



TUGAS AKHIR - TE 141599

PENGEMBANGAN ROBOT HEXAPOD UNTUK MELACAK SUMBER GAS

HANI AVRILYANTAMA
NRP 2212 106 033

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, ST, MT.
Dr. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - TE 141599

**THE DEVELOPMENT OF HEXAPOD ROBOTIC
FOR GAS TRACKING**

HANI AVRILYANTAMA
NRP 2212 106 033

Supervisor
Dr. Muhammad Rivai, ST, MT.
Dr. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

**PENGEMBANGAN ROBOT HEXAPOD
UNTUK MELACAK SUMBER GAS**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada**

**Bidang Studi Elektronika
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,


Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
NIP. 196904261994031003


Dr. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng.
NIP.196512111990021002



PENGEMBANGAN ROBOT HEXAPOD UNTUK MELACAK SUMBER GAS

Hani Avrilyantama
2212106033

Dosen Pembimbing I : Dr. Muhammad Rivai, ST, MT.
Dosen Pembimbing II : Dr. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng.

Abstrak:

Saat ini untuk mengevaluasi kebocoran pipa gas atau minyak bahan bakar dilakukan oleh manusia. Robot dapat diimplementasikan untuk mengganti tugas manusia dalam hal pencarian lokasi kebocoran gas. Pada dasarnya tiap robot memiliki implementasi yang berbeda, seperti robot yang mampu bergerak di jalan yang licin dan ada pula robot yang mampu bergerak di jalan yang kasar. Robot beroda mampu berjalan di tempat yang licin tetapi tidak bisa berjalan di tempat yang kasar dan berlumpur. Untuk keperluan investigasi kebocoran pipa gas tersebut maka diperlukan sistem robot berkaki hexapod. Pada penelitian ini telah dirancang dan dibuat robot berkaki hexapod dilengkapi dengan sensor gas yang digunakan untuk mendeteksi adanya titik bocor gas dengan menggunakan garis hitam sebagai garis panduan dan sistem jalan robot dengan menggunakan metode *inverse kinematics*. Sensor gas yang digunakan adalah TGS 2620 dan pergerakan robot mengikuti garis hitam, ketika ada sumber gas maka robot akan berhenti. Dari hasil percobaan pada pencarian gas alkohol sebanyak 20 kali, robot dapat mendeteksi gas dengan keberhasilan 90%. Kesalahan dalam pencarian gas dipengaruhi oleh ketidakstabilan robot dalam berjalan dikarenakan torsi motor servo lebih kecil dibandingkan torsi beban pada robot.

Kata kunci: *Inverse kinematics* , Robot hexapod, Sensor gas TGS 2620



Halaman ini sengaja dikosongkan

THE DEVELOPMENT OF HEXAPOD ROBOTIC FOR GAS TRACKING

Hani Avrilyantama
2212106033

Supervisor I : Dr. Muhammad Rivai, ST, MT.

Supervisor II : Dr. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng.

Abstract:

Now to evaluate a gas leak or fuel oil carried by humans. Robots can be implemented to replace a human for gas leaking. Basically, each robot has different implementations, such as a robot is able to move on smooth and rough road. Wheeled robot is able to move on smooth road but can not move on rough and muddy road. For a gas leak investigation is needed hexapod robot. This research has been designed and made legged hexapod robot with gas sensor for detecting a gas leak and following black line as a guidance line and this system using inverse kinematics for walking this robot. Gas sensor is used TGS 2620 and the robot follows a black line, if there is a gas source, the robot will stop. From the results of 20 times experiments using alcohol gas, the robot can success for detecting a gas 90%. Error detecting a gas because instability robot and servos motor torque is smaller than the torque load of robot.

Keyword: *Inverse kinematics, Hexapod Robotic, Gas Sensor TGS 2620*



Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbilalamin, segala puji syukur kepada Allah SWT, atas segala nikmat, berkah, dan hidayah-Nya yang tak terkira kepada penulis, hingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

PENGEMBANGAN ROBOT HEXAPOD UNTUK MELACAK SUMBER GAS

Tujuan utama tugas akhir ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan jenjang pendidikan pada Bidang Studi Elektronika Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Atas selesainya penyusunan tugas akhir ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Muhammad Rivai dan Bapak Djoko Purwanto selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberi bimbingan, kejelasan, nasehat, dan kemudahan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Tri Arief Sardjono selaku Ketua Jurusan dan dosen penulis.
3. Ibu dan Bapak yang telah memberi dukungan moril, nasehat, semangat, doa, dan materil. Jasamu tak kan terbayar dengan apapun, semoga anakmu ini bisa membalasnya suatu hari nanti.
4. Mbak Heni dan keluarga serta Mas Honi dan keluarga yang ikut memberi dukungan moril dan doa untuk kelancaran studi penulis.
5. Pratiwi yang selalu setia dalam menemani susah dan duka
6. Keluarga besar laboratorium B.402 yang telah ikut memberi semangat, canda tawa, dan saling berbagi ilmu.
7. Keluarga besar kontrakan kejawan gebang, yang telah menjadi teman dan sahabat bagi penulis mulai sejak D3 sampai dengan saat ini, terima kasih untuk suka-dukannya.
8. Teman-teman satu angkatan LJ-Elektro Genap dan kelas ELKA tahun ajaran 2012-2013 yang telah menyumbangkan sedikit cerita kepada kehidupan penulis .
9. Serta semua pihak yang telah membangtu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap para pembaca Tugas Akhir ini bersedia memberikan kritik, saran, dan masukan agar selanjutnya menambah manfaat Tugas Akhir.

Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan bisa dijadikan referensi bagi Tugas Akhir selanjutnya.

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Metodologi Penelitian.....	3
1.6 Sistematika penulisan.....	5
1.7 Relevansi.....	5
BAB 2 DASAR TEORI	
2.1 Sensor Semikonduktor.....	7
2.1.1 Prinsip Kerja Sensor Gas Tipe Semikonduktor.....	7
2.1.2 Sensitivitas Terhadap Gas.....	9
2.1.3 Respon Sensor.....	10
2.1.4 Rangkaian Pengukuran Dasar.....	12
2.1.5 Macam-macam Sensor Figaro.....	12
2.2 Sensor Garis.....	13
2.2.1 Karakteristik Photodiode.....	15
2.3 Motor Servo.....	16
2.4 Robot Hexapod (Robot Berkaki Enam).....	18
2.4.1 <i>Inverse Kinematic</i> Robot Hexapod.....	20
2.4.2 Sistem Gerak Robot Hexapod.....	23
2.5 XISC 32 (Servo Kontroller).....	24
2.5.1 Konfigurasi Servo Kontroller.....	25

BAB 3 PERANCANGAN SISTEM

3.1	Diagram Blok Sistem.....	30
3.2	Perancangan Lapangan pada Robot Hexapod.....	31
3.3	Perancangan Elektrik pada Robot Hexapod.....	32
3.3.1	Rangkaian Sensor Cahaya.....	34
3.3.2	Rangkaian Sensor Gas.....	38
3.3.3	Mikrokontroler.....	38
3.3.4	<i>Servo Controller</i> (XISC 32).....	40
3.4	<i>Inverse Kinematic</i> Lengan Robot.....	41
3.5	Perencanaan Software pada Sistem.....	45
3.6	Proses Robot Hexapod dalam Mendeteksi Gas	47

BAB 4 PENGUKURAN DAN ANALISIS SISTEM

4.1	Pengujian Perangkat Keras.....	58
4.1.1	Pengujian Catu Daya <i>Servo</i> Kontroler dan Catu Daya Minimum Sistem	58
4.1.2	Pengujian Sensor Gas.....	61
4.1.3	Pengujian Rangkaian Sensor Cahaya.....	63
4.1.4	Pengujian Rangkaian Sensor Garis	61
4.2	Pengujian <i>Servo</i> Kontroler	68
4.3	Pengujian Robot di Lapangan.....	71
4.3.1	Pengujian Pada Titik Kebocoran Pertama.....	71
4.3.2	Pengujian Pada Titik Kebocoran Kedua	73
4.3.3	Pengujian Pada Titik kebocoran Ketiga	75
4.4	Analisa <i>Inverse Kinematic</i>	76
4.5	Evaluasi Sistem	81

BAB 5 PENUTUP

5.1	Kesimpulan.....	83
5.2	Saran.....	83

DAFTAR PUSTAKA.....	85
---------------------	----

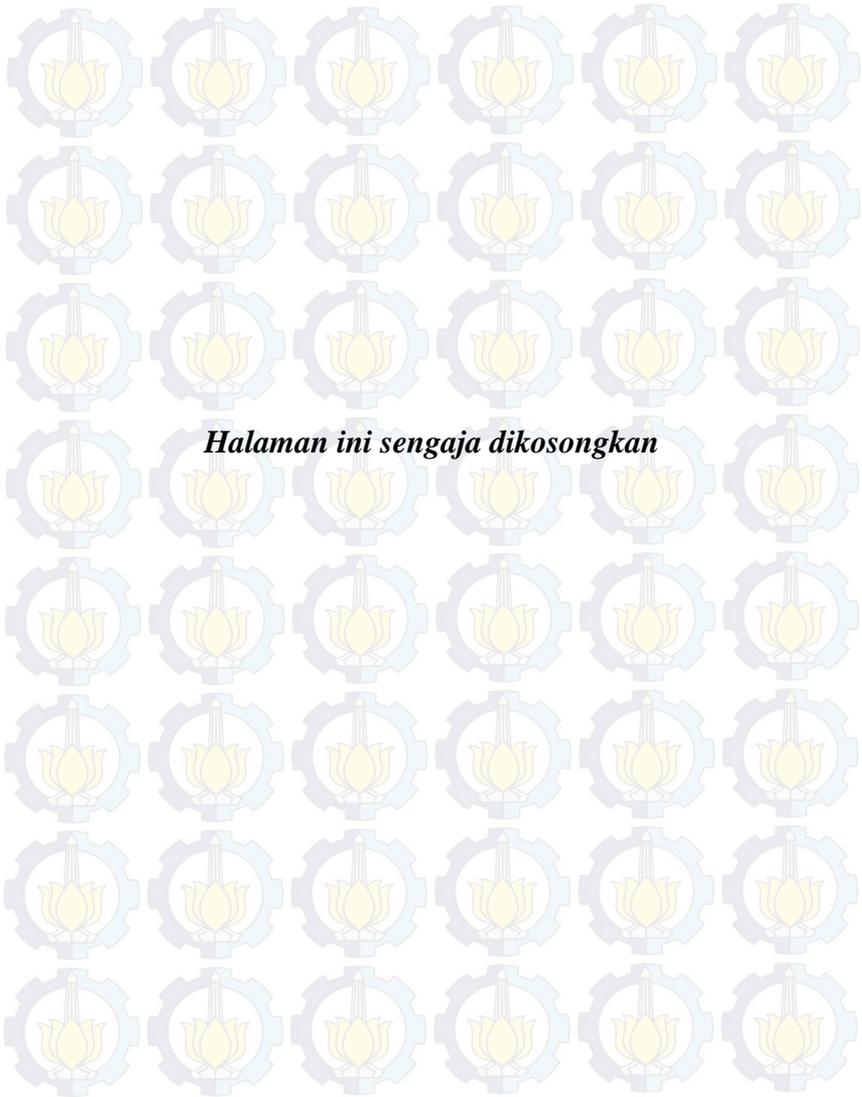
BIODATA PENULIS	87
-----------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Diagram blok perancangan robot hexapod.....	3
Gambar 2.1	Ilustrasi penyerapan O ₂ oleh sensor.....	7
Gambar 2.2	Bentuk penghalang potensial antar butir kristal mikro SnO ₂ saat tanpa adanya gas	8
Gambar 2.3	Model penghalang potensial antar butir dalam lingkungan gas.....	9
Gambar 2.4	Karakteristik sensitivitas sensor tertentu terhadap berbagai gas	9
Gambar 2.5	Contoh respon sensor.....	10
Gambar 2.6	Aksi Awal.....	11
Gambar 2.7	Contoh kestabilan sensor jangka waktu lama	11
Gambar 2.8	Rangkaian pengukuran dasar sensor.....	12
Gambar 2.9	Sensor cahaya	13
Gambar 2.10	Rangkaian sensor cahaya.....	13
Gambar 2.11	Karakteristik photodiode	15
Gambar 2.12	Motor Servo.....	16
Gambar 2.13	Pensinyalan control servo.....	17
Gambar 2.14	Diagram blok motor servo	18
Gambar 2.15	Design mekanik robot hexapod	19
Gambar 2.16	Robot Hexapod	19
Gambar 2.17	Pengaturan motor servo dengan menggunakan PWM	20
Gambar 2.18	Koordinat ruang motor servo.....	21
Gambar 2.19	Pembentukan sudut antara T1 dan T2	21
Gambar 2.20	Ilustrasi mencari sudut T1	22
Gambar 2.21	Pembentukan sudut γ	23
Gambar 2.22	Metode metachronical gait	23
Gambar 2.23	Metode tripod gait.....	24
Gambar 2.24	Board XISC 32	24
Gambar 2.25	Konfigurasi pin XISC 32	25
Gambar 2.26	Pin connector dan jumper XISC 32	26
Gambar 3.1	<i>Guidance line</i> dalam melacak gas bocor	29
Gambar 3.2	Blok diagram robot hexapod	31
Gambar 3.3	Lapangan pengujian robot dalam mendeteksi gas bocor.....	32
Gambar 3.4	Rangkaian power supply 5 volt	33
Gambar 3.5	Rangkaian Multiplexer delapan kanal input.....	35

Gambar 3.6	Rangkaian lima sensor cahaya	36
Gambar 3.7	Rangkaian dua sensor cahaya.....	36
Gambar 3.8	Rangkaian sensor gas	38
Gambar 3.9	Mikrokontroler	39
Gambar 3.10	<i>Servo Controller</i> XISC 32.....	40
Gambar 3.11	<i>Flowchart</i> menggerakkan motor servo dari mikrokontroler ke XISC 32.....	41
Gambar 3.12	Koordinat ruang motor servo	42
Gambar 3.13	Pembentukan sudut antara T1 dan T2	42
Gambar 3.14	Ilustrasi mencari sudut T1	44
Gambar 3.15	Pentukan sudut γ	44
Gambar 3.16	Setting ADC 8 bit.....	45
Gambar 3.17	Tampilan menentukan jenis mikrokontroler dan sumber <i>clock</i>	46
Gambar 3.18	Settingan pada CV-AVR	
	(a) mengaktifkan pin interrupt	46
	(b) mengaktifkan fungsi serial	44
Gambar 3.19	Flow chart sistem robot dalam mendeteksi gas dan sensor cahaya.....	48
Gambar 3.20	Flow chart pembacaan sensor cahaya pada robot.	53
Gambar 3.21	Flow chart robot mendeteksi gas.....	54
Gambar 4.1	Sistem perangkat keras	
	(a) Robot hexapod	57
	(b) Sumber gas pengujian	57
	(c) Lintasan pengujian robot.....	57
Gambar 4.2	Pengujian regulator	
	(a) Pengujian V_{out} 5 volt	58
	(b) Pengujian V_{out} 9 volt	58
Gambar 4.3	Pengujian power supply servo dengan menggunakan dua parameter.....	60
Gambar 4.4	Pengujian sensor gas	
	(a) Pengujian sensor gas kiri	61
	(b) Pengujian sensor gas kanan	61
Gambar 4.5	Grafik sensor gas kiri dan sensor gas kanan.....	62
Gambar 4.6	Posisi sensor cahaya	
	(a) Sensor cahaya depan	63
	(b) Sensor cahaya kanan	63
	(c) Sensor cahaya kiri.....	63

Gambar 4.7	Grafik antara jarak sensor dengan tegangan output tiap sensor pada garis putih	65
Gambar 4.8	Grafik antara jarak sensor dengan tegangan output tiap sensor pada garis putih dengan cahaya hijau	66
Gambar 4.9	Grafik antara jarak sensor dengan tegangan output tiap sensor pada garis putih dengan cahaya merah	67
Gambar 4.10	Grafik antara jarak sensor dengan tegangan output tiap sensor pada garis putih dengan cahaya biru.....	68
Gambar 4.11	Grafik <i>duty cycle</i> dengan output Ton serial	70
Gambar 4.12	Data hasil output PWM 2500 us pada osiloskop	70
Gambar 4.13	Pengujian sumber gas di sebelah kiri pada titik ketiga	70
Gambar 4.14	Pengujian sumber gas di sebelah kanan pada titik pertama.....	73
Gambar 4.15	Pengujian sumber gas di sebelah kanan pada titik kedua	74
Gambar 4.16	Pengujian sumber gas di sebelah kiri pada titik ketiga	76
Gambar 4.17	Koordinat ruang motor servo	77
Gambar 4.18	Koordinat x, y, z pada tiap kaki	77
Gambar 4.19	Pengukuran sumbu x pada kaki robot tengah	78
Gambar 4.20	Pengukuran sumbu y pada kaki depan kiri	79
Gambar 4.21	Pengukuran sumbu z pada kaki kanan depan	79



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data sensor gas kiri dan kanan dengan jarak bervariasi.....	62
Tabel 4.2 Data sensor cahaya pada kondisi hitam dan putih.....	64
Tabel 4.3 Data pengukuran sensor cahaya dalam ukuran cm.....	65
Tabel 4.4 Data hasil sensor cahaya dengan menggunakan cahaya hijau.....	66
Tabel 4.5 Data hasil sensor cahaya dengan menggunakan cahaya merah.....	67
Tabel 4.6 Data hasil sensor cahaya dengan menggunakan cahaya biru.....	68
Tabel 4.7 Pengujian motor servo dan <i>duty cycle</i>	69
Tabel 4.8 Koordinat tiap kaki pada robot hexapod.....	78
Tabel 4.9 Pengukuran koordinat ruang tiap kaki robot dalam ukuran cm.....	80



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masalah kebocoran pipa gas atau minyak bahan bakar adalah sesuatu hal yang tidak mudah dideteksi oleh penglihatan, dan penciuman manusia. Sehingga, bencana kebakaran sering terjadi akibat dari kebocoran pipa gas yang tidak terdeteksi secara kasat mata. Kebocoran pipa gas banyak terjadi pada perusahaan minyak di Indonesia, baik perusahaan lokal Indonesia maupun perusahaan asing. Seperti kebocoran pipa gas PT. Pertamina di kampung Batang, Sukasari, Subang, Jawa Barat yang mengakibatkan kebakaran pada pipa gasnya. Kebakaran ini tidak hanya PT. Pertamina yang mengalami kerugian tetapi pihak warga juga dirugikan karena terdapat dua unit rumah warga yang mengalami kebakaran dan memakan tiga korban meninggal dalam peristiwa tersebut [1]. Ledakan lain juga terjadi Kaoshiung, Taiwan. Pipa gas yang bocor mengakibatkan 25 orang tewas dan 267 luka-luka akibat dari kebocoran gas dan mengakibatkan ledakan besar [2]. Pada kebocoran gas tersebut tidak secara terus-menerus menggunakan sistem yang masih manual tetapi menciptakan alat yang dapat melacak kebocoran pipa gas.

Sekarang ini, perkembangan teknologi yang cukup pesat membutuhkan sesuatu yang inovatif dan inspiratif agar berkembang ke arah yang berguna bagi kehidupan. Teknologi robot berkembang dengan begitu pesatnya. Dunia industri teknologi robot sudah menjadi bagian utama dalam proses industri, dan perkembangan robot sudah digunakan dalam bidang militer. Dengan menggunakan mobile robot, jangkauan untuk mencari kebocoran pipa gas dapat di capai. Robot hexapod mampu melakukan mobile pada permukaan yang kasar atau permukaan tanah yang tidak rata. Robot ini dilengkapi dengan sensor yang dapat mendeteksi sumber kebocoran pipa gas. Sistem gerak robot ini menggunakan metode *inverse kinematics* dalam melakukan pergerakan kakinya.

Ada beberapa alasan menggunakan metode pergerakan *inverse kinematics* pada robot hexapod, antara lain:

- a. Metode ini mudah dalam penentuan gerak robot.
- b. Lebih presisi dalam melakukan pergerakan robot.

Sehingga dengan metode *inverse kinematics* pergerakan kaki robot bisa terlihat lebih halus dalam bergerak. Jumlah sensor gas yang diimplementasikan pada robot hexapod adalah dua buah sensor gas yaitu, sensor gas semikonduktor tipe TGS 2620 untuk mendeteksi udara yang terkontaminasi gas yang mudah terbakar.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana merealisasikan sistem pergerakan robot hexapod
2. Bagaimanana merealisasikan sensor mendeteksi sumber gas
3. Dimana penempatan posisi sensor gas
4. Bagaimana sistem pergerakan robot mengikuti garis hitam

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian pada tugas akhir ini bertujuan sebagai berikut :

1. Robot mampu berjalan dengan menggunakan metode *inverse kinematics*.
2. Robot dapat mendeteksi sensor gas dengan baik
3. Penempatan sensor gas di titik yang mudah dijangkau robot dalam menemukan gas
4. Robot dapat berjalan dengan baik dalam mengikuti garis hitam

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Sensor gas yang digunakan berupa sensor gas semikonduktor TGS 2620.
2. Pergerakan robot menggunakan metode *inverse kinematics*.
3. Robot bergerak hanya mengikuti garis hitam yang sudah ada.

1.5 Metodologi Penelitian

Dalam penyelesaian tugas akhir ini digunakan metodologi sebagai berikut:

1. Studi literatur

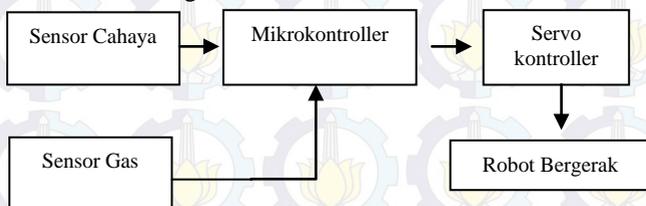
Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dasar teori yang menunjang dalam penulisan tugas akhir. Dasar teori ini dapat diambil dari buku-buku, jurnal, *proceeding*, dan artikel-artikel di internet.

2. Perancangan sistem

Setelah mempelajari literatur yang ada, selanjutnya akan dilakukan perancangan sistem. Perancangan sistem terbagi sebagai berikut:

a. Perancangan Perangkat Keras

Cara kerja dari sistem ini robot akan mengikuti garis hitam dengan menggunakan sensor cahaya. Sensor cahaya tersebut diinputkan ke mikrokontroler dengan pembacaan ADC dengan batasan yang telah ditentukan. Ketika robot berjalan mengikuti garis hitam dan menemukan adanya sumber gas, maka robot akan berhenti. Robot berhenti menunjukkan bahwa sensor gas telah dibaca oleh mikrokontroler dengan batasan pembacaan yang telah ditentukan. Berikut adalah blok diagram dari sistem robot hexapod dalam mengikuti garis hitam dan mendeteksi gas bocor.



Gambar 1.1 Diagram Blok Perancangan robot hexapod

b. Perancangan perangkat lunak

Perancangan perangkat lunak meliputi proses pembacaan sensor cahaya dan sensor gas pada mikrokontroler. Robot akan berjalan mengikuti sensor cahaya yang telah dibuat.

c. Perancangan posisi sensor

Sensor yang digunakan terdiri dari dua jenis yaitu:

1. Sensor cahaya

Robot akan mengikuti garis hitam sebagai garis pemandu dengan menggunakan sensor cahaya. Sensor cahaya ini terdiri dari dua buah komponen yaitu LED sebagai pengirim (*transmitter*) dan photodiode sebagai penerima (*receiver*). Proses pembacaan photodiode dengan menggunakan mikrokontroler yang dibaca dengan menggunakan ADC.

2. Sensor gas TGS 2620

Robot hexapod setelah mengikuti garis dan menemukan adanya gas bocor, maka robot akan berhenti. Sensor gas TGS 2620 akan dibaca oleh mikrokontroler dalam bentuk ADC.

d. Pengujian sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu:

1. Pengujian perbagian dalam blok diagram dari keseluruhan rangkaian guna mengetahui fungsi kerja elektrik secara tepat.

2. Pengujian secara langsung dengan mengambil beberapa sampel guna mengetahui keoptimalan kerja pada robot dalam pendeteksian kebocoran gas pada lapangan.

e. Pengolahan data

Melakukan analisa data dari hasil eksperimen, sehingga dapat dipilih solusi yang terbaik untuk mengatasi permasalahan yang dihadapi.

f. Penulisan laporan Tugas Akhir

Tahap penulisan laporan Tugas Akhir dilakukan pada saat tahap pengujian sistem dimulai serta setelahnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini terdiri dari Lima Bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

Bab 1 : PENDAHULUAN

Bab ini meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi, sistematika penulisan, dan relevansi.

Bab 2 : DASAR TEORI

Bab ini menjelaskan tentang dasar-dasar teori yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir ini, yang meliputi teori dasar sensor semikonduktor, sensor cahaya, robot hexapod, *inverse kinematics* dan servo kontroller.

Bab 3: PERANCANGAN SISTEM

Bab ini menjelaskan tentang perencanaan lapangan robot, sistem elektrik, mekanik, serta perangkat lunak. Bab ini juga berisi menjelaskan tentang prosedur pengujian yang dilakukan dalam penelitian.

Bab 4 : PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN SISTEM

Bab ini menjelaskan tentang hasil yang didapat dari pengujian tiap blok sistem secara keseluruhan.

Bab 5 : PENUTUP

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan meliputi kekurangan-kekurangan pada kerja alat dari hasil analisa serta saran untuk pengembangan ke depan.

1.7 Relevansi

Hasil dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

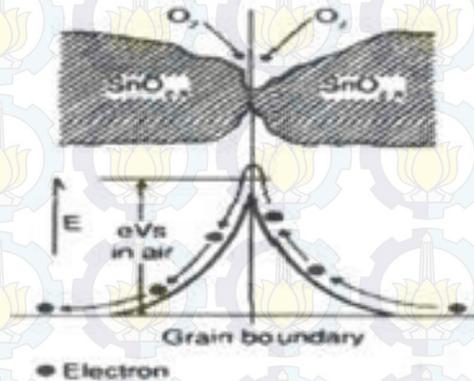
1. Dapat digunakan sebagai alat pengidentifikasi kebocoran pipa gas.
2. Sebagai dasar penelitian lebih lanjut, agar dapat lebih dikembangkan.



BAB II DASAR TEORI

2.1 Sensor Semikonduktor

Sensor gas adalah sensor yang berfungsi untuk mengukur senyawa gas polutan yang ada di udara seperti karbon monoksida, hidrokarbon, nitrooksida, dan lain-lain. Sensor gas semikonduktor memiliki banyak jenis, tentunya dibedakan oleh sensitivitas sensor tersebut. Prinsip kerja dari sensor ini semakin tinggi konsentrasi gas maka resistansinya semakin rendah. Sensor gas semikonduktor terbentuk pada permukaan luar kristal, tegangan permukaan yang terbentuk akan menghambat laju aliran elektron, seperti ilustrasi penyerapan O_2 oleh sensor pada gambar di bawah ini:

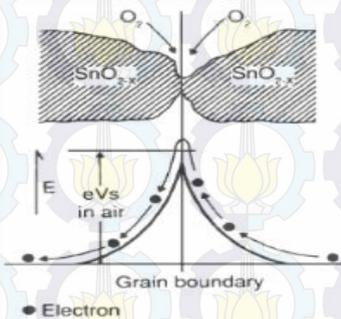


Gambar 2.1 Ilustrasi penyerapan O_2 oleh sensor [3, 12]

2.1.1 Prinsip Kerja Sensor Gas Tipe Semikonduktor

Sensor gas tipe semikonduktor terdiri dari elemen sensor, dasar sensor dan tudung sensor. Elemen sensor menggunakan bahan-bahan seperti timah (IV) oksida SnO_2 , wolfram (VI) oksida WO_3 , dan lain-lain. Bila suatu kristal oksida logam seperti SnO_2 dipanaskan pada suhu tinggi tertentu di udara,

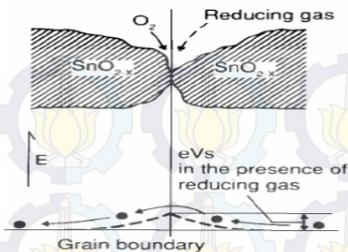
oksigen teradsorpsi pada permukaan kristal dengan muatan negatif. Elektron – elektron donor pada permukaan kristal ditransfer ke oksigen teradsorpsi, sehingga menghasilkan suatu lapisan ruang bermuatan positif. Akibat dari peristiwa tersebut potensial permukaan terbentuk yang akan menghambat aliran elektron. Proses didalam sensor arus listrik mengalir melalui bagian – bagian penghubung (batas butir) kristal-kristal mikro SnO_2 . Di batas-batas antar butir, oksigen yang teradsorpsi membentuk penghalang potensial yang menghambat muatan bebas bergerak. Tahanan listrik sensor disebabkan oleh penghalang potensial.



Ket:
eVs: Nilai energi penghalang permukaan.

Gambar 2.2 Bentuk penghalang potensial antar butir Kristal mikro SnO_2 saat adanya gas [3, 12]

Ketika Model penghalang potensial antar butir dalam lingkungan gas atau terdeteksi gas, kerapatan oksigen teradsorpsi bermuatan negatif pada permukaan semikonduktor sensor menjadi berkurang, sehingga ketinggian penghalang pada batas antar butir berkurang. Sehingga menyebabkan berkurangnya tahanan butir dalam lingkungan gas.



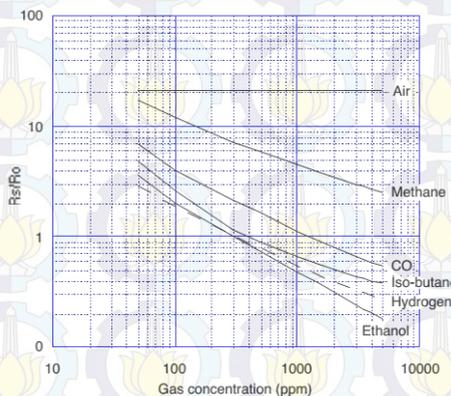
Gambar 2.3 Model penghalang potensial antar butir dalam lingkungan gas [3]

Hubungan antar tahanan sensor dan kosentrasi gas pereduksi pada suatu rentang kosentrasi gas dapat dinyatakan dengan persamaan berikut [3] :

$$R_s = A[C]^a \quad (2.1)$$

Ket : R_s = Resistansi Sensor
 A = Konstanta
 $[C]$ = Kosentrasi gas
 a = gradien kurva R_s

2.1.2 Sensitivitas Terhadap Gas

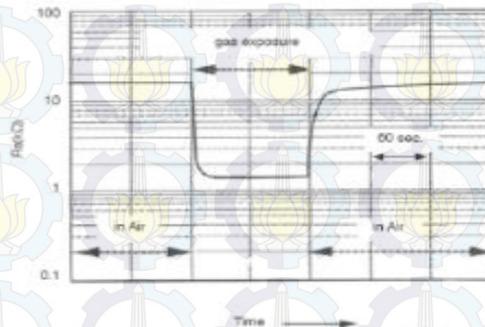


Gambar 2.4 Karakteristik sensitivitas sensor tertentu terhadap berbagai gas [3]

Berdasarkan persamaan (2.1), hubungan resistansi sensor terhadap konsentrasi gas adalah linier dalam bentuk logaritma, dalam rentang tertentu konsentrasi gas (dari beberapa ppm ke beberapa ribu ppm). Merupakan suatu contoh hubungan antar resistansi sensor dan konsentrasi gas. Sensor memperlihatkan kepekaan yang berbeda-beda terhadap berbagai gas. Tingkat kepekaan relatif suatu sensor terhadap gas juga tergantung pada jenis bahan sensor dan temperatur. Sehingga karakteristik sensor dinyatakan sebagai rasio resistansi sensor dalam berbagai konsentrasi gas (R_s) dengan resistansinya dalam konsentrasi tertentu suatu gas target (R_o).

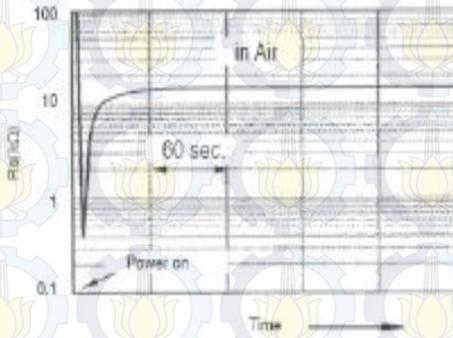
2.1.3 Respon Sensor

Respon sensor ketika suatu sensor dikenakan suatu gas pendeoksida dan ketika sensor dijauhkan dari gas pendeoksida. Resistansi sensor akan menurun tajam dengan cepat ketika dikenakan pada gas, dan ketika dijauhkan dari gas, resistansinya akan kembali ke harga semula setelah waktu yang singkat. Perlu diperhatikan kecepatan respon kembalinya ke keadaan semula bervariasi dengan jenis sensor dan jenis gas yang terdeteksi.

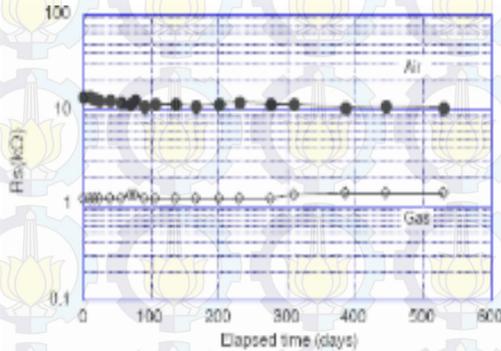


Gambar 2.5 Contoh respons sensor [3]

Semua sensor memiliki sifat sementara disebut aksi awal. Besarnya R_s turun seketika dengan tajam selama beberapa detik, dalam keadaan ada atau tidak ada gas yang terdeteksi, selanjutnya akan mencapai tingkat yang stabil sesuai dengan keadaan atmosfer sekitarnya. Lamanya aksi awal tergantung pada kondisi atmosfer selama penyimpanan, dan jenis sensor.

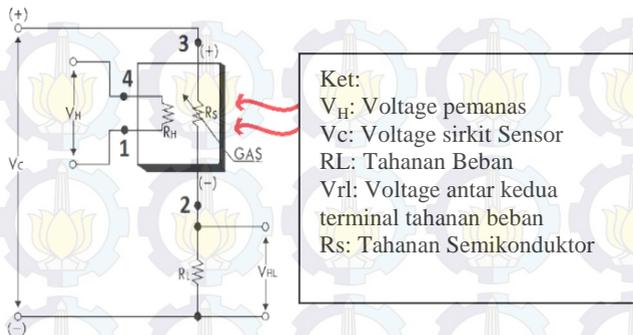


Gambar 2.6 Aksi Awal [3]



Gambar 2.7 Contoh kestabilan sensor jangka waktu lama [3]

2.1.4 Rangkaian Pengukuran Dasar



Gambar 2.8 Rangkaian Pengukuran dasar sensor [4]

Sensor memerlukan dua sumber tegangan, yakni tegangan pemanas (V_H) dan tegangan sirkit/rangkaian sensor (V_c). Tegangan pemanas dipakai pada pemanas terintegrasi untuk mempertahankan elemen sensor pada suhu tertentu yang optimal. Tegangan sirkit digunakan untuk memungkinkan pengukuran tegangan (V_{RL}) antar kedua terminal tahanan beban (R_L) yang dihubungkan seri dengan sensor. Suatu sirkit catu daya umum dapat digunakan baik untuk V_c maupun V_H untuk memenuhi kebutuhan listrik sensor. Konsumsi daya (P_s) pada semikonduktor dibawah 15 mW.

2.1.5 Sensor Figaro TGS 2620

TGS 2620 *Alcohol, organic vapor* sensor untuk mengetahui banyaknya *Alcohol Organic solvents* di udara. Biasanya sensor ini digunakan untuk mendeteksi uap larutan. Spesifikasi Teknis:

- Target Gas : *Alcohol Organic Solvents*
- Output : *Resistance*
- *Typical Detection Range* : 50ppm - 5.000ppm
- *Heater Voltage* : 5 ± 0.2 (DC/AC)
- *Circuit Voltage* : 5 ± 0.2 (DC/AC)
- *Power Consumption* : ± 15 mW
- *Sensor resistance* : 1 - 5Kohm (pada 300ppm)

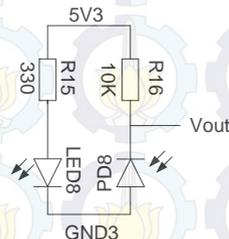
2.2 Sensor Cahaya

Pada sensor cahaya ini terdiri dari dua buah komponen yang digunakan pada dasarnya yaitu LED yang digunakan sebagai pengirim (*transmitter*) sedangkan photodiode digunakan sebagai penerima (*receiver*). Pada prinsipnya sensor cahaya ini menggunakan prinsip kerja pembagi tegangan. Photodiode memiliki karakteristik yaitu ketika kena cahaya dan tidak kena cahaya maka nilai resistansinya akan berubah-ubah. Photodiode jika kena pantulan cahaya dari LED maka nilai resistansinya akan mengecil. Begitu juga sebaliknya, ketika tidak kena pantulan cahaya dari LED maka resistansi akan membesar. Berikut adalah gambar dari sistem kerja sensor cahaya.



Gambar 2.9 Sensor cahaya [5]

Pada sistem tersebut yang nilai resistansinya berubah-ubah pada photodiode, maka menggunakan rangkaian pembagi tegangan. Rangkaian tersebut dapat dilihat seperti gambar berikut.



Gambar 2.10 Rangkaian Sensor cahaya

Pada gambar 2.10 menunjukkan rangkaian sensor cahaya yang berpengaruh pada cahaya. Jika kondisi tidak terkena cahaya maka nilai resistansi pada photodiode amat besar, sehingga dapat di asumsikan nilainya mendekati tak hingga. Sehingga output akan mendekati nilai 5volt. berikut adalah perumusan matematis sensor cahaya ketika tidak mendeteksi cahaya

$$V_{out} = \frac{R_{pd}}{R_{pd} + R_{kompensasi}} \times V_{in} \quad (2.2)$$

$$V_{out} = \frac{\sim}{\sim + 10k} \times 5 \text{ volt}$$

$$V_{out} \approx 5 \text{ volt}$$

Pada persamaan (2.2) diatas menunjukkan bahwa ketika sensor photodiode tidak terkena cahaya, maka nilai tegangan output mendekati 5 volt yang sesuai dengan tegangan input. Begitu pula ketika sensor photodiode terkena cahaya. Sensor photodiode ketika terkena cahaya nilai resistansi menjadi kecil. Sehingga nilai tegangan output mendekati 0 volt. berikut adalah persamaan matematis sensor cahaya ketika mendeteksi cahaya.

$$V_{out} = \frac{R_{pd}}{R_{pd} + R_{kompensasi}} \times V_{in}$$

Jika $R_{pd} = 2K$

$$V_{out} = \frac{2k}{2k + 10k} \times 5 \text{ volt}$$

$$V_{out} \approx 0,83 \text{ volt}$$

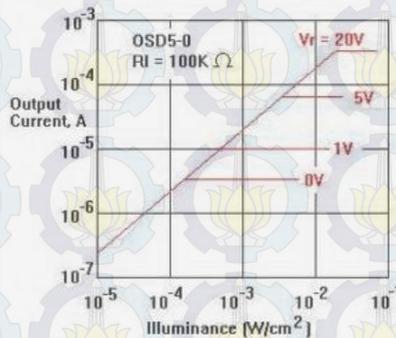
2.2.1. Karakteristik Photodioda

Photodioda dibuat dari semikonduktor dengan bahan populer adalah silikon (Si) atau galium arsenida (GaAs), dan yang lain meliputi InSb, InAs, PbSe. Material ini menyerap cahaya dengan karakteristik panjang gelombang mencakup $2500 \text{ \AA} - 11000 \text{ \AA}$ untuk silikon, $8000 \text{ \AA} - 20.000 \text{ \AA}$ untuk GaAs. Ketika sebuah foton (satu satuan energi dalam cahaya) dari sumber cahaya yang diserap, hal tersebut membangkitkan suatu elektron dan menghasilkan sepasang pembawa muatan tunggal, sebuah elektron dan sebuah *hole*, dimana suatu *hole* bagian dari kisi-kisi semikonduktor yang kehilangan elektron. Arah arus yang melalui sebuah semikonduktor adalah kebalikan dari gerak muatan pembawa.

Prinsip kerja dari photodioda:

1. Cahaya yang diserap oleh photodioda
2. Terjadinya pergeseran foton
3. Menghasilkan sepasang elektron dan *hole* di kedua sisi
4. Elektron menuju ke $V+$ sumber dan *hole* menuju ke $V-$ sumber

Berikut adalah karakteristik dari respon intensitas cahaya dengan tegangan keluaran pada photodioda.



Gambar 2.11 Karakteristik Photodioda [5]

Pada gambar tersebut menunjukkan bahwa perubahan resistansi dipengaruhi oleh arus bocor. Photodiode memiliki fungsi linier terhadap intensitas cahaya. Semakin besar mendapatkan penyinaran cahaya, semakin besar arus bocornya.

2.3 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup sehingga dapat diatur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor tersebut.



Gambar 2.12 Motor servo[6]

Terdapat 3 kabel yaitu *ground*, *vcc*, dan *data*. Jenis motor servo adalah motor servo standar 180° dan motor servo *continuous*. Motor servo standar 180° mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) dengan defleksi masing-masing sudut mencapai 90° sehingga total sudut dari kanan-tengah-kiri adalah 180° . Motor servo *continuous* mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) tanpa batasan defleksi sudut putar (dapat berputar secara kontinyu). Berikut ini ada beberapa aplikasi dari motor servo:

- *Manipulators*
- *Moving camera's*
- *Robot arms*

Pengendalian gerakan motor servo dapat dilakukan dengan metode pengaturan T_{on} . Teknik ini menggunakan

sistem lebar pulsa untuk mengendalikan putaran motor servo. Semakin kecil T_{on} , semakin ke kiri posisi sudut. Semakin besar T_{on} semakin ke kanan posisi sudut.

Berikut sistem sinyal pada motor servo dijelaskan pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.13 Pensinyalan Kontrol Servo [6]

Pada gambar 2.13 adalah pergerakan motor servo ke kanan atau ke kiri yang tergantung dari T_{on} yang diberikan. Jika T_{on} yang diberikan antara 500 us – 600 us sudut yang terbentuk antara 0-10°. Jika diberikan T_{on} antara 1400 us sampai dengan 1600 us sudut yang terbentuk antara 90°. jika diberikan $T_{on} > 2000$ sudut yang terbentuk $> 120^\circ$.

Salah satu perbedaan utama antara motor servo dan *stepper* motor adalah bahwa motor servo dijalankan dengan menggunakan kontrol sehingga ketika servo bergerak, servo akan mengenali keadaan sebelumnya dan sekarang. Beda hal untuk *stepper* motor, motor ini tidak ada sensor posisi dalam bergerak.

Beberapa keuntungan motor servo dibandingkan dengan *stepper* motor adalah:

1. *High intermittent torque*
2. Torsi tinggi untuk *inertia ratio*
3. Kecepatannya tinggi
4. Bekerja baik untuk kontrol kecepatan
5. Tersedia dalam banyak ukuran

6. Tidak menimbulkan suara keras

Beberapa kekurangan motor servo dibandingkan dengan *stepper* motor adalah:

1. Lebih mahal daripada *stepper* motor
2. Tidak dapat bekerja dengan sistem *open loop*, dibutuhkan umpan balik.
3. Memerlukan penyesuaian parameter – parameter *control loop*
4. Memerlukan pemeliharaan yang lebih karena adanya *brush* pada motor DC

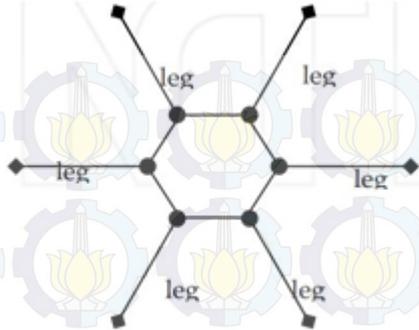
Motor servo terdiri dari beberapa bagian utama, motor dan *gearbox*, sensor posisi, *error amplifier* dan motor *driver* serta sirkuit yang mengkode posisi yang diminta. Gambar 2.14 menunjukkan Blok diagram motor servo.



Gambar 2.14 Diagram blok motor servo

2.4 Robot Hexapod (Robot Berkaki Enam)

Robotika adalah ilmu yang mempelajari robot. Kata robot berasal dari bahasa Ceko yaitu robota yang memiliki makna kerja (*work*). Istilah robot pertama kali dipakai oleh dramawan dan novelis Ceko, Karol Capek pada tahun 1917. Robot hexapod ini memiliki 6 buah kaki yang simetri terhadap kakinya. Berikut adalah gambar design mekanik pada robot hexapod.



Gambar 2.15 Design mekanik robot hexapod [7]

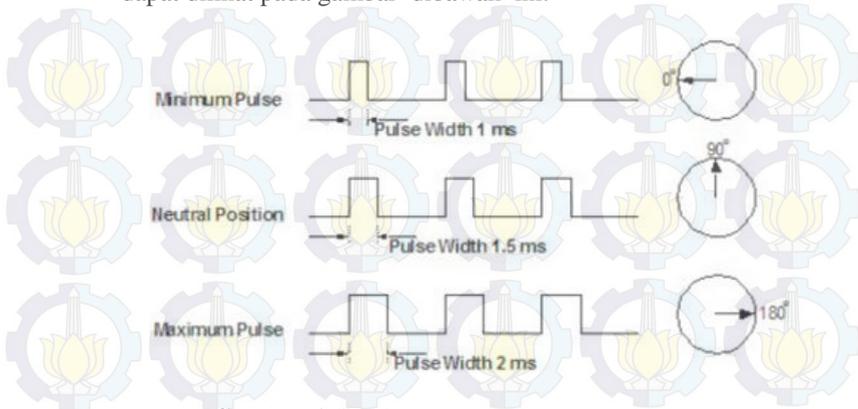
Aktuator robot hexapod menggunakan motor servo. Motor servo diatur dengan menggunakan *Pulse Width Modulation* (PWM) dengan pulsa antara 600 us – 2400 us. Catu daya yang digunakan untuk motor servo antara 5volt - 7.4 volt. Tegangan motor servo berpengaruh pada torsi motor. Torsi motor maksimal, jika tegangan pada motor servo juga maksimal. Pada gambar 2.16 merupakan gambar dari robot hexapod.



Gambar 2.16 Robot Hexapod

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa robot hexapod tersebut terdiri dari enam kaki. Dan tiap kaki robot terdiri dari

tiga buah motor servo. Dalam pengaturan sudut motor servo dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

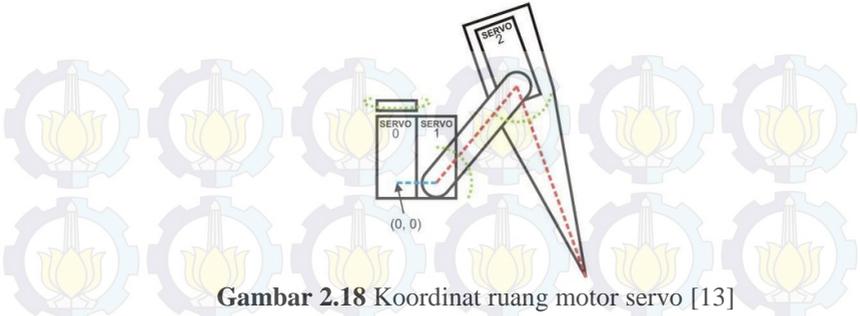


Gambar 2.17 Pengaturan motor servo dengan menggunakan PWM

2.4.1 Inverse Kinematics Robot Hexapod

Kinematik adalah pergerakan tanpa memperhatikan gaya ataupun faktor lainnya yang mempengaruhi dari gerakan tersebut. Kinematik terdiri dari dua buah yaitu *inverse kinematics* dan *forward kinematics*. *Inverse kinematics* adalah pencapaian titik koordinat/ target koordinat tanpa memperhatikan sudut rotasi pada tiap sendi. Sedangkan *forward kinematics* adalah memberikan inputan berupa sudut rotasi tiap sendi tetapi tidak mengetahui target koordinat yang diinginkan.

Pada robot hexapod ini menggunakan metode *inverse kinematics* dalam sistem berjalan robot. Tiap kaki robot hexapod memiliki tiga buah motor servo. Pada kaki robot hexapod memiliki tiga buah sumbu utama yaitu sumbu x, sumbu y dan sumbu z.

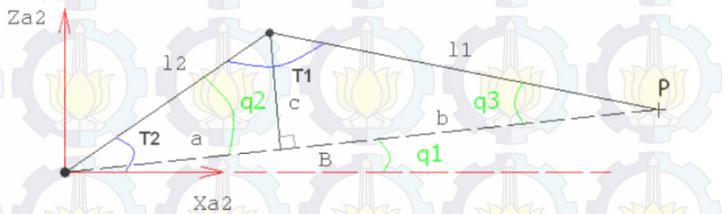


Gambar 2.18 Koordinat ruang motor servo [13]

Koordinat ruang motor servo diantaranya [13] :

- Servo 0, servo akan bergerak pada dimensi ruang y^+ dan y^-
- Servo 1, servo akan bergerak pada dimensi ruang x^+ dan x^-
- Servo 2, servo akan bergerak pada dimensi ruang z^+ dan z^-

Pada tiap kaki robot memiliki beberapa lengan yang digunakan yaitu l1 dan l2. Kombinasi antara l1 dan l2 akan membentuk sudut yang dinamakan sudut T1 dan sudut T2.



Gambar 2.19 Pembentukan sudut antara T1 dan T2

Dengan metode trigonometri, kita dapat mencari nilai sudut T1 dan sudut T2. Berikut rumusan dalam mencari sudut T2:

$$B = a + b \quad (2.3)$$

$$q1 = \arccos \frac{Xa2}{a} \quad (2.4)$$

Dengan menarik garis lurus yang terbentuk dari perpaduan l2 dan l1 maka akan mendapatkan segitiga siku-siku. Sehingga dengan menggunakan perumusan pythagoras.

$$a^2 = 12^2 - c^2 \quad (2.5)$$

$$c^2 = 12^2 - b^2 \quad (2.6)$$

Dengan menggunakan metode substitusi dari persamaan (2.4) dan (2.5) maka

$$a^2 = 12^2 - 11^2 + b^2$$

$$a^2 = 12^2 - 11^2 + (B - a)^2$$

$$a^2 = 12^2 - 11^2 + B^2 + a^2 - 2aB$$

$$a = \frac{B^2 + 12^2 - 11^2}{2B} \quad (2.7)$$

$$q_2 = \arccos \frac{a}{12} \quad (2.8)$$

$$T_2 = q_1 + q_2 \quad (2.9)$$

Untuk mencari sudut T1 dengan menggunakan rumus sudut ganda pada trigonometri.



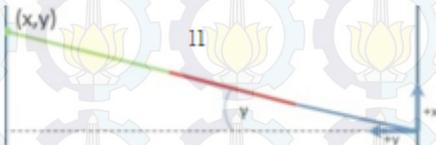
Gambar 2.20 Ilustrasi mencari sudut T1

$$A = \text{Arc Cos} \frac{c^2 + b^2 - a^2}{2 * c * b} \quad (2.10)$$

Dengan mengasumsikan $c = 12$ dan $b = 11$ maka menjadi

$$A = \text{Arc Cos} \frac{12^2 + 11^2 - B^2}{2 * 11 * 12} \quad (2.10)$$

Setelah kita mendapatkan sudut $T1$ dan sudut $T2$, selanjutnya mencari sudut γ . Sudut γ sudut yang terbentuk dari sumbu x dan sumbu y . Untuk pencarian sudut γ kita dapat gambarkan dalam bentuk dua dimensi. Dapat dilihat pada gambar 2.21 dibawah ini.



Gambar 2.21 Pembentukan sudut γ

Dari gambar 2.21 dapat mencari sudut γ dengan menggunakan metode pythagoras

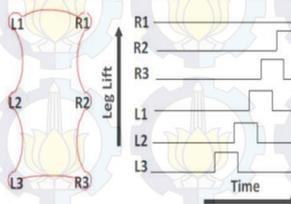
$$\gamma = \text{Arc tan } \frac{x}{y} \quad (2.11)$$

2.4.2 Sistem Gerak Robot Hexapod

Sistem gerak robot hexapod memiliki beberapa metode gerakan. Gerakan robot memiliki dua buah metode yaitu metode *metachronical gait* dan metode *tripedal gait* [7].

a. *Metachronical gait*

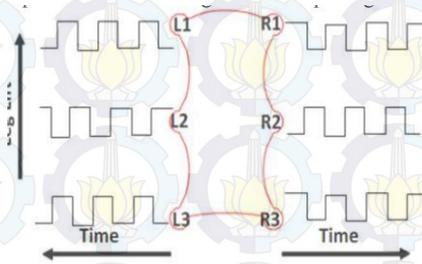
Pada metode ini, pergerakan kaki robot secara satu-satu. Pada gambar 2.22 menunjukkan ilustrasi sistem gerak robot dengan menggunakan metode *metachronical gait*.



Gambar 2.22 Metode *metachronical gait* [7, 10]

b. *Tripedal gait*

Pada metode ini, mengangkat tiga buah kaki secara bersama-sama dan tiga kaki lainnya masih pada posisi di tanah dan proses ini dilakukan secara sekuensial. Berikut adalah ilustrasi dari pergerakan dengan menggunakan *tripedal gait*.



Gambar 2.23 Metode *tripedal gait* [7, 10]

2.5 XISC 32 (Servo Kontroller)

Servo kontroller XISC 32 digunakan untuk mengatur 32 motor servo dengan menggunakan komunikasi serial. Komunikasi ini antara master ke servo kontroller. Yang bertindak sebagai master adalah Atmega 32. Gambar 2.24 menunjukkan gambar dari XISC 32

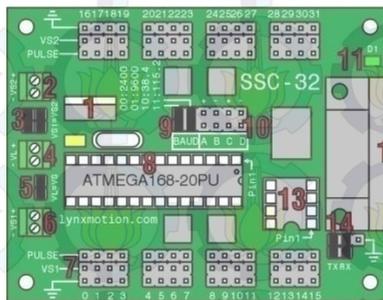


Gambar 2.24 Board XISC 32

XISC 32 ini membutuhkan catu daya 6 - 9 volt. Karena di XISC 32 terdapat regulator 7805 yang digunakan untuk memberikan tegangan pada Atmega 168 sebesar 5 volt. Servo controller ini terdapat DB9 yang digunakan untuk komunikasi serial dengan PC. Beberapa *baudrate* yang tersedia pada XISC 32, diantaranya 2400, 9600, 38400, 115200 bps. Dan biasa yang digunakan untuk PC menggunakan *baudrate* standart PC adalah 115200.

2.5.1 Konfigurasi Servo Kontroller

Pada XISC 32 memiliki beberapa pin konfigurasi yang digunakan.

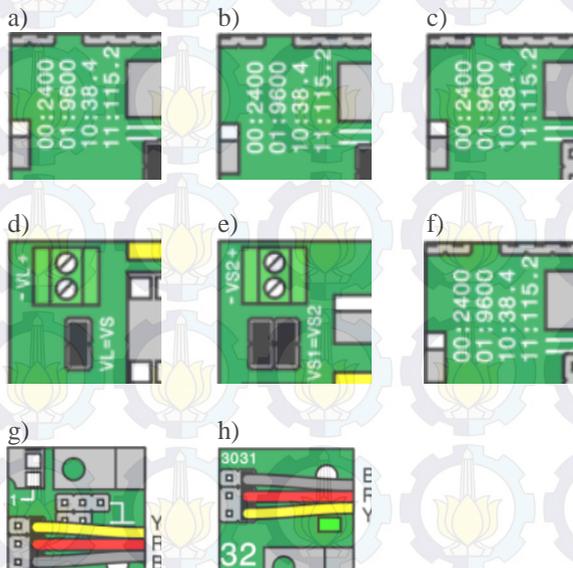


Gambar 2.25 Konfigurasi pin XISC 32

Berikut adalah konfigurasi pin dari XISC 32:

1. Regulator 7805 yang digunakan untuk memberikan tegangan 5volt ke mikrokontroller atmega 168.
2. Konektor yang digunakan untuk memberi tegangan 16 atau 32 servo. Tegangan yang dapat beroperasi pada 16 atau 32 servo tersebut adalah 5 volt – 7,4 volt.
3. Konektor yang digunakan untuk menggabungkan catu daya servo menjadi 1 baterai.
4. Konektor ini digunakan untuk memberikan catu daya pada regulator 7805.

5. Konektor ini digunakan untuk menjadikan catu daya satu sumber, antara atmega 168 dan catu daya servo.
6. Konektor untuk memberikan tegangan 16 atau 32 servo. Tegangan kerja servo 5volt – 7,4 volt.
7. Konektor ini digunakan untuk koneksi ke motor servo
8. Mikrokontroler ini digunakan untuk mengatur sistem dari XISC 32
9. Digunakan untuk mengatur kecepatan pengiriman data dalam komunikasi serial
10. Digunakan untuk sistem *latching* dan statik.
11. Led digunakan sebagai indikator pengiriman data serialnya.
12. DB9 digunakan untuk komunikasi dengan PC.
13. IC eeprom digunakan untuk *firmware*
14. Ini digunakan untuk komunikasi serial dari master ke XISC 32.



Gambar 2.26 Pin konektor XISC 32

Keterangan gambar pada pin konektor XISC 32:

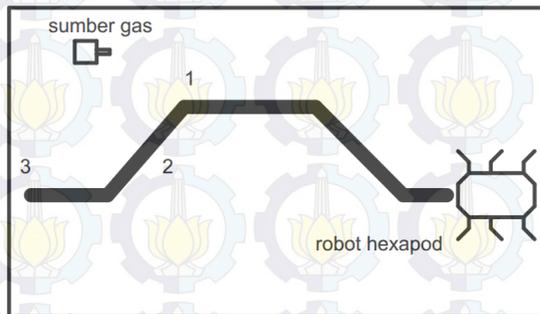
- a) Setting *jumper* untuk menentukan *baudrate* pada XISC 32 senilai 115200 bps
- b) Setting *jumper* untuk menentukan *baudrate* pada XISC 32 senilai 38400 bps
- c) Setting *jumper* untuk menentukan *baudrate* pada XISC 32 senilai 2400 bps
- d) Setting *jumper* ini digunakan untuk setting catu daya servo dan catu daya atmega 168 menjadi satu
- e) Setting *jumper* ini digunakan untuk kedua catu daya servo menjadi satu
- f) Setting *jumper* untuk menentukan *baudrate* pada XISC 32 senilai 9600 bps
- g) Digunakan untuk standart pemasangan servo pada pin 0-15
- h) Digunakan untuk standart pemasangan servo pada pin 16 - 31



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem pada robot hexapod terdiri dari beberapa bagian yaitu perancangan elektrik, perancangan mekanik, perancangan perangkat lunak, serta perancangan lapangan robot dalam mendeteksi sumber gas. Dalam perancangan semua sistem terdapat keterkaitan antara satu dengan yang lainnya. Dalam perancangan lapangan robot hexapod dalam mendeteksi gas bocor menggunakan garis panduan berupa garis hitam. Garis panduan ini difungsikan sebagai pemandu robot ketika robot berjalan menyusuri pipa gas. Berikut adalah contoh garis panduan robot dalam melacak gas bocor.



Gambar 3.1 Garis panduan dalam melacak gas bocor

Pada gambar 3.1 robot akan berjalan mengikuti garis hitam. Garis hitam ini memiliki lebar sebesar 7,5 cm. Dalam pengambilan data titik gas bocor terletak pada titik nomor 1, 2 dan 3. Kebocoran gas letaknya terdapat dua kemungkinan yaitu gas bocor berada di sebelah kanan robot atau sebelah kiri robot. Ketika robot menemukan gas bocor maka robot akan berhenti dan menampilkan posisi gas bocor apakah gas bocor tersebut berada di kanan atau di kiri.

Pada pemrosesan berjalannya robot membutuhkan perangkat elektrik yaitu sistem minimum. Pada sistem minimum ini digunakan untuk pengolahan data input dan output pada robot.

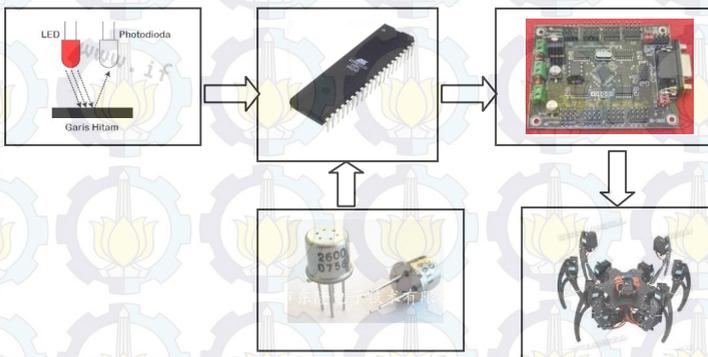
Data input pada robot meliputi sensor gas dan sensor cahaya, sedangkan data output berupa pengaturan gerak delapan belas motor servo pada robot hexapod. Dalam pengolahan data sensor cahaya pada robot dengan membandingkan warna hitam dan putih dengan menggunakan sensor cahaya. Robot akan mengikuti garis hitam sampai menemukan titik gas bocor dengan menggunakan sensor gas. Ketika robot berjalan pada garis hitam dan menemukan titik kebocoran pada nomor 1,2 dan 3 maka robot akan berhenti dan menampilkan posisi kebocoran gas terletak di sebelah kiri atau di sebelah kanan. Dalam mendeteksi kebocoran gas menggunakan sensor gas TGS 2620. Sensor gas ini langsung diolah oleh mikrokontroler secara langsung dengan menggunakan ADC pada mikrokontroler.

Dalam pengolahan data output delapan belas motor servo, menggunakan servo controller XISC 32. Komunikasi antara servo controller dengan mikrokontroler menggunakan komunikasi serial. Dalam pengiriman ini mikrokontroler akan menjalankan semua keadaan motor servo dengan parameter berupa inputan sensor cahaya dan sensor gas.

3.1 Diagram Blok Sistem

Robot hexapod akan mengikuti garis hitam dalam menemukan sumber gas. Parameter yang digunakan ada tujuh buah sensor cahaya dalam mengikuti garis hitam. Lima buah sensor cahaya sebagai sensor depan, satu buah sensor cahaya di sebelah kanan dan satu di sebelah kiri. Fungsi dari sensor depan untuk mengkondisikan keadaan robot tetap stabil dalam mengikuti garis hitam. Selain itu ada sensor cahaya kanan yang digunakan untuk menentukan keadaan apakah ada jalan belok di sebelah kanan atau tidak. Jika ada maka robot akan berbelok ke arah kanan. Begitu pula sensor cahaya sebelah kiri digunakan seperti sensor cahaya sebelah kanan. Semua data sensor cahaya tersebut diolah oleh mikrokontroler. Ketika robot mengikuti garis hitam dan robot menemukan titik kebocoran gas maka sensor gas yang akan bekerja. Sensor gas yang digunakan dalam sistem ini menggunakan TGS 2620. Inputan sensor gas ini diolah mikrokontroler dalam ADC. Ketika ada sumber gas dan sensor gas bekerja maka robot akan berhenti dan jika tidak mendeteksi

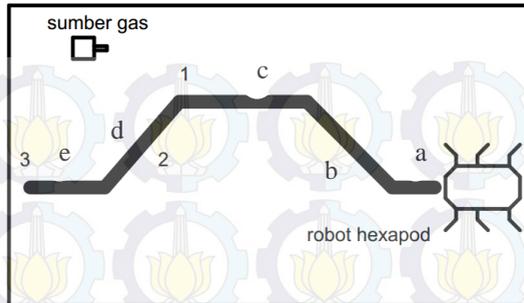
gas maka robot secara otomatis berjalan terus. Dalam beberapa parameter inputan berupa sensor gas dan sensor cahaya, adapula parameter dalam outputan yaitu menggerakkan delapan belas motor servo. Komunikasi delapan belas motor servo dengan mikrokontroler menggunakan XISC 32. XISC 32 ini digunakan untuk pengaturan sinyal PWM delapan belas motor servo. Pengaturan gerak robot disini mengikuti keadaan sensor cahaya dan sensor gas. Pada gambar 3.2 menunjukkan blok diagram sistem robot dalam mendeteksi gas dan garis hitam.



Gambar 3.2 Blok diagram Robot Hexapod

3.2 Perancangan Lapangan pada Robot Hexapod

Pada perancangan lapangan robot hexapod dalam mendeteksi gas bocor dengan menggunakan garis hitam. Garis hitam ini memiliki lebar 7,5 cm. Gambar 3.3 adalah lapangan yang digunakan dalam pengujian.



Gambar 3.3 Lapangan pengujian robot dalam mendeteksi gas bocor

Pada gambar 3.3 penentuan panjang lapangan pada titik a memiliki panjang 35 cm, ini merupakan titik start yang digunakan. Pada titik ini robot akan mulai berjalan. Pada titik b ini memiliki panjang sekitar 50 cm. Sudut yang dibentuk antara titik a dan b sekitar 140° . Pada titik c memiliki panjang 45 cm. Dan sudut yang dibentuk antara garis b dan garis c sekitar 140° . Pada garis c, merupakan tempat titik sumber gas. begitu pula untuk garis d dan e.

Eksperimen yang dilakukan dalam pengujian robot hexapod yaitu :

1. Melakukan pengujian pada titik 1, dengan peletakkan sumber gas di sebelah kanan robot atau di sebelah kiri robot
2. Melakukan pengujian pada titik 2, dengan peletakkan sumber gas di sebelah kanan robot atau di sebelah kiri robot
3. Melakukan pengujian pada titik 3, dengan peletakkan sumber gas di sebelah kanan robot atau sebelah kiri robot.

Dalam pengujian ini bahan yang digunakan menggunakan kain dasar berwarna putih dan diberi garis hitam dengan lebar 7,5 cm.

3.3 Perancangan Elektrik pada Robot Hexapod

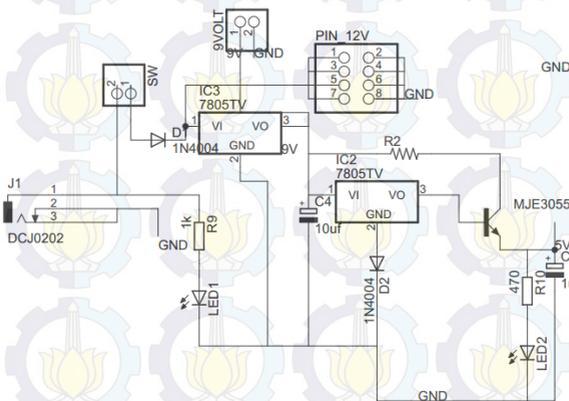
Perangkat elektrik adalah perangkat yang memiliki peranan penting dalam tugas akhir ini. Perangkat elektrik meliputi rangkaian catu daya, rangkaian sensor, minimum sistem dan servo kontroller.

Catu daya adalah perangkat elektronika yang digunakan untuk memberikan tegangan pada mikrokontroller, servo kontroller, dan

sensor lainnya. Catu daya yang digunakan pada robot ini ada dua, yaitu:

1. Catu daya untuk sistem
2. Catu daya untuk motor servo

Catu daya 12 volt menggunakan sistem *switching* yang banyak tersedia di pasaran. Lalu catu daya 12 volt di turunkan tegangannya menjadi 9 volt dengan menggunakan regulator 7809. Regulator 7809 digunakan untuk memberikan catu daya pada servo kontroller karena rangkaian ini membutuhkan tegangan 7,4 volt sampai dengan 9 volt. Setelah 9 volt lalu di turunkan menjadi 5 volt dengan menggunakan rangkaian 7805. Pada rangkaian 7805 digunakan untuk memberi tegangan 5 volt pada sistem diantaranya mikrokontroller, sensor cahaya dan sensor gas. Pada gambar 3.4 adalah rangkaian catu daya yang digunakan pada sistem.



Gambar 3.4 Rangkaian catu daya 5 volt

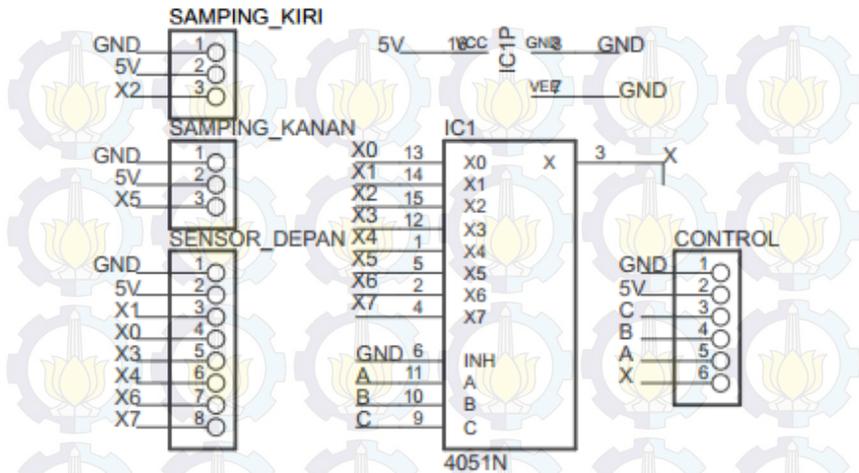
Pada gambar 3.4 menunjukkan bahwa catu daya 12 volt ini merupakan catu daya yang tersedia di pasaran. Catu daya ini memiliki output arus sampai dengan 2 A. Fungsi dioda pada 1N4004 pada rangkaian digunakan untuk mengamankan sistem ketika catu daya terbalik. Fungsi dari 7809 selain digunakan untuk memberikan catu daya pada servo kontroller juga digunakan untuk mengurangi disipasi daya rangkaian regulator 7805. Jika tidak ada komponen 7809 maka komponen 7805 akan mengalami

panas berlebih karena dari 12 volt ke 5 volt terjadi perbedaan tegangan yang besar, sehingga mengakibatkan regulator 7805 panas. Pada ground regulator 7805 terpasang dioda. Fungsi dari dioda tersebut agar output tegangan pada 7805 adalah 5 volt. Karena jika menggunakan penguat arus dengan rangkaian transistor tanpa menggunakan dioda pada regulator 7805 maka output akan menjadi 4,3 volt. Transistor yang digunakan dalam melakukan penguatan menggunakan MJE 3055 karena dimensi dari transistor ini tidak terlalu besar dan ukuran sebesar regulator 7805 sehingga memudahkan dalam penataan di PCB.

Catu daya yang digunakan untuk servo yaitu menggunakan rangkaian *switching* yang tersedia di pasaran. Catu daya yang tersedia dipasaran ini mengeluarkan tegangan 5 volt, dan dapat di atur tegangan dengan menggunakan potensio. Dengan potensio nilai minimal, tegangan outputnya sekitar 5,3 volt dan dengan nilai potensio maksimal mengeluarkan tegangan 6,9 volt. Catu daya ini mengeluarkan arus mencapai 20 Ampere. Karena konsumsi total delapan belas servo besar. Satu servo mengkonsumsi sekitar 0,5 - 2 Ampere. Jika delapan belas servo maka akan mengkonsumsi sekitar 9 - 12 Ampere .

3.3.1 Rangkaian Sensor Cahaya

Pada sensor cahaya terdapat tujuh buah sensor. Lima buah sensor cahaya dipasang di depan robot dan dua buah sensor cahaya dipasang di tengah badan robot . Pada sensor cahaya di robot semua di inputkan ke dalam multiplexer 4051. Multiplexer yang digunakan delapan pin input dan tiga sebagai kanal dan satu sebagai selektor. Kanal di inputkan ke pin I/O mikrokontroller dan selektor pada multiplexer dimasukkan ke pin ADC mikrokontroller guna membaca tujuh buah sensor cahaya. Berikut adalah rangkaian multiplexer yang diinputkan ke pin ADC pada gambar 3.5

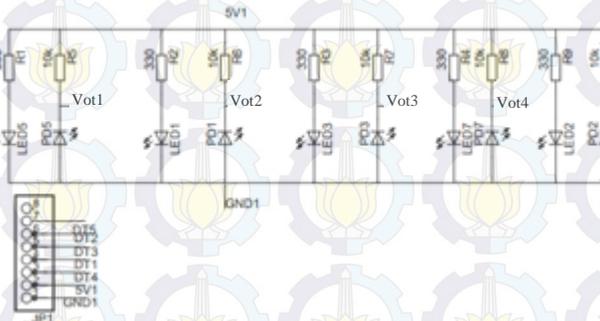


Gambar 3.5 Rangkaian Multiplexer delapan kanal input [15]

Pada gambar 3.5 menunjukkan bahwa tujuh buah sensor cahaya diinputkan ke multiplexer. Lalu pin kontrol digunakan untuk pembacaan sensor cahaya sebanyak tujuh buah. Pembacaan kanal pada multiplexer menggunakan tiga bit dalam pemilihan kanal. Misalnya ingin mengaktifkan kanal 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 maka dalam kontrol ABC diubah dalam bentuk biner 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110 dan 111. Pada kontrol X diinputkan ke pin ADC guna untuk membaca nilai ADC pada tujuh buah sensor cahaya.

Rangkaian tujuh sensor cahaya menggunakan prinsip pembagi tegangan biasa. Photodiode memiliki karakteristik ketika tidak menerima pantulan cahaya, nilai resistansi pada photodiode besar. Begitu juga sebaliknya ketika mendapatkan pantulan cahaya nilai resistansi pada photodiode kecil. Jika nilai penyebut semakin besar daripada nilai pembilang, maka nilainya mendekati nol. Begitu juga sebaliknya, jika nilai penyebutnya dan pembilang hampir sama maka nilai tegangan output akan mendekati dengan nilai tegangan input.

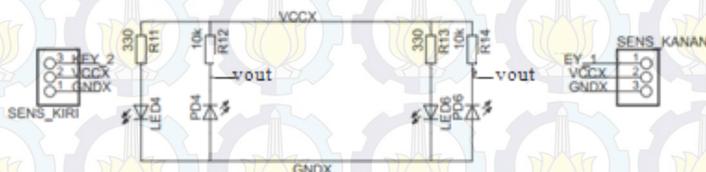
Berikut adalah rangkaian lima sensor cahaya pada bagian depan robot hexapod dapat dilihat pada gambar 3.6



Gambar 3.6 Rangkaian lima sensor cahaya

Pada rangkaian lima sensor cahaya pada gambar 3.6 terpasang di depan bagian robot. Robot akan mengikuti pola garis lurus dengan menggunakan acuan lima buah sensor cahaya ini. Kelima sensor cahaya ini, diinputkan kedalam multiplexer 4051 dengan pin I/O X1 , X0, X3, X4 dan X6.

Ketika ada pola garis belok kanan maupun belok kiri robot memanfaatkan dua buah sensor cahaya yang berada di tengah badan robot. berikut adalah gambar dua buah sensor cahaya di tengah robot.



Gambar 3.7 Rangkaian dua sensor cahaya

Pada gambar 3.7 menunjukkan rangkaian sensor cahaya yang dipasang ditengah badan robot. Sensor ini digunakan untuk mendeteksi posisi garis kanan dan kiri. Ketika sensor cahaya kanan mendeteksi ada garis hitam, maka robot akan berbelok ke

kanan. Begitu juga sebaliknya, ketika sensor cahaya sebelah kiri mendeteksi garis hitam maka robot akan berbelok kiri.

Ada dua kondisi photodiode pada sensor cahaya ini yaitu ketika photodiode terkena cahaya dan ketika photodiode tidak terkena cahaya. Jika kondisi tidak kena cahaya maka nilai resistansi pada photodiode menjadi besar, sehingga dapat di asumsikan nilainya mendekati tak hingga. Sehingga output akan mendekati nilai 5 volt. Berikut adalah perumusan matematis sensor cahaya ketika tidak mendeteksi cahaya

$$V_{out} = \frac{R_{pd}}{R_{pd} + R_{kompensasi}} \times V_{in} \quad (3.1)$$

$$V_{out} = \frac{\sim}{\sim + 10k} \times 5 \text{ volt}$$

$$V_{out} \approx 5 \text{ volt}$$

Pada persamaan (3.1) diatas menunjukkan bahwa ketika sensor photodiode tidak terkena cahaya, maka nilai tegangan output mendekati 5 volt yang sesuai dengan tegangan input. Begitu pula ketika sensor photodiode terkena cahaya. Sensor photodiode ketika terkena cahaya nilai resistansi menjadi kecil. Sehingga nilai tegangan output mendekati 0 volt. berikut adalah persamaan matematis sensor cahaya dengan mengacu persamaan 3.1 ketika mendeteksi cahaya.

$$V_{out} = \frac{R_{pd}}{R_{pd} + R_{kompensasi}} \times V_{in}$$

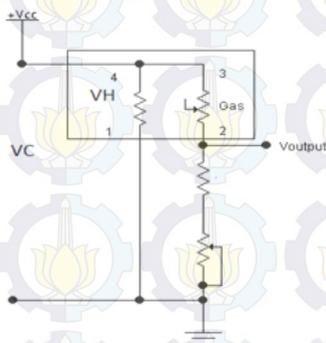
Jika $R_{pd} = 2K$

$$V_{out} = \frac{2k}{2k + 10k} \times 5 \text{ volt}$$

$$V_{out} \approx 0,83 \text{ volt}$$

3.3.2 Rangkaian Sensor Gas

Rangkaian sensor gas menggunakan prinsip sama seperti sensor cahaya. Sensor gas menggunakan prinsip pembagi tegangan. Ketika sensor gas mendeteksi gas maka tegangan akan naik begitu juga sebaliknya ketika tidak mendeteksi sensor gas maka tegangan akan turun. Gambar 3.8 adalah rangkaian dari sensor gas.



Gambar 3.8 Rangkaian sensor gas

Pada rangkaian sensor gas pada gambar 3.8 nilai resistor yang digunakan untuk pembagi tegangan yaitu 20K. Output dari tegangan sensor gas dimasukkan kedalam pin ADC dalam mikrokontroller. Dalam pembacaan ADC ini menggunakan 8 bit.

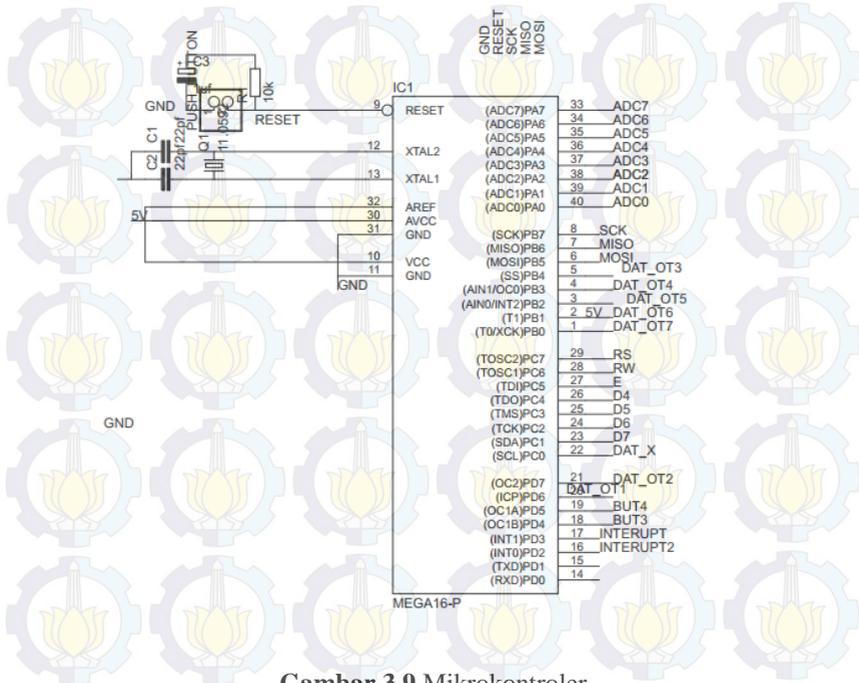
3.3.3 Mikrokontroler

Dalam tugas akhir ini menggunakan mikrokontroler atmega 32. Pada Atmega 32 digunakan dalam pemrosesan data serial, ADC. Pada komunikasi serial digunakan untuk komunikasi dengan servo kontroller XISC 32. Fungsi dari ini digunakan untuk mengontrol delapan belas servo. Dan pemrosesan ADC digunakan untuk mengakses sensor cahaya dan sensor gas.

ATmega 32 sebagai anggota keluarga mikrokontroler membutuhkan catu daya dengan tegangan tetap 5V. Rangkaian catu daya dari sistem mikrokontroler menggunakan L7805 yang

dapat mengeluarkan tegangan 5V. Sebelum masuk 5V menggunakan regulator L 7809 yang digunakan untuk menurunkan tegangan dari 12 volt ke 9 volt. Salah satu kelemahan dalam IC regulator 7805 adalah relatif rendahnya kemampuan pengeluaran arus listrik yakni pada kisaran 700mA. Dengan menggunakan transistor daya arus pada regulator bisa mencapai 8A. Terdapat juga port untuk *downloader* koneksi antara mikrokontroler dengan USBASP saat medownload program. Proses pemrograman mikrokontroler menggunakan *software Code Version AVR*.

Clock yang digunakan untuk komunikasi dengan servo kontroller menggunakan 11,0592 Mhz. Dengan clock ini kecepatan pengiriman data berapapun error sama dengan nol. Karena ini merupakan hal terpenting dalam komuniasi serial. Berikut adalah rangkaian skematik dari minimum sistem pada gambar 3.9



Gambar 3.9 Mikrokontroler

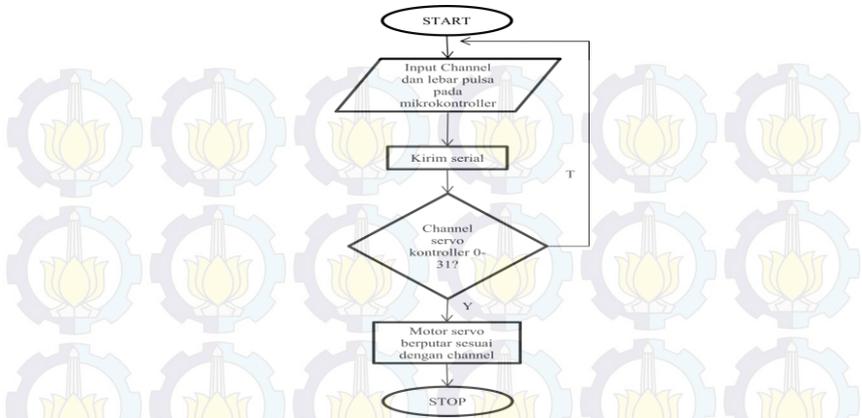
3.3.4 Servo Kontroller (XISC 32)

Servo controller yang digunakan adalah servo kontroller XISC 32, memiliki spesifikasi berbasis ATmega 168, mampu mengendalikan 32 motor servo, sistem antarmuka UART RS232/TTL, servo yang digunakan pada robot sejumlah delapan belas. Catu daya yang dibutuhkan untuk mengaktifkan servo kontroller sebesar 9 volt, dalam pengaktifan tegangan servo kontroller menggunakan L7809. Motor servo menggunakan tegangan 6 volt pada catu daya. Berikut adalah gambar dari XISC 32 yang digunakan untuk mengendalikan delapan belas servo pada robot hexapod. Pada gambar 3.10 merupakan bentuk fisik dari XISC 32.



Gambar 3.10 Servo kontroller XISC 32

Pengaturan servo kontroller tersebut menggunakan komunikasi serial. Pada komunikasi serial yang dijadikan sebagai pengirim adalah mikrokontroller dan yang sebagai penerima adalah XISC 32. Pada proses komunikasi ini menggunakan sistem terbuka. Pada gambar 3.11 adalah *flowchart* dari pengiriman pulsa dari mikrokontroller ke servo kontroller untuk menggerakkan motor servo.



Gambar 3.11 Flowchart menggerakkan motor servo dari mikrokontroler ke XISC 32

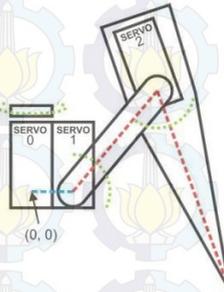
Pada gambar 3.11 menunjukkan pengiriman data serial dari mikrokontroler ke XISC 32 untuk menggerakkan motor servo. Dari mikrokontroler menginputkan *channel* dan lebar pulsa yang ada pada motor servo. Lalu data tersebut dikirim ke servo kontroler. Lalu dilakukan pengecekan, apakah *channel* servo kontroler yang diinputkan antara 0-31. Jika tidak maka motor servo tidak akan berputar. Jika *channel* yang diinputkan antara 0 sampai 31 dan pulsa yang dikirim antara 500 – 2400 us maka motor servo akan berputar dengan T_{on} yang dikirim dari mikrokontroler ke XISC 32.

3.4 Inverse Kinematics Lengan Robot

Kinematika robot dapat didefinisikan sebagai pergerakan lengan robot (*motion*) tanpa memperhatikan gaya ataupun faktor lain yang mempengaruhi gerakan lengan robot tersebut. Kinematika secara umum terbagi menjadi dua yakni *Forward kinematics* dan *Inverse Kinematics*. *Forward kinematics* adalah analisis *kinematic* untuk mendapatkan kordinat posisi (x,y,z) jika diketahui sudut dari tiap sendi.

Dengan penerapan *Inverse Kinematics*, kita mendapatkan sudut tiap servo dengan menginputkan koordinat posisi pada

robot. Pada kaki robot hexapod memiliki tiga buah sumbu utama yaitu sumbu x, sumbu y dan sumbu z.

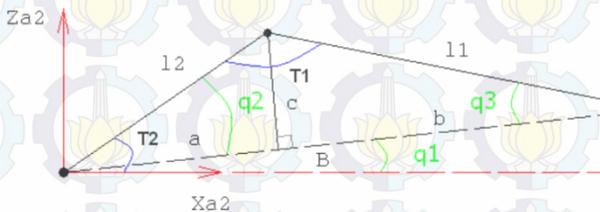


Gambar 3.12 Koordinat ruang motor servo [13]

Pada gambar 3.12 menunjukkan bahwa tiap kaki diwakili oleh tiga servo, yaitu servo 0, servo 1, dan servo 2. Servo tersebut dikendalikan dengan pengaturan T_{on} mulai dari 500 us – 2400 us. Koordinat ruang motor servo diantaranya:

- Servo 0, servo akan bergerak pada dimensi ruang y^+ dan y^-
- Servo 1, servo akan bergerak pada dimensi ruang x^+ dan x^-
- Servo 2, servo akan bergerak pada dimensi ruang z^+ dan z^-

Lengan yang menghubungkan antara servo 1 dan servo 2 di misalkan l2. Dan servo 2 dengan tanah di misalkan l1. Dari kombinasi antara servo dan lengan membentuk sudut, yaitu T1 dan T2. Pada gambar 3.12 merupakan ilustrasi dari kombinasi lengan dan servo pada satu kaki robot.



Gambar 3.13 Pembentukan sudut antara T1 dan T2

Pada gambar 3.13 merupakan ilustrasi gambar 2 dimensi dari tiap kaki. Dalam penyelesaian tersebut menggunakan metode

trigonometri untuk mencari nilai sudut T1 dan sudut T2. Berikut rumusan dalam mencari sudut T2:

$$B = a + b \quad (3.2)$$

$$q1 = \arccos \frac{xa2}{a} \quad (3.3)$$

Dengan menarik garis tegak lurus dari pertemuan l1 dan l2 sehingga menghasilkan garis c. Sehingga dalam mencari c dapat diturunkan rumus sebagai berikut

$$a^2 = l2^2 - c^2 \quad (3.4)$$

$$c^2 = l1^2 - b^2 \quad (3.5)$$

Setelah di dapatkan nilai c masing-masing, maka persamaan 3.4 dan persamaan 3.5 di substitusikan

$$a^2 = l2^2 - l1^2 + b^2$$

$$a^2 = l2^2 - l1^2 + (B - a)^2$$

$$a^2 = l2^2 - l1^2 + B^2 + a^2 - 2aB$$

$$a = \frac{B^2 + l2^2 - l1^2}{2B} \quad (3.6)$$

$$q2 = \arccos \frac{a}{l2} \quad (3.7)$$

dari persamaan (3.3) dan persamaan (3.7), maka untuk mencari T2 adalah

$$T2 = q1 + q2 \quad (3.8)$$

Untuk mencari keadaan T1 dengan menggunakan rumus sudut ganda pada trigonometri dapat dilihat pada persamaan (3.9)



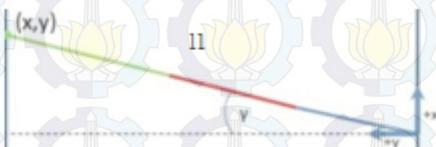
Gambar 3.14 Ilustrasi mencari sudut T1

$$A = \text{Arc Cos} \frac{c^2 + b^2 - a^2}{2 * c * b} \quad (3.9)$$

Jika $c = 12$ dan $b = 11$ maka persamaan menjadi:

$$A = \text{Arc Cos} \frac{12^2 + 11^2 - B^2}{2 * 12 * 11} \quad (3.10)$$

Setelah mendapatkan sudut T1 pada persamaan (3.10) dan sudut T2 pada persamaan (3.8) selanjutnya mencari sudut γ . Sudut γ sudut yang terbentuk dari sumbu x dan sumbu y. Untuk pencarian sudut γ kita dapat gambarkan dalam bentuk dua dimensi. Dapat dilihat pada gambar 3.15 dibawah ini.



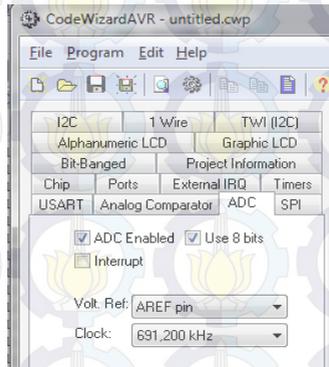
Gambar 3.15 Pembentukan sudut γ

Dari gambar 3.15 dapat mencari sudut γ dengan menggunakan metode pythagoras dapat diturunkan persamaan sebagai berikut

$$\gamma = \text{Arc tan} \frac{x}{y} \quad (3.11)$$

3.5 Perencanaan *Software* pada Sistem

Perangkat lunak yang dirancang pada sistem tertanam pada Atmega 32 memanfaatkan fungsi ADC, fungsi interrupt dan fungsi serial. Pada fungsi ADC ini digunakan untuk mengakses multiplexer. Dengan acuan X sebagai pembacaan ADC, dan A B C sebagai selektor dengan menggunakan *software CV AVR*. Berikut adalah gambar dari perancangan membuat ADC 8 bit.



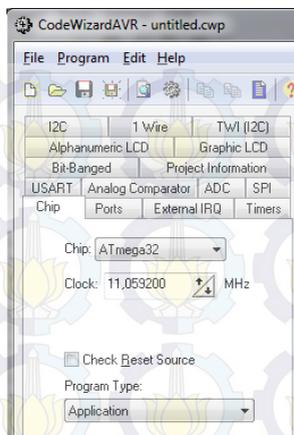
Gambar 3.16 Setting ADC 8 bit

Pada gambar diatas pengaturan ADC dengan menggunakan 8 bit. Maka pembacaan maksimal pada ADC tersebut adalah 255. Pembacaan ADC ini menggunakan tegangan referensi yaitu pin AREF. Dengan clock yang digunakan 691,2 KHz.

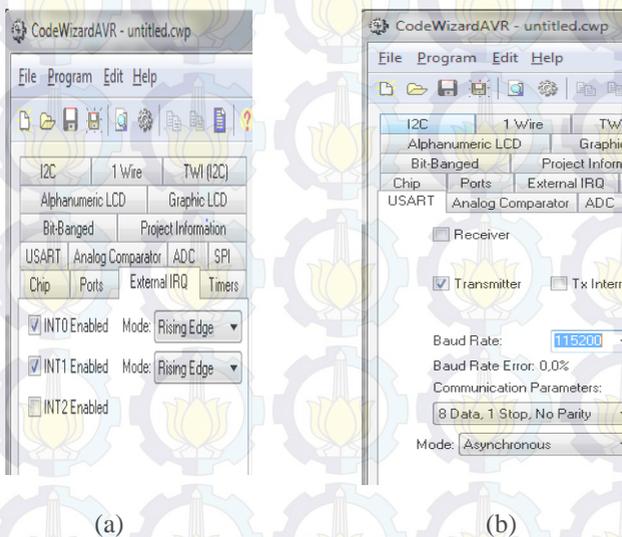
Dalam tugas akhir ini menggunakan ADC dengan fidelitas 8 bit, sehingga perhitungan ADC (*Analog Digital Converter*) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$ADC = \frac{vin \times 255}{vref}$$

Clock yang digunakan untuk atmega 32 adalah 11.0592 Mhz. *Clock* ini tepat dalam pengiriman data serial. Pada gambar 3.17 menunjukkan settingan *clock* di CV AVR.



Gambar 3.17 Tampilan menentukan jenis mikrokontroler dan sumber *clock*

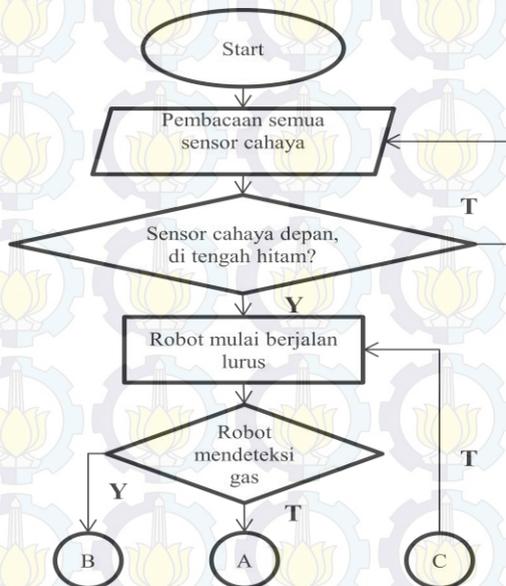


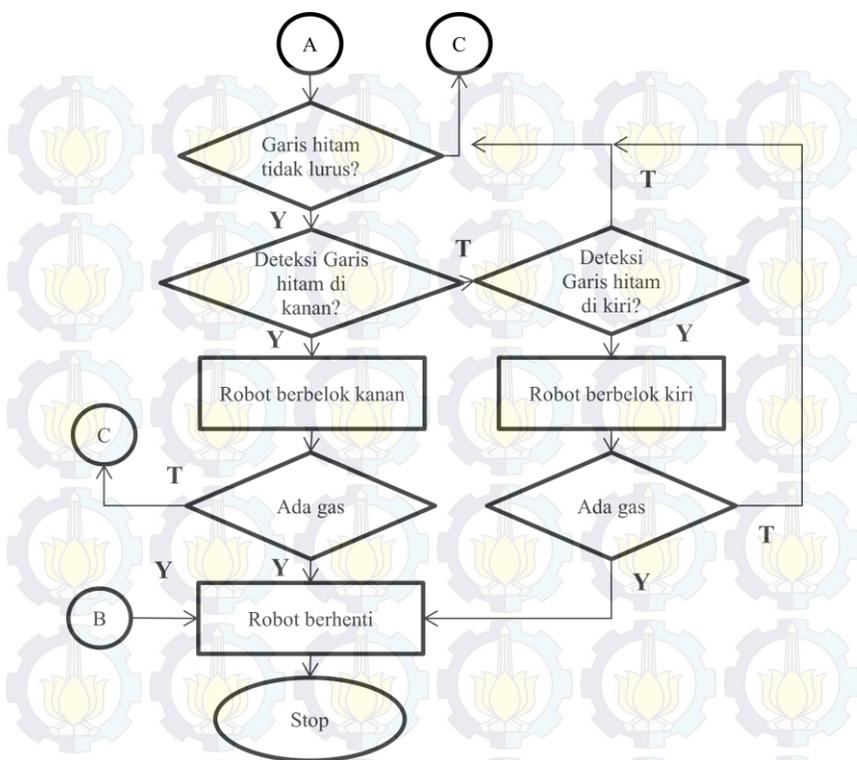
Gambar 3.18 Settingan pada CV-AVR: (a) mengaktifkan pin interrupt, (b) mengaktifkan fungsi serial

3.6 Proses Robot Hexapod dalam Mendeteksi Gas

Pada robot hexapod memiliki metode dalam pendeteksian sumber gas. Robot dapat berjalan lurus, berbelok kanan, dan berbelok kiri memiliki acuan dalam bergerak, yaitu menggunakan sensor cahaya sebagai garis pemandu. Ketika robot berjalan dan mendeteksi adanya sumber gas, maka robot akan berhenti dan menghentikan semua sistem.

Berikut adalah sistem secara umum pada robot hexapod dalam mendeteksi kebocoran gas.





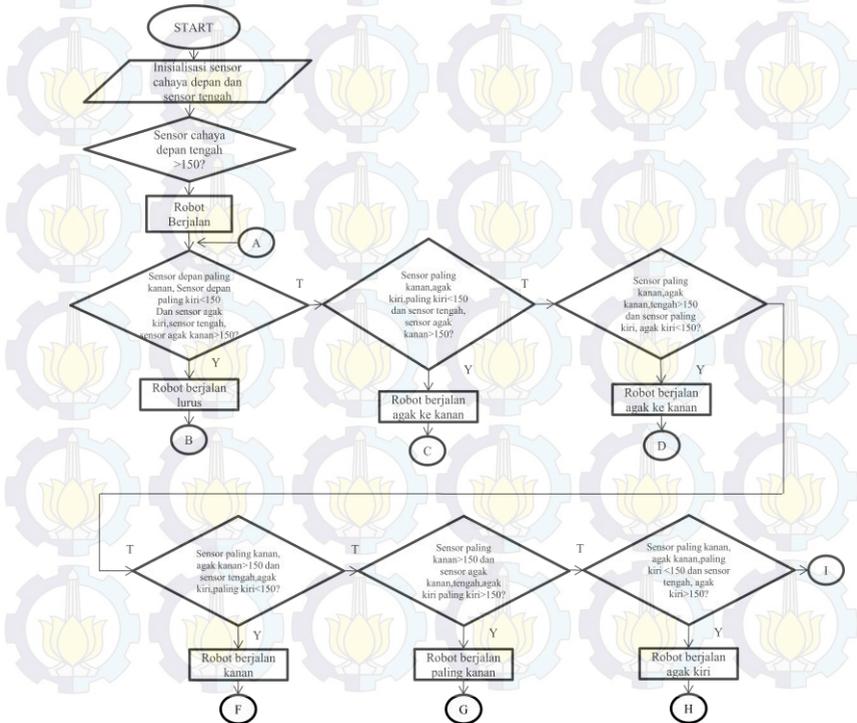
Gambar 3.19 *Flowchart* sistem robot dalam mendeteksi gas dan sensor cahaya

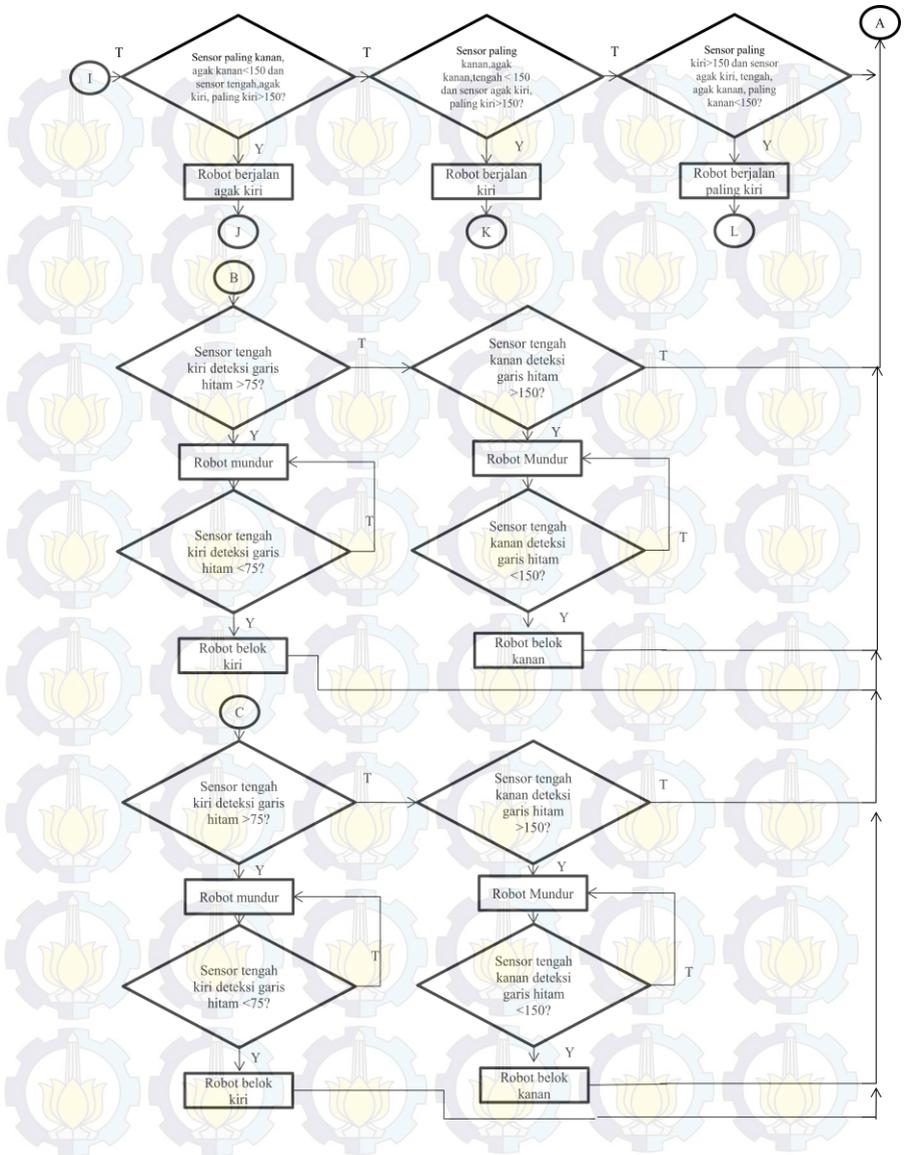
Pada *flowchart* diatas menjelaskan tentang robot hexapod dalam mendeteksi sensor cahaya dan sensor gas. Ketika sensor depan yang ada di tengah mendeteksi garis hitam , maka robot akan berjalan lurus tetapi jika keadaan tidak memenuhi maka robot akan diam dan tidak bergerak sampai mendapatkan keadaan tersebut. Setelah sensor mendeteksi garis hitam robot akan berjalan lurus. Ketika robot berjalan lurus dan mendeteksi gas maka robot akan diam dan menenumkan gas. Jika tidak maka robot akan melanjutkan jalan dengan melakukan

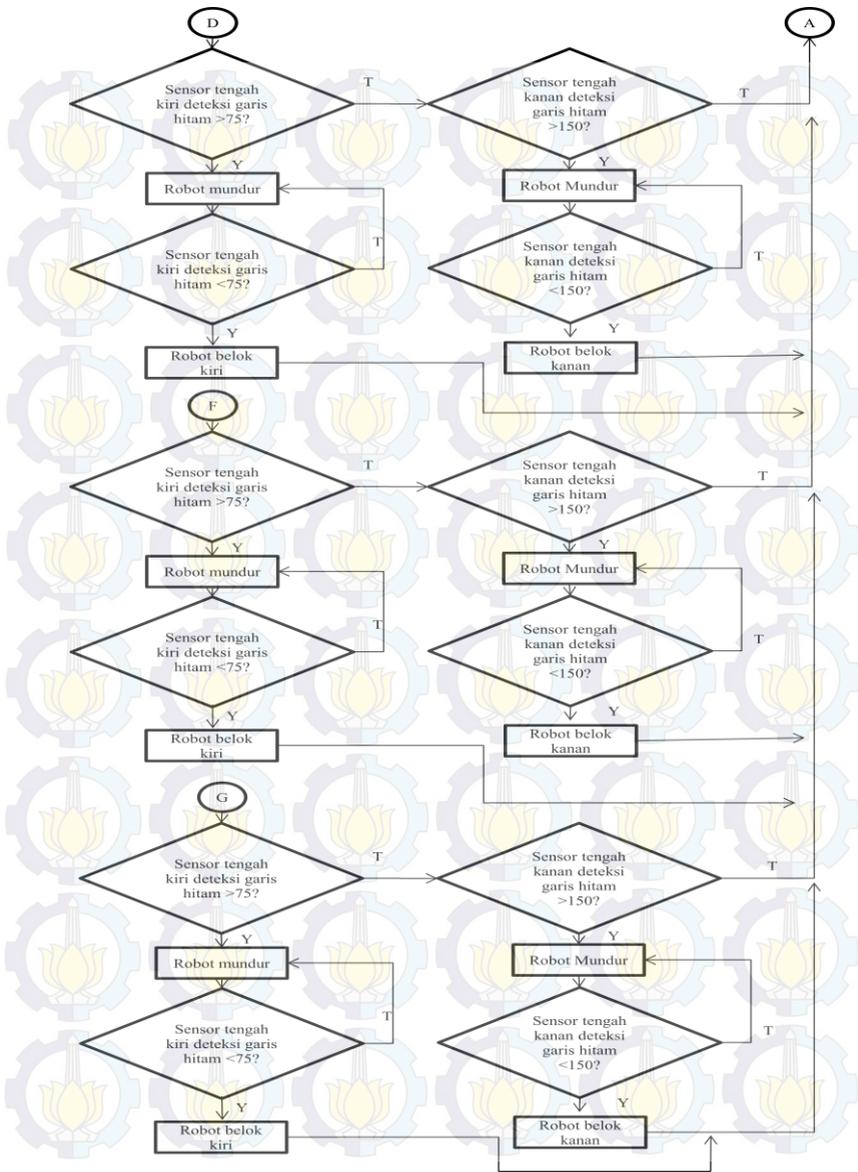
pengecekan sensor samping apakah ada garis hitam di sebelah kanan atau kiri atau tidak ada. Jika mendeteksi garis hitam sebelah kiri maka robot akan berbelok ke kiri. Selama proses robot berbelok kiri, robot akan melakukan pengecekan sensor gas. Jika ada maka robot akan berhenti. Jika tidak ada, robot akan berjalan sampai memenuhi kondisi. Begitu pula untuk robot ketika mendeteksi sensor cahaya sebelah kanan. Jika tidak ada keadaan sensor cahaya dalam mendeteksi garis hitam di sebelah kiri atau kanan, robot akan melakukan jalan lurus.

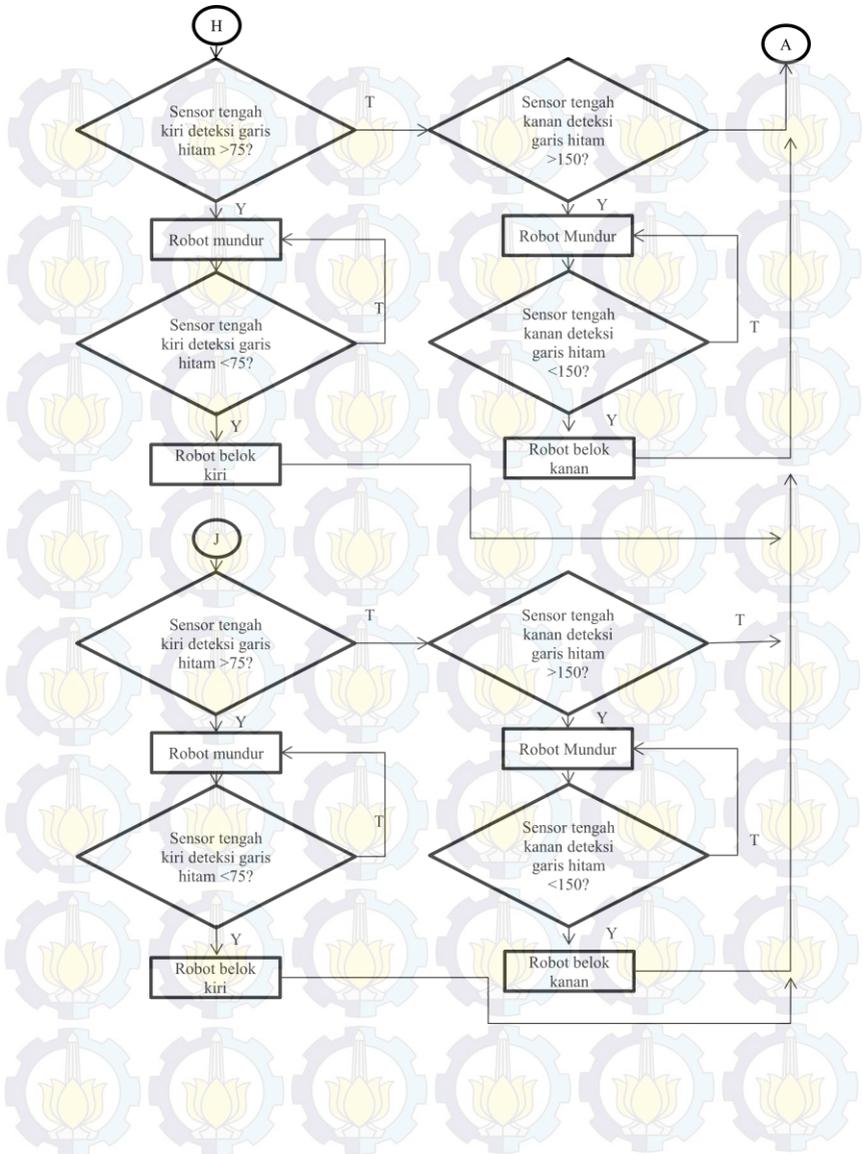
Pembacaan sensor gas pada sistem ini menggunakan ADC dengan resolusi 8 bit.

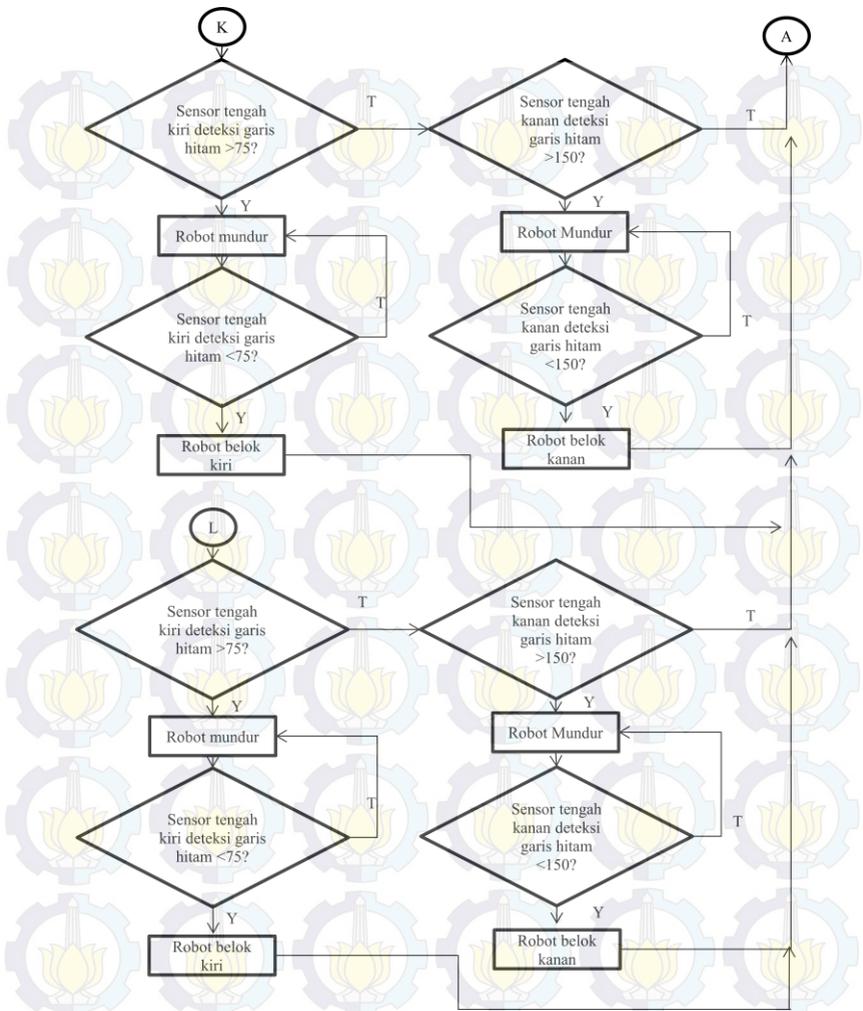
Setelah melakukan pengecekan semua sistem, lalu akan dijelaskan secara detail sistem robot dalam pengecekan semua sensor cahaya mengikuti garis.







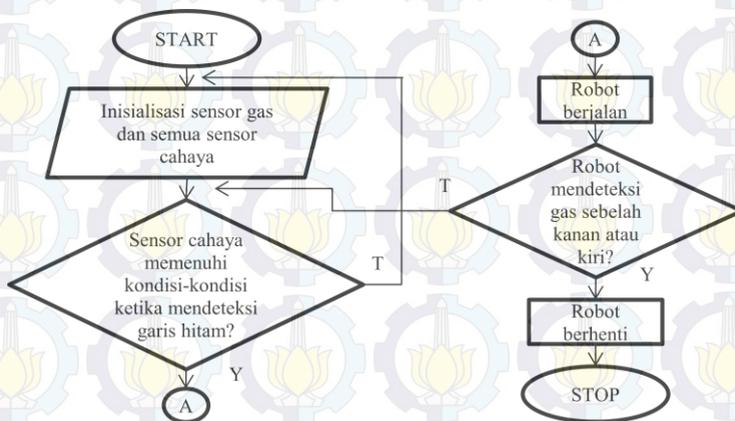




Gambar 3.20 Flowchart pembacaan sensor cahaya pada robot

Pada *flowchart* diatas menunjukkan seluruh pengecekan sensor cahaya. Ketika sensor agak kiri, tengah, agak kanan membaca nilai $ADC > 150$ dan sensor paling kanan, sensor paling kiri < 150 maka robot akan berjalan garis tengah. Ketika sensor tengah, sensor agak kanan membaca nilai $ADC > 150$ dan sensor paling kanan, agak kiri, paling kiri < 150 maka robot akan berjalan sedang ke kiri. Jika sensor cahaya paling kanan > 150 dan sensor agak kanan, sensor tengah, sensor agak kiri, dan sensor paling kiri < 150 maka robot akan berjalan menuju paling kiri karena error nya dalam mengikuti garis hitam besar. Begitu pula algoritma ketika sensor cahaya berkebalikan dari itu, maka robot akan berjalan ke kanan untuk mengurangi error dan mencapai target error sama dengan nol.

Selain pendeteksian sensor cahaya, robot juga mendeteksi sensor gas. Dalam pendeteksian sensor gas robot memanfaatkan pin ADC pada mikrokontroller. Berikut adalah *flowchart* robot ketika mendeteksi gas.



Gambar 3.21 *Flowchart* robot mendeteksi gas

Pada *flowchart* diatas menunjukkan semua sensor cahaya dan sensor gas di inisialisasikan. Ketika robot memenuhi keadaan atau kondisi untuk berjalan maka robot akan berjalan sesuai

dengan kondisi sensor cahaya yang terbaca oleh robot seperti keadaan sensor tengah, sensor agak kiri, sensor agak kanan membaca garis hitam yang nilainya >150 dan sensor paling kanan, sensor paling kiri membaca garis putih dengan nilai *threshold* yang ditentukan maka robot akan berjalan di tengah. Begitu pula kondisi sensor cahaya lainnya. Robot akan berjalan dengan kondisi sensor cahaya yang terbaca. Ketika robot berjalan dan mendeteksi adanya sumber gas robot akan berhenti. Jika tidak mendeteksi adanya sumber gas robot akan berjalan sesuai kondisi sensor cahaya.



BAB IV PENGUKURAN DAN ANALISIS SISTEM

Pengujian pada robot hexapod terdiri dari beberapa bagian yaitu pengujian perangkat keras, dan perangkat lunak. Tujuan dari perancangan ini untuk mendapatkan parameter dari perancangan sistem tersebut. berikut adalah gambar dari sistem perangkat keras yang terdiri dari robot hexapod, sumber gas dan lintasan yang digunakan pada gambar 4.1.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.1 Sistem perangkat keras: Robot hexapod (a), sumber gas pengujian (b), dan lintasan pengujian robot (c)

Pada gambar 4.1 (a) menunjukkan bahwa robot hexapod terdiri dari enam buah kaki dan tiap kaki terdiri dari tiga motor servo. Sedangkan gambar 4.1 (b) menunjukkan sumber gas pada

pengujian dan gambar 4.1 (c) menunjukkan lintasan pengujian robot hexapod.

4.1 Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras dilakukan untuk mendapatkan parameter dalam perancangan sistem pada sistem elektronis. Pada sistem elektronis yang akan diukur dalam pengukuran yaitu catu daya servo, catu daya regulator 5 volt, catu daya 9 volt untuk servo controller, catu daya pada sensor cahaya dan sensor gas.

4.1.1 Pengujian Catu Daya Servo Controller dan Catu Daya Minimum Sistem

Catu daya merupakan hal terpenting dalam menjalankan sistem. Catu daya yang digunakan untuk sistem adalah untuk menjalankan minimum sistem, servo controller, dan untuk delapan belas servo.

Dalam pengujian regulator 7809, nilai output yang didapat adalah 8,74 volt sedangkan target nilai output adalah 9 volt. sedangkan pada pengujian regulator 7805, nilai output yang di dapat adalah 4,887 volt sedangkan target nilai output adalah 5 volt. berikut adalah gambar hasil pengujian regulator 7809 dan 7805 pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Pengujian regulator: (a) Pengujian Vout 9 volt dan (b) Pengujian Vout 5 volt

Pada gambar 4.2 pengujian (a) target output adalah 9 volt ternyata pada waktu pengukuran memiliki tegangan output 8,74 volt. Pada dasarnya tidak mengalami perubahan yang sangat jauh. Faktor kesalahan dalam pengukuran dengan target *output* adalah

$$\frac{9 - 8,74}{9} \times 100\% = 2,8\%$$

Pada pengukuran untuk catu daya servo kontroller masih ideal. Faktor kesalahan yang dihasilkan sekitar 2,8% dan servo kontroller masih bisa bekerja dengan baik. Karena pada servo kontroller catu daya yang digunakan adalah 7,4 volt sampai dengan 9 volt.

Untuk pengujian (b) dengan target yang diinginkan yaitu 5 volt. Ternyata pada pengukuran memiliki tegangan 4,88 volt. Faktor kesalahan untuk rangkaian 7805 adalah

$$\frac{5 - 4,88}{5} \times 100\% = 2,4\%$$

Pada regulator 7805 memiliki faktor kesalahan sebesar 2,4 %. Tetapi perubahan ini tidak begitu signifikan pada semua sistem yang tercatat dengan tegangan 5 volt. Misalnya seperti catu daya pada mikrokontroller. Pada catu daya mikrokontroller memiliki toleransi tegangan antara 4,75 volt – 5,2 volt. Pada regulator ini juga diikuti rangkaian penguat arus dengan menggunakan transistor. Transistor yang digunakan adalah MJE 3055.

Dalam pengukuran catu daya yang digunakan untuk delapan belas motor servo menggunakan catu daya eksternal. Pada catu daya eksternal ini banyak dijual dipasaran. Pada catu daya ini tertera tegangan 5 volt dan arus 20 A. Tetapi tegangan disini tidak linier bisa diatur tegangannya sampai dengan 6,7 volt. Pada pengukuran hasil dari Vin (AC) adalah 220 volt dan output adalah 6,59 volt (DC).

Dari data diatas menunjukkan bahwa *output* dari rangkaian catu daya adalah 6,59 volt. Pada pengukuran ini ada dua parameter yang digunakan, dengan menggunakan osiloskop dan

menggunakan multimeter. Berikut adalah gambar dari data hasil kedua pengujian.



Gambar 4.3 Pengujian catu daya servo dengan menggunakan dua parameter

Pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa mengukur dengan menggunakan osiloskop dan multimeter hasilnya mendekati benar. Faktor kesalahan dengan mengacu pada osiloskop adalah

$$\frac{6,59 - 6,58}{6,59} \times 100\% = 1\%$$

Faktor kesalahan pengukuran dengan menggunakan osiloskop dan multimeter adalah 1 %. Tetapi pada pengukuran di osiloskop menggunakan parameter pengukuran *cycle RMS*. Dalam pengukuran dengan menggunakan *cycle RMS* menunjukkan bahwa tegangan efektif yang diukur.

Pada data diatas merupakan data tegangan tanpa menggunakan beban. Perbedaan yang mencolok pada pengujian dengan menggunakan beban dan tanpa beban adalah *switching* pada data hasil di osiloskop. Semakin ada beban besar maka *switching* pun semakin cepat. Jika tanpa beban, sebenarnya juga mengalami *switching* tetapi tidak secepat ketika ada beban.

Selain tegangan , ada konsumsi daya yang diperlukan oleh robot dalam melakukan gerak. Untuk melakukan konversi daya, membutuhkan dua komponen utama yaitu arus dan tegangan.

Robot ketika posisi *default* arus yang terukur adalah 4 Ampere. Dan catu daya yang diperlukan oleh robot hexapod adalah 6,58 volt.

Sehingga daya yang diperlukan robot pada posisi *default* robot yaitu $6,58 \text{ volt} \times 4 \text{ ampere} = 32,9 \text{ watt}$.

Selain kondisi itu, robot dalam berjalan lurus, arus yang terukur adalah 6 Ampere. Catu daya yang digunakan untuk robot hexapod adalah 6,58 volt. sehingga daya yang diperlukan robot dalam keadaan berjalan lurus adalah $6,58 \text{ volt} \times 6 \text{ Ampere} = 39,48 \text{ watt}$.

Selain kondisi *default*, berjalan lurus ada kondisi robot berjalan belok kanan dan kiri. Dalam melakukan belok kanan arus yang diperlukan adalah 8 Ampere, sehingga daya yang terukur pada kondisi ini adalah 52,64 watt. Bedanya untuk melakukan belok kiri. Dalam melakukan belok kiri arus yang terukur robot adalah 9,5 Ampere. Sehingga daya yang diperlukan oleh robot adalah 62,51 watt.

4.1.2 Pengujian Sensor Gas

Pada rangkaian sensor gas ini menggunakan resistor pembagi tegangan dalam mengevaluasi gas, apakah sensor gas mendeteksi gas atau tidak. Pengujian ini diperlihatkan pada gambar 4.4.



(a)



(b)

Gambar 4.4 Pengujian sensor gas: (a) ketika mendeteksi gas ,
(b) ketika tidak mendeteksi gas

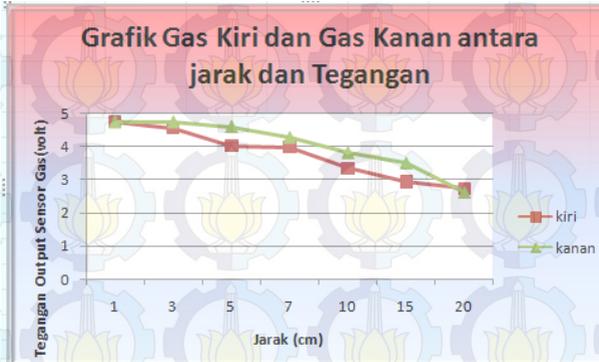
Pada gambar 4.4 menunjukkan data pengukuran sensor gas ketika mendeteksi gas atau tidak. Ketika mendeteksi gas (a), nilai tegangan output adalah 4,1 volt sedangkan ketika tidak mendeteksi gas (b) nilai output adalah 1,42 volt.

Selain pengambilan data tersebut juga ada pengambilan data yang berdasarkan jarak sumber gas dengan sensor gas. Berikut adalah data sensor gas kiri dan gas kanan pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Data sensor gas kiri dan kanan dengan jarak bervariasi

Jarak (cm)	Sensor Gas Kiri (volt)	Sensor Gas Kanan (volt)
1	4,74	4,74
3	4,56	4,74
5	4,01	4,6
7	3,98	4,2
10	3,35	3,82
15	2,94	3,5
20	2,74	2,62

Dari data tersebut dapat diperlihatkan dengan sebuah grafik sebagai berikut.



Gambar 4.5 Grafik sensor gas kiri dan sensor gas kanan

Pada gambar 4.5 sensor gas kanan dan kiri menunjukkan bahwa semakin jarak sumber gas maka tingkat sensitifitas sensor gas semakin berkurang.

4.1.3 Pengujian rangkaian sensor cahaya

Pada pengujian sensor cahaya ini terdiri dari tujuh buah sensor cahaya dengan parameter robot dalam posisi default. Lima buah sensor cahaya terletak di permukaan depan robot sedangkan dua buah sensor cahaya terletak di permukaan tengah robot. Posisi sensor cahaya dapat dilihat pada gambar 4.6.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.6 Posisi sensor cahaya : Sensor cahaya depan (a) , sensor cahaya kanan (b) dan sensor cahaya kiri (c)

Pada gambar 4.6 menunjukkan posisi sensor cahaya depan (a), posisi sensor cahaya kanan (b) dan posisi sensor cahaya kiri (c). Jarak antara LED dan photodiode berpengaruh dengan hasil output dari photodiode.

Pada robot hanya akan mendeteksi dua warna pada lintasannya yaitu hitam dan putih. Pada waktu putih nilai pembacaan adc nya akan kecil. Beda halnya jika diletakkan pada warna hitam maka nilai adc nya akan besar. Penggunaan adc pada mikrokontroler, menggunakan 8 bit atau nilai maksimal pada pembacaan desimal maksimal 255 dan minimal 0.

Dengan rumusan adc, dan diketahui tegangan referensi pada adc, maka kita dapat mengetahui tegangan analog pada sensor

cahaya. Berikut adalah data pada sensor cahaya dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Data sensor cahaya pada kondisi hitam dan putih

Kondisi	Sensor depan paling kanan	Sensor depan agak kanan	Sensor tengah	Sensor depan agak kiri	Sensor depan paling kiri	Sensor tengah kiri	Sensor tengah kanan
Hitam	216	205	197	208	218	133	197
putih	145	117	88	134	160	9	24

Dari data diatas untuk melakukan konversi tegangan analog, dengan menggunakan rumusan

$$ADC = \frac{V_{in} \times 255}{V_{ref}}$$

- Sensor depan paling kanan keadaan hitam:

$$V_{in} = \frac{ADC \times V_{ref}}{255}$$

$$= \frac{216 \times 5 \text{ volt}}{255}$$

$$= 4,23 \text{ volt}$$

- Sensor depan paling kanan keadaan putih:

$$V_{in} = \frac{ADC \times V_{ref}}{255}$$

$$= \frac{145 \times 5 \text{ volt}}{255}$$

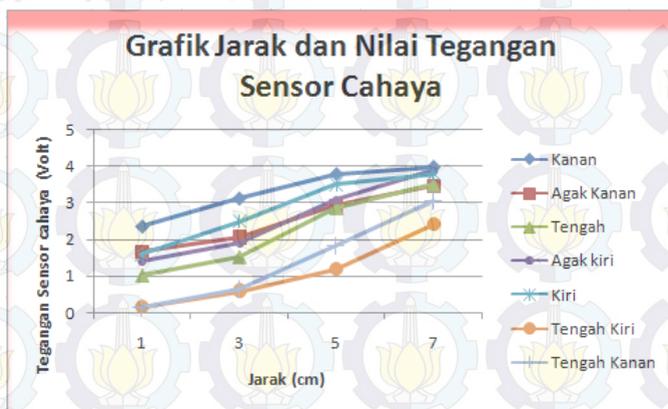
$$= 2,84 \text{ volt}$$

Selain data itu ada juga data dengan parameter ketinggian antara sensor cahaya dengan lapangan yang berwarna putih.

Berikut adalah data dengan parameter ketinggian robot dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data hasil pengukuran sensor cahaya dalam ukuran cm

Tinggi (cm)	Sensor kanan (volt)	Sensor agak kanan (volt)	Sensor tengah (volt)	Sensor agak kiri (volt)	Sensor kiri (volt)	Tengah kanan (volt)	Tengah kiri (volt)
1	2,35	1,66	1,01	1,41	1,58	0,15	0,15
3	3,11	2,05	1,52	1,9	2,49	0,5	0,64
5	3,78	2,9	2,86	3,09	3,5	1,17	1,82
7	3,98	3,45	3,49	3,88	3,78	2,41	3,05



Gambar 4.7 Grafik antara jarak sensor dengan tegangan output tiap sensor pada garis putih

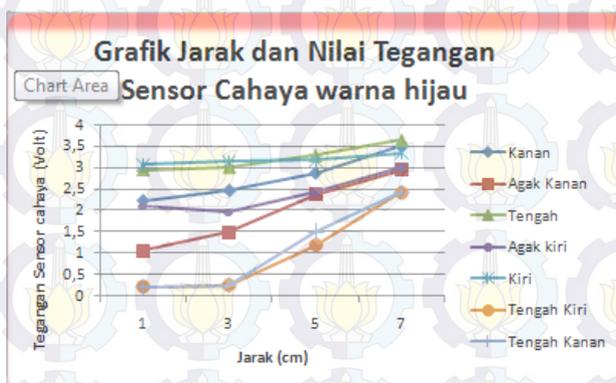
Pada gambar 4.7 menunjukkan bahwa karakteristik sensor cahaya yang berbeda-beda. Tetapi ketika sensor cahaya diletakkan pada garis putih dengan jarak 1cm memiliki nilai yang paling kecil dibandingkan dengan jarak 7 cm. Nilai tegangan output pada jarak 7 cm paling besar, karena pada photodiode tidak menerima pantulan cahaya, sehingga nilainya menjadi besar. Jadi

semakin besar jaraknya maka nilai tegangan output juga semakin besar dan karakteristik grafik linier.

Pada grafik tersebut menunjukkan bahwa karakteristik dari sensor cahaya dengan menggunakan cahaya putih. Beda halnya jika menggunakan cahaya lain. Pada penggunaan cahaya lain yaitu dengan menggunakan tiga warna yaitu hijau, biru dan merah. Dari pengujian dengan menggunakan warna hijau mendapatkan data yang di cantumkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data hasil sensor cahaya dengan menggunakan cahaya hijau

Tinggi (cm)	Sensor kanan (volt)	Sensor agak kanan (volt)	Sensor tengah (volt)	Sensor agak kiri (volt)	Sensor kiri (volt)	Tengah kanan (volt)	Tengah kiri (volt)
1	2,21	1,03	2,94	2,07	3,05	0,21	0,19
3	2,45	1,47	3	1,94	3,13	0,23	0,23
5	2,86	2,35	3,27	2,41	3,17	1,49	1,17
7	3,49	2,94	3,64	2,98	3,33	2,41	2,41

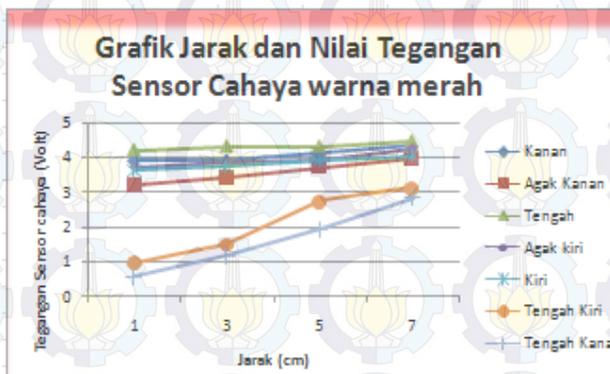


Gambar 4.8 Grafik antara jarak sensor dengan tegangan output tiap sensor pada garis putih dengan cahaya hijau

Selain data warna hijau terdapat data dengan menggunakan cahaya merah. Berikut adalah data pengukuran dengan menggunakan warna merah pada tabel 4.5

Tabel 4.5 Data hasil sensor cahaya dengan menggunakan cahaya merah

Tinggi (cm)	Sensor kanan (volt)	Sensor agak kanan (volt)	Sensor tengah (volt)	Sensor agak kiri (volt)	Sensor kiri (volt)	Tengah kanan (volt)	Tengah kiri (volt)
1	3,92	3,21	4,21	3,72	3,62	0,58	0,98
3	3,92	3,45	4,312	3,9	3,76	1,17	1,52
5	4,11	3,74	4,312	3,92	3,9	1,92	2,74
7	4,33	4	4,47	4,27	4,05	2,82	3,13

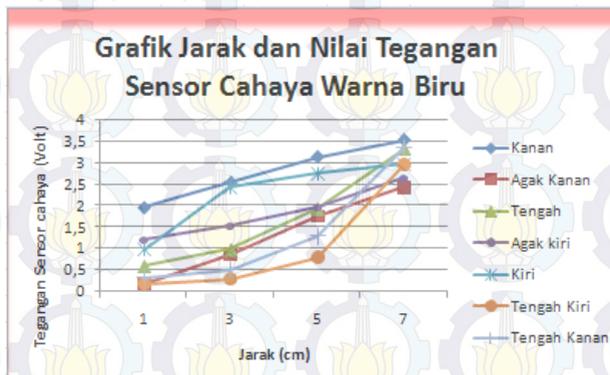


Gambar 4.9 Grafik antara jarak sensor dengan tegangan output tiap sensor pada garis putih dengan cahaya merah

Selain data warna merah terdapat data dengan menggunakan cahaya merah. Berikut adalah data pengukuran dengan menggunakan warna biru pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data hasil sensor garis dengan menggunakan cahaya biru

Tinggi (cm)	Sensor kanan (volt)	Sensor agak kanan (volt)	Sensor tengah (volt)	Sensor agak kiri (volt)	Sensor kiri (volt)	Tengah kanan (volt)	Tengah kiri (volt)
1	1,96	0,19	0,6	1,21	0,98	0,32	0,19
3	2,54	0,88	0,98	1,52	2,43	0,49	0,29
5	3,13	1,76	1,92	1,96	2,74	1,27	0,78
7	3,52	2,43	3,31	2,64	2,96	3,33	2,94



Gambar 4.10 Grafik Antara jarak sensor dengan tegangan output tiap sensor pada garis putih dengan cahaya biru

Dari gambar 4.7 sampai dengan 4.10 menunjukkan bahwa karakteristik dari photodioda berbeda dengan menggunakan variabel warna pada LED.

4.2 Pengujian Servo Kontroller

Servo kontroller berfungsi mengirimkan data PWM ke motor servo. Data motor servo yang dapat dikirim dari master ke servo kontroller dengan T_{on} mulai dari 0,5 ms sampai dengan 2,5 ms. Dan dengan $T = 20 \text{ ms}$, $f = 1/20 \text{ ms} = 50 \text{ Hz}$.

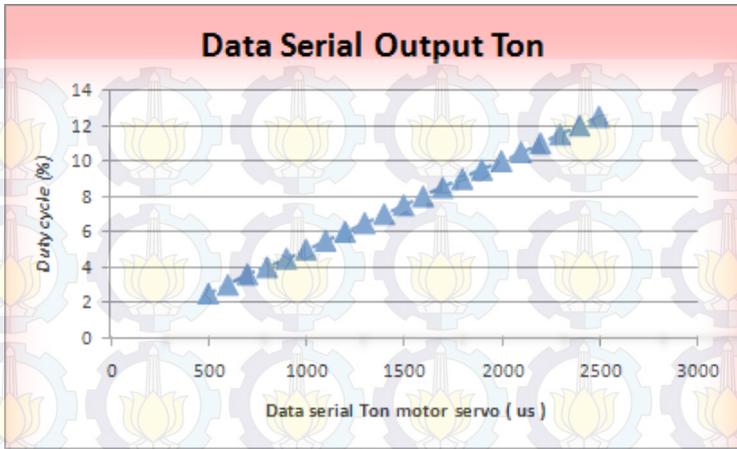
Pada pengujian servo kontroller ini bertujuan untuk mengetahui dari *duty cycle* servo kontroller. Dengan menginput

T_{on} mulai dari 500 us sampai dengan 2500 us. berikut adalah data dari *duty cycle* pada servo kontroller dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.7 Pengujian motor servo dan *duty cycle*

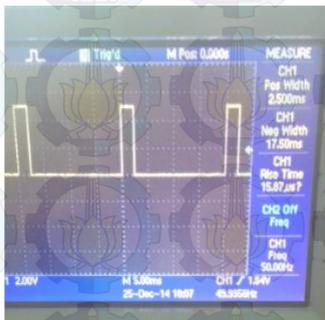
Pengujian	$T_{on}(ms)$	Data Output T_{on} Serial	$T_{off}(ms)$	T(ms)	Duty Cycle teruji (%)
1	0,5	500	19,42	19,92	2,51
2	0,6	600	19,4	20	3
3	0,72	700	19,28	20	3,6
4	0,8	800	19,2	20	4
5	0,9	900	19,12	20,01	4,49
6	1	1000	19	20	5
7	1,1	1100	18,9	20	5,5
8	1,2	1200	18,8	20	6
9	1,3	1300	18,7	20	6,5
10	1,4	1400	18,6	20	7
11	1,5	1500	18,5	20	7,5
12	1,6	1600	18,4	20	8
13	1,7	1700	18,3	20	8,5
14	1,8	1800	18,2	20	9
15	1,9	1900	18,1	20	9,5
16	2	2000	18	20	10
17	2,1	2100	17,9	20	10,5
18	2,2	2200	17,8	20	11
19	2,3	2300	17,7	20	11,5
20	2,4	2400	17,6	20	12
21	2,5	2500	17,5	20	12,5

Pada tabel 4.7 menunjukkan bahwa semakin besar nilai T_{on} maka *duty cycle* pun mengalami peningkatan. Berikut adalah grafik antara data output pwm serial dengan *duty cycle*.



Gambar 4.11 Grafik *Duty cycle* dengan Output T_{on} Serial

Dari gambar 4.11 menunjukkan bahwa data output PWM dengan *duty cycle* memiliki fungsi linier. Semakin besar data output PWM semakin besar juga data output dari *duty cycle* nya. Berikut adalah gambar pengujian dengan menggunakan osiloskop.



Gambar 4.12 data hasil output PWM 2500 us pada Osiloskop

Pada gambar 4.12 menunjukkan bahwa T_{on} dengan lebar pulsa 2,5 ms dan T_{off} dengan lebar pulsa 17,5 ms.

1.3 Pengujian Robot di Lapangan

Pengujian robot dalam mendeteksi gas bocor ditentukan oleh tiga titik yaitu titik 1, titik 2, dan titik 3. Titik tersebut masih terjadi dua kemungkinan posisi sumber gas yaitu sebelah kanan robot atau sebelah kiri robot. Berikut adalah gambar lapangan robot dalam melakukan eksperimen mendeteksi gas bocor.



Gambar 4.13 Lintasan robot dalam mendeteksi sumber gas

Pada gambar 4.13 merupakan lintasan dari robot hexapod dalam mendeteksi kebocoran sumber gas.

1.3.1 Pengujian pada titik kebocoran pertama

Pada titik pertama ini, akan dilakukan 3 kali percobaan. Apakah robot dapat mendeteksi kebocoran gas dengan baik atau kurang baik.

Pengujian pada titik pertama sebelah kanan

Pada pengujian pertama dengan memberi sumber gas pada titik pertama di sebelah kanan.

Analisa:

Hasil pengujian robot dapat menemukan sumber gas alkohol yang berada pada titik pertama disebelah kanan. Dan Sumber alkohol dapat terdeteksi di sebelah kanan.

Dari pengujian ini dapat disimpulkan bahwa sensor gas kanan dapat bekerja dengan baik. Dengan adanya pompa penyedot gas, robot dapat mendeteksi sumber gas dengan cepat.

Pengujian kedua pada titik pertama sebelah kiri

Pada titik pengujian ini robot berhasil menemukan gas. Robot mampu berhenti ketika menemukan sumber gas.

Analisa:

Hasil pengujian robot dapat menemukan sumber gas alkohol berhasil dengan ditentukan titik pertama pada sebelah kiri. Robot mampu mendeteksi gas bocor, tetapi dengan bantuan tangan untuk memegang kaki ketika melakukan geser kiri. Karena kaki robot dalam berjalan terjadi slip dengan tanah. Pada algoritma geser kiri terjadi jika sensor cahaya depan paling kiri dan sensor cahaya tengah kiri mendeteksi hitam.

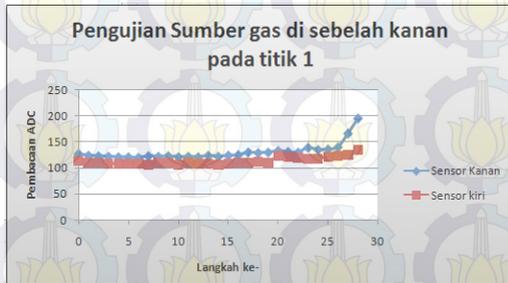
Pengujian ketiga pada titik pertama sebelah kanan

Pada titik pengujian ini robot berhasil menemukan gas, robot mampu berhenti , tetapi dalam waktu yang lama dikarenakan keadaan sensor cahaya berubah posisi karena lepas dari posisi robot .

Analisa:

Hasil pengujian pada robot ini berpengaruh juga pada sensor cahaya depan. Karena posisi/ kedudukan sensor cahaya depan lepas, sehingga beberapa kondisi tidak terpenuhi, sehingga robot kesulitan dalam mengikuti garis hitam. Tetapi robot masih bisa menemukan titik gas.

Berikut adalah gambar respon sensor gas kanan dan kiri dalam mendeteksi sumber gas di sebelah kanan dengan acuan jarak



Gambar 4.14 Pengujian Sumber gas di sebelah kanan pada titik 1

Dari gambar 4.14 menunjukkan bahwa hasil respon pembacaan ADC antara sensor gas kiri dan kanan beda. Pada respon sensor gas kanan menunjukkan bahwa langkah berbanding lurus dengan pembacaan ADC. Jarak garis hitam pada robot ini 139 cm. Dan waktu tempuh 127 detik. Sehingga kecepatan rata-rata adalah 1,09 cm/s

4.3.2 Pengujian pada titik kebocoran kedua

Pada pengujian titik kedua, akan dilakukan 2 kali percobaan. Apakah robot dapat mendeteksi kebocoran gas dengan baik atau tidak.

Pengujian pada titik kedua sebelah kanan

Pada pengujian titik kedua dengan memberikan sumber gas disebelah kanan, robot dapat mengidentifikasi posisi sumber gas.

Analisa :

Hasil pengujian pada robot ini pada titik kedua robot mampu menemukan dengan baik titik sumber gas di titik kedua. Robot mampu menemukan titik kebocoran gas. Yang perlu diwaspadai yaitu ketika keadaan sensor pada robot tidak sesuai dengan

keadaan, maka robot akan mengalami suatu ketidakstabilan. Sehingga berakibat robot mengalami suatu osilasi dalam mengikuti garis hitam.

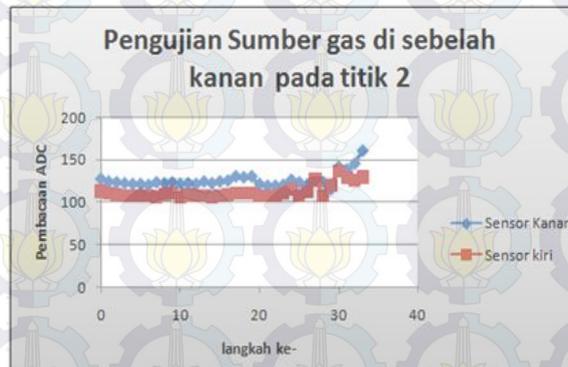
Pengujian pada titik kedua sebelah kiri

Pada pengujian titik kedua dengan memberikan sumber gas di sebelah kiri, robot gagal dalam menemukan sumber gas.

Analisa :

Ketika robot berjalan mengikuti garis hitam dan sensor tengah kiri mendeteksi garis hitam, robot akan berjalan mundur sampai keadaan sensor cahaya tengah kiri mendeteksi garis putih, lalu robot akan berbelok kiri. Tetapi dalam permasalahan ini sensor tersebut masih mendeteksi warna hitam sehingga robot akan mundur terus menerus. Sehingga robot gagal dalam melacak keberadaan kebocoran gas.

Berikut adalah gambar respon sensor gas kanan dan kiri dalam mendeteksi sumber gas di sebelah kanan dengan acuan jarak.



Gambar 4.15 Pengujian Sumber gas di sebelah kanan pada titik 2

Pada gambar 4.15 pengujian titik kedua dan ke satu memiliki karakteristik yang berbeda. Karakteristik ini dipengaruhi dari robot ketika berjalan. Karakteristik ini dipengaruhi oleh pembacaan sensor cahaya, dalam mengikuti garis memiliki error yang berbeda-

beda. Jarak yang ditempuh robot adalah 179 cm dan waktu yang dibutuhkan adalah 213 detik. Maka kecepatan adalah 0,84 cm/s

4.3.3 Pengujian pada titik kebocoran tiga

Pada pengujian di titik ketiga, akan dilakukan 2 kali percobaan. Apakah robot dapat mendeteksi sumber gas dengan baik atau tidak.

Pengujian pertama pada titik ketiga sebelah kanan

Pada titik ini robot mampu mendeteksi sumber gas dengan baik dan mengikuti garis juga dengan baik. Tetapi dalam bergeser perlu dibantu dengan tangan.

Analisa:

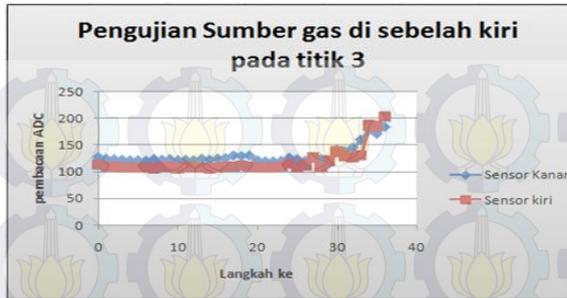
Pada pengujian ini robot dapat mendeteksi gas dengan baik. Tetapi robot ketika melakukan geser kiri, robot mengalami masalah. Robot tidak bisa bergeser dengan baik karena kaki robot mengalami slip. Jadi harus dibantu dengan tangan untuk memposisikan kaki robot agar tidak bergeser.

Selain itu servo yang digunakan rusak dan diganti dengan yang baru sehingga posisi kaki robot dalam melakukan default berbeda. Dalam penentuan default robot menggunakan sistem terbuka yaitu dalam penentuan default robot menggunakan metode *trial* dan *error*. Sehingga tidak ada *feedback* robot dalam melakukan default posisi robot.

Pengujian kedua pada titik ketiga sebelah kiri

Pada titik ini robot mendeteksi sumber gas dengan baik dan mengikuti garis hitam juga dengan baik. Tetapi permasalahannya sama seperti perngujian pertama pada titik ketiga sebelah kanan.

Berikut adalah gambar respon sensor gas kanan dan kiri dalam mendeteksi sumber gas di sebelah kanan dengan acuan jarak.



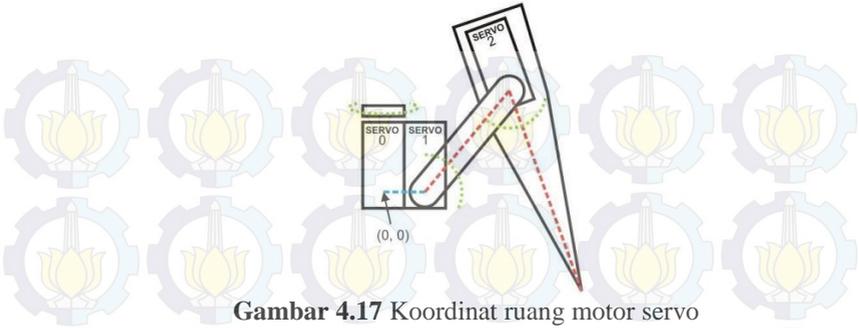
Gambar 4.16 Penguian sumber gas di sebelah kiri pada titik 3

Pada gambar 4.16 pengujian sensor gas ketika sumber gas berada di sebelah kiri. Pada respon tersebut menunjukkan bahwa respon sensor gas kiri yang berubah. Karena pengaruh dari pembacaan ADC di sensor gas kiri. Pembacaan ADC sensor gas berbanding terbalik dengan jarak. Jarak ditempuh robot adalah 212 cm dan waktu yang diperlukan adalah 370 detik maka kecepatan adalah 0,57 cm/s

Dari beberapa grafik pada gambar 4.11 sampai 4.13 menunjukkan bahwa performansi robot berkaki kurang handal dalam melacak sumber gas dibandingkan robot beroda. Karena sistem ini mengikuti garis hitam, sehingga lebih cocok menggunakan robot beroda.

1.4 Analisa *Inverse kinematics*

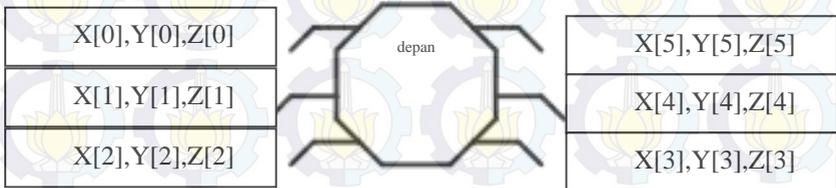
Pada analisa *inverse kinematics* dengan menggunakan input 11 dan 12. 12 pada robot sebesar 8,5 cm dan untuk 11 sepanjang 12,5 cm. Berikut adalah gambar analisisnya pada gambar 4.17.



Gambar 4.17 Koordinat ruang motor servo

Pada program tiap kaki memiliki *default* reset posisi dalam menentukan posisi kaki.

Pada tiap kaki memiliki fungsi satu *inverse kinematics*. Pada robot ini memiliki enam buah *inverse kinematics*. Berikut adalah gambaran dari tiap kaki.



Gambar 4.18 Koordinat x, y, z pada tiap kaki

Pada gambar 4.18 tiap kaki diinputkan ke dalam fungsi *inverse kinematics*. Indeks 0 sebagai kaki kiri depan, indeks 1 sebagai kaki kiri tengah, indeks 2 sebagai kaki kiri bawah, indeks 3 sebagai kaki kanan bawah, indeks 4 sebagai kaki kanan tengah dan indeks 5 sebagai kaki kanan depan. Berikut adalah koordinat ruang tiap kaki pada robot hexapod dalam ukuran cm pada tabel 4.5

Tabel 4.8 Koordinat tiap kaki pada robot hexapod

Koordinat tiap kaki	koordinat kaki(cm)	Koordinat tiap kaki	Koordinat kaki (cm)
X[0]	9	X[3]	9
Y[0]	7	Y[3]	7
Z[0]	5.5	Z[3]	5.5
X[1]	9	X[4]	9
Y[1]	0	Y[4]	0
Z[1]	5.5	Z[4]	5.5
X[2]	9	X[5]	9
Y[2]	7	Y[5]	7
Z[2]	5.5	Z[5]	5.5

Berikut adalah gambar koordinat kaki x [1], dan yang diukur dengan menggunakan penggaris.



Gambar 4.19 Pengukuran sumbu x pada kaki robot tengah

Pada gambar 4.19 pengukuran sumbu x pada kaki robot tengah, memiliki panjang 9 cm. Data ini sesuai dengan penginputan data pada programnya.

Selanjutnya dilakukan pengukuran sumbu y pada robot. yang dilakukan pengukuran yaitu kaki depan kiri. Gambar pengukuran dapat dilihat pada gambar 4.20



Gambar 4.20 Pengukuran sumbu y pada kaki depan kiri

Dari gambar 4.20 menunjukkan bahwa nilai pada sumbu y bernilai 6,8 cm . Dari data pengukuran menunjukkan pengukuran sumbu y hampir mendekati dengan nilai di program. Faktor kesalahan pada pengukuran untuk sumbu y adalah

$$\frac{0,2}{7} \times 100\% = 2,8\%$$

Setelah mendapatkan data sumbu y, melanjutkan pengambilan data pada sumbu z. Dalam pengambilan data pada sumbu z dalam bentuk gambar dan satu sampel dalam pengambilan datanya.



Gambar 4.21 Pengukuran sumbu z pada kaki kanan depan

Pada gambar 4.21 menunjukkan bahwa pengukuran pada sumbu z sesuai dengan yang diinputkan pada program. Nilai pada sumbu z memiliki nilai 5,5 cm. Error yang terjadi mendekati 0%.

Berikut adalah data pengukuran keseluruhan koordinat ruang tiap kaki dengan menggunakan penggaris dapat dilihat pada tabel 4.9

Tabel 4.9 Pengukuran Koordinat ruang tiap kaki robot dalam ukuran cm

Koordinat tiap kaki	Target koordinat kaki(cm)	Pengukuran (cm)	Persentase Kesalahan (%)
X[0]	9	11,5	16,67
Y[0]	7	6,8	2,85
Z[0]	5.5	5,5	0
X[1]	9	9,5	5,5
Y[1]	0	0	0
Z[1]	5.5	5,5	0
X[2]	9	11	22,22
Y[2]	7	7	0
Z[2]	5.5	5,5	0
X[3]	9	10	11,11
Y[3]	7	8	14,2
Z[3]	5.5	5,3	3,6
X[4]	9	9	0
Y[4]	0	0	0
Z[4]	5.5	5	9,09
X[5]	9	11	22,22
Y[5]	7	6	14,28
Z[5]	5.5	5,2	5,45

Dari data tersebut menunjukkan bahwa pengujian *inverse kinematics* memiliki faktor kesalahan yang dihasilkan minimal 0% sampai dengan 22,22% . Dari error tersebut dikarenakan sistem pengaturan default robot menggunakan sistem *open loop*. Sehingga tidak ada *feed back* dalam melakukan default posisi.

1.5 Evaluasi Sistem

Pengujian sistem secara keseluruhan robot hexapod mampu mengikuti garis hitam dan mendeteksi sumber gas dengan baik. Ketika robot berjalan lurus, berbelok kanan, dan berbelok kiri mampu melakukan dengan baik. Tetapi ketika melakukan geser kanan dan geser kiri robot mengalami kendala. Robot tidak mampu melakukan geser kanan dan kiri dengan baik. Kendala tersebut pengaruh dari slip kaki robot ketika berada di tanah. Dari hasil pengujian yang dilakukan robot dalam mencari sumber gas memiliki tingkat keberhasilan 90 % dengan melakukan pengujian sebanyak 20 kali dan mengalami kegagalan sebanyak 2 kali.

Dalam pengaturan kaki tiap robot menggunakan sistem *open loop*, belum ada sistem *close loop* dalam menentukan posisi awal. Sehingga tekanan tiap kaki berbeda-beda. Akibat dari tekanan kaki yang berbeda-beda mengakibatkan beberapa titik servo bisa mengalami kerusakan ketika robot berjalan.

Kemungkinan kerusakan lain motor servo diakibatkan terlalu berat beban robot. Berikut perhitungan yang dilakukan untuk menghitung torsi beban jika diketahui masa robot adalah 1,6 kg dan l2 sama dengan 8,5 cm.

$$F_{\text{beban}} = (\text{masa} \times \text{grav}) / 6$$

$$F_{\text{beban}} = (1,6 \times 9,8) / 6$$

$$F_{\text{beban}} = 2,61 \text{ N}$$

$$\text{Torsi}_{\text{beban}} = F_{\text{beban}} \times l_2$$

$$\text{Torsi}_{\text{beban}} = 2,61 \times 8,5 \text{ cm}$$

$$\text{Torsi}_{\text{beban}} = 22,185 \text{ kg-cm}$$

Pada servo 1 yang menggunakan motor servo tower pro MG955 memiliki torsi sebesar 8,5 kg-cm. Sehingga dapat disimpulkan bahwa torsi beban lebih besar dari pada torsi motor servo.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dibuat dan dirancang suatu robot hexapod yang digunakan untuk melacak sumber gas yang dapat disimpulkan bahwa robot dalam melakukan sistem jalan menggunakan metode *inverse kinematics*. Dalam hal ini parameter yang dijadikan acuan metode *inverse kinematics* adalah penginputan sumbu x, sumbu y, dan sumbu z. Faktor kesalahan rata-rata ketika menginputkan sumbu x sebesar 12,95 % , sedangkan sumbu y memiliki faktor kesalahan rata-rata sebesar 5,22 % dan untuk sumbu z memiliki faktor kesalahan sebesar 3,02 % . Selain parameter tersebut telah dilakukan pengujian kecepatan robot dalam mencapai beberapa titik kebocoran . Robot dalam pencapaian titik kebocoran pertama memiliki kecepatan rata-rata sebesar 1,09 cm/s sedangkan pada titik kebocoran kedua robot memiliki kecepatan rata-rata sebesar 0,84 cm/s dan untuk titik kebocoran ketiga robot memiliki kecepatan rata-rata sebesar 0,57 cm/s. Dalam melakukan pelacakan sumber gas, robot hexapod mampu mengikuti garis hitam yang digunakan sebagai garis pemandu dengan baik. Tingkat keberhasilan robot dalam mencapai keberhasilan 90 % .

5.2 Saran

Dalam melakukan *default* robot seharusnya menggunakan metode *close loop*. Dalam penentuan metode *close loop* ini ada *feedback* yang digunakan sebagai acuan. *Feedback* tiap kaki robot hexapod dipasang sensor FSR. Sensor FSR merupakan sensor tekanan. Sensor tekanan ini dipasang tiap kaki. Sehingga dapat mengetahui ofset tiap kaki dan kemungkinan servo rusak kecil, karena tekanan tiap kaki berbeda-beda.

Catu daya yang digunakan untuk robot baiknya menggunakan baterai lipo yang di regulasi dengan menggunakan UBEC. Sehingga catu daya yang digunakan oleh motor servo lebih aman. Dan robot mampu bekerja dengan baik dalam mengikuti garis hitam dan mendeteksi sumber gas.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Priatmojo, Dedi. 2014. *Ledakan pipa gas PT Pertamina di Subang*. Mediacerter: Vivanews.
- [2] Armandhanu Denny. 2014. *Ledakan Gad di Taiwan, Bos Perusahaan Minta Maaf*. Vivablog:Vivanews
- [3] Oktorizal, Andrew.2010. *Studi Sensor Gas Berbasis Surface Acoustic Wave untuk Penerapan pada Sistem Identifikasi Gas*. Jakarta: Fakultas Teknik Departement Teknik Elektro UI
- [4] Utami,Endrina. *Identifikasi Penyakit Diabetes Melalui Bau Urine dengan Sensor Gas Menggunakan Pembelajaran Backpropagation*. Padang: Politeknik Negeri Padang
- [5] Saputro, Xaverius B. *Pengenalan Sensor Garis*. Pengetahuan sensor blog: Pengetahuan Sensor.
- [6] Syahrul. 2006. *Karakteristik dan Pengontrolan servo motor*. Bandung:Jurusan Teknik Komputer, Universitas Komputer Indonesia.
- [7] Tedeschi,Franco & Guisepe Carbone.2014. *Design Issues for Hexapod Walking Robot*.Italia. <http://www.mdpi.com/2218-6581/3/2/181/pdf>. 23 September 2014
- [8] Ding,Xilun,Zhiying Wang,AlbertoRovetta,J.M.Zhu. *Locomotion Analysis of Hexapod Robot*. China. <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/10075.pdf> . 23 September 2014
- [9] Rashid,M.Z.A.,M.S.M Aras, A.A.Radzak,A.M.Kashim, & A.Jamali.2012. *Development of Hexapod Robot with ManoeuvrableWheel*.Malaysia. <http://www.sersc.org/journals/IJAST/vol49/11.pdf>. 23 September 2014
- [10] Dunlop,Reg.,Michael R. Fielding, Christoper J. Damaren. *Position Controlled Hexapod Walker*. New Zealand. http://web.cecs.pdx.edu/~mperkows/ML_LAB/Giant_Hexapod/transm3/Hamlet.pdf. 23 September 2014
- [11] Aparna, Kale & Salunke Geeta, *Insect Inspired Hexapod Robot for Terrain Navigation*. India. http://ijret.org/Volumes/V02/I08/IJRET_110208009.pdf. 23 September 2014.
- [12] *Technical Information for TGS 2620*. USA. <http://www.figarosensor.com/products/2620pdf.pdf>.

23 September 2014.

[13] Inawan, Farid. 2011.*Riset Inverse Kinematik*. Yogyakarta: Penerbit Farid Inawan.

[14] L7805.Datasheet7805,
<https://www.sparkfun.com/datasheets/Component/LM7805.pdf>

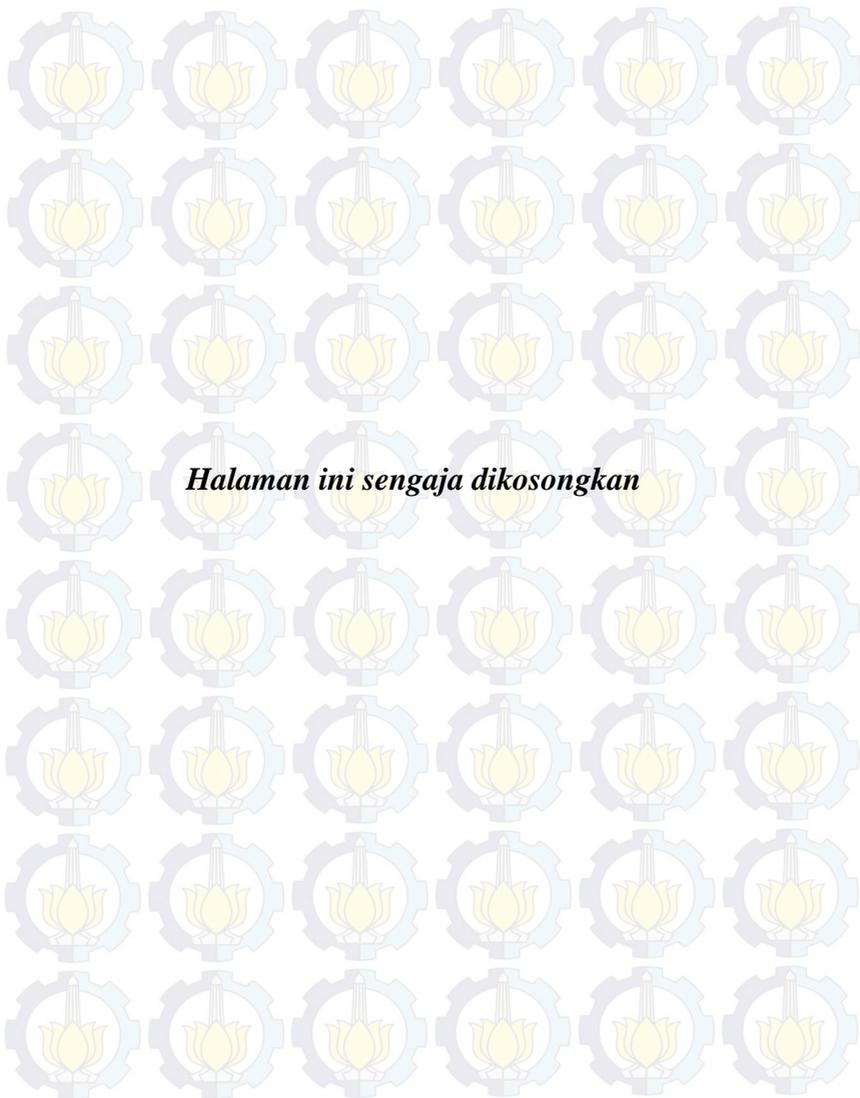
[15] 4051.Datasheet4051,
http://www.nxp.com/documents/data_sheet/74HC_HCT4051.pdf

[16] Atmega32.DatasheetAtmega32,
<http://www.atmel.com/images/doc2503.pdf>

BIODATA PENULIS



Hani Avrilyantama, lahir di Blora 13 April 1991. Penulis memulai jenjang pendidikan di TK Bina Patra, kemudian melanjutkan ke jenjang sekolah dasar di SDN 3 Cepu, setelah lulus SD tahun 2003 penulis melanjutkan ke SMPN 2 Cepu, lulus SMP pada tahun 2006, penulis kemudian melanjutkan ke SMAN 1 Cepu, setelah lulus SMA pada tahun 2009 penulis melanjutkan studi di Sekolah Vokasi Universitas Gajah Mada Yogyakarta jurusan Teknik Elektro dengan konsentrasi di bidang studi Teknik Elektronika. Pada tahun 2013 penulis melanjutkan studi jenjang S1 program lintas jalur di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya jurusan Teknik Elektro bidang studi Teknik Elektronika. Penulis bisa dihubungi melalui alamat email: haney130491@yahoo.com



Halaman ini sengaja dikosongkan