

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
INTISARI.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Metodologi Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
BAB III LANDASAN TEORI.....	9
3.1 Robot <i>Humanoid</i>	9
3.2. Kinematika Robot <i>Humanoid</i>	10
3.3 Model Pendulum Terbalik.....	11
3.3.1. Pendulum terbalik linier.....	12
3.4. Linear Quadratic Regulator (LQR)	13
3.5. Kalman <i>Filter</i>	15
BAB IV ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM.....	17
4.1. Tahapan Penelitian	17
4.2. Analisis Sistem	19
4.3. Rancangan Penentuan Model Sistem	21
4.4. Rancangan Penentuan Titik Pusat Massa.....	28
4.5. Rancangan Sistem Kendali.....	28
4.5.1 Representasi Model ke Persamaan <i>State Space</i>	31
4.5.2 Sensor dan Transduser.....	33
4.5.3 Elemen Masukan.....	33
4.5.4 <i>Fullstate Feedback Controller</i>	34
4.5.6 <i>Final Control Element</i>	35
4.7. Rancangan Simulasi Sistem	37
4.8. Rancangan Perangkat Lunak	38
4.8.1 Prosedur <i>Setup</i>	39
4.8.2 Prosedur Kendali.....	40
4.8.3 Prosedur sensor <i>fusion</i>	41
4.8.4 Prosedur <i>forward kinematics</i>	41
4.9. Rencana Pengujian Sistem	42
4.9.1. Pengujian langkah robot pada bidang datar	42

4.9.2	Pengujian sikap berdiri pada bidang miring	42
4.9.3	Pengujian langkah robot pada bidang miring	43
BAB V IMPLEMENTASI.....		44
5.1.	Implementasi Perangkat Keras	44
5.2.	Penentuan Titik Pusat Massa	45
5.3.	Simulasi Sistem.....	46
5.4.	Pengujian Sikap Berdiri <i>Humanoid</i> di Bidang Miring.....	47
5.5.	Pengujian Langkah <i>Humanoid</i> di Bidang Datar	48
5.6.	Pengujian Langkah <i>Humanoid</i> di Bidang Miring	49
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN		50
6.1.	Hasil Penentuan Titik Pusat Massa.....	50
6.2.	Hasil Pengujian Sikap Berdiri <i>Humanoid</i> di Bidang Miring	54
6.3.	Hasil Pengujian Langkah <i>Humanoid</i> di Bidang Datar.....	58
6.4.	Hasil Pengujian Jalan Menurun <i>Humanoid</i> di Bidang Miring.....	65
6.4.1.	Hasil Pengujian Gerak Translasi pada Sumbu x	66
6.4.2.	Hasil Pengujian Gerak Translasi pada Sumbu y	69
BAB VII PENUTUP		74
BAB 7.....		74
7.1.	Kesimpulan	74
7.2.	Saran	74
DAFTAR PUSTAKA		75
LAMPIRAN.....		77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Link dan joint pada robot <i>humanoid</i> (Wollher, 2005)	9
Gambar 3.2 Perputaran <i>roll</i> , <i>pitch</i> , dan <i>yaw</i> (Kajita et al., 2014)	10
Gambar 3.3 Representasi <i>forward kinematics</i> dan <i>inverse kinematics</i>	11
Gambar 3.4 Model pendulum terbalik pada manusia (Elhasairi dan Pechev, 2015)	11
Gambar 3.5 a) Pendulum terbalik pada <i>humanoid</i> (Wollher, 2005); b) Model pendulum terbalik (Jazar, 2010).....	12
Gambar 3.6 Model pendulum terbalik pada sumbu x dan z (Kajita et al., 2014)..	13
Gambar 4.1 Tahapan penelitian.....	17
Gambar 4.2 <i>Humanoid</i> berjalan sepanjang sumbu x global.....	23
Gambar 4.3 <i>Humanoid</i> berdiri di bidang miring pada sumbu x global.....	24
Gambar 4.4 Perubahan sudut <i>pitch</i> ketika <i>humanoid</i> berjalan turun	30
Gambar 4.5 Pola berjalan robot <i>humanoid</i> di bidang miring.....	33
Gambar 4.6 Diagram kinematika Denavit Hartenberg	28
Gambar 4.7 Blok diagram sistem kendali keseimbangan berjalan pada bidang miring	36
Gambar 4.8 Rangkaian skematik <i>board</i> yang digunakan	36
Gambar 4.9 Rancangan mekanik robot <i>humanoid</i>	37
Gambar 4.10 Diagram alir simulasi sistem kendali	38
Gambar 4.11 Diagram alir algoritme berjalan di bidang miring.....	39
Gambar 4.12 Diagram alir prosedur <i>setup</i>	40
Gambar 4.13 Diagram alir prosedur kendali.....	40
Gambar 4.14 Diagram alir prosedur sensor <i>fusion</i>	41
Gambar 4.15 Diagram alir prosedur <i>forward kinematics</i>	42
Gambar 5.1 Implementasi papan elektronik	44
Gambar 5.2 Implementasi mekanik robot <i>humanoid</i>	45
Gambar 5.3 Kode program perhitungan penguatan \mathbf{K} pada Matlab	47
Gambar 5.4 Kode program sudut <i>pitch</i> menggunakan akselerometer	47
Gambar 5.5 Kode program sudut <i>pitch</i> menggunakan <i>kalman filter</i>	48



Gambar 5.6 Kode program kendali sikap berdiri.....	48
Gambar 5.7 Kode program kendali pada sumbu <i>pitch</i> dan <i>roll</i>	49
Gambar 6.1 Grafik hasil pengukuran sudut	54
Gambar 6.2 Grafik respon kendali sikap berdiri <i>humanoid</i> terhadap bidang berdasarkan (a) Simulasi MATLAB dan (b) pengujian.....	56
Gambar 6.3 Perbandingan respon kendali rotasi <i>pitch</i> dengan variasi nilai Q	61
Gambar 6.4 Perbandingan respon kendali rotasi <i>roll</i> dengan variasi nilai Q	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka	8
Tabel 4. 1 Rencana Pengujian Sistem	43
Tabel 5.1 Parameter DH robot <i>humanoid</i>	46
Tabel 5.2 Tabel momen inersia	46
Tabel 6.1 Panjang masing-masing <i>link</i>	50
Tabel 6.2 Posisi pusat massa <i>part</i> terhadap <i>frame</i> sebelumnya	53
Tabel 6.3 Variasi penentuan nilai $Q_{1,1}$ pada gerak melangkah sumbu x	60
Tabel 6.4 Variasi penentuan nilai $Q_{3,3}$ pada gerak melangkah sumbu y	62
Tabel 6.5 Pergerakan pusat massa mengikuti pola berjalan pada sumbu x	66
Tabel 6.6 Pergerakan pusat massa mengikuti pola berjalan pada sumbu y	70
Tabel 6.7 Variabel dan hasil pengujian kendali robot berjalan menurun	73