

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN TUGAS.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
HALAMAN MOTTO	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMBANG	xix
INTISARI.....	xx
ABSTRACT	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang Penelitian	1
I.2. Perumusan Masalah	4
I.3. Tujuan	4
I.4. Batasan Masalah	5
I.5. Manfaat	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
BAB III DASAR TEORI	10
III.1. Deskripsi Proses MPFM	10
III.2. Perbedaan MPFM dengan Separator Konvensional.....	12
III.3. Model MPFM.....	15
III.4. Instrumentasi MPFM.....	21

III.4.1.	Meter Aliran Cairan pada MPFM.....	22
III.4.2.	Meter Aliran Gas pada MPFM.....	24
III.4.3.	<i>Temperature Transmitter dan Pressure Transmitter pada Multi-phase Metering System</i>	25
III.4.4.	Meter Kadar Air pada MPFM	26
III.5.	Komputasi Pengukuran Sumur pada MPFM	30
III.5.1.	Kalkulasi <i>Water Cut</i>	31
III.5.2.	Faktor Koreksi (<i>Correction Factor</i>)	33
III.5.3.	Kalkulasi Gas sesuai Rumus Gas Ideal	33
III.5.4.	Kalkulasi Debit dan Kecepatan Gas	34
III.5.5.	Faktor Kecepatan Erosi (<i>Erosional Velocity</i>)	35
III.5.6.	Kalkulasi Debit Air dan Minyak Bersih (<i>Net Water Flow & Net Oil Flow</i>).....	36
III.6.	Pemisahan Gas dan Cairan dengan Hukum <i>Stokes</i>	38
III.7.	Volume dan Luas Permukaan MPFM	44
III.7.1.	Pipa Standar	45
III.7.2.	<i>Butt Weld Reducers Concentric</i>	49
III.7.3.	<i>Butt Weld Elbows 90° Long Radius</i>	51
III.8.	Neraca Massa	53
III.9.	Persamaan Bernoulli.....	54
III.9.1.	<i>Incompressible Flow</i>	54
III.9.2.	<i>Compressible Flow</i>	55
III.10.	<i>Loss Coefficient</i>	56
III.11.	Karakteristik Respon.....	58
III.11.1.	Spesifikasi Respon Transien	58
III.11.2.	Spesifikasi Respon Keadaan Tunak (<i>Steady State</i>).....	59

BAB IV	PELAKSANAAN PENELITIAN.....	60
IV.1.	Bahan dan Alat Penelitian.....	60
IV.2.	Tata Laksana Penelitian.....	61
IV.2.1.	Perhitungan Parameter Sistem dalam Keadaan <i>Steady</i>	61
IV.2.1.1.	Observasi di PT. Mitra Prana Abadi Sentosa (MPAS).....	61
IV.2.1.2.	Analisis Dimensi MPFM.....	61
IV.2.1.3.	Analisis Parameter <i>Report Unit</i> MPFM.....	62
IV.2.1.4.	Menghitung secara Teoritis Parameter Fluida pada Pipa.....	62
IV.2.1.5.	Menghitung secara Teoritis Pemisahan Gas dan Cairan pada Pipa.....	63
IV.2.2.	Pemodelan Sistem.....	64
IV.2.2.1.	Menentukan <i>Control Volume</i> untuk Cairan dan Gas pada MPFM.....	64
IV.2.2.2.	Menyusun Model Sistem.....	64
IV.2.2.3.	Simulasi Sistem dengan Data dan Parameter Secara Keseluruhan.....	66
IV.2.3.	Uji dan Analisis Respon Sistem.....	66
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	68
V.1.	Perbandingan Hasil SIMULINK dengan Data Laporan secara Dinamik.....	74
V.2.	Perbandingan Hasil <i>SIMULINK</i> dengan Data Laporan secara Numerik.....	75
V.3.	<i>Step Info</i>	79
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN.....	84
VI.1.	Kesimpulan.....	84
VI.2.	Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA.....		86

LAMPIRAN A PERHITUNGAN PARAMETER SISTEM DALAM KEADAAN <i>STEADY</i> DAN PEMODELAN SISTEM	88
A.1. Analisis Dimensi MPFM	88
A.2. Analisis Parameter <i>Report Unit</i> MPFM.....	90
A.3. Menghitung secara Teoritis Parameter Fluida pada Pipa	97
A.4. Menghitung secara Teoritis Pemisahan Gas dan Cairan pada Pipa	100
A.5. Menentukan <i>Control Volume</i> untuk Cairan dan Gas pada MPFM..	102
A.6. Menyusun Model Sistem	104
A.6.1. Neraca Massa Cairan	104
A.6.2. Neraca Massa Gas	107
A.6.3. Persamaan Geometri.....	110
LAMPIRAN B MODEL MATEMATIS SISTEM KEADAAN TUNAK..	111
B.1. Neraca Massa Cairan	111
B.2. Neraca Massa Gas	115
B.3. Persamaan Geometri.....	120
LAMPIRAN C <i>ENGINEERING DELIVERABLES</i> MPFM.....	122
LAMPIRAN D <i>FREQUENTLY ASKED QUESTIONS</i>	129
LAMPIRAN E HASIL <i>SIMULINK</i> DALAM KEADAAN <i>STEADY</i>	132
E.1. Hasil <i>SIMULINK</i> untuk <i>level</i> cairan terhadap waktu	132
E.2. Hasil <i>SIMULINK</i> untuk tekanan gas terhadap waktu	145

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Skema MPFM (<i>AccuflowTM SR Series</i>) <i>Unit 370A</i>	2
Gambar 1.2.	Skema hubungan perbedaan tekanan (dP) dan perbedaan ketinggian (dH) pada MPFM <i>Unit 370A</i>	6
Gambar 3.1.	Skema MPFM (<i>AccuflowTM SR Series</i>)	10
Gambar 3.2.	Skema Separator Uji Konvensional.....	13
Gambar 3.3.	Skema MPFM Model SR	15
Gambar 3.4.	Skema MPFM Model JR.....	16
Gambar 3.5.	Skema MPFM Model 3P.....	17
Gambar 3.6.	Konfigurasi <i>Skid Mounted</i>	18
Gambar 3.7.	<i>Trailer Mounted</i>	18
Gambar 3.8.	<i>Truck Mounted</i>	19
Gambar 3.9.	Skema <i>Input, Proses, Output</i> MPFM.....	21
Gambar 3.10.	Skema simplifikasi komponen instrumentasi MPFM.....	21
Gambar 3.11.	Relasi PLC, <i>Transmitter</i> dan <i>Sensor</i> pada Meter Aliran Cairan .	23
Gambar 3.12.	Relasi PLC, <i>Transmitter</i> dan <i>Sensor</i> pada Meter Aliran Gas	24
Gambar 3.13.	Relasi PLC dan <i>Transmitter</i> pada <i>Temperature</i> dan <i>Pressure Transmitter</i>	25
Gambar 3.14.	Relasi PLC, <i>Transmitter</i> , dan <i>Sensor</i> pada Meter Kadar Air.....	26
Gambar 3.15.	Relasi PLC, <i>Transmitter</i> , dan LCV pada <i>Level Control</i>	27
Gambar 3.16.	Relasi PLC dengan <i>Sensor</i> dan <i>Transmitter</i> pada <i>Level Switch</i> ..	29
Gambar 3.17.	<i>Density meter (Toledometer)</i> (A) dan <i>Centrifuge</i> (B)	29
Gambar 3.18.	Skema <i>water cut</i> dari kondisi standar ke kondisi aktual.....	32
Gambar 3.19.	Debit aliran gas.....	35
Gambar 3.20.	Skema <i>Net Water Flow & Net Oil Flow</i> 2-fase	36
Gambar 3.21.	Skema <i>Net Water Flow & Net Oil Flow</i> 3-fase	37

Gambar 3.22.	Skema <i>Net Water Flow & Net Oil Flow</i> 2-fase & 3-fase (kondisi standar)	37
Gambar 3.23.	<i>Free Body Diagram</i> (FBD) bola dalam cairan diam	39
Gambar 3.24.	Pemisahan gas pada pipa vertikal	42
Gambar 3.25.	Pemisahan gas pada pipa horizontal	43
Gambar 3.26.	<i>Reducer concentric</i>	49
Gambar 3.27.	Bentuk kerucut frustum (<i>conical frustum shape</i>)	50
Gambar 3.28.	<i>Butt weld elbows 90° Long Radius</i> sesuai ASME B16.9	51
Gambar 3.29.	<i>Torus</i>	52
Gambar 4.1.	<i>Flow Chart</i> pemodelan karakteristik dinamik sistem pengukuran aliran multi-fase pada MPFM.....	67
Gambar 5.1.	Simulasi Neraca Massa dan Persamaan Geometri pada <i>SIMULINK</i>	69
Gambar 5.2.	<i>Level</i> terhadap Waktu secara Dinamik.....	74
Gambar 5.3.	Tekanan terhadap Waktu secara Dinamik.....	74
Gambar A.1.	Skema MPFM <i>Unit 370A</i> dengan dimensi	89
Gambar A.2.	Grafik debit cairan terhadap waktu.....	91
Gambar A.3.	Grafik debit gas terhadap waktu.....	91
Gambar A.4.	Grafik <i>water cut</i> terhadap waktu	92
Gambar A.5.	Grafik densitas dan temperatur cairan terhadap waktu.....	92
Gambar A.6.	Grafik kontrol <i>level</i> terhadap waktu	93
Gambar A.7.	Grafik tekanan dan temperatur cairan terhadap waktu	93
Gambar A.8.	Grafik tekanan dan temperatur gas terhadap waktu	94
Gambar A.9.	Skema MPFM <i>field SO BALAM</i> , sumur 289, peralatan 261 untuk debit dan kecepatan fluida	97

Gambar A.10. Simplifikasi skema MPFM <i>field</i> SO BALAM, sumur 289, peralatan 261	103
Gambar A.11. Control Volume cairan (A) dan Control Volume gas (B).....	103
Gambar A.12. Skema simplifikasi <i>Multi-phase Metering System</i> untuk neraca massa cairan.....	104
Gambar A.13. Skema simplifikasi MPFM untuk neraca massa gas	107
Gambar A.14. Segmen H0-H4	110
Gambar C.1. <i>Piping and Instrumentation Diagram</i>	122
Gambar C.2. <i>Spool Detail</i>	123
Gambar C.3. <i>Top View</i>	124
Gambar C.4. <i>Right View</i>	125
Gambar C.5. <i>Left View</i>	126
Gambar C.6. <i>Front View</i>	127
Gambar C.7. <i>Back View</i>	128
Gambar E.1. <i>Level terhadap Waktu pada 15:03:55</i>	132
Gambar E.2. <i>Level terhadap Waktu pada 15:20:55</i>	132
Gambar E.3. <i>Level terhadap Waktu pada 15:21:55</i>	133
Gambar E.4. <i>Level terhadap Waktu pada 15:22:55</i>	133
Gambar E.5. <i>Level terhadap Waktu pada 15:23:55</i>	134
Gambar E.6. <i>Level terhadap Waktu pada 15:24:55</i>	134
Gambar E.7. <i>Level terhadap Waktu pada 15:26:55</i>	135
Gambar E.8. <i>Level terhadap Waktu pada 15:27:55</i>	135
Gambar E.9. <i>Level terhadap Waktu pada 15:29:55</i>	136
Gambar E.10. <i>Level terhadap Waktu pada 15:30:55</i>	136
Gambar E.11. <i>Level terhadap Waktu pada 15:31:55</i>	137
Gambar E.12. <i>Level terhadap Waktu pada 15:32:55</i>	137
Gambar E.13. <i>Level terhadap Waktu pada 15:34:25</i>	138

Gambar E.14. <i>Level</i> terhadap Waktu pada 15:38:25.....	138
Gambar E.15. <i>Level</i> terhadap Waktu pada 15:40:55.....	139
Gambar E.16. <i>Level</i> terhadap Waktu pada 15:44:55.....	139
Gambar E.17. <i>Level</i> terhadap Waktu pada 15:47:55.....	140
Gambar E.18. <i>Level</i> terhadap Waktu pada 15:56:55.....	140
Gambar E.19. <i>Level</i> terhadap Waktu pada 16:05:25.....	141
Gambar E.20. <i>Level</i> terhadap Waktu untuk 19 Sampel Data	142
Gambar E.21. Tekanan terhadap Waktu 15:03:55	145
Gambar E.22. Tekanan terhadap Waktu 15:20:55	145
Gambar E.23. Tekanan terhadap Waktu 15:21:55	146
Gambar E.24. Tekanan terhadap Waktu 15:22:55	146
Gambar E.25. Tekanan terhadap Waktu 15:23:55	147
Gambar E.26. Tekanan terhadap Waktu 15:24:55	147
Gambar E.27. Tekanan terhadap Waktu 15:26:55	148
Gambar E.28. Tekanan terhadap Waktu 15:27:55	148
Gambar E.29. Tekanan terhadap Waktu 15:29:55	149
Gambar E.30. Tekanan terhadap Waktu 15:30:55	149
Gambar E.31. Tekanan terhadap Waktu 15:31:55	150
Gambar E.32. Tekanan terhadap Waktu 15:32:55	150
Gambar E.33. Tekanan terhadap Waktu 15:34:25	151
Gambar E.34. Tekanan terhadap Waktu 15:38:25	151
Gambar E.35. Tekanan terhadap Waktu 15:40:55	152
Gambar E.36. Tekanan terhadap Waktu 15:44:55	152
Gambar E.37. Tekanan terhadap Waktu 15:47:55	153
Gambar E.38. Tekanan terhadap Waktu 15:56:55	153
Gambar E.39. Tekanan terhadap Waktu 16:05:25	154
Gambar E.40. Tekanan terhadap Waktu untuk 19 Sampel Data	155

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Perbandingan MPFM dan Separator Uji.	13
Tabel 3.2.	Perbandingan model MPFM.	19
Tabel 3.3.	Parameter dalam kondisi aktual dan kondisi standar	31
Tabel 3.4.	Data Pipa Baja 3 inch dan 4 inch dengan <i>Schedule Number</i> (<i>Sch N</i>) 40 dan <i>Schedule Number</i> (<i>Sch N</i>) 80.....	46
Tabel 3.5.	Data Pipa Baja 12 inch dan 16 inch dengan <i>Schedule</i> <i>Number</i> (<i>Sch N</i>) 30	46
Tabel 3.6.	Operasi tekanan pada pipa baja 3 inch dan 4 inch dengan <i>Schedule Number</i> (<i>Sch N</i>) 40 dan <i>Schedule Number</i> (<i>Sch N</i>) 80 .	47
Tabel 3.7.	<i>Dimensi Butt Weld Reducers Concentric</i> ASME B16.9	49
Tabel 3.8.	<i>Dimensi Butt Weld Elbows 90° Long Radius</i> ASME B16.9.....	51
Tabel 3.9.	Koefisien aliran dari <i>Vee-Ball® rotary control valves</i>	57
Tabel 5.1.	Variabel konstan pada model sistem <i>SIMULINK</i>	70
Tabel 5.2.	Variabel T , \dot{m}_{in} , dan Q_{in} 20 sampel dalam kondisi <i>testing</i>	71
Tabel 5.3.	Variabel K_L untuk 20 sampel dalam kondisi <i>testing</i>	72
Tabel 5.4.	Verifikasi Hasil <i>SIMULINK</i> dengan Data Laporan ($p_2=29,40$ psia)	75
Tabel 5.5.	Verifikasi Hasil <i>SIMULINK</i> dengan Data Laporan ($p_2=51,09$ psia)	77
Tabel 5.6.	Karakteristik Respon Simulasi <i>Level Cairan I</i>	79
Tabel 5.7.	Karakteristik Respon Simulasi <i>Level Cairan II</i>	80
Tabel 5.8.	Karakteristik Respon Simulasi Tekanan Gas I	81
Tabel 5.9.	Karakteristik Respon Simulasi Tekanan Gas II.....	81
Tabel A.1.	Spesifikasi MPFM <i>Unit 370A</i>	88

Tabel A.2.	Ringkasan data pengukuran <i>field</i> SO BALAM, sumur 289, peralatan nomor 261	96
Tabel A.3.	<i>Erosional Velocity</i> pada <i>field</i> SO BALAM, Sumur 289, Peralatan 261	99
Tabel A.4.	Pemisahan Gas dan <i>Liquid</i> berdasarkan Hukum <i>Stokes</i>	101

DAFTAR LAMBANG

Lambang	Kuantitas	Satuan
r_{hor}	Jari-jari pipa horizontal	m
r_{ver}	Jari-jari pipa vertikal	m
L	Panjang pipa horizontal	m
z_1	Level cairan pada titik 1	m
z_2	Level cairan pada titik 2 (titik temu cairan dan gas)	m
$v_{cvliquid}$	Perubahan (galat) volume cairan	m^3
v_{total}	Volume total	m^3
v_{H0-H4}	Volume cairan pada segmen H0-H4	m^3
ρ_{gas}	Massa jenis gas	$\frac{kg}{m^3}$
A_v	Luas penampang keluaran <i>rotary control valve</i>	m^2
p_1	Perubahan (galat) tekanan gas	$psia$
p_2	Tekanan keluaran	$psia$
$\rho_{liquidcv}$	Massa jenis cairan	$\frac{kg}{m^3}$
g	Percepatan gravitasi	$\frac{m}{s^2}$
A_2	Luas penampang keluaran	m^2
R	Konstanta gas	$\frac{J}{kgK}$
T	Temperatur gas	K
\dot{m}_{in}	Laju aliran massa gas masukan	$\frac{kg}{s}$
Q_{in}	Debit aliran cairan masukan	$\frac{m^3}{s}$
K_L	<i>Loss coefficient</i>	-
C_v	Koefisien aliran	-