

## DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan	ii
Lembar Pernyataan Orsinilitas	iii
Abstrak	iv
<i>Abstract</i>	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	xii
Daftar Simbol	xiii
Bab I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	2
1.6 Metodologi Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
Bab II DASAR TEORI	5
2.1 Mobil Listrik	5
2.2 Model Dinamik Kendaraan dan Roda	5
2.3 Slip Ratio	7
2.4 Fungsi $\lambda$ - $\mu$	7
2.5 Kontroller PID	9
2.5.1 Metode Tuning Ziegler-Nichols	11
2.5.2 Spesifikasi Respon Transien	13
2.6 Sistem Pengaturan Adaptif	15
2.6.1 Kontrol PID Dahlin	16
2.6.2 Sistem Identifikasi ARMAX	17

Bab III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Gambaran Sistem yang Dimodelkan	18
3.1.1 Perancangan Penelitian	18
3.1.2 Disain Model Dinamik	19
3.2.2 Disain Kontrol	21
3.2 Pembuatan Model Dinamik di MATLAB Simulink	23
3.3 Metoda Penelitian	25
3.4 Tempat Penelitian	26
3.5 Diagram Air Penelitian	26
Bab IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Hasil Perancangan	27
4.2 Pengujian Model Dinamik Kendaraan	27
4.3 Pencarian Parameter PID	30
4.4 Pengujian PID	32
4.5 Pengujian PID Adaptif	36
4.6 Pengujian Variasi <i>Setpoint</i>	43
4.7 Pengukuran <i>Slip Ratio</i> , $\lambda(t)$	49
4.8 Pengukuran Sinyal Kontrol, $u(t)$	52
4.9 Pengukuran <i>Error(t)</i>	55
Bab V Penutup	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	60
DaftarPustaka	61

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mobil Listrik Penelitian Dejun & Yin	1
Gambar 2.2 Model pergerakan mobil listrik	2
Gambar 2.3 Model sebuah roda	2
Gambar 2.4 Eksperimen <i>magic formula</i>	8
Gambar 2.5 Grafik eksperimen <i>magic formula</i>	8
Gambar 2.6 Blok Diagram PID	10
Gambar 2.7 Grafik Ziegler Nichols tipe pertama	12
Gambar 2.8 Grafik Ziegler Nichols tipe kedua	13
Gambar 2.9 Respon Transien	14
Gambar 2.10 Kontrol adaptif dan model referensi	15
Gambar 3.1 Model gambaran penelitian mobil listrik yang akan disimulasikan di MATLAB	18
Gambar 3.2 Blok diagram model satu roda	19
Gambar 3.3 Model kendaraan satu roda dengan menyentuh lintasan	20
Gambar 3.4 Diagram blok PID	22
Gambar 3.5 Diagram blok PID adaptif	22
Gambar 3.6 Model dinamik kendaraan ( <i>plant</i> ) satu roda di Simulink	23
Gambar 3.7 Blok diagram tanpa pengontrolan dengan <i>setpoint</i> kecepatan roda ( $V_w$ )	24
Gambar 3.8 Blok diagram model dinamik kendaraan satu roda dengan Menggunakan PID	24
Gambar 3.9 Blok diagram model dinamik kendaraan satu roda dengan Menggunakan PID Adaptif	25
Gambar 3.10 Diagram alir penelitian	26
Gambar 4.1 Grafik dari model dinamik kendaraan ( <i>plant</i> ) pada permukaan aspal kering	28
Gambar 4.2 Grafik dari model dinamik kendaraan ( <i>plant</i> ) pada permukaan aspal basah	28
Gambar 4.3 Grafik dari model dinamik kendaraan ( <i>plant</i> ) pada permukaan salju	29

Gambar 4.4 Grafik dari model dinamik kendaraan ( <i>plant</i> ) pada permukaan es	29
Gambar 4.5 Grafik sinyal keluaran V dan Vw model dinamik kendaraan dengan loop tertutup	30
Gambar 4.6 Proses justifikasi PID <i>Ziegler Nichols</i>	31
Gambar 4.7 Pengujian PID dengan P = 198,9, I = 82,83, D = 119,28 dan <i>setpoint</i> Vw=100	32
Gambar 4.8 Pengujian PID dengan input <i>step</i> pada permukaan aspal kering	33
Gambar 4.9 Pengujian PID dengan input <i>step</i> pada permukaan aspal basah	33
Gambar 4.10 Pengujian PID dengan input <i>step</i> pada permukaan salju	35
Gambar 4.11 Pengujian PID dengan input <i>step</i> pada permukaan es	35
Gambar 4.12 Pengujian PID adaptif pada permukaan aspal kering	37
Gambar 4.13 Pengujian PID adaptif pada permukaan aspal basah	37
Gambar 4.14 Pengujian PID adaptif pada permukaan salju	38
Gambar 4.15 Pengujian PID adaptif pada permukaan es	39
Gambar 4.16 Variasi nilai <i>a</i> pada sinyal $V_w(1 - e^{-at})u(t)$	40
Gambar 4.17 Respon dinamik pada permukaan aspal kering dengan <i>input</i> sinyal $100(1 - e^{-0.2t})u(t)$	41
Gambar 4.18 Respon dinamik pada permukaan aspal basah dengan <i>input</i> sinyal $100(1 - e^{-0.2t})u(t)$	41
Gambar 4.19 Respon dinamik pada permukaan salju dengan <i>input</i> sinyal $100(1 - e^{-0.2t})u(t)$	42
Gambar 4.20 Respon dinamik pada permukaan es dengan <i>input</i> sinyal $100(1 - e^{-0.2t})u(t)$	42
Gambar 4.21 Pengujian PID dan PID adaptif pada <i>input step</i> dengan <i>setpoint</i> sebesar 25 m/s di permukaan (a) aspal kering (b) aspal basah (c) salju dan (d) es	44
Gambar 4.22 Pengujian PID dan PID adaptif pada <i>input step</i> dengan <i>setpoint</i> sebesar 10 m/s di permukaan (a) aspal kering (b) aspal basah (c) salju dan (d) es	45

Gambar 4.23 Pengujian PID dan PID adaptif pada <i>input step</i> dengan <i>setpoint</i> sebesar 6 m/s di permukaan (a) aspal kering (b) aspal basah (c) salju dan (d) es	46
Gambar 4.24 Pengujian PID dan PID adaptif pada <i>input step</i> dengan <i>setpoint</i> sebesar 4 m/s di permukaan (a) aspal kering (b) aspal basah (c) salju dan (d) es	47
Gambar 4.25 Pengujian <i>slip ratio</i> ( $\lambda$ ) dengan <i>input</i> sinyal <i>step</i> pada permukaan (a) aspal kering (b) aspal basah (c) salju dan (d) es	50
Gambar 4.26 Pengujian <i>slip ratio</i> ( $\lambda$ ) dengan <i>input</i> sinyal $100(1 - e^{-0.2t})u(t)$ pada permukaan (a) aspal kering (b) aspal basah (c) salju dan (d) es	51
Gambar 4.27 Pengujian sinyal kontrol ( $u$ ) pada permukaan (a) aspal kering (b) aspal basah (c) salju dan (d) es dengan <i>input</i> sinyal <i>step</i>	53
Gambar 4.28 Pengujian sinyal kontrol ( $u$ ) pada permukaan (a) aspal kering (b) aspal basah (c) salju dan (d) es dengan <i>input</i> sinyal $100(1 - e^{-0.2t})u(t)$	54
Gambar 4.29 Pengujian <i>error</i> ( $t$ ) pada permukaan (a) aspal kering (b) aspal basah (c) salju dan (d) es dengan <i>input</i> sinyal <i>step</i>	56
Gambar 4.30 Pengujian <i>error</i> ( $t$ ) pada permukaan (a) aspal kering (b) aspal basah (c) salju dan (d) es dengan <i>input</i> sinyal $100(1 - e^{-0.2t})u(t)$	57

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik berbagai jenis lintasan pada <i>magic formula</i>	9
Tabel 2.2 Formula Ziegler Nichols tipe pertama	12
Tabel 2.3 Formula Ziegler Nichols tipe kedua	13
Tabel 4.1 <i>Overshoot</i> kecepatan kendaraan	48
Tabel 4.2 <i>Settling time</i> pada pengujian variasi <i>setpoint</i>	49
Tabel 4.3 <i>Error</i> kecepatan tangensial roda ( $V_w$ ) PID adaptif saat <i>steady state</i>	49

## DAFTAR SIMBOL

<b>Simbol</b>	<b>Keterangan</b>
$F$	Gaya melaju kendaraan (N)
$F_{dr}$	Gaya hambat kendaraan (N) (250 N)
$\lambda$	<i>Slip ratio</i>
$v$	Kecepatan kendaraan (m/s)
$\dot{v}$	Percepatan kendaraan (m/s <sup>2</sup> )
$v_w$	Kecepatan tangensial roda penggerak (m/s)
$\dot{v}_w$	Percepatan tangensial roda penggerak (m/s <sup>2</sup> )
$\omega$	Kecepatan sudut roda (rad/s)
$\dot{\omega}$	Percepatan sudut roda (rad/s <sup>2</sup> )
$r$	jari-jari roda (m) (0.2 m)
$M$	Massa total mobil listrik (kg) (360 kg)
$J_w$	Momen Inersia roda penggerak (kg m/s <sup>2</sup> ) (0.5 kgm <sup>2</sup> )
$T$	Torsi roda (Nm) (100 Nm)
$N$	Gaya normal (N)
$\mu$	Koefisien gesekan
$t$	Waktu (s)