

TUGAS SARJANA

PEMODELAN DAN SIMULASI KERUSAKAN ANTILOCK BRAKING SYSTEM MENGGUNAKAN SOFTWARE MATLAB/SIMULINK



*Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk
memperoleh gelar sarjana Strata-1 (S-1)
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro*

**Disusun oleh:
ARI KURNIADI
L2E 004 376**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2010**

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada : Nama : Ari Kurniadi

N I M : L2E 004 376

Pembimbing : Ir. Budi Setiana, MT

Jangka waktu : 6 (enam) bulan

Judul Tugas Akhir : *Pemodelan dan Simulasi Kerusakan Antilock Braking System*
Menggunakan *Software* Matlab/Simulink

Isi Tugas :

1. Mempelajari sistem ABS sebagai factor keamanan pada kendaraan.
2. Pemodelan matematika dari *Antilock Braking Sistem*
3. Mensimulasi model matematika dari *Antilock Braking Sistem* dengan bantuan *software* Matlab/Simulink
4. Mengetahui Kerusakan-kerusakan yang terdapat pada system ABS dengan menggunakan *software* Matlab/Simulink

Semarang, Februari 2010

Pembimbing,



Ir. Budi Setiyana, MT

NIP. 196503131991021001

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Sarjana yang berjudul “**Pemodelan dan Simulasi Kerusakan *Antilock Braking System* Menggunakan *Software Matlab/Simulink*” telah disetujui dan disahkan pada :**

Hari : *Rabu*
Tanggal : *17-3-2010*

Dosen Pembimbing,



Ir. Budi Setiyana, MT
NIP. 196503131991021001

Mengetahui,

Kordinator Tugas Akhir

Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro



Dr. MSK. Tony Suryo Utomo, ST, MT.
NIP. 197104211999031003

ABSTRACT

Today the technological developments on the car's security system flourished, especially in the braking system. ABS or the Antilock Braking System is one example of these new technologies. This system aims to prevent the wheels locking. Because based on the research, which has locking wheels during braking will cause the risk of accidents is greater. Locking wheel will cause the car skidded, especially on wet roads or on snowy roads. Therefore Antilock Braking System is an important safety system on the car, it would be dangerous if the braking system is damaged.

Antilock Braking System have their own security system to detect any damage to the system. But this system only detects electrical damage to the Antilock Braking System, whereas mechanical damage to the ABS system can not be detected. Mechanical damage which may be found on the ABS system, among others: loss of pump efficiency, fluid leaks, the air blister in the oil, and loss of brake efficiency. In this final task will be given a simulation of the fourth mechanical damage. This simulation aims to find out whether the above four damage affects slip rate, vehicle speed, wheel speed, and distance to stop the vehicle after the brakes with Antilock Braking System damaged. This simulation using Matlab / Simulink software.

Keywords: Antilock Braking System, Simulation Damage

ABSTRAK

Dewasa ini perkembangan teknologi system keamanan pada mobil berkembang pesat, terutama dalam system pengereman. ABS atau *Antilock Braking Sistem* merupakan salah satu contoh teknologi terbaru tersebut. Sistem ini bertujuan untuk mencegah roda mengalami penguncian. Karena berdasarkan penelitian, roda yang mengalami penguncian pada saat pengereman akan menyebabkan resiko kecelakaan yang lebih besar. Roda yang mengalami penguncian akan menyebabkan mobil tergelincir terutama pada jalan yang basah atau pada jalan bersalju. Oleh karena itu *Antilock Braking System* merupakan system keamanan yang penting pada mobil, akan sangat berbahaya jika system pengereman ini mengalami kerusakan.

Antilock Braking System mempunyai sistem keamanan sendiri untuk mendeteksi adanya kerusakan pada sistemnya. Tetapi system ini hanya mendeteksi kerusakan-kerusakan elektrik pada *Antilock Braking System*, sedangkan kerusakan mekanis pada system ABS tidak dapat dideteksi. Kerusakan-kerusakan mekanis yang mungkin terdapat pada system ABS antara lain: kerugian efisiensi pompa, kebocoran fluida, adanya gelembung udara pada oli, dan kerugian efisiensi pedal rem. Pada tugas akhir ini akan diberikan suatu simulasi mengenai keempat kerusakan mekanis diatas. Simulasi ini bertujuan untuk mencari tahu apakah keempat kerusakan diatas mempengaruhi slip rate, kecepatan kendaraan, kecepatan roda, dan jarak kendaraan berhenti setelah dilakukan pengereman dengan *Antilock Braking System* yang mengalami kerusakan. Simulasi ini menggunakan bantuan *software* Matlab/Simulink.

Kata kunci: *Antilock Braking System*, Simulasi Kerusakan

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini kupersembahkan untuk:

- Kedua orang tuaku, Bapak dan Ibu yang sangat saya sayang dan saya hormati atas segala curahan perhatian dan kasih sayangnya serta do'anya pada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Sarjana ini dengan lancar.
- Kakak dan Adik yang saya sayangi, Mbak Nunik dan Sulis yang selalu memberi dorongan semangat kepada penulis.
- Sahabat-sahabat satu kosan 'blink 128' terimakasih atas kekocakan yang kalian berikan.
- Seluruh teman-teman Mesin angkatan 2004 atas kebersamaan yang telah kalian berikan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Sarjana ini.

Dalam penyelesaian tugas sarjana ini, penulis mendapat banyak bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Budi Setiyana, MT selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan pengetahuan tentang banyak hal kepada penulis, terutama dalam pengerjaan dan penyelesaian Tugas Sarjana ini.
2. Jajang Encekinwan selaku teman partner dalam mengerjakan Tugas Sarjana ini, terima kasih atas semua motivasi dan dukungannya.

Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang penulis miliki. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak.

Akhirnya dengan kerendahan hati penulis berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat semua pihak

Semarang, Februari 2010

Ari Kurniadi

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN TUGAS SARJANA.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
NOMENKLATUR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penulisan.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Metode Penelitian	3
1.5. Sistematika Penulisan	6
BAB II DASAR TEORI	
2.1. Antilock Braking System	7
2.1.1. Sistem Kerja ABS	7
2.1.2. Bagian-Bagian Utama ABS	9
2.1.3. Gaya Gesekan Ban Pada ABS	13
2.1.4. Jenis-Jenis ABS.....	14
2.2. Pemodelan Matematika Antilock Braking System	15
2.2.1. Model Kendaraan Seperempat.....	16
2.2.2. Dinamika Kendaraan.....	17
2.2.3. Dinamika Roda	18

2.2.4. Dinamika Pengereman Pada Sistem.....	19
2.2.5. Dinamika Ban	20
2.2.6. Sistem Actuator Hydraulic	22
2.3. Kontrol Pada Sistem ABS.....	23
2.3.1. Sliding Mode Control.....	23
2.3.2. Fuzzy Logic Control	25
2.3.3. Neural Network Control.....	26
2.3.4. Hybrid Control	27
2.4. Design Control	27
2.4.1. PID Control.....	27
2.4.2. Sliding Mode Controller	30
2.5. Kerusakan-Kerusakan Pada Sistem ABS.....	31
2.5.1. Kerugian Effisiensi Pompa	31
2.5.2. Kebocoran Fluida.....	33
2.5.3. Gelembung Udara dalam Oli	34
2.5.4. Kerugian Effisiensi Brake Pad.....	35

BAB III PEMODELAN ANTILOCK BRAKING SYSTEM

3.1. Sekilas Matlab.....	36
3.1.1. Window Utama Matlab	38
3.2. Matlab Simulink.....	38
3.2.1. Window Utama Matlab Simulink	40
3.3. Dinamika Model Antilock Braking System.....	41
3.3.1. Kecepatan Linier Kendaraan.....	41
3.3.2. Kecepatan Angular Kendaraan	42
3.3.3. Stopping Distance	43
3.3.4. Kecepatan Rotasional Kendaraan	44
3.3.5. Slip Rate	45
3.3.6. Hydraulic Actuator System.....	46
3.4. Sistem Kontrol Pada ABS.....	47
3.4.1. Sliding Mode Control.....	48

3.4.2. PID Control	49
3.5. Model Simulink Keseluruhan Sistem ABS	51
3.6. Pemodelan Kerusakan Sistem ABS	52
3.6.1. Kerugian Efisiensi Pompa	52
3.6.2. Kebocoran Fluida	53
3.6.3. Kerugian Efisiensi Pedal Rem	54
3.6.4. Gelembung Udara dalam Oli	55
3.7. Parameter Simulasi	56

BAB IV SIMULASI DAN PEMBAHASAN

4.1. Simulasi Pada Kondisi Normal	58
4.2. Simulasi Pada Kondisi Adanya Kerusakan	62
4.2.1. Kerugian Efisiensi Pompa	62
4.2.2. Kebocoran Fluida	66
4.2.3. Efisiensi Pedal Rem	70
4.2.4. Gelembung Udara pada Oli (<i>Air Blister</i>)	75

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	79
5.2. Saran	80

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai puncak rata-rata untuk koefisien adhesi	21
Tabel 2.2	Respon <i>PID Controller</i> Terhadap Perubahan Konstanta	29
Tabel 3.1	Data parameter simulasi	56
Tabel 3.2	Nilai koefisien μ Slip pada MATLAB/Simulink	57
Tabel 4.1	Waktu berhentinya kecepatan roda dan kecepatan kendaraan dengan variasi efisiensi pompa.....	65
Tabel 4.1	Waktu berhentinya kecepatan roda dan kecepatan kendaraan pada kondisi normal dan adanya <i>air blister</i>	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	<i>Flow Chart</i> Penelitian	5
Gambar 2.1	Prosedur Pengereman dengan ABS	8
Gambar 2.2	Perbedaan mobil dengan dan tanpa ABS pada tikungan jalan.....	9
Gambar 2.3	Sensor kecepatan pada <i>Antilock Braking System</i>	10
Gambar 2.4	Modulator dan ECU	11
Gambar 2.5	<i>Valve</i> yang terintegasi dengan master silinder.....	11
Gambar 2.6	Pompa pada Sistem <i>Antilock Braking Sistem</i>	12
Gambar 2.7	Bagian-bagian Utama Sistem ABS	12
Gambar 2.8	Gaya Gesekan Ban Saat Pengereman Efektif Terjadi.....	13
Gambar 2.9	Block Diagram dari <i>Antilock Braking System</i>	15
Gambar 2.10	<i>Free Body Quarter Vehicycle</i>	17
Gambar 2.11	Dinamika jalan-rem-kendaraan pada seperempat kendaraan.....	19
Gambar 2.12	Diagram vector gaya dan kecepatan dari ban	20
Gambar 2.13	Beberapa tipe kurva λ -Fx dengan Fz pasti.....	21
Gambar 2.14	<i>Hydraulic Cirkuit</i> pada sistem ABS.....	22
Gambar 2.15	Block Diagram dari sistem kontrol berumpan balik	28
Gambar 3.1	Icon Matlab pada Dekstop	38
Gambar 3.2	Tampilan Awal Matlab	38
Gambar 3.3	Icon Simulink pada Matlab	40
Gambar 3.4	Tampilan window Simulink.....	40
Gambar 3.5	Block simulink untuk mendapatkan kecepatan linier kendaraan..	42
Gambar 3.6	Block simulink untuk kecepatan angular kendaraan.....	43
Gambar 3.7	Block simulink untuk <i>stopping distance</i>	43
Gambar 3.8	Block Simulink untuk kecepatan sudut roda.....	44
Gambar 3.9	Torsi Pengereman	45
Gambar 3.10	Block simulink dari <i>slip rate</i>	45
Gambar 3.11	Block simulink dari <i>hydraulic actuator system</i>	46
Gambar 3.12	Model Simulink <i>Hydraulic Actuator System</i> /Aliran Masuk (Q_{in})	47

Gambar 3.13	Model Simulink <i>Hydraulic Actuator System</i> /Aliran Keluar (Q_{out})	47
Gambar 3.14	Block diagram dari algoritma <i>Sliding Mode Controller</i>	49
Gambar 3.15	Block Simulink dari <i>PID Controller</i>	49
Gambar 3.16	<i>Antilock Braking system</i> dengan <i>PID-Sliding Mode Controller</i>	50
Gambar 3.17	Model Simulink <i>Antilock Braking System</i> Keseluruhan pada kondisi normal	51
Gambar 3.18	Block Simulink untuk Kerugian Efisiensi Pompa	52
Gambar 3.19	Block Simulink Untuk Aliran Kebocoran	53
Gambar 3.20	Block simulink Aliran kebocoran pada <i>Antilock Braking Sistem</i>	54
Gambar 3.21	Block Simulink Kerugian Effisiensi Pedal Rem	55
Gambar 3.22	Block Simulink <i>Antilock Braking System</i> Keseluruhan Untuk Mendeteksi Kerusakan	56
Gambar 4.1	Grafik <i>slip rate</i> Vs waktu ABS pada kondisi normal	58
Gambar 4.2	Gafik <i>slip rate</i> pembanding	59
Gambar 4.3	Grafik kecepatan roda Vs waktu ABS pada kondisi normal	59
Gambar 4.4	Grafik kecepatan Kendaraan Vs waktu ABS pada kondisi normal	60
Gambar 4.5	Grafik <i>Stopping Distance</i> Vs waktu ABS pada kondisi normal	61
Gambar 4.6	Jarak Pemberhentian Pembanding	61
Gambar 4.7	Grafik slip rate Vs waktu ABS dengan variasi efisiensi pompa	62
Gambar 4.8	<i>Slip rate</i> pembanding efisiensi pompa	63
Gambar 4.9	Grafik kecepatan roda Vs waktu ABS dengan variasi efisiensi pompa	64
Gambar 4.10	Grafik kecepatan kendaraan Vs waktu ABS dengan variasi efisiensi pompa	64
Gambar 4.11	Grafik <i>stopping distance</i> Vs waktu ABS dengan variasi efisiensi pompa	65
Gambar 4.12	Grafik <i>slip rate</i> Vs waktu ABS dengan variasi kebocoran fluida	66
Gambar 4.13	<i>Slip rate</i> pembanding dengan variasi kebocoran fluida	67
Gambar 4.14	Grafik <i>Wheel Speed</i> Vs waktu dengan variasi kebocoran fluida	68
Gambar 4.15	Grafik <i>vehicle speed</i> Vs waktu ABS dengan variasi kebocoran fluida	69

Gambar 4.16	Grafik <i>Stopping Distance</i> Vs waktu ABS dengan variasi kebocoran fluida.....	70
Gambar 4.17	Grafik <i>slip rate</i> Vs waktu ABS dengan variasi efisiensi pedal rem	71
Gambar 4.18	<i>Slip rate</i> perbandingan dengan variasi efisiensi <i>brake pad</i>	71
Gambar 4.19	Grafik <i>wheel speed</i> Vs waktu ABS dengan variasi efisiensi pedal rem.....	72
Gambar 4.21	Grafik <i>stopping distance</i> Vs waktu ABS dengan variasi efisiensi pedal rem.....	74
Gambar 4.22	Grafik <i>slip rate</i> Vs waktu pada kondisi normal dan adanya <i>air blister</i>	75
Gambar 4.23	<i>Slip rate</i> perbandingan dengan variasi gelembung udara.....	75
Gambar 4.24	Grafik <i>wheel speed</i> Vs ABS pada kondisi normal dan adanya <i>air blister</i>	76
Gambar 4.25	Grafik <i>vehicycle speed</i> Vs ABS pada kondisi normal dan adanya <i>air blister</i>	77
Gambar 4.26	Grafik <i>stopping distance</i> Vs ABS pada kondisi normal dan adanya <i>air blister</i>	78

NOMENKLATUR

Simbol	Keterangan	Satuan
V_0	Kecepatan Awal	m/s
m	Massa Kendaraan	Kg
Rr	Jari-jari Roda,	m
g	Gaya Gravitasi	m ² /s
I	Momen Inersia Roda	Kg.m ²
K_f	<i>Torque Gain</i>	
P_b	Tekanan Rem	Kg/m ²
P_{mc}	Tekanan <i>Master Cylinder</i>	Kg/m ²
P_i	Tekanan <i>Hydraulic Circuit</i>	Kg/m ²
P_p	Tekanan Pompa	Kg/m ²
Q_{in}	Aliran Masuk	m ³ /s
Q_{out}	Aliran Keluar	m ³ /s
T_b	Torque Brake	N.m/s
A_l	Luas Orifice Efektif Pada Katup Masuk	m ²
A	Luas <i>Orifice</i> Efektif pada Katup Keluar	m ²
C_f	Koefisien Aliran (<i>Flow Coefficient</i>)	
ρ	Densitas	Kg/m ³
$C_{dleakage}$	Koefisien Aliran Kebocoran (<i>Leakage</i>)	
η	Efisiensi Pompa	%
R	Leakage	%
F_x	Gaya Gesek Ban	N
F_z	Gaya Normal	N
SD	Jarak Pemberhentian (<i>Stopping Distance</i>)	m
V	Kecepatan Kendaraan	m/s
V_w	Kecepatan Roda	rad/s
t	Waktu	s
w	Kecepatan Sudut dari Roda	rad/s
$\mu(\lambda)$	Koefisien Gesek	

