kesimpulan dan saran.

BAB IV Perencanaan dan Pembuatan Alat

Perancangan dan realisasi alat yang meliputi spesifikasi, perencanaan blok diagram, prinsip kerja dan realisasi alat.

BAB V Pengujian dan Analisis

Membahas hasil pengujian sistem terhadap alat yang telah direalisasikan.

BAB VI Kesimpulan dan Saran

Membahas kesimpulan perancangan ini dan saran-saran yang diperlukan untuk melakukan pengembangan aplikasi selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Untuk memudahkan dalam memahami cara kerja rangkaian maupun dasar-dasar perencanaan dari sistem yang dibuat, maka perlu adanya penjelasan dan uraian mengenai teori penunjang yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini. Teori penunjang yang akan dijelaskan dalam bab ini adalah:

- Kontes Robot Seni Indonesia (KRSI)
- Motor Servo
- Mikrokontroler AVR ATmega32
- Transformasi Linier

2.1 Kontes Robot Seni Indonesia (KRSI)

Kontes Robot Seni Indonesia (KRSI) merupakan suatu ajang kompetisi perancangan dan pembuatan robot yang disertai dengan unsur-unsur seni dan budaya bangsa yang telah terkenal di bumi pertiwi. Tema Kontes Robot Seni Indonesia 2010 adalah “ Robot Penari Pendet ”.

Tema ini diselaraskan dengan seni budaya asli Bali. Pendet sebagai sebuah tarian dibagi dalam dua kelompok besar, yaitu tari Pendet sebagai tari wali yang memiliki nilai kesakralan, dan sebagai tari bebalihan atau hiburan.

Tari Pendet wali diketahui telah berkembang sejak jaman dahulu di Bali tanpa diketahui siapa pencipta pertamanya sekaligus yang memopulerkannya. Dari segi gerakan tari Pendet wali digolongkan sebagai tarian yang cukup sederhana karena hanya menerapkan gerakan-gerakan dasar tari Bali yaitu, Ngagem (kuda-kuda), tanjek (gerakan tangan), dan Nyeledet (gerakan/lirikan mata ke kanan dan ke kiri). Pendet wali yang penarinya terdiri dari laki-laki dan wanita yang belum akil baliq ini menurut sejarahnya ditarikan sebagai wujud atau simbol dari bidadari yang sedang menari yang merupakan kesenangan para dewata.

Sedangkan tari Pendet bebalihan diketahui sebagai bentuk tari Pendet wali yang disesuaikan sebagai bentuk tari hiburan, seperti misalnya sebagai tari penyambutan tamu. Bentuk gerakan dasarnya relatif sama, yaitu menggunakan tiga dasar gerakan Ngagem, tanjek dan Nyeledet. Perbedaannya hanya terletak pada penarinya yang menggunakan baju seragam yang sama (dan semuanya biasanya wanita), sedang pada tari Pendet wali penarinya adalah laki-laki dan wanita. Perbedaan lain, jika Bokor yang

dipegang oleh penari Pendet wali adalah berisi canang pependetan maka pada Pendet Bebalihan berisi bunga-bunga yang pada akhir tarian akan dilemparkan ke arah penonton.

2.1.1 Sistem Perlombaan

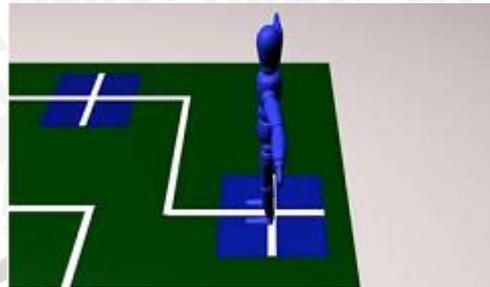
- 1) Robot penari harus menyerupai struktur tubuh manusia dengan tinggi (diukur di posisi kepala) minimum 50cm dan maksimum 80cm dengan berat total maksimum 30kg.
- 2) Tegangan catudaya yang digunakan harus tegangan DC dengan besar tegangan tidak dibatasi.
- 3) Robot harus dapat menari di atas arena persegi-panjang berwarna lantai hijau gelap berukuran masing-masing (200 x 200)cm yang memiliki garis putih di permukaannya selebar 3cm berbentuk track tertentu sebagai pemandu jalan tarian. Tiap arena satu robot memiliki tiga zone dan dua track, yang kalau diurutkan dari *Start* hingga *End* adalah *Start Zone*, *tanjek track*, *Ngagem Zone*, *Nyeledet track*, dan *End Zone* atau *Bokor Zone*. Tiap zone dan track ini berfungsi sebagai pemandu gerakan. Gerakan tari harus dilakukan berdasarkan irama gamelan pengiring dengan cara mendengarkan langsung dari sistem audio gedung lomba menggunakan sensor (tanpa kabel).
- 4) Musik gamelan pengiring tari robot adalah gamelan khas tari Pendet Bebalihan yang disediakan oleh panitia.
- 5) Waktu yang disediakan untuk setiap unjuk kebolehan tari dalam lomba ini adalah 3 menit sesuai dengan panjang atau durasi irama gamelan pengiring.

2.1.2 Spesifikasi Robot

- 1) Robot otomatis mampu melakukan gerakan menari mengikuti musik kesenian Tari Pendet Bebalihan dari Bali.
- 2) Robot harus memiliki bagian yang dapat disebut sebagai sistem kaki, tangan dan kepala. Jumlah derajat kebebasan masing-masing sistem ini tidak dibatasi.
- 3) Robot dapat dibuat beroda ataupun berkaki, tetapi harus memiliki lengan dan/atau Jari untuk melakukan gerakan mengikuti alunan musik yang digunakan.
- 4) Bagian kaki atau yang menyerupai kaki pada robot harus dapat melakukan gerakan seperti kuda-kuda untuk merendahkan badan robot (menekuk bagian pinggul dan dengkul) dan sedikit memutar pinggul.

2) *Start Zone*

Arena *Start Zone* ditunjukkan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2. *Start Zone* (diwakili Tim Biru)

Sumber : DIKTI, 2009

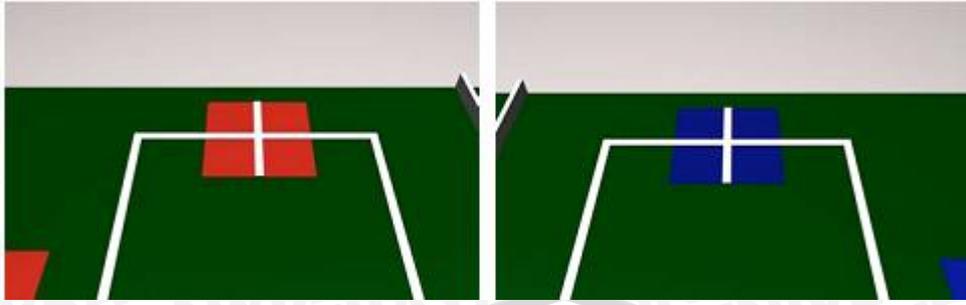
Start Zone berukuran (40×40)cm, berada di sisi kanan atau kiri (seperti pada Gambar 1) berjarak 10 cm dari tepi lapangan terdekat dan di tengah-tengah kalau diukur dari sisi depan dan belakang arena. Dalam *Start Zone* ini robot mulai menari. Robot harus diletakkan di *Start Zone* ketika aba-aba persiapan 1 (satu) menit menjelang lomba. Arah hadap robot ketika di *Start Zone* ini dapat ditentukan sendiri oleh Tim.

3) *Tanjek Track*

Tanjek Track adalah jalur antara *Start Zone* dan *Ngagem Zone* (zone berwarna biru atau merah setelah *Start Zone* masing-masing). Di sepanjang *tanjek track* ini robot harus menari dengan lebih mengeksploitasi gerakan tangan, misalnya sambil memegang Bokor dengan kedua tangan dan mengayun-ayunkan ke kiri dan ke kanan, sekaligus berjalan mengikuti jalur hingga sampai ke *Ngagem Zone*. Jarak belokan track baik ke *Start Zone* maupun ke *Ngagem Zone* adalah sama diukur dari titik tengah garis dan titik tengah kedua *Zone*.

4) *Ngagem Zone*

Arena *Start Zone* ditunjukkan dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Ngagem Zone merah dan biru

Sumber : DIKTI, 2009

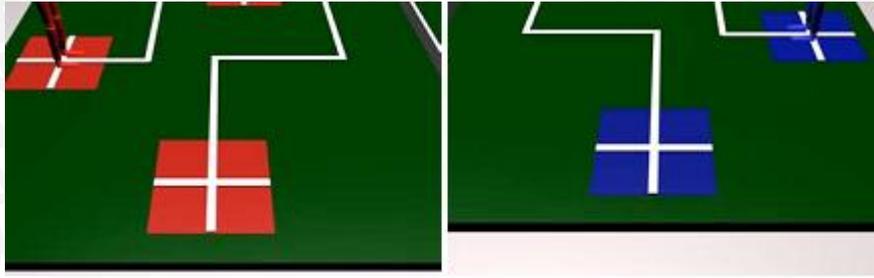
Ngagem Zone ini berukuran (40×40) cm yang berada 10 cm dari sisi belakang arena dan titik tengahnya berjarak 80 cm dari tepi garis pembatas arena. Di dalam Ngagem Zone ini robot harus berhenti berjalan, merenggangkan tangan kanan dan kiri dan membuat gerakan merendahkan tubuh dengan menekuk pinggul dan dengkul sembari memainkan gerakan lirikan mata (Nyeledet). Lama gerakan tari di Ngagem Zone ini minimum 10 (sepuluh) detik.

5) Nyeledet Track

Nyeledet track adalah jalur putih yang menghubungkan Ngagem Zone dengan End /Bokor Zone. Di sepanjang track ini robot harus membuat gerakan tarian dengan fokus gerakan Nyeledet yaitu gerakan memainkan lirikan mata ke kiri dan ke kanan sembari berjalan dan mengayunkan tangan ke kiri dan ke kanan. Jalur Nyeledet track yang berdekatan dengan garis/dinding pembatas arena berjarak 40 cm diukur dari tepi jalur putih dan tepi dinding pembatas. Sedangkan posisi jalur yang berbelok berada pada 3 cm lebih dekat ke arah Ngagem zone daripada ke End /Bokor Zone diukur dari tepi jalur/garis ke kedua Zone.

6) End /Bokor Zone

Arena End /Bokor Zone ditunjukkan dalam Gambar 2.4.



Gambar 2.4. *End /Bokor Zone*

Sumber : DIKTI, 2009

End Zone atau *Bokor Zone* adalah *Zone* terakhir yang harus dituju oleh robot ketika menari. Posisinya berada di tengah masing-masing arena dilihat dari depan, dan berjarak 10 cm dari tepi depan arena. Dalam zona ini robot harus berhenti berjalan dan membuat gerakan mengambil bunga di Bokor yang dipegang tangan kirinya, kemudian melemparkannya menggunakan tangan kanan ke arah penonton. Gerakan mengambil bunga dan melempar ini minimum satu kali harus dilakukan oleh robot. Ketika irama gamelan hampir berakhir menjelang menit ketiga akan terdengar tepukan penonton di akhir irama gamelan yang mengiringi. Ketika mendengar tepukan penonton ini robot harus menghentikan tariannya dan membungkukkan badannya sebagai tanda tarian telah selesai.

2.2 Motor Servo

Servo berasal dari nama latin "servus" yang berarti budak. Servo adalah sebuah sistem kendali otomatis yang dipakai untuk mengatur kecepatan sebuah motor DC. Sehingga kecepatan motor akan konstan sampai kapan pun karena adanya servo ini. Servo menggunakan sistem umpan balik. Sensor untuk mendeteksi putaran motor terhubung ke rangkaian umpan balik, kemudian sistem akan menghitung kesalahan dan memutuskan untuk mempercepat atau memperlambat putaran motor. Motor servo adalah gabungan antara motor DC yang telah dilengkapi dengan rangkaian umpan balik.

2.2.1 Teori Motor Servo

Motor servo adalah motor yang mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan duty cycle sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya. Motor Servo ditunjukkan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Motor Servo

Sumber : Grand Wing Servo Tech Co, 2008

Motor Servo merupakan sebuah motor DC yang memiliki rangkaian control elektronik dan internal gear untuk mengendalikan pergerakan dan sudut angularnya. Sistem Mekanik Motor Servo ditunjukkan dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Sistem Mekanik Motor Servo

Sumber : Grand Wing Servo Tech Co, 2008

Motor servo adalah motor yang berputar lambat, dimana biasanya ditunjukkan oleh rate putarannya yang lambat, namun demikian memiliki torsi yang kuat karena internal gearnya. Lebih dalam dapat digambarkan bahwa sebuah motor servo memiliki :

- 1) 3 jalur kabel : power, ground, dan control
- 2) Sinyal control mengendalikan posisi
- 3) Operasional dari servo motor dikendalikan oleh sebuah pulsa selebar ± 20 ms, dimana lebar pulsa antara 0.5 ms dan 2 ms menyatakan akhir dari range sudut maksimum.
- 4) Konstruksi didalamnya meliputi internal gear, potensiometer, dan feedback control.

2.2.2 Jenis-Jenis dan Kegunaan Motor Servo

- 1) Motor Servo Standar 180°

Motor servo jenis ini hanya mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) dengan defleksi masing-masing sudut mencapai 90° sehingga total defleksi sudut dari kanan – tengah – kiri adalah 180°.

- 2) Motor Servo Continuous

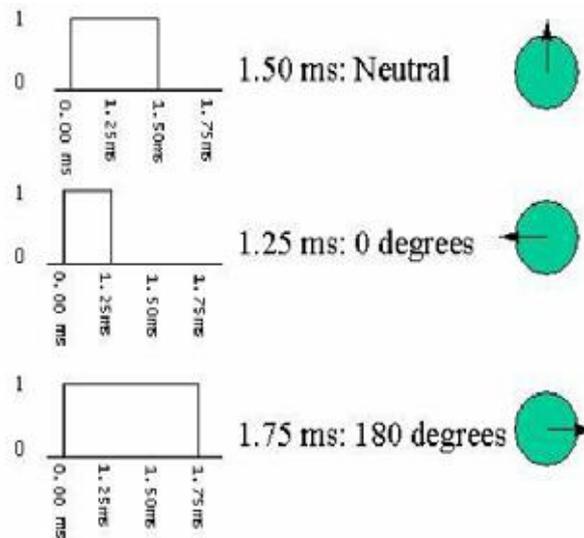
Motor servo jenis ini mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) tanpa batasan defleksi sudut putar (dapat berputar secara kontinyu).

Kebanyakan motor servo digunakan sebagai :

- 1) Manipulators.
- 2) Moving camera's.
- 3) Robot arms.

2.2.3 Mode pemberian pulsa pada motor servo

Sudut dari motor servo tergantung dari besarnya pulsa yang akan diterima oleh motor servo. Contoh dimana bila diberikan pulsa dengan besar 1.5ms mencapai gerakan 90 derajat, maka bila kita berikan data kurang dari 1.5 ms maka posisi mendekati 0 derajat dan bila kita berikan data lebih dari 1.5 ms maka posisi mendekati 180 derajat. Contoh posisi dan waktu pemberian pulsa ditunjukkan pada gambar 2.7.



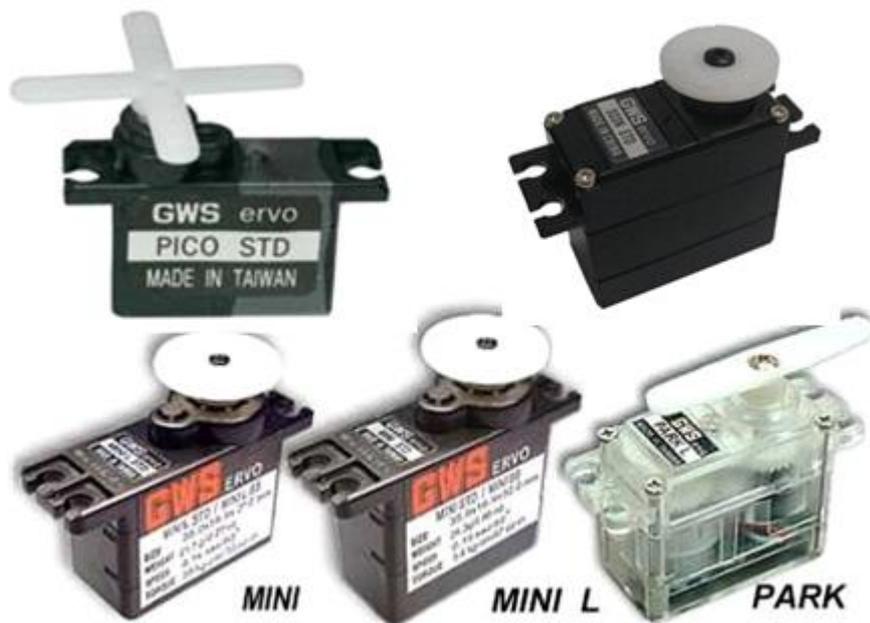
Gambar 2.7. Contoh posisi dan waktu pemberian pulsa

Sumber : Sigit, 2007:67

- 1) Motor Servo akan bekerja secara baik jika pada bagian pin kontrolnya diberikan sinyal PWM dengan frekuensi 50Hz.
- 2) Dimana pada saat sinyal dengan frekuensi 50Hz tersebut dicapai pada kondisi Ton duty cycle 1.5ms, maka rotor dari motor akan berhenti tepat di tengah-tengah (sudut 0° / netral).
- 3) Pada saat Ton duty cycle dari sinyal yang diberikan kurang dari 1.5ms, maka rotor akan berputar ke arah kiri dengan membentuk sudut yang besarnya linier terhadap besarnya Ton duty cycle, dan akan bertahan diposisi tersebut.
- 4) Dan sebaliknya, jika Ton duty cycle dari sinyal yang diberikan lebih dari 1.5ms, maka rotor akan berputar ke arah kanan dengan membentuk sudut yang linier pula terhadap besarnya Ton duty cycle, dan bertahan diposisi tersebut.

2.2.4 Bentuk-Bentuk Motor Servo

Kebanyakan motor servo mempunyai bentuk yang relatif sama, perbedaannya hanya berdasarkan dimensi. Bentuk motor servo ditunjukkan dalam Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Bentuk Motor Servo

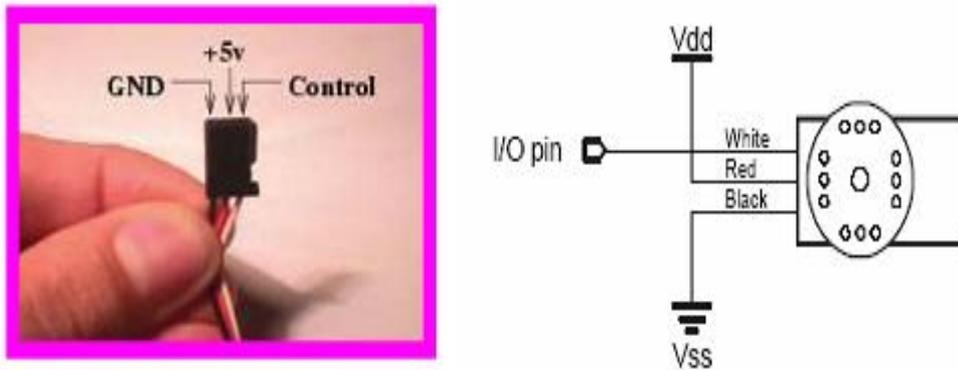
Sumber : Grand Wing Servo Tech Co,2008

Setiap motor servo memiliki karakteristik yang berbeda-beda, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.1

Tabel 2.1. Karakteristik motor servo GWS

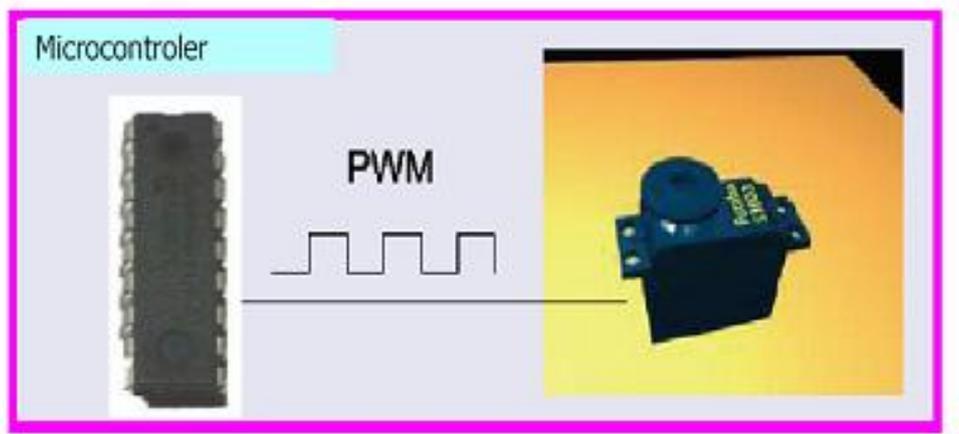
Model	Size(L x W x H) mm/in	Weight		48V			6V		
		g	oz	Speed (sec/60°)	Torque		Speed (sec/60°)	Torque	
					kg-cm	oz-in		kg-cm	oz-in
S03N	39.5x20.0x35.6 1.40x0.79x1.40	41.0	1.45	0.23	3.40	47	0.18	4.00	56
S03NF				0.18	2.80	39	0.15	3.20	44
S03NXF				0.15	2.20	31	0.12	2.45	34
S03N 2BBMG		64	2.26	0.23	3.40	47	0.18	4.20	58
S03NF 2BBMG				0.18	2.80	39	0.15	3.40	47
S03NXF2BBMG				0.15	2.50	35	0.12	3.00	42
S03T	39.5x20.0x39.5 1.56x0.79x1.56	46.0	1.62	0.33	7.20	100	0.27	8.00	111
S03TF				0.27	5.80	81	0.22	6.50	90
S03TXF				0.21	5.00	69	0.17	6.20	86
S03T 2BBMG		73	2.57	0.33	7.40	103	0.27	8.60	119
S03TF 2BBMG				0.27	6.00	83	0.22	6.95	97
S03TXF 2BBMG				0.21	5.60	78	0.17	6.40	89

Sumber : Grand Wing Servo Tech Co,2008



Gambar 2.9. Pin-Pin dan Pengkabelan Pada Motor Servo

Sumber : Sigit, 2007:68



Gambar 2.10. Ilustrasi pengendalian motor servo

Sumber : Sigit, 2007:69

2.3 Mikrokontroler Atmega32

ATMega32 merupakan salah satu mikrokontroler buatan ATMEL keluarga ATMega yang mempunyai 32 kbyte Flash PEROM (*Flash Programmable and Erasable Read Only Memory*), 2 kbyte SRAM, 32 pin I/O (4 buah port I/O bit) yang mana tiap pin tersebut dapat diprogram secara paralel dan tersendiri, mempunyai dua buah *timer/counter* 8 bit dan satu buah *timer/counter* 16 bit, mempunyai 8 bit 10 channel ADC, mempunyai *watchdog timer*.

Pada dasarnya mikrokontroler adalah terdiri atas mikroprosesor, *timer*, dan *counter*, perangkat I/O dan internal memori. Mikrokontroler termasuk perangkat yang sudah didesain dalam bentuk chip tunggal. Mikrokontroler dikemas dalam satu chip (single chip).

Mikrokontroler didesain dengan instruksi-instruksi lebih luas dan 8 bit instruksi yang digunakan membaca data instruksi dari internal memori ke ALU.

Sebagai suatu sistem kontrol mikrokontroler ATmega32 bila dibandingkan dengan mikroprosesor memiliki kemampuan dan segi ekonomis yang bisa diandalkan karena dalam mikrokontroler sudah terdapat RAM dan ROM sedangkan mikroprosesor didalamnya tidak terdapat keduanya. Secara umum konfigurasi yang dimiliki mikrokontroler ATmega32 adalah sebagai berikut :

- Sebuah CPU 8 bit dengan menggunakan teknologi dari Atmel.
- Memiliki memori baca-tulis sebesar 2 kbyte SRAM.
- Jalur dua arah (bidirectional) yang digunakan sebagai saluran masukan atau keluaran yang dikontrol oleh register DDR.
- Sebuah komunikasi serial USART yang dapat diprogram.
- Sebuah master/slave serial SPI yang dapat diprogram.
- Sebuah *Two Wire Serial Interface*.
- Dua buah *timer/counter* 8 bit dan sebuah *timer/counter* 16 bit.
- *Watchdog Timer* yang dapat diprogram.
- *Analog to Digital Converter (ADC)* 10-bit dan *Analog comparator* di dalam chip.
- Osilator internal dan rangkaian pewaktu.
- Flash PEROM yang besarnya 32 kbyte untuk memori program
- Kemampuan melaksanakan operasi perkalian, pembagian, dan operasi Boolean.
- Mampu beroperasi sampai 16 MHz.

ATmega32 mikrokontroler mempunyai kompabilitas instruksi dan konfigurasi pin dengan mikrokontroler keluarga AVR seri ATmega16 dan ATmega 8535.

Masing-masing kaki dalam mikrokontroler ATmega32 mempunyai fungsi tersendiri. Dengan mengetahui fungsi masing-masing kaki mikrokontroler ATmega32, perancangan aplikasi mikrokontroler ATmega32 akan lebih mudah. ATmega32 mempunyai 40 pin, susunan masing-masing pin ditunjukkan dalam Gambar 2.11.

(XCK/T0) PB0	1	40	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(OC0/AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13	28	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	27	PC5 (TDI)
(TXD) PD1	15	26	PC4 (TDO)
(INT0) PD2	16	25	PC3 (TMS)
(INT1) PD3	17	24	PC2 (TCK)
(OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL)
(ICP) PD6	20	21	PD7 (OC2)

Gambar 2.11. Konfigurasi Pin ATmega32

Sumber: ATMEL;2006:2

Fungsi kaki-kaki ATmega32 adalah :

- *Port A* (Pin A0..7), merupakan saluran masukan/keluaran dua arah dan juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus *Port A* adalah sebagai ADC (input ADC channel 0..7).
- *Port B* (Pin B0..7), merupakan saluran masukan/keluaran dua arah dan juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus *Port B* diantaranya adalah : *Port B0* (T0 (*timer/counter0* eksternal *counter input*) & XCK (USART eksternal *clock input/output*), *Port B1* (T1 (*timer/counter* eksternal *counter input*)), *Port B2* (AIN0 (*Analog comparator positive input*) & INT2 (Eksternal interrupt 2 input)), *Port B3* (AIN1 (*Analog comparator negative input*) & (OC0 (Timer/counter0 *output compare match output*)), *Port B4* (SS (*SPI slave select input*)), *Port B5* (MOSI (*SPI bus master output/slave input*)), *Port B6* (MISO (*SPI bus master input/slave output*)), *Port B7* (SCK (*SPI bus serial clock*)).
- *Port C* (Pin C0..7), merupakan saluran masukan/keluaran dua arah dan juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus *Port C* di antaranya adalah : *Port C0* (SCL (*Two-Wire serial bus clock line*)), *Port C1* (SDA (*Two-Wire serial bus data*

input/output line)), Port C6 (TOSC1 (*Timer Oscillator* pin1)), Port C7 (TOSC2 (*Timer oscillator* pin2)).

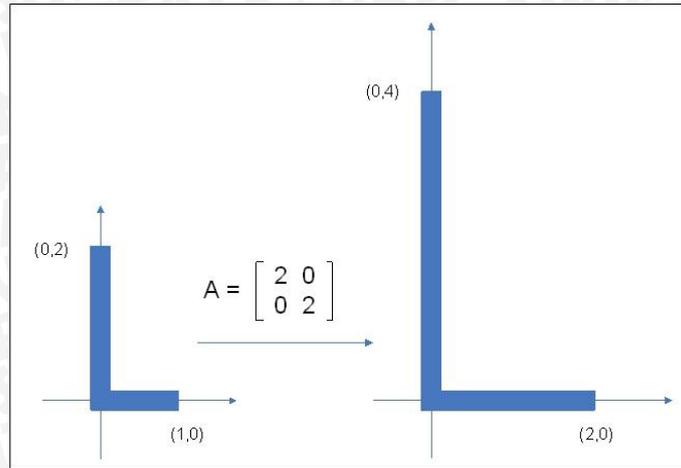
- *Port D* (Pin D0..7), merupakan saluran masukan/keluaran dua arah dan juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus dari Port D diantaranya adalah : Port D0 (RXD (USART input pin)), Port D1 (TXD (USART output pin)), Port D2 (INT0 (Eksternal interrupt 0 input)), Port D3 (INT1 (Eksternal interrupt 1 input)), Port D4 (OC1B (*Timer/counter 1 output compare B match output*)), Port D5 (OC1A (*Timer/counter 1 output compare A match output*)), Port D6 (ICP (*Timer/counter input capture pin*)), Port D7 (OC2 (*timer/counter 2 compare match output*)).
- Pin 9 RESET, merupakan saluran dua masukan untuk mereset mikrokontroler dengan cara memberi masukan logika rendah.
- Pin 10 VCC, merupakan saluran masukan untuk catu daya positif sebesar 5 volt DC.
- Pin 11 GND, merupakan Ground dari seluruh rangkaian.
- Pin 12 dan 13 (XTAL2 dan XTAL1), merupakan saluran untuk mengatur pewaktuan sistem. Untuk pewaktuan dapat menggunakan pewaktuan internal maupun eksternal.
- Pin 32 AREF, merupakan pin analog referensi untuk masukan ADC.
- Pin 33 GND, merupakan ground dari ADC.
- Pin 30 AVCC, merupakan catu untuk perangkat ADC.

2.4 Transformasi Linier

Suatu objek yang mengalami perubahan posisi dari posisi asal dikatakan mengalami transformasi. Ada beberapa transformasi dasar, yaitu:

- Skala (perubahan skala ukuran)

Ilustrasi skala ditunjukkan dalam Gambar 2.12.



Gambar 2.12. Transformasi Skala

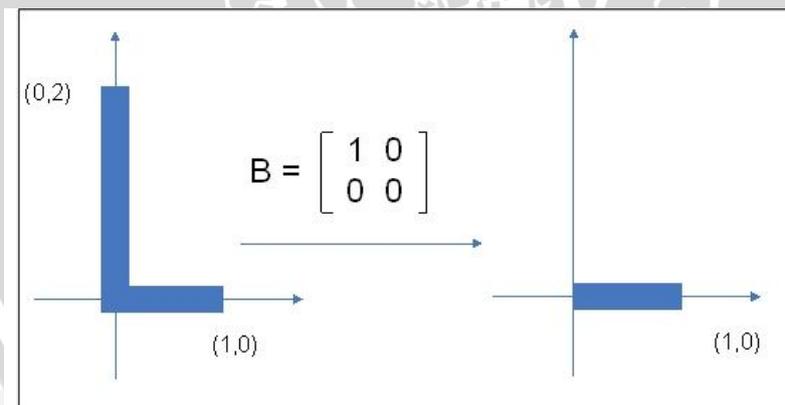
Sumber: Bretscher, 2005:55

Skala (s_x, s_y) suatu titik (x, y) akan menempatkan titik di (x', y') dengan :

$$\begin{aligned} x' &= x s_x \\ y' &= y s_y \end{aligned} \tag{2.2}$$

- Translasi (pergeseran)

Ilustrasi translasi ditunjukkan dalam Gambar 2.13.



Gambar 2.13. Transformasi Translasi

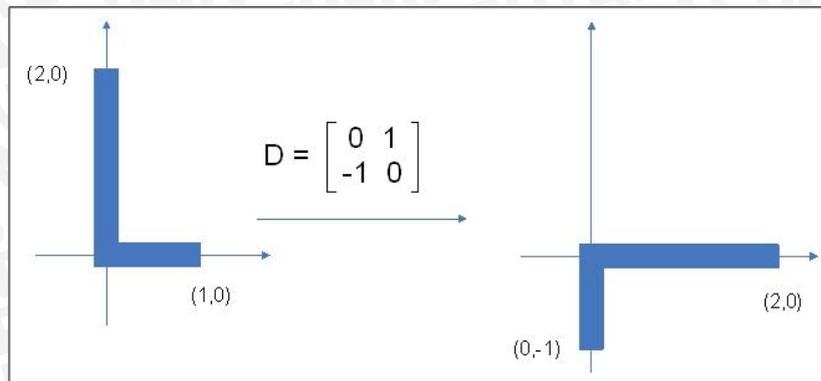
Sumber: Bretscher, 2005:55

Secara matematis maka suatu translasi dengan arah (t_x, t_y) pada suatu titik di (x, y) akan memindahkan titik ke (x', y') dengan :

$$\begin{aligned} x' &= x + t_x \\ y' &= y + t_y \end{aligned} \tag{2.3}$$

- Rotasi pada titik origin (0,0)

Ilustrasi rotasi ditunjukkan dalam Gambar 2.14.



Gambar 2.14. Transformasi Rotasi

Sumber: Bretscher, 2005:55

Rotasi suatu titik (x,y) dengan sudut sebesar α pada titik origin akan menghasilkan titik (x',y') dengan hubungan :

$$x' = x \cos \alpha + y \sin \alpha$$

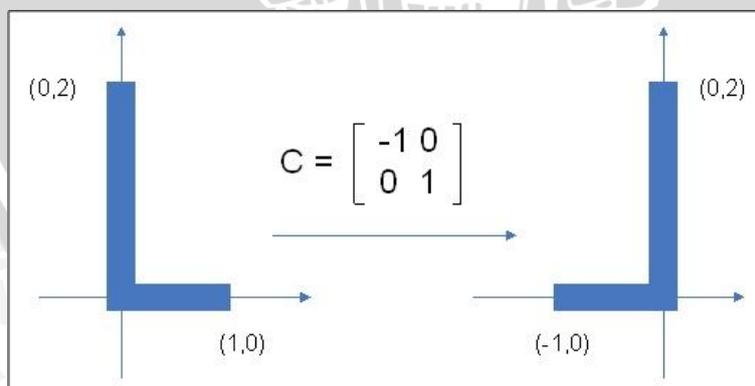
$$y' = -x \sin \alpha + y \cos \alpha$$

(2.4)

Jika sudut positif maka rotasi berlawanan arah jarum jam dan jika sudut negatif maka rotasi searah jarum jam.

- Refleksi (pencerminan) terhadap sumbu x atau sumbu y

Ilustrasi refleksi ditunjukkan dalam Gambar 2.15.



Gambar 2.15. Transformasi Refleksi

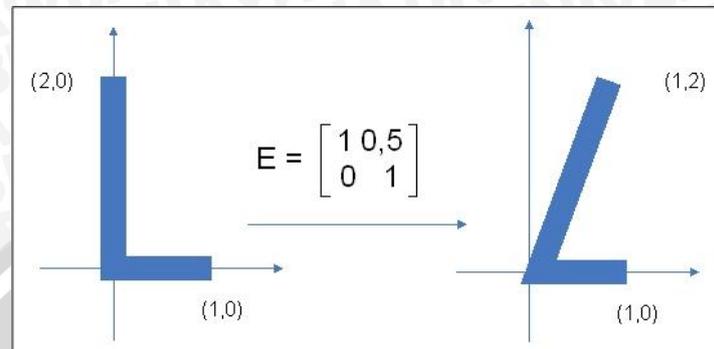
Sumber: Bretscher, 2005:55

Refleksi terhadap sumbu x pada titik (x,y) akan menempatkan titik di (x',y') dengan :

$$\begin{aligned} x' &= x \\ y' &= -y \end{aligned} \quad (2.5)$$

- *Shear* (skala proporsional) terhadap sumbu x atau sumbu y

Ilustrasi *shear* ditunjukkan dalam Gambar 2.16.



Gambar 2.16. Transformasi *Shear*

Sumber: Bretscher, 2005:55

Shear terhadap sumbu y dengan faktor s pada titik (x,y) akan menempatkan titik di (x',y') dengan :

$$\begin{aligned} x' &= x + ys \\ y' &= y \end{aligned} \quad (2.6)$$

Suatu transformasi merupakan komposisi dari sejumlah transformasi dasar. Misalnya rotasi suatu titik yang bukan pada titik origin didapatkan dengan mentranslasikan titik awal ke titik origin, merotasikannya, hasil rotasi ditranslasi kembali ke titik awal. Sehingga perhitungannya merupakan gabungan dari ketiga transformasi tersebut.

Sistem koordinat homogen dibuat agar dapat merepresentasikan transformasi secara umum.

Dalam sistem koordinat homogen ini setiap transformasi di atas dapat direpresentasikan dalam bentuk matriks 3×3 . Operasi transformasi suatu titik adalah perkalian antara matriks transformasi dengan matriks kolom dari titik tersebut.

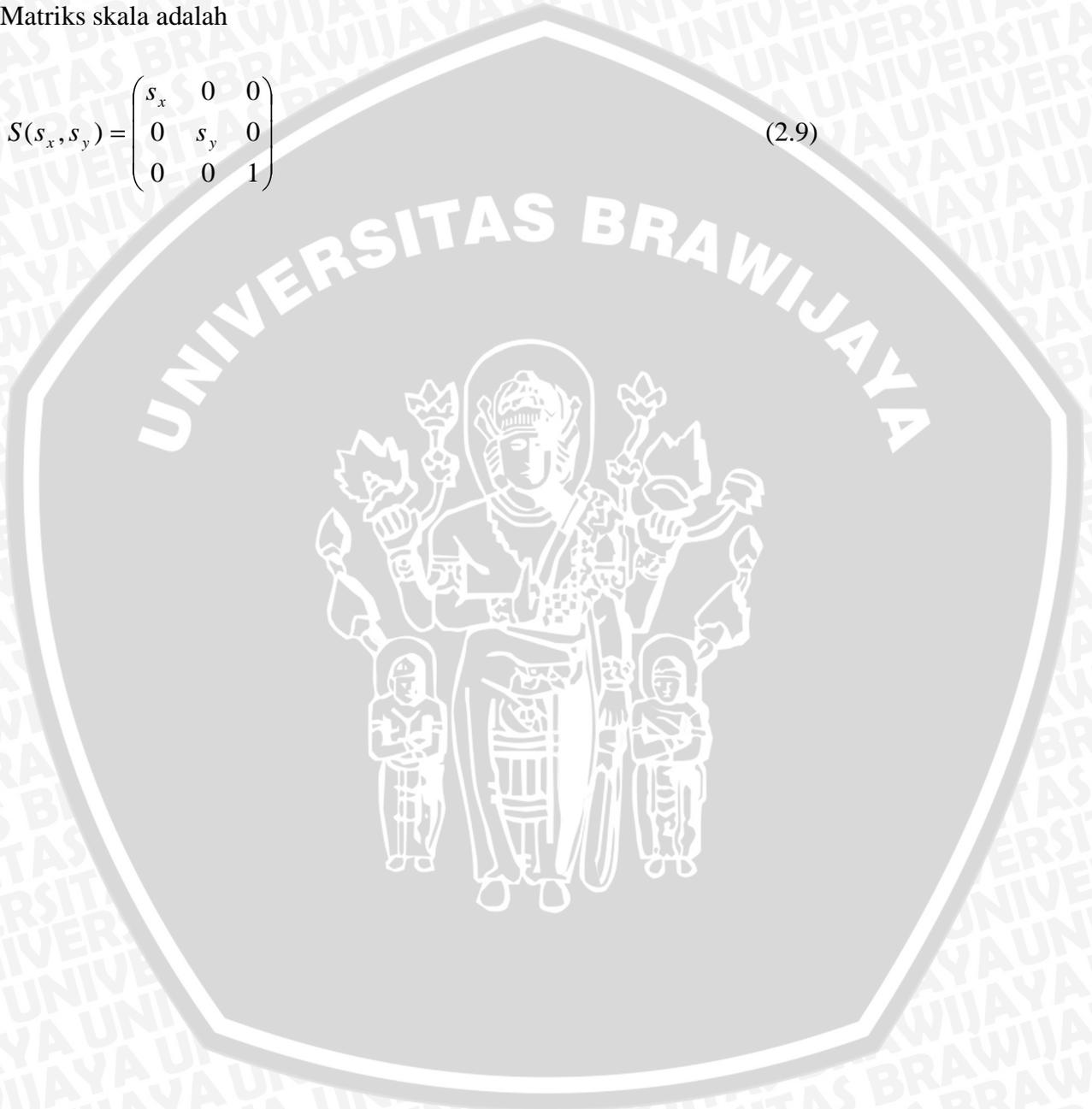
$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (2.7)$$

Matriks rotasi adalah

$$R_{\alpha} = \begin{pmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha & 0 \\ \sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2.8)$$

Matriks skala adalah

$$S(s_x, s_y) = \begin{pmatrix} s_x & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2.9)$$



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Untuk menyelesaikan rumusan masalah dan merealisasikan tujuan penelitian yang terdapat di bab pendahuluan maka diperlukan metode untuk menyelesaikan masalah tersebut.

3.1 Perancangan Alat

Pada tahap perancangan alat, dibuat suatu blok diagram fungsional dari rangkaian yang direncanakan. Perancangan mekanik dilakukan dilakukan sesuai desain untuk mempermudah pembuatan. Perancangan rangkaian dilakukan pada tiap-tiap blok untuk mempermudah perancangan serta penentuan nilai komponen yang digunakan. Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan membuat diagram alir untuk program utama dan sub program. Secara garis besar perancangan alat dilakukan dalam tahap berikut:

- 1) Penentuan spesifikasi alat.
- 2) Pembuatan diagram blok sistem keseluruhan.
- 3) Perancangan mekanik yang terdiri atas desain lengan robot.
- 4) Perancangan perangkat keras yang terdiri atas rangkaian mikrontroler.
- 5) Perancangan perangkat lunak yang terdiri atas software mikrokontroler.

3.2 Pembuatan Alat

Pembuatan alat meliputi pembuatan perangkat mekanik sebagai kerangka lengan robot, perangkat keras sebagai komponen utama serta pembuatan perangkat lunak sebagai komponen pendukung pengujian.

3.2.1 Pembuatan Mekanik Robot

Pembuatan mekanik robot dilakukan dengan pembuatan desain robot terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan pembuatan kerangka lengan robot dan penyusunan motor servo pada lengan robot.

3.2.2 Pembuatan Perangkat Keras

Pembuatan alat dengan menggunakan komponen elektronika yang telah direncanakan. Pembuatan alat untuk perangkat keras juga meliputi pembuatan PCB (pembuatan layout dengan menggunakan software Eagle versi 4.11, pengetsaan dan pengeboran), pemasangan komponen, dan pengemasan alat.

3.2.3 Pembuatan Perangkat Lunak

Untuk pembuatan software dilakukan dengan pembuatan flowchart terlebih dahulu kemudian dibuat programnya.

3.3 Pengujian Alat

Untuk mengetahui apakah alat yang telah dibuat sesuai dengan yang direncanakan maka dilakukan pengujian rangkaian. Pengujian yang dilakukan terbagi dua, yaitu :

1) Pengujian perangkat keras

Perangkat keras yang telah dibuat tahap demi tahap akan diuji satu persatu sesuai blok diagram. Pengujian perangkat keras ini meliputi pengujian sudut dari motor servo pada lengan robot, variasi gerakan dan tempo dari kedua lengan robot.

2) Pengujian secara keseluruhan

Pengujian secara keseluruhan dilakukan dengan menghubungkan tiap perangkat keras sesuai dengan blok diagram dan menjalankan perangkat lunaknya.



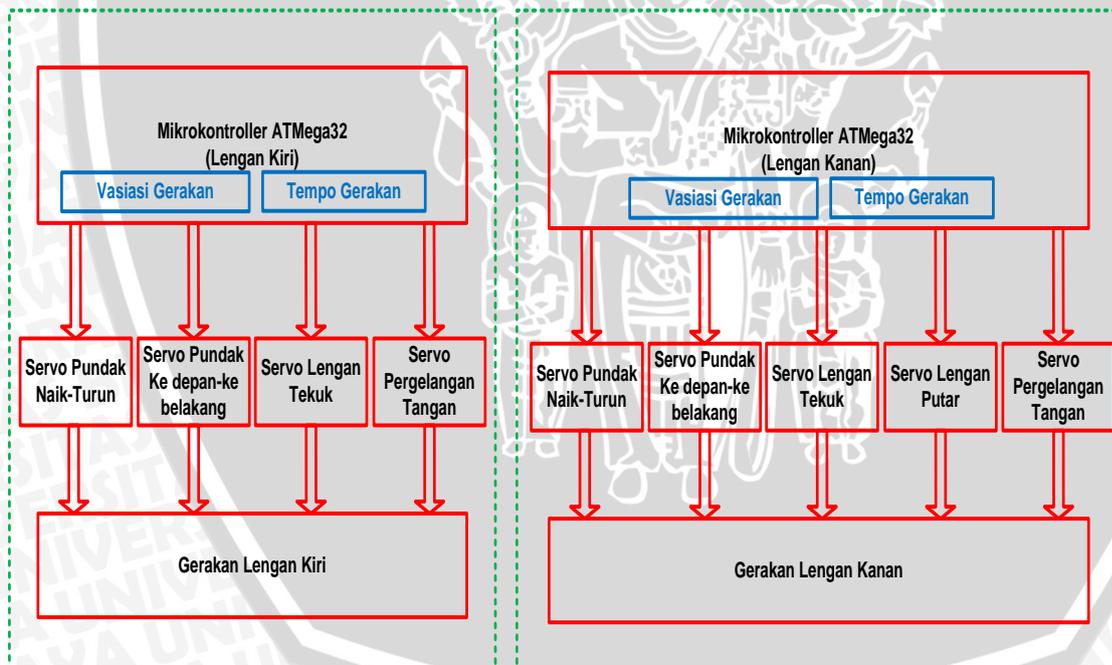
BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN

Perancangan dan pembuatan alat ini terdiri atas tiga bagian, perancangan dan pembuatan mekanik robot, perangkat keras dan perangkat lunak. Perancangan alat ini dilakukan secara bertahap dalam bentuk blok sehingga akan memudahkan dalam analisis pada setiap bloknya maupun secara keseluruhan. Perancangan ini terdiri dari:

- Perancangan sistem.
- Perancangan mekanik robot.
- Perancangan perangkat keras.
- Perancangan perangkat lunak.

4.1 Perancangan Sistem

Blok diagram sistem yang dirancang ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Blok Diagram Sistem

Kedua lengan robot memiliki sembilan buah motor servo, empat buah motor servo di lengan kiri dan lima buah motor servo di lengan kanan. Menurut *rule* Kontes Robot Seni Indonesia (KRSI) 2010, panjang rentang dari ujung lengan kanan sampai ujung lengan kiri dibatasi dengan panjang 60 cm.

Setiap lengan robot memiliki fungsi tersendiri. Lengan kiri berfungsi untuk membawa bokor (wadah bunga), sedangkan lengan kanan berfungsi seperti lengan manusia yang mempunyai bagian seperti tangan agar dapat menari dengan baik.

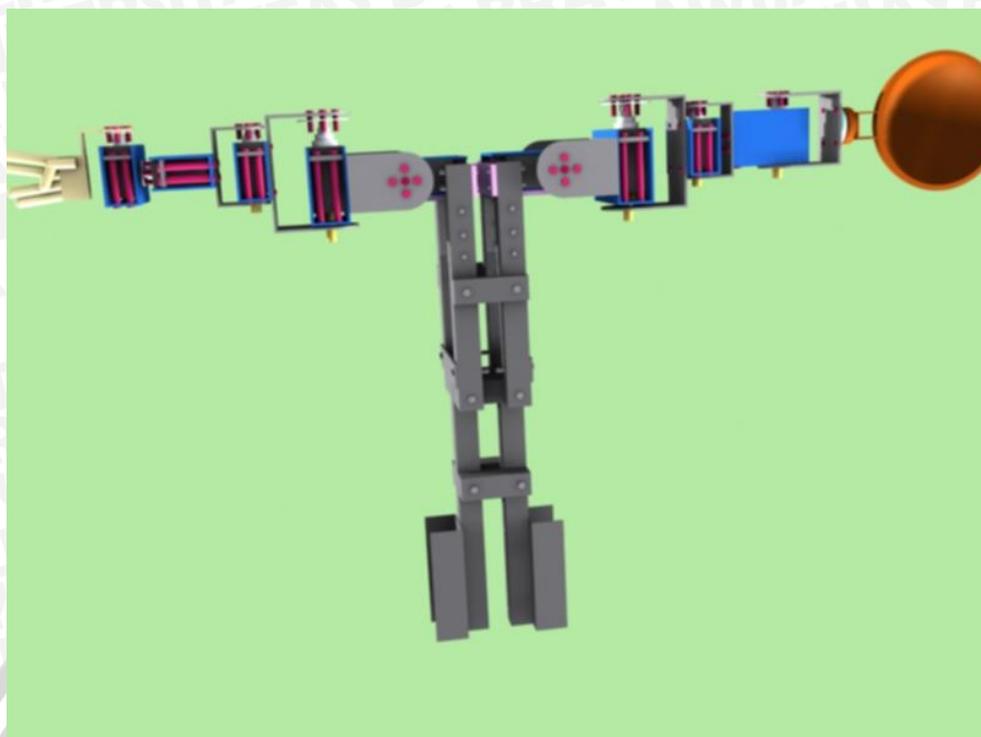
Pada masing-masing lengan robot, terdapat mikrokontroler ATmega32 yang bekerja untuk menggerakkan lengan agar tercipta gerakan tari. Mikrokontroler ATmega32 diprogram agar dapat memberikan pulsa berupa *duty cycle* dengan periode 20ms. Untuk mengatur sudut dari motor servo dengan cara memberikan data dengan cara mengubah lebar pulsa pada logika *high* dari *duty cycle* tersebut.

Agar dapat menemukan gerakan tari yang benar, dibutuhkan data sudut dari setiap motor servo. Pada tiap lengan motor servo diberi data sudut agar bergerak, kemudian dicatat data tersebut, agar dapat digabungkan dengan data motor servo yang lain sehingga didapatkan sebuah gerakan. Pemberian data pada motor servo dimulai dari motor servo yang paling atas (berada pada pangkal pundak) kemudian dilanjutkan ke bawah, sampai akhirnya mengambil data pada motor servo pergelangan tangan dan pada bokor (wadah bunga).

Dalam sebuah gerakan terdapat sembilan data sudut servo, pengambilan data tersebut dilakukan terus-menerus untuk mendapatkan beberapa gerakan. Setelah semua data gerakan tari didapatkan, maka data tersebut digabungkan sehingga tercipta berbagai macam gerakan tari yang utuh.

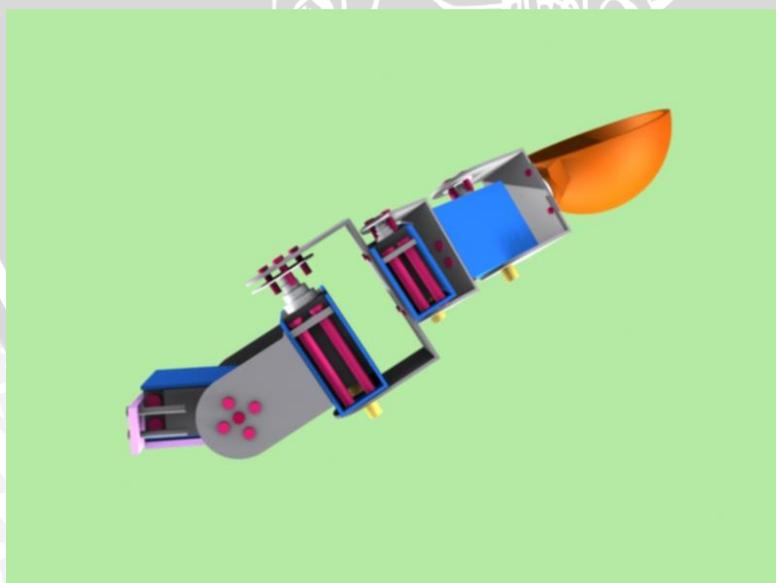
4.2 Perancangan Mekanik Robot

Untuk mendapatkan berbagai macam gerakan tari yang utuh diperlukan desain mekanik yang matang dan tepat. Desain mekanik lengan robot ditunjukkan dalam gambar 4.2.



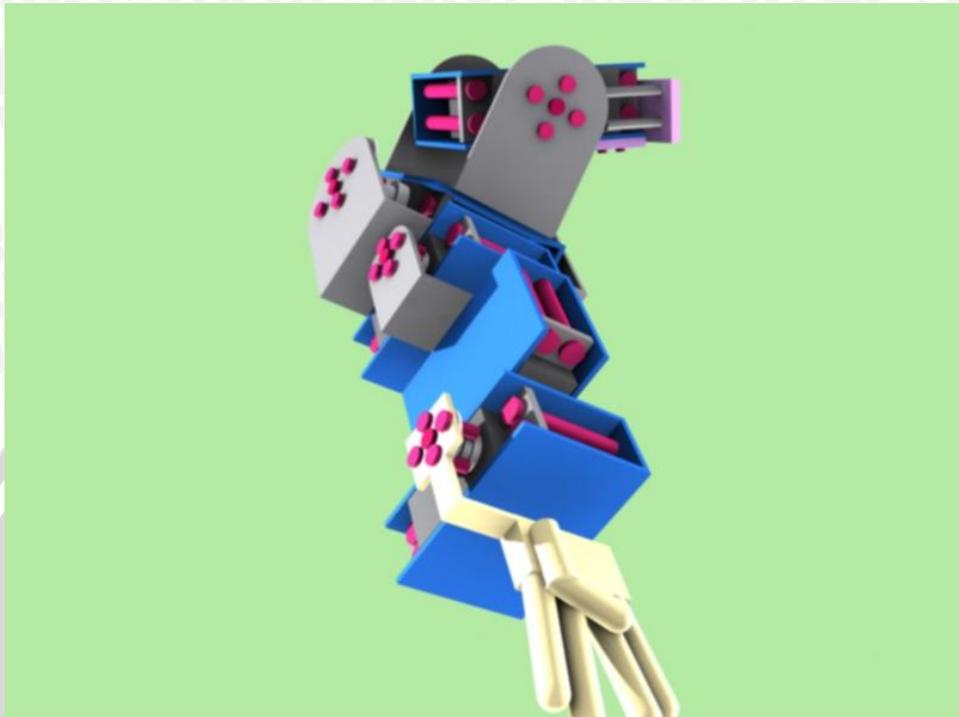
Gambar 4.2. Desain Lengan Robot

Pada lengan robot sebelah kiri terdapat bokor yang merupakan wadah dari bunga. Desain lengan kiri robot ditunjukkan dalam gambar 4.3.



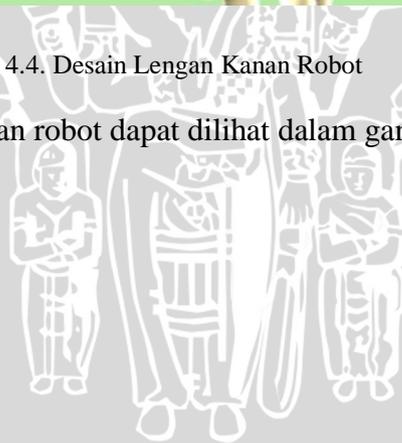
Gambar 4.3. Desain Lengan Kiri Robot

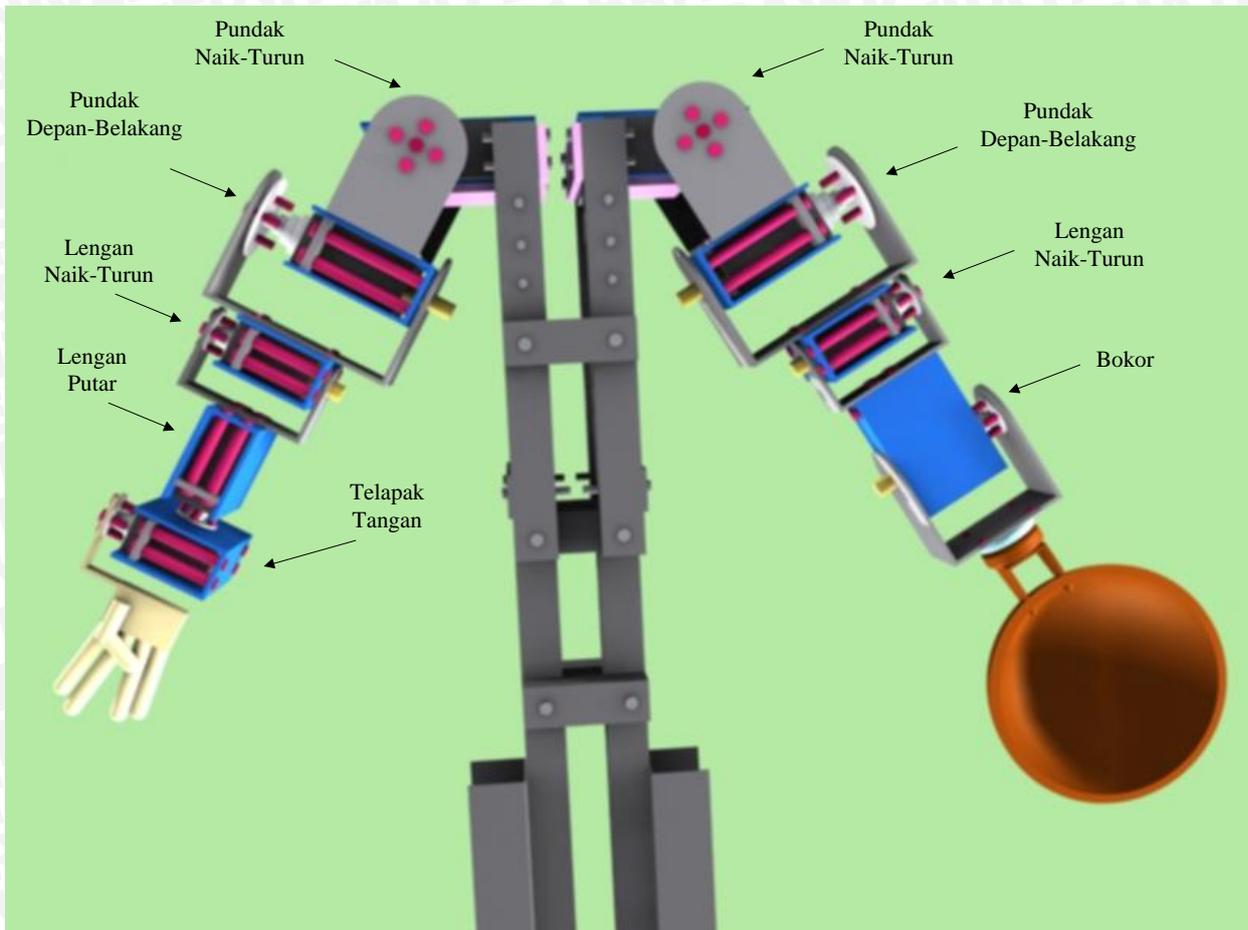
Pada lengan robot sebelah kanan merupakan lengan yang mirip dengan lengan manusia dan terdapat bagian seperti tangan. Desain lengan kanan robot ditunjukkan dalam gambar 4.4.



Gambar 4.4. Desain Lengan Kanan Robot

Gambar tiap sendi pada lengan robot dapat dilihat dalam gambar 4.5.





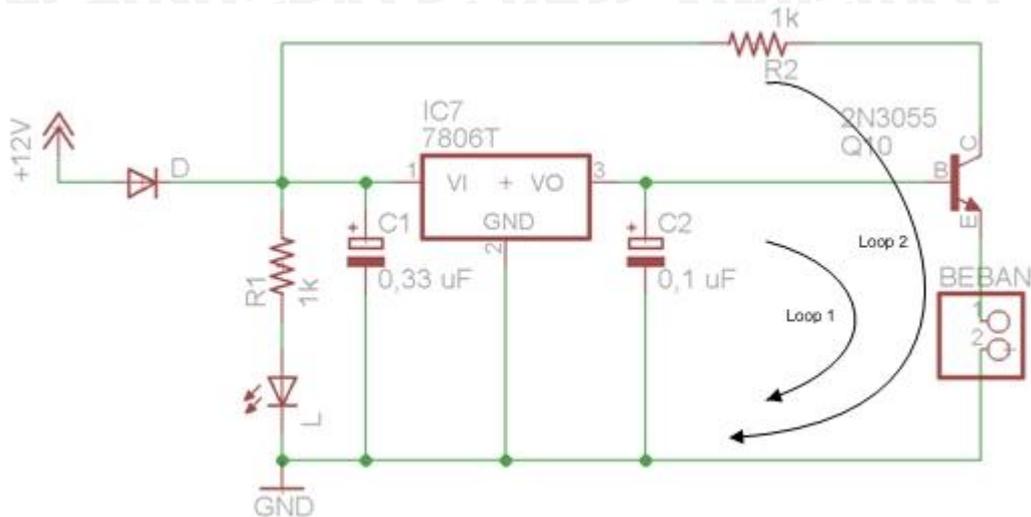
Gambar 4.5. Gambar dan Keterangan Sendi pada Lengan Robot

4.3 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan dan pembuatan perangkat keras untuk menggerakkan lengan robot penari membutuhkan rangkaian elektrik, yang terdiri dari rangkaian catu daya sistem dan rangkaian mikrokontroler kontrol servo, Motor DC servo serta rangkaian reset mikrokontroler.

4.3.1 Rangkaian Catu Daya Sistem

Mikrokontroler dapat bekerja jika diberi catu daya tegangan antara 4,8 V hingga 5,5 V sesuai dengan datasheet ATmega32. Pada perancangan digunakan catu daya sebesar 5,3 V yang diperoleh dari rangkaian *Fixed Output Regulator* pada datasheet LM78XX. Pada rangkaian digunakan LM7805 agar tegangan keluarannya sebesar 5 V. Gambar 4.6 menunjukkan skema rangkaian catu daya sistem.



Gambar 4.6. Rangkaian Catu Daya Sistem

Untuk mengetahui besarnya tegangan pada beban, dilakukan dengan menggunakan analisis sebagai berikut:

Loop 1:

$$V_{in} = V_{be} + V_{beban} \quad (4.1)$$

$$6 \text{ V} = 0,7 \text{ V} + V_{beban}$$

$$V_{beban} = 6 \text{ V} - 0,7 \text{ V}$$

$$V_{beban} = 5,3 \text{ V}$$

Loop 2:

$$VCC - V_{dioda} = I_c \cdot R_C + V_{CE} + V_{beban} \quad (4.2)$$

$$12\text{V} - 0,7\text{V} = I_c \cdot 1\text{k} + 1\text{V} + 5,3\text{V}$$

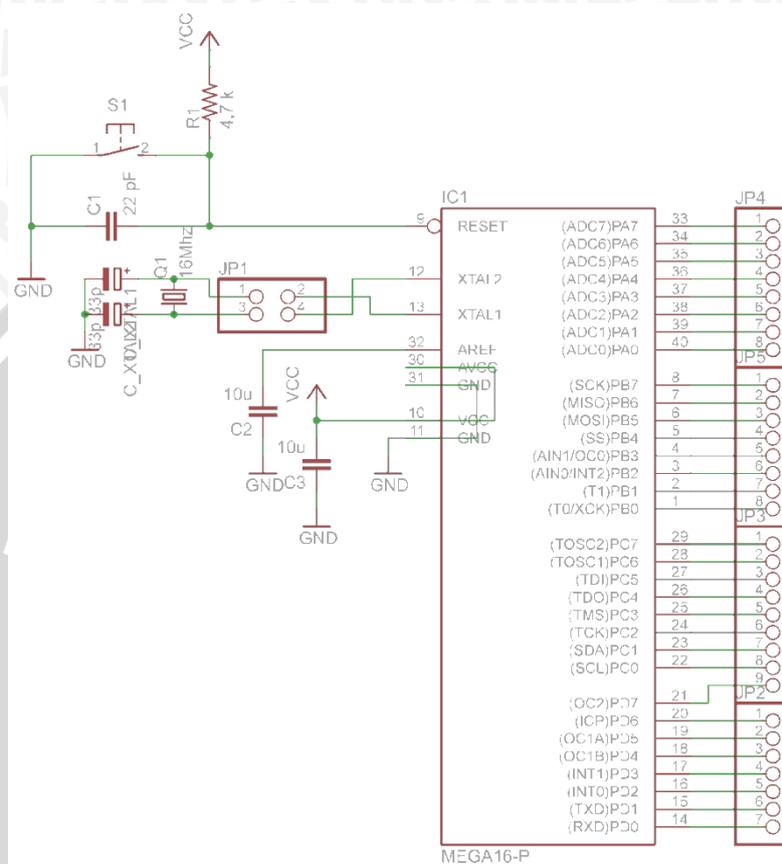
$$I_c = \frac{(12\text{V} - 0,7\text{V}) - (1\text{V} + 5,3\text{V})}{1\text{k}}$$

$$I_c = 5\text{mA}$$

Tegangan beban bernilai 5,3 V serta menurut datasheet ATmega32 dan servo, tegangan tersebut telah sesuai untuk digunakan sebagai catu daya sistem.

4.3.2 Rangkaian Mikrokontroler Kontrol Servo

Pada perancangan perangkat keras lengan robot menggunakan mikrokontroler ATmega32 sebagai pengolah utama dalam menggerakkan kedua lengan robot. Konfigurasi kaki I/O dari mikrokontroler ATmega 32 ditunjukkan dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Minimum Sistem Mikrokontroler ATmega 32

Mikrokontroler ATmega32 mempunyai 4 port, 32 jalur yang dapat diprogram menjadi masukan atau keluaran, pada perancangan ini pin-pin yang digunakan adalah:

Pin B.5 = digunakan sebagai antarmuka dengan modul driver (*MOSI-SPI*)

Pin B.6 = digunakan sebagai antarmuka dengan modul driver (*MISO-SPI*)

Pin B.7 = digunakan sebagai antarmuka dengan modul driver (*SCK-SPI*)

XTAL1 = digunakan sebagai masukan dari rangkaian osilator kristal

XTAL2 = digunakan sebagai masukan dari rangkaian osilator kristal

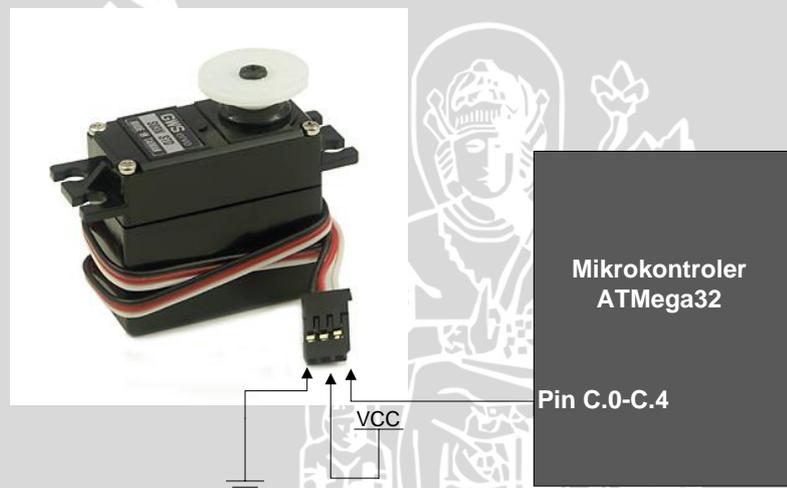
Pin C.0 = digunakan sebagai pengatur motor servo pundak naik-turun

Pin C.1 = digunakan sebagai pengatur motor servo pundak depan-belakang

- Pin C.2 = digunakan sebagai pengatur motor servo lengan naik-turun
- Pin C.3 = digunakan sebagai pengatur motor servo lengan putar
- Pin C.4 = digunakan sebagai pengatur motor servo bokor/telapak tangan
- Pin D.0 = Rx untuk transmisi UART
- Pin D.1 = Tx untuk transmisi UART

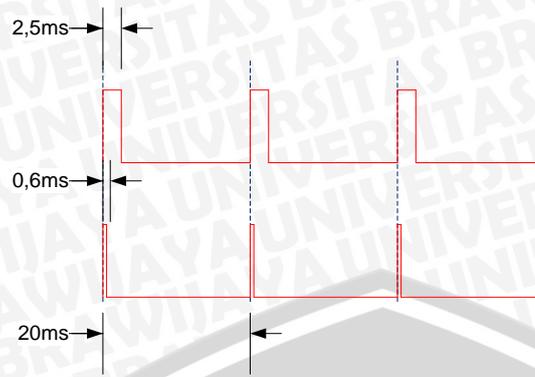
4.3.3 Motor Servo

Motor servo merupakan komponen utama untuk menggerakkan lengan robot. Servo memiliki tiga buah kaki atau pin yakni pin kontrol, pin VCC dan pin GND. Komunikasi mikrokontroler dengan motor servo ditunjukkan dalam Gambar 4.6.



Gambar 4.8. Komunikasi Mikrokontroler dengan Motor Servo

Servo memiliki periode sebesar 20ms dan motor ini hanya dapat berputar antara 0° sampai 180° . Dengan mengubah kondisi logika *high* dari *duty cycle* akan dapat mengatur besarnya sudut servo. Untuk menghasilkan sudut 0° dibutuhkan logika high sebesar 0,55ms dan sudut 180° sebesar 2,2ms. Pulsa minimal dan maksimal motor servo ditunjukkan dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.9. Pulsa Minimal dan Maksimal Motor Servo

Pada perancangan mekanik lengan robot perlu diperkirakan besar torsi dari motor servo agar dapat mengangkat beban. Motor servo yang berada pada sendi paling atas membutuhkan torsi lebih besar dibandingkan pada sendi paling bawah karena berfungsi untuk mengangkat lebih banyak beban. Sehingga pembuatan lengan robot membutuhkan motor servo dengan jenis yang berbeda-beda. Jenis dan besarnya torsi motor servo dapat dilihat dalam tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4.1. Jenis dan Besarnya Torsi Motor Servo pada Lengan Kiri

Sendi	Jenis Motor Servo	Dimensi (mm)	Torsi Motor Servo (pada tegangan 6V)
Pundak naik-turun	GWS Servo S04/BB/F	54.4x 26.5x 51.5	13 kg/cm (181 oz/in)
Pundak depan-belakang	GWS Servo S04/BB/F	54.4x 26.5x 51.5	13 kg/cm (181 oz/in)
Lengan naik-turun	GWS Servo S03N/2BB/F	39.5x20.0x35.6	4 kg/cm (55,5 oz/in)
Tangan/bokor	GWS S03N Standard	39.5x20.0x35.6	4 kg/cm (55,5 oz/in)

Tabel 4.2. Jenis dan Besarnya Torsi Motor Servo pada Lengan Kanan

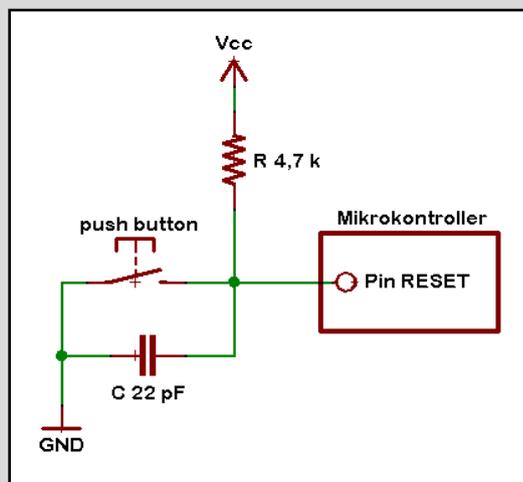
Sendi	Jenis Motor Servo	Dimensi (mm)	Torsi Motor Servo (pada tegangan 6V)
Pundak naik-turun	GWS Servo S04/BB/F	54.4x 26.5x 51.5	13 kg/cm (181 oz/in)
Pundak depan-belakang	GWS Servo S04/BB/F	54.4x 26.5x 51.5	13 kg/cm (181 oz/in)
Lengan naik-turun	GWS S03T HT BB	39.5x 20.0x 39.5	7,2 kg/cm (100 oz/in)

Lengan putar	GWS Servo S03N/2BB/F	39.5x20x39.6	4 kg/cm (55,5 oz/in)
Telapak tangan	Parallax Standar Servo	40,5x20x38	3,4 kg/cm (47,2 oz/in)

Dari pembuatan lengan robot didapatkan bahwa lengan kanan dan lengan kiri mempunyai berat masing-masing sebesar 1,25kg.

4.3.4 Rangkaian Reset Mikrokontroler

Rangkaian reset berfungsi untuk mengembalikan keadaan awal program saat mikrokontroler diberi catu daya. Proses reset pada dilakukan dengan memberikan logika rendah pada pin RESET selama minimal 1,5 μ s sesuai dengan datasheet ATmega32. Gambar 4.10 menunjukkan rangkaian reset mikrokontroler.



Gambar 4.10. Skema Rangkaian Reset Mikrokontroler

Besarnya nilai R dan C pada rangkaian dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$V_{CC} = V_R + V_C \quad (4.3)$$

$$V_{CC} = R \cdot i(t) + \frac{1}{C} \int i(t) dt$$

Dengan menggunakan transformasi Laplace diperoleh persamaan :

$$\frac{V_{CC}}{s} = I(s)R + \frac{1}{Cs} I(s) \quad (4.4)$$

$$I(s) = \left(\frac{1}{s + \frac{1}{RC}} \right) \frac{V_{CC}}{R}$$

Dengan transformasi balik didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$i(t) = \frac{V_{CC}}{R} \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \quad (4.5)$$

Dari persamaan arus dapat diperoleh nilai tegangan reset sebagai berikut:

$$V_{RST} = V_{CC} - V_R \quad (4.6)$$

$$V_{RST} = V_{CC} - \left(\frac{V_{CC}}{R} \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \right) R$$

$$V_{RST} = V_{CC} \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

Besarnya nilai t dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\frac{V_{RST}}{V_{CC}} = 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \quad (4.7)$$

$$1 - \left(\frac{V_{RST}}{V_{CC}} \right) = e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$\ln \left(\frac{1}{1 - \frac{V_{RST}}{V_{CC}}} \right) = \ln \left(e^{\frac{t}{RC}} \right)$$

$$t = RC \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - \frac{V_{RST}}{V_{CC}}} \right)$$

Berdasarkan datasheet mikrokontroler Atmega32 diketahui level tegangan rendah pada pin reset maksimal sebesar $0,2V_{CC}$ dan waktu reset selama minimal $1,5 \mu s$. Misal ditentukan nilai kapasitor sebesar $22 \mu F$, dan nilai resistor sebesar $4,7 k\Omega$, maka waktu reset yang terbentuk dapat dihitung dari persamaan sebagai berikut.

$$t = RC \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - \frac{V_{RST}}{V_{CC}}} \right) \quad (4.8)$$

$$t = 4,7 \cdot 10^3 \cdot 22 \cdot 10^{-6} \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - \frac{0,2 V_{CC}}{V_{CC}}} \right)$$

$$t = 23,08 \mu s$$

Berdasarkan perhitungan dapat diketahui waktu reset yang terbentuk adalah selama 23,08 μ s. Nilai tersebut lebih besar dari batas minimal waktu reset sebesar 1,5 μ s, sehingga nilai C sebesar 22 pF dan nilai R sebesar 4,7 k Ω dapat diaplikasikan dalam rangkaian reset mikrokontroler.

4.4 Perancangan Gerakan Dasar

4.4.1 Perancangan Posisi Dasar Lengan

Pada perancangan ini bertujuan untuk mendapatkan posisi utama dari lengan robot serta untuk mendapatkan gerakan dasar dari penggabungan posisi utama tersebut. Desain posisi utama dari lengan robot dapat dilihat dalam gambar 4.11-4.13.



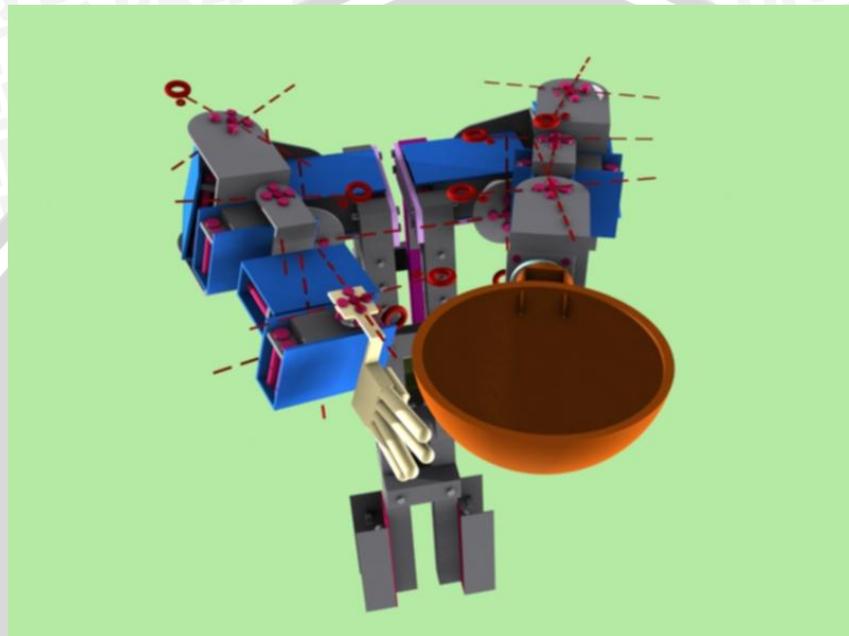
Gambar 4.11. Desain posisi-1

Pada desain posisi-1 lengan kanan naik keatas sedangkan lengan kiri terlentang ke depan. Dari desain posisi-1 didapatkan besarnya sudut seperti pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Besar Sudut Posisi-1

Lengan	Motor Servo	Sudut
Kanan	Pundak naik-turun	130°
	Pundak depan-belakang	50°
	Lengan naik-turun	90°

	Lengan putar	0°
	Telapak tangan	90°
Kiri	Pundak naik-turun	90°
	Pundak depan-belakang	30°
	Lengan naik-turun	90°
	Tangan/bokor	90°



Gambar 4.12. Desain Posisi-2

Pada desain posisi-2 lengan kanan menekuk ke depan sedangkan lengan kiri juga menekuk ke depan. Dari desain posisi-2 didapatkan besarnya sudut seperti pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Besar Sudut Posisi-2

Lengan	Motor Servo	Sudut
Kanan	Pundak naik-turun	100°
	Pundak depan-belakang	110°
	Lengan naik-turun	90°
	Lengan putar	0°
	Telapak tangan	135°
Kiri	Pundak naik-turun	90°
	Pundak depan-belakang	0°

Lengan naik-turun	45°
Tangan/bokor	70°



Gambar 4.13. Desain Posisi-2

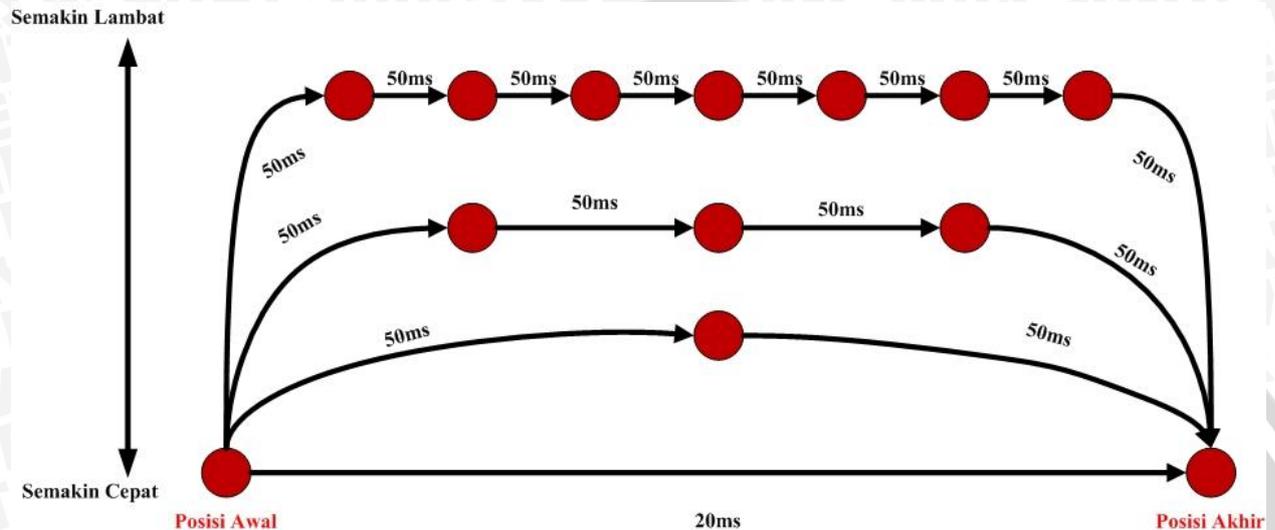
Pada desain posisi-3 lengan kanan turun ke bawah sedangkan lengan kiri turun ke bawah juga. Dari desain posisi-3 didapatkan besarnya sudut seperti pada tabel 4.5.

Tabel 4.5. Besar Sudut Posisi-3

Lengan	Motor Servo	Sudut
Kanan	Pundak naik-turun	60°
	Pundak depan-belakang	30°
	Lengan naik-turun	120°
	Lengan putar	0°
	Telapak tangan	90°
Kiri	Pundak naik-turun	60°
	Pundak depan-belakang	120°
	Lengan naik-turun	90°
	Tangan/bokor	110°

4.4.2 Perancangan Tempo Lengan Robot

Untuk mengatur kecepatan dari pergerakan lengan robot diperlukan tempo, yang berfungsi agar lengan tidak bergerak langsung dari posisi awal ke posisi akhir, melainkan melewati jalur yang sudah disediakan sehingga kecepatan dari lengan robot dapat diatur. Gambar perbandingan tempo dapat dilihat pada gambar 4.14.



Gambar 4.14. Perbandingan Tempo

Dengan menggunakan step diantara posisi awal dengan posisi akhir maka kecepatan akan dapat diatur. Semakin sedikit stepnya maka gerak lengan akan semakin cepat sedangkan semakin banyak stepnya maka gerak lengan akan semakin lambat.

4.4.3 Perancangan Gerakan Lengan Robot

Untuk merancang gerakan diperlukan posisi awal dan posisi akhir, pada perancangan gerakan-A, posisi awal adalah posisi-1 sedangkan posisi akhirnya adalah posisi-2. Dan gerakan-B, posisi awal adalah posisi-2 sedangkan posisi akhirnya adalah posisi-3. Operasi matrik untuk gerakan-A dengan tempo cepat seperti berikut:

Urutan motor servo dengan operasi matrik pada lengan kanan untuk gerakan-A dengan tempo cepat, adalah:

$$\text{Posisi Lengan} = \begin{bmatrix} \text{Servo Pundak Naik} - \text{turun} \\ \text{Servo Pundak Depan} - \text{Belakang} \\ \text{Servo Lengan naik} - \text{turun} \\ \text{Servo Lengan Putar} \\ \text{Servo Telapak Tangan} \end{bmatrix}$$

$$\text{Posisi Awal} = \begin{bmatrix} 130^\circ \\ 50^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 90^\circ \end{bmatrix} \quad \text{Posisi Target} = \begin{bmatrix} 100^\circ \\ 110^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 135^\circ \end{bmatrix}$$

Selisih = Posisi Target - Posisi Awal

$$\text{Selisih} = \begin{bmatrix} 100^\circ \\ 110^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 135^\circ \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 130^\circ \\ 50^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 90^\circ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -30^\circ \\ 60^\circ \\ 0^\circ \\ 0^\circ \\ 45^\circ \end{bmatrix}$$

Jarak Step = Selisih $\times \frac{1}{\text{Jumlah Step}}$

$$\text{Jarak Step} = \begin{bmatrix} -30^\circ \\ 60^\circ \\ 0^\circ \\ 0^\circ \\ 45^\circ \end{bmatrix} \times \frac{1}{20} = \begin{bmatrix} -1,5^\circ \\ 3^\circ \\ 0^\circ \\ 0^\circ \\ 2,25^\circ \end{bmatrix}$$

Posisi Pulsa Servo yang harus ditempuh = Posisi Awal + (Jarak Step \times Nilai n)

Maka:

$$\text{Posisi Pulsa Servo yang harus ditempuh} = \begin{bmatrix} 130^\circ \\ 50^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 90^\circ \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1,5^\circ \\ 3^\circ \\ 0^\circ \\ 0^\circ \\ 2,25^\circ \end{bmatrix} n$$

Dimana nilai $n=1,2,3,\dots,20$

Hasilnya berupa posisi yang harus ditempuh servo;

$$\text{Posisi Awal} = \begin{bmatrix} 130^\circ \\ 50^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 90^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 2} = \begin{bmatrix} 127^\circ \\ 56^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 94,5^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 4} = \begin{bmatrix} 124^\circ \\ 62^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 99^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 1} = \begin{bmatrix} 128,5^\circ \\ 53^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 92,25^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 3} = \begin{bmatrix} 125,5^\circ \\ 59^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 96,75^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 5} = \begin{bmatrix} 122,5^\circ \\ 65^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 101,25^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 6} = \begin{bmatrix} 121^\circ \\ 68^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 103,5^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 11} = \begin{bmatrix} 113,5^\circ \\ 83^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 114,75^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 16} = \begin{bmatrix} 106^\circ \\ 98^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 126^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 7} = \begin{bmatrix} 119,5^\circ \\ 71^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 105,75^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 12} = \begin{bmatrix} 112^\circ \\ 86^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 117^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 17} = \begin{bmatrix} 104,5^\circ \\ 101^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 128,25^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 8} = \begin{bmatrix} 118^\circ \\ 74^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 108^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 13} = \begin{bmatrix} 110,5^\circ \\ 89^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 119,25^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 18} = \begin{bmatrix} 103^\circ \\ 104^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 130,5^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 9} = \begin{bmatrix} 116,5^\circ \\ 77^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 110,5^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 14} = \begin{bmatrix} 109^\circ \\ 92^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 121,5^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 19} = \begin{bmatrix} 101,5^\circ \\ 107^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 132,75^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 10} = \begin{bmatrix} 115^\circ \\ 80^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 112,5^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 15} = \begin{bmatrix} 107,5^\circ \\ 95^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 123,75^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 20} = \begin{bmatrix} 100^\circ \\ 110^\circ \\ 90^\circ \\ 0^\circ \\ 135^\circ \end{bmatrix}$$

Urutan motor servo dengan operasi matrik pada lengan kiri untuk gerakan-A dengan tempo cepat, adalah:

$$\text{Posisi Lengan} = \begin{bmatrix} \text{Servo Pundak Naik – turun} \\ \text{Servo Pundak Depan – Belakang} \\ \text{Servo Lengan naik – turun} \\ \text{Bokor} \end{bmatrix}$$

$$\text{Posisi Awal} = \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 30^\circ \\ 90^\circ \\ 90^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Posisi Target} = \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 0^\circ \\ 45^\circ \\ 70^\circ \end{bmatrix}$$

Selisih = Posisi Target-Posisi Awal

$$\text{Selisih} = \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 0^\circ \\ 45^\circ \\ 70^\circ \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 30^\circ \\ 90^\circ \\ 90^\circ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0^\circ \\ -30^\circ \\ -45^\circ \\ -20^\circ \end{bmatrix}$$

Jarak Step = Selisih $\times \frac{1}{\text{Jumlah Step}}$

$$\text{Jarak Step} = \begin{bmatrix} 0^\circ \\ -30^\circ \\ -45^\circ \\ -20^\circ \end{bmatrix} \frac{1}{20} = \begin{bmatrix} 0 \\ -1,5 \\ -2,25 \\ -1 \end{bmatrix}$$

Posisi Pulsa Servo yang harus ditempuh = Posisi Awal + (Jarak Step x Nilai n)

Maka:

$$\text{Posisi Pulsa Servo yang harus ditempuh} = \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 30^\circ \\ 90^\circ \\ 90^\circ \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ -1,5 \\ -2,25 \\ -1 \end{bmatrix} n$$

Dengan Nilai $n=1,2,3,\dots,20$

Hasilnya berupa posisi yang harus ditempuh servo;

$$\text{Posisi Awal} = \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 30^\circ \\ 90^\circ \\ 90^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 1} = \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 28,5^\circ \\ 87,75^\circ \\ 89^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 2} = \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 27^\circ \\ 85,5^\circ \\ 88^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 3} = \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 25,5^\circ \\ 83,25^\circ \\ 87^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 4} = \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 24^\circ \\ 81^\circ \\ 86^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 5} = \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 22,5^\circ \\ 78,75^\circ \\ 85^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 6} = \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 21^\circ \\ 76,5^\circ \\ 84^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 7} = \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 19,5^\circ \\ 74,25^\circ \\ 83^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 8} = \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 18^\circ \\ 72^\circ \\ 82^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 9} = \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 16,5^\circ \\ 69,75^\circ \\ 81^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 10} = \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 15^\circ \\ 67,5^\circ \\ 80^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 11} = \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 13,5^\circ \\ 65,25^\circ \\ 79^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 12} = \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 12^\circ \\ 63^\circ \\ 78^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 13} = \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 10,5^\circ \\ 60,75^\circ \\ 77^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 14} = \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 9^\circ \\ 58,5^\circ \\ 76^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 15} = \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 7,5^\circ \\ 56,25^\circ \\ 75^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 16} = \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 6^\circ \\ 54^\circ \\ 74^\circ \end{bmatrix}$$

$$\text{Step 17} = \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 4,5^\circ \\ 51,75^\circ \\ 73^\circ \end{bmatrix} \quad \text{Step 19} = \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 1,5^\circ \\ 47,25^\circ \\ 71^\circ \end{bmatrix}$$

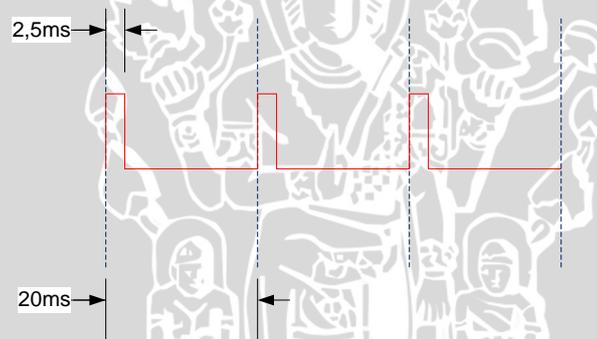
$$\text{Step 18} = \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 3^\circ \\ 49,5^\circ \\ 72^\circ \end{bmatrix} \quad \text{Step 20} = \begin{bmatrix} 90^\circ \\ 0^\circ \\ 45^\circ \\ 70^\circ \end{bmatrix}$$

Gerakan muncul akibat perpindahan posisi awal ke posisi akhir, dengan menggunakan tempo maka kecepatan perpindahan posisi dapat diatur.

4.5 Perancangan Perangkat Lunak

4.5.1 Metode Pengendalian Multi-Servo

Motor DC Servo membutuhkan sinyal kontrol berupa pulsa periodik selebar 20 ms dengan sinyal logika *high* pada 2,5 ms awal sebagai kontrol posisi seperti pada gambar 4.15.

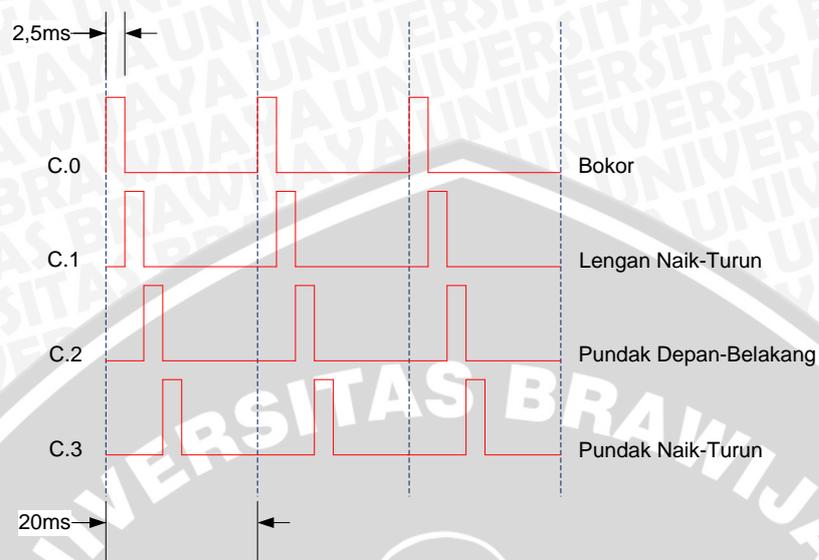


Gambar 4.15. Sinyal Kontrol Motor DC Servo

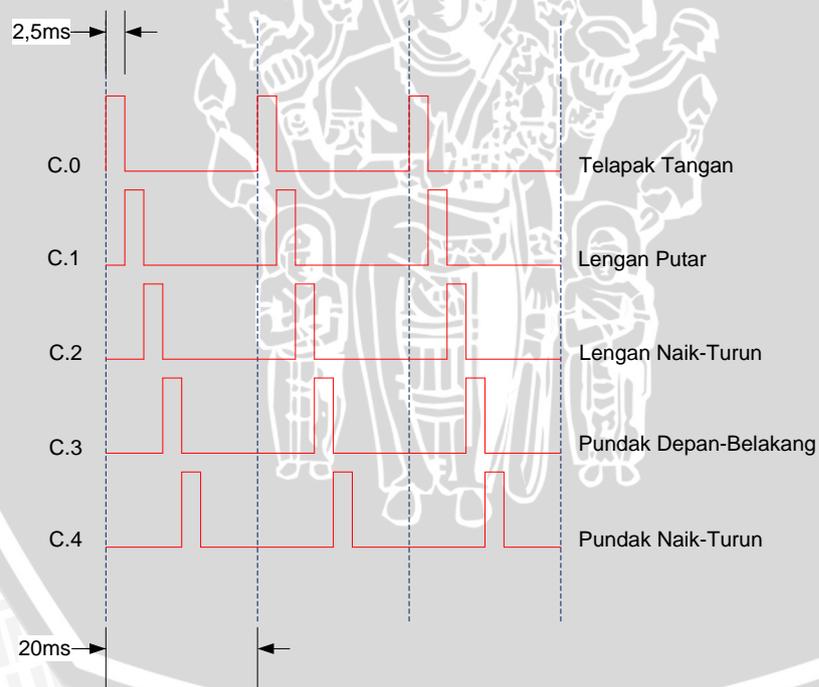
Motor DC servo harus selalu diberi pulsa periodik agar selalu berfungsi sesuai dengan posisi yang diinginkan. Apabila pulsa periodik tersebut hilang dalam waktu tertentu, maka servo akan kehilangan posisinya dan motor seakan-akan mati. Hal tersebut selain dapat mempengaruhi kinerja robot secara keseluruhan, juga dapat menyebabkan motor servo menjadi rusak. Untuk menghindari terjadinya error posisi dan kerusakan servo, mikrokontroler yang berfungsi sebagai kontrol servo harus dapat menyediakan pulsa periodik selama terus-menerus kepada motor servo. Pulsa periodik juga harus bersifat stabil, karena jika pulsa periodik tersebut lebarnya berubah-ubah akan menyebabkan posisi servo berubah-ubah.

Pengendalian multi-servo menggunakan satu Atmega32 dapat dilakukan dengan cara menggunakan pin-pin I/O biasa (selain pin timer) dan pemakaian timer secara

bersama-sama. Gambar 4.16 dan 4.17 menunjukkan pulsa periodik yang dikeluarkan oleh pin I/O non-timer untuk melakukan pengontrollan multi-servo.



Gambar 4.16. Pulsa Pengontrollan multi-servo (Mikrokontroler Kiri)



Gambar 4.17. Pulsa Pengontrollan multi-servo (Mikrokontroler Kanan)

Garis biru pada Gambar 4.16 dan 4.17 menunjukkan interupsi yang dilakukan oleh timer setiap 2500 us. Interupsi dilakukan selama 2500 us karena setiap servo yang dikontrol hanya memerlukan logika tinggi pada rentang waktu 0 hingga 2500 us pada awal pulsa periodiknya, sisanya adalah logika rendah. Gambar 4.16 dan 4.17 juga

menunjukkan bagaimana tiap-tiap pin mikrokontroller secara bersamaan menghasilkan pulsa periodik. Yang membedakan hanya waktu awalan periode pulsa kontrolnya. Hal tersebut terlihat dari perbedaan posisi logika tinggi masing-masing pin mikrokontroller. Untuk menghasilkan kontrol posisi yang berbeda pada tiap-tiap pin mikrokontroller digunakan interupsi pada fitur *Timer/Counter Output Compare Match* pada timer 16 bit.

Lebar sinyal high pada awal pulsa periodik diatur oleh Output Compare Register (OCRA dan OCRB) pada timer 16 bit. Perhitungan nilai pada register OCRA dan OCRB diperoleh dari datasheet Atmega32 sebagai berikut.

$$f_{OCPWM} = \frac{f_{clk_I/O}}{N \cdot (1 + TOP)} \quad (4.9)$$

$$TOP = \frac{f_{clk_I/O}}{N \cdot f_{OCPWM}} - 1 \quad (4.10)$$

$$TOP = \frac{16 \cdot 10^6}{1 \cdot \left(\frac{1}{\text{periode sudut servo}} \right)} - 1 \quad (4.11)$$

dengan $f_{OCnxPWM}$ = Frekuensi PWM pada mode Output Compare

$f_{clk_I/O}$ = Frekuensi clock

N = Prescaler

TOP = Nilai pada *Output Compare Register*

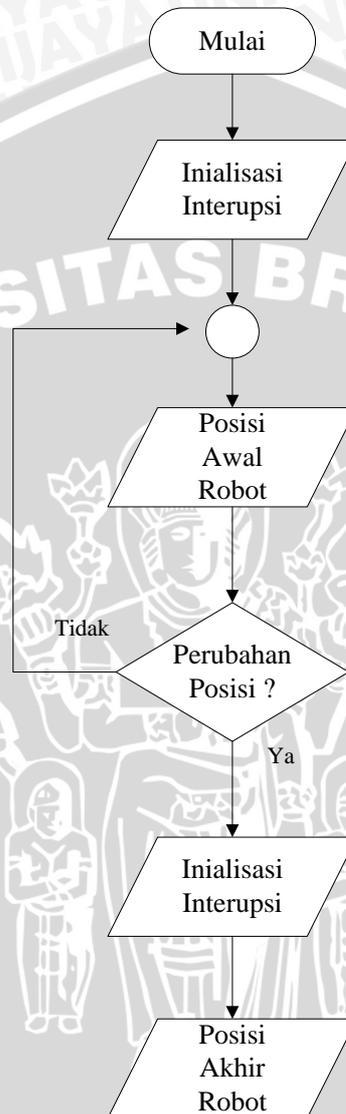
Pada perancangan digunakan clock dengan frekuensi 16 MHz dan prescaler 1x. Dengan persamaan (4.11), akan didapatkan nilai TOP yang nantinya langsung dimasukkan ke dalam register OCRA dan OCRB. Periode sudut servo dan nilai TOP dapat dilihat dalam Tabel 4.3

Tabel 4.6. Periode sudut servo dan nilai TOP

No.	Sudut	Periode Sudut Servo (us)	Nilai TOP
1	0°	600	9599
2	30°	900	14399
3	60°	1250	19999
4	90°	1550	24799
5	120°	1850	29599
6	150°	2150	34399
7	180°	2500	39999

4.5.2 Algoritma Mikrokontroler Kontrol Servo

Mikrokontroler Atmega32 digunakan sebagai mikrokontroler kontrol servo. Sesuai dengan namanya, fungsi utama dari mikrokontroler ini adalah menyediakan pulsa periodik secara terus-menerus kepada semua servo yang terhubung kepadanya. Gambar 4.18 menunjukkan diagram alir algoritma mikrokontroler kontrol servo.



Gambar 4.18. Diagram Alir Algoritma Mikrokontroler Kontrol Servo

Untuk mendapatkan gerakan yang merupakan perpindahan posisi awal ke akhir dengan menggunakan tempo didapatkan algoritma gerak seperti berikut:

```

sudutA[0]= 0x257F;
nilai=20;
sudut_awal = sudutA[0];
sudut_target = 0x9C40;

y=sudut_target-sudut_awal;
z=y/nilai;
  
```

```
for(n=0;n<=nilai;n++)  
{  
  sudutA[0] = sudut_awal + (z*n);  
  delay_ms(50);  
}  
  
for(n=20;n>0;n--)  
{  
  sudutA[0] = sudut_awal + (z*n);  
  delay_ms(50);  
}
```

Dengan menggunakan selisih jarak dari posisi akhir dan posisi awal akan didapatkan nilai jarak yang dapat dibagi dengan nilai tempo, setiap 50ms posisi akan terus berubah sampai mendapatkan posisi target.



BAB V

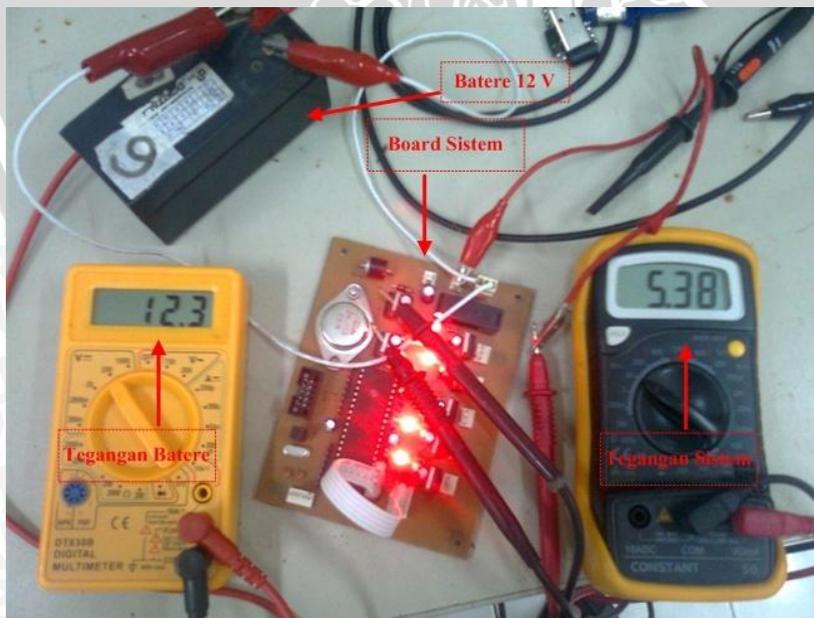
PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian dan analisis dilakukan untuk mengetahui apakah sistem telah bekerja sesuai perancangan. Pengujian dilakukan per blok kemudian secara keseluruhan. Adapun pengujian yang perlu dilakukan sebagai berikut:

- 1). Pengujian Sinyal Kontrol Servo
- 2). Pengujian Motor DC Servo pada Lengan Robot
- 3). Pengujian Variasi Gerakan Lengan Robot
- 4). Pengujian Tempo Gerakan Lengan Robot
- 5). Pengujian Keseluruhan

5.1 Pengujian Sinyal Kontrol Servo

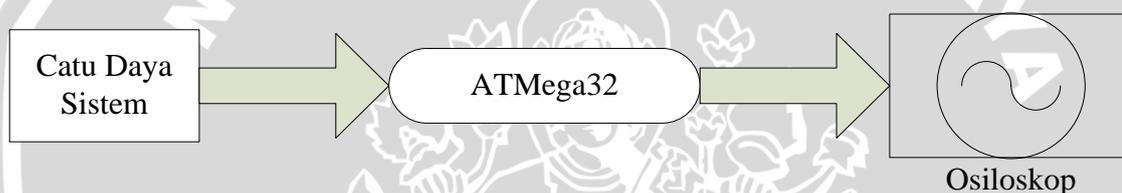
Sebelum melakukan pengujian sinyal kontrol servo, perlu melakukan pemeriksaan terhadap rangkaian catu daya. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui kesesuaian keluaran pada rangkaian catu daya. Pemeriksaan dilakukan dengan menghubungkan masukan dan keluaran rangkaian catu daya dengan voltmeter untuk diketahui nilai tegangannya. Gambar 5.1 menunjukkan proses pemeriksaan rangkaian catu daya.



Gambar 5.1. Pemeriksaan Rangkaian Catu Daya dengan Voltmeter

Pada Pengujian tersebut catu masukan berupa batere *lead-acid* dengan tegangan 12,3 V. Sedangkan keluarannya berupa tegangan sebesar 5,38 V. Nilai tersebut merupakan nilai tegangan keluaran maksimal (tanpa beban) yang mampu dihasilkan oleh rangkaian catu daya. Nilai tegangan tersebut dapat digunakan sebagai catu daya bagi mikrokontroller.

Pengujian sinyal kontrol servo bertujuan untuk mengetahui bentuk pulsa periodik dan untuk mengetahui ketepatan lebar sinyal *high* yang dihasilkan oleh mikrokontroller. Lebar sinyal *high* mempengaruhi posisi dan arah putar motor servo. Kebanyakan motor servo memiliki sudut 0° dengan lebar sinyal *high* sebesar $600 \mu\text{s}$ dan sudut 180° dengan lebar sinyal *high* sebesar $2500 \mu\text{s}$. Diagram blok pengujian lebar sinyal *high* ditunjukkan dalam Gambar 5.2.

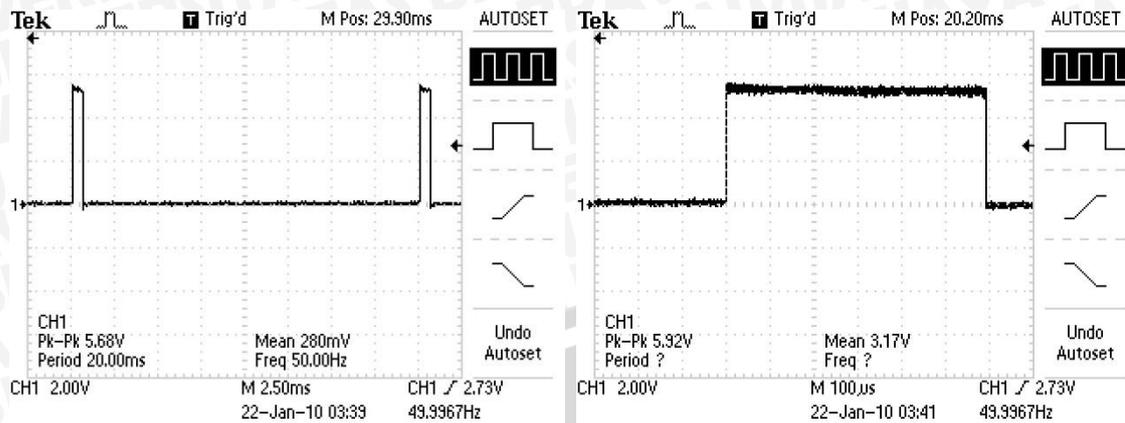


Gambar 5.2. Diagram Blok Pengujian Sinyal Kontrol Servo

Pengujian sinyal kontrol *high* dilakukan dengan cara :

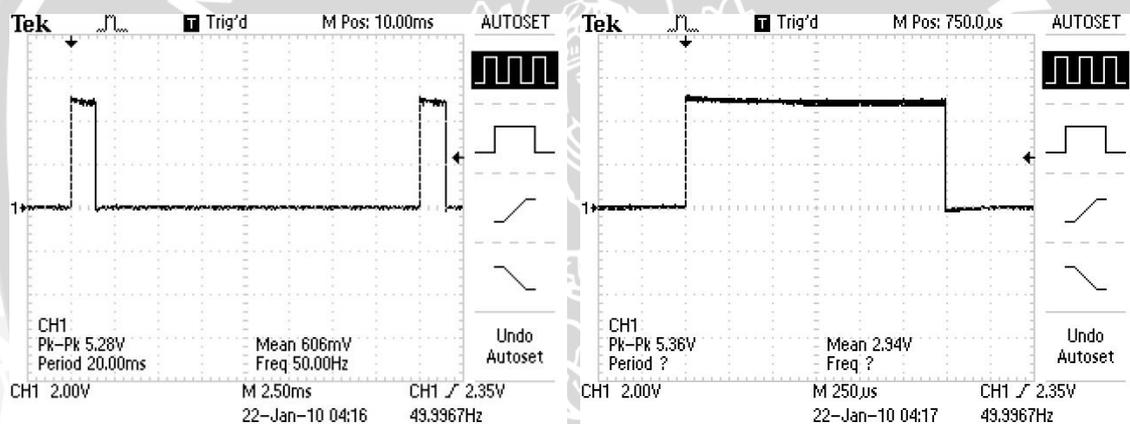
- 1). Mikrokontroller yang digunakan adalah Atmega32 sesuai dengan mikrokontroller yang digunakan sebagai kontrol servo.
- 2). Mikrokontroller menggunakan sumber clock eksternal sebesar 16 MHz.
- 3). TIMER 1 (timer 16 bit) diset pada mode *Fast PWM, TOP=ICR1*.
- 4). ICR1 pada TIMER 1 diberi nilai heksa 9C40, sehingga menghasilkan periode 20 ms (sesuai dengan pulsa periodik yang dibutuhkan oleh servo).
- 5). OCR1A dan OCR1B pada TIMER 1 diberi nilai sesuai dengan lebar sinyal kontrol HIGH yang diuji. Perhitungan untuk nilai OCR1A dan OCR1B menggunakan persamaan 4.10.
- 6). Mikrokontroller ATmega8 dihubungkan dengan catu daya 5 V.
- 7). Osiloskop TEKTRONIX TDS-1012B digunakan untuk melihat periode sinyal dan lebar sinyal *high* yang dihasilkan oleh mikrokontroller.

Pengujian sinyal kontrol servo dapat ditunjukkan dalam Gambar 5.3-5.4.



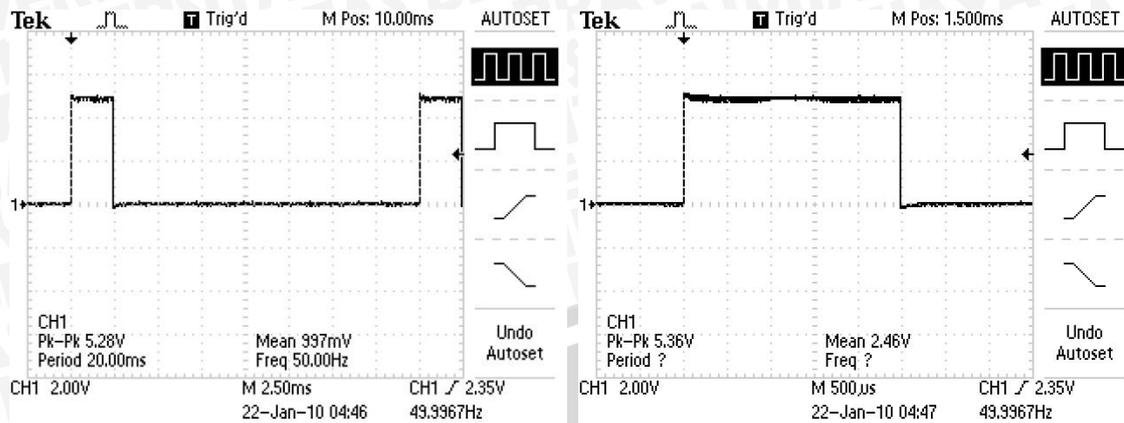
Gambar 5.3. Sinyal Kontrol Servo dengan lebar pulsa *high* 600 μ s

Sinyal kontrol servo diprogram bernilai 600 μ s setelah itu di cek pada osiloskop juga bernilai 600 μ s, dimana *time* per div sebesar 100 μ s dan pada osiloskop terdapat logika high sebesar enam kotak.



Gambar 5.4. Sinyal Kontrol Servo dengan lebar pulsa *high* 1500 μ s

Sinyal kontrol servo diprogram bernilai 1500 μ s setelah itu di cek pada osiloskop juga bernilai 1500 μ s, dimana *time* per div sebesar 250 μ s dan pada osiloskop terdapat logika high sebesar enam kotak.



Gambar 5.5. Sinyal Kontrol Servo dengan lebar pulsa *high* 2500 µs

Sinyal kontrol servo diprogram bernilai 2500µs setelah itu di cek pada osiloskop juga bernilai 2500µs, dimana *time* per div sebesar 500µs dan pada osiloskop terdapat logika high sebesar lima kotak.

Tabel 5.1. Hasil Pengujian Sinyal Kontrol Servo *high*

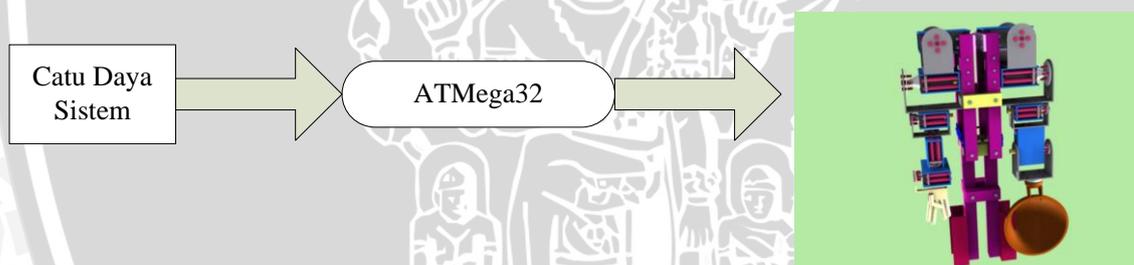
Sinyal <i>high</i> (dalam µs)	Sinyal <i>high</i> pada Pengujian (dalam µs)	Selisih Teori dan Praktik (dalam µs)	Kesalahan (dalam %)
600	600	0	0
700	690	10	1,42857
800	800	0	0
900	890	10	1,1111
1000	1000	0	0
1100	1100	0	0
1200	1200	0	0
1300	1300	0	0
1400	1400	0	0
1500	1500	0	0
1600	1590	10	0,625
1700	1700	0	0
1800	1800	0	0
1900	1900	0	0
2000	2000	0	0
2100	2100	0	0

2200	2200	0	0
2300	2300	0	0
2400	2400	0	0
2500	2500	0	0
Kesalahan Rata-Rata			0,15823

Berdasarkan Tabel 5.1 diperoleh perbandingan antara lebar sinyal yang diinginkan dengan lebar sinyal hasil pengujian. Kesalahan rata-rata lebar sinyal kontrol *high* yang dihasilkan oleh mikrokontroler Atmega32 dengan clock 16 MHz adalah 0,15823%. Dari Tabel 5.1 dapat disimpulkan bahwa mikrokontroler dapat menghasilkan pulsa periodik dengan baik, dengan catatan lebar sinyal HIGH yang dihasilkan memiliki tingkat kesalahan hingga 0,15823%.

5.2 Pengujian Motor DC Servo pada Lengan Robot

Pengujian Motor DC servo pada lengan robot bertujuan untuk mengetahui sudut dan lebar sinyal kontrol *high* minimal dan maksimal dari lengan robot.



Gambar 5.6. Diagram Blok Pengujian Motor DC Servo

Sesuai dasar teori motor servo, posisi tengah motor servo terjadi apabila servo diberi sinyal kontrol *high* selebar 1500 μ s, maka pada awal pengujian motor servo diberi sinyal kontrol *high* selebar 1500, kemudian setelah itu dicari lebar sinyal *high* yang searah dan berlawanan jarum jam. Pengujian tersebut dilakukan sampai sudut motor servo tidak dapat ditambah lagi dikarenakan desain mekanik. Tabel 5.2 dan 5.3 menunjukkan hasil pengujian posisi motor servo pada lengan kanan dan kiri robot.

Tabel 5.2. Hasil Pengujian posisi Motor Servo pada Lengan Kanan

Motor Servo	Nilai Minimal		Nilai Maksimal	
	Lebar Pulsa <i>High</i> (us)	Nilai pada Program	Lebar Pulsa <i>High</i> (us)	Nilai pada Program
Telapak Tangan	600	0x257F	2100	0x833F
Lengan Putar	800	0x3200	2350	0x92E0
Lengan Naik- Turun	600	0x257F	2100	0x833F
Pundak Depan- Belakang	1450	0x5A9F	2250	0x8C9F
Pundak Naik- Turun	2000	0x7D00	950	0x3B60

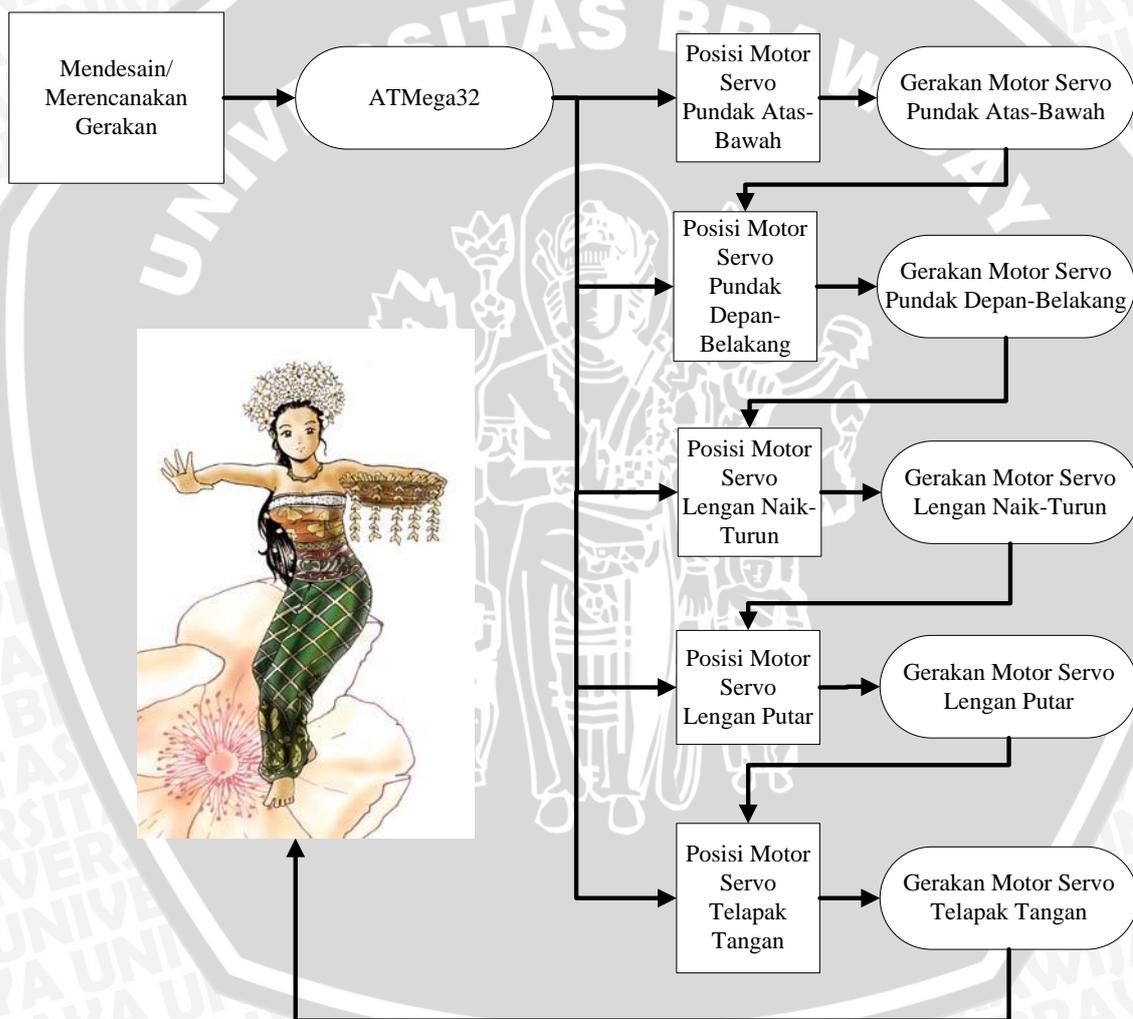
Tabel 5.3. Hasil Pengujian posisi Motor Servo pada Lengan Kiri

Motor Servo	Nilai Minimal		Nilai Maksimal	
	Lebar Pulsa <i>High</i> (us)	Nilai pada Program	Lebar Pulsa <i>High</i> (us)	Nilai pada Program
Bokor	600	0x257F	2200	0x897F
Lengan Naik- Turun	1850	0x73A0	700	0x2BBF
Pundak Depan- Belakang	2100	0x833F	1150	0x47DF
Pundak Naik- Turun	900	0x3840	1700	0x6A3F

Dari hasil pengujian motor servo dapat diperoleh kesimpulan yaitu diperlukan desain mekanik yang baik agar servo dapat berputar dengan sudut yang optimal sehingga didapatkan gerakan yang luwes. Pulsa periodik yang dihasilkan oleh mikrokontroler dapat digunakan untuk mengontrol posisi servo, dan motor servo yang diberi nilai tengah dengan sinyal *high* 1500 μ s membutuhkan sinyal *high* yang berbeda untuk searah dan berlawanan jarum jam.

5.3 Pengujian Variasi Gerakan Lengan Robot

Pengujian variasi gerakan bertujuan untuk mencari posisi masing-masing motor servo agar didapatkan sebuah gerakan. Gerakan yang diperoleh dan diuji ada tiga gerakan. Untuk mendapatkan sebuah gerakan yang harus dilakukan adalah mendesain/merencanakan gerakannya. Setelah itu yang dicari adalah posisi motor servo yang berada paling atas/ujung pundak, kemudian mencari posisi motor servo yang berada di bawahnya. Pencarian posisi motor servo dilakukan terus sampai mendapatkan posisi paling bawah/telapak tangan. Diagram blok pencarian dan pengujian variasi gerakan lengan robot ditunjukkan dalam Gambar 5.7.



Gambar 5.7. Diagram Blok Pencarian dan Pengujian Variasi Lengan Robot

Setelah menemukan desain gerakan yang diinginkan, maka dilakukan pengujian untuk mendapatkan gerakan yang sesuai dengan desain. Gambar 5.8 menunjukkan posisi awal lengan robot.



Gambar 5.8. Gambar posisi awal lengan robot

Untuk menemukan posisi lengan robot pada gerakan-1, diperlukan desain terlebih dahulu, desain mekanik ini menggunakan program 3DMax 6.0. Gambar desain posisi-1 dapat dilihat dalam gambar 5.9 Gambar 5.10 dan 5.11 merupakan hasil posisi lengan robot.



Gambar 5.9. Desain Posisi-1



Gerakan Lengan Kanan Robot

Gerakan Lengan Kiri Robot

Gambar 5.10. Gambar Posisi-1 pada Lengan Kanan dan Kiri Robot



Gambar 5.11. Gambar Posisi-1 pada Lengan Robot

Pada Gambar 5.10 dan 5.11 didapatkan posisi-1 lengan robot dengan lebar pulsa *high* seperti ditunjukkan dalam tabel 5.4.

Tabel 5.4. Lebar Pulsa *High* pada Posisi-1

Lengan	Motor Servo	Lebar Pulsa <i>High</i> (us)	Nilai pada Program
Lengan Kanan	Pundak Naik-Turun	800	0x3200
	Pundak Depan-Belakang	1700	0x6A3F
	Lengan Naik-Turun	1100	0x44BF
	Lengan Putar	900	0x3840
	Telapak Tangan	800	0x3200
Lengan Kiri	Pundak Naik-Turun	1600	0x6400
	Pundak Depan-Belakang	1400	0x57FF
	Lengan Naik-Turun	1800	07080
	Bokor	1350	0x545F

Untuk menemukan posisi lengan robot pada posisi-2, diperlukan desain terlebih dahulu. Gambar desain posisi-2 dapat dilihat dalam gambar 5.12. Gambar 5.13 dan 5.14 merupakan hasil posisi lengan robot.



Gambar 5.12. Gambar Desain Posisi-2



Gerakan Lengan Kanan Robot

Gerakan Lengan Kiri Robot

Gambar 5.13. Gambar Posisi-2 pada Lengan Kanan dan Kiri Robot



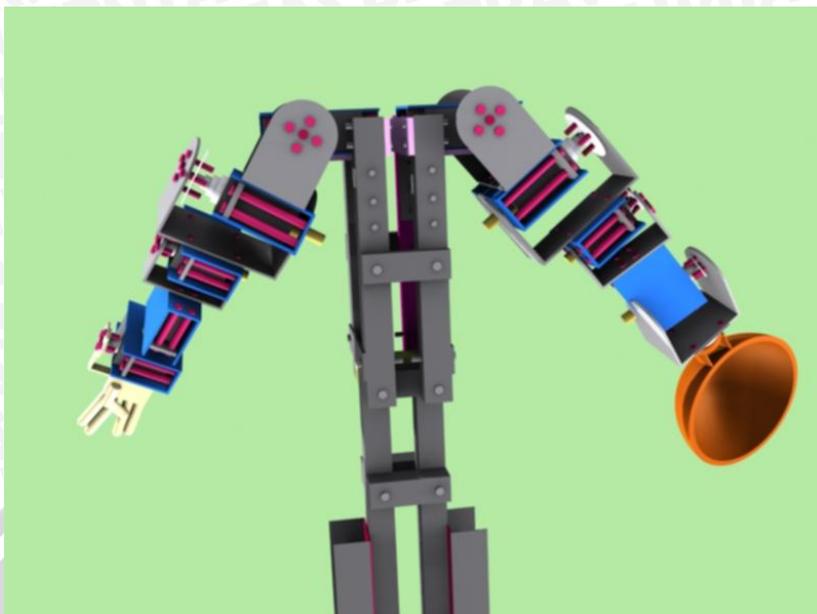
Gambar 5.14. Gambar Posisi-2 pada Lengan Robot

Pada Gambar 5.13 dan 5.14 didapatkan posisi-2 lengan robot dengan lebar pulsa *high* seperti ditunjukkan dalam tabel 5.5.

Tabel 5.5. Lebar Pulsa *High* pada Posisi-2

Lengan	Motor Servo	Lebar Pulsa <i>High</i> (μ s)	Nilai pada Program
Lengan Kanan	Pundak Naik-Turun	1000	0x3E80
	Pundak Depan-Belakang	2200	0x897F
	Lengan Naik-Turun	1100	0x44BF
	Lengan Putar	900	0x3840
	Telapak Tangan	1400	0x577F
Lengan Kiri	Pundak Naik-Turun	1600	0x6400
	Pundak Depan-Belakang	1100	0x44BF
	Lengan Naik-Turun	800	0x3200
	Bokor	1000	0x3E80

Untuk menemukan posisi lengan robot pada posisi-3, diperlukan desain terlebih dahulu. Gambar desain posisi-3 dapat dilihat dalam gambar 5.15. Gambar 5.16 dan 5.17 merupakan hasil posisi lengan robot.



Gambar 5.15. Gambar Desain Posisi-3



Gerakan Lengan Kanan Robot

Gerakan Lengan Kiri Robot

Gambar 5.16. Gambar Posisi-3 pada Lengan Kanan dan Kiri Robot



Gambar 5.17. Gambar Posisi-3 pada Lengan Robot

Pada Gambar 5.16 dan 5.17 didapatkan posisi-3 lengan robot dengan lebar pulsa *high* seperti ditunjukkan dalam tabel 5.6.

Tabel 5.6. Lebar Pulsa *High* pada Posisi-3

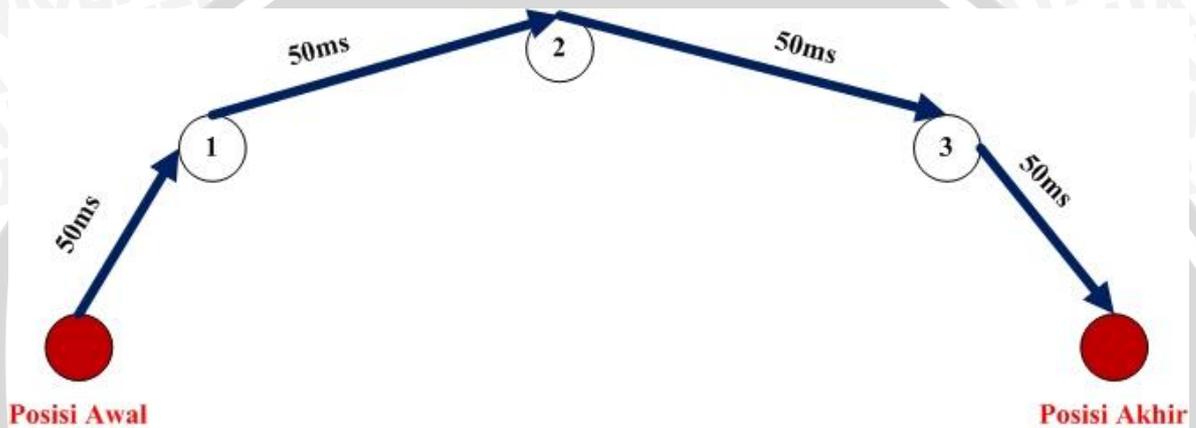
Lengan	Motor Servo	Lebar Pulsa <i>High</i> (us)	Nilai pada Program
Lengan Kanan	Pundak Naik-Turun	1750	0x6D5F
	Pundak Depan-Belakang	1450	0x5A9F
	Lengan Naik-Turun	1450	0x5A9F
	Lengan Putar	900	0x3840
	Telapak Tangan	800	0x3200
Lengan Kiri	Pundak Naik-Turun	1200	0x4AFF
	Pundak Depan-Belakang	2100	0x833F
	Lengan Naik-Turun	1800	0x7080
	Bokor	1700	0x6A3F

Berdasarkan hasil pengujian variasi gerakan lengan robot didapatkan tiga macam posisi robot, yakni posisi-1, posisi-2 dan posisi -3.

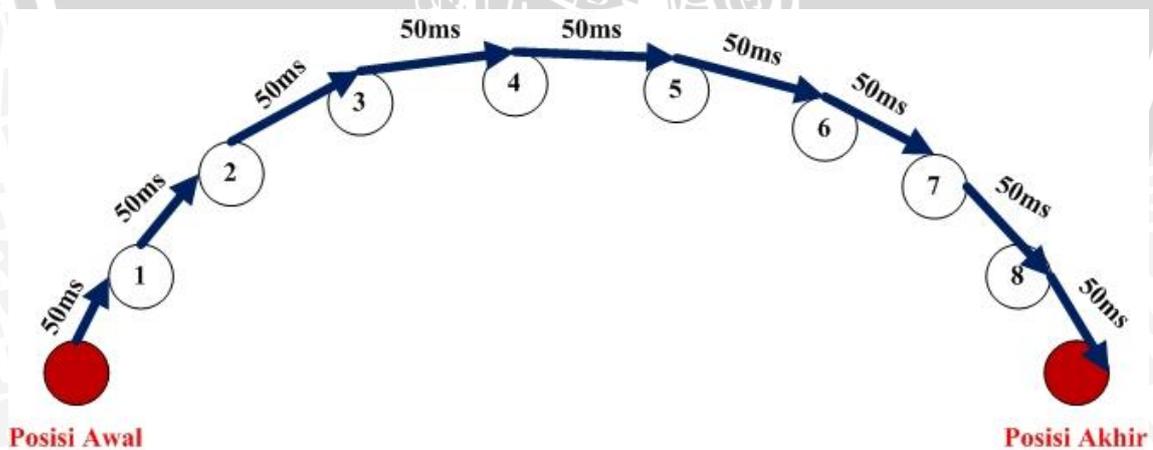
5.4 Pengujian Tempo Gerakan Lengan Robot

Pengujian tempo gerakan lengan robot bertujuan untuk mengatur kecepatan perubahan gerak dari lengan robot. Dengan cara tersebut akan mendapatkan gerakan lengan robot yang luwes.

Untuk mengatur tempo gerakan lengan robot dilakukan dengan cara memberikan step-step dari sudut awal hingga sudut akhir. Selain dengan mengatur step tersebut, juga dilakukan dengan cara memberikan waktu jeda untuk mencapai antar step itu. Gambar 5.18 dan 5.19 menunjukkan pengaruh step dan waktu jeda.



Gambar 5.18. Gambar tiga step dengan waktu jeda sebesar 50ms



Gambar 5.19. Gambar delapan step dengan waktu jeda sebesar 50ms

Tabel 5.7 menunjukkan nilai dari banyaknya step dan waktu jeda.

Tabel 5.7. Nilai Banyaknya Step dan Waktu Jeda

Tempo	Banyaknya Step	Waktu Jeda (ms)
Lambat	60	50
sedang	40	50
Cepat	20	50

Untuk pengujian tempo setiap motor servo digerakkan dari sudut minimal menuju sudut maksimal dengan menggunakan tempo lambat, sedang dan cepat. Tabel 5.8 menunjukkan pengujian terhadap tempo dari motor servo.

Tabel 5.8 Pengujian Tempo Motor Servo

Lengan	Motor Servo	Waktu yang dibutuhkan servo (detik)		
		Lambat	Sedang	Cepat
Kanan	Pundak Naik-Turun	3,22	1,8	0,89
	Pundak Depan-Belakang	3,04	2,11	1,13
	Lengan Naik-Turun	2,72	2,03	1,01
	Lengan Putar	2,98	1,78	1,02
	Telapak Tangan	2,75	1,99	0,82
Kiri	Pundak Naik-Turun	3,08	1,74	0,74
	Pundak Depan-Belakang	3,09	2	1,03
	Lengan Naik-Turun	2,98	1,6	0,62
	Bokor	3,11	2,03	1,16
Waktu rata-rata		2,99	1,9	0,94

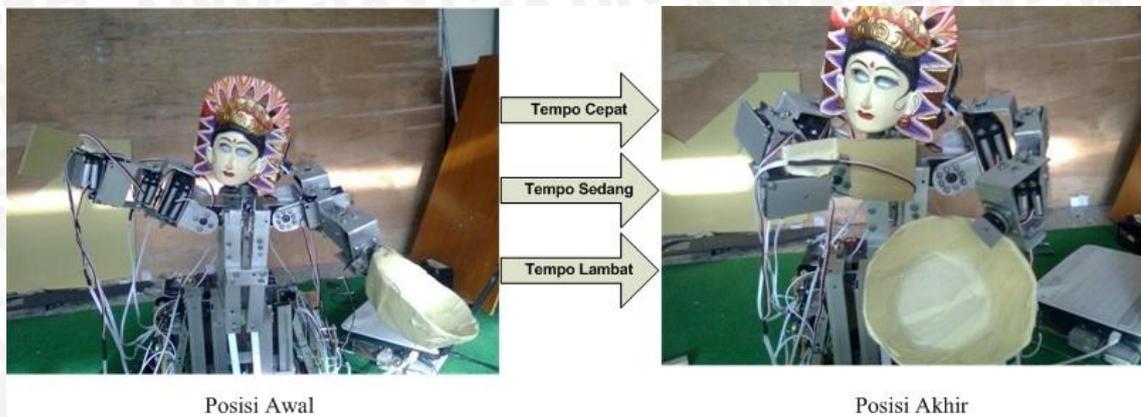
Dari pengujian tempo gerakan dapat diketahui bahwa perpindahan gerak dalam tempo lambat membutuhkan waktu rata-rata 2,99 detik, tempo sedang 1,9 detik dan tempo cepat 0,94 detik. Sehingga semakin banyak step yang perlu ditempuh, maka semakin lambat gerakan lengan robot, sedangkan semakin sedikit step yang perlu ditempuh, maka semakin cepat gerakan lengan robot.

5.5 Pengujian Keseluruhan

Pengujian Keseluruhan ini bertujuan untuk menggabungkan sudut awal yang merupakan posisi-1 dan sudut akhir adalah posisi-2 serta menggabungkan sudut awal merupakan posisi -2 dan sudut akhir adalah posisi -3. Kedua penggabungan ini menggunakan tempo lambat, sedang dan cepat. Untuk mendapatkan tempo lambat,

sedang dan cepat harus melakukan pengujian agar didapatkan nilai dari banyaknya step dan waktu jeda.

Penggabungan sudut awal yang merupakan posisi -1 dan sudut akhir yang merupakan posisi -2, ditunjukkan dalam gambar 5.37.



Gambar 5.20. Gambar Penggabungan Posisi-1 dengan Posisi-2

Dari pengujian dilakukan menggunakan ketiga tempo, secara bergantian. Tabel penggabungan posisi -1 dengan posisi -2, ditunjukkan dalam tabel 5.8.

Tabel 5.9. Penggabungan Posisi -1 dengan Posisi -2

Lengan	Motor Servo	Posisi Awal		Posisi Akhir	
		Lebar Pulsa High (us)	Nilai pada Program	Lebar Pulsa High (us)	Nilai pada Program
Lengan Kanan	Pundak Naik-Turun	800	0x3200	1000	0x3E80
	Pundak Depan-Belakang	1700	0x6A3F	2200	0x897F
	Lengan Naik-Turun	1100	0x44BF	1100	0x44BF
	Lengan Putar	900	0x3840	900	0x3840
	Telapak Tangan	800	0x3200	1400	0x577F
Lengan Kiri	Pundak Naik-Turun	1600	0x6400	1600	0x6400

Pundak Depan- Belakang	1400	0x577F	1100	0x44BF
Lengan Naik- Turun	1800	0x7080	800	0x3200
Bokor	1350	0x545F	1000	0x3E80

Pada penggabungan posisi -1 dan posisi -2 dengan menggunakan tempo cepat, sedang dan lambat didapatkan waktu tempuh dengan menggunakan perhitungan banyaknya step yang dibutuhkan.

Tempo cepat membutuhkan 20 step dengan waktu jeda sebesar 50ms, maka waktu yang dibutuhkan dari posisi awal ke posisi target sebesar $(20+1) \times 50\text{ms}$, yaitu 1050ms.

Tempo sedang membutuhkan 40 step dengan waktu jeda sebesar 50ms, maka waktu yang dibutuhkan dari posisi awal ke posisi target sebesar $(40+1) \times 50\text{ms}$, yaitu 2050ms.

Tempo lambat membutuhkan 60 step dengan waktu jeda sebesar 50ms, maka waktu yang dibutuhkan dari posisi awal ke posisi target sebesar $(60+1) \times 50\text{ms}$, yaitu 3050ms.

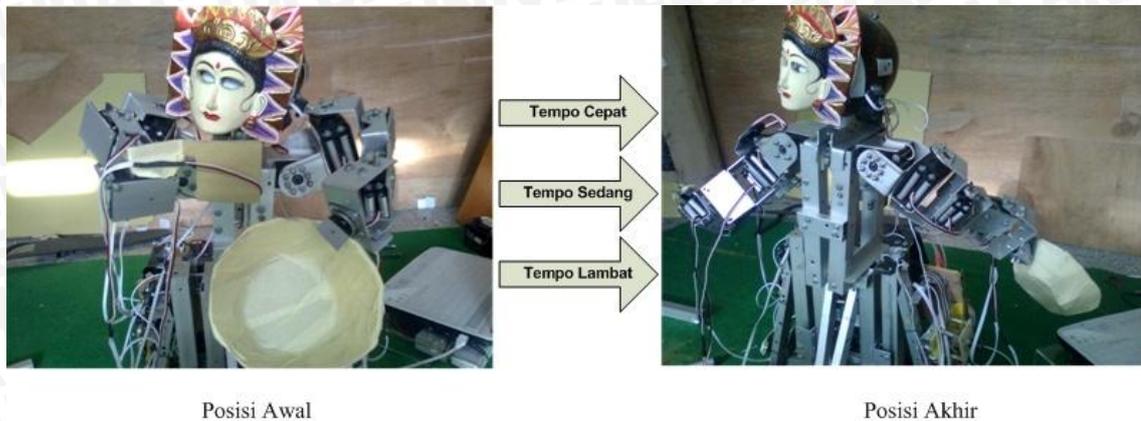
Untuk pengujian penggabungan posisi-1 dengan posisi-2 dilakukan dengan cara mengukur waktu tempuh yang dibutuhkan dari posisi awal ke posisi target. Perbandingan perhitungan dan pengukuran waktu tempuh ditunjukkan dalam Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Perbandingan Perhitungan dan Pengukuran Posisi -1 ke Posisi -2

Tempo	Perhitungan (ms)	Pengukuran (ms)	Kesalahan (%)
Cepat	1050	1120	6,67
Sedang	2050	2190	6,83
Lambat	3050	3270	7,21

Dari Tabel 5.10 didapatkan bahwa kesalahan pada tempo cepat sebesar 6,67%; tempo sedang sebesar 6,83% dan tempo lambat sebesar 7,21%. Persentase kesalahan tersebut dapat diakibatkan oleh banyaknya nilai step. Setiap step memiliki persentase kesalahan sendiri, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak nilai step yang diberikan akan semakin banyak persentase kesalahan dan semakin sedikit nilai stepnya maka persentase kesalahannya juga sedikit.

Penggabungan dengan sudut awal yang merupakan posisi-2 dan sudut akhir yang merupakan posisi-3, ditunjukkan dalam gambar 5.38.



Gambar 5.21. Gambar Penggabungan Posisi-2 dengan Posisi-3

Dari pengujian dilakukan menggunakan ketiga tempo, secara bergantian. Tabel penggabungan posisi -2 dengan posisi -3, ditunjukkan dalam tabel 5.11.

Tabel 5.11. Penggabungan Posisi -2 dengan Posisi -3

Lengan	Motor Servo	Posisi Awal		Posisi Akhir	
		Lebar Pulsa High (us)	Nilai pada Program	Lebar Pulsa High (us)	Nilai pada Program
Lengan Kanan	Pundak Naik-Turun	1000	0x3E80	1750	0x6D5F
	Pundak Depan-Belakang	2200	0x897F	1450	0x5A9F
	Lengan Naik-Turun	1100	0x44BF	1450	0x5A9F
	Lengan Putar	900	0x3840	900	0x3840
	Telapak Tangan	1400	0x577F	800	0x3200
Lengan Kiri	Pundak Naik-Turun	1600	0x6400	1200	0x4AFF
	Pundak Depan-Belakang	1100	0x44BF	2100	0x833F

Lengan Naik- Turun	800	0x3200	1800	0x7080
Bokor	1000	0x3E80	1700	0x6A3F

Pada penggabungan posisi-2 dan posisi-3 dengan menggunakan tempo cepat, sedang dan lambat didapatkan waktu tempuh dengan menggunakan perhitungan banyaknya step yang dibutuhkan.

Tempo cepat membutuhkan 20 step dengan waktu jeda sebesar 50ms, maka waktu yang dibutuhkan dari posisi awal ke posisi target sebesar $(20+1) \times 50\text{ms}$, yaitu 1050ms.

Tempo sedang membutuhkan 40 step dengan waktu jeda sebesar 50ms, maka waktu yang dibutuhkan dari posisi awal ke posisi target sebesar $(40+1) \times 50\text{ms}$, yaitu 2050ms.

Tempo lambat membutuhkan 60 step dengan waktu jeda sebesar 50ms, maka waktu yang dibutuhkan dari posisi awal ke posisi target sebesar $(60+1) \times 50\text{ms}$, yaitu 3050ms.

Untuk pengujian penggabungan posisi-2 dengan posisi-3 dilakukan dengan cara mengukur waktu tempuh yang dibutuhkan dari posisi awal ke posisi target. Perbandingan perhitungan dan pengukuran waktu tempuh ditunjukkan dalam Tabel 5.11.

Tabel 5.12 Perbandingan Perhitungan dan Pengukuran Posisi -2 ke Posisi -3

Tempo	Perhitungan (ms)	Pengukuran (ms)	Kesalahan (%)
Cepat	1050	1020	2,86
Sedang	2050	1980	3,14
Lambat	3050	2910	4,59

Dari Tabel 5.12 didapatkan bahwa kesalahan pada tempo cepat sebesar 2,86%; tempo sedang sebesar 3,14% dan tempo lambat sebesar 4,59%. Persentase kesalahan tersebut dapat diakibatkan oleh banyaknya nilai step. Setiap step memiliki persentase kesalahan sendiri, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak nilai step yang diberikan akan semakin banyak persentase kesalahan dan semakin sedikit nilai stepnya maka persentase kesalahannya juga sedikit.

Dari pengujian keseluruhan didapatkan kesimpulan bahwa gerakan lengan robot dapat digabungkan dengan berbagai macam variasi gerakan serta dengan mengubah tempo gerakan dapat membuat gerakan yang lebih luwes.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

- 1). Sistem mekanik lengan robot penari dapat bekerja dengan baik, dengan kemampuan melakukan berbagai variasi gerakan.
- 2). Tempo gerakan pada lengan robot dapat diatur dengan mengubah banyaknya step dan memiliki tiga tempo gerakan, yakni tempo lambat dengan waktu tempuh rata-rata 2,99 detik, tempo sedang dengan 1,9 detik dan tempo cepat 0,94 detik.
- 3). Mikrokontroler ATmega32 dapat mengontrol posisi motor DC servo dengan baik, lima pin untuk mengontrol lengan kanan dan empat pin untuk mengontrol lengan kiri.

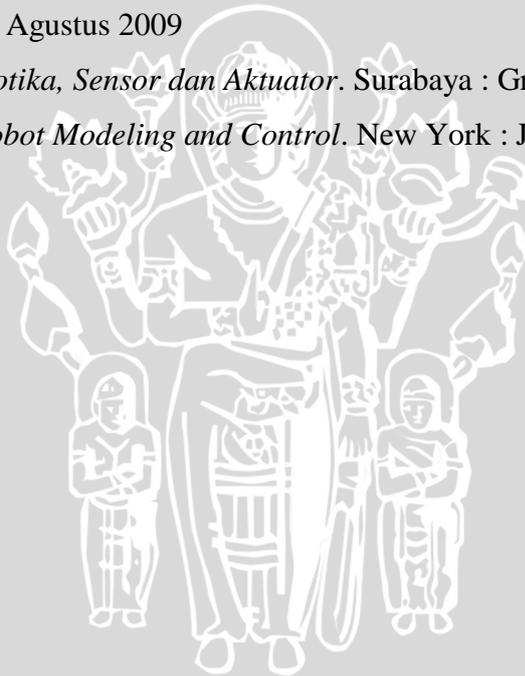
6.2 Saran

Beberapa hal yang direkomendasikan untuk pengembangan lengan robot penari lebih lanjut adalah:

- 1). Disarankan untuk menggunakan motor DC servo yang memiliki torsi besar dengan dimensi kecil serta dilengkapi oleh *Metal Gear* agar lengan robot dapat bergerak optimal.
- 2). Penggunaan material yang lebih ringan dapat mempermudah gerakan lengan robot dan mengurangi kerusakan dari motor DC servo.
- 3). Disarankan untuk tidak menggunakan desain mekanik yang dapat mengurangi kinerja motor DC servo dalam berputar.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmel. 2006. ATMega32/ATMega32L.
www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2503.pdf, diakses tanggal 13 Agustus 2009.
- Bretscher, Otto. 2005. *Linear Algebra with Applications*. New Jersey: Pearson Education
- Grand Wing Servo Tech Co. <http://www.gwsus.com>, diakses tanggal 13 Agustus 2009
- Pitowarno, Endra. 2006. *Robotika desain, kontrol, dan kecerdasan buatan*. Yogyakarta : Andi Offset
- Rule Kontes Robot Seni Indonesia 2010. <https://groups.eepis-its.edu/mailman/private/krci/attachments/20091026/871a288f/attachment.pdf>. diakses tanggal 13 Agustus 2009
- Sigit, Riyanto. 2007. *Robotika, Sensor dan Aktuator*. Surabaya : Graha Ilmu
- Spong, Mark W. 2005. *Robot Modeling and Control*. New York : John Wiley & Sons



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

8 LAMPIRAN

