



TESIS – TE142599

**SINTESA EKSPRESI EMOSI
ROBOT HUMANOID MULTIMODAL**

**FAJAR HERMAWANTO
2212206014**

**DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M. Eng.
Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc**

**PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TELEMATIKA
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015**



THESIS – TE142599

SYNTHESIS OF EMOTION EXPRESSION HUMANOID ROBOT MULTIMODAL

FAJAR HERMAWANTO
2212206014

SUPERVISOR

Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M. Eng.
Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc

MASTER PROGRAM
TELEMATICS
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)

di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Fajar Hermawanto
NRP. 2212206014

Tanggal Ujian : 15 Januari 2015
Periode Wisuda : Maret 2015

Disetujui oleh:

1. Prof. Dr. Ir. Majridhi Hery P, M.Eng. (Pembimbing I)
NIP: 195809161986011001
2. Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc. (Pembimbing II)
NIP: 196906131997021003
3. Dr. Adhi Dharma Wibawa, ST., MT. (Penguji)
NIP: 197605052008121003
4. Dr. Supeno Mardi Susiki N, ST., MT. (Penguji)
NIP: 197003131995121001

Direktur Program Pascasarjana,

Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT
NIP.196404051990021001

SINTESA EKSPRESI EMOSI ROBOT HUMANOID MULTIMODAL

Nama Mahasiswa : Fajar Hermawanto
NRP : 2212206014
Pembimbing : 1. Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng
2. Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc

ABSTRAK

Manusia berinteraksi melalui tiga saluran utama yaitu visual (penglihatan) haptic (peraba), audio (suara). Dalam berinteraksi manusia mengungkapkan emosi dalam bentuk ekspresi. Robot humanoid diciptakan agar berperilaku seperti manusia. Interaksi antara robot dengan manusia masih terdapat keterbatasan , yaitu robot belum mampu mengenali ekspresi emosi manusia. Robot juga belum mampu mengekspresikan emosi yang telah dikenali sehingga dapat diterima oleh manusia. Dengan adanya keterbatasan tersebut maka perlu diteliti agar robot mampu mengenali ekspresi emosi dan mengekspresikan emosi yang telah dikenali tersebut. Pengenalan ekspresi emosi manusia salah satunya melalui klasifikasi ekspresi emosi wajah. Pada saat ini klasifikasi ekspresi emosi wajah dapat dilakukan oleh komputer, salah satunya menggunakan program emotionviewer yang terdapat pada Intel RealSense SDK. Program emotion viewer dapat mengklasifikasi ekspresi emosi wajah senang, sedih, marah, takut, terkejut, dan jijik. Program tersebut dapat digunakan pada robot sebagai pengindraan ekspresi emosi wajah pengguna. Setelah ekspresi emosi dikenali robot mengekspresikan emosi sehingga dapat diterima oleh pengguna. sintesa ekspresi robot dapat melalui visual (gerakan, warna), audio (nada). Pengujian sintesa ekspresi emosi robot menggunakan kuisioner yang dilakukan secara online. Berdasarkan data hasil kuisioner penelitian menunjukkan hasil yang baik dengan tingkat akurasi sebesar 80%. Robot mampu berperilaku seperti manusia yaitu mampu mengenali ekspresi emosi wajah pengguna dan mensintesa ekspresi emosi yang telah dikenali.

Kata Kunci : Robot humanoid, ekspresi, emosi, wajah, emotionviewer, Intel RealSense SDK, sintesa, gerakan, warna, nada.

SYNTHESIS OF EMOTION EXPRESSION HUMANOID ROBOT MULTIMODAL

Nama Mahasiswa : Fajar Hermawanto
NRP : 2212206014
Pembimbing : 1. Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng
2. Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc

ABSTRACT

Humans interact through three main channels, namely visual (sight) haptic (touch), audio (sound). In humans interact expressing emotion in the form of expression. Humanoid robot created in order to behave like a human. The interaction between robots with humans there are limitations, the robot is not able to recognize the expression of human emotions. The robot also has not been able to express the emotions that have been identified that can be accepted by humans. With these limitations, the need to be investigated so that the robot is able to recognize the expression of emotions and express the emotions that have been identified. Introduction to the expression of human emotion one through classification facial emotional expressions. At this time the classification of facial emotional expressions can be done by computer, one of them using the programs contained in the Intel emotionviewer RealSense SDK. Emotion viewer program can classify facial emotional expressions happy, sad, angry, scared, shocked, and disgusted. The program can be used on the robot as an expression of emotion sensing the user's face. After the robot recognized emotional expressions that express emotions can be accepted by the user. synthesis robot can through visual expression (movement, color), audio (tone). Testing synthesis robot emotion expression using questionnaires conducted online. Based on data from a questionnaire study showed good results with an accuracy rate of 80%. The robot is able to behave like humans are able to recognize facial expressions of emotion users and synthesizing emotional expression has been identified.

Keywords: *Biolooid Robot, synthesis, expression, emotion, pose, color, tone, webcam, face, RealSense SDK.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah penyusun panjatkan ke hadirat Allah SWT. Sholawat dan alam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhamad SAW. Atas berkat rahmat Allah SWT, penyusun mampu menyelesaikan tesis dengan judul “ **Sintesa Ekspresi Emosi Robot Humanoid Multimodal** ”.

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Magister Teknik (M.T) dalam bidang keahlian Telematika pada program S-2 Jurusan Teknik Elektro di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Dalam penyusunan tesis ini, banyak sekali hambatan yang penyusun hadapi. Namun atas berkat bimbingan, bantuan, dorongan semua pihak akhirnya penyusun berhasil menyelesaikan tesis ini. Untuk itu tidak lupa penyusun menyampaikan banyak terimakasih kepada semua pihak yang membantu dalam menyelesaikan tesis dan pendidikan Program Pascasarjana, yaitu kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng. dan Bapak Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc. Selaku pembimbing yang telah memberikan bimbingan, koreksi dan kritik sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Dr. Adhi Dharma Wibawa, ST., MT. dan Bapak Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT. Selaku penguji yang telah memberikan saran perbaikan atas penulisan tesis ini.
3. Dosen pengajar dan pihak administrasi di lingkungan Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yang telah memberikan banyak dukungan, berbagi ilmu dan pelayanan yang ramah dan menyenangkan selama mengikuti pendidikan ini.
4. Direktur Politeknik Gorontalo yang telah memberikan ijin kepada penyusun untuk melanjutkan pendidikan Program Pasca sarjanadi ITS Surabaya.
5. Alm. Ayah, Alm. Ibu, dan keluarga yang selalu mendorong, mendukung, memberikan semangat, doa, kesabaran, bantuan moril dan bantuan lainnya.

6. Rekan-rekan sesama mahasiswa Program Pasca Sarjana Teknik Elektro Bidang Keahlian Telematika, yang telah banyak membantu, berbagi ilmu dan pengalaman.

7. Pihak-pihak lain yang tidak bisa penyusun sebutkan satu persatu.

Harapan penyusun, semoga tesis ini dapat memberikan wawasan, bermanfaat dan dapat dikembangkan lebih lanjut didalam dunia pendidikan di Indonesia pada umumnya dan khususnya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Penyusun menyadari bahwa tesis ini jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak.

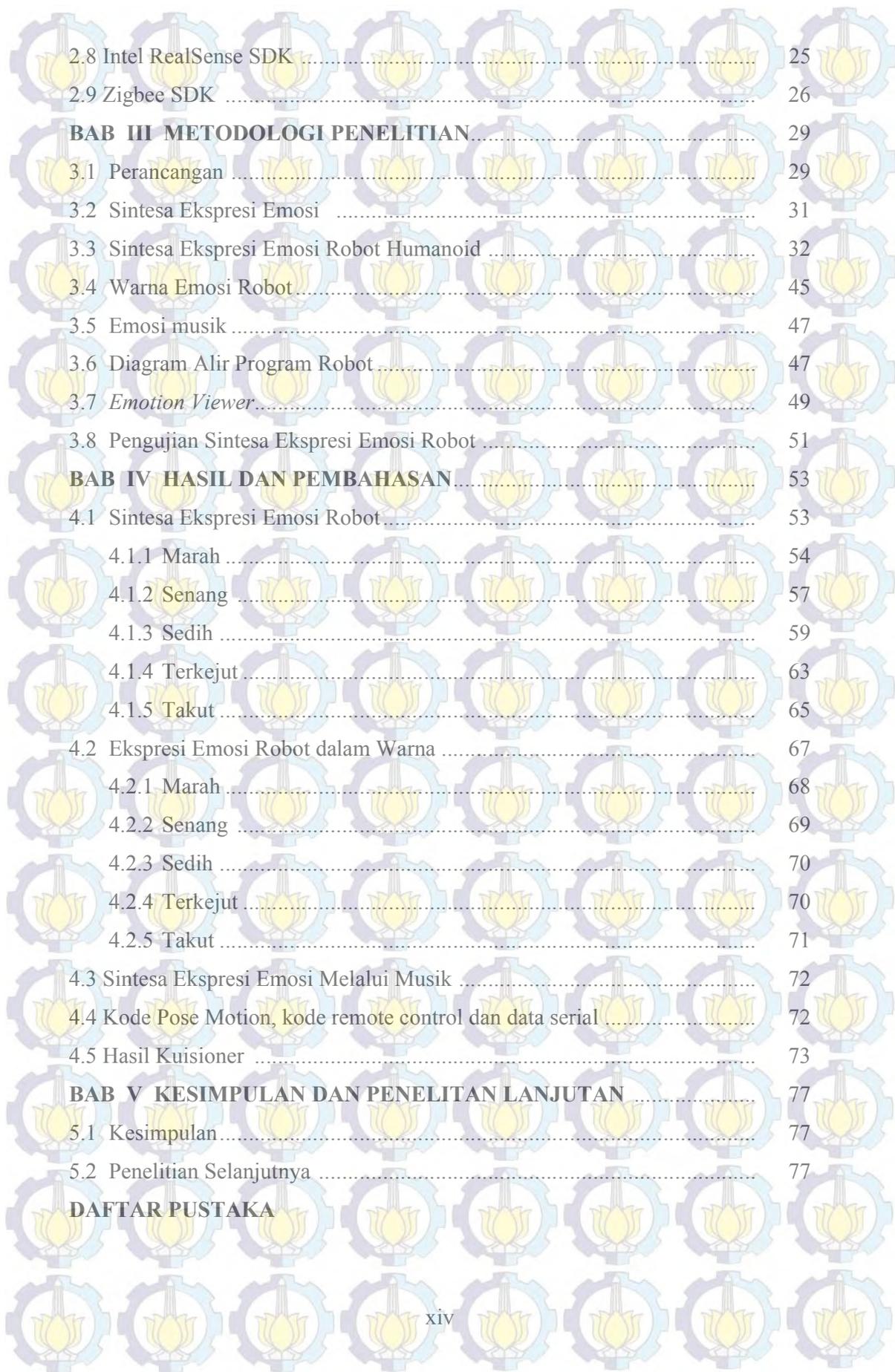
Akhir kata semoga tesis ini mampu memberikan manfaat bagi semua pihak.

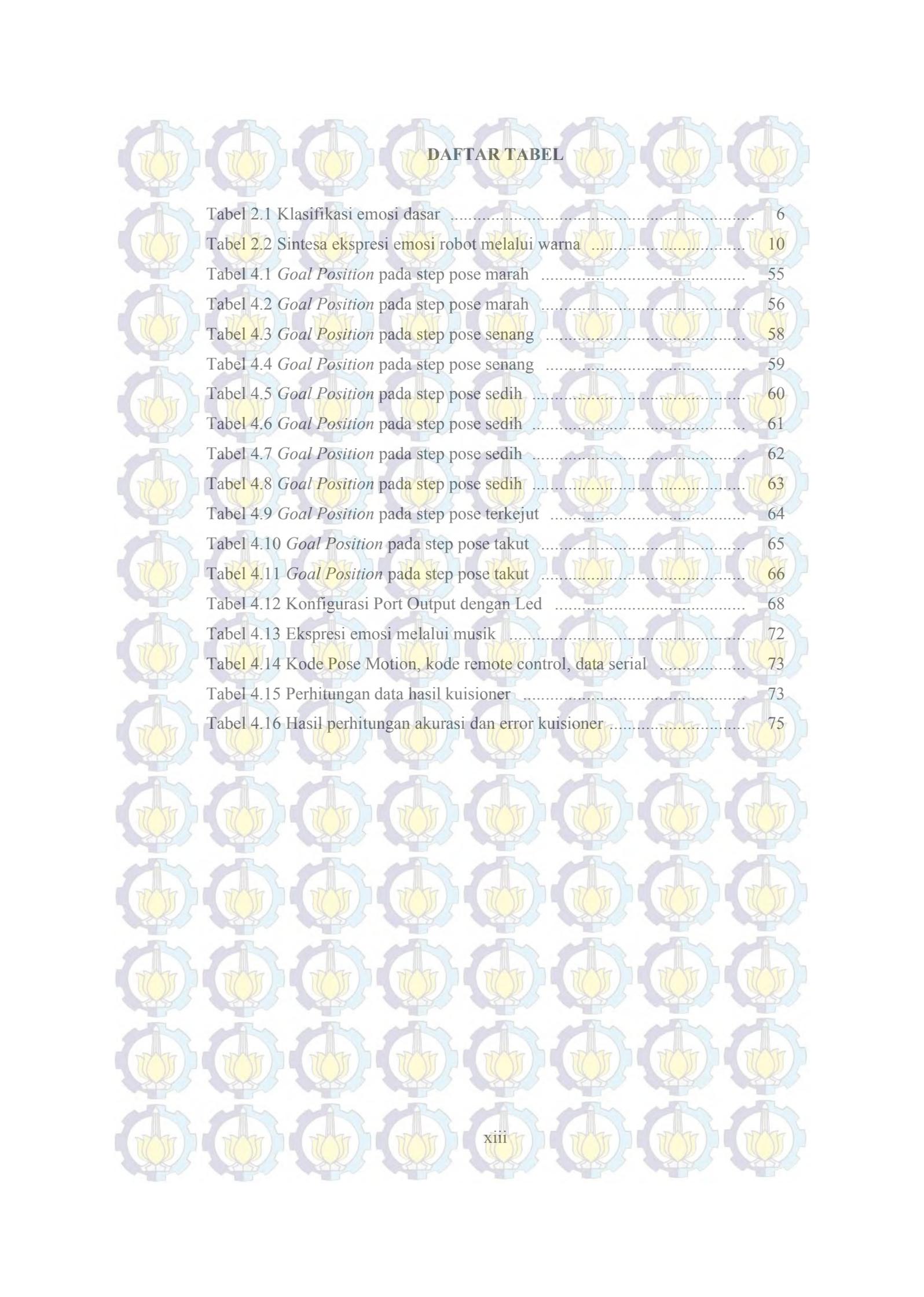
Surabaya, Januari 2015

Fajar Hermawanto

DAFTAR ISI

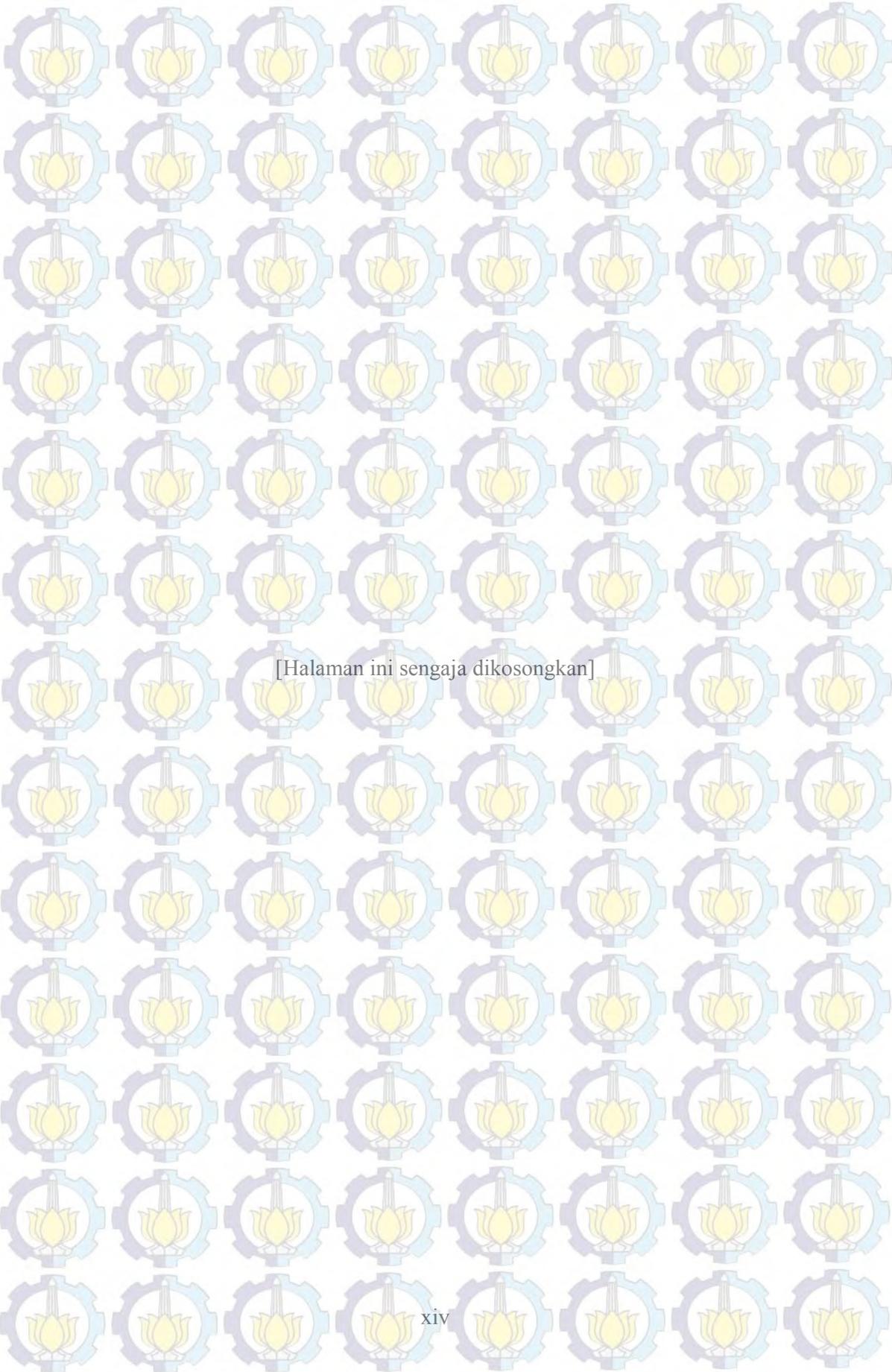
HALAMAN JUDUL	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	3
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.5 Hipotesa	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
2.1 Multimodal	5
2.2 Emosi	6
2.3 Ekspresi emosi wajah	7
2.4 Bahasa Tubuh	7
2.5 Emosi Dalam Warna	8
2.5.1 Merah	10
2.5.2 Orange	11
2.5.3 Kuning	12
2.5.4 Hijau	12
2.5.5 Biru	13
2.5.6 Ungu	14
2.6 Robot Bioid	14
2.6.1 Struktur Umum Robot Bioid	14
2.6.2 Sistem Gerak Robot Bioid	18
2.7 Emosi dalam musik	23





DAFTAR TABEL

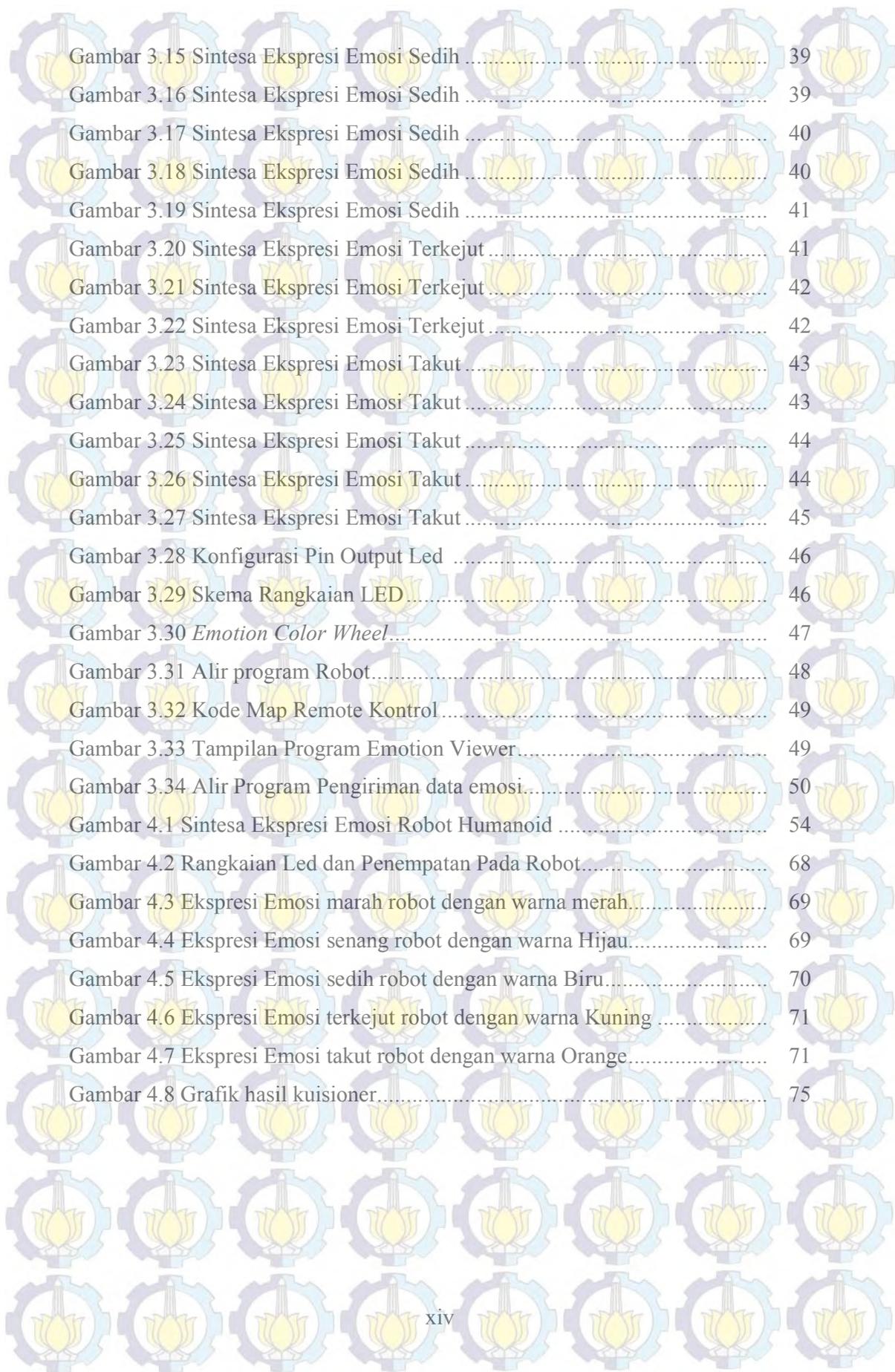
Tabel 2.1 Klasifikasi emosi dasar	6
Tabel 2.2 Sintesa ekspresi emosi robot melalui warna	10
Tabel 4.1 <i>Goal Position</i> pada step pose marah	55
Tabel 4.2 <i>Goal Position</i> pada step pose marah	56
Tabel 4.3 <i>Goal Position</i> pada step pose senang	58
Tabel 4.4 <i>Goal Position</i> pada step pose senang	59
Tabel 4.5 <i>Goal Position</i> pada step pose sedih	60
Tabel 4.6 <i>Goal Position</i> pada step pose sedih	61
Tabel 4.7 <i>Goal Position</i> pada step pose sedih	62
Tabel 4.8 <i>Goal Position</i> pada step pose sedih	63
Tabel 4.9 <i>Goal Position</i> pada step pose terkejut	64
Tabel 4.10 <i>Goal Position</i> pada step pose takut	65
Tabel 4.11 <i>Goal Position</i> pada step pose takut	66
Tabel 4.12 Konfigurasi Port Output dengan Led	68
Tabel 4.13 Ekspresi emosi melalui musik	72
Tabel 4.14 Kode Pose Motion, kode remote control, data serial	73
Tabel 4.15 Perhitungan data hasil kuisisioner	73
Tabel 4.16 Hasil perhitungan akurasi dan error kuisisioner	75



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ekspresi Emosi wajah.....	7
Gambar 2.2 Pose ekspresi emosi.....	8
Gambar 2.3 Roda Emosi Pluchik.....	9
Gambar 2.4 Badan dan <i>Limbs humanoid robot</i>	14
Gambar 2.5 Lengan pada robot humanoid.....	15
Gambar 2.6 Pergelangan robot.....	15
Gambar 2.7 <i>End Effector</i> humanoid robot.....	16
Gambar 2.8 Motor Dynamixel AX-12A.....	16
Gambar 2.9 Goal Position Dynamixel AX-12A.....	17
Gambar 2.10 Kontroller CM530.....	18
Gambar 2.11 Robot Bioloid Tipe A.....	19
Gambar 2.12 Penyusun sistem gerak robot.....	21
Gambar 2.13 Jumlah DOF pada lengan robot.....	21
Gambar 2.14 Derajat kebebasan lengan robot.....	22
Gambar 2.15 Derajat kebebasan pangkal lengan robot.....	23
Gambar 2.16 Derajat kebebasan siku lengan robot.....	23
Gambar 3.1 Skema penelitian.....	29
Gambar 3.2 Integrasi sistem dalam penelitian.....	30
Gambar 3.3 Sintesa gerak robot.....	31
Gambar 3.4 Sintesa Ekspresi Emosi Marah.....	33
Gambar 3.5 Sintesa Ekspresi Emosi Marah.....	33
Gambar 3.6 Sintesa Ekspresi Emosi Marah.....	34
Gambar 3.7 Sintesa Ekspresi Emosi Marah.....	34
Gambar 3.8 Sintesa Ekspresi Emosi Senang.....	35
Gambar 3.9 Sintesa Ekspresi Emosi Senang.....	35
Gambar 3.10 Sintesa Ekspresi Emosi Senang.....	36
Gambar 3.11 Sintesa Ekspresi Emosi Sedih.....	36
Gambar 3.12 Sintesa Ekspresi Emosi Sedih.....	37
Gambar 3.13 Sintesa Ekspresi Emosi Sedih.....	38
Gambar 3.14 Sintesa Ekspresi Emosi Sedih.....	38



Gambar 3.15 Sintesa Ekspresi Emosi Sedih	39
Gambar 3.16 Sintesa Ekspresi Emosi Sedih	39
Gambar 3.17 Sintesa Ekspresi Emosi Sedih	40
Gambar 3.18 Sintesa Ekspresi Emosi Sedih	40
Gambar 3.19 Sintesa Ekspresi Emosi Sedih	41
Gambar 3.20 Sintesa Ekspresi Emosi Terkejut	41
Gambar 3.21 Sintesa Ekspresi Emosi Terkejut	42
Gambar 3.22 Sintesa Ekspresi Emosi Terkejut	42
Gambar 3.23 Sintesa Ekspresi Emosi Takut	43
Gambar 3.24 Sintesa Ekspresi Emosi Takut	43
Gambar 3.25 Sintesa Ekspresi Emosi Takut	44
Gambar 3.26 Sintesa Ekspresi Emosi Takut	44
Gambar 3.27 Sintesa Ekspresi Emosi Takut	45
Gambar 3.28 Konfigurasi Pin Output Led	46
Gambar 3.29 Skema Rangkaian LED	46
Gambar 3.30 <i>Emotion Color Wheel</i>	47
Gambar 3.31 Alir program Robot	48
Gambar 3.32 Kode Map Remote Kontrol	49
Gambar 3.33 Tampilan Program Emotion Viewer	49
Gambar 3.34 Alir Program Pengiriman data emosi	50
Gambar 4.1 Sintesa Ekspresi Emosi Robot Humanoid	54
Gambar 4.2 Rangkaian Led dan Penempatan Pada Robot	68
Gambar 4.3 Ekspresi Emosi marah robot dengan warna merah	69
Gambar 4.4 Ekspresi Emosi senang robot dengan warna Hijau	69
Gambar 4.5 Ekspresi Emosi sedih robot dengan warna Biru	70
Gambar 4.6 Ekspresi Emosi terkejut robot dengan warna Kuning	71
Gambar 4.7 Ekspresi Emosi takut robot dengan warna Orange	71
Gambar 4.8 Grafik hasil kuisioner	75

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penelitian dalam bidang robotika masih dianggap menarik sampai saat ini, terbukti berbagai metode telah berkembang baik dalam bidang algoritma maupun sistem mekaniknya. Dalam perkembangan bidang algoritma biasanya diterapkan untuk mendapatkan suatu kesetabilan perilaku agar pergerakan robot lebih terkendali. Berbagai macam sensor digunakan untuk dapat merespon segala sesuatu yang mungkin bisa memberikan suatu input terhadap robot untuk mendapatkan informasi tentang keadaan lingkungan disekitar robot.

Robot telah banyak mengambil peranan penting dalam rutinitas sehari-hari, di tempat-tempat umum seperti rumah, supermarket, rumah sakit, kantor dan sebagainya. Robot harus mampu berinteraksi dengan warga umum dan untuk menggunakannya. Hal ini menimbulkan pertanyaan penting tentang bagaimana suatu robot mampu dapat berinteraksi dengan cara alami, intuitif dan menyenangkan. Untuk menjawab pertanyaan ini, robot harus mampu mengenali emosi manusia sehingga dapat memberikan lingkungan yang ramah. Tanpa mengenali emosi, maka akan sangat sulit bagi robot untuk berinteraksi dengan manusia secara alami [1].

Manusia berbagi emosi dengan orang lain menggunakan ekspresi wajah. Telah terbukti bahwa emosi marah, sedih, kebahagiaan, jijik, penghinaan dan kejutan memiliki ekspresi wajah yang khas [2]. Munculnya kemampuan manusia untuk mengenali ekspresi wajah adalah sejak awal yaitu sejak lahir[3]. Menyalahkan, mencela serta pujian dapat dipahami dari ekspresi wajah orang dalam bentuk tersenyum dan mengerutkan kening wajah. Artinya, bahwa umpan balik manusia dapat diakui secara efektif dari ekspresi wajah.

Selain wajah tubuh merupakan salah satu media yang mampu mengekspresikan emosi. Telah terbukti bahwa bahasa emosional tubuh adalah media yang tepat untuk mengekspresikan emosi dan bahasa tubuh dapat dipahami

secara akurat tanpa isyarat wajah atau vokal [4,5]. Setiap makhluk hidup mempunyai ciri tersendiri dalam berkomunikasi misalnya hewan dapat berkomunikasi dengan telinga mereka, bau, ekor dan bulu yang berdiri sebagai pertahanan [6].

Vokal dalam hal ini suara merupakan komponen utama dalam sistem interaksi manusia. Dalam berinteraksi manusia menggunakan suara untuk mengekspresikan emosi sebagai ungkapan hati. Pengungkapan emosi dengan suara pada manusia salah satunya melalui musik, dalam semua usia, musik selalu menjadi semacam saluran khusus untuk mengekspresikan emosi manusia[7]. Musik ini ditampilkan melalui nada untuk mengungkapkan pikiran dan perasaan orang serta mencerminkan seni dalam kehidupan nyata. Beberapa penelitian telah menggunakan musik untuk mengekspresikan emosi robot [8,9].

Berdasarkan psikologi warna telah dikenal bahwa warna berhubungan dengan kesan mental yang spesifik: merah berhubungan dengan kemarahan atau gairah, biru berhubungan dengan ketenangan, kuning berhubungan dengan sukacita, dan hijau berkaitan dengan perdamaian [10]. Beberapa penelitian telah menggunakan warna untuk mengekspresikan emosi robot [6,11,12]. Pada penelitian ekspresi emosi menggunakan robot Dyarl ekspresi emosi warna mengacu pada idiomatik warna [6], sedangkan pada penelitian sintesa ekspresi emosi menggunakan robot Nao, ekspresi emosi melalui warna mengacu pada kejadian dalam film kartun Disney [11],

Robot Bioloid merupakan salah satu robot humanoid yang tersusun dari 18-DOF (*Degree Of Freedom*), terdapat manipulator yang berfungsi sebagai tangan dan kaki. Pada board kontrol terdapat Port output yang bisa sambungkan dengan interface sensor ataupun aktuator jika diperlukan. Port output yang terdapat pada board kontrol yaitu VCC (5V), GND, ADC, OUT (3.3V). Selain Port output juga terdapat output Mic yang dapat mengeluarkan bunyi dalam bentuk nada dan melodi. Terdapat 26 jenis melody dengan jenis yang berbeda-beda. Nada dapat dibuat pada program dengan memanfaatkan *music scale* yang tersedia pada Robo Plus Task. Modalitas pada robot yang dapat digunakan untuk interaksi dengan pengguna sebagai sintesa ekspresi emosi adalah *body robot*, suara (Melodi/Nada), PORT OUT (warna/Led). Robot terbatas pada fitur yang dianggap mampu

menampilkan ekspresi emosi, sehingga sintesa ekspresi emosi dapat melalui gerakan (body robot) , warna (Led) , musik (melodi). Pada penelitian ini diteliti tentang Sintesa Ekspresi Emosi Robot Humanoid Multimodal.

1.2. Rumusan Masalah

Interaksi antara robot dengan manusia masih terdapat keterbatasan, yang pertama robot belum mampu mengenali ekspresi emosi wajah pengguna. Kedua robot belum mampu mengekspresikan emosi sehingga mampu diterima oleh pengguna sebagai saluran interaksi secara alami. Manusia berinteraksi menggunakan saluran *visual* (penglihatan), *haptic* (peraba), *audio* (suara). Sintesa ekspresi emosi robot dapat dibuat berdasarkan modalitas interaksi yang ada pada robot yaitu *visual* (gerakan, warna), *audio* (nada/melodi).

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Sintesa ekspresi emosi pada robot menggunakan Robot humanoid dengan 18 Derajat kebebasan.
2. Multimodal dalam penelitian : visual (gerakan, warna) , audio (nada) .
3. Penelitian tidak membahas bagian input pengenalan ekspresi emosi wajah.

1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

- 1) Robot yang berperilaku selayaknya manusia, salah satunya memiliki emosi sebagai interaksi yaitu dengan berekspresi.
- 2) Sintesa ekspresi emosi robot melalui gerakan, warna, nada .

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

- 1) Interaksi antara robot dengan manusia lebih alami, intuitif dan menyenangkan.
- 2) Robot lebih mudah diterima manusia sebagai mesin yang mampu dan layak berinteraksi dalam kehidupan sehari-hari.

1.5 Hipotesa

Keterbatasan interaksi antara robot dengan manusia adalah robot belum mampu mengenali ekspresi manusia. Robot terbatas pada modalitas interaksi jika dibandingkan dengan manusia, akan tetapi robot memiliki modalitas interaksi yang khas dan mampu untuk dikenali oleh manusia sebagai sintesa ekspresi emosi. Dengan modalitas yang khas pada robot humanoid yaitu badan robot, port output, mic, maka robot akan mampu mengekspresikan emosi dalam bentuk pose, warna, dan nada. Pada penelitian ini akan dipelajari apakah robot dapat mengenali ekspresi emosi wajah pengguna dan mengekspresikannya dalam bentuk gerakan, warna dan nada.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Bab ini menguraikan teori-teori penunjang dalam penulisan laporan penelitian ini. Pustaka yang digunakan yaitu dari jurnal, buku, internet, dan sumber referensi lainnya.

2.1 Multimodal

Munculnya antarmuka multimodal berdasarkan pengenalan manusia antara lain suara, tatapan, gerakan, dan perilaku alam lainnya. Hal tersebut merupakan awal perkembangan antarmuka komputasi menuju persepsi sensorik mirip manusia. Antarmuka tersebut pada akhirnya akan mampu menerima masukan secara terus menerus yaitu dari bentuk visual yang berbeda-beda, pendengaran, dan masukan mode taktil, yang dikombinasikan dengan informasi berbasis sensor dari antarmuka sistem dan lingkungan fisik sekitarnya, sehingga mendukung pengguna dalam kegiatan sehari-hari [13].

Sistem multi-modal interaktif adalah sistem yang tergantung pada penggunaan beberapa (multiple) saluran (channel) komunikasi pada manusia. Contoh channel komunikasi pada manusia : visual (mata), haptic atau peraba (kulit) audio (telinga). Dalam aplikasi *Manitou: A Multimodal Interaction Platform* menyediakan dukungan extensible secara terpadu untuk beberapa pengenalan diantaranya pengenalan suara, sintesis, dan pengenalan gerakan [14].

Pada penelitian [15] mengembangkan fitur –fitur apa saja yang mampu mengaktifkan persepsi pengguna terhadap robot. Fitur –fitur yang digunakan pada penelitian tersebut suara, gerakan tubuh, gerakan kepala. Dalam penelitian tersebut fitur-fitur dipadukan sebagai isyarat komunikatif sehingga komponen interaksi multimodal pada robot benar-benar dapat dipahami oleh pengguna

2.2 Emosi

Emosi adalah penggambaran perasaan seseorang ketika ia menerima respon dari berbagai sumber berita, seperti suara, tulisan, dll. Banyak makalah telah dijelaskan tentang ekspresi wajah salah satunya adalah Charles Darwin, Darwin mengklaim bahwa ekspresi emosi melibatkan banyak sistem: ekspresi wajah, respon perilaku, dan tanggapan fisik, yang meliputi perubahan fisiologis, postural, dan vokal. Yang paling penting, Darwin mengklaim bahwa ekspresi emosi konsisten dengan teori-teorinya tentang evolusi dan dengan demikian, ekspresi emosi bersifat universal dan karenanya harus dinyatakan sama di berbagai ras atau budaya. Hal ini dikenal sebagai hipotesis universalitas. Terakhir, primata dan hewan menunjukkan prekursor tindakan otot ekspresi wajah manusia [16]

Bidang ilmu psikologi telah mengklasifikasikan emosi ke dalam 5 dasar emosi: senang, sedih, marah, takut, dan jijik [17]. Ekspresi wajah manusia dapat diklasifikasikan menjadi beberapa bagian [18] yang dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Klasifikasi emosi dasar

<i>Phsycologist</i>	<i>Basic Emotion</i>
Plutchik	<i>Anger, Anticipation, Trust, Disgust, Joy, Face, Sadness, Surprise</i>
Ekman, Friesen, Ellsworth	<i>Anger, Disgust, Fear, Joy, Sadness, Surprise</i>
Frijda	<i>Desire, happiness, Interest, Surprise, Wonder, Sorrow</i>
Izzard	<i>Anger, Contempt, Disgust, Distress, Fear, Guilt, Interest, Joy, Shame, Surprise</i>
James	<i>Fear, Grief, Love, Rage</i>
Mowrer	<i>Pain, Pleasure</i>
Outley and Johnson - Laird	<i>Anger, Disgust, Axiety, Happiness, Sadness</i>

2.3 Ekspresi emosi wajah

Ekspresi wajah meliputi pengaruh raut wajah yang dipergunakan untuk berkomunikasi secara emosional atau bereaksi terhadap suatu pesan. Wajah setiap orang selalu menyatakan hati dan perasaannya. Wajah ibarat cermin dari pikiran, dan perasaan. Melalui wajah orang juga bisa membaca makna suatu pesan. Ekspresi wajah juga dapat kita lihat ketika kita memandang seseorang yang dianggap sebagai orang yang polos/lugu atau dianggap kejam/dingin. hal ini didasari oleh ada sebuah ekspresi wajah yang nampak pada orang yang bersangkutan tidak menunjukkan sebuah perubahan seperti yang dilakukan oleh orang lain ketika mendengar atau mengetahui suatu peristiwa baik kesedihan maupun kegembiraan, keanehan atau kelayakan.



Gambar 2.1. Ekspresi emosi wajah : 1. Netral, 2. Marah, 3. Sedih, 4. Terkejut, 5. Bahagia, 6. jijik, 7. Takut. [19]

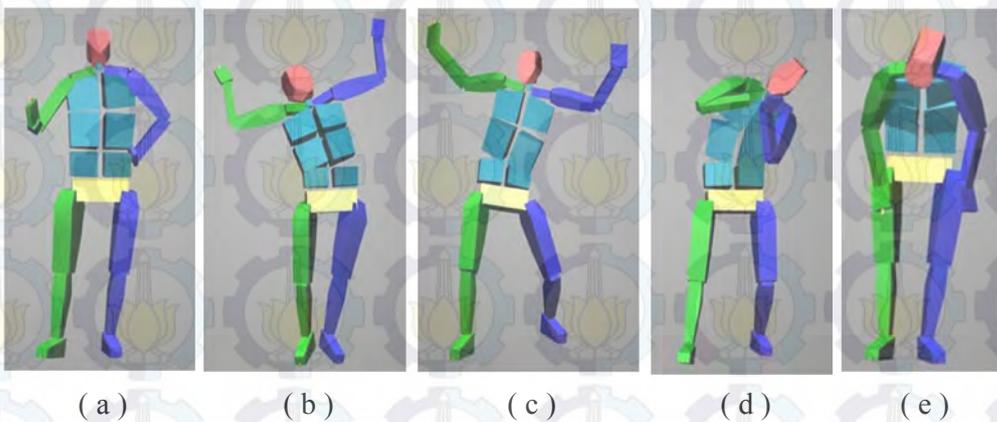
Di masa lalu analisis ekspresi wajah pada dasarnya merupakan topik penelitian bagi psikolog, namun dengan adanya perkembangan ilmu dalam bidang pengolahan citra dan pengenalan pola telah memotivasi kegiatan penelitian pada ekspresi wajah secara otomatis [20]. Ekspresi wajah dasar, yang ditunjukkan pada Gambar 2.1, biasanya diakui oleh psikolog antara lain netral, marah, sedih, terkejut, kebahagiaan, jijik dan takut [21].

2.4 Bahasa tubuh

Menurut Ekman emosi dapat dikategorikan dalam enam emosi dasar yaitu marah, jijik, takut, bahagia, sedih, terkejut. Pada dasarnya emosi manusia akan lebih mudah terlihat pada wajah, akan tetapi disamping itu emosi dapat dilihat pada gerak-gerik, pose, atau biasa yang disebut sebagai *body language*. Penelitian oleh Andrea Kleinsmith [22] tentang perbedaan lintas budaya didalam pengaruh

pengenalan postur tubuh. Penelitian tersebut menggunakan model manusia dari tiga Negara yaitu, Jepang, Sri Lanka, Amerika.

Pose ekspresi emosi yang digunakan pada penelitian tersebut yaitu emosi dasar menurut Ekman, marah, senang, sedih, takut, terkejut. Ekspresi emosi meliputi postur tubuh yang melibatkan tangan dan badan yang dapat menyampaikan emosi atau perasaan. Pengambilan data pada penelitian tersebut menggunakan sistem motion capture untuk mendapatkan data tiga dimensi dari aktor manusia. Hasil dari pengenalan ekspresi emosi pose manusia ditampilkan melalui tokoh dalam bentuk avatar. Gambar 2.2 Menunjukkan ekspresi emosi yang ditampilkan melalui avatar.



Gambar 2.2 Pose ekspresi emosi (a) Marah, (b) senang, (c) surprise, (d) takut, (e) sedih [22]

2.5 Emosi Dalam Warna

Robert Plutchik menciptakan konsepsi baru emosi pada tahun 1980. Dia menyebutnya "roda emosi" karena menunjukkan bagaimana emosi yang berbeda dapat memburu satu sama lain dan menciptakan emosi baru. Plutchik pertama kali mengusulkan 8 primer emosi bipolar: sukacita dibandingkan kesedihan; kemarahan terhadap rasa takut; percaya terhadap jijik; dan mengejutkan dibandingkan antisipasi. Dari situ Plutchik mengidentifikasi lebih emosi maju

Pada penelitian yang kedua menggunakan robot Daryl [6], ekspresi emosi melalui warna ditampilkan berdasarkan idiomatic warna. Pada penelitian ketiga sintesa ekspresi emosi melalui warna didasarkan pada roda emosi Plutchik [12].

Tabel 2.2 Berbagai sintesa ekspresi emosi melalui robot melalui warna

No	Ekspresi Emosi	Warna					Dasar Warna	Jenis Robot
		Merah	Hijau	Ungu	Kuning	Biru		
1	Marah	x					Film Science Fiction Cartoon disney	Nao
	Takut		x					
	Sedih			x				
	Senang				x			
2	Sedih					x	Idiomatik Warna	Daryl
	Senang		x					
	Takut	x						
	Kecewa					x		
	Malu	x						
	Ingin tahu					x		
3	24 Emosi	Full color Led					Plutchik	

2.5.1 Merah

Merah adalah warna api dan darah sehingga hal ini terkait dengan energi, perang, bahaya, kekuatan, kekuasaan, tekad serta gairah, hasrat, dan cinta. Merah adalah warna yang sangat emosional. Hal ini meningkatkan metabolisme manusia, meningkatkan laju respirasi, dan meningkatkan tekanan darah. Warna merah memiliki visibilitas yang sangat tinggi, itulah sebabnya mengapa tanda berhenti, lampu merah, dan peralatan api biasanya dicat merah. Pada suatu simbol atau lambang merah digunakan untuk menunjukkan keberanian sehingga warna merah banyak ditemukan pada bendera nasional.

Dalam sebuah teks dan gambar yang digunakan sebagai latar belakang warna merah digunakan sebagai aksen untuk merangsang orang agar membuat keputusan dengan cepat. Contohnya pada situs internet teks tombol “Beli Sekarang” atau “Klik Disini” diberi warna merah. Dalam iklan, merah sering

digunakan untuk membangkitkan perasaan erotis (bibir merah, kuku merah, distrik lampu merah, *'Lady in Red'*, dll). Merah banyak digunakan untuk menunjukkan bahaya (tanda-tanda tegangan tinggi, lampu lalu lintas). Warna ini juga sering dikaitkan dengan energi, sehingga dapat digunakan saat mempromosikan minuman energi, games, mobil, barang-barang yang berkaitan dengan olahraga dan aktivitas fisik yang tinggi.

1. Merah terang mewakili sukacita, seksualitas, gairah, sensitivitas, dan cinta.
2. Merah muda menandakan asmara, cinta, dan persahabatan. Ini menunjukkan kualitas feminin dan ketidakpedulian.
3. Merah tua dikaitkan dengan semangat, kemauan, kemarahan, kepemimpinan, keberanian, kerinduan, kebencian.
4. Coklat menunjukkan stabilitas dan menunjukkan kualitas maskulin.
5. Coklat kemerahan dikaitkan dengan panen dan musim gugur.

2.5.2 Orange

Orange menggabungkan energi merah dan kebahagiaan kuning. Hal ini terkait dengan sukacita, sinar matahari, dan daerah tropis. Orange mewakili semangat, daya tarik, kebahagiaan, kreativitas, tekad, daya tarik, sukses, dorongan, dan stimulasi. Pada mata manusia, orange adalah warna yang sangat panas, sehingga memberikan sensasi panas. Orange meningkatkan suplai oksigen ke otak, menghasilkan efek menyegarkan, dan menstimulasi aktivitas mental sehingga hal ini sangat diterima di kalangan anak muda. Sebagai warna jeruk, orange dikaitkan dengan makanan sehat dan merangsang nafsu makan. Orange adalah warna musim gugur dan panen.

Pada suatu lambang, orange merupakan simbol dari kekuatan dan daya tahan. Jeruk memiliki visibilitas yang sangat tinggi, sehingga Anda dapat menggunakannya untuk menangkap perhatian dan menyoroti elemen yang paling penting dari desain Anda. Orange sangat efektif untuk mempromosikan produk makanan dan mainan.

1. Orange gelap dapat berarti penipuan dan ketidakpercayaan.

2. jingga sesuai dengan keinginan, gairah seksual, kesenangan, dominasi, agresif.
3. Emas membangkitkan perasaan prestise. Arti emas pencahayaan, kebijaksanaan, dan kekayaan. Emas sering melambangkan kualitas tinggi.

2.5.3 Kuning

Kuning adalah warna sinar matahari. Ini terkait dengan sukacita, kebahagiaan, kecerdasan, dan energi. Kuning menghasilkan efek pemanasan, membangkitkan keceriaan, merangsang aktivitas mental, dan menghasilkan energi otot. Kuning sering dikaitkan dengan makanan. Kuning cerah adalah penarik perhatian, yang merupakan alasan mengapa taksi yang dicat warna ini. Ketika digunakan secara berlebihan, kuning mungkin memiliki efek mengganggu. Kuning terlihat sebelum warna lain ketika ditempatkan terhadap hitam, kombinasi ini sering digunakan untuk mengeluarkan peringatan. Dalam lambang, kuning menunjukkan kehormatan dan loyalitas. Gunakan kuning untuk membangkitkan perasaan ceria dan menyenangkan. Kuning sangat efektif untuk menarik perhatian, sehingga menggunakannya untuk menyoroti elemen yang paling penting dari suatu produk.

1. Kuning gelap mewakili hati-hati, kerusakan, penyakit, dan kecemburuan.
2. Kuning cerah dikaitkan dengan kecerdasan, kesegaran, dan sukacita.

2.5.4 Hijau

Hijau adalah warna alam. Ini melambangkan pertumbuhan, harmoni, kesegaran, dan kesuburan. Hijau memiliki hubungan emosional yang kuat dengan aman. Hijau gelap juga sering dikaitkan dengan uang. Hijau memiliki kekuatan penyembuhan yang besar karena warna yang paling tenang untuk mata manusia yang dapat memyegarkan penglihatan. Hijau menunjukkan stabilitas dan daya tahan, kadang-kadang hijau menunjukkan kurangnya pengalaman misalnya sebutan untuk anak bawang yang bermakna seorang pemula.

Pada suatu lambang, hijau menunjukkan pertumbuhan dan harapan. Hijau sebagai lawan merah berarti keselamatan sebagai contoh warna dari bagian bebas dalam lalu lintas jalan. Warna hijau biasa digunakan untuk menunjukkan

keamanan pada iklan obat-obatan dan produk medis. Hijau secara langsung berkaitan dengan alam, sehingga dapat digunakan untuk mempromosikan produk 'hijau'. Hijau gelap umumnya terkait dengan uang, finansial, perbankan.

1. Hijau gelap dikaitkan dengan ambisi, keserakahan, dan kecemburuan.
2. Kuning kehijauan dapat menunjukkan penyakit, pengecut, perselisihan, dan kecemburuan.
3. Aqua dikaitkan dengan penyembuhan emosional dan perlindungan.
4. Hijau zaitun adalah warna perdamaian.

2.5.5 Biru

Biru adalah warna langit dan laut. Hal ini sering dikaitkan dengan kedalaman dan stabilitas sehingga melambangkan kepercayaan, kesetiaan, kebijaksanaan, kepercayaan diri, kecerdasan, iman, kebenaran, dan langit. Biru dianggap bermanfaat bagi pikiran dan tubuh dapat juga berarti memperlambat metabolisme manusia dan menghasilkan efek menenangkan. Dalam lambang, biru digunakan untuk melambangkan ketakwaan dan ketulusan.

Warna biru dapat digunakan untuk mempromosikan produk dan layanan yang berkaitan dengan kebersihan (filter pemurnian air, cairan pembersih, vodka), udara dan langit (penerbangan, bandara, AC), air dan laut (pelayaran laut, air mineral). Berbeda dengan warna emosional hangat seperti merah, oranye, dan kuning; biru terkait dengan kesadaran dan kecerdasan. Biru juga dapat digunakan untuk menunjukkan presisi ketika mempromosikan produk teknologi tinggi. Biru adalah warna maskulin, menurut penelitian sangat diterima di kalangan laki-laki. Biru tua dikaitkan dengan kedalaman, keahlian, dan stabilitas oleh karena itu warna biru ini merupakan warna pilihan untuk perusahaan di Amerika.

1. Biru terang dikaitkan dengan kesehatan, penyembuhan, ketenangan, pemahaman, dan kelembutan.
2. Biru tua mewakili pengetahuan, kekuasaan, integritas, dan keseriusan.

2.5.6 Ungu

Ungu menggabungkan antara biru dan merah. Ungu dikaitkan dengan royalty sehingga melambangkan kekuasaan, bangsawan, mewah, dan ambisi. Warna ungu menyampaikan kekayaan dan pemborosan. Ungu dikaitkan dengan kebijaksanaan, martabat, kemandirian, kreativitas, misteri, dan sihir.

Menurut survei, hampir 75 persen anak-anak pra-remaja lebih memilih ungu untuk semua warna lain. Ungu adalah warna yang sangat jarang terjadi di alam; beberapa orang menganggap itu buatan. Ungu muda adalah pilihan yang baik untuk desain feminin. Warna ungu terang dapat digunakan ketika mempromosikan produk anak-anak.

1. Ungu muda membangkitkan perasaan romantis dan nostalgia.
2. Ungu gelap membangkitkan kegelapan dan perasaan sedih. Hal ini dapat menyebabkan frustrasi.

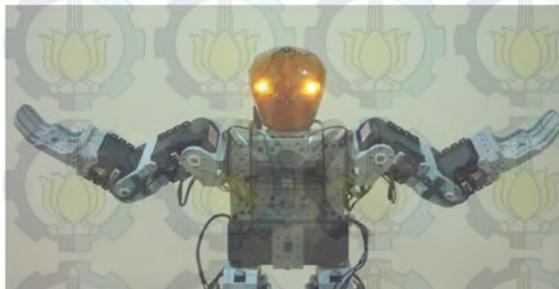
2.6 Robot Bioloid

2.6.1 Struktur Umum Robot

Secara umum struktur robot memiliki badan (*body*), lengan (*arm*), pergelangan (*wrist*), ujung (*end effector*), penggerak (*actuator*), sensor, pengendali (*controller*) dan catu daya (*power supply*). Penjelasan lebih detail tentang struktur umum robot sebagai berikut.

1. Badan (*body*)

Pada *humanoid robot*, badan robot merupakan komponen robot yang menghubungkan semua bagian anggota tubuh (*limbs*) yaitu lengan, kepala, dan kaki. Gambar 2.4 menunjukkan badan dan *limbs* pada *humnaoid robot*.



Gambar 2.4 Badan dan *limbs* *humanoid robot*

2. Lengan (*arm*)

Lengan robot merupakan komponen robot yang memiliki fungsi untuk melakukan pergerakan robot. Gambar 2.5 adalah lengan robot (*arm robot*) dan lengan pada *humanoid robot*.



Gambar 2.5 lengan pada *humanoid robot*

3. Pergelangan (*wrist*)

Pergelangan pada robot berfungsi untuk menghubungkan lengan robot dengan *end effector*. Gambar 2.6 menunjukkan pergelangan (*wrist*) pada *arm robot*.



Gambar 2.6 Pergelangan robot

4. Ujung (*end effector*)

End effector berfungsi sebagai bagian terakhir yang menghubungkan antara manipulator dengan objek yang akan dijadikan kerja dari robot. *End effector* jika disamakan dengan manusia seperti jari-jari tangan yang dapat digerakkan untuk memindah atau mengangkat material ataupun peralatan yang dapat digunakan untuk mengelas, mengecat, menempa, mengisi botol dan lain-lain sesuai dengan kebutuhan. Bentuk efektor banyak memiliki banyak jenis, salah satunya adalah

gripper. Gambar 2.7 menunjukkan *end effector* pada *arm robot* dan *humanoid robot*.



Gambar 2.7 End effector humanoid robot .

5. Aktuator (*Actuator*)

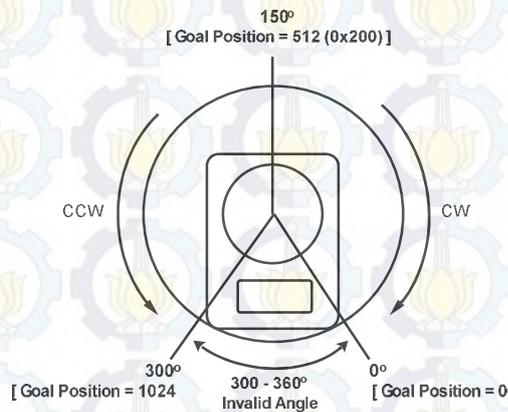
Robot Bioid Premium tipe A merupakan jenis robot humanoid yang disusun dari 18 derajat kebebasan. Pada setiap titik digerakkan dengan sebuah motor servo jenis Dynamixel AX-12A. Motor servo jenis ini berdimensi 32mm*50mm*40mm, resolusi atau besar perubahan derajat putarnya sebesar 0.29° (derajat). Derjat kebebasan putaran motor 0° sampai dengan 300° . Tegangan yang butuhkan motor sebesar 9 sampai dengan 12 Volt tetapi tegangan yang direkomendasikan sebesar 11.1 Volt. Pada gambar .. merupakan bentuk fisik dari motor servo Dynamixel AX-12A. untuk menggerakkan motor ini diperlukan tegangan sebagai sumber daya dan *Goal Position* yang mengatur besar derajat putaran dari motor. Gambar 2.8 menunjukkan motor servo Dynamixel AX-12A.



[AX-12A]

Gambar 2.8 Motor Dynamixel AX-12A

Goal Position merupakan sebuah nilai tetap yang memiliki jangkauan nilai dari 0 sampai dengan 1023 . Pada setiap perubahan satu nilai sinyal kendali motor akan memberikan perubahan putaran sebesar 0.29° (derajat). Pada gambar 2.7 merupakan jangkauan besar derajat putar pada motor servo yang mampu berputar dari posisi 0° CW sampai dengan 300° CCW , posisi *center* motor adalah pada kedudukan 150° . Pada posisi 0° nilai dari goal position sebesar 0 , pada posisi 150° nilai goal position sebesar 512, dan pada posisi 300° nilai goal position sebesar 1024. Putaran motor diatas 300° sampai dengan 360° tidak diperbolehkan pada motor ini , jika dipaksakan maka motor akan rusak. Posisi, besar derajat kebebasan putaran motor dan nilai dari goal position dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Goal Position motor Dynamixel AX-12A

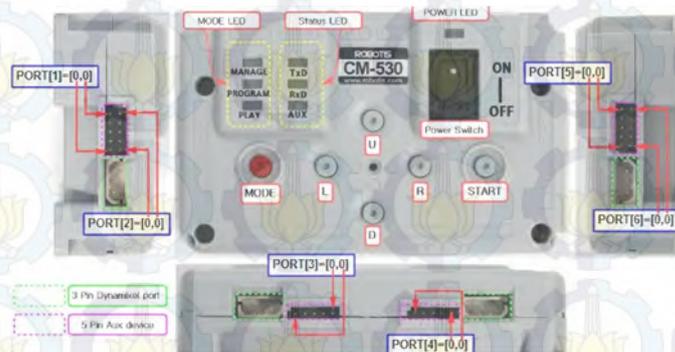
6. Sensor

Sensor pada robot umumnya dibuat dengan meniru cara kerja dan fungsi panca indra manusia. Dengan sensor, sebuah robot dapat menerima sebuah rangsangan dari lingkungannya sama seperti halnya manusia menerima rangsangan melalui indranya.

7. Pengendali (*controller*)

Kontroler merupakan jantung dari sistem robot sehingga keberadaannya sangat penting. Kontroler menyimpan informasi yang berkaitan dengan data-data robot, dalam hal ini data gerakan robot yang telah diprogram sebelumnya. Gambar 2.10

memberikan gambaran sebuah kontroler CM-530. Kontroler berfungsi untuk mengontrol pergerakan dan manipulator robot. Kontroler sendiri diatur oleh sebuah informasi atau program yang diisikan dengan menggunakan bahasa pemrograman tertentu. Informasi tersebut kemudian disimpan di dalam memori.



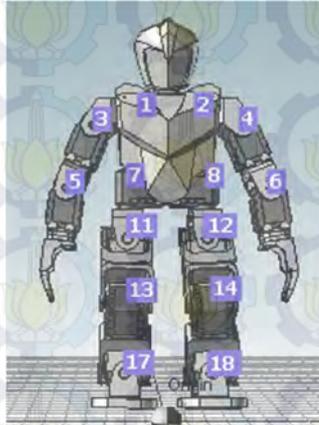
Gambar 2.10 Konfigurasi Pin Input/Output pada Kontroler CM530

Robot Bioloid premium kit Tipe A merupakan robot jenis humanoid yang menggunakan sistem kontrol menggunakan jenis CM530. Sumber tegangan sebesar 12 Volt dengan power adaptor dan 11.1 Volt dengan Battrey. Terdapat enam PORT yang dapat digunakan sebagai output dengan besar tegangan 3.3 Volt arus sebesar 0.3 Ampere. Pada Gambar 2.2 dapat dilihat terdapat PORT [1], PORT [2], PORT [3], PORT [4], PORT [5], PORT [6]. Pemrograman dapat menggunakan programming tools yaitu Robo Plus, terdapat dua program yang harus dibuat yaitu program untuk membuat gerakan robot yaitu menggunakan Robo Plus Motion dan Robo Plus Task untuk memanggil serangkaian gerakan pada *motion* dan *interfacing* dengan sensor pada PORT.

2.6.2 Sistem Gerak Robot Bioloid

Gambar 2.11 menunjukkan struktur robot bioloid yang tersusun dari 18 derajat kebebasan. Untuk menggerakkan robot bioloid dibutuhkan serangkaian tahapan gerakan pada setiap aktuaktor (motor Dynamixel AX-12A) pada setiap joint, sehingga perubahan gerak pada robot akan terlihat lebih alami seperti gerakan pada manusia sesungguhnya. Selain itu rangkaian tahapan gerak

bertujuan untuk menjaga kestabilan posisi robot agar tetap berdiri. Pada setiap joint terdapat aktuator yang diberi penamaan untuk mempermudah pengguna dalam memberikan perintah dalam membuat program.



Gambar 2.11 Robot Bioloid Premium Kit Tipe A

Adapun penamaan dan fungsi pada setiap aktuator dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Kode aktuator dan fungsi pada robot

Kode ID	Letak	Fungsi
ID[1]	Bahu kanan	Mengerakan tangan kanan ke atas, depan, bawah, belakang.
ID[2]	Bahu kiri	Mengerakan tangan kiri ke atas, depan, bawah, belakang.
ID[3]	Pangkal tangan kanan	Mengerakan tangan kanan ke atas, depan, bawah, belakang.
ID[4]	Pangkal tangan kiri	Mengerakan tangan kanan ke atas, depan, bawah, belakang.
ID[5]	Siku tangan kanan	Melipat tangan kanan
ID[6]	Siku tangan kiri	Melipat tangan kiri
ID[7]	Pangkal paha kanan atas	Memutar kaki kanan
ID[8]	Pangkal paha kiri atas	Memutar kaki kiri

Kode ID	Letak	Fungsi
ID[9]	Pangkal paha kanan bawah	Mengerakkan kaki kanan kesamping luar dan dalam.
ID[10]	Pangkal paha kiri bawah	Mengerakkan kaki kiri kesamping luar dan dalam.
ID[11]	Pangkal paha kanan	Mengerakkan kaki kanan kesamping depan dan belakan
ID[12]	Pangkal paha kiri	Mengerakkan kaki kiri kesamping depan dan belakan
ID[15]	Pergelangan Telapak kaki kanan	Menggerakkan telapak kaki kanan kedepan dan kebelakang
ID[16]	Pergelangan Telapak kaki kiri	Menggerakkan telapak kaki kiri kedepan dan kebelakang
ID[17]	Pergelangan Telapak kaki kanan	Menggerakkan telapak kaki kanan kesamping dan ke dalam
ID[18]	Pergelangan Telapak kaki kiri	Menggerakkan telapak kaki kanan kesamping dan kedalam

Penyusun sistem gerak robot bioloid ditunjukkan pada gambar 2.10 yang terdiri dari Page Motion, Step Motion, dan Goal Position. Motion adalah kumpulan data posisi dan kecepatan dari aktuator yang diperlukan untuk menggerakkan robot. Agar robot dapat bergerak diperlukan file Motion. Sebuah file motion yang sesuai harus ditanam dalam sirkuit kontrol robot. "Page Motion" adalah satuan yang digunakan untuk membedakan antara motion atau gerakan yang disimpan. data gerak disimpan pada setiap page motion, page motion terdiri sampai dengan 255.

Suatu Step Motion merupakan serangkaian urutan gerak yang terjadi secara berurutan. Kecepatan gerak ditentukan oleh waktu pada setiap step atau langkah. Dalam setiap page motion terdiri dari step motion yang berjumlah 7 step yaitu STEP 0 sampai dengan STEP 7. "Pause" adalah waktu antara step akhir dengan step awal yang diatur dengan nilai waktu dalam satuan detik. Nilai dapat

diatur dalam setiap 0.008 detik, sedangkan jangkauan nilai dari 0 sampai dengan maksimal 2.04 dalam setiap STEP. Time adalah waktu antara step awal sampai dengan akhir yang dinyatakan dalam satuan detik. Nilai waktu dapat diubah dalam setiap 0.008 detik. Time memiliki nilai dari 0 sampai dengan 2.04 detik.



Gambar 2.12 Penyusunan sistem gerak robot bioloid

Pada robot Bioloid Premium Tipe A terdapat 3 derajat kebebasan pada tangan kanan dan 3 derajat kebebasan pada tangan kiri. Pusat atau titik derajat kebebasan pada setiap tangan terletak pada bagian bahu, pangkal lengan atas dan pada bagian siku tangan. ID[1] sampai dengan ID[6] pada gambar 2.13 merupakan letak motor servo yang berfungsi sebagai aktuator pada manipulator tangan robot.



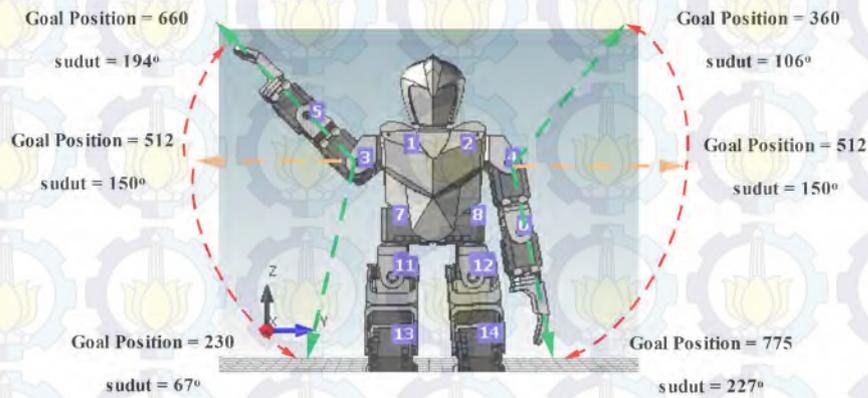
Gambar 2.13 Jumlah DOF (Degree of Freedom) pada lengan robot

Pergerakan tangan dibagi dalam beberapa titik sebagai pusat derajat kebebasan. Pada bagian pangkal lengan terdapat pusat derajat kebebasan yang berfungsi sebagai sendi untuk menggerakkan tangan kearah belakang, depan, atas, dan bawah. *Goal position* yang dapat diberikan pada titik ini yaitu 0 sampai dengan 1024 . Gambar 2.14 merupakan jangkauan gerak dari derajat kebebasan lengan kanan dan lengan kiri robot.



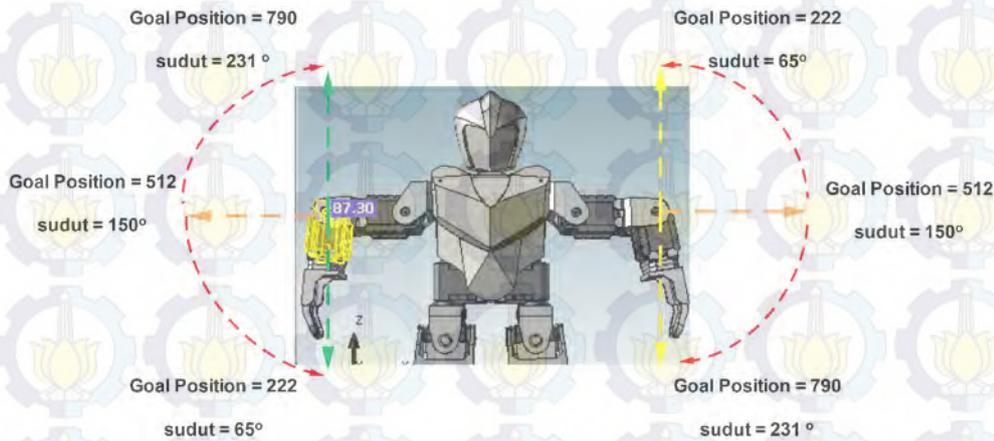
Gambar 2.14 Derajat kebebasan lengan robot

Pada gambar 2.14 merupakan jangkauan derajat kebebasan lengan robot pada bagian bahu. Pada bagian ini tidak sepenuhnya nilai derajat kebebasan pada motor servo digunakan, nilai goal position pada bagian ini yaitu 230 sampai 660 pada tangan kanan sedangkan pada tangan kiri 360 sampai dengan 775. Pergerakan tangan kanan dan kiri pada titik ini hanya mampu bergerak dengan sudut minimal 67° dan maksimal 194° sedangkan pada tangan kiri bergerak dengan sudut minimal 106° dan maksimal 227° . Ilustrasi kebebasan gerak dapat dilihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.15 Derajat kebebasan pangkal lengan robot

Derajat kebebasan pada bagian siku tangan dibentuk dengan goal position 222 sampai dengan 790. Berdasarkan data sheet pada motor servo dynamixel goal position 222 akan memberikan nilai pada posisi sudut 65° sedangkan goal position 790 akan memberikan nilai pada posisi sudut 231° . Pada gambar 2.16 memberikan penjelasan kebebasan gerak tangan pada bagian siku.



Gambar 2.16 Derajat kebebasan siku lengan robot

2.7 Emosi dalam musik

Sebagai seni, musik merupakan bagian tak terpisahkan dari kehidupan manusia. Dalam semua usia, musik selalu menjadi semacam saluran khusus untuk mengekspresikan emosi manusia[7]. Musik adalah bahasa universal umat

manusia, dan emosi adalah jiwanya. Musik ditampilkan dengan nada untuk mengungkapkan pikiran dan perasaan manusia. Dalam penelitian [8] mengusulkan emosi dalam musik sebagai media untuk mengekspresikan emosi robot. Faktor-faktor pada musik yang berkontribusi terhadap emosi yang digunakan pada penelitian tersebut berdasarkan penjelasan dari Eric Farrar.

Terdapat enam faktor pada musik yang dapat digunakan untuk menentukan jenis emosi yang ada pada suatu musik, antara lain Tempo, Key, Pitch, Melody, Harmony, dan Rhythm. Penjelasan dari enam faktor tersebut dirangkum secara singkat sebagai berikut :

1. Tempo adalah ukuran kecepatan dalam birama lagu.
 - a) Tempo yang cepat menandakan kebahagiaan, sukacita, kemarahan dan ketakutan.
 - b) Tempo lambat lebih menunjukkan kesedihan, kelembutan dan ketenangan.
2. Key adalah Tanda accidentals pada permulaan staff untuk menentukan kunci
 - a) Kunci Mayor digunakan untuk mewujudkan kebahagiaan, sukacita dan ketenangan.
 - b) Kunci minor menunjukkan kesedihan dan ketegangan
3. Pitch adalah Tinggi rendahnya nada atau suara (frekuensi).
 - a) Nada tinggi mengekspresikan kebahagiaan, kejutan, kemarahan dan ketakutan.
 - b) nada rendah mengungkapkan kesedihan dan kesungguhan.
4. Melodi adalah penanda atau notasi yang digunakan untuk membuat lagu
 - a) Melodi pada dalam rentang panjang mengekspresikan kegembiraan
 - b) Melodi dalam rentang pendek menggambarkan suasana sedih, sentimental dan ketegangan
5. Harmoni adalah perpaduan bunyi yang selaras
 - a) Harmoni konsonan mengungkapkan kebahagiaan, relaksasi dan megah
 - b) Harmoni disonan memberikan kegembiraan, ketegangan, kemarahan dan kesedihan

6. Rhythm adalah Struktur musik yang berhubungan dengan ketukan tempo dan ketukan yang menyatakan feel atau penjiwaan sebuah lagu.

a) Pola yang teratur cenderung menunjukkan kebahagiaan, keagungan dan kedamaian

b) *Fluent rhythm* mengungkapkan kebahagiaan dan ketenangan

2.8 Intel RealSense SDK

Teknologi Intel RealSense memungkinkan kita untuk mengenali dan memahami masukan dari tangan, muka, suara, serta lingkungan sekitar kita. Teknologi Intel RealSense dapat dimanfaatkan secara penuh oleh pengembang aplikasi melalui Intel RealSense SDK (Software Development Kit) versi beta yang baru untuk Windows. Dengan RealSense SDK, pengembang aplikasi dapat membuat aplikasi generasi terbaru yang natural, imersif, dan intuitif yang memanfaatkan pelacakan tangan dan jari, analisa wajah, suara, *augmented reality*, dan pemindaian 3D.

Intel RealSense Technology SDK versi beta untuk Windows adalah sebuah API dan perlengkapan pendukung prosesor Intel Core generasi keempat dan seterusnya yang tersedia secara gratis untuk diunduh. Di dalam RealSense SDK terdapat API tingkat atas yang memberikan pengembang aplikasi akses pemrograman yang cepat dan mudah ke fungsionalitas yang ada di teknologi Intel RealSense. Ada juga API tingkat bawah yang menyediakan kontrol lebih lanjut untuk inovasi aplikasi bagi pengembang aplikasi.

RealSense SDK menyediakan program emotionviewer yang mampu mengklasifikasi ekspresi emosi wajah secara online. Klasifikasi ekspresi emosi wajah pada program ini terdiri dari emosi *Angry, Contempt, Disgust, Fear, Joy, Sadness, Surprise*. Disamping itu program ini dapat menampilkan sentiment Negatif, Positif, Netral. Proses kerja program emotionviewer menangkap wajah melalui kamera webcam, posisi wajah dapat dideteksi secara otomatis selanjutnya setiap perubahan ekspresi emosi wajah yang tertangkap oleh kamera dapat langsung dikenali.

Program emotionviewer tersedia dalam dua jenis bahasa pemrograman yaitu C++ dan C#. Program ini bersifat terbuka yang dapat dikembangkan oleh pengguna untuk kepentingan akademik dengan syarat tidak bersifat komersial. Kode program secara lengkap terdapat pada file install dari RealSense SDK, sehingga sangat mudah untuk mengembangkannya. Pengembangan yang dapat dilakukan misalnya bidang animasi, game, agen, robotika. Khusus pada bidang robotika dibutuhkan antarmuka khusus yang mampu membuat PC/Laptop dapat berkomunikasi dengan PC. Antarmuka yang paling banyak digunakan untuk komunikasi antara PC/Laptop dengan robot adalah antarmuka serial.

2.9 Zigbee SDK

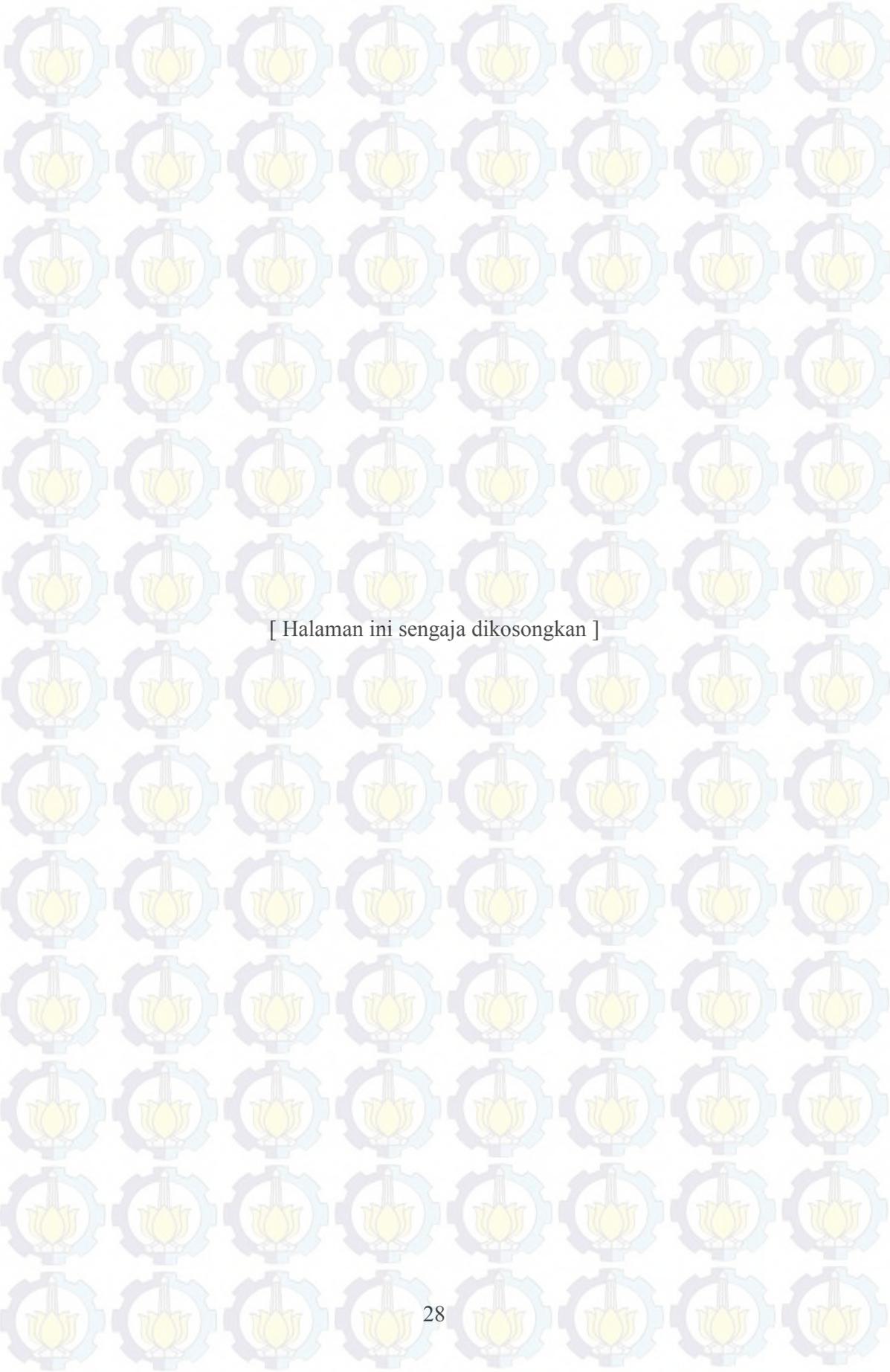
Zigbee SDK merupakan library standar pada pemrograman untuk mengembangkan sistem komunikasi pada Robot Bioloid dengan Robo Plus / Task Code. Karakteristik Zigbee SDK adalah sebagai berikut :

1. Memiliki portabilitas dalam setiap platform yang ditulis dalam bahasa C
2. Sangat mudah untuk aplikasi komunikasi Port Serial.
3. Standar Antarmuka, dapat dikembangkan walaupun dengan kontroler yang berbeda.

Untuk menjalankan program komunikasi serial dengan menggunakan library ZigBee SDK dengan robot diperlukan beberapa pengaturan atau konfigurasi pada sistem operasi yang digunakan. File zigbee dll perlu diinstal pada Path windows agar saat program dijalankan dapat dipanggil. Untuk konfigurasi pada system operasi windows terdapat pada Control Panel - System - Advanced - Environment Variables.

Robot bioloid mendukung komunikasi dengan PC/Laptop melalui komunikasi serial. Khusus pada robot bioloid tipe A menggunakan board control CM530, board control tersebut menggunakan kabel data USB untuk berkomunikasi dengan PC/Laptop. Komunikasi serial pada CM530 berfungsi untuk mengisi program task dan file motion yang dibuat pada Laptop menggunakan program Robo Plus. Selain untuk mengisi program, komunikasi serial pada robot dapat berfungsi untuk antarmuka dengan perangkat lain yaitu IR remote control, Bluetooth, Wifi, antarmuka PC/Laptop.

Antarmuka serial CM530 dengan PC/Laptop dapat dibuat menggunakan Microsoft Visual C++. Zigbee SDK diperlukan pada program Microsoft Visual agar dapat melakukan antarmuka serial dengan board control CM530. Terdapat contoh program antarmuka serial antara robot dengan PC menggunakan zigbee SDK . Program tersebut dalam diunduh secara gratis melalui web resmi robotics.com. Salah satu contoh program yang telah disediakan yaitu dalam bahasa pemrograman C++. Dengan antarmuka serial ini robot dapat digabungkan dengan perangkat PC misalnya untuk membuat robot cerdas. Robot yang mampu berinteraksi secara alami dengan manusia mampu mengenali ekspresi emosi dan berekspresi.



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memaparkan dan menjelaskan tentang desain sistem serta metode yang diterapkan untuk penelitian sintesa ekspresi emosi robot humanoid multimodal.

3.1 Perancangan

Dalam penerapannya salah satu metode yang digunakan agar tampilan dapat menyakinkan dan dapat dipercaya merupakan suatu bahasa tubuh dalam suatu gerakan yaitu dengan menentukan pose koordinat pusat ekspresif [23]. Dalam konteks emosi dengan bahasa tubuh, pose koordinat pusat adalah postur statis dari robot sehingga akan jelas menggambarkan emosi yang ditampilkan. Setelah pose koordinat pusat ditampilkan pada robot maka akan dapat menggerakkan perilaku yang ekspresif [24]

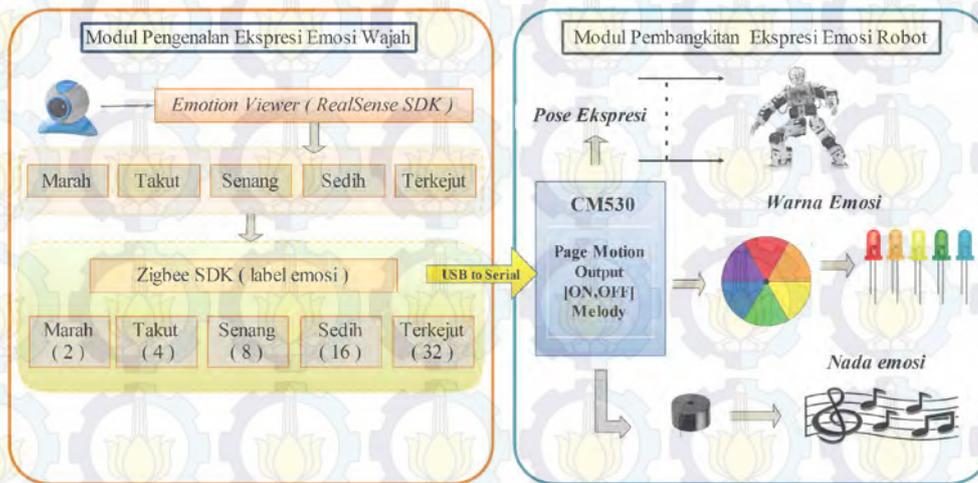
Metode ini dipilih karena dapat diterapkan pada robot yang terbatas pada kebebasan gerak yang hanya terdiri dari 18 derajat kebebasan. Pose kunci merupakan pose emosi yang terdiri dari emosi dasar menurut P.Ekman. Penelitian ini dirancang dengan menguji sintesa emosi pada robot melalui pose, warna, nada. Desain sintesa ekspresi emosi robot berdasarkan pada pose badan robot, warna menggunakan Led, dan suara melalui musik nada.



Gambar 3.1 Skema penelitian

Interaksi antara manusia terdapat ada emosi, penilaian ekspresi pada manusia salah satunya melalui ekspresi wajah. Sehingga sebagai wujud interaksi antara manusia dengan robot pada penelitian ini yaitu menggunakan ekspresi wajah.

Gambar 3.1 menunjukkan ekspresi emosi wajah manusia ditangkap oleh webcam selanjutnya pengenalan ekspresi emosi dilakukan melalui komputer, setelah ekspresi emosi wajah dikenali digunakan untuk memerintahkan robot berekspresi emosi sesuai dengan ekspresi emosi pada wajah. Sintesa ekspresi emosi pada robot dilakukan melalui pose, warna, nada.



Gambar 3.2 Integrasi sistem dalam penelitian

Integrasi secara keseluruhan penelitian dapat dilihat pada gambar 3.2. penelitian ini terbagi kedalam dua bagian yaitu pertama modul pengenalan Ekspresi emosi wajah, kedua modul pembangkitan ekspresi emosi robot. Modul pengenalan ekspresi emosi wajah terdiri dari webcam yang berfungsi sebagai sensor untuk menangkap ekspresi emosi wajah, program emotion viewer berfungsi untuk mengenali ekspresi emosi wajah. Ekspresi emosi wajah yang dapat dikenali melalui program ini yaitu marah, senang, sedih, takut, terkejut, jijik, netral. Setelah ekspresi emosi wajah dikenali selanjutnya adalah memberikan label nilai pada setiap emosi, label nilai digunakan sebagai data serial yang selanjutnya dikirim ke sistem control robot melalui komunikasi serial.

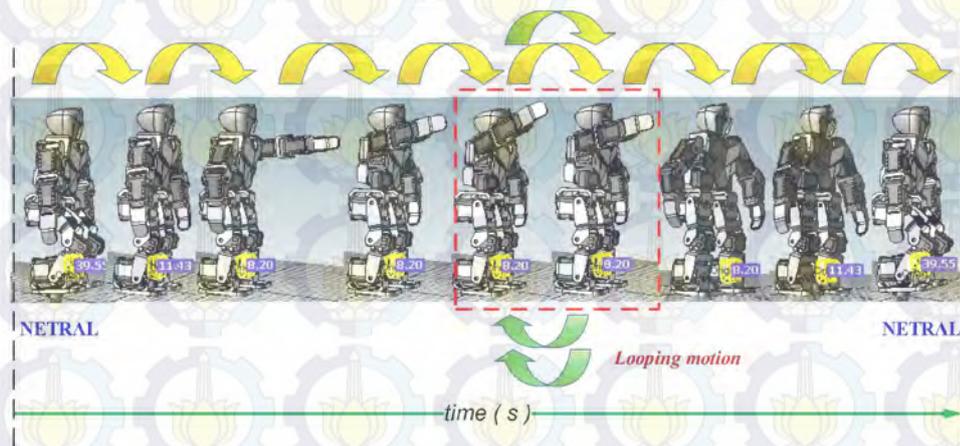
Modul pembangkitan ekspresi emosi robot menggunakan modalitas interaksi yang terdapat pada robot, yaitu pose melalui badan robot, warna melalui Led yang memanfaatkan port output pada *board control* CM530, dan suara melalui melody yang memanfaatkan mic pada *board control* CM530. Sintesa ekspresi emosi

melalui pose disusun dari beberapa page motion, step motion, goal position. Page motion merupakan rangkaian step atau prosedur gerakan yang diatur oleh waktu untuk menentukan kecepatan gerakan dan goal position untuk mengatur perubahan putaran/sudut pada setiap titik pusat derajat kebebasan pada badan robot.

3.2 Sintesa Ekspresi Emosi

Enam emosi dasar yang digunakan pada penelitian ini adalah bahagia, sedih, marah, terkejut, takut, jijik. Emosi dibagi menjadi dua macam yaitu emosi primer dan sekunder, emosi primer merupakan emosi dasar yang dapat dirasakan oleh manusia dan hewan, sedangkan emosi sekunder dianggap sebagai emosi khusus hanya pada manusia [25].

Robot humanoid dirancang khusus menyerupai bentuk seperti manusia akan tetapi masih terdapat adanya beberapa keterbatasan gerak dan fungsi seperti pada manusia. Pada penelitian ini akan dikaji apakah robot humanoid jenis Bioloid dapat mengekspresikan enam emosi dasar pada manusia dan dapat diterima oleh pengguna. Gerakan ekspresi hanya ditampilkan dalam bentuk pose. Dalam proses sintesa ekspresi robot akan menampilkan pose emosi secara berurutan dimana pada setiap pose akan dievaluasi apakah emosi dapat dikenali.



Gambar 3.3 Sintesa gerak robot

Sintesa ekspresi emosi pada robot menyesuaikan dengan struktur dari badan robot. Dengan memperhatikan keseimbangan dan keleluasan gerakan maka pose netral menjadi koordinat dari semua pose ekspresi. Gambar 3.3 menunjukkan step motion atau tahapan-tahapan gerakan dari pose netral menuju pose utama ekspresi emosi. Pada pose utama diperlihatkan dengan kotak garis merah putus-putus pada gambar 3.3, dalam bagian tersebut terjadi perulangan gerakan disesuaikan pada setiap sintesa ekspresi emosi. Kecepatan gerakan diatur melalui waktu dalam satuan detik, sedangkan untuk mengatur gerakan dari motor servo menggunakan nilai *goal position*.

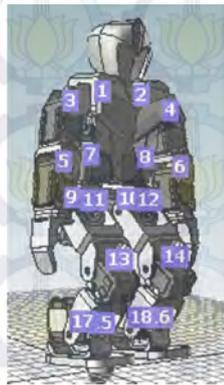
Referensi ekspresi emosi yang digunakan pada penelitian ini adalah data sintesa ekspresi emosi dari penelitian [22]. Data dalam bentuk gambar avatar manusia yang sedang mengekspresikan emosi dasar yaitu marah, senang, sedih, takut, dan terkejut. Data yang digunakan telah mendapatkan ijin melalui prosedur yang sah dengan melakukan registrasi melalui website resminya yang dapat diakses melalui <http://www.ucl.ac.uk/people/n.berthouze/AffectME.html>.

3.3 Sintesa Ekspresi Emosi Robot Humanoid

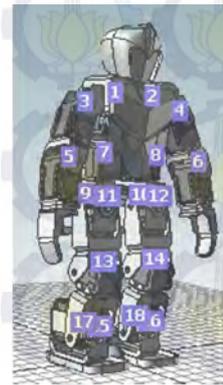
Proses pembentukan ekspresi emosi pada robot dibutuhkan beberapa tahap yaitu pose, warna, dan nada. Setiap pose ekspresi memiliki beberapa tahap gerakan yang dimulai dari posisi netral menuju ke pose emosi setelah itu akan kembali lagi pada pose netral. Warna akan direpresentasikan dari nyala Led yang mengacu pada *Emotion Color Wheel*. Nada sebagai salah satu representasi emosi juga akan diberikan pada penelitian ini sebagai pendukung bentuk emosi dari robot.

1. Marah

Dalam Ekspresi marah pertama-tama robot berdiri dengan tegap Led pada bagian wajah akan menyala merah. Tangan kanan terangkat keatas dan mengarah kedepan. Tangan kiri terangkat keatas mengarah kebelakang. Selanjutnya tangan kanan bergerak aktif keatas dan kebawah secara cepat, bersamaan dengan itu tubuh robot akan sedikit condong kedepan. Setelah itu robot akan kembali pada pose Netral.



(a)



(b)

Gambar 3.4 Sintesa ekspresi emosi marah (a) Pose Netral (b) Step Motion ke 0

Tahap kesatu robot akan berdiri tegak tangan lurus sedikit terbuka, selanjutnya tangan kiri terangkat keatas dan kearah depan. Saat tangan kiri mencapai posisi lurus kedepan tangan kanan bergerak cepat keatas mengarah kedepan, bersamaan dengan itu tangan kiri bergerak kebawah dengan posisi sedikit terbuka.



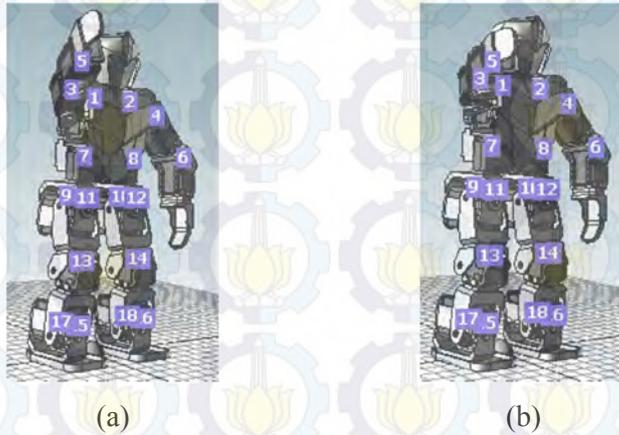
(a)



(b)

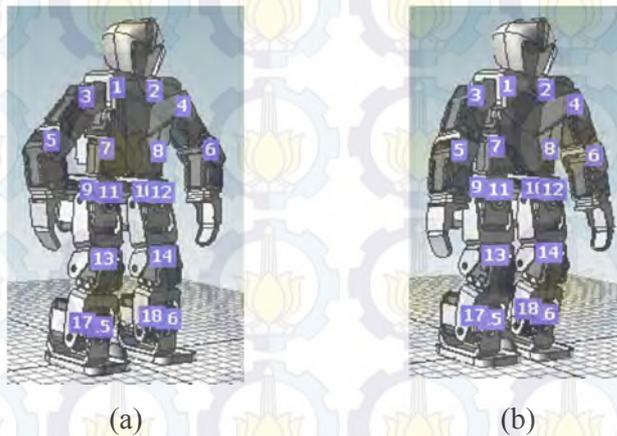
Gambar 3.5 Sintesa ekspresi emosi marah (a) Step Motion ke 1
(b) Step Motion ke 2

Pada saat posisi step ke 2 pada gambar 3.5 tangan kanan akan bergerak keatas dan kebawah seperti sedang menunjuk-nunjuk lawan bicara. Pergerakan naik dan turunnya tangan kanan akan berulang beberapa saat. Pose ini merupakan pose utama dari ekspresi emosi marah, pergerakan tangan kanan seperti gambar 3.6 .



Gambar 3.6 Sintesa ekspresi emosi marah (a) Step Motion ke 3
(b) Step Motion ke 4

Tahap selanjutnya adalah pergerakan kembali menuju pose netral, tangan kanan dan kiri akan bergerak turun kesamping dengan posisi terbuka. Setelah itu kedua tangan akan lurus disamping badan dengan posisi badan masih berdiri dengan tegap, selanjutnya akan kembali pada pose netral. Proses pergerakan dapat dilihat seperti pada gambar 3.7 pada step motion 5 berubah ke step motion 6.



Gambar 3.7 Sintesa ekspresi emosi marah (a) Step Motion ke 5
(b) Step Motion ke 6

2. Senang

Ekspresi senang dimulai dengan menyalanya Led warna hijau sebagai lambang kegembiraan, pose badan robot akan menyamping dengan posisi kedua tangan keatas lurus. Robot akan menggerakkan tangan seperti orang bertepuk tangan diatas kepala. Gerakan tubuh menggambarkan sukacita , setelah itu robot akan kembali pada pose netral.



(a)



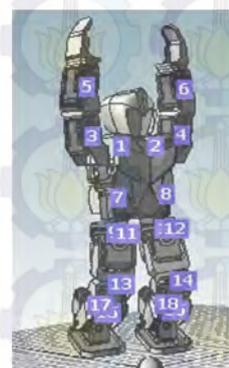
(b)

Gambar 3.8 Sintesa ekspresi emosi senang (a) Pose Netral (b) Step Motion ke 0

Gambar 3.8 menunjukkan awal sintesa ekspresi emosi senang. Gerakan tepuk tangan merupakan pose utama dari ekspresi emosi senang, setelah itu robot akan kembali pada posisi netral. Pada tahap ini badan robot akan bergerak lurus kedepan , kedua tangan bergerak lurus kesamping.



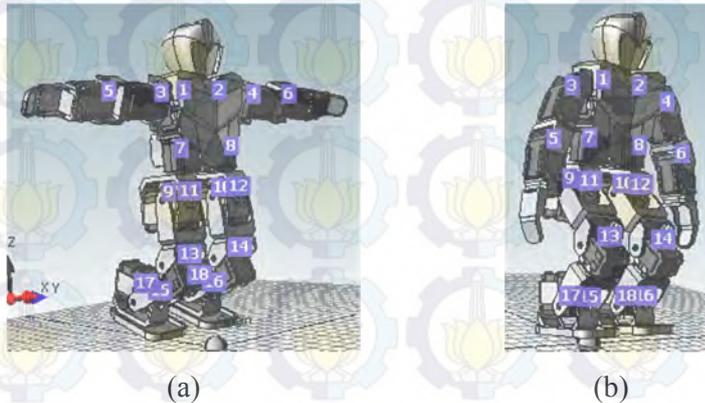
(a)



(b)

Gambar 3.9 Sintesa ekspresi emosi senang (a) Step Motion ke 1
(b) Step Motion ke 2

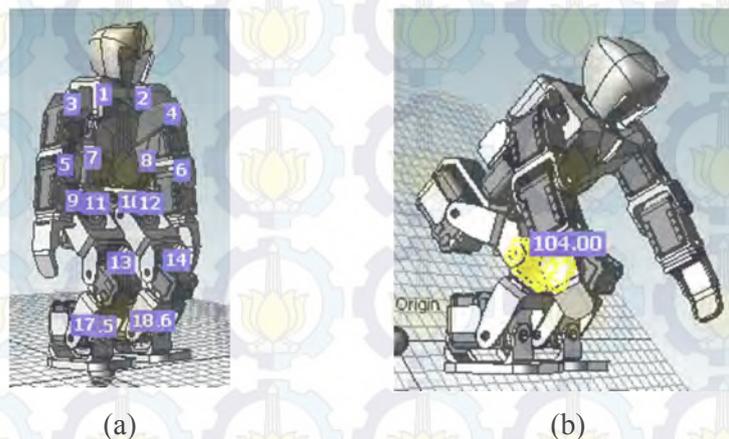
Gerakan tepuk tangan merupakan gerakan perulangan pada sendi bagian bahu, posisi tangan pada bagian siku tetap pada kondisi nilai goal position yang sama. Tahap terakhir robot akan bergerak pada posisi netral yang dapat dilihat pada gambar 3.10 .



Gambar 3.10 Sintesa ekspresi emosi senang (a) Step Motion ke 4
(b) Step Motion ke 5

3. Sedih

Ekspresi sedih dimulai dengan menyalanya Led warna Biru. Badan robot terjatuh kelantai secara perlahan dan tangan kiri menahan badan terhadap lantai sedangkan tangan kanan bergerak ke posisi wajah bergerak seolah-olah mengusap mata seperti orang yang sedang menangis, setelah itu robot akan kembali pada pose netral.



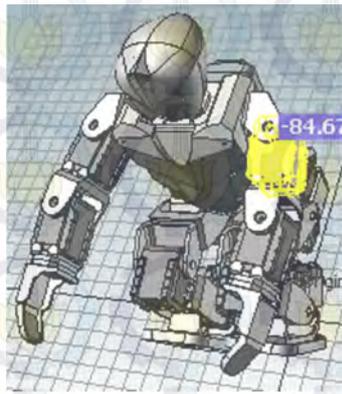
Gambar 3.11 Sintesa ekspresi emosi sedih (a) Pose Netral (b) Step Motion ke 0

Sintesa ekspresi sedih robot dimulai dari posisi netral, selanjutnya badan robot membungkuk dengan kedua tangan lurus mengarah kedepan. Badan robot terjatuh dengan kedua tangan sebagai penahan badan. Kaki kiri sedikit terangkat bersamaan dengan itu tangan kiri bergeser kekanan. Pergerakan ini berfungsi untuk menjaga keseimbangan robot untuk melanjutkan pose selanjutnya. Sintesa ini terjadi pada gambar 3.11 dan gambar 3.12

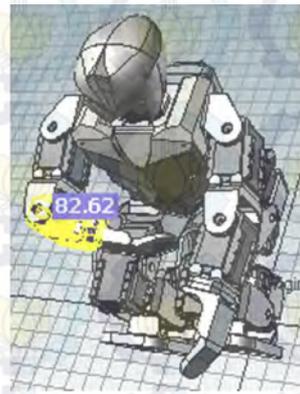


Gambar 3.12 Sintesa ekspresi emosi sedih (a) Step Motion ke 1
(b) Step Motion ke 2

Pada gambar 3.13 step motion ke 4 robot akan mengangkat tangan kanan dengan posisi didepan dada seperti terlihat pada gambar step motion ke 5. Masih dalam posisi tangan kanan kanan tertekuk seperti step motion 5, tangan kanan akan diangkat ke atas pergerakan terjadi pada bahu lengan kanan. Pergerakan tersebut sampai tangan kanan berada diposisi depan wajah. Pada saat tangan sudah berada didepan wajah robot akan melakukan pergerakan seperti manusia yang sedang menangis dengan mengusap-usapkan tangan untuk membersihkan air mata. Pose ini merupakan pose utama dari sintesa ekspresi emosi robot dalam keadaan sedih.



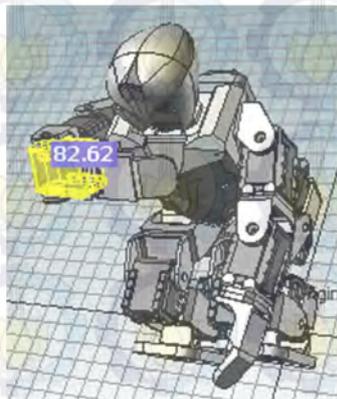
(a)



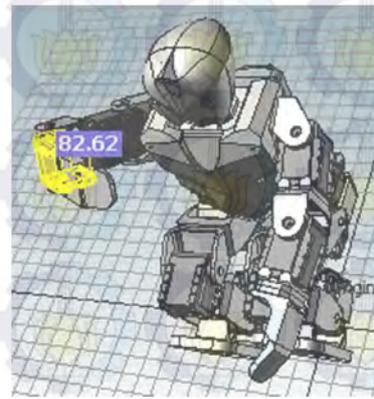
(b)

Gambar 3.13 Sintesa ekspresi emosi Sedih (a) Step Motion ke 3
(b) Step Motion ke 4

Step motion ke 6 sampai dengan step motion 9 terjadi secara berulang. Selanjutnya robot akan kembali menuju pose netral, kedua tangan kembali menumpu badan bersama dengan kedua kaki. Robot akan bergerak secara pelan, gerakan ini menyesuaikan dengan kondisi emosi dalam keadaan sedih. Proses kembali kedalam posisi robot berdiri memerlukan step motion yang tepat karena harus menjaga keseimbangan badan robot agar jangan sampai terjatuh.

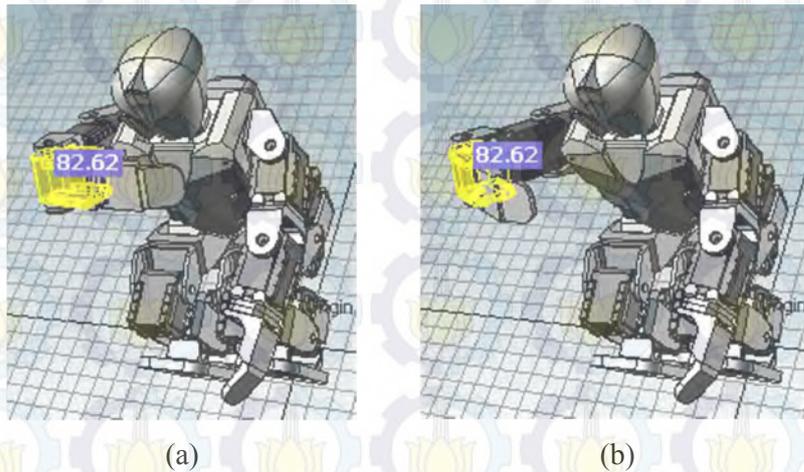


(a)



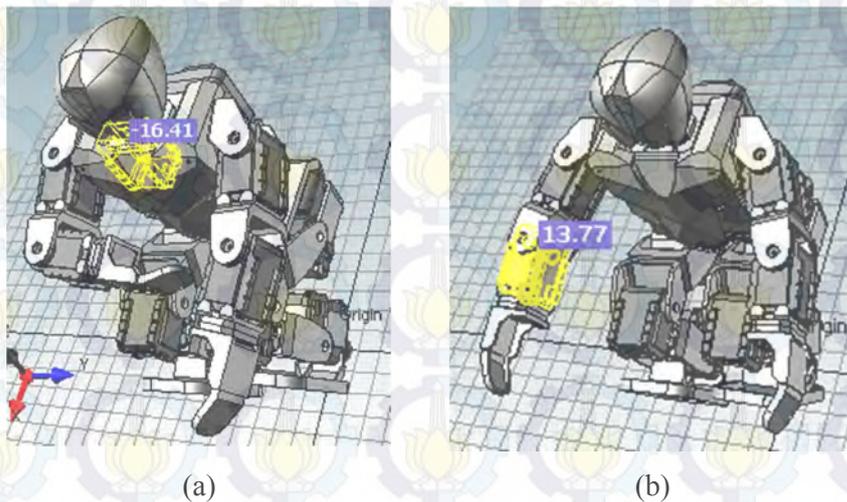
(b)

Gambar 3.14 Sintesa ekspresi emosi sedih (a) Step Motion ke 5
(b) Step Motion ke 6



(a) Step Motion ke 7
 (b) Step Motion ke 8

Step motion 16 pergerakan bertumpu pada kaki robot yang dimulai pada posisi lutut kaki mengangkat badan robot. Selanjutnya pergerakan bertumpu pada bagian telapak kaki robot kedua tangan akan bergerak kebelakang lurus dengan samping lutut. Posisi badan akan turun kembali seperti pada gambar step motion ke 17. Selanjutnya badan robot akan terangkat sampai dengan kembali pada pose netral seperti pada gambar 3. step motion ke 15.



(a) Step Motion ke 9
 (b) Step Motion ke 10



(a)



(b)

Gambar 3.17 Sintesa ekspresi emosi sedih (a) Step Motion ke 11
(b) Step Motion ke 12



(a)



(b)

Gambar 3.18 Sintesa ekspresi emosi sedih (a) Step Motion ke 13
(b) Step Motion ke 14



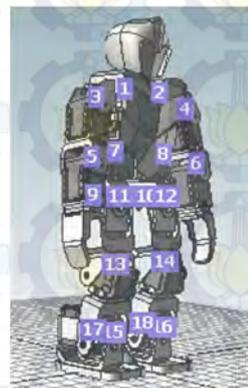
Gambar 3.19 Sintesa ekspresi emosi sedih (Step Motion ke 15)

4. Terkejut

Ekspresi surprise dimulai dengan menyalanya Led warna kuning. Selanjutnya robot akan berdiri tegap secara tiba-tiba. Kedua tangan secara bersama-sama terangkat kesamping, bersama dengan itu badan robot akan bergerak condong kebelakang, pose ini akan bertahan beberapa saat setelah itu robot akan kembali pada pose netral. Sintesa ekspresi dimulai dari posisi netral, selanjutnya robot berdiri dengan tegap. Saat badan robot sudah dalam keadaan stabil badan robot akan sedikit terdorong kebelakang. Sintesa proses pergerakan dapat dilihat pada gambar 3.20 step motion netral ke step motion 0

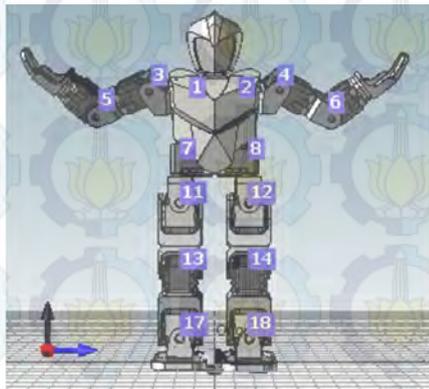


(a)

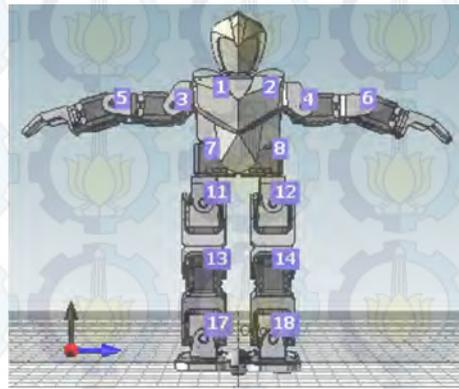


(b)

Gambar 3.20 Sintesa ekspresi emosi terkejut (a) Pose Netral (b) Step Motion ke 0



(a)



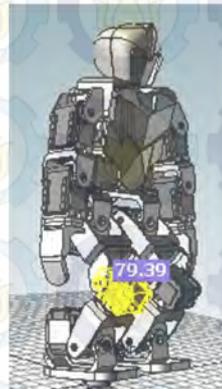
(b)

Gambar 3.21 Sintesa ekspresi emosi terkejut (a) Step Motion ke 1
(b) Step Motion ke 2

Setelah badan sedikit condong kebelakang tangan robot akan terangkat keatas seperti pada gambar 3.21 step motion ke 1. Pose ini akan bertahan dalam beberapa saat dan pose ini merupakan pose utama dari ekspresi robot dalam emosi terkejut. Selanjutnya robot akan bergerak meluruskan tangan kesamping badan seperti pada gambar 3.21 step motion ke 2 , pada step motion ke 3 gambar 3.22 tangan robot diluruskan ke bawah samping badan . pose terakhir robot akan kembali pada pose netral yang dapat dilihat pada gambar 3.22 step motion ke 4.



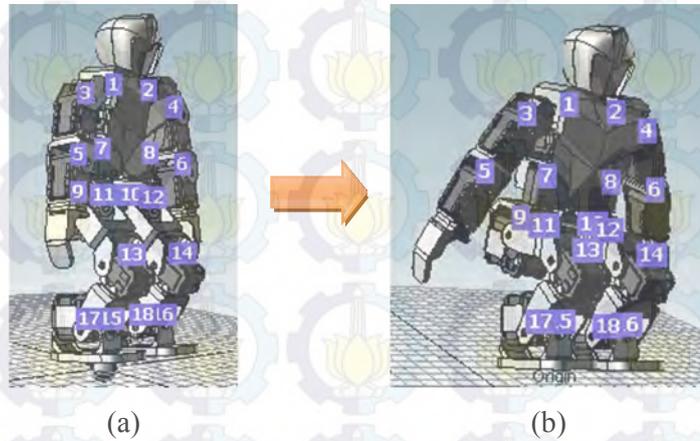
(a)



(b)

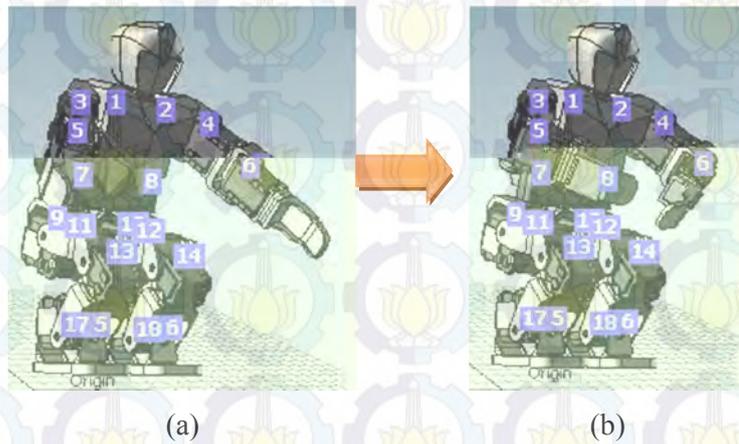
Gambar 3.22 Sintesa ekspresi emosi terkejut (a) Step Motion ke 3
(b) Step Motion ke 4

5. Takut

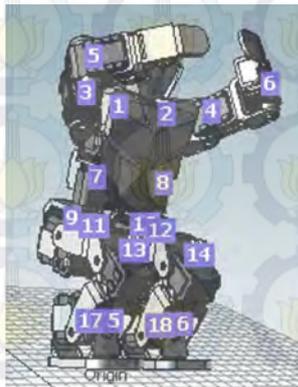


Gambar 3.23 Sintesa ekspresi emosi takut (a) Pose Netral (b) Step Motion ke 0

Ekspresi takut dimulai dengan menyalanya Led warna orange. Badan robot turun kebawah seperti orang meringkuk. Kedua tangan diangkat keatas menutupi kepala seperti melindungi dari sesuatu sementara seluruh tubuhnya gemetar beberapa saat, setelah itu robot akan kembali pada pose netral. Sintesa ekspresi emosi sedih dimulai dari pose netral selanjutnya badan robot akan turun seperti pada gambar 3.23 step motion ke 0 .



Gambar 3.22 Sintesa ekspresi emosi takut (a) Step Motion ke 1
(b) Step Motion ke 2



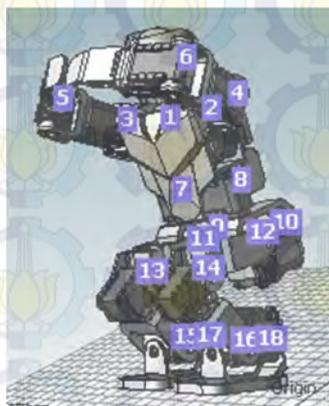
(a)



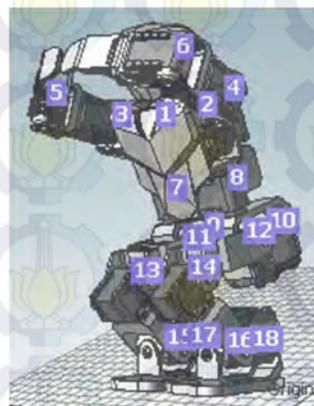
(b)

Gambar 3.25 Sintesa ekspresi emosi takut (a) Step Motion ke 3
(b) Step Motion ke 4

Step motion ke 1 tangan kanan dan kiri bergerak kedepan, step motion ke 2 tangan akan bergerak keatas dengan posisi menutup muka. Selanjutnya badan robot akan bergetar beberapa saat, pose ini merupakan pose utama dari ekspresi emosi takut. Pose robot keadaan gemetar dapat dilihat pada gambar 3.25 step motion ke 3, step motion ke 4 dan gambar 3.26 step motion ke 5, step motion ke 6. Pose ini akan bertahan dalam beberapa saat, selanjutnya robot akan bergerak kembali ke dalam pose netral.



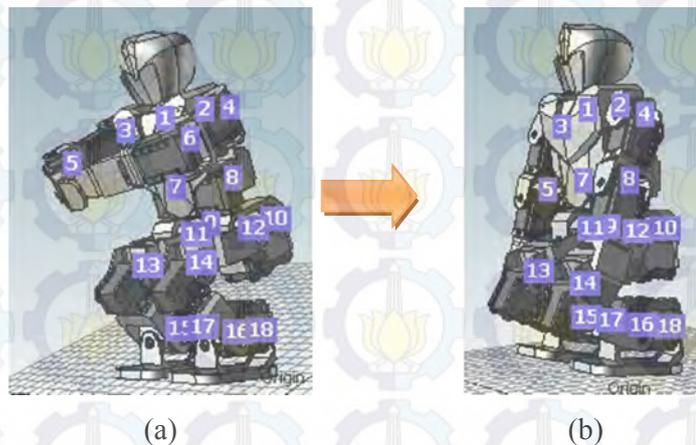
(a)



(b)

Gambar 3.26 Sintesa ekspresi emosi takut (a) Step Motion ke 5
(b) Step Motion ke 6

Proses kembalinya pose robot dari pose ekspresi takut ke pose netral melalui beberapa step motion yang dapat dilihat pada gambar 3.27 step motion 7 dan step motion 8. Kedua tangan robot akan turun kedepan badan robot, selanjutnya tangan akan bergerak kesamping badan robot. Posisi ini bertujuan untuk tetap menjaga keseimbangan badan robot agar tidak terjatuh. Selanjutnya robot akan kembali berdiri pada pose netral. Proses pergerakan terjadi pada gambar 3.27 step motion ke 8.

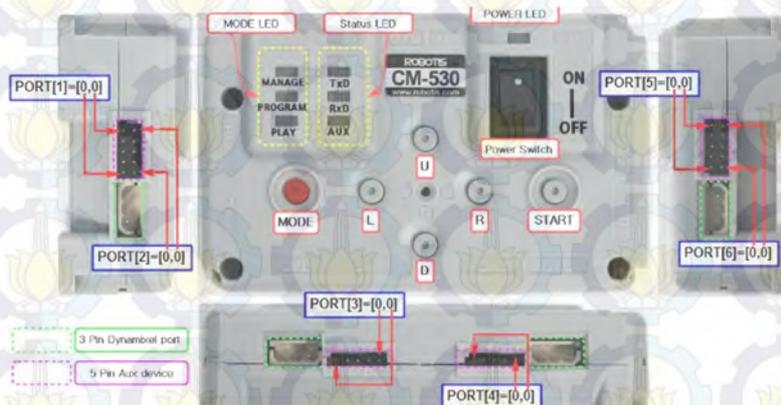


Gambar 3.25 Sintesa ekspresi emosi takut (a) Step Motion ke 7
(b) Step Motion ke 8

3.4 Warna Emosi Robot

Telah dijelaskan bahwa emosi dalam warna terdiri dari merah mewakili emosi marah, biru mewakili sedih, hijau mewakili senang, kuning mewakili terkejut, orange mewakili takut, ungu mewakili jijik. Dari semua warna tersebut yang dapat diaplikasikan ke robot hanyalah beberapa warna karena terbatas pada ketersediaan warna LED yang diperjual-belikan. Warna LED yang ada diantaranya warna merah, hijau, biru, kuning.

Cara penyambungan LED dengan Board CM530 pada robot bioloid yaitu dengan memanfaatkan pin output LED yang tersedia. Terdapat enam PORT output yang dapat dimanfaatkan untuk dapat menyalakan Led dimana setiap PORT terdapat 2 pin output. PORT yang dapat dimanfaatkan sebagai out adalah PORT[1], PORT[2], PORT[3], PORT[4], PORT[5], PORT[6].



Gambar 3.26 Konfigurasi Pin Output LED

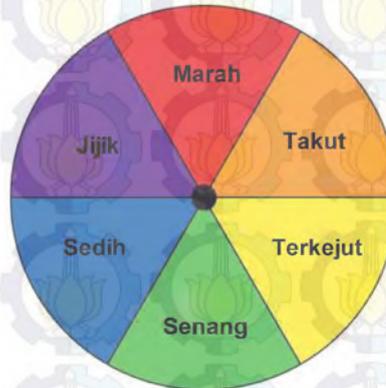
Led dirangkai seperti pada gambar 3.26 dengan menambahkan resistor sebagai pembatas arus. Sepuluh biji led dipasang pada kepala robot yang posisi letaknya pada wajah robot dengan maksud agar menyerupai mata pada seperti pada manusia. Untuk posisi kanan dengan berbagai warna yang berbeda diantaranya warna merah, hijau, biru, kuning, dan orange. Untuk posisi kiri sama seperti dengan led pada posisi kanan.



Gambar 3.27 Skema Rangkaian LED

Pada gambar 3.27 merupakan skema rangkaian led yang digunakan pada penelitian ini. Untuk menyalakan led tersebut dengan memanfaatkan Port output yang tersedia pada modul CM-530. Setiap dua led dengan warna yang sama akan

disambungkan secara paralel ke satu pin dan port yang sama. Warna emosi robot mengikuti pada standar warna emosi dari *Emotion Color Wheel*.



Gambar 3.28 *Emotion Color Wheel* (sumber : www.do2learn.com)

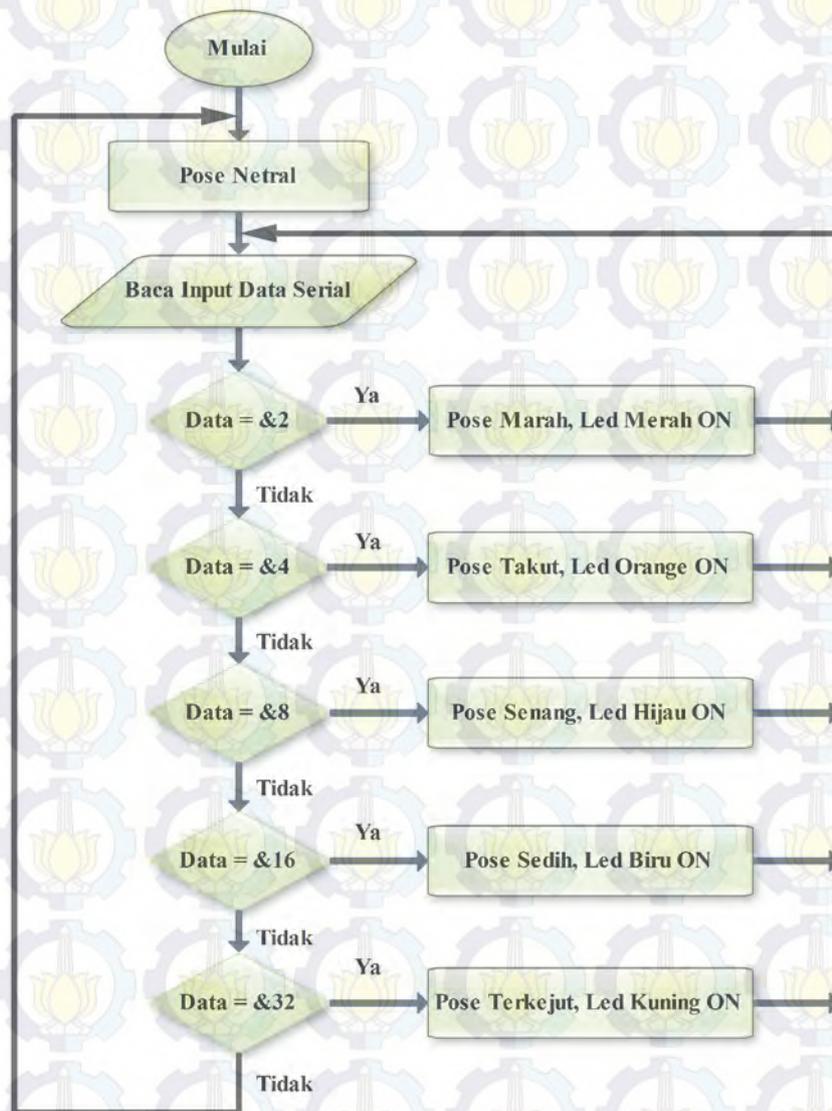
3.5 Emosi Musik

Modalitas pada board kontrol CM-530 yang dapat digunakan untuk sintesa ekspresi emosi robot dalam bentuk suara yaitu melody. Terdapat 26 jenis melody dengan jenis yang berbeda-beda. Berdasarkan penelitian [8] tentang faktor-faktor pada musik yang dapat digunakan untuk menentukan jenis emosi yang ada pada suatu musik terdapat enam faktor yaitu Tempo, Key, Pitch, Melodi, Harmoni, dan Rhythm. Melodi merupakan fitur yang paling tepat digunakan pada penelitian ini, penyesuaian emosi pada melodi merujuk bahwa melodi pada dalam rentang panjang mengekspresikan kegembiraan, melodi dalam rentang pendek menggambarkan suasana sedih, sentimental dan ketengangan. Selain dari melodi tempo juga merupakan fitur yang dapat digunakan yaitu tempo yang cepat menandakan kebahagiaan, sukacita, kemarahan dan ketakutan, tempo lambat lebih menunjukkan kesedihan, kelembutan dan ketenangan

3.6 Alir Program Robot

Secara keseluruhan program robot akan dimulai dengan start, robot akan langsung berdiri pada pose netral. Selanjutnya robot akan membaca input data serial yang dikirim oleh komputer dengan sistem pengiriman data secara serial. Pada saat posisi netral robot akan menunggu sampai ada data yang diterima sesuai

nilai label emosi yang dibaca oleh komputer. Jika ada data yang dikirim maka robot akan bergerak sesuai dengan pose ekspresi emosi dan led akan menyala sesuai dengan warna emosi.



Gambar 3.29 Alir program robot

Data serial yang dikirim oleh komputer akan menentukan pose dan warna led pada robot. Data serial merupakan nilai dalam bentuk *integer* yang sama dengan fungsi pada remote kontrol yang ada pada modul Robot Bioloid. Kode angka yang

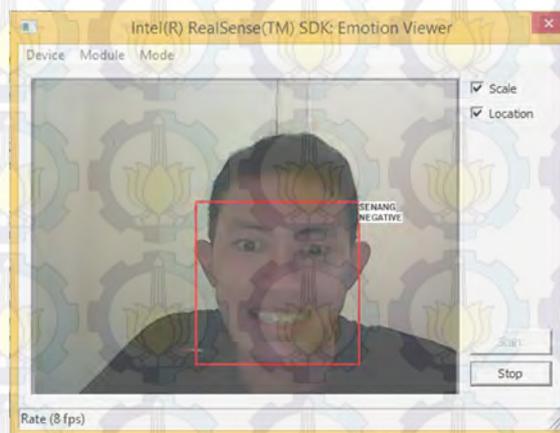
digunakan sebagai data yang dikirim oleh komputer sebagai nilai emosi dapat dilihat pada gambar 3.30 .



Gambar 3.30 Kode map remote kontrol

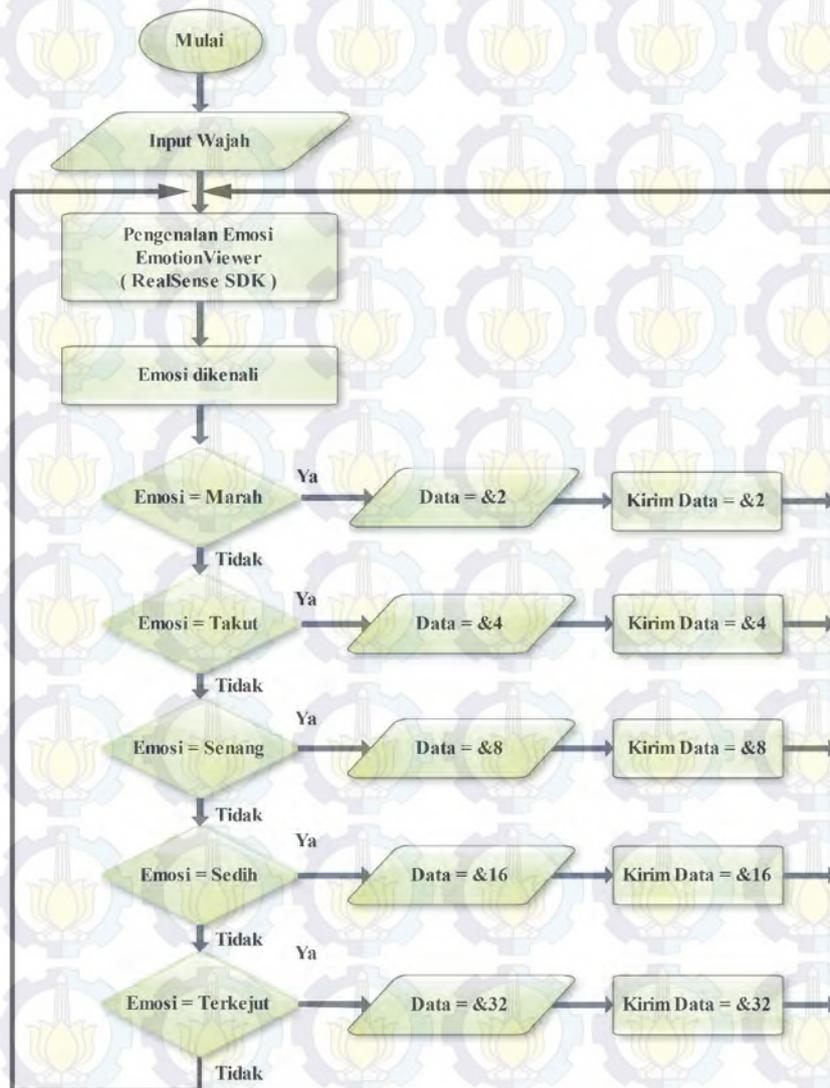
3.7 Emotion Viewer

Emotion Viewer merupakan program yang mampu mengenali emosi wajah manusia secara online. Program ini menggunakan SDK RealSense yang dibuat oleh Intel. Dalam SDK ini sudah terdapat library data emosi wajah manusia yang terdiri dari emosi MARAH, CONTEMPT, JIJIK, TAKUT, SENANG, SEDIH, TERKEJUT. Dengan library data ini akan mempermudah mengenali wajah manusia yang digunakan sebagai input data emosi pada robot.



Gambar 3.31 Tampilan Program *Emotion Viewer*

Emosi wajah yang berhasil dikenali oleh program selanjutnya akan digunakan sebagai data yang akan dikirim ke robot melalui data serial. Setiap emosi akan diberikan nilai dalam bentuk integer agar dapat diterima oleh sistem kontroler pada robot yang menggunakan jenis CM530. Pada board control CM530 sudah terdapat sistem komunikasi serial sehingga dapat langsung dihubungkan dengan komputer melalui kabel USB. Alir program proses pengiriman data dapat dilihat pada gambar 3.32 .



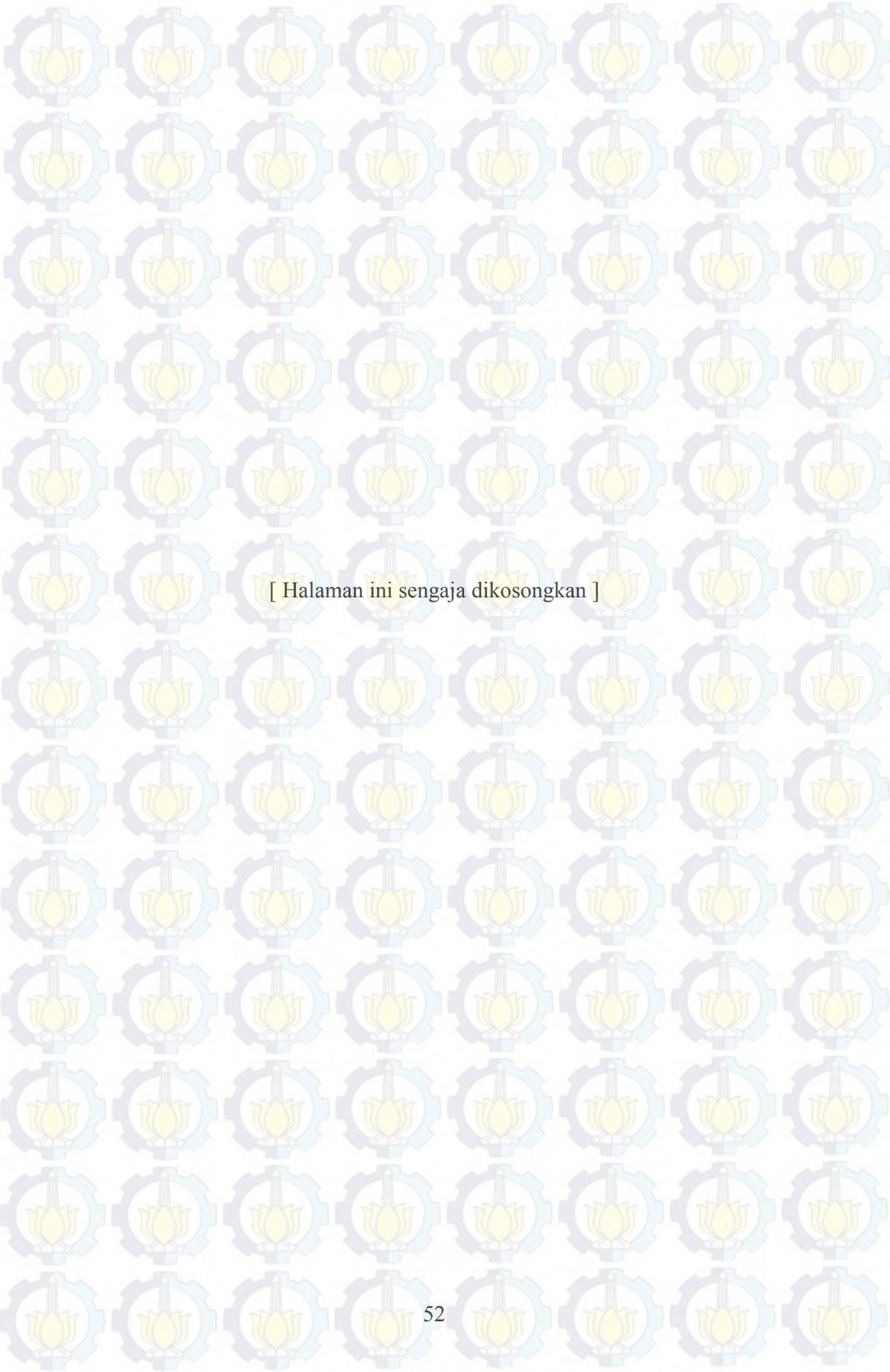
Gambar 3.32 Alir Program pengiriman data emosi

Program *emotion viewer* menggunakan bahasa pemrograman jenis C++ dan menggunakan compiler Microsoft Visual C++ 2010 Ekpress. Agar program pada Microsoft Visual C++ dapat terhubung dengan sistem robot dan dapat mengirimkan data secara serial maka diperlukan library tambahan yaitu zigbee SDK. Dengan zigbee SDK ini sangat mudah digunakan untuk mengirimkan atau menerima data serial dari kontroler robot.

3.8 Pengujian Sintesa Ekspresi Emosi Robot

Pengujian sintesa ekspresi emosi pada robot humanoid bertujuan untuk mendapatkan tingkat Sintesa ekspresi emosi robot benar-benar dapat diterima dan dipahami oleh pengguna. Pengguna robot dalam penelitian ini yaitu manusia, sehingga pengujian harus dilakukan terhadap pengguna sebenarnya. Metode yang digunakan untuk pengujian yaitu dengan melakukan kuisisioner kepada pengguna, kuisisioner dilakukan secara online.

Responden diminta untuk mengisi data pribadi, selanjutnya responden diarahkan untuk menganggap dirinya sedang berinteraksi dengan robot, pada setiap Pose dan Warna menggambarkan suasana hati robot yang ingin dimengerti oleh pengguna (Manusia). Responden diminta melihat 5 video robot dengan ekspresi emosi yang berbeda. Setelah menyaksikan setiap video responden dapat menentukan ekspresi emosi apa yang sedang robot tampilkan pada video dengan memilih jawaban yang telah disediakan.



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

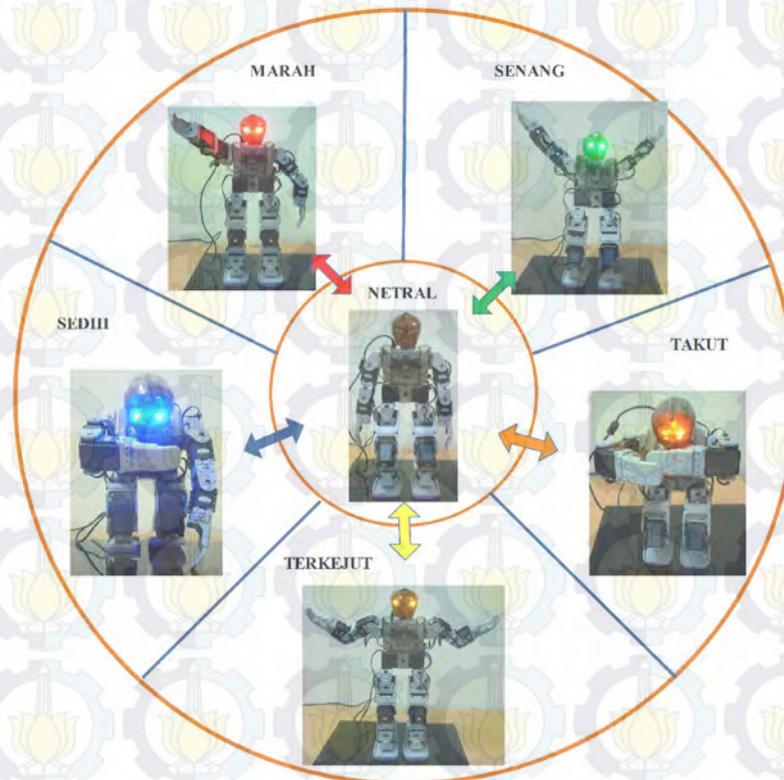
4.1. Sintesa Ekspresi Emosi Robot Humanoid

Berbeda dengan sistem pergerakan pada manusia yang terdiri dari begitu banyak jenis dan jumlah sendi sebagai pusat kebebasan gerak. Robot tipe humanoid digerakkan dengan sebuah motor servo pada setiap titik pusat derajat kebebasan. Motor Servo dapat diatur pada posisi derajat yang diinginkan dengan memberikan PWM tertentu. Sebagai penggerak pada robot humanoid motor servo hanya mampu bergerak pada sistem dua dimensi sehingga akan mengalami kekurangan dalam mendapatkan kebebasan gerak jika dibandingkan dengan sistem kebebasan gerak pada tubuh manusia.

Untuk mendapatkan sintesa gerak ekspresi diperlukan pendekatan dan penyesuaian yang sebaik mungkin agar robot dapat memberikan sintesa ekspresi secara natural. Robot humanoid pada penelitian ini mempunyai 18 delapan belas derajat kebebasan yang terdiri dari penggerak tangan dan kaki, tidak terdapat derajat kebebasan pada leher yang berfungsi untuk menggerakkan kepala. Sintesa ekspresi hanya mampu direpresentasikan oleh pergerakan tangan badan dan kaki. Beberapa tahap diperlukan untuk dapat mendapatkan posisi yang diinginkan dengan pertimbangan untuk mendapatkan keseimbangan dari badan robot.

Sintesa ekspresi emosi robot humanoid dibentuk dari beberapa tahap dalam suatu rangkaian gerakan atau step motion. Pada penelitian ini pose utama robot dipusatkan pada pose netral yaitu robot berdiri dengan tegap, pose netral ini merupakan pose yang paling ideal untuk kondisi robot dalam keadaan seimbang. Setiap ekspresi emosi dimulai dari pose netral selanjutnya akan bergerak berubah sesuai dengan pose ekspresi yang ditampilkan. Setelah pose ekspresi emosi utama ditelah tercapai maka robot akan kembali lagi pada pose netral. Alasan utama robot harus kembali ke pose netral adalah agar robot tetap mampu menjaga keseimbangan saat melanjutkan perubahan pose ekspresi emosi yang lainnya. Sintesa ekspresi robot humanoid dapat dilihat pada gambar 4.1 yaitu pose netral

berada pada posisi paling tengah sedangkan pose ekspresi emosi yang lainnya berada pada lingkaran samping pose netral.



Gambar 4.1 Sintesa Ekspresi Emosi Robot Humanoid

4.1.1. Marah

Pose marah pada robot yaitu dengan melihat dari sintesa ekspresi pada manusia sehingga dapat dibentuk sintesa ekspresi yang sedapat mungkin benar-benar menunjukkan ekspresi emosi [22]. Robot bioloid sangat terbatas sistem gerakannya jika dibandingkan robot Nao yang sudah telah digunakan pada penelitian sebelumnya [11]. Robot Nao memiliki 25 derajat kebebasan pada seluruh tubuhnya termasuk bagian leher yang dapat menggerakkan kepala kesamping kanan dan kiri serta bergerak menunduk. Pada robot Bioloid hanya terdapat 18 derajat kebebasan sebagai penggerak seluruh anggota badan, khusus pada bagian kepala robot Bioloid tidak bisa digerakkan karena tidak terdapat motor servo pada bagian leher yang berfungsi sebagai penggerak.

Tabel 4.1 *Goal position* pada step pose marah

Pose of Step	Pose netral	Pose Marah		
		Step 0	Step 1	Step 2
ID[1]	235	235	219	554
ID[2]	788	788	486	790
ID[3]	241	279	316	291
ID[4]	790	744	766	680
ID[5]	500	462	384	501
ID[6]	523	561	529	666
ID[7]	358	358	353	353
ID[8]	666	666	671	671
ID[9]	513	512	497	497
ID[10]	522	512	527	527
ID[11]	342	475	466	466
ID[12]	681	549	558	558
ID[13]	241	437	449	449
ID[14]	781	587	574	574
ID[15]	646	559	540	540
ID[16]	377	473	484	484
ID[17]	513	512	497	497
ID[18]	522	512	527	527
Time (second)	1	1	1.44	1.28

Pusat koordinat pose marah dimulai dari pose netral, untuk dapat mencapai pose seperti pada manusia robot harus melalui beberapa step gerakan. Step gerakan bertujuan untuk mendapatkan gerakan yang alami agar robot benar-benar terlihat seperti proses pergerakan pada manusia. Manusia mampu bergerak dengan cepat karena pada tubuh manusia terdapat banyak sekali derajat kebebasan dan dapat bergerak secara bebas. Pada saat robot bergerak juga perlu dipertimbangkan keseimbangan dari badan robot agar tidak terjatuh dan mampu bergerak pada pose utama yang diharapkan.

Tabel 4.2 *Goal position* pada step pose marah

Pose of Step	Pose Marah			
	Step 3	Step 4	Step 5	Step 6
ID[1]	595	554	216	235
ID[2]	790	790	790	788
ID[3]	291	291	344	279
ID[4]	680	680	680	744
ID[5]	501	501	345	462
ID[6]	666	666	666	561
ID[7]	353	353	353	358
ID[8]	671	671	671	666
ID[9]	497	497	497	512
ID[10]	527	527	527	512
ID[11]	466	466	466	475
ID[12]	558	558	558	549
ID[13]	449	449	449	437
ID[14]	574	574	574	587
ID[15]	540	540	540	559
ID[16]	484	484	484	473
ID[17]	497	497	497	512
ID[18]	527	527	527	512
Time (second)	0.088	0.088	1	1

Tahap kesatu, robot akan berdiri tegak tangan lurus sedikit terbuka, selanjutnya tangan kiri terangkat keatas dan kearah depan. Saat tangan kiri mencapai posisi lurus kedepan tangan kanan bergerak cepat keatas mengarah kedepan, bersamaan dengan itu tangan kiri bergerak kebawah dengan posisi sedikit terbuka. *Goal position* pada setiap perubahan pose dapat dilihat pada tabel 4.1 , setiap step memiliki waktu yang berbeda . nilai waktu akan mempengaruhi kecepatan pada gerak robot.

Pada saat posisi step ke 2 tangan kanan akan bergerak keatas dan kebawah seperti sedang menunjuk-nunjuk lawan bicara. Pergerakan naik dan turunnya tangan kanan akan berulang beberapa saat.. Proses pengulangan gerakan menggunakan pengulangan nilai goal position dengan nilai yang sama , dapat dilihat pada tabel 4.1 step 2 dan tabel 4.2 step 4. Pada step 3 sampai dengan step 4 waktu yang digunakan untuk mengatur kecepatan gerakan sebesar 0.088 second.

Tahap selanjutnya adalah pergerakan kembali menuju pose netral, tangan kanan dan kiri akan bergerak turun kesamping dengan posisi terbuka. Setelah itu kedua tangan akan lurus disamping badan dengan posisi badan masih berdiri dengan tegap, selanjutnya akan kembali pada pose netral. Proses pergerakan dapat dilihat seperti pada step motion 4 berubah ke step motion 5. Nilai goal position pada motor servo 1 sampai dengan servo ke 18 dapat dilihat pada tabel 4.2 step 5 dan step 6. Waktu yang digunakan pada step ini sebesar 1 second, perubahan nilai dari step 3 dan step 4 yang menggunakan waktu sebesar 0.088 second adalah untuk mendapatkan gerakan yang lebih pelan agar robot masih dalam keadaan seimbang dan tidak terjatuh.

4.1.2. Senang

Ekspresi kebahagiaan robot dibentuk dengan melihat beberapa referensi dari data penelitian sebelumnya [22] . Tidak semua pose pada data base dapat diterapkan dalam sistem robot karena terbatasnya derajat kebebasan dari sistem robot. Hanya yang memungkinkan dan membutuhkan penyesuaian ekspresi senang dapat diterapkan pada sistem robot. Pose senang merupakan ungkapan kebahagiaan , pada pose ini robot masih berdiri pada pose netral selanjutnya robot akan mengangkat kedua tangan keatas terbuka lebar. Selanjutnya robot akan bergerak menyampingkan badan kekiri, pergerakan ini cukup cepat, dalam posisi tangan merentang keatas robot akan bergerak seperti manusia yang sedang bertepuk tangan untuk meluapkan rasa gembira. Gerakan tepuk tangan merupakan gerakan secara berulang dari step motion ke 1 dan step motion ke 3.

Tabel 4.3 *Goal position* pada step pose senang

Pose of Step	Pose netral	Pose Senang		
		Step 0	Step 1	Step 2
ID[1]	235	800	800	800
ID[2]	788	223	223	223
ID[3]	241	373	373	223
ID[4]	790	650	650	800
ID[5]	500	465	465	465
ID[6]	523	558	558	558
ID[7]	358	353	421	421
ID[8]	666	670	743	743
ID[9]	513	508	495	495
ID[10]	522	515	520	520
ID[11]	342	497	542	542
ID[12]	681	526	562	562
ID[13]	241	282	330	330
ID[14]	781	741	770	770
ID[15]	646	677	675	675
ID[16]	377	346	352	352
ID[17]	513	508	488	488
ID[18]	522	515	514	514
Time (second)	2	1	0.496	0.496

Gerakkan tepuk tangan merupakan pose utama dari ekspresi emosi marah, setelah itu robot akan kembali pada posisi netral. Pada tahap ini badan robot akan bergerak lurus kedepan , kedua tangan bergerak lurus kesamping. Tahap terakhir robot akan bergerak pada posisi netral. Proses perubahan nilai goal position dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4.4 *Goal position* pada step pose senang

Pose of Step	Pose Senang			
	Step 3	Step 4	Step 5	Step 6
ID[1]	800	800	800	800
ID[2]	223	223	223	223
ID[3]	373	223	373	223
ID[4]	650	800	650	800
ID[5]	465	465	465	465
ID[6]	558	558	558	558
ID[7]	421	421	421	421
ID[8]	743	743	743	743
ID[9]	495	495	495	495
ID[10]	520	520	520	520
ID[11]	542	542	542	542
ID[12]	562	562	562	562
ID[13]	330	330	330	330
ID[14]	770	770	770	770
ID[15]	675	675	675	675
ID[16]	352	352	352	352
ID[17]	488	488	488	488
ID[18]	514	514	514	514
Time (second)	0.496	1.496	1.496	2

4.1.3. Sedih

Pose sedih pada manusia menunjukkan badan membungkuk, kepala tertunduk lesu dan kedua tangan mengarah kedepan wajah menunduk menatap kebawah. Pose ekspresi emosi sedih pada robot menyesuaikan sistem gerak yang ada pada badan robot. Jika pose ekspresi sedih pada manusia diterapkan seutuhnya pada robot maka belum tentu robot akan mampu memberikan ekspresi sedih sepenuhnya. Diperlukan penyesuaian sintesa ekspresi emosi pada robot agar mampu memberikan sintesa ekspresi yang sepenuhnya. Sintesa ekspresi emosi

sedih pada robot humanoid dapat dibentuk dari beberapa step motion seperti pada table 4.5

Tabel 4.5 *Goal position* pada step pose sedih

Pose of Step	Pose Sedih			
	Step 0	Step 1	Step 2	Step 3
ID[1]	455	455	455	455
ID[2]	568	568	568	568
ID[3]	263	263	263	263
ID[4]	760	760	760	801
ID[5]	465	465	465	465
ID[6]	558	558	558	558
ID[7]	354	354	354	354
ID[8]	669	669	669	669
ID[9]	512	512	512	512
ID[10]	511	511	511	511
ID[11]	101	101	101	101
ID[12]	922	922	922	922
ID[13]	157	63	63	63
ID[14]	866	960	986	986
ID[15]	630	776	776	776
ID[16]	393	256	256	256
ID[17]	512	512	512	512
ID[18]	511	511	511	511
Time (second)	1.496	1	1	1

Sintesa ekspresi sedih robot dimulai dari posisi netral, selanjutnya badan robot membungkuk dengan kedua tangan lurus mengarah kedepan. Badan robot terjatuh dengan kedua tangan sebagai penahan badan. Kaki kiri sedikit terangkat bersamaan dengan itu tangan kiri bergeser kekanan. Pergerakan ini berfungsi untuk menjaga keseimbangan robot untuk melanjutkan pose selanjutnya. Sintesa ini terjadi pada step 4 sampai dengan step 7 tabel 4.6

Tabel 4.6 *Goal position* pada step pose sedih

Pose of Step	Pose Sedih			
	Step 4	Step 5	Step 6	Step 7
ID[1]	455	620	620	620
ID[2]	568	568	568	568
ID[3]	196	196	298	196
ID[4]	801	801	801	801
ID[5]	230	230	230	230
ID[6]	558	558	558	558
ID[7]	354	354	354	354
ID[8]	669	669	669	669
ID[9]	512	512	512	512
ID[10]	511	511	511	511
ID[11]	101	101	101	101
ID[12]	922	922	922	922
ID[13]	63	63	63	63
ID[14]	986	986	986	986
ID[15]	776	776	776	776
ID[16]	220	220	220	220
ID[17]	512	512	512	512
ID[18]	511	511	511	511
Time (second)	1	1	1	1

Pada tabel 4.6 step motion ke 4 robot akan mengangkat tangan kanan dengan posisi didepan dada terjadi pada step motion ke 5. Masih dalam posisi tangan kanan kanan tertekuk seperti step motion 5, tangan kanan akan diangkat ke atas pergerakan terjadi pada bahu lengan kanan. Pergerakan tersebut sampai tangan kanan berada diposisi depan wajah. Pada saat tangan sudah berada didepan wajah robot akan melakukan pergerakan seperti manusia yang sedang menangis dengan mengusap usapkan tangan untuk membersihkan air mata. Pose ini merupakan pose utama dari sintesa ekspresi emosi robot dalam keadaan sedih.

Tabel 4.7 *Goal position* pada step pose sedih

Pose of Step	Pose Sedih			
	Step 8	Step 9	Step 10	Step 11
ID[1]	620	455	455	455
ID[2]	568	568	568	568
ID[3]	298	196	263	263
ID[4]	801	801	760	760
ID[5]	230	230	465	465
ID[6]	558	558	558	558
ID[7]	354	354	354	354
ID[8]	669	669	669	669
ID[9]	512	512	512	512
ID[10]	511	511	511	511
ID[11]	101	101	101	101
ID[12]	922	922	922	922
ID[13]	63	63	63	63
ID[14]	986	986	986	960
ID[15]	776	776	776	776
ID[16]	220	220	256	256
ID[17]	512	512	512	512
ID[18]	511	511	511	511
Time (second)	1	1	1.496	1.496

Step motion ke 6 sampai dengan step motion 9 terjadi secara berulang. Selanjutnya robot akan kembali menuju pose netral, kedua tangan kembali menumpu badan bersama dengan kedua kaki. Robot akan bergerak secara pelan, gerakan ini menyesuaikan dengan kondisi emosi dalam keadaan sedih. Proses kembali kedalam posisi robot berdiri memerlukan step motion yang tepat karena harus menjaga keseimbangan badan robot agar jangan sampai terjatuh.

Step motion 16 pergerakan bertumpu pada kaki robot yang dimulai pada posisi lutut kaki mengangkat badan robot. Selanjutnya pergerakan bertumpu

pada bagian telapak kaki robot kedua tangan akan bergerak kebelakang lurus dengan samping lutut. Posisi badan akan turun kembali seperti pada gambar step motion ke 14. Selanjutnya badan robot akan terangkat sampai dengan kembali pada pose netral yaitu pada step motion 15 tabel 4.8.

Tabel 4.8 *Goal position* pada step pose sedih

Pose of Step	Pose Sedih			
	Step 12	Step 13	Step 14	Step 15
ID[1]	620	475	365	235
ID[2]	568	548	658	788
ID[3]	298	234	237	279
ID[4]	801	789	786	744
ID[5]	230	503	511	462
ID[6]	558	520	512	561
ID[7]	354	354	354	358
ID[8]	669	669	669	666
ID[9]	512	512	512	507
ID[10]	511	511	511	516
ID[11]	101	95	80	341
ID[12]	922	928	943	682
ID[13]	157	275	68	240
ID[14]	157	748	965	783
ID[15]	738	588	665	647
ID[16]	283	435	358	376
ID[17]	512	512	512	507
ID[18]	511	511	511	516
Time (second)	1.496	0.6	1.496	1.496

4.1.4. Terkejut

Ekspresi terkejut merupakan luapan perasaan manusia yang terjadi secara tiba-tiba yaitu dua tangan secara bersama-sama terangkat kesamping, posisi badan terdorong kebelakang. Sintesa ekspresi emosi terkejut pada sintesa ekspresi emosi

robot memerlukan penyesuaian dengan sistem gerak dan derajat kebebasan yang terdapat pada badan robot. Sintesa ekspresi dimulai dari posisi netral, selanjutnya robot berdiri dengan tegap. Saat badan robot sudah dalam keadaan stabil badan robot akan sedikit terdorong kebelakang. Sintesa ekspresi emosi terkejut dimulai dari step motion netral ke step motion 0 pada tabel 4.9 .

Tabel 4.9 *Goal position* pada step pose terkejut

Pose of Step	Pose Terkejut				
	Step 0	Step 1	Step 2	Step 3	Step 3
ID[1]	235	728	224	224	235
ID[2]	788	281	809	809	788
ID[3]	279	602	519	273	241
ID[4]	744	413	506	741	790
ID[5]	462	277	446	446	500
ID[6]	561	748	591	591	523
ID[7]	358	358	358	358	358
ID[8]	666	666	666	666	666
ID[9]	513	512	512	512	513
ID[10]	522	512	512	512	522
ID[11]	332	475	475	475	342
ID[12]	684	549	549	549	681
ID[13]	241	437	437	437	241
ID[14]	781	587	587	587	781
ID[15]	646	559	559	559	646
ID[16]	377	473	473	473	377
ID[17]	513	512	512	512	513
ID[18]	522	512	512	512	522
Time (s)	1	0.496	0.8	0.8	0.8

Setelah badan sedikit condong kebelakang tangan robot akan terangkat keatas . Pose ini akan bertahan dalam beberapa saat dan pose ini merupakan pose

utama dari ekspresi robot dalam emosi terkejut. Selanjutnya robot akan bergerak meluruskan tangan kesamping badan yaitu pada step motion ke 2 , pada step motion ke 3 tangan robot diluruskan ke bawah samping badan . pose terakhir robot akan kembali pada pose netral yang terjadi pada step motion ke 3.

4.1.5. Takut

Pose ekspresi emosi takut pada manusia diilustrasikan dengan kedua tangan diangkat keatas menutupi kepala seperti melindungi dari sesuatu. Penerapan pada robot disesuaikan dengan struktur badan dari robot dengan menambahkan beberapa gerakan agar robot lebih mampu menampilkan ekspresi emosi takut yang sempurna. Penambahan gerakan salah satunya tubuh robot gemetar beberapa saat , setelah itu robot akan kembali pada pose netral. Sintesa ekspresi emosi sedih dimulai dari pose netral selanjutnya badan robot akan turun pose tersebut terjadi pada tabel 4.10 step motion ke 0 .

Tabel 4.10 *Goal position* pada step pose takut

Pose of Step	Pose Takut				
	Step 0	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4
ID[1]	182	442	442	629	629
ID[2]	841	611	611	380	380
ID[3]	294	294	283	283	283
ID[4]	729	729	729	729	804
ID[5]	490	490	264	264	264
ID[6]	533	533	767	767	767
ID[7]	353	353	353	353	353
ID[8]	670	670	670	670	670
ID[9]	508	508	508	508	508
ID[10]	515	515	515	515	515
ID[11]	182	182	182	182	182
ID[12]	838	838	838	838	838
Time (s)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Pose of Step	Pose Takut				
	Step 0	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4
ID[13]	97	97	97	97	97
ID[14]	920	920	920	920	920
ID[15]	659	659	659	659	659
ID[16]	366	366	366	366	366
ID[17]	508	508	508	508	508
ID[18]	515	515	515	515	515
Time (s)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Step motion ke 1 tangan kanan dan kiri bergerak kedepan, step motion ke 2 tangan akan bergerak keatas dengan posisi menutup muka. Selanjutnya badan robot akan bergetar beberapa saat, pose ini merupakan pose utama dari ekspresi emosi takut. Pose robot keadaan gemetar perubahan goal position yaitu pada step motion ke 3, step motion ke 4 dan step motion ke 5, step motion ke 6. Pose ini akan bertahan dalam beberapa saat, selanjutnya robot akan bergerak kembali ke dalam pose netral.

Tabel 4.11 *Goal position* pada step pose takut

Pose of Step	Pose Takut			
	Step 5	Step 6	Step 7	Step 8
ID[1]	629	635	469	239
ID[2]	380	366	547	734
ID[3]	258	258	258	239
ID[4]	804	804	804	787
ID[5]	264	264	264	502
ID[6]	767	767	767	521
ID[7]	353	353	353	353
ID[8]	670	670	670	670
ID[9]	508	503	508	508
Time (s)	0.072	1	1	1

Pose of Step	Pose Takut			
	Step 5	Step 6	Step 7	Step 8
ID[10]	515	512	515	515
ID[11]	182	182	182	268
ID[12]	838	838	838	731
ID[13]	97	97	97	71
ID[14]	920	920	920	952
ID[15]	659	659	659	753
ID[16]	366	366	366	270
ID[17]	508	508	508	508
ID[18]	515	515	515	515
Time (s)	0.072	1	1	1

Proses kembalinya pose robot dari pose ekspresi takut ke pose netral melalui beberapa step motion yang yaitu pada tabel 4.11 step motion 7 dan step motion 8. Kedua tangan robot akan turun kedepan badan robot, selanjutnya tangan akan bergerak kesamping badan robot. Posisi ini bertujuan untuk tetap menjaga keseimbangan badan robot agar tidak terjatuh. Selanjutnya robot akan kembali berdiri pada pose netral, proses pergerakan terjadi pada step motion ke 8.

4.2. Ekpresi Emosi Dalam Warna

Penambahan fitur warna pada sintesa ekspresi emosi robot humanoid jenis bioloid bertujuan untuk memperkuat sintesa emosi pada robot. Warna emosi ditampilkan dengan beberapa Led dengan warna yang berbeda. Warna emosi mengacu pada warna emosi (*Emotion Color Wheel*). Roda Emosi Pluchik juga mendeskripsikan emosi dalam beberapa warna akan tetapi penerapan pada robot akan lebih mudah menggunakan standar dari warna emosi (*Emotion Color Wheel*) karena lebih spesifik dan sederhana dalam membagi warna untuk membedakan emosi dasar. Gambar 4.2 menunjukkan letak rangkaian Led pada wajah robot.



Gambar 4.2 Rangkaian Led pada wajah robot

Tabel 4.12 menunjukkan konfigurasi penyambungan PORT OUT pada board CM530 dengan Led. PORT[1] terdapat dua pin yang disambungkan dengan Led Warna merah untuk ekspresi emosi marah dan Led warna Orange untuk ekspresi emosi Takut. PORT[2] terdapat dua pin yang disambungkan dengan Led warna hijau untuk ekspresi emosi senang dan Led warna biru untuk ekspresi emosi sedih. PORT[6] hanya satu pin yang digunakan yaitu disambungkan dengan Led warna kuning untuk ekspresi emosi terkejut.

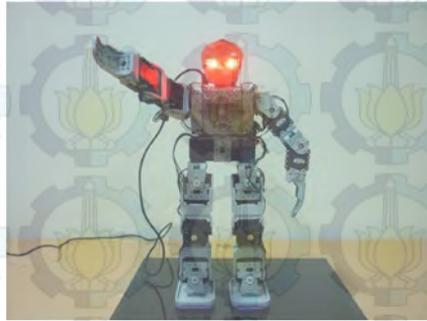
Tabel 4.12 Konfigurasi penyambungan Led dengan PORT OUT

Emosi	OUTPUT					
	PORT[1]		PORT[2]		PORT[6]	
Marah	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF
Senang	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF
Terkejut	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON
Sedih	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF
Takut	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF

4.2.1. Marah

Merah adalah warna api dan darah sehingga hal ini terkait dengan energi, perang, bahaya, kekuatan, kekuasaan, tekad serta gairah, hasrat, dan cinta. Merah

adalah warna yang sangat emosional . Sintesa ekspresi emosi marah dalam warna pada robot menggunakan Led warna merah. Led warna merah akan menyala bersamaan dengan sintesa pose marah. Ekspresi emosi marah robot dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Ekspresi emosi marah robot dengan warna merah

4.2.2. Senang

Hijau adalah warna alam yang melambangkan pertumbuhan, harmoni, kesegaran, dan kesuburan. Hijau memiliki hubungan emosional yang kuat dengan aman. Hijau menunjukkan stabilitas dan daya tahan, pada suatu lambang warna hijau menunjukkan pertumbuhan dan harapan. Senang merupakan ungkapan emosional manusia yang berhubungan dengan kesegaran dan harmoni. Pada robot warna hijau digunakan untuk menampilkan ekspresi senang dengan menggunakan cahaya yang dihasilkan oleh Led. Sintesa ekspresi emosi senang pada robot dengan menggunakan warna dapat dilihat pada gambar 4.4



Gambar 4.4 Ekspresi emosi senang robot dengan warna hijau

4.2.3. Sedih

Biru adalah warna langit dan laut. Hal ini sering dikaitkan dengan kedalaman dan stabilitas sehingga melambangkan kepercayaan, kesetiaan, kebijaksanaan, kepercayaan diri, kecerdasan, iman, kebenaran, dan langit. Biru dianggap bermanfaat bagi pikiran dan tubuh dapat juga berarti memperlambat metabolisme manusia dan menghasilkan efek menenangkan. Menurut pengertian dari dasar warna emosi (*Emotion Color Wheel*) bahwa biru memiliki sifat kedalaman dan stabilitas sehingga dapat dihubungkan bahwa emosi sedih merupakan ungkapan emosional yang mendalam. Penerapan warna emosi sedih pada robot dapat menggunakan warna biru seperti pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Ekspresi emosi sedih robot dengan warna biru

4.2.4. Terkejut

Kuning adalah warna sinar matahari. Ini terkait dengan sukacita, kebahagiaan, kecerdasan, dan energi. Kuning menghasilkan efek pemanasan, membangkitkan keceriaan, merangsang aktivitas mental, dan menghasilkan energi otot. Menurut pengertian dari dasar warna emosi (*Emotion Color Wheel*) bahwa warna kuning menghasilkan efek pemanasan, membangkitkan keceriaan, merangsang aktivitas mental, dan menghasilkan energy otot sehingga dapat dihubungkan bahwa emosi terkejut merupakan ungkapan emosional yang membangkitkan energy otot. Energy otot ini akan terjadi secara cepat yang menghasilkan gerakan pada perubahan pose pada tubuh manusia. Pada robot warna emosi dan pose dapat dilihat pada gambar 4.6



Gambar 4.6 Ekspresi emosi terkejut robot dengan warna kuning

4.2.5. Takut

Orange menggabungkan energi merah dan kebahagiaan kuning. Hal ini terkait dengan sukacita, sinar matahari, dan daerah tropis. Orange mewakili semangat, daya tarik, kebahagiaan, kreativitas, tekad, daya tarik, sukses, dorongan, dan stimulasi. Orange gelap dapat berarti penipuan dan ketidakpercayaan. Menurut pengertian dari dasar warna emosi (*Emotion Color Wheel*) bahwa warna orange gelap dapat berarti penipuan dan ketidakpercayaan, she dapat dihubungkan dengan emosi takut karena rasa ketidakpercayaan merupakan rasa yang tidak yakin dan takut akan adanya suatu akibat dari rasa tidak percaya. Warna emosi takut pada robot ditampilkan pada gambar 4.7



Gambar 4.7 Ekspresi emosi takut robot dengan warna orange

4.3 Sintesa Ekspresi Emosi Melalui Musik

Sintesa ekspresi emosi melalui musik pada penelitian ini menggunakan fitur tempo dan melodi. Tempo adalah ukuran kecepatan dalam birama, tempo yang cepat menggambarkan kebahagiaan, sukacita, kemarahan dan ketakutan. Tempo lambat menggambarkan kesedihan, kelembutan dan ketegangan. Melodi adalah penanda atau notasi yang digunakan untuk membuat lagu. Melodi dalam rentang panjang mengekspresikan kegembiraan, melodi dalam rentang yang pendek menggambarkan suasana sedih, sentimental dan ketegangan.

Pada board control CM530 terdapat 26 jenis melodi yang memiliki tempo yang bermacam-macam. Dengan melodi tersebut sintesa ekspresi melalui musik dapat ditampilkan. Pada tabel 4.13 menunjukkan jenis melodi yang digunakan untuk mengekspresikan emosi melalui musik.

Tabel 4.13 Ekspresi emosi robot melalui musik

No	Ekspresi Emosi	Musik
1	Marah	Melody22
2	Senang	Melody2
3	Sedih	Melody20
4	Terkejut	Melody8
5	Takut	Melody4

4.4 Kode Pose Motion , Kode Remote Control , Data Serial

Pada robot bioloid premium tipe A menggunakan control jenis CM530, untuk membuat sintesa ekspresi emosi robot yaitu dengan membuat serangkaian step motion pada program robo plus motion. Step motion dibagi kedalam 6 jenis emosi dasar menurut Ekman yaitu Netral , Marah, Takut, Senang, Sedih, Terkejut . Number Pose Motion dapat dilihat pada table 4.14 .

Untuk pengujian respon robot terhadap input data serial dari computer atau laptop yaitu dengan menggunakan *Remote Control Code Map* yang terdapat remote control RC-100A . Pada setiap tombol merupakan nilai sebuah data yang dikirimkan secara serial . Data tersebut dapat digunakan sebagai data serial yang

dikirim dari komputer melalui komunikasi serial. Data serial yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada table 4.14 yang digunakan sebagai label data pada setiap emosi.

Tabel 4.14 Kode pose motion , kode remote control , Data serial

No	Emosi	Page Motion (Number)	Kode Remote Control	Data Serial
1	Marah	2	D	2
2	Takut	26	L	4
3	Senang	20	R	8
4	Sedih	14	1	16
5	Terkejut	38	2	32

4.5 Hasil Kuisiонер

Berdasarkan hasil kuisiонер yang telah dilaksanakan secara online didapatkan sejumlah data responden yang berjumlah 45 orang terdiri dari 39 laki-laki dan 6 perempuan. Responden berasal dari beberapa daerah yang ada di Indonesia, Jawa, Sulawesi, Batam, NTB. Aktivitas atau pekerjaan dari responden yaitu pelajar, mahasiswa, pekerja swasta dan PNS. Rentang umur 12 sampai dengan 39 tahun.

Tabel 4.15 Perhitungan data hasil kuisiонер

		Data Prediksi				
		Senang	Sedih	Marah	Terkejut	Takut
Data Aktual	Senang	39	0	2	3	1
	Sedih	0	34	1	2	8
	Marah	1	0	41	0	2
	Surprise	2	0	2	39	2
	Takut	3	14	0	1	27

Dalam pengujian melalui kuisiонер khusus untuk nada belum disertakan dalam poin penilaian dari responden karena tidak semua pengguna perangkat komputer untuk mengakses kuisiонер ini tersedia media audio untuk mendengarkan sintesa ekspresi emosi nada pada robot. Tabel 4.15 menunjukkan

hasil kuisioner dari penilaian sintesa ekspresi emosi robot yang dilihat pose dan warna.

Dari tabel 4.15 didapatkan hasil bahwa :

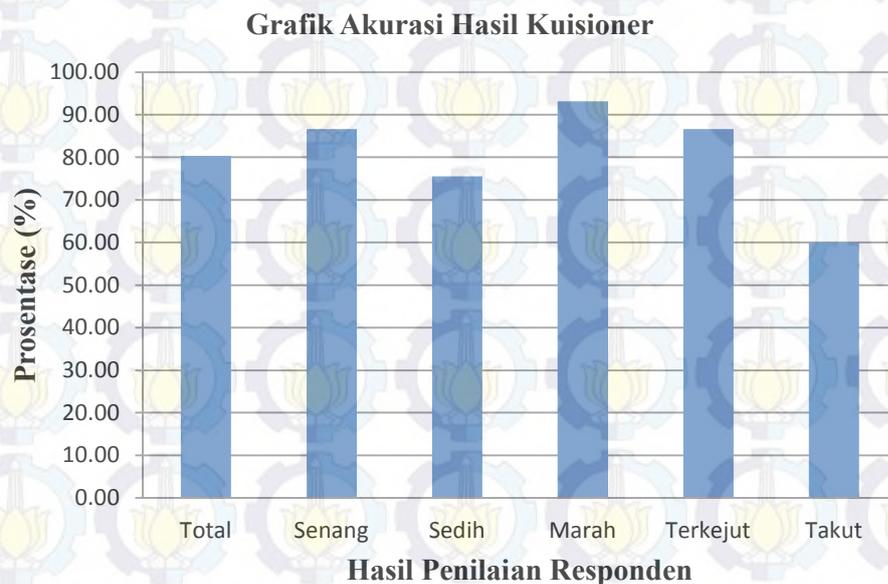
1. Sintesa ekspresi emosi senang pada robot mendapatkan penilaian bahwa benar – benar sebagai ekspresi emosi senang sejumlah 39 orang, tidak orang yang menilai sebagai emosi sedih, 2 orang menilai sebagai emosi marah, 3 orang menilai sebagai emosi surprise, dan 1 orang menilai sebagai emosi takut.
2. Sintesa ekspresi emosi sedih pada robot mendapatkan penilaian bahwa benar-benar sebagai ekspresi emosi sedih sejumlah 34 orang, 1 orang menilai sebagai emosi marah, 2 orang menilai sebagai emosi surprise, 8 orang menilai sebagai emosi takut , dan tidak ada atau nol orang yang menilai sebagai ekspresi emosi senang.
3. Sintesa ekspresi emosi marah pada robot mendapatkan penilaian bahwa benar-benar sebagai ekspresi emosi marah sejumlah 41 orang, 1 orang menilai sebagai emosi senang, 0 (nol) orang menilai sebagai emosi sedih, 0 (nol) orang menilai sebagai emosi surprise, dan 2 orang menilai sebagai emosi takut.
4. Sintesa ekspresi emosi terkejut pada robot mendapatkan penilaian bahwa benar-benar sebagai ekspresi emosi marah sejumlah 39 orang, 2 orang menilai sebagai emosi senang, 2 orang menilai sebagai ekspresi emosi marah, 2 orang menilai sebagai ekspresi emosi takut. dan tidak ada atau 0 (nol) orang menilai sebagai ekspresi sedih.
5. Sintesa ekspresi emosi takut pada robot mendapatkan penilaian bahwa benar-benar sebagai ekspresi emosi takut sejumlah 27 orang, 3 orang menilai sebagai ekspresi emosi senang, 14 orang menilai sebagai ekspresi emosi sedih, 1 orang menilai sebagai ekspresi emosi terkejut, dan tidak ada atau 0 (nol) menilai sebagai ekspresi emosi marah.

Dari hasil penilaian responden pada tabel 4.15 dapat ditentukan tingkat keakurasian dan error terhadap penilaian sintesa ekspresi emosi robot. Metode yang digunakan untuk menentukan akurasi dan error dari data hasil kuisioner adalah confusion matrik. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan confusion matrik didapatkan hasil seperti pada tabel 4.16

Tabel 4.16 Hasil perhitungan akurasi dan error penilaian sintesa ekspresi emosi

	Total	Senang	Sedih	Marah	Terkejut	Takut
Akurasi (%)	80	87	76	93	87	60
Error (%)	20	13	24	7	13	40

Pada tabel 4.16 data penilaian responden terhadap sintesa ekspresi emosi pada robot didapatkan total akurasi keseluruhan responden sebesar 80% dan errornya sebesar 20%. Pada setiap kelas emosi tingkat akurasi untuk sintesa ekspresi emosi senang sebesar 87% dan errornya 13%, tingkat akurasi untuk ekspresi emosi sedih sebesar 76% dan errornya 24%, tingkat akurasi untuk ekspresi emosi marah sebesar 93% dan errornya sebesar 7%, tingkat akurasi untuk ekspresi emosi terkejut sebesar 87% dan errornya sebesar 13%, tingkat akurasi untuk ekspresi emosi takut sebesar 60% dan errornya sebesar 40%. Gambar 4.15 menunjukkan grafik hasil kuisioner.



Gambar 4.8 Grafik hasil kuisioner

Berdasarkan grafik pada gambar 4.8 dapat disimpulkan bahwa berdasarkan hasil penilaian dari responden sintesa ekspresi emosi marah robot humanoid

mendapatkan pengakuan yang paling tinggi. Penilaian ambigu terhadap pengakuan sintesa ekspresi emosi robot terjadi antara sintesa ekspresi emosi sedih dan takut. responden mengalami kesulitan untuk membedakan diantara kedua emosi tersebut.

BAB V

KESIMPULAN DAN PENELITIAN SELANJUTNYA

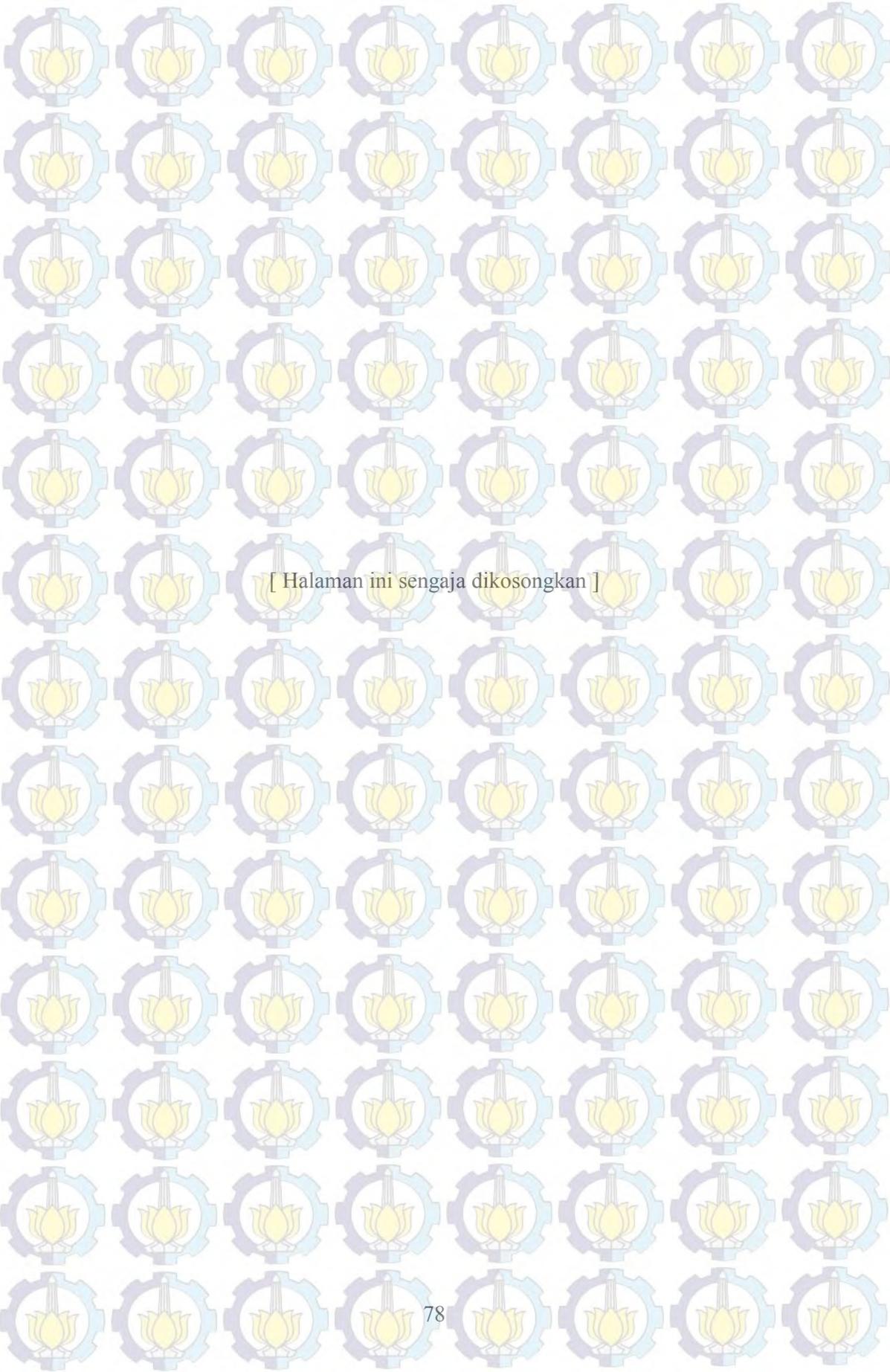
5.1 Kesimpulan

Penelitian sintesa ekspresi emosi robot humanoid multimodal telah berhasil membuat robot berperilaku seperti manusia. Robot mampu mengenali ekspresi emosi wajah pengguna berupa senang, sedih, marah, takut, dan terkejut menggunakan pengindraan Intel RealSense, selanjutnya robot menanggapi ekspresi emosi yang telah dikenali secara multimodal melalui modalitas pada robot yaitu gerakan tubuh, warna mata, dan melodi sehingga dapat diterima oleh pengguna.

Pengujian sintesa ekspresi emosi robot terhadap pengguna menggunakan kuisisioner yang dilakukan secara online. Pada setiap sintesa ekspresi emosi robot didapatkan tingkat akurasi dari 60% sampai dengan 93%. Berdasarkan data hasil kuisisioner secara keseluruhan terhadap responden, penelitian menunjukkan hasil yang baik dengan tingkat akurasi sebesar 80%. Tingkat akurasi rendah terdapat pada sintesa ekspresi emosi sedih dan takut.

5.2 Penelitian selanjutnya

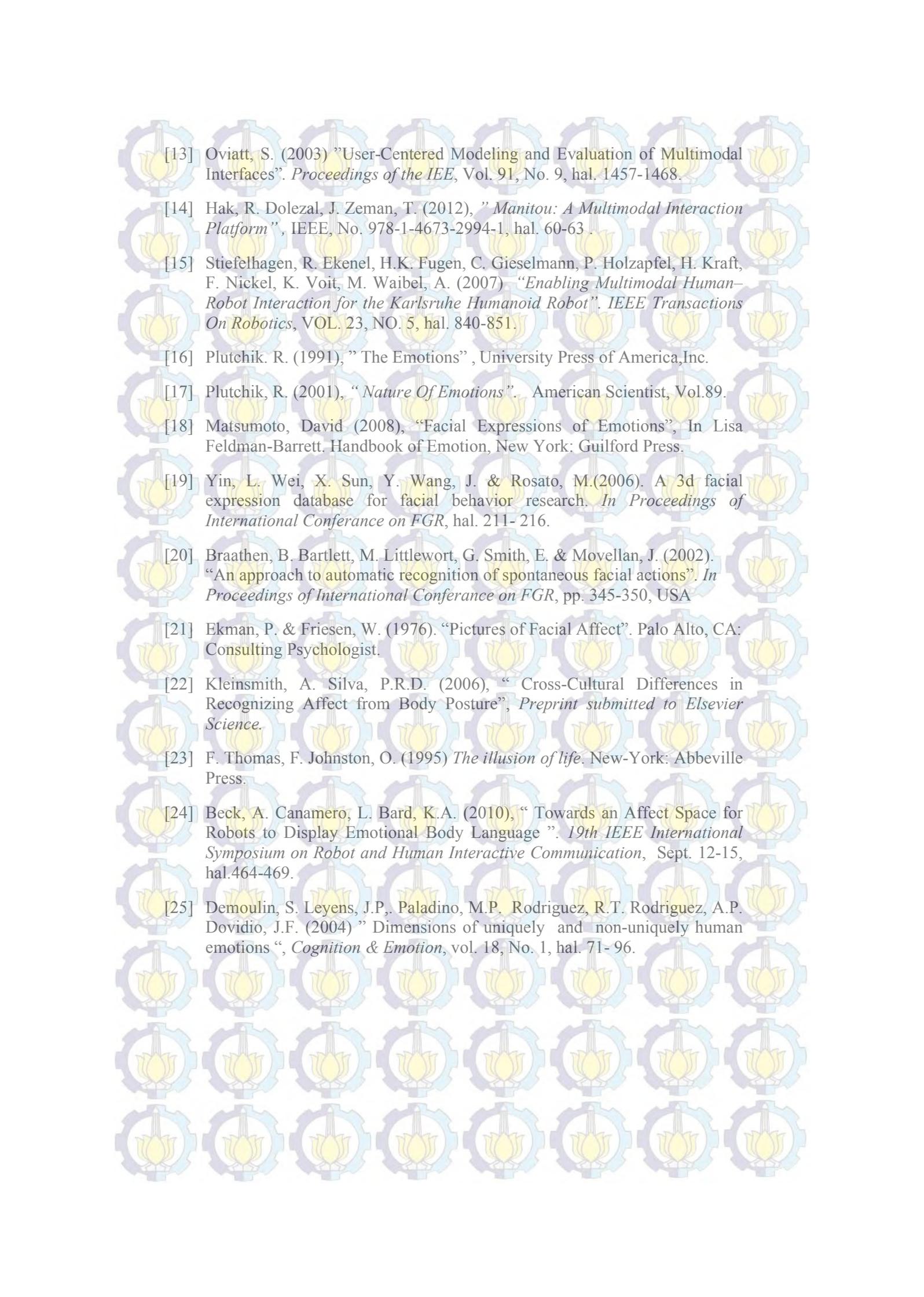
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dan diperbaiki pada penelitian selanjutnya. Untuk meningkatkan penerimaan pengguna dari sintesa ekspresi emosi robot perlu ditambahkan variasi dan perbaikan gerakan sintesa ekspresi emosi. Modalitas interaksi robot humanoid warna dan audio perlu diteliti lebih lanjut agar mampu meningkatkan penerimaan pengguna dari sintesa ekspresi emosi pada robot bioid.



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zhang, S. Zhao, X (2012), "Speech Emotion Recognition Using an Enhanced Kernel Isomap for Human-Robot Interaction", *International Journal of Advanced Robotic Systems*, Vol. 10.
- [2] Minsky, M. (2006), *The Emotion Machine*. NY, USA: Simon&Schuster, 2006.
- [3] Ekman, P. (2004), "Emotions Revealed: Recognizing Faces and Feelings to Improve Communication and Emotional Life", Holt Paperbacks, .
- [4] Gelder, B.D. (2009), "Why bodies Twelve reasons for including bodily expressions in affective neuroscience", *Philosophical Transactions of the the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 364, pp. 3475-3484, 2009.
- [5] Beck, A. (2009) "Comparing perception of affective body movements displayed by actors and animated characters," in *AISB*, Edinburgh, UK.
- [6] Embgen, S. Luber, M. B. Asano, C.B. Marco, R. Evers, V. Arras, K.O. (2012), "Robot-Specific Social Cues in Emotional Body Language", *IEEE RO-MAN : The 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*. September 9-13, hal.1019-1025.
- [7] Yuanyuan, W. (2014), "Music emotion cognition model and interactive technology", *IEEE Workshop on Electronics, Computer and Applications*, hal.269-272.
- [8] Jee, E.S. Kim, C.H. Park, S.Y. Lee, K.W. (2007)"Composition of Musical Sound Expressing an Emotion of Robot Based on Musical Factors". *IEEE International Conference on Robot & Human Interactive Communication*, August 26 - 29, hal.637-641.
- [9] Grunberg, D.K. Batula, A.M. Schmidt E.M. Kim, Y.E. (2012) "Affective Gesturing with Music Mood Recognition", *IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots*, Nov.29-Dec.1, hal.343-348.
- [10] Argyle, M. (1975), "*Bodily Communication. International Universities Press*".
- [11] Haring, M. Bee, N. Andre, E. (2011), "*Creation and Evaluation of Emotion Expression with Body Movement, Sound and Eye Color for Humanoid Robots*", *RO-MAN : 20th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, July 31 - August 3,hal.204-209.
- [12] Terada, K. Yamauchi, A. Ito, A, (2012), "Artificial Emotion Expression for a Robot by Dynamic Color Change ", *RO-MAN : The 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, September 9-13, hal.314-321.

- 
- [13] Oviatt, S. (2003) "User-Centered Modeling and Evaluation of Multimodal Interfaces". *Proceedings of the IEE*, Vol. 91, No. 9, hal. 1457-1468.
- [14] Hak, R. Dolezal, J. Zeman, T. (2012), " *Manitou: A Multimodal Interaction Platform* ", IEEE, No. 978-1-4673-2994-1, hal. 60-63 .
- [15] Stiefelhagen, R. Ekenel, H.K. Fugen, C. Gieselmann, P. Holzapfel, H. Kraft, F. Nickel, K. Voit, M. Waibel, A. (2007) " *Enabling Multimodal Human-Robot Interaction for the Karlsruhe Humanoid Robot* ". *IEEE Transactions On Robotics*, VOL. 23, NO. 5, hal. 840-851.
- [16] Plutchik. R. (1991), " *The Emotions* " , University Press of America, Inc.
- [17] Plutchik, R. (2001), " *Nature Of Emotions* ". American Scientist, Vol.89.
- [18] Matsumoto, David (2008), "Facial Expressions of Emotions", In Lisa Feldman-Barrett. *Handbook of Emotion*, New York: Guilford Press.
- [19] Yin, L. Wei, X. Sun, Y. Wang, J. & Rosato, M.(2006). A 3d facial expression database for facial behavior research. In *Proceedings of International Conference on FGR*, hal. 211- 216.
- [20] Braathen, B. Bartlett, M. Littlewort, G. Smith, E. & Movellan, J. (2002). "An approach to automatic recognition of spontaneous facial actions". In *Proceedings of International Conference on FGR*, pp. 345-350, USA
- [21] Ekman, P. & Friesen, W. (1976). "Pictures of Facial Affect". Palo Alto, CA: Consulting Psychologist.
- [22] Kleinsmith, A. Silva, P.R.D. (2006), " Cross-Cultural Differences in Recognizing Affect from Body Posture", *Preprint submitted to Elsevier Science*.
- [23] F. Thomas, F. Johnston, O. (1995) *The illusion of life*. New-York: Abbeville Press.
- [24] Beck, A. Canamero, L. Bard, K.A. (2010), " Towards an Affect Space for Robots to Display Emotional Body Language ". *19th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, Sept. 12-15, hal.464-469.
- [25] Demoulin, S. Leyens, J.P., Paladino, M.P. Rodriguez, R.T. Rodriguez, A.P. Dovidio, J.F. (2004) " Dimensions of uniquely and non-uniquely human emotions ", *Cognition & Emotion*, vol. 18, No. 1, hal. 71- 96.

BIOGRAFI PENULIS



Fajar Hermawanto dilahirkan di Yogyakarta, 07 Agustus 1985. Pendidikan dasar ditempuh di SD Muhammadiyah Branjang, lulus tahun 1997. Kemudian melanjutkan ke SMPN 1 Karangmojo lulus tahun 2000. Selanjutnya di SMKN 2 Wonosari lulus 2003 setelah lulus melanjutkan studi strata satu (S1) tahun 2005 di Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta lulus tahun 2010. Tahun 2011 mulai bekerja sebagai dosen tetap di Politeknik Gorontalo pada Program Studi Teknik Informatika. Saat ini sedang menyelesaikan pendidikan pada program magister di Jurusan Teknik Elektro ITS, bidang keahlian Telematika.