



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**ANALISA PENGARUH SUDUT BUKAAN DAN POSISI POROS
PUTAR *DISC* TERHADAP NILAI *LOSS COEFFICIENT* DAN TORSI
PADA *BUTTERFLY VALVE* MENGGUNAKAN CFD**

TUGAS AKHIR

WIBI ARIO WIHARJO

L2E 005 497

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK MESIN

SEMARANG

AGUSTUS 2012

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada:

Nama : Wibi Ario Wiharjo

NIM : L2E 005 497

Pembimbing : Dr. MSK. Tony S. Utomo, ST, MT

Jangka Waktu : 12 bulan

Judul : Analisa Pengaruh Sudut Bukaannya Dan Posisi Poros Putar *Disc* Terhadap Nilai *Loss Coefficient* Dan Torsi Pada *Butterfly Valve* Menggunakan CFD.

Isi Tugas :

1. Menganalisa pengaruh variasi sudut bukaan katup terhadap nilai *loss coefficient* pada variasi *butterfly valve*.
2. Menganalisa pengaruh posisi poros katup terhadap nilai torsi pada variasi *butterfly valve*.
3. Menganalisa dinamika aliran fluida yang terjadi pada *butterfly valve*.

Dosen Pembimbing,



Dr. MSK. Tony S. Utomo, ST, MT

NIP. 197104211999031003

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Wibi Ario Wiharjo

NIM : L2E005497

Tanda Tangan : 

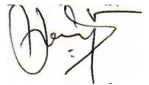



Tanggal : Agustus 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
NAMA : Wibi Ario Wiharjo
NIM : L2E 005 497
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Sudut Buka dan Posisi Poros Putar
Disc Terhadap Nilai *Loss Coefficient* Dan Torsi Pada
Butterfly Valve Menggunakan CFD

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Dr. MSK. Tony S. Utomo, ST, MT ()
Penguji : Dr. Ir. Toni Prahasto, MAsc ()
Penguji : Dr. Rusnaldy, ST, MT ()
Penguji : Dr. Sri Nugroho, ST, MT ()

Semarang, 7 Agustus 2012

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Sulardjaka

NIP. 197104201998021001

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wibi Ario Wiharjo
NIM : L2E 005 497
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya dan pembimbing saya yang berjudul :

**“ANALISA PENGARUH SUDUT BUKAAN DAN POSISI POROS
PUTAR *DISC* TERHADAP NILAI *LOSS COEFFICIENT* DAN TORSI
PADA *BUTTERFLY VALVE* MENGGUNAKAN *CFD*”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir kami selama tetap mencantumkan nama saya dan pembimbing saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : Agustus 2012

Yang menyatakan



Wibi Ario Wiharjo
NIM. L2E 005 497

ABSTRAK

Penggunaan *butterfly valve* dalam dunia industri menjadi hal yang sangat penting. Terutama industri yang membutuhkan konfigurasi sistem perpipaan guna mendukung proses produksi. *Butterfly valve* sendiri telah mengalami perkembangan yang sangat pesat meliputi berbagai variasi desain seiring dengan fungsinya yang semakin berkembang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari variasi sudut bukaan dan variasi poros putar dari *Butterfly Valve* terhadap nilai *loss coefficient* dan torsi. Pada analisa statis, dilakukan variasi sudut bukaan $0^{\circ}, 30^{\circ}, 45^{\circ}, 60^{\circ}$ dan 75° . Pada analisa dinamis kecepatan angular ditetapkan 0.039 rad/s , untuk masing-masing variasi poros putar tipe *concentric*, *single offset* dan *double offset* dalam kecepatan fluida air 1 m/s . Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai *loss coefficient* dan torsi meningkat seiring dengan bertambah besarnya sudut bukaan katup. Pada analisa statis, nilai torsi yang paling besar terdapat pada variasi *butterfly valve double offset* sebesar 106.23 nm dan pada analisa dinamis, nilai torsi yang paling besar terdapat pada variasi *butterfly valve double offset* sebesar 150 nm .

Kata Kunci : *Butterfly Valve*, *Loss Coefficient*, Torsi, *Concentric*, *Single Offset*, *Double Offset*

ABSTRACT

Application of butterfly valve in industrial world has become very important. Especially industries that require piping system configuration to support production process. Butterfly valve itself has undergone very rapid development includes of a variety of design that comes along together with a fast growing function. The purposes of this study was to determine the effect of opening angle variations and shaft rotary variations from butterfly valve on the loss coefficient and torque. In static analysis, the variation of opening angles are 0° , 30° , 45° , 60° and 75° . In the dynamic analysis, the angular velocity was set on 0.039 rad/s and 1 m/s for the fluid velocity for each of rotary shaft variation of cocentric, single offset and double offset. The results shows that the loss coefficient and torque values increase with increasing size of the valve opening angle. In static analysis, the biggest value of torque was obtained in butterfly valve double offset variation with 106.23 nm of value and for dynamic analysis, the biggest value of torque was obtained in butterfly valve double offset variation with 150 nm of value.

Keyword: Butterfly valve, Loss Coefficient, Torque, Cocentric, Single Offset, Double Offset.

.....Teruntuk bapak, ibu....

Terimakasih atas segalanya...

“saya adalah karang besar di tengah rimbun riuh ombak kehidupan”

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan YME yang telah memberikan kesabaran dan keteguhan hati hingga akhirnya penulis dapat melewati masa studi dan menyelesaikan Tugas Akhir yang merupakan tahap akhir dari proses untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin di Universitas Diponegoro.

Pada dasarnya karya ini tidak akan terselesaikan tanpa bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini perkenankanlah Penulis untuk mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak, diantaranya:

1. Bapak MSK. Tony Suryo Utomo, PhD selaku dosen pembimbing pengarahan-pengarahan dan masukan-masukan kepada penyusun untuk menyusun Tugas Akhir ini.
2. Semua pihak yang telah membantu sampai terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penyusun menyadari bahwa dalam menyusun laporan ini terdapat kekurangan dan keterbatasan, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan dan kemajuan penulis dimasa yang akan datang sangat diharapkan. Akhir kata penulis berharap semoga hasil laporan ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca.

Semarang, Agustus 2012

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
TUGAS SARJANA.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS SARJANA UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
HALAMAN MOTO DAN PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Batasan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Metode penelitian.....	3
1.5 Sistematika penulisan.....	5
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Klasifikasi Aliran.....	6
2.1.1 Aliran <i>Inviscid</i> dan <i>Viscous</i>	7
2.1.2 Aliran Laminar dan Aliran Turbulen.....	9
2.1.3 Aliran Kompresibel dan Inkompresibel.....	9
2.1.4 Aliran Internal dan Eksternal.....	10
2.2 Persamaan Dasar Aliran Fluida.....	11

2.2.1	Persamaan Kekekalan Massa.....	11
2.2.2	Persamaan Kekekalan Momentum.....	14
2.3	<i>Loss Coefficient</i>	17
2.4	Torsi.....	18
2.5	<i>Butterfly Valve</i>	19
2.6	Karakteristik Torsi pada <i>Butterfly Valve</i>	24
 BAB III METODEDE VOLUM HINGGA FLUENT		
3.1	<i>Fluent</i>	27
3.2	Skema Numerik.....	29
3.2.1	Metode Solusi <i>Pressure-Based</i>	29
3.2.2	Metode Solusi <i>Density-Based</i>	32
3.3	Diskritisasi.....	34
3.3.1	<i>First Order Upwind scheme</i>	36
3.3.2	<i>Second Order Upwind scheme</i>	36
3.3.3	<i>Power Law scheme</i>	37
3.3.4	Bentuk Linearisasi Persamaan Diskrit.....	39
3.3.5	<i>Under relaxation</i>	39
3.4	Diskritisasi <i>Coupled Solver</i>	40
3.4.1	Aturan Persamaan-Persamaan dalam Bentuk Vektor.....	40
3.4.2	<i>Preconditioning</i>	41
3.4.3	Diskritisasi Temporal untuk <i>Steady State Flows</i>	43
3.5	Model Turbulen.....	45
3.5.1	Permodelan <i>k-epsilon</i>	45
3.5.1.1	<i>Standard</i>	45
3.5.1.2	<i>RNG</i>	46
3.5.1.3	<i>Realizable</i>	46
3.5.2	Permodelan <i>k-omega</i>	47
3.5.2.1	<i>Standard</i>	47

3.5.2.2	<i>SST</i>	47
3.6	Adapsi <i>Grid</i>	47
3.6.1	Proses Adapsi.....	48
3.6.2	Adapsi y^+ dan y^*	50
3.7	Jenis <i>Grid</i>	51
3.8	Kualitas <i>Mesh</i>	52
3.8.1	Kerapatan <i>Nodal</i>	52
3.8.2	Kehalusan (<i>smoothnes</i>).....	53
3.8.3	Bentuk Sel.....	53
BAB IV PEMODELAN CFD		
4.1	Pemodelan Benda.....	54
4.2	Proses Simulasi.....	54
4.3	Simulasi <i>Butterfly Valve</i>	57
4.3.1	Model dan Kondisi Batas.....	57
4.3.2	Penggenerasian <i>Mesh</i>	61
4.3.3	Analisa Statis.....	62
4.3.4	Analisa Dinamis.....	62
4.3.5	<i>Solver</i> dan Model <i>Viskos</i>	63
4.3.6	Pendefinisian Material.....	63
4.3.7	Pendefinisian Kondisi Batas.....	64
4.3.7.1	<i>Velocity Inlet</i>	64
4.3.7.2	<i>Pressure Outlet</i>	65
4.3.8	Adapsi.....	65
BAB V ANALISA HASIL SIMULASI		
5.1	Distribusi Tekanan dan Kecepatan.....	66
5.1.1	Sudut Buka 0°	66
5.1.2	Sudut Buka 30°	71
5.1.3	Sudut Buka 45°	75

5.1.4 Sudut Buka 60°	79
5.1.5 Sudut Buka 75°	84
5.2 Karakteristik <i>Loss Coefficient</i>	90
5.3 Karakteristik Torsi.....	93
5.3.1 Karakteristik Torsi Analisa Statis.....	93
5.3.2 Karakteristik Torsi Analisa Dinamis.....	94
BAB VI PENUTUP	
6.1 Kesimpulan.....	96
6.2 Saran.....	96
DAFTAR PUSTAKA	97
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	<i>Butterfly Valve</i>	1
Gambar 1.2	Aplikasi <i>Butterfly Valve</i> sebagai <i>Shut Off Valve</i> dalam Dunia Industri.....	2
Gambar 2.1	Visualisasi Deformasi Pada (a) <i>Fluid</i> , (b) <i>Solid</i>	6
Gambar 2.2	Klasifikasi Aliran Fluida.....	7
Gambar 2.3	Zona Aliran Lapisan Batas Fluida diatas Plat Rata.....	8
Gambar 2.4	Variasi Kecepatan Fluida (satu dimensi) terhadap Waktu.....	9
Gambar 2.5	Aliran Dalam Pipa.....	10
Gambar 2.6	Massa Mengalir ke dalam dan keluar Elemen Fluida.....	13
Gambar 2.7	Komponen Tegangan Menurut Arah Sumbu x.....	15
Gambar 2.8	Torsi yang bekerja pada sebua benda.....	19
Gambar 2.9	<i>Part Diagram Butterfly Valve</i>	20
Gambar 2.10	Jenis <i>Butterfly Valve</i> (a) <i>Manual Butterfly Valve</i> , (b) <i>Butterfly Valve</i> dengan Aktuator, (c) <i>Rectangular Butterfly Valve</i>	21
Gambar 2.11	<i>Butterfly Valve</i> (a) Tipe <i>Wafer</i> (b) Tipe <i>Lug</i>	22
Gambar 2.12	<i>Butterfly Valve</i> Tipe <i>Lug</i> pada Sistem Perpipaan, Posisi yang Terlihat Menunjukkan Katup Dalam Keadaan Terbuka.....	22
Gambar 2.13	Tipe Pelat <i>Butterfly Valve</i> (a) <i>Concentric</i> , (b) <i>Single eccentric</i> , (c) <i>Double Eccentric</i>	23
Gambar 2.14	Konfigurasi Pelat <i>Offset</i> Terhadap Arah Aliran <i>Butterfly Valve</i>	24
Gambar 2.15	Karakteristik Torsi pada <i>Butterfly Valve</i> pada Konstan <i>Pressure Drop</i> (a) Pelat Simetri (b) Pelat <i>Offset</i> , Arah Aliran Menuju Poros, (c) Pelat <i>Offset</i> , Arah Aliran Menuju Pelat.....	25
Gambar 2.16	Beda Tekanan pada <i>Butterfly valve</i> pada Kondisi Pemompaan Aktual (a) Pelat Simetri, (b) Pelat <i>Offset</i> , Arah Aliran Menuju Poros, (c) Pelat <i>Offset</i> , Arah Aliran Menuju Pelat.....	25

Gambar 2.17	Karakteristik Torsi Buka-an <i>Butterfly Valve</i> pada Kondisi Pemompaan aktual (a) Pelat Simetri, (b) Pelat <i>Offset</i> , Arah Aliran Menuju Poros, (c) Pelat <i>Offset</i> , Arah aliran Menuju Pelat....	26
Gambar 3.1	Prosedur Solusi Perhitungan <i>Fluent</i>	28
Gambar 3.2	Diagram Alir Metode Solusi <i>Pressure-Based</i>	31
Gambar 3.3	Diagram Alir Metode Solusi <i>Density-Based</i>	33
Gambar 3.4	Volume Kendali Digunakan Sebagai Ilustrasi Diskretisasi Persamaan <i>Transport</i> Skalar.....	35
Gambar 3.5	Volume Kendali Digunakan Sebagai Ilustrasi Diskretisasi Persamaan <i>Transport</i> Skalar Pada Model Sel 2D <i>Quadrilateral</i>	36
Gambar 3.6	Variasi variabel ϕ antara $x=0$ dan $x=L$	38
Gambar 3.7	Contoh <i>Hanging Node</i>	49
Gambar 3.8	Hasil <i>Conformal Refinement</i>	50
Gambar 3.9	<i>Conformal Coarsening</i> dengan Menghilangkan Titik dan Menye-tigakan kembali.....	50
Gambar 3.10	Hasil Mesh Menggunakan Adaptasi y^+	51
Gambar 3.11	Tipe Sel 2D.....	52
Gambar 3.12	Tipe sel 3D.....	52
Gambar 4.1	Penampang <i>Section</i> Katup pada <i>Gambit</i>	54
Gambar 4.2	Diagram Alir <i>Preprocessing</i>	55
Gambar 4.3	Diagram Alir <i>Solving</i>	56
Gambar 4.3	Lanjutan Diagram Alir <i>Solving</i>	57
Gambar 4.4	Ilustrasi <i>Butterfly Valve</i> (a) 3 Dimensi Isometri, (b) 3 Dimensi Isometri, (c) 2 Dimensi.....	58
Gambar 4.5	Gambar Penampang Kondisi Batas <i>Butterfly Valve</i>	58
Gambar 4.6	Variasi Sudut Buka-an <i>Butterfly Valve</i> (a) 0° , (b) 30° , (c) 45° , (d) 60° , (e) 75°	59
Gambar 4.7	Variasi Model <i>Butterfly Valve</i> (a) concentric, (b) <i>Single Offset</i> ,	

	(c) <i>Double Offset</i>	60
Gambar 4.8	Interkoneksi Antara <i>Quad Cell</i> pada Section Pipa dan <i>Triangular Cell</i> pada Section Katup.....	61
Gambar 4.9	Panel Pendefinisian Material.....	63
Gambar 4.10	Panel Kecepatan.....	64
Gambar 4.11	Panel Tekanan.....	65
Gambar 5.1	Kontur Tekanan Model <i>Concentric</i> Sudut Bukaan 0°	66
Gambar 5.2	Kontur Kecepatan Model <i>Concentric</i> Sudut Bukaan 0°	67
Gambar 5.3	Separasi Aliran pada <i>Disc Tip</i> Model <i>Concentric</i> Sudut Bukaan 0°	67
Gambar 5.4	Kontur Tekanan Model <i>Single Offset</i> Sudut Bukaan 0°	68
Gambar 5.5	Kontur Kecepatan Model <i>Single Offset</i> Sudut Bukaan 0°	69
Gambar 5.6	Fenomena <i>Vortex</i> yang Terjadi Pada Bagian Belakang <i>Disc</i>	69
Gambar 5.7	Kontur Tekanan Model <i>Double Offset</i> Sudut Bukaan 0°	70
Gambar 5.8	Kontur Kecepatan Model <i>Double Offset</i> Sudut Bukaan 0°	70
Gambar 5.9	Fenomena <i>Vortex</i> Pada <i>Disc Tip</i> Model <i>Double Offset</i>	71
Gambar 5.10	Kontur Tekanan Model <i>Concentric</i> Sudut Bukaan 30°	71
Gambar 5.11	Kontur kecepatan Model <i>Concentric</i> Sudut Bukaan 30°	72
Gambar 5.12	Separasi Aliran pada <i>Disc Tip</i> Sudut Bukaan 30° Model <i>Concentric</i>	72
Gambar 5.13	Kontur Tekanan Model <i>Single Offset</i> Sudut Bukaan 30°	73
Gambar 5.14	Kontur Kecepatan Model <i>Single Offset</i> Sudut Bukaan 30°	73
Gambar 5.15	Separasi Aliran pada <i>Disc Tip</i> Model <i>Single Offset</i> Sudut Bukaan 30°	74
Gambar 5.16	Kontur Tekanan Model <i>Double Offset</i> Sudut Bukaan 30°	74
Gambar 5.17	Kontur Kecepatan Model <i>Double Offset</i> Sudut Bukaan 30°	75
Gambar 5.18	Kontur Tekanan Model <i>Cocentric</i> Sudut Bukaan 45°	75
Gambar 5.19	Kontur Kecepatan Model <i>Concentric</i> Sudut Bukaan 45°	76

Gambar 5.20	Separasi Aliran pada <i>Disc Tip</i> Model <i>Concentric</i> Sudut Bukaan 45°	76
Gambar 5.21	Kontur Tekanan Model <i>Single Offset</i> Sudut Bukaan 45°	77
Gambar 5.22	Kontur Kecepatan Model <i>Single Offset</i> Sudut Bukaan 45°	77
Gambar 5.23	Separasi Aliran pada <i>Disc Tip</i> Model <i>Single Offset</i> Sudut Bukaan 45°	78
Gambar 5.24	Kontur Tekanan Model <i>Double Offset</i> Sudut Bukaan 45°	78
Gambar 5.25	Kontur Kecepatan Model <i>Double Offset</i> Sudut Bukaan 45°	79
Gambar 5.26	Separasi Aliran pada <i>Disc Tip</i> Model <i>Double Offset</i> Sudut Bukaan 45°	79
Gambar 5.27	Kontur Tekanan Model <i>Concentric</i> Sudut Bukaan 60°	80
Gambar 5.28	Kontur Kecepatan Model <i>Concentric</i> Sudut Bukaan 60°	80
Gambar 5.29	Separasi Aliran pada Model <i>Concentric</i> Sudut Bukaan 60°	80
Gambar 5.30	Kontur Tekanan Model <i>Single Offset</i> Sudut Bukaan 60°	81
Gambar 5.31	Kontur Kecepatan Model <i>Single Offset</i> Sudut Bukaan 60°	81
Gambar 5.32	Separasi Aliran Pada <i>Disc Tip</i> Model <i>Single Offset</i> Sudut Bukaan 60°	82
Gambar 5.33	Kontur Tekanan Model <i>Double Offset</i> Sudut Bukaan 60°	82
Gambar 5.34	Kontur Kecepatan Model <i>Double Offset</i> Sudut Bukaan 60°	83
Gambar 5.35	Separasi Aliran Pada <i>Disc Tip</i> Model <i>Double Offset</i> Sudut Bukaan 60°	83
Gambar 5.36	Kontur Tekanan Model <i>Concentric</i> Sudut Bukaan 75°	84
Gambar 5.37	Kontur Kecepatan Model <i>Concentric</i> Sudut Bukaan 75°	85
Gambar 5.38	Separasi Aliran Pada <i>Disc Tip</i> Model <i>Concentric</i> Sudut Bukaan 75°	85
Gambar 5.39	Kontur Tekanan Model <i>Single Offset</i> Sudut Bukaan 75°	86
Gambar 5.40	Kontur Kecepatan Model <i>Single Offset</i> Sudut Bukaan 75°	86
Gambar 5.41	Separasi Aliran Pada <i>Disc Tip</i> Model <i>Concentric</i> Sudut Bukaan	

75°.....	87
Gambar 5.42 Kontur Tekanan Model <i>Double Offset</i> Sudut Bukaan 75°.....	87
Gambar 5.43 Kontur Kecepatan Model <i>Double offset</i> Sudut Bukaan 75°.....	88
Gambar 5.44 Separasi Aliran Pada <i>Disc Tip</i> Model <i>Double Offset</i> Sudut Bukaan 75°.....	88
Gambar 5.45 Distribusi Tekanan Statik Pada Penampang <i>Butterfly Valve</i> Model <i>Concentric</i>	89
Gambar 5.46 Distribusi tekanan Statik Pada Penampang <i>Butterfly Valve</i> Model <i>Single Offset</i>	89
Gambar 5.47 Distribusi Tekanan Statik Pada Penampang <i>Butterfly Valve</i> Model <i>Double Offset</i>	90
Gambar 5.48 Karakteristik <i>Loss Coefficient</i> Pada Variasi Model Katup.....	92
Gambar 5.49 Karakteristik Torsi Pada variasi Model katup.....	94
Gambar 5.50 Karakteristik Torsi Dinamis Pada Variasi Model Katup.....	95

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Kondisi Batas Simulasi.....	60
Table 4.2	Kondisi Batas Simulasi Statis.....	62
Tabel 4.3	Tipe Zona Simulasi Dinamis.....	62
Tabel 5.1	Nilai <i>Loss Coefficient</i> (K) dan <i>Pressure Drop Butterfly Valve</i> Model <i>Cocentric</i> , <i>Single Offset</i> dan <i>Double Offset</i>	91
Tabel 5.2	Data <i>Error Loss Coefficient</i>	93