



TUGAS AKHIR - TF 181801

**OPTIMISASI KONDISI OPERASI CO_2 -FOAM FLOODING
ENHANCED OIL RECOVERY PADA LAPISAN BATUAN PASIR
DI SELAT SUNDA**

**ATIKA DIYANASARI
NRP. 02311745000012**

**Dosen Pembimbing
Ir. Matradji, M. Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019**



**FINAL PROJECT - TF 181801
OPTIMIZATION OF OPERATION CONDITION OF CO₂-
FOAM FLOODING ENHANCED OIL RECOVERY IN
SANDSTONE LAYERS IN THE SELAT SUNDA**

**ATIKA DIYANASARI
NRP. 02311745000012**

*Supervisor
Ir. Matradji, M. Sc.*

**DEPARTEMENT OF ENGINEERING PHYSICS
Faculty Of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019**

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Atika Diyanasari
NRP : 02311745000012
Departemen/Prodi : Teknik Fisika/S1 Teknik Fisika
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Optimisasi Kondisi Operasi CO₂-Foam Flooding Enhanced Oil Recovery Pada Lapisan Batuan Pasir Di Selat Sunda” adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 22 Juli 2019

Pembuat Pernyataan,



Atika Diyanasari
NRP. 02311745000012

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**OPTIMISASI KONDISI OPERASI CO₂-FOAM FLOODING
ENHANCED OIL RECOVERY PADA LAPISAN BATUAN
PASIR DI SELAT SUNDA**

Oleh :

Atika Diyanasari

NRP. 0231174500012

Surabaya, 22 Juli 2019

Menyetujui

Dosen Pembimbing



Ir. Matradji, M.Sc.

NIP. 19560720 198503 1003

Mengetahui,

Kepala Departemen Teknik Fisika ITS



Agus Muhamad Hatta, ST, M.Si., Ph.D.

NIP. 19780902 200312 1 002

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMISASI KONDISI OPERASI CO₂-FOAM FLOODING ENHANCED OIL RECOVERY PADA LAPISAN BATUAN PASIR DI SELAT SUNDA





TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ATIKA DIYANASARI
NRP. 02311745000012

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ir. Matradji M. Sc.  (Pembimbing)
2. Hendra Cordova S.T., M.T.  (Ketua Penguji)
3. Dyah Sawitri S.T., M.T.  (Penguji 1)
4. Iwan Cony Setiadi S.T., M.T.  (Penguji 2)

SURABAYA
Juli, 2019

OPTIMISASI KONDISI OPERASI CO₂-FOAM FLOODING ENHANCED OIL RECOVERY PADA LAPISAN BATUAN PASIR DI SELAT SUNDA

Nama Mahasiswa : Atika Diyanasari
NRP : 02311745000012
Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Matradji, M.Sc.

Abstrak

Kegiatan eksplorasi dilakukan untuk mencari hidrokarbon pada batuan reservoir yang memiliki porositas dan permeabilitas yang baik, yaitu sebagian besar 80% reservoir ditemukan pada reservoir batuan-pasir, dan minyak bumi terkandung di dalamnya hampir 60% nya sehingga keberadaan batuan-pasir (*sandstone*) dijadikan sebagai indikator cadangan hidrokarbon yang baik. Penurunan produksi minyak sering terjadi karena semakin sedikitnya jumlah kandungan minyak di dalam sumber minyak akibat dieksploitasi terus menerus. Padahal kandungan minyak di dalam sumber tersebut masih ada, namun susah dihisap karena jumlahnya yang sedikit. Secara alami, hasil produksi pengangkatan minyak akan semakin menurun sehingga diperlukan metode *Enhanced Oil Recovery* (EOR) untuk terus mempertahankan produksi minyak. EOR adalah metode *recovery* minyak dengan cara menginjeksikan fluida atau energi ke dalam *reservoir* untuk meningkatkan mobilitas minyak di dalam *reservoir*. Secara umum EOR dibagi menjadi tiga kategori utama yaitu *thermal recovery*, *chemical flooding* dan *miscible flooding*.

Proses injeksi gas ke dalam *reservoir* dengan menggunakan gas seperti CO₂, nitrogen, *flue gas* dan *hydrocarbon gas* termasuk ke dalam kategori *miscible flooding*. Gas yang digunakan akan larut dalam minyak sehingga mengurangi viskositas dan meningkatkan *miscibility* minyak. Namun, tantangan terbesar yang berkaitan dengan injeksi gas adalah efisiensi penyapuan volumetrik yang rendah, hasilnya gas tidak banyak berkontak dengan fraksi minyak. Oleh karena itu diperlukan bahan injeksi

lainnya seperti *foam* agar dapat menurunkan mobilitas gas sehingga *sweep efficiency* akan meningkat . Injeksi *foam*, didapatkan dari surfaktan sebagai bahan pembuatannya. Injeksi CO_2 -*foam* ini memerlukan biaya yang tidak sedikit, baik dalam investasi maupun biaya operasional. Biaya operasional terdiri dari biaya pembelian CO_2 -*foam* dan biaya injeksi. Biaya-biaya ini tergantung pada konsentrasi surfaktan, temperatur injeksi, tekanan injeksi dan laju aliran massa. Oleh karena itu, dibutuhkan optimisasi pada kondisi operasi. Optimisasi dilakukan dengan menggunakan dua algoritma optimisasi stokastik, yakni *Genetic Algorithm* dan *Duelist Algorithm*. Hasil optimisasi menunjukkan perbedaan profit yang didapatkan. Berdasarkan hasil profit dari kedua jenis teknik optimisasi diperoleh hasil optimisasi terbaik dari teknik optimisasi GA dengan hasil plot fitness terbaik setiap generasi. Proses optimisasi GA menghasilkan nilai profit sebesar 18128.64 USD/hari atau mengalami peningkatan profit dibandingkan sebelum dilakukan optimisasi sebesar 32.43 %, sedangkan optimisasi dengan DA menghasilkan nilai profit sebesar 17438.83 USD/hari yang lebih rendah dibandingkan dengan GA dengan peningkatan 27.39 %.

Kata Kunci: Optimisasi; EOR; CO_2 -*foam*; Algoritma stokastik

**OPTIMIZATION OF OPERATION CONDITION OF CO₂-
FOAM FLOODING ENHANCED OIL RECOVERY IN SAND
STONE LAYERS IN THE SELAT SUNDA**

Name : Atika Diyanasari
NRP : 02311745000012
Departement : Departement Of Engineering Physics
Supervisor : Ir. Matradji, M.Sc.

Abstract

Exploration activities are carried out to look for hydrocarbons in reservoir rocks that have good porosity and permeability, that is, most 80% of the reservoir is found in rock-sand reservoirs, and almost 60% of the oil is contained so that sandstone is used as indicator of good hydrocarbon reserves. The decline in oil production often occurs because of the smaller amount of oil content in oil sources due to continuous exploitation. Even though the oil content in the source is still there, it is difficult to suck because of the small amount. Naturally, the production of oil lifting will decrease so that an Enhanced Oil Recovery (EOR) method is needed to continue to maintain oil production. EOR is an oil recovery method by injecting fluid or energy into the reservoir to increase oil mobility in the reservoir. In general, EOR is divided into three main categories, namely thermal recovery, chemical flooding and miscible flooding.

The process of gas injection into the reservoir using gases such as CO₂, nitrogen, flue gas and hydrocarbon gas is included in the category of miscible flooding. The gas used will dissolve in oil, thereby reducing viscosity and increasing oil miscibility. However, the biggest challenge associated with gas injection is the low volumetric sweeping efficiency, the result is that the gas does not have much contact with the oil fraction. Therefore other injection materials such as foam are needed to reduce gas mobility so that the sweep efficiency will increase. Foam injection, obtained from surfactants as ingredients for its

manufacture. This CO₂-foam injection requires no small cost, both in investment and operational costs. Operating costs consist of CO₂-foam purchase costs and injection costs. These costs depend on surfactant concentration, injection temperature, injection pressure and mass flow rate. Therefore, optimization is needed in operating conditions. Optimization is done using two stochastic optimization algorithms, namely Genetic Algorithm and Duelist Algorithm. Based on the results of profit from the two types of optimization techniques, the best optimization results obtained from GA optimization techniques with the results of the best fitness plots of each generation. The GA optimization process generates a profit value of 18128.64 USD / day or experiences an increase in profit compared to before optimization of 32.43%, while optimization with DA results in a profit value of 17438.83 USD / day which is lower than GA with an increase of 27.39%.

Keywords: *optimization; EOR CO₂-Foam; Stochastic algorithm*

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah SWT serta Nabi Muhammad SAW atas berkah, limpahan rahmat dan hidayah-Nya kepada kami semua sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir tepat waktu dengan judul :

“OPTIMISASI KONDISI OPERASI CO₂-FOAM FLOODING ENHANCED OIL RECOVERY PADA LAPISAN BATUAN PASIR DI SELAT SUNDA”

Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Bidang Studi Rekayasa Instrumentasi Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selama menyelesaikan tugas akhir ini penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang Tua saya yang tercinta, terutama Ibu saya, terima kasih atas segala dukungan dan kepercayaan baik moril, spiritual dan material. Semoga selalu dilimpahkan rahmat dan hidayahnya.
2. Bapak Agus Muhammad Hatta, ST, MSi, Ph.D. selaku Kepala Departement Teknik Fisika ,FTI-ITS.
3. Bapak Ir. Matradji, M.Kom, selaku dosen pembimbing tugas akhir ini yang senantiasa selalu bersabar dan memberikan segala ilmu dan bimbingannya yang diberikan selama pengerjaan tugas akhir.
4. Bapak Totok Ruki Biyanto, Ph.D. selaku Kepala Laboratorium Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol Teknik Fisika ITS yang telah membantu membimbing penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini yang senantiasa selalu bersabar dan memberikan segala ilmu dan

- bimbingannya serta memberi motivasi bagi penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini.
5. Adik saya Moh. Irfan Hidayat yang selalu memberi *support*, menemani dan selalu menghibur saya dalam suka maupun duka.
 6. Rizal Maulavi yang telah banyak membantu, menghibur dan senantiasa memberi semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
 7. Teman teman dalam kelompok “Jelly” yang saling *mensupport* satu sama lain dalam pengerjaan Tugas Akhirnya.
 8. Sesama pejuang Tugas Akhir dengan tema EOR, EGR dan MEOR yaitu Mestika Andala Rahmah, Siti Sofiya, Eka Wahyu Prasajo dan Syamsur Rijal yang bersama-sama berjuang dalam pengerjaan tugas akhir ini. Semoga akan selalu teringat kebersamaan kita.
 9. Teman-teman seperjuangan tugas akhir S1 Lintas Jalur Teknik Fisika angkatan 2017 yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini.
 10. Teman-teman baik di dalam maupun di luar kampus yang membuat saya semangat untuk terus menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa terdapat kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Karena itu sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sehingga mencapai sesuatu yang lebih baik.

Surabaya, 12 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN	iii
Abstrak	vi
Abstract	viii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Lingkup Kajian.....	4
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Mekanisme <i>Recovery</i> untuk <i>Crude Oil Reservoir</i>	5
2.2 <i>Foam</i>	6
2.3 <i>Foam</i> Sebagai Metode <i>Enhanced Oil Recovery</i>	8
2.4 Batu Pasir.....	9
2.5 Metode Begg's-Brill.....	10
2.6 <i>Reynold Number</i>	15
2.7 Permeabilitas.....	16
2.8 Hukum Darcy.....	17
2.9 Porositas.....	19
2.10 Pemodelan Transfer Panas pada <i>Injection</i> dan <i>Production Well</i>	19
2.11 Pemodelan Transfer Panas pada Reservoir.....	20
2.12 <i>Genetic Algorithm</i>	22
2.13 <i>Duelist Algorithm</i>	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Penentuan Input <i>CO₂-Foam Flood Operation</i> , dan Formasi Properti <i>Reservoir</i>	28
3.2 Penentuan Fungsi Objektif.....	28

3.3	Pemodelan CO_2 -Foam Flood Operation	29
3.4.	Validasi Model Dengan Perangkat Lunak PIPESIM Dan COMSOL	30
3.5	Perhitungan Peningkatan Produksi Minyak Dan Biaya Operasional Injeksi	31
3.6	Optimisasi Model Dengan <i>Genetic Algorithm</i>	35
3.7	Analisis Hasil Dan Penyusunan Laporan.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Pemodelan Tekanan pada <i>Injection Well</i>	37
4.2	Hasil Pemodelan Tekanan dan Temperatur Pada <i>Reservoir</i> dengan Persamaan Darcy.....	39
4.3	Hasil Pemodelan Tekanan dan Temperatur pada <i>Production Well</i> dengan Metode Begg's –Brill	42
4.4	Hasil Perhitungan <i>Oil Recovery</i> dan Biaya Operasional ...	44
4.5	Analisis Sensitivitas.....	45
4.6	Optimisasi CO_2 -Foam Flood Operation.....	49
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	55
5.2	Saran	56
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Foam</i> sistem secara umum	6
Gambar 2.2	Skema dari mekanisme <i>lamellae division</i>	7
Gambar 2.3	Skema mekanisme <i>snap-off</i>	7
Gambar 2.4	Skema mekanisme <i>leave-behind</i>	8
Gambar 2.5	Skema Injeksi <i>Foam</i> –Gas dibandingkan dengan injeksi gas	9
Gambar 2.6	<i>Genetic Algorithm flowchart</i>	23
Gambar 2.7	Mekanisme <i>crossover</i>	24
Gambar 2.8	Mekanisme mutasi.....	24
Gambar 2.9	Diagram Blok <i>Duelist Algorithm</i>	24
Gambar 3.1	Diagram alir metodologi penelitian.....	23
Gambar 3.2	Segmentasi model <i>CO₂-foam flood operation</i>	30
Gambar 4.1	Grafik tekanan <i>CO₂</i> terhadap kedalaman pada <i>injection well</i> dengan laju aliran massa injeksi 0.3044 kg/s, tekanan injeksi 1071 psi, temperatur 31	38
Gambar 4.2	Grafik temperatur <i>CO₂</i> terhadap kedalaman pada <i>injection well</i> dengan laju aliran massa injeksi 0.3044 kg/s, tekanan injeksi 1071 psi, temperatur 31	39
Gambar 4.3	Grafik tekanan <i>CO₂</i> dan minyak pada <i>reservoir</i> dengan laju aliran massa injeksi 0.3044 kg/s, tekanan injeksi 1071, temperatur 31°C	41
Gambar 4.4	Grafik temperatur <i>CO₂</i> dan minyak pada <i>reservoir</i> dengan laju aliran massa injeksi 0.3044 kg/s, tekanan injeksi 1071, temperatur 31°C	41
Gambar 4.5	Grafik tekanan campuran <i>CO₂</i> dan minyak terhadap kedalaman pada <i>production well</i> dengan laju aliran massa injeksi 0.3044 kg/s, tekanan injeksi 1071 psi, temperatur 31°C	43

Gambar 4.6	Grafik temperatur fluida campuran CO ₂ dan minyak terhadap kedalaman pada <i>production well</i> dengan laju aliran massa injeksi 0.3044 kg/s, tekanan injeksi 1071 psi, temperatur 31°C.....	43
Gambar 4.7	Grafik analisis sensitivitas perubahan laju aliran massa CO ₂ dan surfaktan terhadap profit.....	46
Gambar 4.8	Grafik analisis sensitivitas perubahan tekanan injeksi CO ₂ dan surfaktan terhadap profit.....	46
Gambar 4.9	Grafik sensitivitas perubahan temperatur injeksi CO ₂ dan surfaktan terhadap profit	46
Gambar4.10	Grafik sensitivitas perubahan konsentrasi injeksi surfaktan terhadap profit	46
Gambar 4.11	Plot fitness terbaik setiap generasi GA	46
Gambar4.12	Grafik tekanan injeksi CO ₂ -foam terhadap kedalaman pada <i>injection well</i> setelah dilakukan optimisasi	52
Gambar4.13	Grafik temperatur injeksi CO ₂ -foam terhadap kedalaman pada <i>injection well</i> setelah dilakukan optimisasi	52
Gambar 4.14	Grafik tekanan CO ₂ -foam terhadap kedalaman pada <i>reservoir</i> setelah dilakukan optimisasi.....	53
Gambar4.15	Grafik temperatur CO ₂ -foam terhadap kedalaman pada <i>injection well</i> setelah dilakukan optimisasi.....	53
Gambar4.16	Grafik tekanan CO ₂ -foam pada <i>production well</i> setelah dilakukan optimisasi	54
Gambar 4.17	Grafik temperatur CO ₂ -foam pada <i>production well</i> setelah dilakukan optimisasi	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi kimia batu-pasir	9
Tabel 4.1 Parameter input untuk pemodelan tekanan	37
Tabel 4.2 Parameter Input Pemodelan Tekanan Dan Temperatur Pada <i>Reservoir</i>	36
Tabel 4.3 Perhitungan profit CO ₂ -foam EOR	41
Tabel 4.4 Variabel-variabel optimal pada kondisi operasi CO ₂ -foam flood	50
Tabel 4.5 Perhitungan profit CO ₂ -foam EOR setelah dioptimisasi dengan GA.....	50
Tabel 4.6 Perhitungan profit CO ₂ -foam EOR setelah dioptimisasi dengan DA.....	50
Tabel 4.7 Hasil profit CO ₂ -foam EOR setelah dioptimisasi.....	51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam rangka meningkatkan produksi migas di Indonesia ini, terdapat dua langkah yang dapat dilakukan, yaitu upaya meningkatkan cadangan dengan cara eksplorasi atau membuka sumur minyak yang baru dan meningkatkan produksi migas dengan cara menaikkan *recovery factor*. Kegiatan eksplorasi dilakukan untuk mencari hidrokarbon pada batuan reservoir yang memiliki porositas dan permeabilitas yang baik, yaitu batu-pasir atau batu gamping dimana sebagian besar 80% reservoir ditemukan pada reservoir batu-pasir, dan minyak bumi terkandung di dalamnya hampir 60% nya sehingga keberadaan batu-pasir (*sandstone*) dijadikan sebagai indikator cadangan hidrokarbon yang baik.^[1]

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan observasi terhadap sumur yang terdapat di Selat Sunda area Selatan menggunakan metode *wireline logging* dengan 2-3 kali pengukuran variabel lapisan tanah untuk mengetahui lapisan yang memiliki kandungan gas atau minyak bumi. Berdasarkan referensi '*Sandstone sedimentology and stratigraphy*' bahwa batu-pasir memiliki 60% fluida baik minyak atau gas didalamnya sehingga kedalaman tersebut adalah kedalaman potensial untuk dilakukan penambangan. Data yang telah didapatkan pada penelitian tersebut ialah lapisan batu-pasir yang berpotensi dan paling tebal adalah kedalaman 8803 – 8834 ft dengan tebal 9.45 meter dengan ukuran porositas efektif rata-rata sebesar 0.3 dan permeabilitas sebesar 95 mD. Sehingga dari data tersebut dapat dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan karakteristik reservoir berupa batuan pasir yang terdapat pada sumur di Selat Sunda area Selatan^[23].

Sering kali terjadi kasus penurunan produksi minyak karena semakin sedikitnya jumlah kandungan minyak di dalam sumber minyak akibat dieksploitasi terus menerus. Padahal kandungan minyak di dalam sumber tersebut masih ada, namun susah dihisap

karena jumlahnya yang sedikit. Secara alami, hasil produksi pengangkatan minyak akan semakin menurun sehingga diperlukan metode *Enhanced Oil Recovery* (EOR) untuk terus mempertahankan produksi minyak.

Enhanced Oil Recovery (EOR) adalah teknik yang paling banyak digunakan pada operasi ladang minyak saat ini.^[1] Terdapat tiga tingkatan metode eksplorasi minyak bergantung pada fase dari *reservoir* yang terdiri dari fase primer, sekunder dan tersier.^[2] Pada fase primer, dorongan minyak dari dalam *reservoir* terjadi karena terdapat perbedaan tekanan yang sangat besar di dalam sumur dan di permukaan. Tekanan dari dalam sumur semakin lama akan semakin berkurang, sehingga produksi minyak akan berkurang, untuk mempertahankan produksi minyak pada fase sekunder biasanya dengan menggunakan injeksi air (*waterflooding*) dan injeksi ulang natural gas.^[1] Pada fase tersier, peningkatan produksi minyak dilakukan dengan cara *Enhanced Oil Recovery* (EOR). EOR adalah metode *recovery* minyak dengan cara menginjeksikan fluida atau energi ke dalam *reservoir* untuk meningkatkan mobilitas minyak di dalam *reservoir*. Secara umum EOR dibagi menjadi tiga kategori utama yaitu *thermal recovery*, *chemical flooding* dan *miscible flooding*.^[3]

Proses injeksi gas ke dalam *reservoir* dengan menggunakan gas seperti CO₂, nitrogen, *flue gas* dan *hydrocarbon gas* termasuk ke dalam kategori *miscible flooding*. Gas yang digunakan akan larut dalam minyak sehingga mengurangi viskositas dan meningkatkan *miscibility* minyak. Injeksi gas menggunakan CO₂ memiliki kelebihan dibandingkan metode lain, yakni CO₂ larut dalam minyak, dan pada saat yang bersamaan komponen minyak beralih ke fase yang kaya akan kandungan CO₂ dan campuran yang dihasilkan dapat memindahkan minyak lebih efisien di dalam *reservoir*.^[4]

Injeksi gas CO₂ ini dapat dikombinasikan dengan *foam*.^[3] Penggunaan *foam* dapat menurunkan mobilitas gas dengan cara mengurangi perpindahan gas dengan membuat lebih banyak hambatan terhadap aliran gas yang disebabkan oleh gelembung gas yang bercampur dengan *foam* dikelilingi oleh lapisan tipis

cair yang disebut *lamella*. Sebagian gas terjebak oleh *lamella* dan menjadi tidak bergerak, sehingga mengurangi permeabilitas relatif gas. Dengan turunnya permeabilitas relatif gas, maka mobilitas gas juga akan menurun sehingga *sweep efficiency* akan meningkat.^[5]

Proses pembentukan *foam* dipengaruhi oleh metode injeksi, kecepatan aliran injeksi dan kualitas *foam*. Pada eksperimen, pembentukan *foam* didefinisikan sebagai terjadinya penurunan mobilitas gas selama aliran gas melalui *reservoir*. *Foam* yang digunakan pada *reservoir* untuk menurunkan mobilitas gas, harus stabil dalam waktu yang cukup lama untuk mendapatkan hasil *sweep efficiency* yang lebih baik. *Lifetime* dari *foam* bergantung pada kestabilan *lamella*, dimana kestabilan *lamella* dipengaruhi oleh konsentrasi surfaktan.^[6] Jadi performansi dari *foam* ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti tipe dan konsentrasi surfaktan, komposisi gas, *properties* batuan, interaksi antara *foam* dan minyak, salinitas *brine*, temperatur, *pressure*, dan *flow rate*.^[7]

Penginjeksian CO_2 -*foam* ini didapatkan melalui pendistribusian *Carbon dioxide Capture and Storage (CCS)* unit, dan surfaktan yang harus diproduksi dalam skala besar. Diperlukan biaya yang cukup besar untuk menggunakan teknologi ini, dari aspek investasi maupun operasional. Biaya operasional terdiri dari biaya pembelian dan penginjeksian CO_2 dan surfaktan yang bergantung pada konsentrasi surfaktan, komposisi gas, *properties* batuan, tekanan dan *flow rate* agar CO_2 -*foam* yang diinjeksikan memenuhi kriteria *reservoir*. Oleh karena itu, perlu adanya optimisasi pada kondisi operasi untuk meningkatkan keuntungan produksi minyak mentah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan pemodelan CO_2 -*foam flood operation* dari *injection well, reservoir* hingga *production well*.
2. Perlu dilakukan pengoptimalan produksi *crude oil* pada CO_2 -*foam flood operation enhanced oil recovery* dengan

variable yang dioptimisasi ialah laju aliran massa injeksi (\dot{m}), tekanan injeksi (P), temperatur (T) dan konsentrasi surfaktan.

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memodelkan *CO₂-foam flood operation* mulai dari *injection well*, *reservoir* hingga *production well*.
2. Mengoptimalkan produksi *crude oil* pada *CO₂-foam flood operation enhanced oil recovery* ialah laju aliran massa injeksi (\dot{m}), tekanan injeksi (P), temperatur (T) dan konsentrasi surfaktan.

1.4 Lingkup Kajian

Adapun lingkup kerja dalam penelitian ini adalah melakukan pemodelan pada *injection well* dan *production well* menggunakan persamaan Begg's-Brill, sementara pada *reservoir* menggunakan persamaan Darcy. Variabel yang dioptimisasi konsentrasi surfaktan, laju aliran, tekanan dan temperatur injeksi untuk meningkatkan keuntungan. Hasil pemodelan ini divalidasi menggunakan perangkat lunak PIPESIM dan COMSOL. Model dioptimisasi menggunakan teknik optimisasi *Genetic Algorithm* dan *Duelist Agorithm*.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Mekanisme Recovery untuk Crude Oil Reservoir

Pada saat *reservoir* baru digunakan untuk produksi, tekanan awal pada *reservoir* biasanya cukup tinggi untuk mengalirkan minyak ke permukaan melalui sumur produksi dengan energi alami *reservoir* yang sesuai dengan *water drive*, *gas-drive* atau drainase gravitasi. Namun, tekanan akan menurun disebabkan oleh produksi yang secara berkelanjutan atau tekanan awal *reservoir* tidak akan memadai untuk proses produksi. Teknik *artificial lift* seperti pompa *down-hole* dan *gas lift* diperlukan untuk mengurangi tekanan pada *bottomhole* dan mampu membantu produksi *hydrocarbon*. Fase penerapan dari dua metode seperti aliran alami dan *artificial lift* ini dikenal sebagai tahap *primary recovery* dari *reservoir*. Jika di rata-rata, sekitar 10% dari *original oil in place* terproduksi selama tahap *primary recovery* ini.

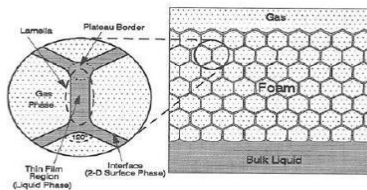
Tahap *secondary recovery* dimulai pada saat tekanan *reservoir* sangat terkuras dan produksi minyak sudah tidak lagi ekonomis, dengan tujuan utama untuk *maintenance* tekanan di dalam *reservoir* untuk memindahkan minyak. Selama tahap ini, fluida berupa air atau gas di injeksikan melalui sumur injeksi untuk meniru aliran alami yang terdapat di tempat seperti keadaan semula. *Waterflooding* dan injeksi gas adalah teknik yang banyak digunakan di tahap *secondary recovery*. Air dan/gas diinjeksikan ke dalam *reservoir* untuk mendorong minyak menuju ke sumur produksi. Tahap *secondary recovery* ini berhenti ketika produksi minyak menurun, dan fluida yang diinjeksikan tidak mampu lagi memproduksi minyak secara ekonomis lagi. Pada bagian akhir dari *secondary recovery*, faktor *recovery* minyak biasanya 15 dan 50%.

Untuk meningkatkan produksi minyak, tahap selanjutnya adalah *tertiary recovery* yang dapat digunakan untuk meningkatkan *sweep efficiency*. Tahap ini mengubah *properties* fluida dan/atau *properties* interaksi antara fluida dan batuan.

Beberapa diantaranya terutama *thermal flooding* dan *miscible gas injection* adalah memodifikasi *properties* dari minyak. Terdapat tiga kategori pada *tertiary recovery* ini yakni *thermal flooding*, *miscible/immiscible gas injection*, dan *chemical flooding*. Masing-masing metode melakukan yang terbaik jika diterapkan pada kondisi *reservoir* yang sesuai dengan metode tersebut. Kondisi ini melibatkan saturasi air dan minyak pada awal dari *tertiary recovery*, *properties* minyak (komposisi, API *gravity*, dan viskositas), temperatur *reservoir*, tekanan, ketebalan, kedalaman, porositas, permeabilitas tipe *reservoir* dan tipe batuan. *Tertiary recovery* ini disebut juga dengan *enhanced oil recovery* (EOR) [8].

2.2 Foam

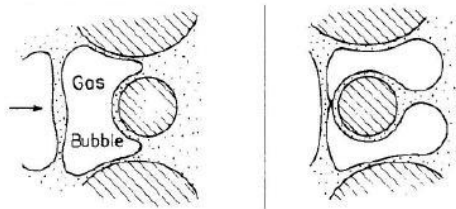
Foam dapat dikatakan sebagai dipersu gas dalam liquid dimana gas sebagai fase yang diskontinyu (terdispersi) dan air sebagai fase kontinyu (media pendispersi) [7]. *Foam* juga dapat dideskripsikan sebagai penggumpalan dari gelembung gas yang terpisah satu sama lain oleh selaput tipis cair yang disebut dengan lamella [6]. Gaya yang dibutuhkan untuk mempertahankan lamella disebut dengan “*disjoining pressure*”. *Disjoinig pressure* ini merupakan kombinasi dari gaya yakni, gaya van der Waals, adsorpsi dan gaya hidrasi [9]. Ketebalan lamella tergantung dari tekanan kapiler. Jika tekanan kapiler ditingkatkan ketebalan lamella akan berkurang hingga mencapai batas kritis ketebalannya (h^{cr}), yang akan membuat lamella pecah ketika tekanan kapiler terus diperbesar [6]. Gambar 2.1 menunjukkan sistem *foam* secara umum dalam 2D.



Gambar 2.1 *Foam* sistem secara umum [7]

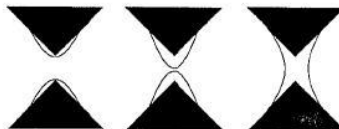
Foam dapat dikarakterisasi berdasarkan kualitas yang didefinisikan sebagai perbandingan atau rasio antara volume gas dan volume total antara gas dan air. Satuan dari kualitas *foam* ini adalah persentase (%). Kualitas *foam* yang rendah mengandung liquid yang lebih daripada kualitas *foam* yang lebih tinggi. Kualitas *foam* merupakan salah satu dari beberapa parameter yang mempengaruhi performansi *foam* dan perilaku dalam media berpori ^[10].

Mekanisme pembentukan *foam* membutuhkan pembentukan dari lamella. Pada dasarnya, terdapat tiga mekanisme dari pembentukan lamella yakni, *lamellae division*, *snap-off* dan *leave-behind*. *Lamellae division* terjadi karena pergerakan lamella masuk ke pori-pori batuan dan terjadinya pemisahan karena melewati pori-pori tersebut. Gambar 2.2 merupakan skema mekanisme *lamellae division*.



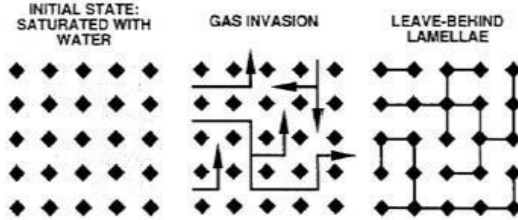
Gambar 2.2 Skema dari mekanisme *lamellae division* ^[10]

Mekanisme selanjutnya adalah *snap-off*, mekanisme ini terjadi karena berkumpulnya liquid di rongga yang sempit dalam media berpori, kemudian kumpulan liquid tersebut membuat seperti jembatan antar rongga sehingga terbentuklah antarmuka di dalam rongga. Gambar 2.3 menunjukkan skema mekanisme pembentukan lamella dengan *snap-off*



Gambar 2.3 Skema mekanisme *snap-off* ^[10]

Mekanisme terakhir dalam pembentukan lamella adalah *leave-behind*. Mekanisme ini membuat lamella dalam rongga antar pori-pori yang berdekatan ketika pori-pori yang berdekatan dimasuki oleh gas dari segala arah. Hal ini hanya muncul selama drainase. Gambar 2.4 berikut menunjukkan skema dari mekanisme *leave-behind* ini.

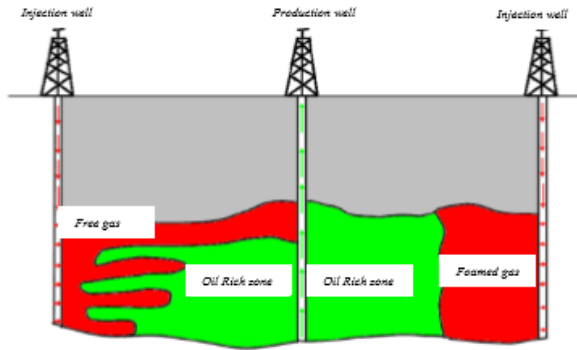


Gambar 2.4 Skema mekanisme *leave-behind* ^[10]

Ketika *foam* digunakan pada *reservoir* untuk mengurangi mobilitas gas, *foam* perlu stabil pada waktu yang cukup lama untuk menghasilkan efisiensi *recovery* yang lebih baik. *Lifetime* dari *foam* tergantung dari kestabilan tiap-tiap lamella, yang bergantung pada konsentrasi surfaktan, adsorpsi kinetik, drainase gravitasional, difusi gas yang melalui selaput tipis *foam*, tegangan permukaan, tekanan kapiler dan fluktuasi mekanik ^[11]. Sedangkan, tekanan kapiler merupakan fungsi dari temperature, salinitas dan morfologi batuan diantara faktor-faktor lain ^[12].

2.3 *Foam* Sebagai Metode *Enhanced Oil Recovery*

Foam sebagai metode *enhanced oil recovery* (EOR) secara umum terdapat dua tujuan utama yakni, penyumbatan dan kontrol pada mobilitas gas. Penyumbatan dilakukan di dekat *injection well* dan *production well* dan memiliki tujuan untuk meningkatkan *sweep efficiency* dengan cara menghalangi lapisan yang tidak produktif dan memiliki permeabilitas yang tinggi. Tujuan menggunakan *foam* untuk kontrol mobilitas adalah mengurangi mobilitas gas dengan meningkatkan viskositas dan permeabilitas relatif gas. Gambar 2.5 menunjukkan perbedaan antara injeksi dengan gas dan injeksi dengan *foam*-gas.



Gambar 2.5 Skema injeksi *foam-gas* dibandingkan dengan injeksi gas

Foam sebagai metode EOR memiliki potensi yang tinggi, terutama pada *reservoir* berkarbonasi dimana banyak patahan dan batuan yang permeabilitasnya rendah. Meskipun terdapat potensi yang besar dan beberapa *field-test* menunjukkan hasil yang positif, metode ini masih belum banyak digunakan.

2.4 Batu Pasir

Batu-pasir menempati 20-25% dari total batuan sedimen yang ada di bumi. Batu-pasir ini penting keberadaannya di alam, karena ia telah menyumbangkan air, minyak, gas, dan bahan tambang (endapan *placer*).

Tabel 2.1 menunjukkan komposisi kimia batu pasir berdasarkan persen bobot. Batu-pasir ini disusun oleh material ukuran pasir dengan ukuran butir antara 1/16 milimeter dan 2 mm (sebagai fragmen penyusun utama) kemudian campuran matrik (fragmen sedimen lebih halus dari pasir) dan semen (sebagai perekat semua fragmen yang ada, biasanya berupa mineral sangat halus berupa karbonat, silika, dsbnya yang hadir saling mengunci/interlocking akibat reaksi kimia selama proses pembentukan batuan terjadi). Penambahan mineral asesoris tidak banyak hanya sekitar 2-3% mengisi komposisi batu-pasir seperti

zirkon, apatit, turmalin, korundum, atau intan. Tekstur batu-pasir secara umum adalah epiklastik (istilah umum untuk tekstur batuan sedimen yang tersusun berupa yang terbentuk di permukaan (epi=*surface*) dan mengandung akumulasi butiran (*clast*) baik dari membundar-menyudut yang terpaketkan bersama. Buran berasal dari proses normal hasil pelapukan permukaan) ^[13]

Tabel 2.1 Komposisi kimia batu-pasir ^[13]

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
n =	11	23	30	16	18	12	119	12	59
SiO ₂	86.5	67.8	65.6	56.9	56.2	68.4	70.6	37.3	50.3
TiO ₂	0.53	0.95	0.91	1.42	0.89	0.69	0.64	0.34	0.64
Al ₂ O ₃	5.71	15.4	15.1	12.3	15.3	13.5	12.6	7.91	14.0
Fe ₂ O ₃ (t)	2.69	6.46	6.09	6.18	6.48	5.30	4.97	3.18	6.40
MnO	0.02	0.07	0.15	0.11	0.07	0.09	0.08	0.10	0.13
MgO	0.69	1.73	1.82	4.20	2.35	1.68	1.51	1.07	3.25
CaO	0.05	0.42	1.94	5.82	5.74	2.38	1.61	26.0	9.90
Na ₂ O	0.02	1.07	0.87	1.92	1.28	3.15	2.76	0.92	—
K ₂ O	1.55	2.74	3.03	1.90	2.80	2.62	2.20	0.51	2.09
P ₂ O ₅	0.02	0.16	0.17	0.17	0.17	0.18	0.02	0.10	0.21
V (ppm)	51	123	159	100	126	71	79	103	—
Cr	55	82	88	225	71	55	44	31	—
Ni	19	231	58	130	49	30	8	5	49
Zn	29	52	104	84	114	69	—	66	91
Rb	60	123	133	72	125	93	—	10	79
Sr	29	134	113	233	168	310	110	879	267
Y	17	31	40	21	35	36	37	15	29
Zr	417	238	260	191	187	333	413	58	118

2.5 Metode Begg's-Brill

Berdasarkan hasil eksperimen, pada tahun 1973 Beggs-Brill mendapatkan persamaan gradien tekanan pada aliran *single phase* dan *multiphase* dengan analisis kesetimbangan energi, dan mengasumsikan tidak ada gaya eksternal dari atau terhadap fluida alir.

$$\left(\frac{\partial p}{\partial z}\right) = \left(\frac{\partial p}{\partial z}\right)_{frikasi} + \left(\frac{\partial p}{\partial z}\right)_{elevasi} + \left(\frac{\partial p}{\partial z}\right)_{akselerasi} \quad (2.1)$$

dimana:

$$\left(\frac{\partial p}{\partial z}\right)_{frikasi} = \text{rugi gaya gesek (psia)}$$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial z}\right)_{\text{elevasi}} = \text{rugi elevasi (psia)}$$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial z}\right)_{\text{akselerasi}} = \text{rugi akselerasi (psia)}$$

Pressure Drop pada aliran *single-phase* dan *multi-phase* terjadi karena adanya gaya gesek, perbedaan elevasi atau perubahan energi potensial, dan akselerasi atau perubahan energi kinetik. Rugi akselerasi begitu kecil sehingga dapat diabaikan [15].

Rugi akibat gaya gesek pada aliran *single-phase* dan *multiphase* terjadi karena adanya gesekan fluida dengan pipa. Rugi akibat gaya gesek pada *single-phase* dipengaruhi oleh pola aliran laminar dan turbulen, serta dipengaruhi oleh dinding pipa yang halus (*smooth wall*) dan dinding pipa kasar (*rough wall*) [15]. *Pressure drop* akibat gaya gesek dinyatakan dalam persamaan (2.2).

$$\left(\frac{\partial p}{\partial z}\right)_{\text{friksi}} = \frac{f_{tp} \cdot \rho \cdot v^2}{2 \cdot g_c \cdot d} \quad (2.2)$$

dimana:

- f_{tp} = Faktor gesekan
- ρ = Massa jenis (kg/m^3)
- v = Kecepatan aliran fluida (m/s)
- g_c = Faktor gravitasi
- d = Diameter pipa (m)

Persamaan faktor gesekan untuk aliran *single phase* dengan aliran turbulen dan *rough wall pipeline* telah diusulkan oleh Jain dan dibandingkan tingkat akurasi dengan persamaan Colebrook. Jain menemukan bahwa untuk *range* dari *relative roughness* antara 10^{-6} dan 10^{-2} dan *range* dari *Reynolds number* antara 5×10^{-3} dan 10^8 memiliki *error* sebesar $\pm 1\%$ [15]. Faktor gesekan tersebut dinyatakan dalam persamaan (2.3).

$$\frac{1}{\sqrt{f_{tp}}} = 1.14 - 2 \log \left(\frac{\varepsilon}{d} + \frac{21.25}{N_{Re}^{0.9}} \right) \quad (2.3)$$

dimana:

f_{tp} = Faktor gesekan

N_{Re} = *Reynold Number*

d = Diameter pipa (m)

ε = Kekasaran pipa

Sedangkan persamaan faktor gesekan untuk aliran *multiphase* didapatkan dari nilai *holdup* pada kemiringan tertentu. Nilai *holdup* tersebut dapat diketahui dengan cara membandingkan nilai *holdup* pada kemiringan tertentu (θ), dengan kemiringan 0° . Sehingga *holdup* pada kemiringan tertentu dinyatakan dalam persamaan (2.4).

$$\frac{H_L(\theta)}{H_L(0)} = \Psi \quad (2.4)$$

dimana :

$H_L(\theta)$ = *Holdup* pada kemiringan θ

$H_L(0)$ = *Holdup* pada aliran horizontal

Ψ = faktor koreksi inklinasi

Faktor koreksi inklinasi dapat diprediksi untuk seluruh kondisi aliran dengan persamaan berikut :

$$\Psi = 1 + C(\sin \theta - \frac{1}{3}(\sin \theta)^3) \quad (2.5)$$

Dengan nilai $\theta = 1,8\theta$, pada kasus ini nilai θ adalah -90° karena aliran vertikal kebawah. Nilai koefisien C tergantung pada pola aliran sesuai analisis Beggs-Brill. Persamaan untuk menghitung fraksi *holdup* pada pola aliran *segregated*, *intermittent*, dan *distributed* dinyatakan dalam Persamaan (2.6), (2.7), dan (2.8). Persamaan untuk menghitung koefisien C pada pola aliran *segregated*, *intermittent*, dan *distributed* dinyatakan dalam Persamaan (2.9), (2.10), dan (2.11) ^[16].

$$H_L(0) = \frac{0.98\lambda^{0.4846}}{N_{FR}^{0.0868}} \quad (2.6)$$

$$H_L(0) = \frac{0.84\lambda^{0.5351}}{N_{FR}^{0.0173}} \quad (2.7)$$

$$H_L(0) = \frac{1.06\lambda^{0.5824}}{N_{FR}^{0.0609}} \quad (2.8)$$

$$C = (1 - \lambda) \ln \left[\frac{4.7N_{LV}^{0.0868}}{\lambda^{0.3692}N_{FR}^{0.5056}} \right] \quad (2.9)$$

$$C = (1 - \lambda) \ln \left[\frac{4.7N_{LV}^{0.1244}}{\lambda^{0.3692}N_{FR}^{0.5056}} \right] \quad (2.10)$$

$$C = (1 - \lambda) \ln \left[\frac{4.7N_{LV}^{0.1244}}{\lambda^{0.3692}N_{FR}^{0.5056}} \right] \quad (2.11)$$

Pola aliran dapat diprediksi dengan melihat perbandingan bilangan Froude (N_{FR}) dengan konstanta pembatas L_1 dan L_2 dengan kriteria sebagai berikut:

- Jika $N_{FR} < L_1$ maka pola aliran *segregated*.
- Jika $N_{FR} > L_1$ dan $N_{FR} > L_2$ maka pola aliran adalah *distributed*.
- Jika $L_1 < N_{FR} < L_2$ maka pola aliran *intermittent*.

Dengan L_1 dan L_2 dinyatakan dalam Persamaan (2.12) dan (2.13) di bawah ini :

$$L_1 = \exp(-4.62 - 3.757X - 0.481X^2 - 0.0207X^3) \quad (2.12)$$

$$L_2 = \exp(1.061 - 4.602X - 1.609X^2 - 0.179X^3 + 0.635 \times 10^{-3}X^5) \quad (2.13)$$

dimana :

$$X = \ln(\lambda)$$

$$\lambda = \text{Input liquid content} = \frac{q_L}{(q_L + q_g)}$$

$$q_L = \text{Laju volumetrik zat cair (m}^3/\text{s)}$$

$$q_g = \text{Laju volumetrik zat gas (m}^3/\text{s)}$$

Beggs-Brill menggunakan faktor gesekan dua fase (f_{tp}) yang dinormalisasi dengan membagi dengan nilai asumsi tanpa slip yang berlaku apabila fluida mengalir pada kecepatan yang sama. Faktor koreksi tanpa slip diperoleh dari diagram Moody atau untuk pipa yang halus diperoleh dari Persamaan (2.14) :

$$f_{ns} = \left[2 \log \left(\frac{N_{Re}}{4.5223 \log(N_{Re} - 3.8215)} \right) \right]^{-2} \quad (2.14)$$

Persamaan untuk mendapatkan faktor gesekan dua fase adalah

$$\frac{f_{tp}}{f_{ns}} = e^S \quad (2.15)$$

Dengan nilai S diperoleh dari:

$$S = \frac{\ln y}{-0.0523 + 3.182 \ln y - 0.8725(\ln y)^2 + 0.01853(\ln y)^4} \quad (2.16)$$

$$y = \frac{\lambda}{[H_L(\theta)]^2} \quad (2.17)$$

Untuk nilai interval $1 < y < 1.2$ nilai S dapat ditentukan dengan persamaan:

$$S = \ln(2.2y - 1.2) \quad (2.18)$$

Rugi elevasi adalah berkurangnya tekanan fluida dikarenakan fluida kehilangan tekanan hidrostatis dan dipengaruhi oleh densitas fluida serta tinggi kolom fluida. Rugi elevasi dapat dinyatakan dalam persamaan berikut ini.

$$\left(\frac{\partial p}{\partial z} \right)_{elevasi} = \frac{g}{g_c} [\rho_L H_L + \rho_g (1 - H_L)] x \sin \theta \quad (2.19)$$

Pada penelitian ini, aliran yang digunakan adalah aliran pada pipa vertikal, sehingga sudut kemiringan θ adalah 90. Maka

dengan mensubstitusi sudut kemiringan ke persamaan (2.20), total *pressure drop* dapat dinyatakan dalam persamaan berikut.
[16]

$$\left(\frac{\partial p}{\partial z}\right) = \frac{f_{tp} \cdot \rho \cdot v_m^2}{2 \cdot g_c \cdot d} + \frac{g}{g_c} [\rho_L H_L + \rho_g (1 - H_L)] \times \sin \theta \quad (2.20)$$

dimana:

f_{tp} = Faktor gesekan

ρ = Massa jenis campuran (kg/m^3)

v_m = Kecepatan massa campuran (m/s)

g_c = Faktor gravitasi

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

d = Diameter pipa (m)

ρ_L = Massa jenis liquid (kg/m^3)

ρ_g = Massa jenis gas (kg/m^3)

H_L = Fraksi *holdup*

θ = Sudut kemiringan dari horizontal

2.6 Reynold Number

Reynold Number adalah bilangan tak berdimensi yang menunjukkan perbandingan antara gaya inersia dan gaya *viscous*. *Reynold Number* dapat digunakan untuk memprediksi kondisi aliran. Apabila gaya *viscous* lebih dominan (laju aliran dan nilai *Reynold Number* rendah) maka terdapat cukup gaya untuk mempertahankan fluida dalam suatu arah aliran atau dapat dikatakan laminar. Sedangkan, apabila gaya inersia yang melebihi gaya *viscous* maka aliran akan menjadi turbulen. Berikut merupakan karakteristik aliran berdasarkan nilai *Reynold Number*.

1. *Laminar flow*, merupakan aliran dengan nilai *Reynold Number* dibawah 2000
2. *Transition flow*, merupakan aliran dengan nilai *Reynold Number* diantara 2000-4000
3. *Turbulent flow*, merupakan aliran dengan nilai *Reynold Number* diatas 4000

Nilai *Reynold Number* dinyatakan dengan persamaan (2.21)^[17].

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu} = \frac{v \cdot d}{u} \quad (2.21)$$

dimana:

N_{Re} = *Reynold Number*

ρ = massa jenis (kg/m^3)

v = *velocity* (m/s)

d = diameter pipa (m)

μ = *dynamic viscosity* (kg/m-s)

u = *kinematic viscosity* (m^2/s)

2.7 Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampuan medium berpori (dalam hal ini lapisan formasi batuan pada reservoir) untuk menghantarkan fluida yang melaluinya. Permeabilitas merupakan sifat intrinsik dari bahan berpori dan menentukan seberapa mudah fluida mengalir melewati reservoir hidrokarbon, akuifer, kerikil dan penyaring.

Permeabilitas ditentukan oleh ukuran, bentuk dan material dari media berpori. Semakin besar nilai permeabilitas, semakin besar pula aliran fluida yang dapat dihantarkan melalui medium tersebut^[18]. Pada tahun 1856, Henry Darcy melakukan penelitian dan didapatkan hubungan sebagai berikut^[19].

$$q = \frac{cA\Delta P}{L} \quad (2.22)$$

dimana:

q = laju volumetrik aliran fluida (m^3/s)

ΔP = perbedaan tekanan dari titik awal hingga titik akhir (psia)

A = luas area yang dilalui fluida (m^2)

L = panjang medium yang dilalui (m)

Nilai c didapatkan dari invers proporsional viskositas fluida yang digunakan.

$$c = \frac{k}{\mu} \quad (2.23)$$

dimana:

k = nilai permeabilitas dari medium dengan dimensi cm^2

μ = nilai viskositas fluida

Sehingga persamaan 2.22 dapat disubstitusi ke dalam persamaan 2.23 dan menjadi persamaan berikut.

$$q = \frac{kA\Delta P}{\mu L} \quad (2.24)$$

Satuan permeabilitas merupakan Darcy dimana 1 Darcy = $9.869 \times 10^{-9} \text{ cm}^2$. Maka melalui persamaan diatas bisa didapatkan nilai *pressure drop* pada reservoir dengan mengetahui nilai permeabilitas formasi batuan, viskositas fluida, luas dan panjang reservoir, serta laju volumetrik aliran fluida.

2.8 Hukum Darcy

Hukum Darcy merupakan persamaan yang mendefinisikan kemampuan fluida yang mengalir pada media berpori. Pada awalnya hukum Darcy diperkenalkan sebagai hubungan empiris berdasarkan percobaan pada aliran tunak dalam saringan pasir vertikal homogen. Di antara yang paling berpengaruh terhadap aliran tersebut adalah porositas dan luas permukaan spesifik S_0 (luas permukaan pori dalam satuan volume pada material padat) dimana hal tersebut juga mempengaruhi nilai permeabilitas.

Darcy Number adalah angka tak berdimensi (*dimensionless number*) yang digunakan dalam dinamika aliran melalui media berpori dan ditemukan dari bentuk diferensial dari hukum Darcy [20].

$$D_a = \frac{K}{L^2} \quad (2.25)$$

dimana:

- D_a = Darcy Number
 K = permeabilitas dari media (m^2)
 L = panjang media (m)

Hukum Darcy menyatakan bahwa medan kecepatan (*velocity field*) ditentukan oleh gradien tekanan, viskositas fluida, dan struktur dari media berpori, persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{u} = -\frac{K}{\mu} \nabla p \quad (2.26)$$

dimana:

- \mathbf{u} = kecepatan Darcy (m/s)
 K = permeabilitas formasi batuan (m^2)
 μ = viskositas dinamik fluida (kg/m.s)
 p = tekanan (Pa)

Sedangkan kombinasi antara hukum Darcy dan persamaan kontinuitas adalah sebagai berikut:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\epsilon_p \rho) + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = Q_m \quad (2.27)$$

dimana:

- ρ = densitas fluida (kg/m^3)
 ϵ_p = porositas (*dimensionless*)
 Q_m = sumber massa ($kg/m^3 \cdot s$)

2.9 Porositas

Suatu karakteristik penting pada reservoir hidrokarbon adalah porositas. Porositas merupakan rasio ruang pori (*pore*

volume) dibanding dengan keseluruhan volume pada formasi batuan (*bulk volume*), dan umumnya dinyatakan dalam bentuk persen. Porositas merupakan salah satu karakteristik penting dari reservoir yang harus diketahui. Formasi batuan dalam reservoir tidak hanya harus memiliki pori-pori yang berisi hidrokarbon tetapi juga harus mempunyai pori-pori yang cukup besar agar hidrokarbon dapat mengalir melalui batuan tersebut. Sehingga porositas dapat menjadi informasi untuk mengetahui potensi kandungan hidrokarbon yang terdapat pada formasi batuan. Dalam bentuk persamaan porositas dinyatakan sebagai berikut ^[21].

$$\text{persen porositas} = \frac{\text{pore volume}}{\text{bulk volume}} \times 100\% \quad (2.28)$$

Porositas ini dapat digunakan untuk mengetahui potensi kandungan minyak yang terdapat pada formasi batuan. Meskipun tidak semua kandungan minyak ada pada formasi batuan berporipori, akan tetapi potensi minyak bumi (*crude oil*) lebih besar, karena untuk mengandung minyak atau gas, batuan harus memiliki pori-pori yang saling terhubung agar minyak dan gas dapat bergerak melalui formasi batuan tersebut.

2.10 Pemodelan Transfer Panas pada *Injection* dan *Production Well*

Pada injeksi *CO₂-foam*, penambahan panas pada sistem per satuan Panjang, dQ/dZ memiliki nilai negatif karena hilangnya panas ke sekitar ketika temperatur fluida lebih besar daripada temperatur sekitar. Persamaan gradien hilangnya panas dapat ditunjukkan dengan persamaan (2.29)

$$\frac{dQ}{dZ} = 2\pi r_{to} U \times (T - T_h) \quad (2.29)$$

Dimana :

U : Koefisien total perpindahan panas (W/m²-K)

T : Temperatur fluida terhadap dZ (°C)

T_h : Temperatur batuan atau temperatur sekitar (°C)

2.11 Pemodelan Transfer Panas pada Reservoir

Setelah melewati *injection well*, CO₂ akan terdistribusi pada reservoir dengan properti PVT tertentu. Perpindahan panas dari CO₂ ke reservoir menggunakan persamaan kesetimbangan perpindahan panas yang dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_1 = Q_2 + Q_{total\ losses} \quad (2.30)$$

dimana:

$$\begin{aligned} Q_1 &= \text{energi panas awal CO}_2 \text{ (kJ)} \\ Q_2 &= \text{energi panas CO}_2 \text{ setelah melalui reservoir (kJ)} \\ Q_{total\ losses} &= \text{energi panas CO}_2 \text{ yang hilang (kJ)} \end{aligned}$$

Sementara itu, nilai energi Q₁ dan Q₂ didapatkan dari persamaan [25]:

$$Q_1 = m_{CO_2} C_{p1} T_1 \quad (2.31)$$

$$Q_2 = m_{CO_2} C_{p2} T_2 \quad (2.32)$$

dimana:

$$\begin{aligned} m_{CO_2} &= \text{massa karbon dioksida (kg)} \\ C_{p1} &= \text{heat capacity sebelum reservoir (kJ/kg-C)} \\ C_{p2} &= \text{heat capacity sesudah reservoir (kJ/kg-C)} \\ T_1 &= \text{temperatur sebelum reservoir (C)} \\ T_2 &= \text{temperatur sesudah reservoir (C)} \end{aligned}$$

Terdapat sejumlah energi yang hilang selama perambatan CO₂ dari *injection well* sampai ke *production well* baik secara konduksi maupun konveksi. Energi yang hilang tersebut dapat diturunkan melalui persamaan berikut^[22]:

$$Q_{total\ losses} = \frac{T_1 - T_\infty}{R_{konduksi} + R_{konveksi}} \quad (2.33)$$

dimana:

$$T_\infty = \text{temperatur reservoir (K)}$$

$R_{konduksi}$ = hambatan panas konduksi (m^2-K/W)

$R_{konveksi}$ = hambatan panas konveksi (m^2-K/W)

Nilai $R_{konduksi}$ dan $R_{konveksi}$ dihitung dengan persamaan berikut:

$$R_{konduksi} = \frac{L_p}{k A_p} \quad (2.34)$$

$$R_{konveksi} = \frac{1}{h A_p} \quad (2.35)$$

dimana:

L_p = *length characteristic* (m)

k = *thermal conductivity formation* (W/m-K)

A_p = *reservoir area* (m^2)

h = *convective heat transfer coefficient* (W/ m^2K)

Nilai h adalah *convective heat transfer coefficient* didapat dari persamaan *Nusselt Number* yang dilambangkan dengan Nu . *Nusselt Number* dapat diturunkan dari nilai *Reynold Number* (Re) dan *Prandalt Number* (Pr).

$$Nu = \frac{0.255}{\varphi} Re^{2/3} Pr^{1/3} = \frac{h L_p}{k} \quad (2.36)$$

dimana:

R = *thermal resistance* (m^2-K/W)

Nu = *Nusselt Number*

Re = *Reynold Number*

Pr = *Prandlt Number*

2.12 Genetic Algorithm

Genetic Algorithm (GA) adalah algoritma optimisasi yang terinspirasi dari mekanisme seleksi alam, dimana individu yang terkuatlah yang akan bertahan hidup. Dalam algoritma ini potensi

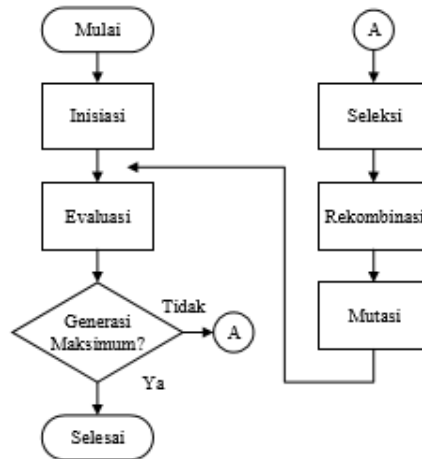
solusi dari suatu masalah adalah seorang individu dan dapat direpresentasikan dalam suatu *set* parameter. Parameter tersebut dianggap sebagai sebuah *genus* dari sebuah kromosom dan dapat tersusun dari sebuah nilai biner. Semakin baik kualitas suatu kromosom maka individu tersebut merupakan solusi dari permasalahan yang ada. Individu terbaik akan menghasilkan keturunan yang baik juga dan mungkin akan menghasilkan solusi yang lebih baik ^[23]. Komponen-komponen dasar yang umum digunakan pada setiap GA adalah sebagai berikut.

1. *Fitness function* untuk optimisasi
2. Populasi dari kromosom
3. *Crossover* untuk produksi kromosom generasi selanjutnya
4. Mutasi acak dari kromosom digunakan untuk membentuk generasi baru.

Fitness function adalah fungsi yang akan dioptimisasi oleh GA. Istilah “*fitness*” diambil dari teori evolusi. Istilah tersebut disini digunakan karena adanya tes *fitness function* untuk menentukan seberapa “sesuai” solusi potensial yang diberikan. *Fitness function* merupakan salah satu bagian yang sangat penting dari algoritma.

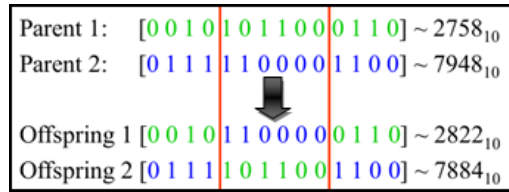
Istilah kromosom mengarah pada nilai numerik atau nilai yang merepresentasikan solusi kandidat pada masalah yang akan diselesaikan oleh GA. Setiap kandidat solusi dikodekan sebagai susunan nilai parameter, sebuah proses yang juga ditemukan di algoritma optimisasi yang lain.

GA memulai prosesnya dengan kromosom-kromosom yang digolongkan secara acak sebagai generasi pertama atau populasi awal. Kemudian setiap kromosom dalam populasi dievaluasi oleh *fitness function* untuk tes seberapa baik masalah dapat terselesaikan. Selanjutnya, operator pemilih memilih beberapa kromosom untuk reproduksi berdasarkan pada probabilitas yang didefinisikan di awal. Semakin sesuai kromosomnya, kemungkinan terpilih sebagai solusi semakin besar. Diagram alir optimisasi menggunakan GA dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



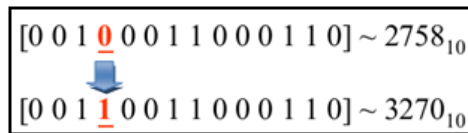
Gambar 2.6 Genetic Algorithm flowchart ^[23]

Tahapan pada *genetic algorithm* diawali dengan inisiasi populasi awal dari kandidat solusi. Ukuran dari populasi bervariasi bergantung dari masalah yang akan diatasi menggunakan algoritma ini. Selanjutnya kromosom akan diberikan kode yaitu dengan menggunakan biner. Ketika populasi yang telah diinisiasi atau populasi keturunan terbentuk, nilai *fitness* dari tiap individu dievaluasi. Nilai *fitness* merupakan nilai dari kemampuan solusi untuk bertahan. Setiap individu akan diseleksi dengan tujuan untuk mendapatkan solusi terbaik dari generasi terburuk dengan menggunakan mekanisme seleksi seperti *roulette-wheel*. Kemudian individu-individu yang terpilih akan melakukan rekombinasi dengan melakukan *crossover* atau kawin silang individu yang lainnya sehingga terbentuk individu baru dengan kemungkinan *fitness* yang lebih baik. Pada gambar merupakan mekanisme *crossover* dimana pada kromosom induk dipotong oleh *crossover point* sehingga gen-gen pada tiap kromosom bertukar silang dan menghasilkan keturunan.



Gambar 2.7 Mekanisme *crossover* ^[23]

Ketika rekombinasi beroperasi terhadap dua atau lebih kromosom, mutasi lokal tetapi acak memodifikasi sebuah solusi. Dan juga akan terjadi bermacam-macam mutasi, tapi biasanya melibatkan satu atau lebih perubahan sifat individu. Mekanisme mutasi dapat dilihat pada Gambar 2.8, salah satu gen pada kromosom awal dimutasi sehingga menghasilkan kromosom baru.



Gambar 2.8 Mekanisme mutasi ^[23]

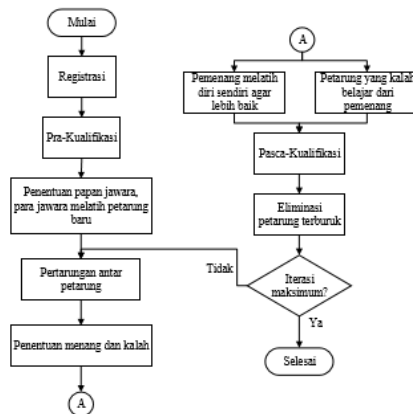
Keturunan hasil dari seleksi, rekombinasi, dan mutasi akan menggantikan populasi induk. Hal ini akan berlangsung terus menerus hingga generasi terakhir.

2.13 *Duelist Algorithm*

Duelist Algorithm (DA) merupakan metode optimisasi untuk menemukan solusi paling optimal dari suatu masalah komputasi yang terinspirasi dari kemampuan seorang petarung (*duelist*) dalam bertarung dan cara meningkatkan kemampuannya dalam bertarung dengan lawannya. Algoritma ini akan berjalan karena adanya populasi dari petarung, jadi jumlah petarung harus ditentukan di awal. Tujuan pertarungan ini adalah untuk menentukan pemenang dan yang kalah. Kemudian setiap petarung yang kalah akan belajar dari yang menang. Sementara itu, petarung yang menang akan melakukan inovasi keterampilan atau tekniknya agar dapat meningkatkan kemampuan

bertarungnya. Beberapa petarung dengan kemampuan bertarung yang tinggi disebut sebagai jawara, tugas dari jawara adalah melatih petarung-petarung baru agar kemampuan bertarungnya sama dengan jawara. Namun, kemampuan bertarung dari jawara akan tetap. Kemudian, semua petarung dievaluasi kembali dan petarung dengan kemampuan bertarung yang paling buruk akan dieliminasi untuk menjaga jumlah populasi dari petarung.

Dalam DA, semua individu akan bertarung satu lawan satu untuk menentukan jawara, pemenang dan yang kalah. Pertarungannya juga seperti pertarungan seperti dalam kehidupan nyata dimana yang lebih kuat tidak selalu menang, terdapat kesempatan yang lemah akan cukup beruntung untuk memenangkan pertarungan. Untuk meningkatkan kemampuan setiap petarung, terdapat dua cara pengembangan. Salah satunya merupakan inovasi yang hampir sama dengan mutasi pada GA. Perbedaannya terletak pada hanya pemenang yang mungkin untuk berinovasi. Cara pengembangan yang kedua biasa disebut dengan belajar, petarung yang kalah akan belajar dari pemenang. Berikut merupakan beberapa langkah metode optimisasi sesuai dengan Gambar 2.9.

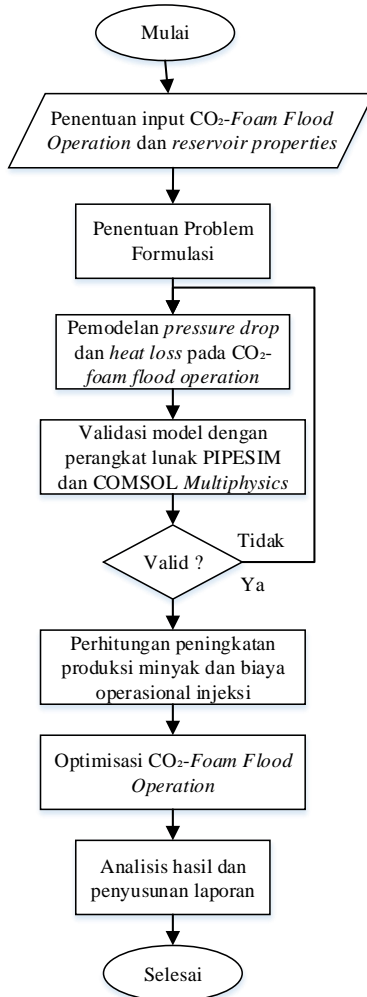


Gambar 2.9 Diagram blok *duelist algorithm*

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Adapun metodologi dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian

3.1 Penentuan Input CO₂-Foam Flood Operation, dan Formasi Properti Reservoir

Studi kasus kondisi CO₂-foam yang digunakan adalah menggunakan data *Well Logging* di Selat Sunda. Kondisi laju injeksi sebesar 0.5 MMscf/day, kedalaman sumur 2250,37 m memiliki tekanan pada *reservoir* 1087 psia, porositas formasi batuan 0.3 dan permeabilitas 95 mD . Ketebalan *reservoir* 9.45 m, dan jarak antara *injection well* dan *production well* sejauh 100 m.^[19] Bentuk reservoir diasumsikan berbentuk silinder, dengan tidak ada aliran fluida yang keluar atau masuk ke *control volume (reservoir)*^[24].

3.2 Penentuan Problem Formulasi

Penentuan problem formulasi terdiri dari beberapa unsur yaitu fungsi objektif, *constrain* (batasan) dan *variable* yang dioptimisasi. Fungsi objektif dibutuhkan untuk mengetahui tujuan dari optimisasi yang akan dilakukan. *Constrain* (batasan) yang diambil ialah laju aliran massa injeksi (\dot{m}) sebesar 0.2 - 0.5 kg/s, tekanan injeksi (P) sebesar 1071, 1100 dan 1200 psi, temperatur (T) sebesar 31-40°C dan konsentrasi surfaktan sebesar 0.2 – 0.9 wt%. Variabel yang dioptimisasi ialah laju aliran massa injeksi (\dot{m}), tekanan injeksi (P), temperatur (T) dan konsentrasi surfaktan. Tujuan dari optimisasi CO₂-foam flood adalah memaksimalkan laju produksi minyak pada *production well* untuk meningkatkan profit. Minyak yang dapat dihasilkan sebanding dengan jumlah CO₂ dan *foam* yang diinjeksikan, akan membutuhkan energi yang besar. Sehingga biaya operasional pun akan meningkat. Selain itu diperlukan pula biaya untuk *recycling* CO₂ dan *foam* yang terkandung bersama minyak pada hasil *production well* sebelum CO₂ dan *foam* tersebut dapat digunakan kembali sebagai injeksi bahan terlarut pada *injection well*. Maka dari itu pemodelan keuntungan yang akan dimaksimalkan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Profit} &= \text{pendapatan minyak mentah} \\ &- \text{Biaya pembelian CO}_2 \end{aligned}$$

- Biaya pembelian *foam*
 - Biaya *recycling* CO₂
 - Biaya *recycling foam*
 - Biaya operasional pompa
- $$(3.1)$$

dengan masing-masing variabel tersebut didapatkan dari:

Pendapatan=Laju produksi minyak×Harga jual minyak (3.2)

Biaya pembelian CO₂ = Volume CO₂ × Biaya CO₂ persatuan volume (3.3)

Biaya pembelian Surfaktan = Volume Surfaktan × Biaya Surfaktan persatuan massa (3.4)

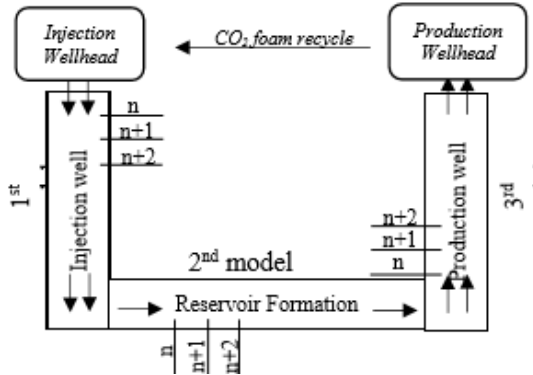
Biaya *recycling* CO₂ = Volume CO₂ ×Biaya CO₂ persatuan volume (3.5)

Biaya *recycling* Surfaktan = Volume Surfaktan × Biaya Surfaktan persatuan volume (3.6)

Biaya Operasional Pompa = Daya pompa × Lama operasi × Harga listrik (3.7)

3.3 Pemodelan CO₂-Foam Flood Operation

CO₂-foam pada *reservoir* dimodelkan menjadi tiga bagian yaitu keadaan awal injeksi CO₂-foam pada *injection well*, keadaan kedua pada *reservoir formation*, serta keadaan akhir pada *production well*. CO₂-foam akan mengalami perubahan tekanan, temperatur dan sifat-sifat dari fluida karena hilangnya energi panas dan tekanan selama melalui proses. Karena perhitungan hilangnya panas dan tekanan membutuhkan properti fluida sedangkan tiap penambahan jarak pada tiap kondisi berubah maka panjang dari *CO₂-foam flood operation* disegmentasi menjadi bagian-bagian kecil.



Gambar 3.2 Segmentasi model CO_2 -foam flood operation

Segmentasi model CO_2 -foam flood operation dilakukan seperti pada Gambar di atas, dimana *injection well* disegmentasi sebanyak n . Panjang *injection well* dibagi menjadi bagian-bagian pendek, dengan demikian dalam perhitungan perubahan panas dan tekanan dapat dihitung dengan lebih akurat karena perubahan properti tiap penambahan jarak tidak diabaikan. Masukan keadaan kedua merupakan hasil akhir dari segmentasi pada bagian pertama, begitu juga pada masukan keadaan ketiga merupakan hasil akhir dari segmentasi pada bagian kedua. Keadaan awal saat injeksi CO_2 -foam pada *injection well*, *reservoir formation* dan *production well* dimodelkan dengan persamaan berikut.

$$P_{akhir} = P_{awal} - \sum_{i=1}^n \Delta P_i \quad (3.8)$$

$$T_{akhir} = T_{awal} - \sum_{i=1}^n \Delta T_i \quad (3.9)$$

Nilai ΔP_i didapatkan dari persamaan Beggs-Brill untuk *injection well* dan *production well* dan persamaan Darcy untuk dibagian *reservoir formation*. Sedangkan nilai ΔT_i dapat dicari menggunakan perpindahan panas pada pipa dan pada media

berpori. Dengan mengetahui nilai Qakhir maka temperatur pada keadaan akhir dapat diketahui.

3.4. Validasi Model Dengan Perangkat Lunak PIPESIM Dan COMSOL

Untuk mengetahui kebenaran model yang digunakan maka dilakukan validasi menggunakan perangkat lunak PIPESIM dan COMSOL *Multiphysics*. Hasil pemodelan pada *injection well* dan *production well* divalidasi dengan perangkat lunak PIPESIM karena cukup mensimulasikan fluida yang mengalir pada pipa. Sedangkan pada *reservoir* dibutuhkan validasi menggunakan perangkat lunak COMSOL *Multiphysics* untuk mensimulasikan reaksi yang terjadi pada media berpori. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi pada perangkat lunak terhadap hasil perhitungan dengan *setpoint error* <5%.

3.5 Perhitungan Peningkatan Produksi Minyak Dan Biaya Operasional Injeksi

Perhitungan estimasi jumlah produksi minyak yang dapat diproduksi dari *CO₂-foam* yang akan digunakan untuk perhitungan laju produksi minyak untuk memprediksi perolehan setelah *CO₂-foam* yang diinjeksi. Laju produksi minyak dihitung melalui nilai *additional recovery*, *cumulative production*, laju aliran massa. Selain itu, besarnya volume *original oil in place* atau banyaknya minyak yang terdapat dalam *reservoir* dipertimbangkan dalam proses perhitungan laju produksi minyak. Hasil perhitungan laju produksi minyak dapat diperoleh nilai pendapatan yang merupakan perkalian antara laju produksi minyak terhadap harga jual minyak.

$$P_t = V_{pd} \times P_0 \quad (3.10)$$

$$V_{pd} = \frac{CP}{t} \quad (3.11)$$

$$t = \frac{V_{ROI P}}{q} \quad (3.12)$$

$$V_{ROI P} = V_R \times \emptyset \quad (3.13)$$

$$CP = N_p \times V_{ROI P} \quad (3.14)$$

$$N_p = \frac{\alpha + (F_i)_{BT}}{1 + \alpha} \quad (3.15)$$

$$(F_i)_{bt} = \sqrt{\frac{0.9}{(M+1.1)}} \quad (3.16)$$

$$\alpha = \frac{1.6}{K^{0.61}} \left[\frac{F_i - (F_i)_{bt}}{1 - (F_i)_{bt}} \right]^{\left(\frac{1.28}{K^{0.26}} \right)} \quad (3.17)$$

$$M = \frac{\mu_0}{\mu_s} \quad (3.18)$$

$$K = \text{EHG} \quad (3.19)$$

$$E = [0.78 + 0.22M^{\frac{1}{4}}]^4 \quad (3.20)$$

$$H = \left[\frac{V_{DP}}{(1 - V_{DP})^{0.2}} \right]^{10} \quad (3.21)$$

$$G = 0.565 \log \left(\frac{t_h}{t_v} \right) + 0.87 \quad (3.22)$$

$$\frac{t_h}{t_v} = 2.571 k_v A \frac{\Delta \rho}{q_{gross} \mu_s} \quad (3.23)$$

Dimana :

- P_t : Pendapatan (USD/hari)
- V_{pd} : Laju produksi minyak (bbl/hari)
- P_0 : Harga jual minyak (USD/bbl)
- CP : *Cummulative production* (bbl)
- V_{ROIP} : *Volume residual oil in place* (bbl)
- V_R : *Volume reservoir* (bbl)
- \emptyset : Porositas *reservoir* (%)
- N_p : Fraksi minyak yang dapat *ter-recovery*
- $(F_i)_{bt}$: HCPV of *CO₂-foam injected at the point at which CO₂foam reaches the production wells*
- F_i : HCPV dari *CO₂-foam* yang diinjeksi
- M : Rasio mobilitas dari 2 fluida
- K : Faktor Koval
- E : Faktor mobilitas Koval
- H : Faktor heterogentias *Permeability*
- G : Faktor segregasi *gravity*
- μ_0 : Viskositas minyak (kg/m.s)
- μ_s : Viskositas *CO₂-foam* (kg/m.s)
- V_{DP} : Koefisien Dykstra-Parsons

- K_v : Permeabilitas vertikal *reservoir* (m^2)
 A : Luas penampang *reservoir* (m^2)
 q_{gross} : Total laju injeksi dari CO_2 -foam (m^3/s)

Untuk memprediksi perolehan jumlah *oil recovery* yang didapatkan dari injeksi surfaktan digunakan persamaan sebagai berikut.

$$N_{pc} = \frac{A_p \times h \times E_{vm}}{B_o} \times (S_{orw} - S_{of}) \quad (3.24)$$

$$E_{vm} = \frac{\frac{N_p + \frac{B_{oi} - 1}{B_o}}{N}}{\frac{B_{oi}(1 - \frac{S_{orw}}{S_{oi}})}}{B_o}} \quad (3.25)$$

$$B_o = 1 + \alpha(T_R - 60) \quad (3.26)$$

$$\alpha = 0.000288 + 8.04111 \times 10^{-6} API - 1.890 \times 10^{-7} (API)^2 \quad (3.27)$$

Dimana :

- N_{pc} : Minyak yang dipindahkan oleh surfaktan (STB)
 A_p : Luas penampang *reservoir* (m^2)
 h : Ketebalan *reservoir* (m)
 \emptyset : Porositas (%)
 E_{vm} : Fraksi volume *reservoir* yang berkontak dengan surfaktan
 B_o : Rasio volume minyak pada tekanan dan temperatur *reservoir* terhadap volume yang ter-recover
 S_{orw} : Saturasi minyak pada *reservoir* setelah *waterflooding*
 S_{of} : Saturasi minyak pada *reservoir* oleh *chemical flooding*
 N_p : Total *recovery* minyak pada fase sebelumnya (STB)
 N : Estimasi jumlah minyak awal pada *reservoir* (STB)

- B_{oi} : Rasio volume minyak awal yang terdapat pada reservoir terhadap volume minyak yang terproduksi
 S_{oi} : Saturasi minyak awal
 T_R : Temperatur *reservoir*
 API : Derajat API dari minyak

Untuk mendapatkan biaya pengadaan CO_2 -*foam* maka didapatkan dari besar laju aliran massa CO_2 , harga CO_2 per volume dan juga besar laju aliran massa foam serta harga *foam* per volume

$$B_{CO_2-foam} = (V_{CO_2} \times P_{CO_2}) + (V_{foam} \times P_{foam}) \quad (3.28)$$

Dimana :

- B_{CO_2-foam} : Biaya CO_2 -*foam* (USD/hari)
 V_{CO_2} : Volume CO_2 per hari (bbl/hari)
 P_{CO_2} : Harga CO_2 (USD/bbl)
 V_{foam} : Volume *foam* per hari (bbl/hari)
 P_{foam} : Harga *foam* (USD/bbl)

Dalam penerapan CO_2 -*foam* EOR perlu adanya *recycle* untuk memisahkan gas CO_2 dan *foam* dari fluida produksi yang dihasilkan selama proses CO_2 -*foam* EOR sehingga perlu dipertimbangkan biaya *recycle*

$$B_R = (V_{CO_2} \times B_{CO_2}) + (V_{foam} \times B_{foam}) \quad (3.29)$$

Dimana :

- B_R : Total biaya *Recycling* (USD/hari)
 V_{CO_2} : Volume *recovery* CO_2 per hari (bbl/hari)
 B_{CO_2} : Biaya *recycling* CO_2 (USD/bbl)
 V_{foam} : Volume *recovery foam* per hari (bbl/hari)
 B_{foam} : Biaya *recycling foam* (USD/bbl)

Biaya operasional pompa untuk CO₂-foam EOR dapat dihitung dari energi listrik yang digunakan pompa selama beroperasi. Biaya operasional pompa adalah hasil perkalian daya pompa dengan lama operasional pompa dan tarif dasar listrik per kWh.

$$W_p = \frac{q \times \Delta P}{\eta} \quad (3.30)$$

$$B_{OP} = W_p \times Y \times K \quad (3.31)$$

Dimana :

W_p : Besar usaha pompa persatuan waktu/ daya pompa (Watt)

ΔP : *Pressure drop* (Pa)

q : Laju aliran massa fluida (m³/s)

η : Efisiensi pompa (%)

B_{OP} : Biaya operasional pompa (USD/jam)

Y : Lama operasi pompa (jam)

K : Tarif dasar listrik (USD/kWh)

3.6 Optimisasi Model Dengan *Stochastic Algorithm*

Untuk menentukan keadaan optimal CO₂-foam *flood operation* digunakan teknik optimisasi *genetic algorithm* dan *duelist algorithm*. Variabel yang dioptimisasi ialah laju aliran massa injeksi (\dot{m}), tekanan injeksi (P), temperatur (T) dan konsentrasi surfaktan. Hasil individu dengan fitness terbesar akan menjadi solusi yang menghasilkan nilai fungsi objektif yang maksimal.

3.7 Analisis Hasil Dan Penyusunan Laporan

Hasil optimisasi dianalisis dan dibahas tentang 4 variabel yang dioptimisasi. Penyusunan laporan tugas akhir merupakan pembukuan serta dokumentasi dari semua langkah yang telah ditempuh dalam mengerjakan tugas akhir berupa tulisan ilmiah.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemodelan Tekanan pada *Injection Well*

Permodelaan tekanan pada *injection well* menggunakan metode Beggs-Brill sedangkan permodelan temperatur menggunakan persamaan perpindahan panas. Input kondisi operasi yang digunakan adalah sesuai pada tabel berikut ini:

Tabel 4.1 Parameter input untuk pemodelan tekanan^[25]

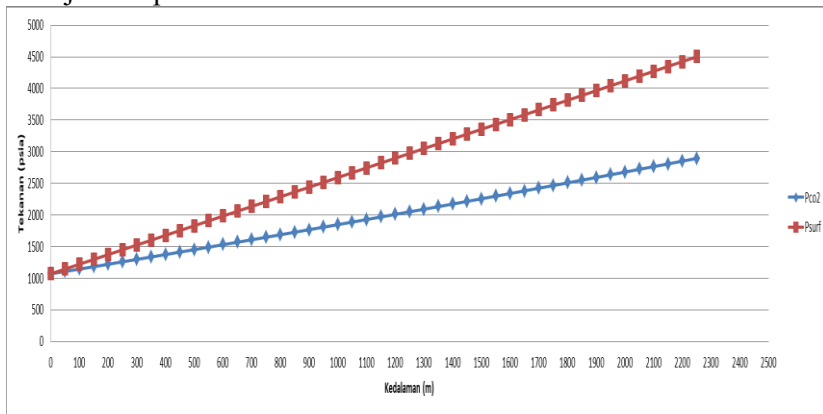
Parameter	Nilai	Satuan
Gravitasi	9.8	m/s ²
Kedalaman sumur	2250.0	M
Tekanan injeksi CO ₂	1071.0	Psia
Laju aliran massa injeksi CO ₂	0.5	MMscfd
Temperatur injeksi CO ₂	31.0	°C
Tekanan injeksi Surfaktan	1071.0	Psia
Laju aliran massa injeksi surfaktan	0.5	MMscfd
Temperatur injeksi Surfaktan	31.0	°C
Konsentrasi Surfaktan	0.5	wt%

Pemodelan gradien tekanan dan temperatur pada *injection well* menggunakan persamaan Begg's-Brill telah divalidasi dengan perangkat lunak PIPESIM, didapatkan hasil rata-rata error untuk tekanan sebesar 1.46 % dan temperatur sebesar 0.17 % untuk injeksi CO₂, sedangkan penginjeksian menggunakan surfaktan didapatkan hasil rata-rata error untuk tekanan sebesar

0.70 % dan temperatur sebesar 0.09 %. Hasil validasi ditampilkan pada lampiran A.

Nilai *error* ini didapatkan dari perbedaan perhitungan *properties* pada *software* PIPESIM dan pemodelan dalam tugas akhir ini. Pada tugas akhir ini, perhitungan *properties* CO₂-foam menggunakan regresi *multivariable* dari tekanan, temperatur dan massa injeksi. Sehingga perhitungan *properties* pada tugas akhir ini dianggap linier, sementara itu pada *software* PIPESIM perhitungan *properties* CO₂-foam sesuai dengan keadaan sesungguhnya dimana *properties* CO₂-foam ini sebenarnya non-linier.

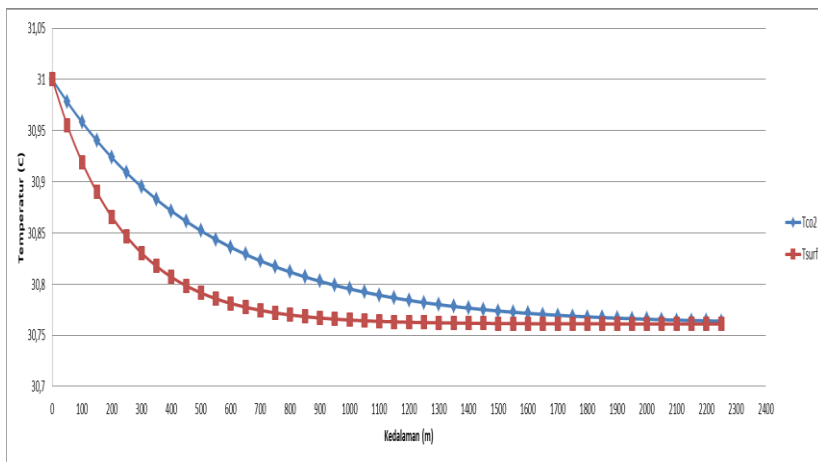
Hasil grafik gradien tekanan pada *injection well* dengan menggunakan persamaan Begg's-Brill dengan fungsi kedalaman ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik tekanan CO₂ terhadap kedalaman pada *injection well* dengan laju aliran massa injeksi 0.3044 kg/s, tekanan injeksi 1071 psi, temperatur 31

Pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa tekanan CO₂ mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya kedalaman dari *injection well*. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya karena kedalaman dari *injection well*. Selain itu, kenaikan tekanan juga disebabkan oleh rugi-rugi gesekan. Rugi-

rugi gesekan ini disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara CO₂ dengan dinding-dinding pipa yang memiliki tingkat kekasaran tertentu sehingga menyebabkan terjadinya perubahan tekanan^[26].



Gambar 4.2 Grafik temperatur CO₂ terhadap kedalaman pada *injection well* dengan laju aliran massa injeksi 0.3044 kg/s, tekanan injeksi 1071 psi, temperatur 31

Pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa temperatur CO₂ mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kedalaman dari *injection well*. Hal ini disebabkan oleh perubahan panas yang terjadi karena adanya perpindahan panas antara CO₂ dan surfaktan dengan *reservoir*, ketika temperatur CO₂ dan surfaktan lebih besar daripada temperatur *reservoir*.^[26]

4.2 Hasil Pemodelan Tekanan dan Temperatur Pada *Reservoir* dengan Persamaan Darcy

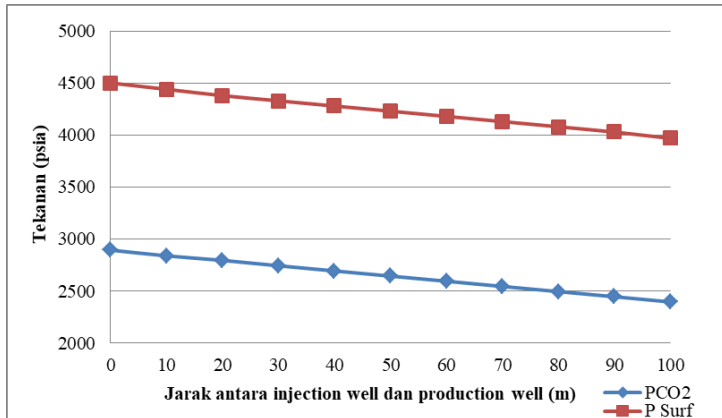
Pemodelan tekanan dan temperatur pada *reservoir* dilakukan dengan menggunakan parameter input dari data *Well Logging* di Selat Sunda. Parameter-parameter yang digunakan dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

Tabel 4.2 Parameter Input Pemodelan Tekanan Dan Temperatur Pada *Reservoir*

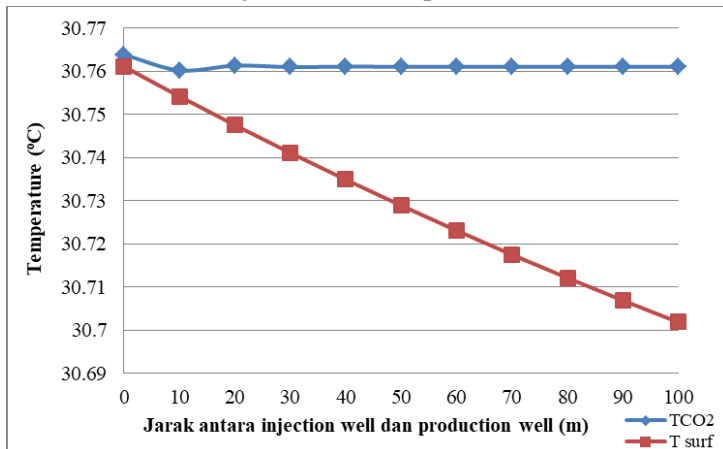
Parameter	Nilai	Satuan
Jarak <i>injection well</i> hingga <i>production well</i>	100	M
Tekanan <i>Reservoir</i>	3343	Psia
Temperatur <i>Reservoir</i>	30.7611	°C
Permeabilitas Batuan	95.52	mD
Porositas Batuan	0.03	-
°API	41.00	°API

Pemodelan gradien tekanan dan temperatur pada *reservoir* menggunakan persamaan Darcy telah divalidasi dengan menggunakan *software* COMSOL *Multiphysics* didapatkan hasil rata-rata error untuk tekanan sebesar 0.01 % dan temperatur sebesar 0.007 % untuk injeksi CO₂, sedangkan penginjeksian menggunakan surfaktan didapatkan hasil rata-rata error untuk tekanan sebesar 0.02 % dan temperatur sebesar 0.1 %. Hasil validasi ditampilkan pada lampiran B. *Error* ini diakibatkan oleh perbedaan perhitungan *properties* dari CO₂ dan surfaktan pada tugas akhir ini dengan perhitungan yang dilakukan oleh perangkat lunak COMSOL *Multiphysics*. Perbedaan perhitungan *properties* ini akan memengaruhi perhitungan tekanan dan temperatur sehingga terdapat selisih hasil perhitungan atau *error* pada pemodelan dan perangkat lunak COMSOL *Multiphysics*.

Parameter input fluida dalam pemodelan tekanan dan temperatur ini, merupakan parameter output dari fluida pada *injection well*. Hasil grafik gradien tekanan pada *reservoir* terhadap panjang *reservoir* ditunjukkan pada Gambar 4.3 sedangkan hasil grafik gradien temperatur ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.3 Grafik tekanan CO₂ dan minyak pada *reservoir* dengan laju aliran massa injeksi 0.3044 kg/s, tekanan injeksi 1071, temperatur 31°C



Gambar 4.4 Grafik temperatur CO₂ dan minyak pada *reservoir* dengan laju aliran massa injeksi 0.3044 kg/s, tekanan injeksi 1071, temperatur 31°C

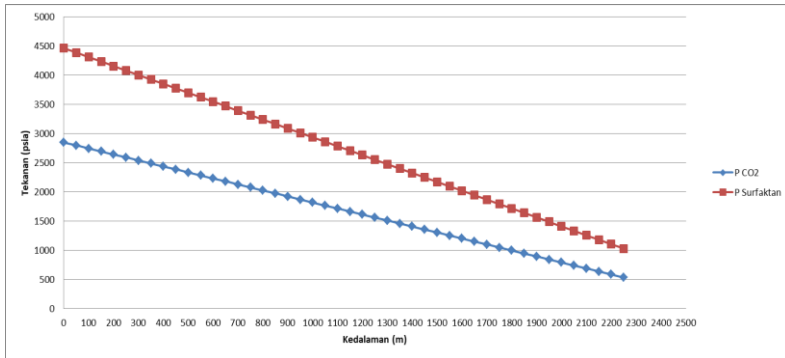
Pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa tekanan CO₂ dan surfaktan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya panjang dari *reservoir*. Hal ini terjadi karena selama melewati

reservoir, tekanan fluida akan mengalami penurunan karena melewati media berpori.

Pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa temperatur CO₂ dan surfaktan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya panjang dari *reservoir*. Hal ini disebabkan oleh perubahan panas yang terjadi karena perpindahan panas antara CO₂ dan surfaktan dengan *reservoir*, ketika temperatur CO₂ dan surfaktan lebih besar daripada temperatur *reservoir*.

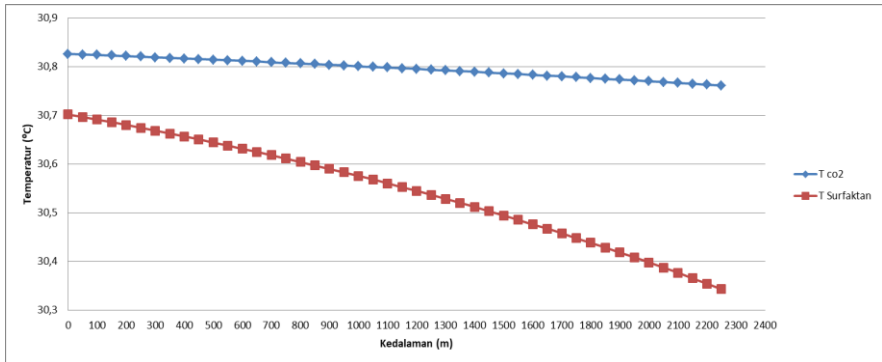
4.3 Hasil Pemodelan Tekanan dan Temperatur pada Production Well dengan Metode Begg's –Brill

Tekanan dan temperatur dari hasil pemodelan dengan metode Darcy pada *reservoir*, digunakan sebagai parameter input untuk pemodelan pada *production well*. Hasil pemodelan tekanan dan temperatur pada *production well* telah divalidasi dengan perangkat lunak PIPESIM. Pada tekanan didapatkan hasil rata-rata error untuk tekanan sebesar 0.45 % dan temperatur sebesar 0.11 % untuk injeksi CO₂, sedangkan penginjeksian menggunakan surfaktan didapatkan hasil rata-rata error untuk tekanan sebesar 0.03 % dan temperatur sebesar 0.7 %. Hasil validasi ditampilkan pada lampiran C. Hasil pemodelan tekanan ditunjukkan pada Gambar 4.5 dan hasil pemodelan temperatur ditunjukkan pada Gambar 4.6



Gambar 4.5 Grafik tekanan kedalaman campuran CO₂ dan minyak terhadap kedalaman pada *production well* dengan laju aliran massa injeksi 0.3044 kg/s, tekanan injeksi 1071 psi, temperatur 31°C

Pada Gambar 4.5 menunjukkan bahwa tekanan fluida mengalami penurunan seiring dengan berkurangnya kedalaman dari *production well*. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah perubahan elevasi karena kedalaman dari *production well*. Sudut elevasi dari *production well* bernilai positif karena dianggap setelah dari *reservoir*, fluida akan terangkat secara horizontal ke atas, sehingga menyebabkan tekanan hidrostatik berkurang pada arah aliran fluida campuran. Selain itu, penurunan tekanan juga disebabkan oleh rugi-rugi gesekan. Rugi-rugi gesekan ini disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara fluida yang mengalir dengan dinding-dinding pipa yang memiliki tingkat kekasaran tertentu sehingga menyebabkan terjadinya perubahan tekanan.



Gambar 4.6 Grafik temperatur fluida campuran terhadap kedalaman pada *production well* dengan laju aliran massa injeksi 0.3044 kg/s, tekanan injeksi 1071 psi, temperatur 31°C

Pada Gambar 4.6 menunjukkan bahwa temperatur fluida juga mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh perubahan panas yang terjadi karena perpindahan panas antara CO_2 -foam dan minyak dengan lingkungan, ketika temperatur CO_2 -foam dan minyak lebih tinggi daripada temperatur lingkungan^[26].

4.4 Hasil Perhitungan *Oil Recovery* dan Biaya Operasional

Oil recovery merupakan jumlah *crude oil* yang terproduksi setelah penginjeksian CO_2 dan surfaktan ke dalam *reservoir*. Berdasarkan kondisi *input* yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 diperoleh nilai laju produksi *crude oil* sebesar 384.89 barrel per hari.

Pendapatan merupakan hasil penjualan minyak per hari, dan dinyatakan dalam persamaan (3.2). Dengan laju produksi minyak 248.39 barrel per hari, dan harga jual minyak yang digunakan sebagai acuan adalah harga minyak mentah jenis *West Texas Intermediate* (WTI) pada jangka 19 Mei 2019 hingga Juni 2019, yakni 54.31 USD/bbl, maka didapatkan nilai pendapatan sebesar 28143.33 USD/hari.

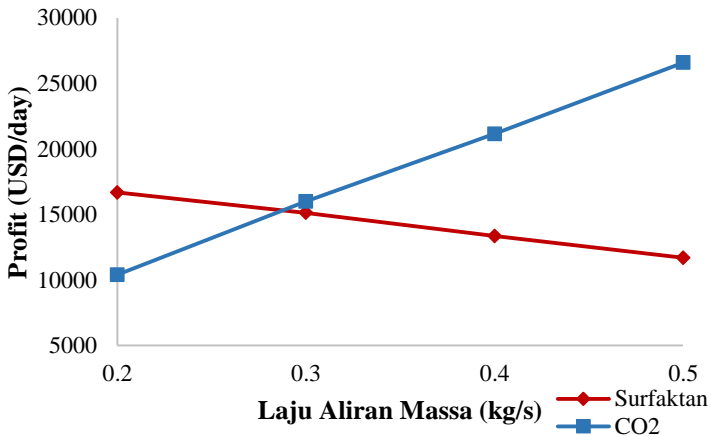
Volume CO_2 -foam yang terbawa ke *production line* diasumsikan sama dengan volume CO_2 -foam yang diinjeksikan pada *injection well*. Volume CO_2 dan surfaktan yang diinjeksikan dengan kondisi *input* sesuai pada Tabel 4.1 adalah masing-masing 0.5 MMscfd. Biaya pengadaan CO_2 -foam dihitung menggunakan persamaan (3.28) dan diperoleh biaya sebesar 13523.64 USD/hari. Biaya pengolahan CO_2 -foam dihitung menggunakan persamaan (3.29), sehingga didapatkan biaya sebesar 835.98 USD/hari. Sedangkan biaya operasional kompresor dapat dihitung menggunakan persamaan (3.30) dan (3.31), sehingga didapatkan biaya operasional pompa sebesar 94.44 USD/hari. Perhitungan nilai profit merupakan total pendapatan dikurangi dengan biaya pengadaan CO_2 -foam, biaya recycling CO_2 -foam dan biaya operasional pompa pada kondisi operasi parameter input sesuai dengan Tabel 4.1, dan didapatkan hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Perhitungan profit CO_2 -foam EOR

Parameter	Nilai	Satuan
Pendapatan	28143.33584	USD/hari
Biaya CO_2 -foam	13523.6413	USD/hari
Biaya recycling CO_2 -foam	835.9820537	USD/hari
Biaya Operasional Pompa	94.44245205	USD/hari
Profit	13689.27	USD/hari

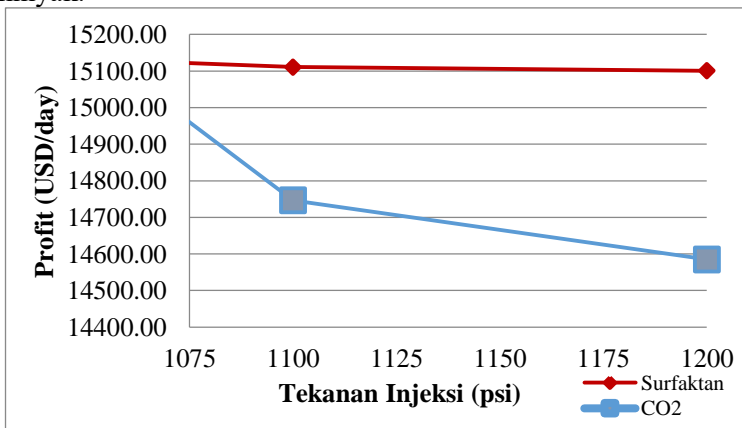
4.5 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan salah satu dari variabel yang dioptimisasi terhadap estimasi nilai profit yang akan didapatkan. Pada Gambar 4.7 menampilkan grafik analisis sensitivitas perubahan laju aliran massa injeksi terhadap profit dengan tekanan, temperatur dan konsentrasi surfaktan tetap. Grafik tersebut menunjukkan peningkatan laju aliran massa untuk CO_2 diikuti oleh kenaikan profit, sedangkan untuk surfaktan terjadi penurunan profit.



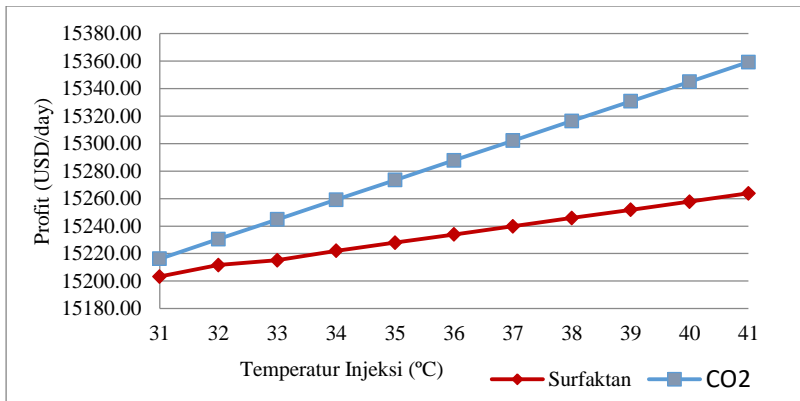
Gambar 4.7 Grafik analisis sensitivitas perubahan laju aliran massa CO₂ dan surfaktan terhadap profit

Penurunan profit pada setiap kenaikan laju aliran massa surfaktan terjadi karena harga pembelian surfaktan yang mahal, meskipun massa injeksi mempengaruhi penambahan *recovery* minyak.



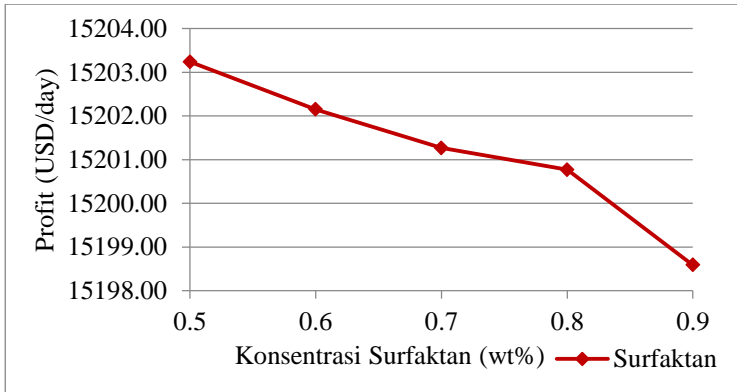
Gambar 4.8 Grafik analisis sensitivitas perubahan tekanan injeksi CO₂ dan surfaktan terhadap profit

Analisis sensitivitas untuk tekanan injeksi CO₂ dan surfaktan sebagai variabel terhadap profit dengan laju aliran massa, temperatur dan konsentrasi surfaktan yang konstan ditunjukkan pada Gambar 4.8. Pada grafik tersebut terlihat bahwa kenaikan tekanan injeksi akan menurunkan profit yang didapatkan. Pada surfaktan, kenaikan tekanan injeksi memberikan pengaruh penurunan profit yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan CO₂.



Gambar 4.9 Grafik sensitivitas perubahan temperatur injeksi CO₂ dan surfaktan terhadap profit

Analisis sensitivitas untuk temperatur injeksi CO₂ dan surfaktan sebagai variabel terhadap profit dengan laju aliran massa, tekanan dan konsentrasi surfaktan yang konstan ditunjukkan pada Gambar 4.9. Pada grafik tersebut terlihat bahwa kenaikan nilai temperatur injeksi akan meningkatkan profit yang didapatkan.



Gambar 4.10 Grafik sensitivitas perubahan konsentrasi injeksi surfaktan terhadap profit

Analisis sensitivitas selanjutnya dilakukan dengan perubahan pada konsentrasi injeksi surfaktan dengan laju aliran massa, temperatur dan tekanan injeksi yang tetap terhadap profit yang ditunjukkan pada Gambar 4.10. Grafik tersebut menunjukkan bahwa kenaikan nilai dari konsentrasi injeksi surfaktan akan menurunkan profit yang didapat.

Dari beberapa grafik tersebut, laju aliran massa injeksi merupakan variabel optimisasi yang lebih sensitif dibandingkan dengan variabel temperatur injeksi, tekanan injeksi dan konsentrasi injeksi, karena perubahan laju aliran massa injeksi memberikan perubahan volume injeksi yang lebih banyak, semakin banyak volume injeksi maka produksi minyak akan lebih tinggi dan biaya pengadaan akan semakin besar.

Variabel optimisasi yang lain juga dapat memengaruhi profit seiring bertambahnya nilai dari variabel-variabel tersebut. Seperti pada tekanan injeksi dan konsentrasi surfaktan. Pada tekanan injeksi terjadi karena meningkatnya tekanan injeksi CO₂ dan surfaktan akan menambah biaya operasional pompa sehingga dapat menurunkan profit. Pada konsentrasi surfaktan, semakin banyak konsentrasi surfaktan yang dibutuhkan akan menurunkan profit, hal ini disebabkan oleh semakin tinggi nilai konsentrasi

maka akan semakin banyak massa yang diinjeksikan, semakin banyak massa yang diinjeksikan maka semakin tinggi biaya yang diperlukan. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah *driving force* atau penggerak dari aliran fluida CO₂ dan surfaktan adalah tekanan, hal tersebut menyebabkan laju aliran massa yang besar membutuhkan tekanan yang besar pula. Sedangkan dalam analisis sensitivitas, laju aliran massa injeksi dan tekanan injeksi mengakibatkan kenaikan dan penurunan profit. Sehingga untuk mendapatkan profit yang maksimal maka dibutuhkan kombinasi laju aliran massa injeksi, tekanan injeksi, temperatur injeksi dan konsentrasi injeksi surfaktan yang optimum.

4.6 Optimisasi CO₂-Foam Flood Operation

Fungsi objektif dari optimisasi ini adalah profit, yang merupakan jumlah dari pendapatan dari penjualan minyak dikurangi biaya pembelian CO₂ dan surfaktan, biaya *recycling* dan biaya operasional pompa. Variabel yang dioptimisasi adalah laju aliran massa injeksi, tekanan injeksi, temperatur injeksi dan konsentrasi surfaktan. *Constrain* (batasan) yang diambil ialah laju aliran massa injeksi (\dot{m}) sebesar 0.2 - 0.5 kg/s, tekanan injeksi (P) sebesar 1071, 1100 dan 1200 psi, temperatur (T) sebesar 31-40°C dan konsentrasi surfaktan sebesar 0.2 – 0.9 wt%. Teknik optimisasi *stochastics algorithms* yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah GA dan DA. Berdasarkan hasil optimisasi diperoleh hasil terbaik dari setiap jenis teknik optimisasi dapat dilihat pada Tabel 4.4 untuk hasil variabel yang yang dioptimisasi.

Hasil perhitungan pendapatan, biaya pengadaan CO₂ dan surfaktan, biaya recycling, biaya operasional pompa dan profit pada setiap teknik optimisasi berdasarkan hasil variabel yang dioptimisasi dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan 4.6.

Tabel 4.4 Variabel-variabel optimal pada kondisi operasi CO₂-foam flood

Variabel yang dioptimisasi	Teknik Optimisasi	
	GA	DA
Tekanan Injeksi CO ₂	1071.99	1093.62

Tabel 4.4 (Lanjutan)

Tekanan Injeksi Surfaktan	1110.201	1120.721
Laju aliran massa CO ₂	0.4505	0.4268
Laju aliran massa Surfaktan	0.3044	0.3197
Temperatur Injeksi CO ₂	40.9071	38.6128
Temperatur Injeksi Surfaktan	39.812	31.6921
Konsentrasi Surfaktan	0.7102	0.7521

Tabel 4.5 Perhitungan profit CO₂-foam EOR setelah dioptimisasi dengan GA

Parameter	Nilai	Satuan
Pendapatan	31053.86	USD/hari
Biaya CO ₂ dan Surfaktan	11702.21	USD/hari
Biaya <i>Recycling</i>	1210.50	USD/hari
Biaya Operasional Pompa	12.51	USD/hari
Profit	18128.64	USD/hari

Tabel 4.6 Perhitungan profit CO₂-foam EOR setelah dioptimisasi dengan DA

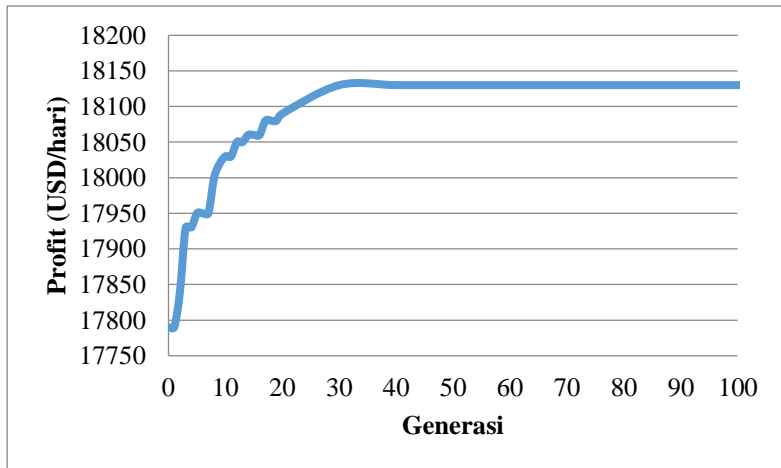
Parameter	Nilai	Satuan
Pendapatan	30842.47	USD/hari
Biaya CO ₂ dan Surfaktan	12756.88	USD/hari
Biaya <i>Recycling</i>	632.08	USD/hari
Biaya Operasional Pompa	14.68	USD/hari
Profit	17438.83	USD/hari

Hasil variabel yang telah dioptimisasi tersebut kemudian dibandingkan pada teknik optimisasi menggunakan GA dan DA untuk mengetahui teknik optimisasi yang dapat memperoleh hasil paling maksimum terhadap nilai profit. Tabel 4.7 menunjukkan hasil nilai profit dari CO₂-foam EOR setelah dioptimisasi dengan dua jenis teknik optimisasi tersebut.

Tabel 4.7 Hasil profit CO₂-foam EOR setelah dioptimisasi

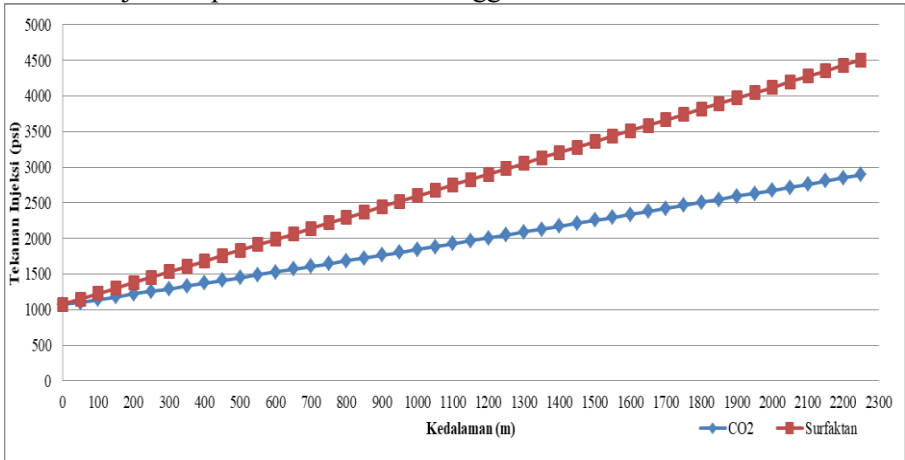
Teknik Optimisasi	Profit	Satuan	Peningkatan (%)
GA	18128.64	USD/hari	32.43 %
DA	17438.83	USD/hari	27.39 %

Berdasarkan hasil profit dari kedua jenis teknik optimisasi diperoleh hasil optimisasi terbaik dari teknik optimisasi GA dengan hasil plot fitness terbaik setiap generasi pada proses optimisasi GA ditunjukkan pada Gambar 4.11. Proses optimisasi GA menghasilkan nilai profit sebesar 18128.64 USD/hari atau mengalami peningkatan profit dibandingkan sebelum dilakukan optimisasi sebesar 32.43 %, sedangkan optimisasi dengan DA menghasilkan nilai profit sebesar 17438.83 USD/hari yang lebih rendah dibandingkan dengan GA dengan peningkatan 27.39 %.

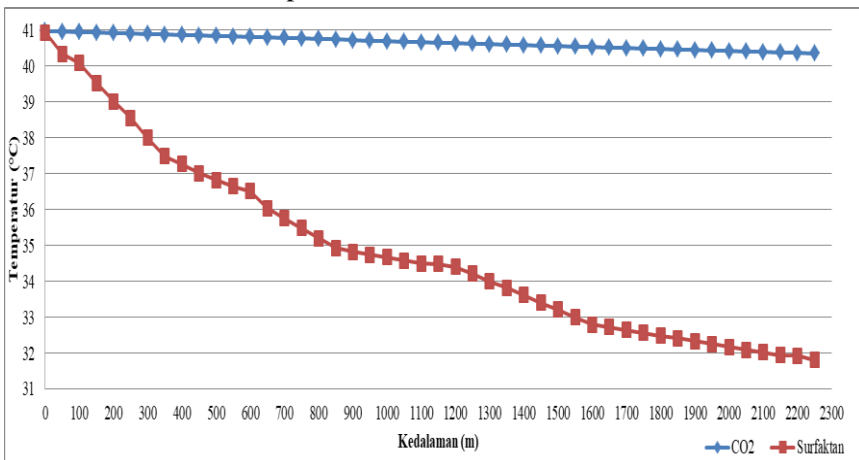
**Gambar 4.11** Plot fitness terbaik setiap generasi GA

Dengan parameter input sesuai dengan Tabel 4.4 untuk hasil optimisasi GA, maka plot grafik tekanan dan temperatur

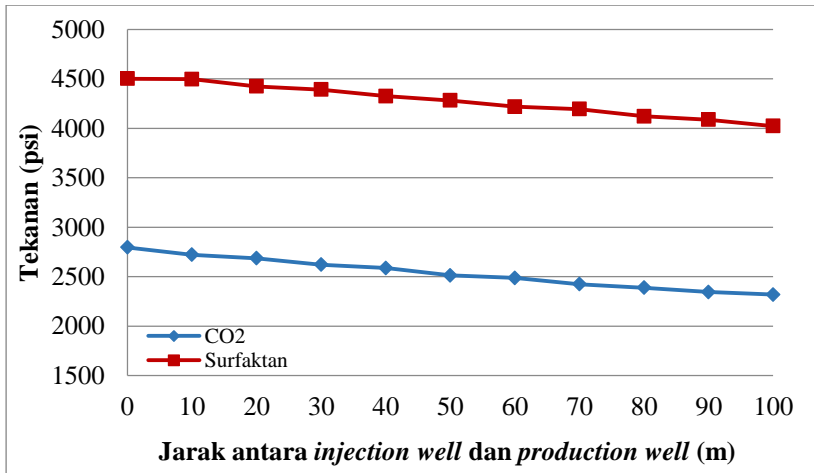
CO₂-foam EOR pada *injection* hingga *production well* ditunjukkan pada Gambar 4.12 hingga 4.17.



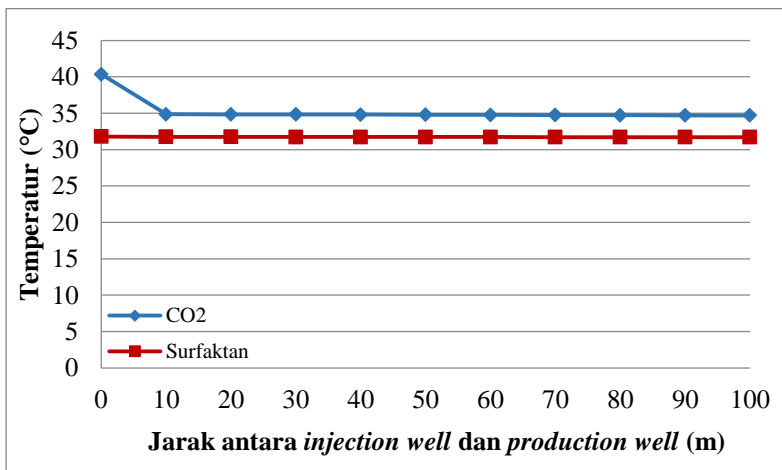
Gambar 4.12 Grafik tekanan injeksi CO₂-foam terhadap kedalaman pada *injection well* setelah dilakukan optimisasi



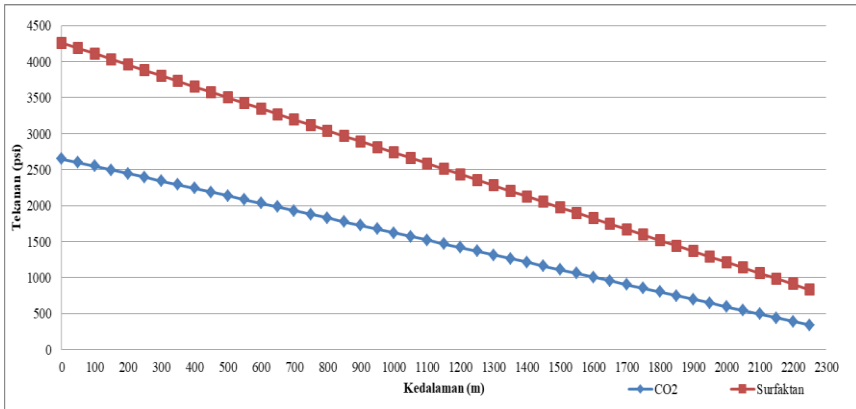
Gambar 4.13 Grafik temperatur injeksi CO₂-foam terhadap kedalaman pada *injection well* setelah dilakukan optimisasi



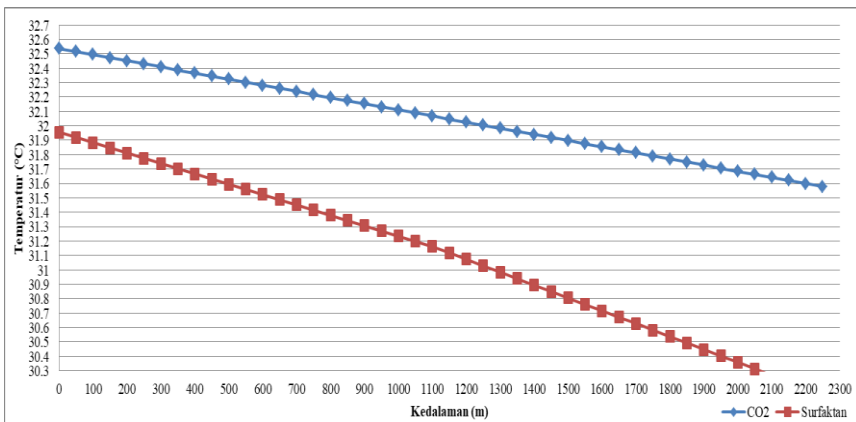
Gambar 4.14 Grafik tekanan CO₂-foam terhadap kedalaman pada reservoir setelah dilakukan optimisasi



Gambar 4.15 Grafik temperatur CO₂-foam terhadap kedalaman pada injection well setelah dilakukan optimisasi



Gambar 4.16 Grafik tekanan CO₂-foam pada *production well* setelah dilakukan optimisasi



Gambar 4.17 Grafik temperatur CO₂-foam pada *production well* setelah dilakukan optimisasi

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari hasil tugas akhir mengenai optimisasi kondisi operasi *CO₂-foam flood* EOR adalah sebagai berikut.

1. Pemodelan *CO₂-foam flood* EOR pada *injection well* didapatkan hasil rata-rata error untuk tekanan sebesar 1.46 % dan temperatur sebesar 0.17 % untuk injeksi *CO₂*, sedangkan penginjeksian menggunakan surfaktan didapatkan hasil rata-rata error untuk tekanan sebesar 0.70 % dan temperatur sebesar 0.09 %. dan *production well* menunjukkan rata-rata error secara berurutan sebesar 0.45 % dan temperatur sebesar 0.11 % untuk injeksi *CO₂*, sedangkan penginjeksian menggunakan surfaktan didapatkan hasil rata-rata error untuk tekanan sebesar 0.03 % dan temperatur sebesar 0.7 % jika dibandingkan dengan *software* PIPESIM. Pada *reservoir* menunjukkan rata-rata error sebesar 0.01 % dan temperatur sebesar 0.007 % untuk injeksi *CO₂*, sedangkan penginjeksian menggunakan surfaktan didapatkan hasil rata-rata error untuk tekanan sebesar 0.02 % dan temperatur sebesar 0.1 % jika dibandingkan dengan *software* COMSOL *Multiphysics*.
2. Berdasarkan analisis sensitivitas, fungsi objektif (profit) dipengaruhi oleh variabel-variabel input berupa laju aliran massa, tekanan injeksi, temperatur dan konsentrasi dari *CO₂* dan surfaktan. Pada injeksi *CO₂*, profit akan meningkat jika laju aliran massa dan temperatur meningkat. Penurunan profit terjadi jika tekanan injeksi *CO₂* meningkat. Pada injeksi surfaktan, profit akan meningkat jika temperatur injeksi meningkat. Penurunan profit terjadi jika laju aliran massa, konsentrasi dan tekanan injeksi surfaktan meningkat.
3. Hasil optimisasi menunjukkan perbedaan profit yang didapatkan. Berdasarkan hasil profit dari kedua jenis teknik optimisasi diperoleh hasil optimisasi terbaik dari teknik optimisasi GA dengan hasil plot fitness terbaik setiap

generasi. Proses optimisasi GA menghasilkan nilai profit sebesar 18128.64 USD/hari atau mengalami peningkatan profit dibandingkan sebelum dilakukan optimisasi sebesar 32.43 %, sedangkan optimisasi dengan DA menghasilkan nilai profit sebesar 17438.83 USD/hari yang lebih rendah dibandingkan dengan GA dengan peningkatan 27.39 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fahmi, Hadi, Fahrudin. "Analisis Provenance, Diagenesis Dan Lingkungan Pengendapan Serta Pengaruh Terhadap Kualitas Reservoir Batupasir Formasi Talang Akar, Sumur Fa-21, Cekungan Jawa Barat Utara", Semarang : Program Studi Teknik Geologi, Universitas Diponegoro. 2017.
- [2] Stefan Bachu. "Identification of oil reservoirs suitable for CO₂-EOR and CO₂ storage (CCUS) using reserves databases, with application to Alberta, Canada", International Journal of Greenhouse Gas Control: Elsevier, pp. 152-165, 2016.
- [3] Pinar, Yilmaz . Gary, Isaksen. 2007. ST55 - Oil and Gas of the Greater Caspian Area. USA : AAPG Geology
- [4] N. S. Alias, S. Ridha and U. Yerikania, "Effect of Chemical EOR on Class G Oilwell Cement Integrity under Elevated Conditions," *Elsevier*, pp. 1066-1073, 2016.
- [5] Rohayati Juita, Arneli, Yusniati. "Telaah Surfaktan untuk Proses Enhanced Oil Recovery (EOR) dan Profil Adsorpsi Surfaktan A-Olefin Sulfonates (AOS)", Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi, pp. 27-31, 2016.
- [6] P. James J. Sheng, Modern Chemical Enhanced Oil Recovery Theory and Practice, Kiddington, Oxford : Elsevier, 2011.
- [7] A. S. Dharma, "Simulation Studies of Foam for Enhanced Oil Recovery," *Petroleum Engineering*, pp. 10-11, 2013.
- [8] S. H. Talebian, R. Masoudi, I. M. Tan and P. L. J. Zitha, "Foam Assited CO₂-EOR : A Review of Concepts, Challenges, and Future Prospect," *Elsevier* , pp. 202-215, 2014.
- [9] S. Jong, N. M. Nguyen and C. M. Eberle, "Low Tension Gas Flooding as a Novel EOR Method : An Experimental and

Theoretical Investigation," *Society of Petroleum Engineers*, no. 1, 2016.

- [10] T. Ydstebø, "Enhanced Oil Recovery by CO₂ and CO₂ Foam in Fractured Carbonates," 2013.
- [11] J. S. Solbakken, "Experimental Studies of N₂ and CO₂-Foam Properties in Relation to Enhanced Oil Recovery Applications," *Centre for Integrated Petroleum Engineer*, 2015.
- [12] N. Zanganeh, "Simulation and Optimization of Foam EOR Process," Proefschriftmaken.nl, Teheran, 2011.
- [13] H. Hematpour, S. M. Mahmood, S. akbari and A. S. Asl, "Foam Modelling Approaches in Enhanced Oil Recovery : A Review," *Indian Journal of Science and Technology*, vol. IX, no. 22, 2016.
- [14] S. Chang and R. Grigg, "Effects of Foam Quality and Flow Rate on CO₂ Foam Behaviour at Reservoir Temperature and Pressure," *Society of Petroleum Engineers*, vol. II, no. 3, pp. 248-255, 1999.
- [15] A. Aronson, B. V., F. M.E. and R. C.J., "The influence of disjoining pressure on foam stability and flow in porous media," *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, no. 83, pp. 109-120, 1994.
- [16] Z. Khatib, G. Hirasaki and A. Falls, "Effects of Capillary Pressure on Coalescence and Phase Mobilities in Foams Flowing Through Porous Media," *Society of Petroleum Engineers*, pp. 919-926, 1988.
- [17] R. Farajzadeh, A. Andrianov and P. Zitha, "Foam Assisted Enhanced Oil Recovery at Miscible and Immiscible Conditions," *Society of Petroleum Engineers*, 2009.
- [18] S. Srichai, "Friction Factors for Single Phase Flow In Smooth and Rough Tubes," *Atomization and Sprays*, 2006.
- [19] A. Holland and R. Bragg, *Fluid Flow for Chemical Engineers*, London: Hodder Headline Group, 1973.

- [20] H. D. a. B. Beggs, "A Study of Two-Phase Flow in Inclined Pipes," *SPE-AIME*, pp. 616-617, 1973.
- [21] F. P. Incropera, D. P. Dewitt, T. L. Bergman and A. S. Lavine, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2005.
- [22] C. G. Gutierrez-Arriaga, M. Serna-Gonzalez, J. M. Ponce-Ortega and M. M. El-Halwagi, "Multi-objective optimization of steam power plants for sustainable generation of electricity," *Clean Technologies and Environmental Policy*, no. 4, pp. 551-566, 2013.
- [23] I. Fukai, S. Mishra and M. A. Moody, "Economic analysis of CO₂-Enhanced oil recovery in Ohio : Implications for carbon capture, utilization and storage in the Appalachian Basinregion," *International Journal of Greenhouse Gas Control*, no. 52, pp. 357-377, 2016.
- [24] Rizki, Rezha F,"Prediksi Posisi Kedalaman Batu-Pasir(*Sandstone*) Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Praproses Data PCA-PLS Berdasarkan Atribut Data *Well Logging*", Surabaya:Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 2016.
- [25] Klaas van 't Veld and Owen R. Phillips, "The Economics of Enhanced Oil Recovery: Estimating Incremental Oil Supply and CO₂ Demand in the Powder River Basin", *The Energy Journal*.
- [26] Ettehadtavakkol,A., Lake, L. W., Bryant, S.L., 2014. CO₂-EOR and storage design optimization, *Int. J. Greenh. Gas Control* 25, 79-92.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A Validasi Pemodelan Temperatur dan Tekanan pada *Injection Well*

Validasi model pada injection well dilakukan dengan membandingkan hasil model dengan hasil simulasi pada perangkat lunak PIPESIM. Pada Tabel A1, nilai laju aliran massa injeksi CO₂ divariasikan, tekanan dan temperatur injeksi yang tetap. Nilai variasi berada diantara nilai 0.2 hingga 0.5 kg/s.

Tabel A1 Validasi model injeksi CO₂ terhadap variasi laju aliran massa injeksi

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.2	0	1086.0000	30.7600	1071.0000	31.0000	1.3812	0.7802
0.2	50	1094.5200	30.7692	1108.6011	30.9802	1.2865	0.6857
0.2	100	1136.1920	30.7665	1146.3260	30.9620	0.8919	0.6356
0.2	150	1177.8640	30.7640	1184.1751	30.9453	0.5358	0.5893
0.2	200	1219.5360	30.7633	1222.1489	30.9300	0.2143	0.5417
0.2	250	1261.2080	30.7621	1260.2479	30.9159	0.0761	0.5000
0.2	300	1302.8800	30.7617	1298.4725	30.9030	0.3383	0.4593
0.2	350	1344.5520	30.7615	1336.8233	30.8911	0.5748	0.4214
0.2	400	1386.2240	30.7613	1375.3006	30.8803	0.7880	0.3868
0.2	450	1427.8960	30.7611	1413.9050	30.8703	0.9798	0.3550
0.2	500	1469.5680	30.7610	1452.6369	30.8611	1.1521	0.3255
0.2	550	1511.2400	30.7622	1491.4967	30.8527	1.3064	0.2943
0.2	600	1552.9120	30.7609	1530.4850	30.8450	1.4442	0.2735
0.2	650	1594.5840	30.7615	1569.6021	30.8380	1.5667	0.2487
0.2	700	1636.2560	30.7610	1608.8485	30.8315	1.6750	0.2291
0.2	750	1677.9280	30.7611	1648.2248	30.8256	1.7702	0.2094
0.2	800	1719.6000	30.7611	1687.7313	30.8201	1.8533	0.1919

Tabel A1 (Lanjutan)

M	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.2	850	1761.2720	30.7611	1727.3684	30.8151	1.9249	0.1756
0.2	900	1802.9440	30.7611	1767.1367	30.8105	1.9860	0.1608
0.2	950	1844.6160	30.7611	1807.0367	30.8064	2.0372	0.1471
0.2	1000	1886.2880	30.7610	1847.0686	30.8025	2.0792	0.1349
0.2	1050	1927.9600	30.7611	1887.2331	30.7990	2.1124	0.1232
0.2	1100	1969.6320	30.7638	1927.5305	30.7958	2.1375	0.1038
0.2	1150	2011.3040	30.7602	1967.9614	30.7928	2.1550	0.1060
0.2	1200	2052.9760	30.7615	2008.5261	30.7901	2.1651	0.0929
0.2	1250	2094.6480	30.7611	2049.2252	30.7876	2.1685	0.0863
0.2	1300	2136.3200	30.7612	2090.0590	30.7854	2.1655	0.0784
0.2	1350	2177.9920	30.7612	2131.0281	30.7833	2.1563	0.0718
0.2	1400	2219.6640	30.7611	2172.1328	30.7814	2.1414	0.0659
0.2	1450	2261.3360	30.7610	2213.3738	30.7796	2.1210	0.0604
0.2	1500	2303.0080	30.7611	2254.7513	30.7780	2.0954	0.0550
0.2	1550	2344.6800	30.7611	2296.2659	30.7766	2.0648	0.0504
0.2	1600	2386.3520	30.7611	2337.9181	30.7752	2.0296	0.0460
0.2	1650	2428.0240	30.7611	2379.7082	30.7740	1.9899	0.0420
0.2	1700	2469.6960	30.7611	2421.6368	30.7729	1.9460	0.0383
0.2	1750	2511.3680	30.7611	2463.7044	30.7719	1.8979	0.0349
0.2	1800	2553.0400	30.7612	2505.9113	30.7709	1.8460	0.0318
0.2	1850	2594.7120	30.7612	2548.2581	30.7701	1.7903	0.0290
0.2	1900	2636.3840	30.7612	2590.7453	30.7693	1.7311	0.0264
0.2	1950	2678.0560	30.7612	2633.3732	30.7686	1.6685	0.0240
0.2	2000	2719.7280	30.7612	2676.1424	30.7679	1.6026	0.0219
0.2	2050	2761.4000	30.7612	2719.0533	30.7673	1.5335	0.0199
0.2	2100	2803.0720	30.7612	2762.1065	30.7668	1.4615	0.0181

Tabel A1 (Lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.2	2150	2844.7440	30.7613	2805.3023	30.7663	1.3865	0.0164
0.2	2200	2886.4160	30.7613	2848.6413	30.7658	1.3087	0.0149
0.2	2250	2928.0880	30.7613	2892.1240	30.7654	1.2282	0.0135
0.3	0	1082.0000	30.7600	1071.0000	31.0000	1.0166	0.7802
0.3	50	1094.5200	30.7692	1108.6897	30.9782	1.2946	0.6791
0.3	100	1136.1920	30.7665	1146.5030	30.9583	0.9075	0.6234
0.3	150	1177.8640	30.7640	1184.4405	30.9402	0.5583	0.5727
0.3	200	1219.5360	30.7633	1222.5027	30.9238	0.2433	0.5215
0.3	250	1261.2080	30.7621	1260.6900	30.9088	0.0411	0.4769
0.3	300	1302.8800	30.7617	1299.0029	30.8952	0.2976	0.4340
0.3	350	1344.5520	30.7615	1337.4419	30.8829	0.5288	0.3945
0.3	400	1386.2240	30.7613	1376.0074	30.8716	0.7370	0.3587
0.3	450	1427.8960	30.7611	1414.7000	30.8614	0.9242	0.3261
0.3	500	1469.5680	30.7610	1453.5201	30.8521	1.0920	0.2962
0.3	550	1511.2400	30.7622	1492.4681	30.8437	1.2421	0.2650
0.3	600	1552.9120	30.7609	1531.5446	30.8361	1.3760	0.2442
0.3	650	1594.5840	30.7615	1570.7500	30.8291	1.4947	0.2198
0.3	700	1636.2560	30.7610	1610.0847	30.8228	1.5995	0.2007
0.3	750	1677.9280	30.7611	1649.5492	30.8170	1.6913	0.1817
0.3	800	1719.6000	30.7611	1689.1440	30.8118	1.7711	0.1649
0.3	850	1761.2720	30.7611	1728.8695	30.8071	1.8397	0.1495
0.3	900	1802.9440	30.7611	1768.7261	30.8028	1.8979	0.1356
0.3	950	1844.6160	30.7611	1808.7144	30.7989	1.9463	0.1228
0.3	1000	1886.2880	30.7610	1848.8348	30.7953	1.9856	0.1117
0.3	1050	1927.9600	30.7611	1889.0877	30.7921	2.0162	0.1009
0.3	1100	1969.6320	30.7638	1929.4736	30.7892	2.0389	0.0825

Tabel A1 (Lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.3	1150	2011.3040	30.7602	1969.9930	30.7866	2.0539	0.0857
0.3	1200	2052.9760	30.7615	2010.6462	30.7842	2.0619	0.0737
0.3	1250	2094.6480	30.7611	2051.4338	30.7820	2.0631	0.0681
0.3	1300	2136.3200	30.7612	2092.3563	30.7800	2.0579	0.0611
0.3	1350	2177.9920	30.7612	2133.4140	30.7782	2.0467	0.0554
0.3	1400	2219.6640	30.7611	2174.6074	30.7766	2.0299	0.0504
0.3	1450	2261.3360	30.7610	2215.9371	30.7751	2.0076	0.0459
0.3	1500	2303.0080	30.7611	2257.4034	30.7738	1.9802	0.0413
0.3	1550	2344.6800	30.7611	2299.0068	30.7726	1.9480	0.0375
0.3	1600	2386.3520	30.7611	2340.7478	30.7715	1.9110	0.0338
0.3	1650	2428.0240	30.7611	2382.6268	30.7705	1.8697	0.0306
0.3	1700	2469.6960	30.7611	2424.6443	30.7696	1.8242	0.0276
0.3	1750	2511.3680	30.7611	2466.8008	30.7688	1.7746	0.0249
0.3	1800	2553.0400	30.7612	2509.0968	30.7681	1.7212	0.0225
0.3	1850	2594.7120	30.7612	2551.5326	30.7674	1.6641	0.0203
0.3	1900	2636.3840	30.7612	2594.1088	30.7668	1.6035	0.0182
0.3	1950	2678.0560	30.7612	2636.8259	30.7662	1.5396	0.0164
0.3	2000	2719.7280	30.7612	2679.6843	30.7657	1.4723	0.0148
0.3	2050	2761.4000	30.7612	2722.6844	30.7653	1.4020	0.0133
0.3	2100	2803.0720	30.7612	2765.8268	30.7649	1.3287	0.0119
0.3	2150	2844.7440	30.7613	2809.1120	30.7645	1.2526	0.0107
0.3	2200	2886.4160	30.7613	2852.5403	30.7642	1.1736	0.0095
0.3	2250	2928.0880	30.7613	2896.1124	30.7639	1.0920	0.0085
0.4	0	1080.0000	30.7600	1071.0000	31.0000	0.8333	0.7802
0.4	50	1094.5200	30.7692	1108.8027	30.9768	1.3049	0.6745
0.4	100	1136.1920	30.7665	1146.7289	30.9558	0.9274	0.6153

Tabel A1 (Lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.4	150	1177.8640	30.7640	1184.7793	30.9368	0.5871	0.5616
0.4	200	1219.5360	30.7633	1222.9543	30.9196	0.2803	0.5081
0.4	250	1261.2080	30.7621	1261.2544	30.9041	0.0037	0.4617
0.4	300	1302.8800	30.7617	1299.6802	30.8901	0.2456	0.4174
0.4	350	1344.5520	30.7615	1338.2319	30.8775	0.4700	0.3770
0.4	400	1386.2240	30.7613	1376.9103	30.8661	0.6719	0.3406
0.4	450	1427.8960	30.7611	1415.7157	30.8558	0.8530	0.3077
0.4	500	1469.5680	30.7610	1454.6485	30.8464	1.0152	0.2777
0.4	550	1511.2400	30.7622	1493.7094	30.8380	1.1600	0.2465
0.4	600	1552.9120	30.7609	1532.8987	30.8305	1.2888	0.2260
0.4	650	1594.5840	30.7615	1572.2169	30.8236	1.4027	0.2020
0.4	700	1636.2560	30.7610	1611.6644	30.8174	1.5029	0.1834
0.4	750	1677.9280	30.7611	1651.2418	30.8118	1.5904	0.1649
0.4	800	1719.6000	30.7611	1690.9495	30.8068	1.6661	0.1486
0.4	850	1761.2720	30.7611	1730.7879	30.8023	1.7308	0.1338
0.4	900	1802.9440	30.7611	1770.7575	30.7982	1.7852	0.1206
0.4	950	1844.6160	30.7611	1810.8587	30.7945	1.8300	0.1086
0.4	1000	1886.2880	30.7610	1851.0921	30.7912	1.8659	0.0981
0.4	1050	1927.9600	30.7611	1891.4580	30.7882	1.8933	0.0880
0.4	1100	1969.6320	30.7638	1931.9570	30.7855	1.9128	0.0703
0.4	1150	2011.3040	30.7602	1972.5895	30.7830	1.9248	0.0742
0.4	1200	2052.9760	30.7615	2013.3558	30.7808	1.9299	0.0628
0.4	1250	2094.6480	30.7611	2054.2566	30.7788	1.9283	0.0578
0.4	1300	2136.3200	30.7612	2095.2923	30.7771	1.9205	0.0515
0.4	1350	2177.9920	30.7612	2136.4632	30.7755	1.9067	0.0464
0.4	1400	2219.6640	30.7611	2177.7699	30.7740	1.8874	0.0419

Tabel A1 (Lanjutan)

M	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.4	1450	2261.3360	30.7610	2219.2129	30.7727	1.8628	0.0379
0.4	1500	2303.0080	30.7611	2260.7926	30.7715	1.8331	0.0339
0.4	1550	2344.6800	30.7611	2302.5094	30.7705	1.7986	0.0306
0.4	1600	2386.3520	30.7611	2344.3638	30.7695	1.7595	0.0274
0.4	1650	2428.0240	30.7611	2386.3563	30.7687	1.7161	0.0246
0.4	1700	2469.6960	30.7611	2428.4874	30.7679	1.6686	0.0221
0.4	1750	2511.3680	30.7611	2470.7574	30.7672	1.6171	0.0198
0.4	1800	2553.0400	30.7612	2513.1670	30.7666	1.5618	0.0177
0.4	1850	2594.7120	30.7612	2555.7165	30.7660	1.5029	0.0158
0.4	1900	2636.3840	30.7612	2598.4064	30.7655	1.4405	0.0141
0.4	1950	2678.0560	30.7612	2641.2372	30.7651	1.3748	0.0126
0.4	2000	2719.7280	30.7612	2684.2094	30.7647	1.3060	0.0112
0.4	2050	2761.4000	30.7612	2727.3235	30.7643	1.2340	0.0100
0.4	2100	2803.0720	30.7612	2770.5798	30.7640	1.1592	0.0089
0.4	2150	2844.7440	30.7613	2813.9789	30.7637	1.0815	0.0079
0.4	2200	2886.4160	30.7613	2857.5213	30.7634	1.0011	0.0070
0.4	2250	2928.0880	30.7613	2901.2074	30.7632	0.9180	0.0062
0.5	0	1078.0000	30.7600	1071.0000	31.0000	0.6494	0.7802
0.5	50	1094.5200	30.7692	1108.9535	30.9756	1.3187	0.6707
0.5	100	1136.1920	30.7665	1147.0305	30.9536	0.9539	0.6084
0.5	150	1177.8640	30.7640	1185.2317	30.9339	0.6255	0.5523
0.5	200	1219.5360	30.7633	1223.5574	30.9162	0.3297	0.4969
0.5	250	1261.2080	30.7621	1262.0082	30.9003	0.0634	0.4491
0.5	300	1302.8800	30.7617	1300.5845	30.8860	0.1762	0.4038
0.5	350	1344.5520	30.7615	1339.2870	30.8731	0.3916	0.3628
0.5	400	1386.2240	30.7613	1378.1160	30.8616	0.5849	0.3259

Tabel A1 (Lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.5	450	1427.8960	30.7611	1417.0720	30.8512	0.7580	0.2928
0.5	500	1469.5680	30.7610	1456.1555	30.8419	0.9127	0.2628
0.5	550	1511.2400	30.7622	1495.3670	30.8335	1.0503	0.2318
0.5	600	1552.9120	30.7609	1534.7070	30.8260	1.1723	0.2116
0.5	650	1594.5840	30.7615	1574.1759	30.8193	1.2798	0.1879
0.5	700	1636.2560	30.7610	1613.7742	30.8132	1.3740	0.1697
0.5	750	1677.9280	30.7611	1653.5023	30.8078	1.4557	0.1517
0.5	800	1719.6000	30.7611	1693.3607	30.8029	1.5259	0.1361
0.5	850	1761.2720	30.7611	1733.3499	30.7986	1.5853	0.1218
0.5	900	1802.9440	30.7611	1773.4703	30.7947	1.6348	0.1092
0.5	950	1844.6160	30.7611	1813.7224	30.7912	1.6748	0.0977
0.5	1000	1886.2880	30.7610	1854.1067	30.7880	1.7061	0.0878
0.5	1050	1927.9600	30.7611	1894.6235	30.7852	1.7291	0.0783
0.5	1100	1969.6320	30.7638	1935.2735	30.7827	1.7444	0.0612
0.5	1150	2011.3040	30.7602	1976.0569	30.7804	1.7525	0.0656
0.5	1200	2052.9760	30.7615	2016.9743	30.7784	1.7536	0.0548
0.5	1250	2094.6480	30.7611	2058.0262	30.7765	1.7484	0.0503
0.5	1300	2136.3200	30.7612	2099.2129	30.7749	1.7370	0.0445
0.5	1350	2177.9920	30.7612	2140.5350	30.7735	1.7198	0.0399
0.5	1400	2219.6640	30.7611	2181.9929	30.7721	1.6972	0.0359
0.5	1450	2261.3360	30.7610	2223.5871	30.7710	1.6693	0.0323
0.5	1500	2303.0080	30.7611	2265.3181	30.7699	1.6366	0.0287
0.5	1550	2344.6800	30.7611	2307.1862	30.7690	1.5991	0.0258
0.5	1600	2386.3520	30.7611	2349.1921	30.7681	1.5572	0.0229
0.5	1650	2428.0240	30.7611	2391.3360	30.7674	1.5110	0.0204
0.5	1700	2469.6960	30.7611	2433.6186	30.7667	1.4608	0.0182

Tabel A1 (Lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.5	1750	2511.3680	30.7611	2476.0402	30.7661	1.4067	0.0162
0.5	1800	2553.0400	30.7612	2518.6014	30.7656	1.3489	0.0144
0.5	1850	2594.7120	30.7612	2561.3025	30.7651	1.2876	0.0128
0.5	1900	2636.3840	30.7612	2604.1442	30.7647	1.2229	0.0114
0.5	1950	2678.0560	30.7612	2647.1268	30.7643	1.1549	0.0101
0.5	2000	2719.7280	30.7612	2690.2508	30.7639	1.0838	0.0089
0.5	2050	2761.4000	30.7612	2733.5167	30.7636	1.0098	0.0079
0.5	2100	2803.0720	30.7612	2776.9250	30.7634	0.9328	0.0069
0.5	2150	2844.7440	30.7613	2820.4762	30.7631	0.8531	0.0061
0.5	2200	2886.4160	30.7613	2864.1707	30.7629	0.7707	0.0053
0.5	2250	2928.0880	30.7613	2908.0090	30.7627	0.6857	0.0046
AVERAGE TOTAL						1.4165	0.1760

Pada Tabel A2 tekanan injeksi CO₂ divariasikan dengan laju aliran massa dan temperatur injeksi tetap. Nilai variasi ditentukan antara 1071 hingga 1200 psia.

Tabel A2 Validasi model injeksi CO₂ terhadap variasi tekanan injeksi

P	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1071	0	1071.0000	30.7600	1071.0000	31.0000	0.0000	0.7802
1071	50	1094.5200	30.7692	1108.6897	30.9782	1.2946	0.6791
1071	100	1136.1920	30.7665	1146.5030	30.9583	0.9075	0.6234
1071	150	1177.8640	30.7640	1184.4405	30.9402	0.5583	0.5727
1071	200	1219.5360	30.7633	1222.5027	30.9238	0.2433	0.5215
1071	250	1261.2080	30.7621	1260.6900	30.9088	0.0411	0.4769
1071	300	1302.8800	30.7617	1299.0029	30.8952	0.2976	0.4340

Tabel A2 (lanjutan)

P	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1071	350	1344.5520	30.7615	1337.4419	30.8829	0.5288	0.3945
1071	400	1386.2240	30.7613	1376.0074	30.8716	0.7370	0.3587
1071	450	1427.8960	30.7611	1414.7000	30.8614	0.9242	0.3261
1071	500	1469.5680	30.7610	1453.5201	30.8521	1.0920	0.2962
1071	550	1511.2400	30.7622	1492.4681	30.8437	1.2421	0.2650
1071	600	1552.9120	30.7609	1531.5446	30.8361	1.3760	0.2442
1071	650	1594.5840	30.7615	1570.7500	30.8291	1.4947	0.2198
1071	700	1636.2560	30.7610	1610.0847	30.8228	1.5995	0.2007
1071	750	1677.9280	30.7611	1649.5492	30.8170	1.6913	0.1817
1071	800	1719.6000	30.7611	1689.1440	30.8118	1.7711	0.1649
1071	850	1761.2720	30.7611	1728.8695	30.8071	1.8397	0.1495
1071	900	1802.9440	30.7611	1768.7261	30.8028	1.8979	0.1356
1071	950	1844.6160	30.7611	1808.7144	30.7989	1.9463	0.1228
1071	1000	1886.2880	30.7610	1848.8348	30.7953	1.9856	0.1117
1071	1050	1927.9600	30.7611	1889.0877	30.7921	2.0162	0.1009
1071	1100	1969.6320	30.7638	1929.4736	30.7892	2.0389	0.0825
1071	1150	2011.3040	30.7602	1969.9930	30.7866	2.0539	0.0857
1071	1200	2052.9760	30.7615	2010.6462	30.7842	2.0619	0.0737
1071	1250	2094.6480	30.7611	2051.4338	30.7820	2.0631	0.0681
1071	1300	2136.3200	30.7612	2092.3563	30.7800	2.0579	0.0611
1071	1350	2177.9920	30.7612	2133.4140	30.7782	2.0467	0.0554
1071	1400	2219.6640	30.7611	2174.6074	30.7766	2.0299	0.0504
1071	1450	2261.3360	30.7610	2215.9371	30.7751	2.0076	0.0459
1071	1500	2303.0080	30.7611	2257.4034	30.7738	1.9802	0.0413
1071	1550	2344.6800	30.7611	2299.0068	30.7726	1.9480	0.0375
1071	1600	2386.3520	30.7611	2340.7478	30.7715	1.9110	0.0338

Tabel A2 (lanjutan)

P	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1071	1650	2428.0240	30.7611	2382.6268	30.7705	1.8697	0.0306
1071	1700	2469.6960	30.7611	2424.6443	30.7696	1.8242	0.0276
1071	1750	2511.3680	30.7611	2466.8008	30.7688	1.7746	0.0249
1071	1800	2553.0400	30.7612	2509.0968	30.7681	1.7212	0.0225
1071	1850	2594.7120	30.7612	2551.5326	30.7674	1.6641	0.0203
1071	1900	2636.3840	30.7612	2594.1088	30.7668	1.6035	0.0182
1071	1950	2678.0560	30.7612	2636.8259	30.7662	1.5396	0.0164
1071	2000	2719.7280	30.7612	2679.6843	30.7657	1.4723	0.0148
1071	2050	2761.4000	30.7612	2722.6844	30.7653	1.4020	0.0133
1071	2100	2803.0720	30.7612	2765.8268	30.7649	1.3287	0.0119
1071	2150	2844.7440	30.7613	2809.1120	30.7645	1.2526	0.0107
1071	2200	2886.4160	30.7613	2852.5403	30.7642	1.1736	0.0095
1071	2250	2928.0880	30.7613	2896.1124	30.7639	1.0920	0.0085
1100	0	1100.0000	30.7506	1100.0000	31.0000	0.0000	0.8109
1100	50	1094.5200	30.7507	1137.7855	30.9781	3.9529	0.7397
1100	100	1136.1920	30.7507	1175.6951	30.9582	3.4768	0.6750
1100	150	1177.8640	30.7507	1213.7291	30.9401	3.0449	0.6161
1100	200	1219.5360	30.7507	1251.8880	30.9237	2.6528	0.5626
1100	250	1261.2080	30.7507	1290.1725	30.9087	2.2966	0.5139
1100	300	1302.8800	30.7507	1328.5828	30.8951	1.9728	0.4696
1100	350	1344.5520	30.7507	1367.1196	30.8828	1.6784	0.4294
1100	400	1386.2240	30.7508	1405.7833	30.8715	1.4110	0.3928
1100	450	1427.8960	30.7508	1444.5743	30.8613	1.1680	0.3595
1100	500	1469.5680	30.7508	1483.4932	30.8521	0.9476	0.3293
1100	550	1511.2400	30.7508	1522.5404	30.8436	0.7478	0.3018
1100	600	1552.9120	30.7508	1561.7163	30.8360	0.5670	0.2769

Tabel A2 (lanjutan)

P	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1100	650	1594.5840	30.7508	1601.0214	30.8290	0.4037	0.2542
1100	700	1636.2560	30.7508	1640.4562	30.8227	0.2567	0.2336
1100	750	1677.9280	30.7509	1680.0211	30.8169	0.1247	0.2149
1100	800	1719.6000	30.7509	1719.7167	30.8117	0.0068	0.1979
1100	850	1761.2720	30.7509	1759.5433	30.8070	0.0982	0.1825
1100	900	1802.9440	30.7509	1799.5014	30.8027	0.1909	0.1685
1100	950	1844.6160	30.7509	1839.5914	30.7988	0.2724	0.1558
1100	1000	1886.2880	30.7509	1879.8139	30.7953	0.3432	0.1442
1100	1050	1927.9600	30.7509	1920.1693	30.7921	0.4041	0.1337
1100	1100	1969.6320	30.7510	1960.6580	30.7892	0.4556	0.1242
1100	1150	2011.3040	30.7510	2001.2805	30.7865	0.4984	0.1156
1100	1200	2052.9760	30.7510	2042.0372	30.7841	0.5328	0.1078
1100	1250	2094.6480	30.7510	2082.9287	30.7819	0.5595	0.1006
1100	1300	2136.3200	30.7510	2123.9553	30.7800	0.5788	0.0942
1100	1350	2177.9920	30.7510	2165.1175	30.7782	0.5911	0.0883
1100	1400	2219.6640	30.7510	2206.4158	30.7766	0.5969	0.0830
1100	1450	2261.3360	30.7511	2247.8507	30.7751	0.5963	0.0782
1100	1500	2303.0080	30.7511	2289.4226	30.7738	0.5899	0.0738
1100	1550	2344.6800	30.7511	2331.1319	30.7726	0.5778	0.0699
1100	1600	2386.3520	30.7511	2372.9791	30.7715	0.5604	0.0663
1100	1650	2428.0240	30.7511	2414.9648	30.7705	0.5379	0.0630
1100	1700	2469.6960	30.7511	2457.0893	30.7696	0.5105	0.0600
1100	1750	2511.3680	30.7511	2499.3532	30.7688	0.4784	0.0573
1100	1800	2553.0400	30.7512	2541.7568	30.7680	0.4420	0.0549
1100	1850	2594.7120	30.7512	2584.3007	30.7674	0.4013	0.0527
1100	1900	2636.3840	30.7512	2626.9853	30.7668	0.3565	0.0507

Tabel A2 (lanjutan)

P	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1100	1950	2678.0560	30.7512	2669.8111	30.7662	0.3079	0.0489
1100	2000	2719.7280	30.7512	2712.7787	30.7657	0.2555	0.0472
1100	2050	2761.4000	30.7512	2755.8883	30.7653	0.1996	0.0457
1100	2100	2803.0720	30.7512	2799.1406	30.7649	0.1403	0.0444
1100	2150	2844.7440	30.7513	2842.5360	30.7645	0.0776	0.0431
1100	2200	2886.4160	30.7513	2886.0749	30.7642	0.0118	0.0420
1100	2250	3018.0880	30.7513	2929.7580	30.7639	2.9267	0.0410
1200	0	1200.0000	30.7606	1200.0000	31.0000	0.0000	0.7781
1200	50	1224.5200	30.7607	1238.1161	30.9781	1.1103	0.7067
1200	100	1279.0400	30.7607	1276.3573	30.9581	0.2097	0.6418
1200	150	1293.5600	30.7607	1314.7241	30.9400	1.6361	0.5828
1200	200	1328.0800	30.7607	1353.2169	30.9235	1.8927	0.5292
1200	250	1362.6000	30.7607	1391.8364	30.9085	2.1456	0.4804
1200	300	1397.1200	30.7607	1430.5829	30.8949	2.3951	0.4361
1200	350	1431.6400	30.7607	1469.4569	30.8825	2.6415	0.3958
1200	400	1496.1600	30.7608	1508.4589	30.8712	0.8220	0.3592
1200	450	1530.6800	30.7608	1547.5894	30.8610	1.1047	0.3259
1200	500	1585.2000	30.7608	1586.8489	30.8517	0.1040	0.2957
1200	550	1629.7200	30.7608	1626.2378	30.8433	0.2137	0.2682
1200	600	1674.2400	30.7608	1665.7566	30.8357	0.5067	0.2433
1200	650	1718.7600	30.7608	1705.4057	30.8287	0.7770	0.2207
1200	700	1763.2800	30.7608	1745.1857	30.8224	1.0262	0.2001
1200	750	1807.8000	30.7609	1785.0970	30.8167	1.2558	0.1814
1200	800	1852.3200	30.7609	1825.1400	30.8115	1.4673	0.1645
1200	850	1896.8400	30.7609	1865.3152	30.8067	1.6620	0.1491
1200	900	1941.3600	30.7609	1905.6231	30.8025	1.8408	0.1351

Tabel A2 (lanjutan)

P	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1200	950	1985.8800	30.7609	1946.0642	30.7986	2.0049	0.1224
1200	1000	2030.4000	30.7609	1986.6388	30.7950	2.1553	0.1109
1200	1050	2074.9200	30.7609	2027.3474	30.7918	2.2927	0.1005
1200	1100	2119.4400	30.7610	2068.1906	30.7889	2.4181	0.0910
1200	1150	2163.9600	30.7610	2109.1688	30.7863	2.5320	0.0824
1200	1200	2208.4800	30.7610	2150.2824	30.7839	2.6352	0.0746
1200	1250	2253.0000	30.7610	2191.5319	30.7818	2.7283	0.0675
1200	1300	2297.5200	30.7610	2232.9177	30.7798	2.8118	0.0611
1200	1350	2342.0400	30.7610	2274.4404	30.7780	2.8864	0.0553
1200	1400	2386.5600	30.7610	2316.1003	30.7764	2.9524	0.0500
1200	1450	2431.0800	30.7611	2357.8980	30.7750	3.0103	0.0452
1200	1500	2475.6000	30.7611	2399.8339	30.7736	3.0605	0.0409
1200	1550	2520.1200	30.7611	2441.9085	30.7724	3.1035	0.0369
1200	1600	2564.6400	30.7611	2484.1223	30.7714	3.1395	0.0333
1200	1650	2609.1600	30.7611	2526.4756	30.7704	3.1690	0.0301
1200	1700	2653.6800	30.7611	2568.9690	30.7695	3.1922	0.0272
1200	1750	2698.2000	30.7611	2611.6030	30.7687	3.2094	0.0245
1200	1800	2742.7200	30.7612	2654.3781	30.7679	3.2210	0.0221
1200	1850	2787.2400	30.7612	2697.2946	30.7673	3.2270	0.0199
1200	1900	2831.7600	30.7612	2740.3531	30.7667	3.2279	0.0179
1200	1950	2876.2800	30.7612	2783.5540	30.7662	3.2238	0.0161
1200	2000	2920.8000	30.7612	2826.8979	30.7657	3.2149	0.0145
1200	2050	2965.3200	30.7612	2870.3851	30.7652	3.2015	0.0130
1200	2100	3009.8400	30.7612	2914.0163	30.7648	3.1837	0.0117
1200	2150	3054.3600	30.7613	2957.7918	30.7645	3.1617	0.0104
1200	2200	3098.8800	30.7613	3001.7121	30.7641	3.1356	0.0093

1200	2250	3143.4000	30.7613	3045.7778	30.7638	3.1056	0.0083
AVERAGE TOTAL						3.1356	0.1908

Pada Tabel A3 Temperatur injeksi CO₂ divariasikan dengan laju aliran massa dan tekanan injeksi tetap. Nilai variasi ditentukan antara 31 hingga 39 °C.

Tabel A3 Validasi model injeksi CO₂ terhadap variasi temperatur injeksi

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
31	0	1086.0000	30.7600	1071.0000	31.0000	1.3812	0.7802
31	50	1094.5200	30.7692	1108.6897	30.9782	1.2946	0.6791
31	100	1136.1920	30.7665	1146.5030	30.9583	0.9075	0.6234
31	150	1177.8640	30.7640	1184.4405	30.9402	0.5583	0.5727
31	200	1219.5360	30.7633	1222.5027	30.9238	0.2433	0.5215
31	250	1261.2080	30.7621	1260.6900	30.9088	0.0411	0.4769
31	300	1302.8800	30.7617	1299.0029	30.8952	0.2976	0.4340
31	350	1344.5520	30.7615	1337.4419	30.8829	0.5288	0.3945
31	400	1386.2240	30.7613	1376.0074	30.8716	0.7370	0.3587
31	450	1427.8960	30.7611	1414.7000	30.8614	0.9242	0.3261
31	500	1469.5680	30.7610	1453.5201	30.8521	1.0920	0.2962
31	550	1511.2400	30.7622	1492.4681	30.8437	1.2421	0.2650
31	600	1552.9120	30.7609	1531.5446	30.8361	1.3760	0.2442
31	650	1594.5840	30.7615	1570.7500	30.8291	1.4947	0.2198
31	700	1636.2560	30.7610	1610.0847	30.8228	1.5995	0.2007
31	750	1677.9280	30.7611	1649.5492	30.8170	1.6913	0.1817
31	800	1719.6000	30.7611	1689.1440	30.8118	1.7711	0.1649
31	850	1761.2720	30.7611	1728.8695	30.8071	1.8397	0.1495
31	900	1802.9440	30.7611	1768.7261	30.8028	1.8979	0.1356
31	950	1844.6160	30.7611	1808.7144	30.7989	1.9463	0.1228

Tabel A3 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
31	1000	1886.2880	30.7610	1848.8348	30.7953	1.9856	0.1117
31	1050	1927.9600	30.7611	1889.0877	30.7921	2.0162	0.1009
31	1100	1969.6320	30.7638	1929.4736	30.7892	2.0389	0.0825
31	1150	2011.3040	30.7602	1969.9930	30.7866	2.0539	0.0857
31	1200	2052.9760	30.7615	2010.6462	30.7842	2.0619	0.0737
31	1250	2094.6480	30.7611	2051.4338	30.7820	2.0631	0.0681
31	1300	2136.3200	30.7612	2092.3563	30.7800	2.0579	0.0611
31	1350	2177.9920	30.7612	2133.4140	30.7782	2.0467	0.0554
31	1400	2219.6640	30.7611	2174.6074	30.7766	2.0299	0.0504
31	1450	2261.3360	30.7610	2215.9371	30.7751	2.0076	0.0459
31	1500	2303.0080	30.7611	2257.4034	30.7738	1.9802	0.0413
31	1550	2344.6800	30.7611	2299.0068	30.7726	1.9480	0.0375
31	1600	2386.3520	30.7611	2340.7478	30.7715	1.9110	0.0338
31	1650	2428.0240	30.7611	2382.6268	30.7705	1.8697	0.0306
31	1700	2469.6960	30.7611	2424.6443	30.7696	1.8242	0.0276
31	1750	2511.3680	30.7611	2466.8008	30.7688	1.7746	0.0249
31	1800	2553.0400	30.7612	2509.0968	30.7681	1.7212	0.0225
31	1850	2594.7120	30.7612	2551.5326	30.7674	1.6641	0.0203
31	1900	2636.3840	30.7612	2594.1088	30.7668	1.6035	0.0182
31	1950	2678.0560	30.7612	2636.8259	30.7662	1.5396	0.0164
31	2000	2719.7280	30.7612	2679.6843	30.7657	1.4723	0.0148
31	2050	2761.4000	30.7612	2722.6844	30.7653	1.4020	0.0133
31	2100	2803.0720	30.7612	2765.8268	30.7649	1.3287	0.0119
31	2150	2844.7440	30.7613	2809.1120	30.7645	1.2526	0.0107
31	2200	2886.4160	30.7613	2852.5403	30.7642	1.1736	0.0095
31	2250	2928.0880	30.7613	2896.1124	30.7639	1.0920	0.0085

Tabel A3 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
32	0	1086.0000	30.7600	1071.0000	32.0000	1.3812	4.0312
32	50	1094.5200	30.7692	1108.7319	31.8866	1.2985	3.6317
32	100	1136.1920	30.7665	1146.5837	31.7835	0.9146	3.3058
32	150	1177.8640	30.7640	1184.5563	31.6898	0.5682	3.0092
32	200	1219.5360	30.7633	1222.6504	31.6045	0.2554	2.7343
32	250	1261.2080	30.7621	1260.8669	31.5269	0.0270	2.4863
32	300	1302.8800	30.7617	1299.2065	31.4564	0.2820	2.2584
32	350	1344.5520	30.7615	1337.6698	31.3924	0.5119	2.0508
32	400	1386.2240	30.7613	1376.2576	31.3341	0.7190	1.8621
32	450	1427.8960	30.7611	1414.9706	31.2812	0.9052	1.6907
32	500	1469.5680	30.7610	1453.8093	31.2331	1.0723	1.5345
32	550	1511.2400	30.7622	1492.7743	31.1894	1.2219	1.3886
32	600	1552.9120	30.7609	1531.8664	31.1496	1.3552	1.2637
32	650	1594.5840	30.7615	1571.0861	31.1136	1.4736	1.1446
32	700	1636.2560	30.7610	1610.4339	31.0808	1.5781	1.0395
32	750	1677.9280	30.7611	1649.9105	31.0510	1.6698	0.9424
32	800	1719.6000	30.7611	1689.5163	31.0240	1.7495	0.8547
32	850	1761.2720	30.7611	1729.2520	30.9995	1.8180	0.7749
32	900	1802.9440	30.7611	1769.1180	30.9772	1.8762	0.7025
32	950	1844.6160	30.7611	1809.1150	30.9570	1.9246	0.6368
32	1000	1886.2880	30.7610	1849.2434	30.9386	1.9639	0.5774
32	1050	1927.9600	30.7611	1889.5037	30.9220	1.9947	0.5230
32	1100	1969.6320	30.7638	1929.8964	30.9069	2.0174	0.4649
32	1150	2011.3040	30.7602	1970.4221	30.8931	2.0326	0.4322
32	1200	2052.9760	30.7615	2011.0813	30.8807	2.0407	0.3875
32	1250	2094.6480	30.7611	2051.8745	30.8694	2.0420	0.3523

Tabel A3 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
32	1300	2136.3200	30.7612	2092.8020	30.8592	2.0371	0.3185
32	1350	2177.9920	30.7612	2133.8646	30.8499	2.0261	0.2884
32	1400	2219.6640	30.7611	2175.0625	30.8415	2.0094	0.2614
32	1450	2261.3360	30.7610	2216.3964	30.8339	1.9873	0.2368
32	1500	2303.0080	30.7611	2257.8667	30.8270	1.9601	0.2141
32	1550	2344.6800	30.7611	2299.4739	30.8207	1.9280	0.1939
32	1600	2386.3520	30.7611	2341.2185	30.8150	1.8913	0.1753
32	1650	2428.0240	30.7611	2383.1009	30.8099	1.8502	0.1586
32	1700	2469.6960	30.7611	2425.1217	30.8052	1.8049	0.1434
32	1750	2511.3680	30.7611	2467.2812	30.8010	1.7555	0.1296
32	1800	2553.0400	30.7612	2509.5801	30.7972	1.7023	0.1172
32	1850	2594.7120	30.7612	2552.0188	30.7937	1.6454	0.1059
32	1900	2636.3840	30.7612	2594.5977	30.7906	1.5850	0.0956
32	1950	2678.0560	30.7612	2637.3174	30.7878	1.5212	0.0864
32	2000	2719.7280	30.7612	2680.1783	30.7852	1.4542	0.0780
32	2050	2761.4000	30.7612	2723.1809	30.7829	1.3840	0.0704
32	2100	2803.0720	30.7612	2766.3257	30.7808	1.3109	0.0635
32	2150	2844.7440	30.7613	2809.6132	30.7789	1.2349	0.0573
32	2200	2886.4160	30.7613	2853.0438	30.7771	1.1562	0.0516
32	2250	2928.0880	30.7613	2896.6181	30.7756	1.0748	0.0465
33	0	1086.0000	30.7600	1071.0000	33.0000	1.3812	7.2822
33	50	1094.5200	30.7692	1108.7740	32.7950	1.3023	6.5839
33	100	1136.1920	30.7665	1146.6643	32.6086	0.9217	5.9876
33	150	1177.8640	30.7640	1184.6720	32.4391	0.5780	5.4449
33	200	1219.5360	30.7633	1222.7981	32.2850	0.2675	4.9463
33	250	1261.2080	30.7621	1261.0438	32.1448	0.0130	4.4948

Tabel A3 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
33	300	1302.8800	30.7617	1299.4101	32.0174	0.2663	4.0819
33	350	1344.5520	30.7615	1337.8977	31.9016	0.4949	3.7062
33	400	1386.2240	30.7613	1376.5078	31.7963	0.7009	3.3647
33	450	1427.8960	30.7611	1415.2411	31.7007	0.8863	3.0543
33	500	1469.5680	30.7610	1454.0984	31.6137	1.0527	2.7720
33	550	1511.2400	30.7622	1493.0805	31.5347	1.2016	2.5113
33	600	1552.9120	30.7609	1532.1881	31.4630	1.3345	2.2823
33	650	1594.5840	30.7615	1571.4221	31.3978	1.4525	2.0686
33	700	1636.2560	30.7610	1610.7830	31.3386	1.5568	1.8776
33	750	1677.9280	30.7611	1650.2716	31.2848	1.6482	1.7025
33	800	1719.6000	30.7611	1689.8885	31.2360	1.7278	1.5439
33	850	1761.2720	30.7611	1729.6344	31.1917	1.7963	1.3997
33	900	1802.9440	30.7611	1769.5098	31.1514	1.8544	1.2690
33	950	1844.6160	30.7611	1809.5154	31.1149	1.9029	1.1502
33	1000	1886.2880	30.7610	1849.6517	31.0818	1.9422	1.0427
33	1050	1927.9600	30.7611	1889.9194	31.0517	1.9731	0.9446
33	1100	1969.6320	30.7638	1930.3190	31.0244	1.9960	0.8469
33	1150	2011.3040	30.7602	1970.8511	30.9996	2.0113	0.7783
33	1200	2052.9760	30.7615	2011.5162	30.9771	2.0195	0.7010
33	1250	2094.6480	30.7611	2052.3149	30.9568	2.0210	0.6362
33	1300	2136.3200	30.7612	2093.2476	30.9383	2.0162	0.5756
33	1350	2177.9920	30.7612	2134.3149	30.9215	2.0054	0.5212
33	1400	2219.6640	30.7611	2175.5174	30.9063	1.9889	0.4721
33	1450	2261.3360	30.7610	2216.8555	30.8926	1.9670	0.4276
33	1500	2303.0080	30.7611	2258.3298	30.8801	1.9400	0.3868
33	1550	2344.6800	30.7611	2299.9408	30.8688	1.9081	0.3501

Tabel A3 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
33	1600	2386.3520	30.7611	2341.6889	30.8585	1.8716	0.3167
33	1650	2428.0240	30.7611	2383.5747	30.8492	1.8307	0.2865
33	1700	2469.6960	30.7611	2425.5987	30.8408	1.7855	0.2591
33	1750	2511.3680	30.7611	2467.7614	30.8332	1.7364	0.2342
33	1800	2553.0400	30.7612	2510.0632	30.8263	1.6834	0.2118
33	1850	2594.7120	30.7612	2552.5047	30.8200	1.6267	0.1914
33	1900	2636.3840	30.7612	2595.0864	30.8144	1.5664	0.1730
33	1950	2678.0560	30.7612	2637.8087	30.8093	1.5029	0.1563
33	2000	2719.7280	30.7612	2680.6721	30.8046	1.4360	0.1411
33	2050	2761.4000	30.7612	2723.6772	30.8004	1.3661	0.1274
33	2100	2803.0720	30.7612	2766.8244	30.7966	1.2931	0.1151
33	2150	2844.7440	30.7613	2810.1142	30.7932	1.2173	0.1038
33	2200	2886.4160	30.7613	2853.5470	30.7901	1.1387	0.0937
33	2250	2928.0880	30.7613	2897.1235	30.7873	1.0575	0.0845
34	0	1086.0000	30.7600	1071.0000	34.0000	1.3812	10.5332
34	50	1094.5200	30.7692	1108.8162	33.7033	1.3062	9.5359
34	100	1136.1920	30.7665	1146.7450	33.4336	0.9288	8.6688
34	150	1177.8640	30.7640	1184.7877	33.1882	0.5878	7.8800
34	200	1219.5360	30.7633	1222.9458	32.9652	0.2796	7.1574
34	250	1261.2080	30.7621	1261.2207	32.7624	0.0010	6.5025
34	300	1302.8800	30.7617	1299.6136	32.5781	0.2507	5.9046
34	350	1344.5520	30.7615	1338.1256	32.4105	0.4780	5.3607
34	400	1386.2240	30.7613	1376.7579	32.2582	0.6829	4.8663
34	450	1427.8960	30.7611	1415.5115	32.1199	0.8673	4.4171
34	500	1469.5680	30.7610	1454.3874	31.9941	1.0330	4.0086
34	550	1511.2400	30.7622	1493.3865	31.8799	1.1814	3.6332

Tabel A3 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
34	600	1552.9120	30.7609	1532.5097	31.7761	1.3138	3.3001
34	650	1594.5840	30.7615	1571.7579	31.6818	1.4315	2.9918
34	700	1636.2560	30.7610	1611.1320	31.5962	1.5355	2.7150
34	750	1677.9280	30.7611	1650.6326	31.5184	1.6267	2.4618
34	800	1719.6000	30.7611	1690.2605	31.4478	1.7062	2.2324
34	850	1761.2720	30.7611	1730.0166	31.3837	1.7746	2.0240
34	900	1802.9440	30.7611	1769.9013	31.3255	1.8327	1.8348
34	950	1844.6160	30.7611	1809.9156	31.2727	1.8812	1.6631
34	1000	1886.2880	30.7610	1850.0599	31.2247	1.9206	1.5076
34	1050	1927.9600	30.7611	1890.3350	31.1812	1.9515	1.3658
34	1100	1969.6320	30.7638	1930.7415	31.1418	1.9745	1.2285
34	1150	2011.3040	30.7602	1971.2799	31.1060	1.9900	1.1240
34	1200	2052.9760	30.7615	2011.9509	31.0735	1.9983	1.0141
34	1250	2094.6480	30.7611	2052.7550	31.0440	2.0000	0.9198
34	1300	2136.3200	30.7612	2093.6929	31.0173	1.9954	0.8324
34	1350	2177.9920	30.7612	2134.7651	30.9931	1.9847	0.7538
34	1400	2219.6640	30.7611	2175.9720	30.9711	1.9684	0.6826
34	1450	2261.3360	30.7610	2217.3144	30.9512	1.9467	0.6181
34	1500	2303.0080	30.7611	2258.7927	30.9331	1.9199	0.5592
34	1550	2344.6800	30.7611	2300.4074	30.9168	1.8882	0.5062
34	1600	2386.3520	30.7611	2342.1591	30.9019	1.8519	0.4579
34	1650	2428.0240	30.7611	2384.0483	30.8885	1.8112	0.4142
34	1700	2469.6960	30.7611	2426.0756	30.8764	1.7662	0.3746
34	1750	2511.3680	30.7611	2468.2413	30.8653	1.7173	0.3387
34	1800	2553.0400	30.7612	2510.5461	30.8554	1.6644	0.3062
34	1850	2594.7120	30.7612	2552.9904	30.8463	1.6079	0.2768

Tabel A3 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
34	1900	2636.3840	30.7612	2595.5748	30.8381	1.5479	0.2502
34	1950	2678.0560	30.7612	2638.2997	30.8307	1.4845	0.2260
34	2000	2719.7280	30.7612	2681.1657	30.8240	1.4179	0.2042
34	2050	2761.4000	30.7612	2724.1732	30.8180	1.3481	0.1844
34	2100	2803.0720	30.7612	2767.3227	30.8125	1.2754	0.1665
34	2150	2844.7440	30.7613	2810.6149	30.8075	1.1997	0.1504
34	2200	2886.4160	30.7613	2854.0500	30.8030	1.1213	0.1357
34	2250	2928.0880	30.7613	2897.6287	30.7989	1.0402	0.1224
35	0	1086.0000	30.7600	1071.0000	35.0000	1.3812	13.7841
35	50	1094.5200	30.7692	1108.8584	34.6115	1.3100	12.4876
35	100	1136.1920	30.7665	1146.8256	34.2583	0.9359	11.3496
35	150	1177.8640	30.7640	1184.9034	33.9372	0.5976	10.3145
35	200	1219.5360	30.7633	1223.0935	33.6452	0.2917	9.3678
35	250	1261.2080	30.7621	1261.3976	33.3797	0.0150	8.5093
35	300	1302.8800	30.7617	1299.8171	33.1385	0.2351	7.7263
35	350	1344.5520	30.7615	1338.3534	32.9192	0.4610	7.0142
35	400	1386.2240	30.7613	1377.0079	32.7199	0.6648	6.3670
35	450	1427.8960	30.7611	1415.7818	32.5388	0.8484	5.7790
35	500	1469.5680	30.7610	1454.6763	32.3742	1.0133	5.2443
35	550	1511.2400	30.7622	1493.6924	32.2247	1.1611	4.7543
35	600	1552.9120	30.7609	1532.8312	32.0889	1.2931	4.3172
35	650	1594.5840	30.7615	1572.0937	31.9656	1.4104	3.9143
35	700	1636.2560	30.7610	1611.4808	31.8535	1.5141	3.5516
35	750	1677.9280	30.7611	1650.9934	31.7518	1.6052	3.2205
35	800	1719.6000	30.7611	1690.6324	31.6594	1.6846	2.9203
35	850	1761.2720	30.7611	1730.3986	31.5755	1.7529	2.6476

Tabel A3 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
35	900	1802.9440	30.7611	1770.2928	31.4994	1.8110	2.4002
35	950	1844.6160	30.7611	1810.3156	31.4303	1.8595	2.1755
35	1000	1886.2880	30.7610	1850.4679	31.3676	1.8990	1.9719
35	1050	1927.9600	30.7611	1890.7504	31.3107	1.9300	1.7866
35	1100	1969.6320	30.7638	1931.1637	31.2590	1.9531	1.6097
35	1150	2011.3040	30.7602	1971.7085	31.2122	1.9686	1.4694
35	1200	2052.9760	30.7615	2012.3854	31.1697	1.9772	1.3269
35	1250	2094.6480	30.7611	2053.1950	31.1312	1.9790	1.2031
35	1300	2136.3200	30.7612	2094.1380	31.0962	1.9745	1.0889
35	1350	2177.9920	30.7612	2135.2150	31.0645	1.9641	0.9860
35	1400	2219.6640	30.7611	2176.4265	31.0358	1.9479	0.8929
35	1450	2261.3360	30.7610	2217.7731	31.0097	1.9264	0.8084
35	1500	2303.0080	30.7611	2259.2553	30.9861	1.8998	0.7315
35	1550	2344.6800	30.7611	2300.8738	30.9647	1.8683	0.6621
35	1600	2386.3520	30.7611	2342.6291	30.9453	1.8322	0.5989
35	1650	2428.0240	30.7611	2384.5217	30.9278	1.7917	0.5418
35	1700	2469.6960	30.7611	2426.5522	30.9118	1.7469	0.4900
35	1750	2511.3680	30.7611	2468.7210	30.8974	1.6982	0.4431
35	1800	2553.0400	30.7612	2511.0287	30.8844	1.6455	0.4006
35	1850	2594.7120	30.7612	2553.4758	30.8726	1.5892	0.3621
35	1900	2636.3840	30.7612	2596.0629	30.8619	1.5294	0.3273
35	1950	2678.0560	30.7612	2638.7905	30.8522	1.4662	0.2958
35	2000	2719.7280	30.7612	2681.6590	30.8434	1.3997	0.2672
35	2050	2761.4000	30.7612	2724.6689	30.8355	1.3302	0.2414
35	2100	2803.0720	30.7612	2767.8209	30.8283	1.2576	0.2180
35	2150	2844.7440	30.7613	2811.1153	30.8218	1.1821	0.1968

Tabel A3 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
35	2200	2886.4160	30.7613	2854.5527	30.8159	1.1039	0.1777
35	2250	2928.0880	30.7613	2898.1336	30.8106	1.0230	0.1603
36	0	1086.0000	30.7600	1071.0000	36.0000	1.3812	17.0351
36	50	1094.5200	30.7692	1108.9006	35.5197	1.3139	15.4390
36	100	1136.1920	30.7665	1146.9063	35.0829	0.9430	14.0298
36	150	1177.8640	30.7640	1185.0191	34.6859	0.6075	12.7482
36	200	1219.5360	30.7633	1223.2412	34.3249	0.3038	11.5774
36	250	1261.2080	30.7621	1261.5744	33.9968	0.0291	10.5152
36	300	1302.8800	30.7617	1300.0206	33.6986	0.2195	9.5471
36	350	1344.5520	30.7615	1338.5812	33.4275	0.4441	8.6668
36	400	1386.2240	30.7613	1377.2579	33.1812	0.6468	7.8668
36	450	1427.8960	30.7611	1416.0521	32.9574	0.8295	7.1399
36	500	1469.5680	30.7610	1454.9651	32.7541	0.9937	6.4791
36	550	1511.2400	30.7622	1493.9982	32.5693	1.1409	5.8745
36	600	1552.9120	30.7609	1533.1525	32.4015	1.2724	5.3334
36	650	1594.5840	30.7615	1572.4293	32.2491	1.3894	4.8360
36	700	1636.2560	30.7610	1611.8295	32.1107	1.4928	4.3875
36	750	1677.9280	30.7611	1651.3541	31.9850	1.5837	3.9785
36	800	1719.6000	30.7611	1691.0042	31.8708	1.6629	3.6076
36	850	1761.2720	30.7611	1730.7805	31.7672	1.7312	3.2707
36	900	1802.9440	30.7611	1770.6840	31.6732	1.7893	2.9650
36	950	1844.6160	30.7611	1810.7155	31.5878	1.8378	2.6874
36	1000	1886.2880	30.7610	1850.8758	31.5103	1.8773	2.4358
36	1050	1927.9600	30.7611	1891.1656	31.4400	1.9085	2.2070
36	1100	1969.6320	30.7638	1931.5857	31.3762	1.9316	1.9905
36	1150	2011.3040	30.7602	1972.1369	31.3183	1.9474	1.8144

Tabel A3 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
36	1200	2052.9760	30.7615	2012.8197	31.2658	1.9560	1.6394
36	1250	2094.6480	30.7611	2053.6348	31.2182	1.9580	1.4861
36	1300	2136.3200	30.7612	2094.5829	31.1750	1.9537	1.3452
36	1350	2177.9920	30.7612	2135.6647	31.1359	1.9434	1.2180
36	1400	2219.6640	30.7611	2176.8807	31.1004	1.9275	1.1029
36	1450	2261.3360	30.7610	2218.2315	31.0682	1.9062	0.9985
36	1500	2303.0080	30.7611	2259.7178	31.0390	1.8797	0.9035
36	1550	2344.6800	30.7611	2301.3400	31.0126	1.8484	0.8177
36	1600	2386.3520	30.7611	2343.0989	30.9887	1.8125	0.7398
36	1650	2428.0240	30.7611	2384.9948	30.9670	1.7722	0.6692
36	1700	2469.6960	30.7611	2427.0285	30.9473	1.7276	0.6052
36	1750	2511.3680	30.7611	2469.2004	30.9295	1.6791	0.5473
36	1800	2553.0400	30.7612	2511.5111	30.9134	1.6266	0.4949
36	1850	2594.7120	30.7612	2553.9610	30.8988	1.5705	0.4473
36	1900	2636.3840	30.7612	2596.5508	30.8856	1.5109	0.4043
36	1950	2678.0560	30.7612	2639.2810	30.8736	1.4479	0.3654
36	2000	2719.7280	30.7612	2682.1520	30.8628	1.3816	0.3301
36	2050	2761.4000	30.7612	2725.1644	30.8530	1.3122	0.2982
36	2100	2803.0720	30.7612	2768.3187	30.8441	1.2398	0.2693
36	2150	2844.7440	30.7613	2811.6155	30.8361	1.1646	0.2432
36	2200	2886.4160	30.7613	2855.0551	30.8288	1.0865	0.2196
36	2250	2928.0880	30.7613	2898.6382	30.8222	1.0058	0.1982
37	0	1086.0000	30.7600	1071.0000	37.0000	1.3812	20.2861
37	50	1094.5200	30.7692	1108.9428	36.4277	1.3177	18.3901
37	100	1136.1920	30.7665	1146.9869	35.9074	0.9501	16.7095
37	150	1177.8640	30.7640	1185.1348	35.4344	0.6173	15.1812

Tabel A3 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
37	200	1219.5360	30.7633	1223.3889	35.0044	0.3159	13.7862
37	250	1261.2080	30.7621	1261.7513	34.6136	0.0431	12.5203
37	300	1302.8800	30.7617	1300.2240	34.2584	0.2039	11.3671
37	350	1344.5520	30.7615	1338.8089	33.9356	0.4271	10.3185
37	400	1386.2240	30.7613	1377.5078	33.6423	0.6288	9.3657
37	450	1427.8960	30.7611	1416.3223	33.3758	0.8105	8.5000
37	500	1469.5680	30.7610	1455.2538	33.1337	0.9740	7.7131
37	550	1511.2400	30.7622	1494.3039	32.9137	1.1207	6.9939
37	600	1552.9120	30.7609	1533.4738	32.7139	1.2517	6.3488
37	650	1594.5840	30.7615	1572.7648	32.5324	1.3683	5.7570
37	700	1636.2560	30.7610	1612.1780	32.3676	1.4715	5.2228
37	750	1677.9280	30.7611	1651.7147	32.2179	1.5622	4.7359
37	800	1719.6000	30.7611	1691.3757	32.0821	1.6413	4.2943
37	850	1761.2720	30.7611	1731.1622	31.9587	1.7095	3.8932
37	900	1802.9440	30.7611	1771.0751	31.8467	1.7676	3.5293
37	950	1844.6160	30.7611	1811.1152	31.7451	1.8161	3.1988
37	1000	1886.2880	30.7610	1851.2834	31.6529	1.8557	2.8993
37	1050	1927.9600	30.7611	1891.5806	31.5692	1.8869	2.6269
37	1100	1969.6320	30.7638	1932.0076	31.4932	1.9102	2.3709
37	1150	2011.3040	30.7602	1972.5650	31.4243	1.9261	2.1590
37	1200	2052.9760	30.7615	2013.2537	31.3618	1.9349	1.9516
37	1250	2094.6480	30.7611	2054.0744	31.3052	1.9370	1.7688
37	1300	2136.3200	30.7612	2095.0276	31.2538	1.9329	1.6012
37	1350	2177.9920	30.7612	2136.1142	31.2072	1.9228	1.4498
37	1400	2219.6640	30.7611	2177.3347	31.1649	1.9070	1.3127
37	1450	2261.3360	30.7610	2218.6897	31.1266	1.8859	1.1884

Tabel A3 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
37	1500	2303.0080	30.7611	2260.1799	31.0919	1.8597	1.0754
37	1550	2344.6800	30.7611	2301.8060	31.0604	1.8286	0.9733
37	1600	2386.3520	30.7611	2343.5684	31.0319	1.7928	0.8805
37	1650	2428.0240	30.7611	2385.4677	31.0061	1.7527	0.7965
37	1700	2469.6960	30.7611	2427.5046	30.9827	1.7084	0.7204
37	1750	2511.3680	30.7611	2469.6796	30.9615	1.6600	0.6514
37	1800	2553.0400	30.7612	2511.9932	30.9423	1.6078	0.5890
37	1850	2594.7120	30.7612	2554.4460	30.9250	1.5519	0.5325
37	1900	2636.3840	30.7612	2597.0385	30.9092	1.4924	0.4813
37	1950	2678.0560	30.7612	2639.7712	30.8950	1.4296	0.4349
37	2000	2719.7280	30.7612	2682.6448	30.8821	1.3635	0.3930
37	2050	2761.4000	30.7612	2725.6596	30.8704	1.2943	0.3550
37	2100	2803.0720	30.7612	2768.8163	30.8599	1.2221	0.3206
37	2150	2844.7440	30.7613	2812.1154	30.8503	1.1470	0.2895
37	2200	2886.4160	30.7613	2855.5573	30.8417	1.0691	0.2614
37	2250	2928.0880	30.7613	2899.1426	30.8339	0.9885	0.2360
38	0	1086.0000	30.7600	1071.0000	38.0000	1.3812	23.5371
38	50	1094.5200	30.7692	1108.9850	37.3356	1.3216	21.3408
38	100	1136.1920	30.7665	1147.0675	36.7317	0.9572	19.3886
38	150	1177.8640	30.7640	1185.2505	36.1827	0.6271	17.6136
38	200	1219.5360	30.7633	1223.5365	35.6837	0.3280	15.9942
38	250	1261.2080	30.7621	1261.9280	35.2302	0.0571	14.5245
38	300	1302.8800	30.7617	1300.4274	34.8180	0.1882	13.1861
38	350	1344.5520	30.7615	1339.0366	34.4434	0.4102	11.9693
38	400	1386.2240	30.7613	1377.7577	34.1031	0.6107	10.8637
38	450	1427.8960	30.7611	1416.5924	33.7939	0.7916	9.8592

Tabel A3 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
38	500	1469.5680	30.7610	1455.5425	33.5130	0.9544	8.9462
38	550	1511.2400	30.7622	1494.6095	33.2578	1.1005	8.1125
38	600	1552.9120	30.7609	1533.7949	33.0260	1.2310	7.3635
38	650	1594.5840	30.7615	1573.1002	32.8155	1.3473	6.6772
38	700	1636.2560	30.7610	1612.5265	32.6243	1.4502	6.0573
38	750	1677.9280	30.7611	1652.0751	32.4507	1.5408	5.4926
38	800	1719.6000	30.7611	1691.7472	32.2931	1.6197	4.9803
38	850	1761.2720	30.7611	1731.5438	32.1500	1.6879	4.5152
38	900	1802.9440	30.7611	1771.4660	32.0201	1.7459	4.0930
38	950	1844.6160	30.7611	1811.5147	31.9023	1.7945	3.7097
38	1000	1886.2880	30.7610	1851.6909	31.7953	1.8341	3.3623
38	1050	1927.9600	30.7611	1891.9955	31.6982	1.8654	3.0464
38	1100	1969.6320	30.7638	1932.4292	31.6101	1.8888	2.7509
38	1150	2011.3040	30.7602	1972.9930	31.5302	1.9048	2.5033
38	1200	2052.9760	30.7615	2013.6876	31.4578	1.9137	2.2634
38	1250	2094.6480	30.7611	2054.5137	31.3920	1.9160	2.0512
38	1300	2136.3200	30.7612	2095.4721	31.3324	1.9121	1.8569
38	1350	2177.9920	30.7612	2136.5634	31.2784	1.9021	1.6813
38	1400	2219.6640	30.7611	2177.7884	31.2294	1.8866	1.5223
38	1450	2261.3360	30.7610	2219.1477	31.1850	1.8656	1.3781
38	1500	2303.0080	30.7611	2260.6419	31.1447	1.8396	1.2471
38	1550	2344.6800	30.7611	2302.2717	31.1082	1.8087	1.1286
38	1600	2386.3520	30.7611	2344.0376	31.0752	1.7732	1.0210
38	1650	2428.0240	30.7611	2385.9404	31.0452	1.7332	0.9236
38	1700	2469.6960	30.7611	2427.9805	31.0181	1.6891	0.8354
38	1750	2511.3680	30.7611	2470.1585	30.9935	1.6409	0.7554

Tabel A3 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
38	1800	2553.0400	30.7612	2512.4750	30.9713	1.5889	0.6830
38	1850	2594.7120	30.7612	2554.9306	30.9511	1.5332	0.6175
38	1900	2636.3840	30.7612	2597.5258	30.9329	1.4739	0.5581
38	1950	2678.0560	30.7612	2640.2612	30.9163	1.4113	0.5044
38	2000	2719.7280	30.7612	2683.1373	30.9014	1.3454	0.4557
38	2050	2761.4000	30.7612	2726.1546	30.8879	1.2764	0.4117
38	2100	2803.0720	30.7612	2769.3137	30.8756	1.2043	0.3719
38	2150	2844.7440	30.7613	2812.6150	30.8646	1.1294	0.3358
38	2200	2886.4160	30.7613	2856.0592	30.8545	1.0517	0.3032
38	2250	2928.0880	30.7613	2899.6467	30.8455	0.9713	0.2737
39	0	1086.0000	30.7600	1071.0000	39.0000	1.3812	26.7880
39	50	1094.5200	30.7692	1109.0272	38.2435	1.3254	24.2913
39	100	1136.1920	30.7665	1147.1482	37.5558	0.9643	22.0673
39	150	1177.8640	30.7640	1185.3661	36.9307	0.6369	20.0453
39	200	1219.5360	30.7633	1223.6841	36.3627	0.3401	18.2014
39	250	1261.2080	30.7621	1262.1048	35.8464	0.0711	16.5278
39	300	1302.8800	30.7617	1300.6307	35.3773	0.1726	15.0042
39	350	1344.5520	30.7615	1339.2642	34.9510	0.3933	13.6192
39	400	1386.2240	30.7613	1378.0074	34.5636	0.5927	12.3607
39	450	1427.8960	30.7611	1416.8624	34.2117	0.7727	11.2175
39	500	1469.5680	30.7610	1455.8311	33.8920	0.9348	10.1785
39	550	1511.2400	30.7622	1494.9150	33.6016	1.0802	9.2302
39	600	1552.9120	30.7609	1534.1160	33.3379	1.2104	8.3773
39	650	1594.5840	30.7615	1573.4354	33.0983	1.3263	7.5967
39	700	1636.2560	30.7610	1612.8748	32.8808	1.4289	6.8911
39	750	1677.9280	30.7611	1652.4354	32.6833	1.5193	6.2486

Tabel A3 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
39	800	1719.6000	30.7611	1692.1185	32.5039	1.5981	5.6658
39	850	1761.2720	30.7611	1731.9252	32.3412	1.6662	5.1365
39	900	1802.9440	30.7611	1771.8567	32.1934	1.7243	4.6562
39	950	1844.6160	30.7611	1811.9140	32.0593	1.7728	4.2201
39	1000	1886.2880	30.7610	1852.0982	31.9376	1.8125	3.8248
39	1050	1927.9600	30.7611	1892.4101	31.8271	1.8439	3.4655
39	1100	1969.6320	30.7638	1932.8507	31.7269	1.8674	3.1306
39	1150	2011.3040	30.7602	1973.4208	31.6360	1.8835	2.8472
39	1200	2052.9760	30.7615	2014.1213	31.5536	1.8926	2.5749
39	1250	2094.6480	30.7611	2054.9528	31.4788	1.8951	2.3333
39	1300	2136.3200	30.7612	2095.9163	31.4110	1.8913	2.1123
39	1350	2177.9920	30.7612	2137.0125	31.3495	1.8815	1.9126
39	1400	2219.6640	30.7611	2178.2419	31.2938	1.8661	1.7316
39	1450	2261.3360	30.7610	2219.6054	31.2433	1.8454	1.5676
39	1500	2303.0080	30.7611	2261.1036	31.1975	1.8195	1.4185
39	1550	2344.6800	30.7611	2302.7372	31.1560	1.7889	1.2838
39	1600	2386.3520	30.7611	2344.5067	31.1184	1.7535	1.1614
39	1650	2428.0240	30.7611	2386.4128	31.0843	1.7138	1.0506
39	1700	2469.6960	30.7611	2428.4561	31.0534	1.6698	0.9502
39	1750	2511.3680	30.7611	2470.6372	31.0255	1.6219	0.8593
39	1800	2553.0400	30.7612	2512.9567	31.0002	1.5700	0.7770
39	1850	2594.7120	30.7612	2555.4151	30.9772	1.5145	0.7024
39	1900	2636.3840	30.7612	2598.0130	30.9565	1.4554	0.6349
39	1950	2678.0560	30.7612	2640.7510	30.9377	1.3930	0.5738
39	2000	2719.7280	30.7612	2683.6296	30.9207	1.3273	0.5184
39	2050	2761.4000	30.7612	2726.6493	30.9053	1.2584	0.4684

Tabel A3 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
39	2100	2803.0720	30.7612	2769.8108	30.8914	1.1866	0.4231
39	2150	2844.7440	30.7613	2813.1144	30.8788	1.1119	0.3821
39	2200	2886.4160	30.7613	2856.5609	30.8674	1.0343	0.3450
39	2250	2928.0880	30.7613	2900.1506	30.8571	0.9541	0.3114
AVERAGE TOTAL						1.4293	3.1966

Pada Tabel A4 Laju aliran massa injeksi surfaktan divariasikan dengan laju temperatur dan tekanan injeksi tetap. Nilai variasi ditentukan antara 0.2 hingga 0.5 kg/s.

Tabel A4 Validasi model injeksi surfaktan terhadap variasi laju aliran massa injeksi

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.2	0	1076.7200	30.7600	1071.0000	31.0000	0.5312	0.7802
0.2	50	1144.5200	30.7692	1146.8916	30.9704	0.2072	0.6539
0.2	100	1224.1920	30.7665	1222.7940	30.9445	0.1142	0.5787
0.2	150	1295.9493	30.7640	1298.7069	30.9218	0.2128	0.5128
0.2	200	1370.6853	30.7633	1374.6303	30.9019	0.2878	0.4504
0.2	250	1447.4213	30.7621	1450.5641	30.8844	0.2171	0.3977
0.2	300	1522.8240	30.7617	1526.5082	30.8692	0.2419	0.3492
0.2	350	1598.5600	30.7615	1602.4626	30.8558	0.2441	0.3064
0.2	400	1674.2960	30.7613	1678.4270	30.8440	0.2467	0.2689
0.2	450	1750.0320	30.7611	1754.4015	30.8338	0.2497	0.2362
0.2	500	1825.7680	30.7610	1830.3861	30.8247	0.2529	0.2071
0.2	550	1901.5040	30.7622	1906.3807	30.8169	0.2565	0.1777
0.2	600	1977.2400	30.7609	1982.3852	30.8099	0.2602	0.1594
0.2	650	2052.9760	30.7615	2058.3996	30.8039	0.2642	0.1379

Tabel A4 (lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.2	700	2128.7120	30.7610	2134.4238	30.7986	0.2683	0.1221
0.2	750	2204.4480	30.7611	2210.4580	30.7939	0.2726	0.1066
0.2	800	2280.1840	30.7611	2286.5019	30.7899	0.2771	0.0935
0.2	850	2355.9200	30.7611	2362.5557	30.7863	0.2817	0.0819
0.2	900	2431.6560	30.7611	2438.6192	30.7832	0.2864	0.0718
0.2	950	2507.3920	30.7611	2514.6926	30.7804	0.2912	0.0628
0.2	1000	2583.1280	30.7610	2590.7757	30.7780	0.2961	0.0553
0.2	1050	2658.8640	30.7611	2666.8685	30.7759	0.3011	0.0482
0.2	1100	2734.6000	30.7638	2742.9711	30.7741	0.3061	0.0333
0.2	1150	2810.3360	30.7602	2819.0834	30.7725	0.3113	0.0399
0.2	1200	2886.0720	30.7615	2895.2055	30.7711	0.3165	0.0310
0.2	1250	2961.8080	30.7611	2971.3373	30.7698	0.3217	0.0285
0.2	1300	3037.5440	30.7612	3047.4787	30.7687	0.3271	0.0244
0.2	1350	3113.2800	30.7612	3123.6299	30.7678	0.3324	0.0215
0.2	1400	3189.0160	30.7611	3199.7908	30.7670	0.3379	0.0190
0.2	1450	3264.7520	30.7610	3275.9615	30.7662	0.3433	0.0169
0.2	1500	3340.4880	30.7611	3352.1418	30.7656	0.3489	0.0146
0.2	1550	3416.2240	30.7611	3428.3318	30.7650	0.3544	0.0129
0.2	1600	3491.9600	30.7611	3504.5315	30.7646	0.3600	0.0112
0.2	1650	3567.6960	30.7611	3580.7409	30.7641	0.3656	0.0098
0.2	1700	3643.4320	30.7611	3656.9600	30.7637	0.3713	0.0085
0.2	1750	3719.1680	30.7611	3733.1887	30.7634	0.3770	0.0074
0.2	1800	3794.9040	30.7612	3809.4272	30.7631	0.3827	0.0064
0.2	1850	3870.6400	30.7612	3885.6754	30.7629	0.3884	0.0056
0.2	1900	3946.3760	30.7612	3961.9333	30.7627	0.3942	0.0048
0.2	1950	4022.1120	30.7612	4038.2008	30.7625	0.4000	0.0041

Tabel A4 (lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.2	2000	4097.8480	30.7612	4114.4781	30.7623	0.4058	0.0035
0.2	2050	4173.5840	30.7612	4190.7650	30.7621	0.4117	0.0030
0.2	2100	4249.3200	30.7612	4267.0617	30.7620	0.4175	0.0025
0.2	2150	4325.0560	30.7613	4343.3680	30.7619	0.4234	0.0021
0.2	2200	4400.7920	30.7613	4419.6841	30.7618	0.4293	0.0018
0.2	2250	4476.5280	30.7613	4496.0098	30.7617	0.4352	0.0014
0.3	0	1079.0000	30.7600	1071.0000	31.0000	0.7414	0.7802
0.3	50	1144.5200	30.7692	1147.0200	30.9555	0.2184	0.6056
0.3	100	1226.1920	30.7665	1223.0512	30.9194	0.2561	0.4969
0.3	150	1298.8640	30.7640	1299.0933	30.8899	0.0177	0.4091
0.3	200	1372.5360	30.7633	1375.1462	30.8659	0.1902	0.3334
0.3	250	1452.2080	30.7621	1451.2096	30.8464	0.0687	0.2739
0.3	300	1524.4960	30.7617	1527.2834	30.8305	0.1828	0.2235
0.3	350	1599.4320	30.7615	1603.3673	30.8176	0.2460	0.1822
0.3	400	1674.3680	30.7613	1679.4614	30.8070	0.3042	0.1486
0.3	450	1749.3040	30.7611	1755.5655	30.7985	0.3579	0.1215
0.3	500	1824.2400	30.7610	1831.6795	30.7915	0.4078	0.0991
0.3	550	1899.1760	30.7622	1907.8035	30.7858	0.4543	0.0768
0.3	600	1974.1120	30.7609	1983.9372	30.7812	0.4977	0.0660
0.3	650	2049.0480	30.7615	2060.0808	30.7775	0.5384	0.0520
0.3	700	2123.9840	30.7610	2136.2342	30.7744	0.5768	0.0435
0.3	750	2198.9200	30.7611	2212.3973	30.7719	0.6129	0.0351
0.3	800	2273.8560	30.7611	2288.5701	30.7699	0.6471	0.0286
0.3	850	2348.7920	30.7611	2364.7527	30.7683	0.6795	0.0232
0.3	900	2423.7280	30.7611	2440.9449	30.7669	0.7103	0.0189
0.3	950	2498.6640	30.7611	2517.1469	30.7658	0.7397	0.0154

Tabel A4 (lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.3	1000	2573.6000	30.7610	2593.3585	30.7649	0.7677	0.0128
0.3	1050	2648.5360	30.7611	2669.5798	30.7642	0.7945	0.0102
0.3	1100	2723.4720	30.7638	2745.8108	30.7636	0.8202	0.0006
0.3	1150	2798.4080	30.7602	2822.0515	30.7632	0.8449	0.0096
0.3	1200	2873.3440	30.7615	2898.3018	30.7628	0.8686	0.0041
0.3	1250	2948.2800	30.7611	2974.5618	30.7625	0.8914	0.0046
0.3	1300	3023.2160	30.7612	3050.8314	30.7622	0.9134	0.0032
0.3	1350	3098.1520	30.7612	3127.1107	30.7620	0.9347	0.0026
0.3	1400	3173.0880	30.7611	3203.3997	30.7618	0.9553	0.0023
0.3	1450	3248.0240	30.7610	3279.6984	30.7617	0.9752	0.0021
0.3	1500	3322.9600	30.7611	3356.0067	30.7616	0.9945	0.0016
0.3	1550	3397.8960	30.7611	3432.3246	30.7615	1.0132	0.0014
0.3	1600	3472.8320	30.7611	3508.6523	30.7614	1.0314	0.0010
0.3	1650	3547.7680	30.7611	3584.9896	30.7614	1.0492	0.0008
0.3	1700	3622.7040	30.7611	3661.3365	30.7613	1.0664	0.0006
0.3	1750	3697.6400	30.7611	3737.6932	30.7613	1.0832	0.0004
0.3	1800	3772.5760	30.7612	3814.0595	30.7612	1.0996	0.0003
0.3	1850	3847.5120	30.7612	3890.4354	30.7612	1.1156	0.0002
0.3	1900	3922.4480	30.7612	3966.8211	30.7612	1.1313	0.0000
0.3	1950	3997.3840	30.7612	4043.2164	30.7612	1.1466	0.0001
0.3	2000	4072.3200	30.7612	4119.6213	30.7612	1.1615	0.0002
0.3	2050	4147.2560	30.7612	4196.0360	30.7611	1.1762	0.0002
0.3	2100	4222.1920	30.7612	4272.4603	30.7611	1.1906	0.0003
0.3	2150	4347.1280	30.7613	4348.8943	30.7611	0.0406	0.0004
0.3	2200	4392.0640	30.7613	4425.3380	30.7611	0.7576	0.0004
0.3	2250	4489.2200	30.7613	4501.7913	30.7611	0.2800	0.0005

Tabel A4 (lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.4	0	1076.8800	30.7600	1071.0000	31.0000	0.5460	0.7802
0.4	50	1146.5200	30.7692	1147.2125	30.9422	0.0604	0.5622
0.4	100	1224.1920	30.7665	1223.4367	30.8984	0.0617	0.4287
0.4	150	1296.5093	30.7640	1299.6722	30.8651	0.2439	0.3287
0.4	200	1370.1653	30.7633	1375.9184	30.8399	0.4199	0.2490
0.4	250	1443.8213	30.7621	1452.1751	30.8208	0.5786	0.1909
0.4	300	1527.4773	30.7617	1528.4422	30.8064	0.0632	0.1451
0.4	350	1599.1333	30.7615	1604.7194	30.7954	0.3493	0.1101
0.4	400	1680.7893	30.7613	1681.0065	30.7871	0.0129	0.0838
0.4	450	1747.4453	30.7611	1757.3036	30.7808	0.5642	0.0639
0.4	500	1824.1013	30.7610	1833.6105	30.7760	0.5213	0.0487
0.4	550	1898.2573	30.7622	1909.9271	30.7724	0.6148	0.0331
0.4	600	1972.4133	30.7609	1986.2535	30.7696	0.7017	0.0283
0.4	650	2046.5693	30.7615	2062.5896	30.7676	0.7828	0.0198
0.4	700	2120.7253	30.7610	2138.9354	30.7660	0.8587	0.0162
0.4	750	2194.8813	30.7611	2215.2908	30.7648	0.9299	0.0119
0.4	800	2269.0373	30.7611	2291.6559	30.7639	0.9968	0.0091
0.4	850	2343.1933	30.7611	2368.0306	30.7632	1.0600	0.0069
0.4	900	2417.3493	30.7611	2444.4150	30.7627	1.1196	0.0053
0.4	950	2491.5053	30.7611	2520.8090	30.7623	1.1761	0.0039
0.4	1000	2565.6613	30.7610	2597.2125	30.7620	1.2297	0.0033
0.4	1050	2639.8173	30.7611	2673.6258	30.7618	1.2807	0.0023
0.4	1100	2713.9733	30.7638	2750.0486	30.7616	1.3292	0.0072
0.4	1150	2788.1293	30.7602	2826.4810	30.7615	1.3755	0.0042
0.4	1200	2862.2853	30.7615	2902.9231	30.7614	1.4198	0.0004
0.4	1250	2936.4413	30.7611	2979.3748	30.7613	1.4621	0.0009

Tabel A4 (lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.4	1300	3010.5973	30.7612	3055.8361	30.7613	1.5027	0.0001
0.4	1350	3084.7533	30.7612	3132.3070	30.7612	1.5416	0.0001
0.4	1400	3158.9093	30.7611	3208.7876	30.7612	1.5790	0.0003
0.4	1450	3233.0653	30.7610	3285.2778	30.7612	1.6150	0.0004
0.4	1500	3357.2213	30.7611	3361.7776	30.7612	0.1357	0.0002
0.4	1550	3421.3773	30.7611	3438.2870	30.7611	0.4942	0.0003
0.4	1600	3515.5333	30.7611	3514.8060	30.7611	0.0207	0.0001
0.4	1650	3592.6893	30.7611	3591.3347	30.7611	0.0377	0.0000
0.4	1700	3663.8453	30.7611	3667.8730	30.7611	0.1099	0.0000
0.4	1750	3739.0013	30.7611	3744.4209	30.7611	0.1449	0.0001
0.4	1800	3813.1573	30.7612	3820.9784	30.7611	0.2051	0.0001
0.4	1850	3887.3133	30.7612	3897.5456	30.7611	0.2632	0.0002
0.4	1900	3961.4693	30.7612	3974.1224	30.7611	0.3194	0.0002
0.4	1950	4035.6253	30.7612	4050.7089	30.7611	0.3738	0.0003
0.4	2000	4109.7813	30.7612	4127.3050	30.7611	0.4264	0.0003
0.4	2050	4183.9373	30.7612	4203.9107	30.7611	0.4774	0.0004
0.4	2100	4258.0933	30.7612	4280.5260	30.7611	0.5268	0.0004
0.4	2150	4332.2493	30.7613	4357.1510	30.7611	0.5748	0.0005
0.4	2200	4406.4053	30.7613	4433.7857	30.7611	0.6214	0.0005
0.4	2250	4480.5613	30.7613	4510.4299	30.7611	0.6666	0.0006
0.5	0	1078.0000	30.7600	1071.0000	31.0000	0.6494	0.7802
0.5	50	1149.5200	30.7692	1147.4739	30.9285	0.1780	0.5177
0.5	100	1221.0400	30.7665	1223.9601	30.8784	0.2391	0.3638
0.5	150	1292.5600	30.7640	1300.4575	30.8433	0.6110	0.2576
0.5	200	1368.0800	30.7633	1376.9658	30.8186	0.6495	0.1798
0.5	250	1455.6000	30.7621	1453.4846	30.8014	0.1453	0.1277

Tabel A4 (lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.5	300	1527.1200	30.7617	1530.0135	30.7893	0.1895	0.0896
0.5	350	1598.6400	30.7615	1606.5524	30.7808	0.4949	0.0628
0.5	400	1680.1600	30.7613	1683.1011	30.7749	0.1750	0.0442
0.5	450	1751.6800	30.7611	1759.6596	30.7708	0.4555	0.0314
0.5	500	1826.2000	30.7610	1836.2278	30.7679	0.5491	0.0222
0.5	550	1900.7200	30.7622	1912.8057	30.7658	0.6358	0.0118
0.5	600	1975.2400	30.7609	1989.3931	30.7644	0.7165	0.0113
0.5	650	2049.7600	30.7615	2065.9902	30.7634	0.7918	0.0063
0.5	700	2124.2800	30.7610	2142.5968	30.7627	0.8623	0.0055
0.5	750	2198.8000	30.7611	2219.2131	30.7622	0.9284	0.0036
0.5	800	2273.3200	30.7611	2295.8389	30.7619	0.9906	0.0026
0.5	850	2347.8400	30.7611	2372.4742	30.7617	1.0492	0.0018
0.5	900	2422.3600	30.7611	2449.1191	30.7615	1.1047	0.0013
0.5	950	2496.8800	30.7611	2525.7736	30.7614	1.1572	0.0009
0.5	1000	2571.4000	30.7610	2602.4377	30.7613	1.2070	0.0009
0.5	1050	2645.9200	30.7611	2679.1113	30.7612	1.2544	0.0004
0.5	1100	2750.4400	30.7638	2755.7944	30.7612	0.1947	0.0086
0.5	1150	2834.9600	30.7602	2832.4872	30.7612	0.0872	0.0031
0.5	1200	2907.4800	30.7615	2909.1895	30.7611	0.0588	0.0012
0.5	1250	2984.0000	30.7611	2985.9013	30.7611	0.0637	0.0002
0.5	1300	3068.5200	30.7612	3062.6227	30.7611	0.1922	0.0003
0.5	1350	3137.0400	30.7612	3139.3537	30.7611	0.0738	0.0002
0.5	1400	3217.5600	30.7611	3216.0943	30.7611	0.0456	0.0000
0.5	1450	3272.0800	30.7610	3292.8444	30.7611	0.6346	0.0002
0.5	1500	3367.6000	30.7611	3369.6041	30.7611	0.0595	0.0000
0.5	1550	3441.1200	30.7611	3446.3734	30.7611	0.1527	0.0001

Tabel A4 (lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.5	1600	3525.6400	30.7611	3523.1522	30.7611	0.0706	0.0000
0.5	1650	3587.1600	30.7611	3599.9406	30.7611	0.3563	0.0000
0.5	1700	3669.6800	30.7611	3676.7386	30.7611	0.1923	0.0001
0.5	1750	3749.2000	30.7611	3753.5462	30.7611	0.1159	0.0001
0.5	1800	3823.7200	30.7612	3830.3633	30.7611	0.1737	0.0002
0.5	1850	3908.2400	30.7612	3907.1900	30.7611	0.0269	0.0002
0.5	1900	3982.7600	30.7612	3984.0263	30.7611	0.0318	0.0003
0.5	1950	4057.2800	30.7612	4060.8722	30.7611	0.0885	0.0003
0.5	2000	4135.8000	30.7612	4137.7277	30.7611	0.0466	0.0004
0.5	2050	4216.3200	30.7612	4214.5928	30.7611	0.0410	0.0004
0.5	2100	4290.8400	30.7612	4291.4674	30.7611	0.0146	0.0004
0.5	2150	4355.3600	30.7613	4368.3516	30.7611	0.2983	0.0005
0.5	2200	4449.8800	30.7613	4445.2455	30.7611	0.1041	0.0005
0.5	2250	4481.4000	30.7613	4522.1489	30.7611	0.9093	0.0006
AVERAGE TOTAL						0.5312	0.0867

Pada Tabel A5 Konsentrasi injeksi surfaktan divariasikan dengan tekanan, temperatur dan laju aliran massa injeksi tetap. Nilai variasi ditentukan antara 0.5 hingga 0.9 wt%.

Tabel A5 Validasi model injeksi surfaktan terhadap variasi konsentrasi injeksi

x	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.5	0	1077.0000	30.7600	1071.0000	31.0000	0.5571	0.7802
0.5	50	1146.8900	30.7692	1147.0200	30.9555	0.0113	0.6056
0.5	100	1222.9700	30.7665	1223.0512	30.9194	0.0066	0.4969
0.5	150	1298.9200	30.7640	1299.0933	30.8899	0.0133	0.4091

Tabel A5 (lanjutan)

x	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.5	200	1375.3700	30.7633	1375.1462	30.8659	0.0163	0.3334
0.5	250	1451.2080	30.7621	1451.2096	30.8464	0.0001	0.2739
0.5	300	1528.8800	30.7617	1527.2834	30.8305	0.1044	0.2235
0.5	350	1603.5520	30.7615	1603.3673	30.8176	0.0115	0.1822
0.5	400	1679.2240	30.7613	1679.4614	30.8070	0.0141	0.1486
0.5	450	1756.8960	30.7611	1755.5655	30.7985	0.0757	0.1215
0.5	500	1832.5757	30.7610	1831.6795	30.7915	0.0489	0.0991
0.5	550	1908.7893	30.7622	1907.8035	30.7858	0.0516	0.0768
0.5	600	1985.0029	30.7609	1983.9372	30.7812	0.0537	0.0660
0.5	650	2061.2164	30.7615	2060.0808	30.7775	0.0551	0.0520
0.5	700	2137.4300	30.7610	2136.2342	30.7744	0.0559	0.0435
0.5	750	2213.6436	30.7611	2212.3973	30.7719	0.0563	0.0351
0.5	800	2289.8571	30.7611	2288.5701	30.7699	0.0562	0.0286
0.5	850	2366.0707	30.7611	2364.7527	30.7683	0.0557	0.0232
0.5	900	2442.2843	30.7611	2440.9449	30.7669	0.0548	0.0189
0.5	950	2518.4979	30.7611	2517.1469	30.7658	0.0536	0.0154
0.5	1000	2594.7114	30.7610	2593.3585	30.7649	0.0521	0.0128
0.5	1050	2670.9250	30.7611	2669.5798	30.7642	0.0504	0.0102
0.5	1100	2747.1386	30.7638	2745.8108	30.7636	0.0483	0.0006
0.5	1150	2823.3521	30.7602	2822.0515	30.7632	0.0461	0.0096
0.5	1200	2899.5657	30.7615	2898.3018	30.7628	0.0436	0.0041
0.5	1250	2975.7793	30.7611	2974.5618	30.7625	0.0409	0.0046
0.5	1300	3051.9929	30.7612	3050.8314	30.7622	0.0381	0.0032
0.5	1350	3128.2064	30.7612	3127.1107	30.7620	0.0350	0.0026
0.5	1400	3204.4200	30.7611	3203.3997	30.7618	0.0318	0.0023
0.5	1450	3280.6336	30.7610	3279.6984	30.7617	0.0285	0.0021

Tabel A5 (lanjutan)

x	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.5	1500	3356.8471	30.7611	3356.0067	30.7616	0.0250	0.0016
0.5	1550	3433.0607	30.7611	3432.3246	30.7615	0.0214	0.0014
0.5	1600	3509.2743	30.7611	3508.6523	30.7614	0.0177	0.0010
0.5	1650	3585.4879	30.7611	3584.9896	30.7614	0.0139	0.0008
0.5	1700	3661.7014	30.7611	3661.3365	30.7613	0.0100	0.0006
0.5	1750	3737.9150	30.7611	3737.6932	30.7613	0.0059	0.0004
0.5	1800	3814.1286	30.7612	3814.0595	30.7612	0.0018	0.0003
0.5	1850	3890.3421	30.7612	3890.4354	30.7612	0.0024	0.0002
0.5	1900	3966.5557	30.7612	3966.8211	30.7612	0.0067	0.0000
0.5	1950	4042.7693	30.7612	4043.2164	30.7612	0.0111	0.0001
0.5	2000	4118.9829	30.7612	4119.6213	30.7612	0.0155	0.0002
0.5	2050	4195.1964	30.7612	4196.0360	30.7611	0.0200	0.0002
0.5	2100	4271.4100	30.7612	4272.4603	30.7611	0.0246	0.0003
0.5	2150	4347.6236	30.7613	4348.8943	30.7611	0.0292	0.0004
0.5	2200	4423.8371	30.7613	4425.3380	30.7611	0.0339	0.0004
0.5	2250	4500.0507	30.7613	4501.7913	30.7611	0.0387	0.0005
0.6	0	1077.3200	30.7600	1071.0000	31.0000	0.5866	0.7802
0.6	50	1146.9800	30.7692	1147.1875	30.9558	0.0181	0.6063
0.6	100	1223.1920	30.7665	1223.3863	30.9197	0.0159	0.4981
0.6	150	1299.8640	30.7640	1299.5961	30.8903	0.0206	0.4106
0.6	200	1376.5360	30.7633	1375.8165	30.8664	0.0523	0.3350
0.6	250	1452.2080	30.7621	1452.0475	30.8469	0.0111	0.2755
0.6	300	1528.8800	30.7617	1528.2888	30.8310	0.0387	0.2251
0.6	350	1605.2520	30.7615	1604.5404	30.8180	0.0443	0.1837
0.6	400	1681.6240	30.7613	1680.8020	30.8074	0.0489	0.1500
0.6	450	1757.9960	30.7611	1757.0737	30.7988	0.0525	0.1227

Tabel A5 (lanjutan)

x	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.6	500	1834.3680	30.7610	1833.3553	30.7918	0.0552	0.1002
0.6	550	1910.7400	30.7622	1909.6468	30.7861	0.0572	0.0778
0.6	600	1987.1120	30.7609	1985.9481	30.7815	0.0586	0.0669
0.6	650	2063.4840	30.7615	2062.2593	30.7777	0.0594	0.0528
0.6	700	2139.8560	30.7610	2138.5802	30.7746	0.0596	0.0442
0.6	750	2216.2280	30.7611	2214.9108	30.7721	0.0594	0.0357
0.6	800	2292.6000	30.7611	2291.2512	30.7701	0.0588	0.0292
0.6	850	2368.9720	30.7611	2367.6013	30.7684	0.0579	0.0237
0.6	900	2445.3440	30.7611	2443.9611	30.7670	0.0566	0.0193
0.6	950	2521.7160	30.7611	2520.3306	30.7659	0.0549	0.0157
0.6	1000	2598.0880	30.7610	2596.7097	30.7650	0.0530	0.0131
0.6	1050	2674.4600	30.7611	2673.0986	30.7643	0.0509	0.0104
0.6	1100	2750.8320	30.7638	2749.4971	30.7637	0.0485	0.0004
0.6	1150	2827.2040	30.7602	2825.9053	30.7632	0.0459	0.0098
0.6	1200	2903.5760	30.7615	2902.3231	30.7628	0.0432	0.0043
0.6	1250	2979.9480	30.7611	2978.7506	30.7625	0.0402	0.0047
0.6	1300	3056.3200	30.7612	3055.1877	30.7622	0.0370	0.0033
0.6	1350	3132.6920	30.7612	3131.6345	30.7620	0.0338	0.0027
0.6	1400	3209.0640	30.7611	3208.0910	30.7619	0.0303	0.0024
0.6	1450	3285.4360	30.7610	3284.5571	30.7617	0.0268	0.0022
0.6	1500	3361.8080	30.7611	3361.0329	30.7616	0.0231	0.0016
0.6	1550	3438.1800	30.7611	3437.5183	30.7615	0.0192	0.0015
0.6	1600	3514.5520	30.7611	3514.0134	30.7614	0.0153	0.0011
0.6	1650	3590.9240	30.7611	3590.5182	30.7614	0.0113	0.0008
0.6	1700	3667.2960	30.7611	3667.0326	30.7613	0.0072	0.0006
0.6	1750	3743.6680	30.7611	3743.5566	30.7613	0.0030	0.0005

Tabel A5 (lanjutan)

x	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.6	1800	3820.0400	30.7612	3820.0904	30.7612	0.0013	0.0003
0.6	1850	3896.4120	30.7612	3896.6338	30.7612	0.0057	0.0002
0.6	1900	3972.7840	30.7612	3973.1868	30.7612	0.0101	0.0001
0.6	1950	4049.1560	30.7612	4049.7495	30.7612	0.0147	0.0001
0.6	2000	4125.5280	30.7612	4126.3219	30.7612	0.0192	0.0001
0.6	2050	4201.9000	30.7612	4202.9040	30.7612	0.0239	0.0002
0.6	2100	4278.2720	30.7612	4279.4957	30.7611	0.0286	0.0003
0.6	2150	4354.6440	30.7613	4356.0971	30.7611	0.0334	0.0004
0.6	2200	4431.0160	30.7613	4432.7082	30.7611	0.0382	0.0004
0.6	2250	4507.3880	30.7613	4509.3289	30.7611	0.0431	0.0005
0.7	0	1077.5500	30.7600	1071.0000	31.0000	0.6079	0.7802
0.7	50	1147.5200	30.7692	1147.2324	30.9560	0.0251	0.6070
0.7	100	1223.1920	30.7665	1223.4764	30.9201	0.0232	0.4993
0.7	150	1299.8640	30.7640	1299.7317	30.8908	0.0102	0.4120
0.7	200	1376.5360	30.7633	1375.9982	30.8669	0.0391	0.3365
0.7	250	1452.2080	30.7621	1452.2755	30.8473	0.0046	0.2771
0.7	300	1528.6800	30.7617	1528.5635	30.8314	0.0076	0.2266
0.7	350	1604.9520	30.7615	1604.8621	30.8185	0.0056	0.1851
0.7	400	1681.2240	30.7613	1681.1711	30.8079	0.0031	0.1514
0.7	450	1757.4960	30.7611	1757.4905	30.7992	0.0003	0.1240
0.7	500	1833.7680	30.7610	1833.8202	30.7922	0.0028	0.1013
0.7	550	1910.0400	30.7622	1910.1601	30.7864	0.0063	0.0788
0.7	600	1986.3120	30.7609	1986.5102	30.7818	0.0100	0.0678
0.7	650	2062.5840	30.7615	2062.8704	30.7779	0.0139	0.0536
0.7	700	2138.8560	30.7610	2139.2407	30.7748	0.0180	0.0449
0.7	750	2215.1280	30.7611	2215.6211	30.7723	0.0223	0.0363

Tabel A5 (lanjutan)

x	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.7	800	2291.4000	30.7611	2292.0115	30.7702	0.0267	0.0297
0.7	850	2367.6720	30.7611	2368.4119	30.7685	0.0313	0.0242
0.7	900	2443.9440	30.7611	2444.8224	30.7672	0.0359	0.0197
0.7	950	2520.2160	30.7611	2521.2429	30.7660	0.0407	0.0160
0.7	1000	2596.4880	30.7610	2597.6733	30.7651	0.0457	0.0134
0.7	1050	2672.7600	30.7611	2674.1138	30.7644	0.0507	0.0107
0.7	1100	2749.0320	30.7638	2750.5642	30.7638	0.0557	0.0002
0.7	1150	2825.3040	30.7602	2827.0247	30.7633	0.0609	0.0100
0.7	1200	2901.5760	30.7615	2903.4951	30.7629	0.0661	0.0044
0.7	1250	2977.8480	30.7611	2979.9754	30.7625	0.0714	0.0048
0.7	1300	3054.1200	30.7612	3056.4657	30.7623	0.0768	0.0034
0.7	1350	3130.3920	30.7612	3132.9660	30.7621	0.0822	0.0028
0.7	1400	3206.6640	30.7611	3209.4763	30.7619	0.0877	0.0025
0.7	1450	3282.9360	30.7610	3285.9965	30.7617	0.0932	0.0023
0.7	1500	3359.2080	30.7611	3362.5267	30.7616	0.0988	0.0017
0.7	1550	3435.4800	30.7611	3439.0668	30.7615	0.1044	0.0015
0.7	1600	3511.7520	30.7611	3515.6169	30.7614	0.1101	0.0011
0.7	1650	3588.0240	30.7611	3592.1770	30.7614	0.1157	0.0009
0.7	1700	3664.2960	30.7611	3668.7470	30.7613	0.1215	0.0007
0.7	1750	3740.5680	30.7611	3745.3270	30.7613	0.1272	0.0005
0.7	1800	3816.8400	30.7612	3821.9170	30.7613	0.1330	0.0003
0.7	1850	3893.1120	30.7612	3898.5169	30.7612	0.1388	0.0002
0.7	1900	3969.3840	30.7612	3975.1268	30.7612	0.1447	0.0001
0.7	1950	4045.6560	30.7612	4051.7466	30.7612	0.1505	0.0000
0.7	2000	4121.9280	30.7612	4128.3764	30.7612	0.1564	0.0001
0.7	2050	4198.2000	30.7612	4205.0162	30.7612	0.1624	0.0002

Tabel A5 (lanjutan)

x	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.7	2100	4274.4720	30.7612	4281.6659	30.7611	0.1683	0.0003
0.7	2150	4350.7440	30.7613	4358.3256	30.7611	0.1743	0.0004
0.7	2200	4427.0160	30.7613	4434.9953	30.7611	0.1802	0.0004
0.7	2250	4503.2880	30.7613	4511.6749	30.7611	0.1862	0.0005
0.8	0	1077.7800	30.7600	1071.0000	31.0000	0.6291	0.7802
0.8	50	1147.3300	30.7692	1147.0383	30.9562	0.0254	0.6077
0.8	100	1223.1920	30.7665	1223.0877	30.9204	0.0085	0.5004
0.8	150	1298.9460	30.7640	1299.1479	30.8912	0.0155	0.4134
0.8	200	1375.5360	30.7633	1375.2188	30.8673	0.0231	0.3381
0.8	250	1451.2080	30.7621	1451.3001	30.8478	0.0063	0.2787
0.8	300	1527.8800	30.7617	1527.3917	30.8319	0.0320	0.2282
0.8	350	1603.5520	30.7615	1603.4934	30.8189	0.0037	0.1866
0.8	400	1679.8131	30.7613	1679.6051	30.8083	0.0124	0.1527
0.8	450	1755.9352	30.7611	1755.7268	30.7996	0.0119	0.1252
0.8	500	1832.0573	30.7610	1831.8583	30.7925	0.0109	0.1024
0.8	550	1908.1794	30.7622	1907.9997	30.7868	0.0094	0.0798
0.8	600	1984.3015	30.7609	1984.1508	30.7820	0.0076	0.0687
0.8	650	2060.4236	30.7615	2060.3116	30.7782	0.0054	0.0544
0.8	700	2136.5458	30.7610	2136.4822	30.7750	0.0030	0.0456
0.8	750	2212.6679	30.7611	2212.6624	30.7725	0.0002	0.0369
0.8	800	2288.7900	30.7611	2288.8523	30.7704	0.0027	0.0302
0.8	850	2364.9121	30.7611	2365.0518	30.7687	0.0059	0.0246
0.8	900	2441.0342	30.7611	2441.2610	30.7673	0.0093	0.0201
0.8	950	2517.1563	30.7611	2517.4797	30.7661	0.0128	0.0164
0.8	1000	2593.2784	30.7610	2593.7081	30.7652	0.0166	0.0137
0.8	1050	2669.4006	30.7611	2669.9461	30.7645	0.0204	0.0109

Tabel A5 (lanjutan)

x	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.8	1100	2746.5227	30.7638	2746.1937	30.7638	0.0120	0.0000
0.8	1150	2822.6448	30.7602	2822.4508	30.7633	0.0069	0.0102
0.8	1200	2898.7669	30.7615	2898.7176	30.7629	0.0017	0.0046
0.8	1250	2975.1747	30.7611	2974.9940	30.7626	0.0061	0.0050
0.8	1300	3051.5111	30.7612	3051.2799	30.7623	0.0076	0.0035
0.8	1350	3127.8475	30.7612	3127.5754	30.7621	0.0087	0.0029
0.8	1400	3204.1839	30.7611	3203.8805	30.7619	0.0095	0.0026
0.8	1450	3280.5203	30.7610	3280.1952	30.7618	0.0099	0.0023
0.8	1500	3356.8567	30.7611	3356.5195	30.7616	0.0100	0.0017
0.8	1550	3433.1931	30.7611	3432.8534	30.7615	0.0099	0.0016
0.8	1600	3509.5295	30.7611	3509.1968	30.7615	0.0095	0.0012
0.8	1650	3585.8659	30.7611	3585.5499	30.7614	0.0088	0.0009
0.8	1700	3662.2023	30.7611	3661.9125	30.7613	0.0079	0.0007
0.8	1750	3738.5387	30.7611	3738.2847	30.7613	0.0068	0.0005
0.8	1800	3814.8751	30.7612	3814.6665	30.7613	0.0055	0.0003
0.8	1850	3891.2115	30.7612	3891.0579	30.7612	0.0039	0.0002
0.8	1900	3967.5479	30.7612	3967.4589	30.7612	0.0022	0.0001
0.8	1950	4043.8843	30.7612	4043.8695	30.7612	0.0004	0.0000
0.8	2000	4120.2207	30.7612	4120.2897	30.7612	0.0017	0.0001
0.8	2050	4196.5571	30.7612	4196.7195	30.7612	0.0039	0.0002
0.8	2100	4272.8935	30.7612	4273.1589	30.7611	0.0062	0.0003
0.8	2150	4349.2299	30.7613	4349.6079	30.7611	0.0087	0.0004
0.8	2200	4425.5663	30.7613	4426.0664	30.7611	0.0113	0.0004
0.8	2250	4501.9027	30.7613	4502.5346	30.7611	0.0140	0.0005
0.9	0	1077.7100	30.7600	1071.0000	31.0000	0.6226	0.7802
0.9	50	1146.9900	30.7692	1146.9754	30.9564	0.0013	0.6084

Tabel A5 (lanjutan)

x	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.9	100	1223.1320	30.7665	1222.9619	30.9208	0.0139	0.5016
0.9	150	1298.9900	30.7640	1298.9594	30.8916	0.0024	0.4148
0.9	200	1374.9720	30.7633	1374.9676	30.8678	0.0003	0.3396
0.9	250	1450.8713	30.7621	1450.9862	30.8483	0.0079	0.2802
0.9	300	1526.7913	30.7617	1527.0151	30.8324	0.0147	0.2297
0.9	350	1602.7113	30.7615	1603.0543	30.8194	0.0214	0.1881
0.9	400	1679.6313	30.7613	1679.1035	30.8087	0.0314	0.1541
0.9	450	1755.3431	30.7611	1755.1627	30.8000	0.0103	0.1264
0.9	500	1831.4589	30.7610	1831.2318	30.7929	0.0124	0.1036
0.9	550	1907.5748	30.7622	1907.3108	30.7871	0.0138	0.0809
0.9	600	1983.6907	30.7609	1983.3996	30.7823	0.0147	0.0696
0.9	650	2059.8065	30.7615	2059.4982	30.7784	0.0150	0.0552
0.9	700	2135.9224	30.7610	2135.6066	30.7753	0.0148	0.0463
0.9	750	2212.0383	30.7611	2211.7246	30.7727	0.0142	0.0375
0.9	800	2288.1541	30.7611	2287.8524	30.7706	0.0132	0.0308
0.9	850	2364.2700	30.7611	2363.9899	30.7688	0.0118	0.0251
0.9	900	2440.3859	30.7611	2440.1370	30.7674	0.0102	0.0205
0.9	950	2516.5017	30.7611	2516.2938	30.7663	0.0083	0.0167
0.9	1000	2592.6176	30.7610	2592.4603	30.7653	0.0061	0.0140
0.9	1050	2668.7335	30.7611	2668.6364	30.7645	0.0036	0.0112
0.9	1100	2744.8493	30.7638	2744.8222	30.7639	0.0010	0.0002
0.9	1150	2820.9652	30.7602	2821.0176	30.7634	0.0019	0.0103
0.9	1200	2897.0811	30.7615	2897.2227	30.7630	0.0049	0.0047
0.9	1250	2973.1969	30.7611	2973.4374	30.7626	0.0081	0.0051
0.9	1300	3049.3128	30.7612	3049.6617	30.7623	0.0114	0.0036
0.9	1350	3125.4287	30.7612	3125.8956	30.7621	0.0149	0.0030

Tabel A5 (lanjutan)

x	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.9	1400	3202.5445	30.7611	3202.1392	30.7619	0.0127	0.0027
0.9	1450	3278.6604	30.7610	3278.3925	30.7618	0.0082	0.0024
0.9	1500	3354.9096	30.7611	3354.6553	30.7617	0.0076	0.0018
0.9	1550	3431.2540	30.7611	3430.9278	30.7616	0.0095	0.0016
0.9	1600	3507.5985	30.7611	3507.2100	30.7615	0.0111	0.0012
0.9	1650	3583.9429	30.7611	3583.5017	30.7614	0.0123	0.0009
0.9	1700	3660.2874	30.7611	3659.8031	30.7613	0.0132	0.0007
0.9	1750	3736.6318	30.7611	3736.1142	30.7613	0.0139	0.0005
0.9	1800	3812.9762	30.7612	3812.4349	30.7613	0.0142	0.0004
0.9	1850	3889.3207	30.7612	3888.7652	30.7612	0.0143	0.0002
0.9	1900	3965.6651	30.7612	3965.1051	30.7612	0.0141	0.0001
0.9	1950	4042.0095	30.7612	4041.4547	30.7612	0.0137	0.0000
0.9	2000	4118.3540	30.7612	4117.8140	30.7612	0.0131	0.0001
0.9	2050	4194.6984	30.7612	4194.1829	30.7612	0.0123	0.0002
0.9	2100	4271.0429	30.7612	4270.5614	30.7611	0.0113	0.0003
0.9	2150	4347.3873	30.7613	4346.9496	30.7611	0.0101	0.0004
0.9	2200	4423.7317	30.7613	4423.3474	30.7611	0.0087	0.0004
0.9	2250	4500.0762	30.7613	4499.7549	30.7611	0.0071	0.0005
AVERAGE TOTAL						0.0447	0.0899

Pada Tabel A6 tekanan injeksi surfaktan divariasikan dengan konsentrasi, temperatur dan laju aliran massa injeksi tetap. Nilai variasi ditentukan antara 1071 hingga 1200 psia.

Tabel A6 Validasi model injeksi surfaktan terhadap variasi tekanan injeksi

P	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1071	0	1079.0000	30.7600	1071.0000	31.0000	0.7414	0.7802
1071	50	1144.5200	30.7692	1147.0200	30.9555	0.2184	0.6056
1071	100	1226.1920	30.7665	1223.0512	30.9194	0.2561	0.4969
1071	150	1298.8640	30.7640	1299.0933	30.8899	0.0177	0.4091
1071	200	1372.5360	30.7633	1375.1462	30.8659	0.1902	0.3334
1071	250	1452.2080	30.7621	1451.2096	30.8464	0.0687	0.2739
1071	300	1524.4960	30.7617	1527.2834	30.8305	0.1828	0.2235
1071	350	1599.4320	30.7615	1603.3673	30.8176	0.2460	0.1822
1071	400	1674.3680	30.7613	1679.4614	30.8070	0.3042	0.1486
1071	450	1749.3040	30.7611	1755.5655	30.7985	0.3579	0.1215
1071	500	1824.2400	30.7610	1831.6795	30.7915	0.4078	0.0991
1071	550	1899.1760	30.7622	1907.8035	30.7858	0.4543	0.0768
1071	600	1974.1120	30.7609	1983.9372	30.7812	0.4977	0.0660
1071	650	2049.0480	30.7615	2060.0808	30.7775	0.5384	0.0520
1071	700	2123.9840	30.7610	2136.2342	30.7744	0.5768	0.0435
1071	750	2198.9200	30.7611	2212.3973	30.7719	0.6129	0.0351
1071	800	2273.8560	30.7611	2288.5701	30.7699	0.6471	0.0286
1071	850	2348.7920	30.7611	2364.7527	30.7683	0.6795	0.0232
1071	900	2423.7280	30.7611	2440.9449	30.7669	0.7103	0.0189
1071	950	2498.6640	30.7611	2517.1469	30.7658	0.7397	0.0154
1071	1000	2573.6000	30.7610	2593.3585	30.7649	0.7677	0.0128
1071	1050	2648.5360	30.7611	2669.5798	30.7642	0.7945	0.0102
1071	1100	2723.4720	30.7638	2745.8108	30.7636	0.8202	0.0006
1071	1150	2798.4080	30.7602	2822.0515	30.7632	0.8449	0.0096
1071	1200	2873.3440	30.7615	2898.3018	30.7628	0.8686	0.0041
1071	1250	2948.2800	30.7611	2974.5618	30.7625	0.8914	0.0046

Tabel A6 (lanjutan)

P	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1071	1300	3023.2160	30.7612	3050.8314	30.7622	0.9134	0.0032
1071	1350	3098.1520	30.7612	3127.1107	30.7620	0.9347	0.0026
1071	1400	3173.0880	30.7611	3203.3997	30.7618	0.9553	0.0023
1071	1450	3248.0240	30.7610	3279.6984	30.7617	0.9752	0.0021
1071	1500	3322.9600	30.7611	3356.0067	30.7616	0.9945	0.0016
1071	1550	3397.8960	30.7611	3432.3246	30.7615	1.0132	0.0014
1071	1600	3472.8320	30.7611	3508.6523	30.7614	1.0314	0.0010
1071	1650	3547.7680	30.7611	3584.9896	30.7614	1.0492	0.0008
1071	1700	3622.7040	30.7611	3661.3365	30.7613	1.0664	0.0006
1071	1750	3697.6400	30.7611	3737.6932	30.7613	1.0832	0.0004
1071	1800	3772.5760	30.7612	3814.0595	30.7612	1.0996	0.0003
1071	1850	3847.5120	30.7612	3890.4354	30.7612	1.1156	0.0002
1071	1900	3922.4480	30.7612	3966.8211	30.7612	1.1313	0.0000
1071	1950	3997.3840	30.7612	4043.2164	30.7612	1.1466	0.0001
1071	2000	4072.3200	30.7612	4119.6213	30.7612	1.1615	0.0002
1071	2050	4147.2560	30.7612	4196.0360	30.7611	1.1762	0.0002
1071	2100	4222.1920	30.7612	4272.4603	30.7611	1.1906	0.0003
1071	2150	4347.1280	30.7613	4348.8943	30.7611	0.0406	0.0004
1071	2200	4392.0640	30.7613	4425.3380	30.7611	0.7576	0.0004
1071	2250	4489.2200	30.7613	4501.7913	30.7611	0.2800	0.0005
1100	0	1103.2100	30.7506	1100.0000	31.0000	0.2910	0.8109
1100	50	1174.5200	30.7507	1176.0236	30.9555	0.1280	0.6663
1100	100	1248.1920	30.7507	1252.0585	30.9193	0.3098	0.5485
1100	150	1320.2893	30.7507	1328.1044	30.8899	0.5919	0.4526
1100	200	1392.7803	30.7507	1404.1609	30.8659	0.8171	0.3746
1100	250	1465.2713	30.7507	1480.2280	30.8464	1.0207	0.3110

Tabel A6 (lanjutan)

P	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1100	300	1537.7623	30.7507	1556.3054	30.8305	1.2058	0.2593
1100	350	1610.2533	30.7507	1632.3930	30.8175	1.3749	0.2172
1100	400	1702.7443	30.7508	1708.4908	30.8070	0.3375	0.1830
1100	450	1766.5514	30.7508	1784.5985	30.7985	1.0216	0.1551
1100	500	1841.1431	30.7508	1860.7163	30.7915	1.0631	0.1324
1100	550	1915.7348	30.7508	1936.8439	30.7858	1.1019	0.1139
1100	600	1990.3265	30.7508	2012.9813	30.7812	1.1382	0.0988
1100	650	2064.9181	30.7508	2089.1286	30.7775	1.1725	0.0866
1100	700	2139.5098	30.7508	2165.2856	30.7744	1.2048	0.0766
1100	750	2244.1015	30.7509	2241.4524	30.7719	0.1180	0.0685
1100	800	2298.6932	30.7509	2317.6289	30.7699	0.8238	0.0619
1100	850	2383.2849	30.7509	2393.8151	30.7683	0.4418	0.0565
1100	900	2467.8765	30.7509	2470.0111	30.7669	0.0865	0.0521
1100	950	2532.4682	30.7509	2546.2167	30.7658	0.5429	0.0485
1100	1000	2618.4885	30.7509	2622.4320	30.7649	0.1506	0.0456
1100	1050	2697.0087	30.7509	2698.6570	30.7642	0.0611	0.0432
1100	1100	2775.5290	30.7510	2774.8917	30.7636	0.0230	0.0413
1100	1150	2854.0492	30.7510	2851.1360	30.7632	0.1021	0.0397
1100	1200	2932.5695	30.7510	2927.3900	30.7628	0.1766	0.0384
1100	1250	3011.0897	30.7510	3003.6537	30.7625	0.2470	0.0373
1100	1300	3089.6100	30.7510	3079.9270	30.7622	0.3134	0.0364
1100	1350	3168.1302	30.7510	3156.2100	30.7620	0.3763	0.0357
1100	1400	3246.6505	30.7510	3232.5027	30.7618	0.4358	0.0351
1100	1450	3325.1707	30.7511	3308.8050	30.7617	0.4922	0.0346
1100	1500	3403.6910	30.7511	3385.1170	30.7616	0.5457	0.0342
1100	1550	3482.2112	30.7511	3461.4386	30.7615	0.5965	0.0339

Tabel A6 (lanjutan)

P	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1100	1600	3560.7315	30.7511	3537.7700	30.7614	0.6449	0.0336
1100	1650	3639.2517	30.7511	3614.1109	30.7614	0.6908	0.0333
1100	1700	3717.7720	30.7511	3690.4616	30.7613	0.7346	0.0331
1100	1750	3796.2922	30.7511	3766.8219	30.7613	0.7763	0.0330
1100	1800	3862.4566	30.7512	3843.1919	30.7612	0.4988	0.0328
1100	1850	3939.8298	30.7512	3919.5715	30.7612	0.5142	0.0327
1100	1900	4017.2031	30.7512	3995.9609	30.7612	0.5288	0.0326
1100	1950	4094.5763	30.7512	4072.3599	30.7612	0.5426	0.0325
1100	2000	4171.9495	30.7512	4148.7685	30.7612	0.5556	0.0324
1100	2050	4249.3227	30.7512	4225.1869	30.7611	0.5680	0.0323
1100	2100	4326.6959	30.7512	4301.6149	30.7611	0.5797	0.0322
1100	2150	4404.0691	30.7513	4378.0526	30.7611	0.5907	0.0321
1100	2200	4481.4424	30.7513	4454.4999	30.7611	0.6012	0.0321
1100	2250	4558.8156	30.7513	4530.9570	30.7611	0.6111	0.0320
1200	0	1204.5900	30.7606	1200.0000	31.0000	0.3810	0.7781
1200	50	1274.5200	30.7607	1276.0363	30.9555	0.1190	0.6335
1200	100	1351.0400	30.7607	1352.0838	30.9193	0.0773	0.5157
1200	150	1423.1667	30.7607	1428.1423	30.8898	0.3496	0.4199
1200	200	1496.3917	30.7607	1504.2115	30.8659	0.5226	0.3418
1200	250	1579.6167	30.7607	1580.2913	30.8463	0.0427	0.2783
1200	300	1655.8417	30.7607	1656.3814	30.8304	0.0326	0.2266
1200	350	1736.7333	30.7607	1732.4817	30.8175	0.2448	0.1845
1200	400	1806.4583	30.7608	1808.5921	30.8070	0.1181	0.1503
1200	450	1886.1833	30.7608	1884.7125	30.7984	0.0780	0.1224
1200	500	1965.9083	30.7608	1960.8429	30.7915	0.2577	0.0997
1200	550	2035.6333	30.7608	2036.9832	30.7858	0.0663	0.0813

Tabel A6 (lanjutan)

P	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1200	600	2115.3583	30.7608	2113.1333	30.7812	0.1052	0.0662
1200	650	2192.0833	30.7608	2189.2932	30.7774	0.1273	0.0540
1200	700	2268.8083	30.7608	2265.4629	30.7744	0.1475	0.0440
1200	750	2345.5333	30.7609	2341.6424	30.7719	0.1659	0.0359
1200	800	2422.2583	30.7609	2417.8316	30.7699	0.1828	0.0293
1200	850	2498.9833	30.7609	2494.0305	30.7682	0.1982	0.0239
1200	900	2575.7083	30.7609	2570.2391	30.7669	0.2123	0.0195
1200	950	2652.4333	30.7609	2646.4574	30.7658	0.2253	0.0160
1200	1000	2729.1583	30.7609	2722.6854	30.7649	0.2372	0.0130
1200	1050	2805.8833	30.7609	2798.9231	30.7642	0.2481	0.0107
1200	1100	2882.6083	30.7610	2875.1705	30.7636	0.2580	0.0087
1200	1150	2959.3333	30.7610	2951.4275	30.7632	0.2671	0.0071
1200	1200	3036.0583	30.7610	3027.6942	30.7628	0.2755	0.0058
1200	1250	3112.7833	30.7610	3103.9706	30.7625	0.2831	0.0048
1200	1300	3189.5083	30.7610	3180.2566	30.7622	0.2901	0.0039
1200	1350	3266.2333	30.7610	3256.5523	30.7620	0.2964	0.0032
1200	1400	3342.9583	30.7610	3332.8577	30.7618	0.3021	0.0026
1200	1450	3419.6833	30.7611	3409.1727	30.7617	0.3074	0.0021
1200	1500	3496.4083	30.7611	3485.4974	30.7616	0.3121	0.0017
1200	1550	3573.1333	30.7611	3561.8318	30.7615	0.3163	0.0013
1200	1600	3649.8583	30.7611	3638.1758	30.7614	0.3201	0.0011
1200	1650	3726.5833	30.7611	3714.5295	30.7614	0.3235	0.0008
1200	1700	3803.3083	30.7611	3790.8928	30.7613	0.3264	0.0006
1200	1750	3880.0333	30.7611	3867.2659	30.7613	0.3291	0.0004
1200	1800	3956.7583	30.7612	3943.6486	30.7612	0.3313	0.0003
1200	1850	4033.4833	30.7612	4020.0409	30.7612	0.3333	0.0002

Tabel A6 (lanjutan)

P	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1200	1900	4110.2083	30.7612	4096.4430	30.7612	0.3349	0.0000
1200	1950	4186.9333	30.7612	4172.8547	30.7612	0.3363	0.0001
1200	2000	4263.6583	30.7612	4249.2761	30.7612	0.3373	0.0002
1200	2050	4340.3833	30.7612	4325.7071	30.7611	0.3381	0.0002
1200	2100	4417.1083	30.7612	4402.1479	30.7611	0.3387	0.0003
1200	2150	4493.8333	30.7613	4478.5983	30.7611	0.3390	0.0004
1200	2200	4570.5583	30.7613	4555.0584	30.7611	0.3391	0.0004
1200	2250	4647.2833	30.7613	4631.5282	30.7611	0.3390	0.0005
AVERAGE TOTAL						0.3391	0.1012

Pada Tabel A7 temperatur injeksi surfaktan divariasikan dengan konsentrasi, tekanan dan laju aliran massa injeksi tetap. Nilai variasi ditentukan antara 31 hingga 40 °C.

Tabel A7 Validasi model injeksi surfaktan terhadap variasi temperatur injeksi

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
31	0	1076.0000	30.7600	1071.0000	31.0000	0.4647	0.7802
31	50	1144.5200	30.7692	1147.0200	30.9555	0.2184	0.6056
31	100	1226.1920	30.7665	1223.0512	30.9194	0.2561	0.4969
31	150	1298.8640	30.7640	1299.0933	30.8899	0.0177	0.4091
31	200	1372.5360	30.7633	1375.1462	30.8659	0.1902	0.3334
31	250	1452.2080	30.7621	1451.2096	30.8464	0.0687	0.2739
31	300	1524.4960	30.7617	1527.2834	30.8305	0.1828	0.2235
31	350	1599.4320	30.7615	1603.3673	30.8176	0.2460	0.1822
31	400	1674.3680	30.7613	1679.4614	30.8070	0.3042	0.1486
31	450	1749.3040	30.7611	1755.5655	30.7985	0.3579	0.1215

Tabel A7 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
31	500	1824.2400	30.7610	1831.6795	30.7915	0.4078	0.0991
31	550	1899.1760	30.7622	1907.8035	30.7858	0.4543	0.0768
31	600	1974.1120	30.7609	1983.9372	30.7812	0.4977	0.0660
31	650	2049.0480	30.7615	2060.0808	30.7775	0.5384	0.0520
31	700	2123.9840	30.7610	2136.2342	30.7744	0.5768	0.0435
31	750	2198.9200	30.7611	2212.3973	30.7719	0.6129	0.0351
31	800	2273.8560	30.7611	2288.5701	30.7699	0.6471	0.0286
31	850	2348.7920	30.7611	2364.7527	30.7683	0.6795	0.0232
31	900	2423.7280	30.7611	2440.9449	30.7669	0.7103	0.0189
31	950	2498.6640	30.7611	2517.1469	30.7658	0.7397	0.0154
31	1000	2573.6000	30.7610	2593.3585	30.7649	0.7677	0.0128
31	1050	2648.5360	30.7611	2669.5798	30.7642	0.7945	0.0102
31	1100	2723.4720	30.7638	2745.8108	30.7636	0.8202	0.0006
31	1150	2798.4080	30.7602	2822.0515	30.7632	0.8449	0.0096
31	1200	2873.3440	30.7615	2898.3018	30.7628	0.8686	0.0041
31	1250	2948.2800	30.7611	2974.5618	30.7625	0.8914	0.0046
31	1300	3023.2160	30.7612	3050.8314	30.7622	0.9134	0.0032
31	1350	3098.1520	30.7612	3127.1107	30.7620	0.9347	0.0026
31	1400	3173.0880	30.7611	3203.3997	30.7618	0.9553	0.0023
31	1450	3248.0240	30.7610	3279.6984	30.7617	0.9752	0.0021
31	1500	3322.9600	30.7611	3356.0067	30.7616	0.9945	0.0016
31	1550	3397.8960	30.7611	3432.3246	30.7615	1.0132	0.0014
31	1600	3472.8320	30.7611	3508.6523	30.7614	1.0314	0.0010
31	1650	3547.7680	30.7611	3584.9896	30.7614	1.0492	0.0008
31	1700	3622.7040	30.7611	3661.3365	30.7613	1.0664	0.0006
31	1750	3697.6400	30.7611	3737.6932	30.7613	1.0832	0.0004

Tabel A7 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
31	1800	3772.5760	30.7612	3814.0595	30.7612	1.0996	0.0003
31	1850	3847.5120	30.7612	3890.4354	30.7612	1.1156	0.0002
31	1900	3922.4480	30.7612	3966.8211	30.7612	1.1313	0.0000
31	1950	3997.3840	30.7612	4043.2164	30.7612	1.1466	0.0001
31	2000	4072.3200	30.7612	4119.6213	30.7612	1.1615	0.0002
31	2050	4147.2560	30.7612	4196.0360	30.7611	1.1762	0.0002
31	2100	4222.1920	30.7612	4272.4603	30.7611	1.1906	0.0003
31	2150	4347.1280	30.7613	4348.8943	30.7611	0.0406	0.0004
31	2200	4392.0640	30.7613	4425.3380	30.7611	0.7576	0.0004
31	2250	4489.2200	30.7613	4501.7913	30.7611	0.2800	0.0005
32	0	1076.0000	30.7600	1071.0000	32.0000	0.4647	4.0312
32	50	1147.5200	30.7692	1146.9830	31.7694	0.0468	3.2506
32	100	1219.0400	30.7665	1222.9841	31.5817	0.3235	2.6497
32	150	1290.5600	30.7640	1299.0018	31.4289	0.6541	2.1611
32	200	1369.5360	30.7633	1375.0347	31.3045	0.4015	1.7591
32	250	1439.5648	30.7621	1451.0819	31.2032	0.8000	1.4340
32	300	1522.5760	30.7617	1527.1424	31.1208	0.2999	1.1674
32	350	1605.5872	30.7615	1603.2156	31.0538	0.1477	0.9502
32	400	1678.5984	30.7613	1679.3010	30.9992	0.0419	0.7734
32	450	1751.6096	30.7611	1755.3979	30.9548	0.2163	0.6297
32	500	1834.6208	30.7610	1831.5062	30.9187	0.1698	0.5125
32	550	1909.6320	30.7622	1907.6254	30.8893	0.1051	0.4131
32	600	1986.6432	30.7609	1983.7553	30.8654	0.1454	0.3395
32	650	2063.6544	30.7615	2059.8957	30.8459	0.1821	0.2745
32	700	2140.6656	30.7610	2136.0465	30.8301	0.2158	0.2245
32	750	2217.6768	30.7611	2212.2075	30.8172	0.2466	0.1822

Tabel A7 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
32	800	2294.6880	30.7611	2288.3787	30.8067	0.2750	0.1483
32	850	2371.6992	30.7611	2364.5599	30.7982	0.3010	0.1206
32	900	2448.7104	30.7611	2440.7510	30.7913	0.3250	0.0981
32	950	2525.7216	30.7611	2516.9520	30.7856	0.3472	0.0797
32	1000	2602.7328	30.7610	2593.1629	30.7810	0.3677	0.0652
32	1050	2679.7440	30.7611	2669.3836	30.7773	0.3866	0.0527
32	1100	2756.7552	30.7638	2745.6140	30.7743	0.4041	0.0340
32	1150	2833.7664	30.7602	2821.8543	30.7718	0.4204	0.0378
32	1200	2910.7776	30.7615	2898.1043	30.7698	0.4354	0.0270
32	1250	2987.7888	30.7611	2974.3640	30.7682	0.4493	0.0232
32	1300	3064.8000	30.7612	3050.6334	30.7669	0.4622	0.0183
32	1350	3141.8112	30.7612	3126.9125	30.7658	0.4742	0.0149
32	1400	3218.8224	30.7611	3203.2013	30.7649	0.4853	0.0123
32	1450	3295.8336	30.7610	3279.4998	30.7642	0.4956	0.0103
32	1500	3372.8448	30.7611	3355.8080	30.7636	0.5051	0.0082
32	1550	3449.8560	30.7611	3432.1259	30.7631	0.5139	0.0068
32	1600	3526.8672	30.7611	3508.4534	30.7628	0.5221	0.0054
32	1650	3603.8784	30.7611	3584.7907	30.7625	0.5296	0.0044
32	1700	3680.8896	30.7611	3661.1376	30.7622	0.5366	0.0035
32	1750	3757.9008	30.7611	3737.4941	30.7620	0.5430	0.0028
32	1800	3834.9120	30.7612	3813.8604	30.7618	0.5489	0.0022
32	1850	3911.9232	30.7612	3890.2363	30.7617	0.5544	0.0017
32	1900	3988.9344	30.7612	3966.6219	30.7616	0.5594	0.0013
32	1950	4065.9456	30.7612	4043.0171	30.7615	0.5639	0.0010
32	2000	4142.9568	30.7612	4119.4221	30.7614	0.5681	0.0007
32	2050	4219.9680	30.7612	4195.8367	30.7614	0.5718	0.0004

Tabel A7 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
32	2100	4296.9792	30.7612	4272.2610	30.7613	0.5752	0.0002
32	2150	4373.9904	30.7613	4348.6949	30.7613	0.5783	0.0001
32	2200	4451.0016	30.7613	4425.1386	30.7612	0.5811	0.0001
32	2250	4528.0128	30.7613	4501.5919	30.7612	0.5835	0.0002
33	0	1076.2100	30.7600	1071.0000	33.0000	0.4841	7.2822
33	50	1147.7200	30.7692	1146.9460	32.5832	0.0674	5.8954
33	100	1224.1920	30.7665	1222.9170	32.2439	0.1041	4.8020
33	150	1297.3560	30.7640	1298.9102	31.9677	0.1198	3.9126
33	200	1373.3470	30.7633	1374.9232	31.7429	0.1148	3.1842
33	250	1448.3380	30.7621	1450.9542	31.5599	0.1806	2.5936
33	300	1522.9155	30.7617	1527.0015	31.4111	0.2683	2.1108
33	350	1597.7584	30.7615	1603.0640	31.2899	0.3321	1.7177
33	400	1672.6013	30.7613	1679.1405	31.1913	0.3910	1.3978
33	450	1747.4442	30.7611	1755.2304	31.1111	0.4456	1.1377
33	500	1822.2871	30.7610	1831.3328	31.0458	0.4964	0.9257
33	550	1897.1300	30.7622	1907.4473	30.9927	0.5438	0.7492
33	600	1971.9729	30.7609	1983.5734	30.9495	0.5883	0.6129
33	650	2046.8158	30.7615	2059.7107	30.9143	0.6300	0.4968
33	700	2131.6587	30.7610	2135.8589	30.8857	0.1970	0.4053
33	750	2212.5016	30.7611	2212.0179	30.8624	0.0219	0.3293
33	800	2283.2731	30.7611	2288.1873	30.8435	0.2152	0.2679
33	850	2360.0445	30.7611	2364.3671	30.8281	0.1832	0.2178
33	900	2436.8160	30.7611	2440.5571	30.8156	0.1535	0.1772
33	950	2513.5875	30.7611	2516.7572	30.8054	0.1261	0.1441
33	1000	2590.3590	30.7610	2592.9673	30.7971	0.1007	0.1175
33	1050	2667.1304	30.7611	2669.1874	30.7904	0.0771	0.0953

Tabel A7 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
33	1100	2743.9019	30.7638	2745.4174	30.7849	0.0552	0.0686
33	1150	2820.6734	30.7602	2821.6572	30.7805	0.0349	0.0659
33	1200	2897.4448	30.7615	2897.9068	30.7769	0.0159	0.0499
33	1250	2974.2163	30.7611	2974.1662	30.7739	0.0017	0.0418
33	1300	3050.9878	30.7612	3050.4354	30.7715	0.0181	0.0334
33	1350	3127.7593	30.7612	3126.7143	30.7696	0.0334	0.0272
33	1400	3204.5307	30.7611	3203.0030	30.7680	0.0477	0.0223
33	1450	3281.3022	30.7610	3279.3014	30.7667	0.0610	0.0184
33	1500	3358.0737	30.7611	3355.6094	30.7656	0.0734	0.0148
33	1550	3434.8451	30.7611	3431.9272	30.7648	0.0850	0.0122
33	1600	3511.6166	30.7611	3508.2547	30.7641	0.0957	0.0098
33	1650	3588.3881	30.7611	3584.5918	30.7635	0.1058	0.0079
33	1700	3665.1596	30.7611	3660.9386	30.7631	0.1152	0.0064
33	1750	3741.9310	30.7611	3737.2952	30.7627	0.1239	0.0051
33	1800	3818.7025	30.7612	3813.6613	30.7624	0.1320	0.0041
33	1850	3895.4740	30.7612	3890.0372	30.7622	0.1396	0.0033
33	1900	3972.2454	30.7612	3966.4228	30.7620	0.1466	0.0026
33	1950	4049.0169	30.7612	4042.8180	30.7618	0.1531	0.0020
33	2000	4125.7884	30.7612	4119.2229	30.7617	0.1591	0.0015
33	2050	4202.5599	30.7612	4195.6375	30.7616	0.1647	0.0011
33	2100	4279.3313	30.7612	4272.0617	30.7615	0.1699	0.0008
33	2150	4356.1028	30.7613	4348.4957	30.7614	0.1746	0.0005
33	2200	4432.8743	30.7613	4424.9393	30.7614	0.1790	0.0003
33	2250	4501.6457	30.7613	4501.3926	30.7613	0.0056	0.0001
34	0	1076.3000	30.7600	1071.0000	34.0000	0.4924	10.5332
34	50	1145.5200	30.7692	1146.9090	33.3968	0.1213	8.5397

Tabel A7 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
34	100	1222.1920	30.7665	1222.8500	32.9059	0.0538	6.9537
34	150	1297.8960	30.7640	1298.8187	32.5063	0.0711	5.6634
34	200	1375.5360	30.7633	1374.8118	32.1811	0.0527	4.6088
34	250	1451.2080	30.7621	1450.8265	31.9165	0.0263	3.7526
34	300	1525.8800	30.7617	1526.8606	31.7011	0.0643	3.0538
34	350	1601.1417	30.7615	1602.9123	31.5259	0.1106	2.4848
34	400	1676.6224	30.7613	1678.9802	31.3833	0.1406	2.0219
34	450	1754.1031	30.7611	1755.0629	31.2672	0.0547	1.6453
34	500	1829.5839	30.7610	1831.1595	31.1728	0.0861	1.3386
34	550	1905.0646	30.7622	1907.2693	31.0960	0.1157	1.0851
34	600	1981.5453	30.7609	1983.3915	31.0335	0.0932	0.8861
34	650	2057.6260	30.7615	2059.5257	30.9827	0.0923	0.7190
34	700	2133.7067	30.7610	2135.6714	30.9413	0.0921	0.5860
34	750	2209.7874	30.7611	2211.8283	30.9076	0.0924	0.4763
34	800	2285.8681	30.7611	2287.9960	30.8803	0.0931	0.3875
34	850	2361.9489	30.7611	2364.1744	30.8580	0.0942	0.3151
34	900	2438.0296	30.7611	2440.3633	30.8399	0.0957	0.2563
34	950	2514.1103	30.7611	2516.5625	30.8252	0.0975	0.2083
34	1000	2590.1910	30.7610	2592.7718	30.8132	0.0996	0.1697
34	1050	2666.2717	30.7611	2668.9913	30.8035	0.1020	0.1378
34	1100	2742.3524	30.7638	2745.2207	30.7956	0.1046	0.1031
34	1150	2818.4331	30.7602	2821.4601	30.7891	0.1074	0.0940
34	1200	2894.5139	30.7615	2897.7094	30.7839	0.1104	0.0727
34	1250	2970.5946	30.7611	2973.9686	30.7796	0.1136	0.0603
34	1300	3046.6753	30.7612	3050.2375	30.7762	0.1169	0.0485
34	1350	3122.7560	30.7612	3126.5162	30.7733	0.1204	0.0395

Tabel A7 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
34	1400	3198.8367	30.7611	3202.8047	30.7711	0.1240	0.0323
34	1450	3274.9174	30.7610	3279.1029	30.7692	0.1278	0.0265
34	1500	3350.9981	30.7611	3355.4109	30.7677	0.1317	0.0214
34	1550	3427.0789	30.7611	3431.7286	30.7664	0.1357	0.0175
34	1600	3503.1596	30.7611	3508.0559	30.7654	0.1398	0.0141
34	1650	3579.2403	30.7611	3584.3930	30.7646	0.1440	0.0115
34	1700	3655.3210	30.7611	3660.7398	30.7640	0.1482	0.0093
34	1750	3731.4017	30.7611	3737.0962	30.7634	0.1526	0.0075
34	1800	3807.4824	30.7612	3813.4624	30.7630	0.1571	0.0060
34	1850	3883.5631	30.7612	3889.8382	30.7626	0.1616	0.0048
34	1900	3959.6439	30.7612	3966.2237	30.7624	0.1662	0.0038
34	1950	4035.7246	30.7612	4042.6189	30.7621	0.1708	0.0030
34	2000	4111.8053	30.7612	4119.0238	30.7619	0.1756	0.0023
34	2050	4187.8860	30.7612	4195.4383	30.7618	0.1803	0.0018
34	2100	4263.9667	30.7612	4271.8625	30.7616	0.1852	0.0013
34	2150	4340.0474	30.7613	4348.2964	30.7615	0.1901	0.0010
34	2200	4416.1281	30.7613	4424.7400	30.7615	0.1950	0.0006
34	2250	4502.2089	30.7613	4501.1933	30.7614	0.0226	0.0004
35	0	1076.3700	30.7600	1071.0000	35.0000	0.4989	13.7841
35	50	1147.5200	30.7692	1146.8721	34.2104	0.0565	11.1837
35	100	1223.1920	30.7665	1222.7829	33.5677	0.0334	9.1050
35	150	1297.8640	30.7640	1298.7271	33.0448	0.0665	7.4137
35	200	1371.2750	30.7633	1374.7003	32.6192	0.2498	6.0328
35	250	1450.2904	30.7621	1450.6988	32.2729	0.0282	4.9111
35	300	1527.3058	30.7617	1526.7198	31.9910	0.0384	3.9963
35	350	1602.5520	30.7615	1602.7607	31.7617	0.0130	3.2515

Tabel A7 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
35	400	1676.5234	30.7613	1678.8198	31.5751	0.1370	2.6456
35	450	1751.9628	30.7611	1754.8954	31.4233	0.1674	2.1527
35	500	1827.4022	30.7610	1830.9863	31.2998	0.1961	1.7513
35	550	1902.8416	30.7622	1907.0913	31.1992	0.2233	1.4207
35	600	1978.2810	30.7609	1983.2097	31.1175	0.2491	1.1591
35	650	2057.5840	30.7615	2059.3408	31.0510	0.0854	0.9411
35	700	2132.2507	30.7610	2135.4839	30.9968	0.1516	0.7666
35	750	2208.4628	30.7611	2211.6387	30.9528	0.1438	0.6232
35	800	2284.6749	30.7611	2287.8048	30.9170	0.1370	0.5069
35	850	2360.8870	30.7611	2363.9818	30.8879	0.1311	0.4122
35	900	2437.0991	30.7611	2440.1695	30.8642	0.1260	0.3352
35	950	2513.3112	30.7611	2516.3678	30.8450	0.1216	0.2726
35	1000	2589.5234	30.7610	2592.5764	30.8293	0.1179	0.2220
35	1050	2665.7355	30.7611	2668.7952	30.8165	0.1148	0.1802
35	1100	2741.9476	30.7638	2745.0242	30.8062	0.1122	0.1376
35	1150	2818.1597	30.7602	2821.2632	30.7978	0.1101	0.1220
35	1200	2894.3718	30.7615	2897.5121	30.7909	0.1085	0.0955
35	1250	2970.5839	30.7611	2973.7710	30.7853	0.1073	0.0789
35	1300	3046.7960	30.7612	3050.0397	30.7808	0.1065	0.0636
35	1350	3123.0082	30.7612	3126.3182	30.7771	0.1060	0.0518
35	1400	3199.2203	30.7611	3202.6065	30.7741	0.1058	0.0423
35	1450	3275.4324	30.7610	3278.9046	30.7717	0.1060	0.0346
35	1500	3351.6445	30.7611	3355.2124	30.7697	0.1065	0.0280
35	1550	3427.8566	30.7611	3431.5300	30.7681	0.1072	0.0229
35	1600	3504.0687	30.7611	3507.8573	30.7668	0.1081	0.0185
35	1650	3580.2808	30.7611	3584.1943	30.7657	0.1093	0.0150

Tabel A7 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
35	1700	3656.4930	30.7611	3660.5410	30.7649	0.1107	0.0121
35	1750	3734.7051	30.7611	3736.8974	30.7642	0.0587	0.0098
35	1800	3812.9172	30.7612	3813.2635	30.7636	0.0091	0.0079
35	1850	3887.1293	30.7612	3889.6393	30.7631	0.0646	0.0063
35	1900	3965.3414	30.7612	3966.0247	30.7627	0.0172	0.0051
35	1950	4039.5535	30.7612	4042.4199	30.7624	0.0710	0.0040
35	2000	4115.7656	30.7612	4118.8247	30.7622	0.0743	0.0032
35	2050	4197.9778	30.7612	4195.2392	30.7620	0.0652	0.0025
35	2100	4269.1899	30.7612	4271.6634	30.7618	0.0579	0.0019
35	2150	4346.4020	30.7613	4348.0973	30.7617	0.0390	0.0014
35	2200	4423.6141	30.7613	4424.5408	30.7616	0.0209	0.0010
35	2250	4502.3262	30.7613	4500.9940	30.7615	0.0296	0.0007
36	0	1076.4300	30.7600	1071.0000	36.0000	0.5044	17.0351
36	50	1146.9200	30.7692	1146.8351	35.0238	0.0074	13.8274
36	100	1223.2920	30.7665	1222.7159	34.2295	0.0471	11.2557
36	150	1297.8640	30.7640	1298.6356	33.5831	0.0595	9.1635
36	200	1373.2950	30.7633	1374.5889	33.0571	0.0942	7.4562
36	250	1450.2080	30.7621	1450.5712	32.6291	0.0250	6.0691
36	300	1527.8800	30.7617	1526.5789	32.2808	0.0852	4.9383
36	350	1604.5520	30.7615	1602.6092	31.9974	0.1211	4.0178
36	400	1677.2240	30.7613	1678.6595	31.7669	0.0856	3.2689
36	450	1753.8960	30.7611	1754.7280	31.5793	0.0474	2.6597
36	500	1829.9680	30.7610	1830.8131	31.4266	0.0462	2.1638
36	550	1906.2517	30.7622	1906.9134	31.3024	0.0347	1.7562
36	600	1982.2067	30.7609	1983.0280	31.2014	0.0414	1.4320
36	650	2058.1616	30.7615	2059.1559	31.1192	0.0483	1.1630

Tabel A7 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
36	700	2134.1166	30.7610	2135.2965	31.0524	0.0553	0.9471
36	750	2210.0716	30.7611	2211.4492	30.9980	0.0623	0.7700
36	800	2286.0265	30.7611	2287.6136	30.9537	0.0694	0.6263
36	850	2364.7815	30.7611	2363.7892	30.9178	0.0420	0.5093
36	900	2439.5365	30.7611	2439.9758	30.8885	0.0180	0.4142
36	950	2515.7914	30.7611	2516.1732	30.8647	0.0152	0.3368
36	1000	2592.0464	30.7610	2592.3810	30.8453	0.0129	0.2742
36	1050	2668.3014	30.7611	2668.5992	30.8296	0.0112	0.2227
36	1100	2744.5563	30.7638	2744.8277	30.8168	0.0099	0.1721
36	1150	2820.8113	30.7602	2821.0662	30.8064	0.0090	0.1501
36	1200	2897.0663	30.7615	2897.3148	30.7979	0.0086	0.1183
36	1250	2973.3212	30.7611	2973.5734	30.7910	0.0085	0.0974
36	1300	3049.5762	30.7612	3049.8419	30.7854	0.0087	0.0787
36	1350	3125.8311	30.7612	3126.1202	30.7809	0.0092	0.0640
36	1400	3202.0861	30.7611	3202.4084	30.7772	0.0101	0.0523
36	1450	3278.3411	30.7610	3278.7063	30.7742	0.0111	0.0427
36	1500	3354.5960	30.7611	3355.0140	30.7717	0.0125	0.0346
36	1550	3430.8510	30.7611	3431.3315	30.7697	0.0140	0.0282
36	1600	3507.1060	30.7611	3507.6587	30.7681	0.0158	0.0228
36	1650	3583.3609	30.7611	3583.9956	30.7668	0.0177	0.0185
36	1700	3659.6159	30.7611	3660.3423	30.7657	0.0198	0.0150
36	1750	3735.8709	30.7611	3736.6986	30.7649	0.0222	0.0121
36	1800	3812.1258	30.7612	3813.0646	30.7642	0.0246	0.0098
36	1850	3888.3808	30.7612	3889.4404	30.7636	0.0273	0.0079
36	1900	3964.6358	30.7612	3965.8258	30.7631	0.0300	0.0063
36	1950	4040.8907	30.7612	4042.2209	30.7627	0.0329	0.0051

Tabel A7 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
36	2000	4117.1457	30.7612	4118.6257	30.7624	0.0359	0.0040
36	2050	4193.4006	30.7612	4195.0402	30.7622	0.0391	0.0031
36	2100	4269.6556	30.7612	4271.4643	30.7620	0.0424	0.0024
36	2150	4345.9106	30.7613	4347.8982	30.7618	0.0457	0.0019
36	2200	4422.1655	30.7613	4424.3417	30.7617	0.0492	0.0014
36	2250	4502.4205	30.7613	4500.7949	30.7616	0.0361	0.0010
37	0	1076.4800	30.7600	1071.0000	37.0000	0.5091	20.2861
37	50	1146.8200	30.7692	1146.7981	35.8371	0.0019	16.4707
37	100	1224.1920	30.7665	1222.6488	34.8910	0.1261	13.4059
37	150	1297.8640	30.7640	1298.5441	34.1212	0.0524	10.9126
37	200	1374.5360	30.7633	1374.4774	33.4948	0.0043	8.8790
37	250	1450.3080	30.7621	1450.4436	32.9852	0.0093	7.2266
37	300	1525.8800	30.7617	1526.4381	32.5705	0.0366	5.8798
37	350	1601.9857	30.7615	1602.4577	32.2330	0.0295	4.7837
37	400	1677.4240	30.7613	1678.4993	31.9585	0.0641	3.8919
37	450	1753.3072	30.7611	1754.5607	31.7351	0.0715	3.1665
37	500	1829.0792	30.7610	1830.6399	31.5534	0.0853	2.5759
37	550	1904.8512	30.7622	1906.7356	31.4056	0.0989	2.0914
37	600	1983.2120	30.7609	1982.8463	31.2853	0.0184	1.7046
37	650	2057.5840	30.7615	2058.9711	31.1874	0.0674	1.3848
37	700	2135.2560	30.7610	2135.1092	31.1078	0.0069	1.1275
37	750	2211.2435	30.7611	2211.2598	31.0431	0.0007	0.9166
37	800	2287.6326	30.7611	2287.4225	30.9904	0.0092	0.7456
37	850	2364.0217	30.7611	2363.5967	30.9476	0.0180	0.6063
37	900	2440.4108	30.7611	2439.7822	30.9128	0.0258	0.4931
37	950	2516.7999	30.7611	2515.9786	30.8844	0.0326	0.4009

Tabel A7 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
37	1000	2593.1891	30.7610	2592.1857	30.8614	0.0387	0.3263
37	1050	2669.5782	30.7611	2668.4033	30.8426	0.0440	0.2651
37	1100	2745.9673	30.7638	2744.6312	30.8274	0.0487	0.2066
37	1150	2822.3564	30.7602	2820.8694	30.8150	0.0527	0.1781
37	1200	2898.7455	30.7615	2897.1176	30.8049	0.0562	0.1411
37	1250	2975.1346	30.7611	2973.3759	30.7967	0.0591	0.1160
37	1300	3051.5237	30.7612	3049.6442	30.7901	0.0616	0.0938
37	1350	3127.9128	30.7612	3125.9223	30.7847	0.0636	0.0763
37	1400	3204.3019	30.7611	3202.2103	30.7803	0.0653	0.0622
37	1450	3280.6910	30.7610	3278.5081	30.7767	0.0665	0.0508
37	1500	3357.0802	30.7611	3354.8157	30.7738	0.0675	0.0411
37	1550	3433.4693	30.7611	3431.1331	30.7714	0.0680	0.0336
37	1600	3509.8584	30.7611	3507.4602	30.7695	0.0683	0.0272
37	1650	3586.2475	30.7611	3583.7970	30.7679	0.0683	0.0221
37	1700	3662.6366	30.7611	3660.1436	30.7666	0.0681	0.0179
37	1750	3739.0257	30.7611	3736.4999	30.7656	0.0676	0.0145
37	1800	3815.4148	30.7612	3812.8659	30.7648	0.0668	0.0117
37	1850	3891.8039	30.7612	3889.2416	30.7641	0.0658	0.0094
37	1900	3968.1930	30.7612	3965.6269	30.7635	0.0647	0.0076
37	1950	4044.5821	30.7612	4042.0220	30.7631	0.0633	0.0061
37	2000	4120.9713	30.7612	4118.4267	30.7627	0.0617	0.0048
37	2050	4197.3604	30.7612	4194.8412	30.7624	0.0600	0.0038
37	2100	4273.7495	30.7612	4271.2653	30.7622	0.0581	0.0030
37	2150	4350.1386	30.7613	4347.6991	30.7620	0.0561	0.0023
37	2200	4426.5277	30.7613	4424.1426	30.7618	0.0539	0.0017
37	2250	4502.4468	30.7613	4500.5958	30.7617	0.0411	0.0013

Tabel A7 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
38	0	1076.5200	30.7600	1071.0000	38.0000	0.5128	23.5371
38	50	1146.7200	30.7692	1146.7611	36.6504	0.0036	19.1137
38	100	1222.9200	30.7665	1222.5818	35.5524	0.0277	15.5557
38	150	1298.8640	30.7640	1298.4526	34.6591	0.0317	12.6612
38	200	1375.0640	30.7633	1374.3660	33.9324	0.0508	10.3013
38	250	1451.2080	30.7621	1450.3160	33.3411	0.0615	8.3835
38	300	1527.2912	30.7617	1526.2974	32.8600	0.0651	6.8209
38	350	1603.4032	30.7615	1602.3062	32.4685	0.0684	5.5492
38	400	1679.5152	30.7613	1678.3391	32.1500	0.0700	4.5146
38	450	1755.6272	30.7611	1754.3933	31.8909	0.0703	3.6729
38	500	1831.7392	30.7610	1830.4668	31.6801	0.0695	2.9879
38	550	1907.8512	30.7622	1906.5578	31.5086	0.0678	2.4264
38	600	1983.9632	30.7609	1982.6647	31.3691	0.0655	1.9771
38	650	2059.0752	30.7615	2058.7863	31.2556	0.0140	1.6064
38	700	2135.1872	30.7610	2134.9218	31.1633	0.0124	1.3077
38	750	2210.7992	30.7611	2211.0704	31.0882	0.0123	1.0632
38	800	2286.5112	30.7611	2287.2314	31.0271	0.0315	0.8648
38	850	2362.2232	30.7611	2363.4043	30.9774	0.0500	0.7032
38	900	2440.9440	30.7611	2439.5886	30.9370	0.0555	0.5719
38	950	2515.1516	30.7611	2515.7841	30.9041	0.0251	0.4650
38	1000	2591.1143	30.7610	2591.9904	30.8774	0.0338	0.3784
38	1050	2667.0771	30.7611	2668.2074	30.8557	0.0424	0.3075
38	1100	2744.0398	30.7638	2744.4348	30.8380	0.0144	0.2411
38	1150	2821.0025	30.7602	2820.6726	30.8236	0.0117	0.2062
38	1200	2897.9760	30.7615	2896.9205	30.8119	0.0364	0.1639
38	1250	2974.1352	30.7611	2973.1785	30.8024	0.0322	0.1345

Tabel A7 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
38	1300	3048.3200	30.7612	3049.4465	30.7947	0.0370	0.1088
38	1350	3123.9920	30.7612	3125.7244	30.7884	0.0555	0.0885
38	1400	3203.6640	30.7611	3202.0123	30.7833	0.0516	0.0722
38	1450	3278.3360	30.7610	3278.3099	30.7792	0.0008	0.0589
38	1500	3354.9040	30.7611	3354.6174	30.7758	0.0085	0.0477
38	1550	3431.2545	30.7611	3430.9347	30.7730	0.0093	0.0389
38	1600	3507.6050	30.7611	3507.2617	30.7708	0.0098	0.0315
38	1650	3583.9556	30.7611	3583.5985	30.7690	0.0100	0.0256
38	1700	3660.3061	30.7611	3659.9450	30.7675	0.0099	0.0208
38	1750	3736.6566	30.7611	3736.3012	30.7663	0.0095	0.0168
38	1800	3813.0072	30.7612	3812.6672	30.7653	0.0089	0.0136
38	1850	3889.3577	30.7612	3889.0428	30.7645	0.0081	0.0110
38	1900	3965.7082	30.7612	3965.4281	30.7639	0.0071	0.0088
38	1950	4042.0587	30.7612	4041.8232	30.7634	0.0058	0.0071
38	2000	4118.4093	30.7612	4118.2279	30.7629	0.0044	0.0057
38	2050	4194.7598	30.7612	4194.6423	30.7626	0.0028	0.0045
38	2100	4271.1103	30.7612	4271.0664	30.7623	0.0010	0.0035
38	2150	4347.4609	30.7613	4347.5001	30.7621	0.0009	0.0027
38	2200	4423.8114	30.7613	4423.9436	30.7619	0.0030	0.0021
38	2250	4502.4619	30.7613	4500.3967	30.7618	0.0459	0.0016
39	0	1076.5100	30.7600	1071.0000	39.0000	0.5118	26.7880
39	50	1146.8200	30.7692	1146.7242	37.4635	0.0084	21.7564
39	100	1223.1920	30.7665	1222.5147	36.2136	0.0554	17.7049
39	150	1298.8640	30.7640	1298.3611	35.1969	0.0387	14.4093
39	200	1375.5360	30.7633	1374.2546	34.3697	0.0932	11.7231
39	250	1449.2132	30.7621	1450.1884	33.6968	0.0673	9.5399

Tabel A7 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
39	300	1529.8800	30.7617	1526.1566	33.1493	0.2434	7.7615
39	350	1602.5520	30.7615	1602.1547	32.7039	0.0248	6.3142
39	400	1678.1243	30.7613	1678.1789	32.3415	0.0033	5.1368
39	450	1753.7472	30.7611	1754.2261	32.0466	0.0273	4.1790
39	500	1829.3702	30.7610	1830.2938	31.8068	0.0505	3.3995
39	550	1905.9932	30.7622	1906.3800	31.6116	0.0203	2.7613
39	600	1981.6162	30.7609	1982.4831	31.4529	0.0437	2.2495
39	650	2056.2391	30.7615	2058.6016	31.3237	0.1149	1.8279
39	700	2135.2560	30.7610	2134.7346	31.2187	0.0244	1.4878
39	750	2210.3002	30.7611	2210.8811	31.1333	0.0263	1.2097
39	800	2286.5019	30.7611	2287.0404	31.0638	0.0235	0.9839
39	850	2362.7037	30.7611	2363.2119	31.0072	0.0215	0.8001
39	900	2438.9054	30.7611	2439.3951	30.9612	0.0201	0.6507
39	950	2515.1072	30.7611	2515.5896	30.9239	0.0192	0.5291
39	1000	2591.3089	30.7610	2591.7952	30.8934	0.0188	0.4305
39	1050	2667.5107	30.7611	2668.0116	30.8687	0.0188	0.3498
39	1100	2743.7125	30.7638	2744.2385	30.8486	0.0192	0.2755
39	1150	2819.9142	30.7602	2820.4758	30.8322	0.0199	0.2342
39	1200	2896.1160	30.7615	2896.7234	30.8189	0.0210	0.1867
39	1250	2972.3177	30.7611	2972.9811	30.8081	0.0223	0.1530
39	1300	3048.5195	30.7612	3049.2489	30.7993	0.0239	0.1239
39	1350	3124.7212	30.7612	3125.5266	30.7922	0.0258	0.1008
39	1400	3200.9230	30.7611	3201.8143	30.7864	0.0278	0.0821
39	1450	3277.1247	30.7610	3278.1118	30.7816	0.0301	0.0670
39	1500	3353.3265	30.7611	3354.4192	30.7778	0.0326	0.0543
39	1550	3429.5282	30.7611	3430.7364	30.7747	0.0352	0.0443

Tabel A7 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
39	1600	3505.7300	30.7611	3507.0633	30.7721	0.0380	0.0359
39	1650	3581.9317	30.7611	3583.4000	30.7701	0.0410	0.0291
39	1700	3658.1335	30.7611	3659.7465	30.7684	0.0441	0.0236
39	1750	3734.3352	30.7611	3736.1026	30.7670	0.0473	0.0192
39	1800	3810.5370	30.7612	3812.4685	30.7659	0.0507	0.0155
39	1850	3886.7387	30.7612	3888.8441	30.7650	0.0542	0.0125
39	1900	3962.9405	30.7612	3965.2294	30.7643	0.0578	0.0101
39	1950	4039.1422	30.7612	4041.6244	30.7637	0.0615	0.0081
39	2000	4115.3440	30.7612	4118.0291	30.7632	0.0652	0.0065
39	2050	4191.5457	30.7612	4194.4434	30.7628	0.0691	0.0052
39	2100	4267.7475	30.7612	4270.8675	30.7625	0.0731	0.0041
39	2150	4343.9492	30.7613	4347.3012	30.7622	0.0772	0.0032
39	2200	4423.1510	30.7613	4423.7447	30.7620	0.0134	0.0025
39	2250	4502.5273	30.7613	4500.1978	30.7618	0.0517	0.0018
40	0	1076.7100	30.7600	1071.0000	40.0000	0.5303	30.0390
40	50	1147.5200	30.7692	1146.6872	38.2765	0.0726	24.3987
40	100	1223.1920	30.7665	1222.4477	36.8747	0.0608	19.8536
40	150	1297.6227	30.7640	1298.2696	35.7345	0.0499	16.1567
40	200	1373.7360	30.7633	1374.1433	34.8069	0.0296	13.1443
40	250	1450.2080	30.7621	1450.0608	34.0524	0.0101	10.6958
40	300	1525.4800	30.7617	1526.0159	33.4385	0.0351	8.7016
40	350	1601.1961	30.7615	1602.0033	32.9391	0.0504	7.0789
40	400	1679.2240	30.7613	1678.0187	32.5328	0.0718	5.7588
40	450	1755.8960	30.7611	1754.0588	32.2022	0.1046	4.6849
40	500	1831.5680	30.7610	1830.1208	31.9333	0.0790	3.8110
40	550	1907.3300	30.7622	1906.2023	31.7146	0.0591	3.0959

Tabel A7 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
40	600	1982.9120	30.7609	1982.3015	31.5366	0.0308	2.5216
40	650	2057.2200	30.7615	2058.4170	31.3918	0.0582	2.0492
40	700	2134.6040	30.7610	2134.5474	31.2741	0.0027	1.6678
40	750	2209.5490	30.7611	2210.6918	31.1783	0.0517	1.3561
40	800	2285.1620	30.7611	2286.8494	31.1004	0.0738	1.1029
40	850	2360.7749	30.7611	2363.0195	31.0370	0.0951	0.8969
40	900	2436.3879	30.7611	2439.2016	30.9855	0.1155	0.7294
40	950	2517.6160	30.7611	2515.3953	30.9435	0.0882	0.5931
40	1000	2591.2880	30.7610	2591.6001	30.9095	0.0120	0.4826
40	1050	2667.9600	30.7611	2667.8159	30.8817	0.0054	0.3921
40	1100	2743.9823	30.7638	2744.0423	30.8592	0.0022	0.3099
40	1150	2820.3219	30.7602	2820.2792	30.8408	0.0015	0.2622
40	1200	2896.6614	30.7615	2896.5264	30.8259	0.0047	0.2094
40	1250	2973.0009	30.7611	2972.7838	30.8138	0.0073	0.1715
40	1300	3049.3405	30.7612	3049.0514	30.8040	0.0095	0.1389
40	1350	3125.6800	30.7612	3125.3289	30.7959	0.0112	0.1130
40	1400	3202.0195	30.7611	3201.6164	30.7894	0.0126	0.0921
40	1450	3278.3591	30.7610	3277.9138	30.7841	0.0136	0.0751
40	1500	3354.6986	30.7611	3354.2211	30.7798	0.0142	0.0609
40	1550	3431.0381	30.7611	3430.5381	30.7763	0.0146	0.0496
40	1600	3507.3777	30.7611	3506.8650	30.7735	0.0146	0.0402
40	1650	3583.7172	30.7611	3583.2016	30.7712	0.0144	0.0327
40	1700	3660.0568	30.7611	3659.5480	30.7693	0.0139	0.0265
40	1750	3736.3963	30.7611	3735.9041	30.7677	0.0132	0.0215
40	1800	3812.7358	30.7612	3812.2699	30.7665	0.0122	0.0174
40	1850	3889.0754	30.7612	3888.6455	30.7655	0.0111	0.0141

Tabel A7 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
40	1900	3965.4149	30.7612	3965.0307	30.7647	0.0097	0.0113
40	1950	4041.7544	30.7612	4041.4257	30.7640	0.0081	0.0091
40	2000	4118.0940	30.7612	4117.8303	30.7635	0.0064	0.0073
40	2050	4194.4335	30.7612	4194.2446	30.7630	0.0045	0.0058
40	2100	4270.7730	30.7612	4270.6687	30.7627	0.0024	0.0046
40	2150	4347.1126	30.7613	4347.1024	30.7624	0.0002	0.0036
40	2200	4423.4521	30.7613	4423.5458	30.7621	0.0021	0.0028
40	2250	4499.7916	30.7613	4499.9989	30.7619	0.0046	0.0021
AVERAGE TOTAL						0.1764	1.7940

LAMPIRAN B Validasi Pemodelan Temperatur dan Tekanan pada *Reservoir*

Validasi model pada *reservoir* dilakukan dengan membandingkan hasil model dengan hasil simulasi pada perangkat lunak COMSOL *Multiphysics*. Pada Tabel B1, tekanan injeksi CO₂ divariasikan, laju aliran massa dan temperatur injeksi yang tetap. Nilai variasi berada diantara nilai 1071 hingga 1200 psi.

Tabel B1 Validasi model injeksi CO₂ terhadap variasi tekanan injeksi

P	Jarak	COMSOL Multiphysics		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1071	0	2896.1124	30.7600	2896.1124	30.7639	0.0000	0.0127
1071	10	2891.1277	30.7692	2891.4747	30.7603	0.0120	0.0290
1071	20	2886.2193	30.7665	2886.8375	30.7613	0.0214	0.0166
1071	30	2881.7256	30.7640	2882.2007	30.7610	0.0165	0.0097
1071	40	2877.6298	30.7633	2877.5643	30.7611	0.0023	0.0072
1071	50	2873.3171	30.7621	2872.9284	30.7611	0.0135	0.0033
1071	60	2868.8272	30.7617	2868.2929	30.7611	0.0186	0.0020
1071	70	2863.4787	30.7615	2863.6579	30.7611	0.0063	0.0013
1071	80	2859.2710	30.7613	2859.0233	30.7611	0.0087	0.0007
1071	90	2853.9763	30.7611	2854.3891	30.7611	0.0145	0.0000
1071	100	2849.3822	30.7610	2849.7554	30.7611	0.0131	0.0002
1100	0	2929.7580	30.7622	2929.7580	30.7639	0.0000	0.0055
1100	10	2925.1277	30.7609	2925.1171	30.7603	0.0004	0.0021
1100	20	2919.2193	30.7615	2920.4767	30.7614	0.0431	0.0004
1100	30	2915.7256	30.7610	2915.8367	30.7610	0.0038	0.0000
1100	40	2911.6298	30.7611	2911.1971	30.7611	0.0149	0.0000
1100	50	2905.3171	30.7611	2906.5580	30.7611	0.0427	0.0000
1100	60	2901.8272	30.7611	2901.9194	30.7611	0.0032	0.0000

Tabel B1 (lanjutan)

P	Jarak	COMSOL Multiphysics		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1100	70	2897.4787	30.7611	2897.2811	30.7611	0.0068	0.0000
1100	80	2892.2710	30.7611	2892.6433	30.7611	0.0129	0.0000
1100	90	2888.9763	30.7610	2888.0060	30.7611	0.0336	0.0003
1100	100	2883.3822	30.7611	2883.3691	30.7611	0.0005	0.0000
1200	0	3045.7521	30.7638	3045.7778	30.7638	0.0008	0.0000
1200	10	3041.1137	30.7602	3041.1259	30.7602	0.0004	0.0001
1200	20	3036.3521	30.7615	3036.4743	30.7614	0.0040	0.0005
1200	30	3031.7522	30.7611	3031.8233	30.7610	0.0023	0.0002
1200	40	3026.8715	30.7612	3027.1727	30.7611	0.0099	0.0003
1200	50	3021.9155	30.7612	3022.5225	30.7611	0.0201	0.0003
1200	60	3017.5214	30.7611	3017.8727	30.7611	0.0116	0.0000
1200	70	3013.0235	30.7610	3013.2235	30.7611	0.0066	0.0002
1200	80	3008.2123	30.7611	3008.5746	30.7611	0.0120	0.0000
1200	90	3003.5122	30.7611	3003.9262	30.7611	0.0138	0.0001
1200	100	2998.8783	30.7611	2999.2783	30.7611	0.0133	0.0000
AVERAGE ERROR						0.0116	0.0028

Pada Tabel B2 temperatur injeksi CO₂ divariasikan dengan tekanan dan laju aliran massa injeksi tetap. Nilai variasi ditentukan antara 31 hingga 40 °C.

Tabel B2 Validasi model injeksi CO₂ terhadap variasi temperatur injeksi

T	Jarak	COMSOL Multiphysics		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
31	0	2107.5073	30.9600	2107.5073	30.7639	0.0000	0.6334

Tabel B2 (lanjutan)

T	Jarak	COMSOL Multiphysics		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
31	10	2074.5415	30.8957	2074.6487	30.7603	0.0052	0.4385
31	20	2041.4575	30.7575	2041.6740	30.7613	0.0106	0.0126
31	30	2008.2516	30.6827	2008.5799	30.7610	0.0163	0.2552
31	40	1974.9202	30.6359	1975.3628	30.7611	0.0224	0.4086
31	50	1941.4593	30.6089	1942.0188	30.7611	0.0288	0.4974
31	60	1907.8647	30.5905	1908.5441	30.7611	0.0356	0.5578
31	70	1874.1322	30.5803	1874.9343	30.7611	0.0428	0.5913
31	80	1840.2573	30.5729	1841.1852	30.7611	0.0504	0.6157
31	90	1806.2350	30.5687	1807.2921	30.7611	0.0585	0.6295
31	100	1772.0601	30.5657	1773.2501	30.7611	0.0672	0.6391
32	0	2106.2702	31.8722	2106.2702	30.7639	0.0000	3.4774
32	10	2073.3537	31.4911	2073.4072	30.7603	0.0026	2.3209
32	20	2040.3193	31.0727	2040.4281	30.7613	0.0053	1.0019
32	30	2007.1632	30.8692	2007.3295	30.7610	0.0083	0.3504
32	40	1973.8819	30.7493	1974.1076	30.7611	0.0114	0.0383
32	50	1940.4714	30.6811	1940.7588	30.7611	0.0148	0.2606
32	60	1906.9276	30.6352	1907.2790	30.7611	0.0184	0.4110
32	70	1873.2461	30.6102	1873.6641	30.7611	0.0223	0.4931
32	80	1839.4226	30.5916	1839.9097	30.7611	0.0265	0.5539
32	90	1805.4520	30.5813	1806.0110	30.7611	0.0310	0.5881
32	100	1771.3293	30.5741	1771.9633	30.7611	0.0358	0.6118
33	0	2105.0325	32.7839	2105.0325	30.7639	0.0000	6.1617
33	10	2072.1117	31.8071	2072.1652	30.7603	0.0026	3.2913
33	20	2039.0728	31.2231	2039.1817	30.7613	0.0053	1.4789
33	30	2005.9122	30.9554	2006.0785	30.7610	0.0083	0.6281
33	40	1972.6261	30.7821	1972.8519	30.7611	0.0114	0.0683

Tabel B2 (lanjutan)

T	Jarak	COMSOL Multiphysics		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
33	50	1939.2107	30.7131	1939.4982	30.7611	0.0148	0.1562
33	60	1905.6618	30.6550	1906.0134	30.7611	0.0185	0.3461
33	70	1871.9752	30.6231	1872.3933	30.7611	0.0223	0.4506
33	80	1838.1462	30.6001	1838.6335	30.7611	0.0265	0.5260
33	90	1804.1701	30.5869	1804.7293	30.7611	0.0310	0.5694
33	100	1770.0415	30.5778	1770.6759	30.7611	0.0358	0.5996
34	0	2103.7943	33.6964	2103.7943	30.7639	0.0000	8.7026
34	10	2070.8691	31.9277	2070.9227	30.7603	0.0026	3.6565
34	20	2037.8256	31.2792	2037.9347	30.7613	0.0054	1.6555
34	30	2004.6603	30.9857	2004.8269	30.7610	0.0083	0.7251
34	40	1971.3694	30.7826	1971.5956	30.7611	0.0115	0.0699
34	50	1937.9490	30.7279	1938.2370	30.7611	0.0149	0.1079
34	60	1904.3950	30.6634	1904.7472	30.7611	0.0185	0.3187
34	70	1870.7030	30.6285	1871.1219	30.7611	0.0224	0.4329
34	80	1836.8685	30.6037	1837.3567	30.7611	0.0266	0.5145
34	90	1802.8867	30.5895	1803.4470	30.7611	0.0311	0.5611
34	100	1768.7523	30.5794	1769.3878	30.7611	0.0359	0.5942
35	0	2102.5555	34.6095	2102.5555	30.7639	0.0000	11.1115
35	10	2069.6260	32.2915	2069.6796	30.7603	0.0026	4.7419
35	20	2036.5780	31.2511	2036.6871	30.7613	0.0054	1.5671
35	30	2003.4081	30.9781	2003.5747	30.7610	0.0083	0.7006
35	40	1970.1124	30.8117	1970.3387	30.7611	0.0115	0.1642
35	50	1936.6871	30.7216	1936.9753	30.7611	0.0149	0.1287
35	60	1903.1280	30.6610	1903.4804	30.7611	0.0185	0.3264
35	70	1869.4308	30.6272	1869.8499	30.7611	0.0224	0.4372
35	80	1835.5909	30.6027	1836.0794	30.7611	0.0266	0.5178

Tabel B2 (lanjutan)

T	Jarak	COMSOL Multiphysics		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
35	90	1801.6035	30.5889	1802.1641	30.7611	0.0311	0.5629
35	100	1767.4633	30.5791	1768.0992	30.7611	0.0360	0.5950
36	0	2101.3162	34.6095	2101.3162	30.7639	0.0000	11.1115
36	10	2068.3822	31.2610	2068.4359	30.7603	0.0026	1.6016
36	20	2035.3298	31.1000	2035.4390	30.7613	0.0054	1.0890
36	30	2002.1552	30.8885	2002.3220	30.7610	0.0083	0.4127
36	40	1968.8547	30.7607	1969.0812	30.7611	0.0115	0.0015
36	50	1935.4244	30.6893	1935.7129	30.7611	0.0149	0.2341
36	60	1901.8602	30.6410	1902.2130	30.7611	0.0185	0.3919
36	70	1868.1578	30.6140	1868.5773	30.7611	0.0225	0.4806
36	80	1834.3124	30.5942	1834.8014	30.7611	0.0267	0.5455
36	90	1800.3194	30.5832	1800.8805	30.7611	0.0312	0.5817
36	100	1766.1733	30.5754	1766.8098	30.7611	0.0360	0.6074
37	0	2100.0763	36.4381	2100.0763	30.7639	0.0000	15.5723
37	10	2067.1379	30.6191	2067.1916	30.7603	0.0026	0.4610
37	20	2034.0809	30.3936	2034.1902	30.7613	0.0054	1.2098
37	30	2000.9016	30.4361	2001.0686	30.7610	0.0083	1.0674
37	40	1967.5963	30.4813	1967.8231	30.7611	0.0115	0.9182
37	50	1934.1610	30.5075	1934.4499	30.7611	0.0149	0.8313
37	60	1900.5917	30.5263	1900.9449	30.7611	0.0186	0.7692
37	70	1866.8839	30.5371	1867.3040	30.7611	0.0225	0.7335
37	80	1833.0331	30.5452	1833.5227	30.7611	0.0267	0.7067
37	90	1799.0344	30.5501	1799.5963	30.7611	0.0312	0.6908
37	100	1764.8824	30.5534	1765.5198	30.7611	0.0361	0.6799
38	0	2098.8357	37.3536	2098.8357	30.7639	0.0000	17.6414
38	10	2065.8930	32.1970	2065.9467	30.7603	0.0026	4.4622

Tabel B2 (lanjutan)

T	Jarak	COMSOL Multiphysics		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
38	20	2032.8314	31.3329	2032.9409	30.7613	0.0054	1.8241
38	30	1999.6475	31.0199	1999.8146	30.7610	0.0084	0.8345
38	40	1966.3374	30.8381	1966.5644	30.7611	0.0115	0.2496
38	50	1932.8972	30.7382	1933.1862	30.7611	0.0150	0.0743
38	60	1899.3227	30.6715	1899.6762	30.7611	0.0186	0.2920
38	70	1865.6096	30.6342	1866.0301	30.7611	0.0225	0.4141
38	80	1831.7533	30.6071	1832.2434	30.7611	0.0268	0.5032
38	90	1797.7489	30.5919	1798.3114	30.7611	0.0313	0.5529
38	100	1763.5912	30.5812	1764.2292	30.7611	0.0362	0.5883
39	0	2097.5946	38.2699	2097.5946	30.7639	0.0000	19.6133
39	10	2064.6475	32.2017	2064.7013	30.7603	0.0026	4.4764
39	20	2031.5814	31.4078	2031.6909	30.7613	0.0054	2.0584
39	30	1998.3928	31.0605	1998.5600	30.7610	0.0084	0.9643
39	40	1965.0779	30.8617	1965.3050	30.7611	0.0116	0.3259
39	50	1931.6328	30.7561	1931.9220	30.7611	0.0150	0.0164
39	60	1898.0532	30.6810	1898.4069	30.7611	0.0186	0.2611
39	70	1864.3349	30.6404	1864.7555	30.7611	0.0226	0.3938
39	80	1830.4731	30.6112	1830.9634	30.7611	0.0268	0.4898
39	90	1796.4631	30.5947	1797.0258	30.7611	0.0313	0.5440
39	100	1762.2995	30.5830	1762.9378	30.7611	0.0362	0.5824
40	0	2096.3528	39.1869	2096.3528	30.7639	0.0000	21.4945
40	10	2063.4012	32.2552	2063.4551	30.7603	0.0026	4.6346
40	20	2030.3306	31.4328	2030.4403	30.7613	0.0054	2.1361
40	30	1997.1373	31.0710	1997.3048	30.7610	0.0084	0.9977
40	40	1963.8175	30.8662	1964.0450	30.7611	0.0116	0.3403
40	50	1930.3673	30.7575	1930.6570	30.7611	0.0150	0.0117

Tabel B2 (lanjutan)

T	Jarak	COMSOL Multiphysics		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
40	60	1896.7826	30.6845	1897.1369	30.7611	0.0187	0.2496
40	70	1863.0589	30.6433	1863.4803	30.7611	0.0226	0.3845
40	80	1829.1916	30.6125	1829.6828	30.7611	0.0269	0.4853
40	90	1795.1758	30.5951	1795.7396	30.7611	0.0314	0.5426
40	100	1761.0063	30.5833	1761.6458	30.7611	0.0363	0.5814
AVERAGE ERROR						0.0176	1.7961

Pada Tabel B3 laju aliran massa injeksi CO₂ divariasikan dengan tekanan dan temperatur injeksi tetap. Nilai variasi ditentukan antara 0.2 hingga 0.5 kg/s.

Tabel B3 Validasi model injeksi CO₂ terhadap variasi laju aliran massa injeksi

m	Jarak	COMSOL Multiphysics		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.2	0	2896.1124	30.7600	2896.1124	30.7639	0.0000	0.0127
0.2	10	2891.1277	30.7692	2891.4747	30.7603	0.0120	0.0290
0.2	20	2886.2193	30.7665	2886.8375	30.7613	0.0214	0.0166
0.2	30	2881.7256	30.7640	2882.2007	30.7610	0.0165	0.0097
0.2	40	2877.6298	30.7633	2877.5643	30.7611	0.0023	0.0072
0.2	50	2873.3171	30.7621	2872.9284	30.7611	0.0135	0.0033
0.2	60	2868.8272	30.7617	2868.2929	30.7611	0.0186	0.0020
0.2	70	2863.4787	30.7615	2863.6579	30.7611	0.0063	0.0013
0.2	80	2859.2710	30.7613	2859.0233	30.7611	0.0087	0.0007
0.2	90	2853.9763	30.7611	2854.3891	30.7611	0.0145	0.0000
0.2	100	2849.3822	30.7610	2849.7554	30.7611	0.0131	0.0002

Tabel B3 (lanjutan)

m	Jarak	COMSOL Multiphysics		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.3	0	2896.1124	30.7600	2896.1124	30.7639	0.0000	0.0127
0.3	10	2891.1277	30.7692	2891.4747	30.7603	0.0120	0.0290
0.3	20	2886.2193	30.7665	2886.8375	30.7613	0.0214	0.0166
0.3	30	2881.7256	30.7640	2882.2007	30.7610	0.0165	0.0097
0.3	40	2877.6298	30.7633	2877.5643	30.7611	0.0023	0.0072
0.3	50	2873.3171	30.7621	2872.9284	30.7611	0.0135	0.0033
0.3	60	2868.8272	30.7617	2868.2929	30.7611	0.0186	0.0020
0.3	70	2863.4787	30.7615	2863.6579	30.7611	0.0063	0.0013
0.3	80	2859.2710	30.7613	2859.0233	30.7611	0.0087	0.0007
0.3	90	2853.9763	30.7611	2854.3891	30.7611	0.0145	0.0000
0.3	100	2849.3822	30.7610	2849.7554	30.7611	0.0131	0.0002
0.4	0	3045.7521	30.7638	3045.7778	30.7638	0.0008	0.0000
0.4	10	3041.1137	30.7602	3041.1259	30.7602	0.0004	0.0001
0.4	20	3036.3521	30.7615	3036.4743	30.7614	0.0040	0.0005
0.4	30	3031.7522	30.7611	3031.8233	30.7610	0.0023	0.0002
0.4	40	3026.8715	30.7612	3027.1727	30.7611	0.0099	0.0003
0.4	50	3021.9155	30.7612	3022.5225	30.7611	0.0201	0.0003
0.4	60	3017.5214	30.7611	3017.8727	30.7611	0.0116	0.0000
0.4	70	3013.0235	30.7610	3013.2235	30.7611	0.0066	0.0002
0.4	80	3008.2123	30.7611	3008.5746	30.7611	0.0120	0.0000
0.4	90	3003.5122	30.7611	3003.9262	30.7611	0.0138	0.0001
0.4	100	2998.8783	30.7611	2999.2783	30.7611	0.0133	0.0000
0.5	0	3045.7521	30.7638	3045.7778	30.7638	0.0008	0.0000
0.5	10	3041.1137	30.7602	3041.1259	30.7602	0.0004	0.0001
0.5	20	3036.3521	30.7615	3036.4743	30.7614	0.0040	0.0005
0.5	30	3031.7522	30.7611	3031.8233	30.7610	0.0023	0.0002

Tabel B3 (lanjutan)

m	Jarak	COMSOL Multiphysics		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.5	40	3026.8715	30.7612	3027.1727	30.7611	0.0099	0.0003
0.5	50	3021.9155	30.7612	3022.5225	30.7611	0.0201	0.0003
0.5	60	3017.5214	30.7611	3017.8727	30.7611	0.0116	0.0000
0.5	70	3013.0235	30.7610	3013.2235	30.7611	0.0066	0.0002
0.5	80	3008.2123	30.7611	3008.5746	30.7611	0.0120	0.0000
0.5	90	3003.5122	30.7611	3003.9262	30.7611	0.0138	0.0001
0.5	100	2998.8783	30.7611	2999.2783	30.7611	0.0133	0.0000
AVERAGE TOTAL						0.0101	0.0038

Pada Tabel B4 laju aliran massa injeksi surfaktan divariasikan dengan tekanan, temperatur dan konsentrasi injeksi tetap. Nilai variasi ditentukan antara 0.2 hingga 0.5 kg/s.

Tabel B4 Validasi model injeksi surfaktan terhadap variasi laju aliran massa injeksi

m	Jarak	COMSOL Multiphysics		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.2	0	4497.9806	30.7600	4496.0098	30.7617	0.0438	0.0056
0.2	10	4493.7792	30.7692	4493.4792	30.7542	0.0067	0.0488
0.2	20	4490.8484	30.7665	4490.9484	30.7469	0.0022	0.0635
0.2	30	4488.1175	30.7640	4488.4175	30.7399	0.0067	0.0783
0.2	40	4485.2286	30.7633	4485.8863	30.7332	0.0147	0.0979
0.2	50	4483.3126	30.7621	4483.3551	30.7268	0.0009	0.1149
0.2	60	4480.2136	30.7617	4480.8236	30.7205	0.0136	0.1339
0.2	70	4478.0920	30.7615	4478.2920	30.7145	0.0045	0.1527
0.2	80	4474.7388	30.7613	4475.7602	30.7088	0.0228	0.1708

Tabel B4 (lanjutan)

m	Jarak	COMSOL Multiphysics		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.2	90	4471.9704	30.7611	4473.2282	30.7032	0.0281	0.1882
0.2	100	4469.2020	30.7610	4470.6960	30.6979	0.0334	0.2053
0.3	0	4501.1913	30.7600	4501.7913	30.7611	0.0133	0.0036
0.3	10	4497.7403	30.7692	4497.9403	30.7542	0.0044	0.0487
0.3	20	4494.2893	30.7665	4494.0889	30.7476	0.0045	0.0614
0.3	30	4490.8383	30.7640	4490.2371	30.7411	0.0134	0.0744
0.3	40	4487.3873	30.7633	4486.3850	30.7349	0.0223	0.0924
0.3	50	4483.9363	30.7621	4482.5324	30.7289	0.0313	0.1079
0.3	60	4480.4853	30.7617	4478.6794	30.7231	0.0403	0.1255
0.3	70	4477.0343	30.7615	4474.8261	30.7175	0.0493	0.1429
0.3	80	4473.5833	30.7613	4470.9723	30.7121	0.0584	0.1598
0.3	90	4470.1323	30.7611	4467.1182	30.7069	0.0674	0.1762
0.3	100	4466.6813	30.7610	4463.2636	30.7019	0.0765	0.1923
0.4	0	4510.2994	30.7638	4510.4299	30.7611	0.0029	0.0089
0.4	10	4505.2707	30.7602	4505.3707	30.7546	0.0022	0.0183
0.4	20	4500.2419	30.7615	4500.3107	30.7483	0.0015	0.0431
0.4	30	4495.2132	30.7611	4495.2501	30.7422	0.0008	0.0615
0.4	40	4490.1844	30.7612	4490.1887	30.7362	0.0001	0.0812
0.4	50	4485.1557	30.7612	4485.1267	30.7305	0.0006	0.0997
0.4	60	4480.1269	30.7611	4480.0640	30.7250	0.0014	0.1174
0.4	70	4475.0982	30.7610	4475.0007	30.7197	0.0022	0.1345
0.4	80	4470.0695	30.7611	4469.9366	30.7145	0.0030	0.1516
0.4	90	4465.0407	30.7611	4464.8719	30.7095	0.0038	0.1677
0.4	100	4460.0120	30.7611	4459.8065	30.7046	0.0046	0.1836
0.5	0	4522.4887	30.7638	4522.1489	30.7611	0.0075	0.0089
0.5	10	4515.7267	30.7602	4515.8267	30.7549	0.0022	0.0174

Tabel B4 (lanjutan)

m	Jarak	COMSOL Multiphysics		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.5	20	4509.0354	30.7615	4509.5035	30.7488	0.0104	0.0412
0.5	30	4503.9283	30.7611	4503.1793	30.7430	0.0166	0.0588
0.5	40	4496.5396	30.7612	4496.8540	30.7373	0.0070	0.0778
0.5	50	4490.2758	30.7612	4490.5276	30.7318	0.0056	0.0955
0.5	60	4484.0130	30.7611	4484.2001	30.7265	0.0042	0.1126
0.5	70	4477.6182	30.7610	4477.8716	30.7213	0.0057	0.1291
0.5	80	4471.0430	30.7611	4471.5420	30.7163	0.0112	0.1455
0.5	90	4465.1404	30.7611	4465.2114	30.7115	0.0016	0.1611
0.5	100	4458.7006	30.7611	4458.8797	30.7068	0.0040	0.1765
AVERAGE TOTAL						0.0149	0.1031

Pada Tabel B5 tekanan injeksi surfaktan divariasikan dengan laju aliran massa, temperatur dan konsentrasi injeksi tetap. Nilai variasi ditentukan antara 1071 hingga 1200 psi.

Tabel B5 Validasi model injeksi surfaktan terhadap variasi tekanan injeksi

P	Jarak	COMSOL Multiphysics		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1071	0	4501.6100	30.7600	4501.7913	30.7611	0.0040	0.0036
1071	10	4496.6600	30.7692	4497.9403	30.7542	0.0285	0.0487
1071	20	4494.7100	30.7665	4494.0889	30.7476	0.0138	0.0614
1071	30	4490.7600	30.7640	4490.2371	30.7411	0.0116	0.0744
1071	40	4486.8100	30.7633	4486.3850	30.7349	0.0095	0.0924
1071	50	4476.8600	30.7621	4482.5324	30.7289	0.1267	0.1079
1071	60	4478.9100	30.7617	4478.6794	30.7231	0.0051	0.1255
1071	70	4474.9600	30.7615	4474.8261	30.7175	0.0030	0.1429

Tabel B5 (lanjutan)

P	Jarak	COMSOL Multiphysics		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1071	80	4472.0100	30.7613	4470.9723	30.7121	0.0232	0.1598
1071	90	4467.0600	30.7611	4467.1182	30.7069	0.0013	0.1762
1071	100	4462.1100	30.7610	4463.2636	30.7019	0.0259	0.1923
1100	0	4530.1600	30.7622	4530.9570	30.7611	0.0176	0.0035
1100	10	4527.2100	30.7609	4527.1090	30.7542	0.0022	0.0218
1100	20	4523.2600	30.7615	4523.2605	30.7476	0.0000	0.0452
1100	30	4501.8485	30.7610	4519.4117	30.7411	0.3901	0.0647
1100	40	4503.2084	30.7611	4515.5625	30.7349	0.2743	0.0853
1100	50	4504.5682	30.7611	4511.7130	30.7289	0.1586	0.1046
1100	60	4505.9281	30.7611	4507.8630	30.7231	0.0429	0.1235
1100	70	4507.2880	30.7611	4504.0126	30.7175	0.0727	0.1417
1100	80	4508.6479	30.7611	4500.1618	30.7121	0.1882	0.1593
1100	90	4510.0078	30.7610	4496.3107	30.7069	0.3037	0.1759
1100	100	4511.3677	30.7611	4492.4591	30.7019	0.4191	0.1926
1200	0	4512.7276	30.7638	4631.5282	30.7611	2.6326	0.0088
1200	10	4514.0875	30.7602	4627.6904	30.7542	2.5166	0.0195
1200	20	4515.4474	30.7615	4623.8523	30.7475	2.4008	0.0454
1200	30	4516.8073	30.7611	4620.0138	30.7411	2.2849	0.0649
1200	40	4518.1671	30.7612	4616.1749	30.7349	2.1692	0.0857
1200	50	4519.5270	30.7612	4612.3356	30.7289	2.0535	0.1051
1200	60	4520.8869	30.7611	4608.4959	30.7231	1.9379	0.1237
1200	70	4522.2468	30.7610	4604.6558	30.7175	1.8223	0.1417
1200	80	4523.6067	30.7611	4600.8154	30.7121	1.7068	0.1595
1200	90	4524.9666	30.7611	4596.9745	30.7068	1.5913	0.1763
1200	100	4526.3265	30.7611	4593.1332	30.7018	1.4760	0.1928
AVERAGE TOTAL						0.7489	0.1038

Pada Tabel B6 temperatur injeksi surfaktan divariasikan dengan tekanan, laju aliran massa dan konsentrasi injeksi tetap. Nilai variasi ditentukan antara 31 hingga 40 °C

Tabel B6 Validasi model injeksi surfaktan terhadap variasi temperatur injeksi

T	Jarak	COMSOL Multiphysics		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
31	0	4501.8913	30.9600	4501.7913	30.7611	0.0022	0.6424
31	10	4496.8403	30.8957	4497.9403	30.7542	0.0245	0.4580
31	20	4494.8893	30.7575	4494.0889	30.7476	0.0178	0.0322
31	30	4490.3515	30.6827	4490.2371	30.7411	0.0025	0.1903
31	40	4486.1850	30.6359	4486.3850	30.7349	0.0045	0.3231
31	50	4483.5324	30.6089	4482.5324	30.7289	0.0223	0.3922
31	60	4477.9794	30.5905	4478.6794	30.7231	0.0156	0.4336
31	70	4473.2261	30.5803	4474.8261	30.7175	0.0358	0.4488
31	80	4471.7230	30.5729	4470.9723	30.7121	0.0168	0.4555
31	90	4466.9182	30.5687	4467.1182	30.7069	0.0045	0.4522
31	100	4462.8636	30.5657	4463.2636	30.7019	0.0090	0.4454
32	0	4500.9191	31.8722	4501.5919	30.7612	0.0149	3.4858
32	10	4498.5409	31.4911	4497.7409	30.7543	0.0178	2.3398
32	20	4492.9895	31.0727	4493.8895	30.7476	0.0200	1.0460
32	30	4489.5536	30.8692	4490.0377	30.7412	0.0108	0.4146
32	40	4485.5888	30.7493	4486.1855	30.7350	0.0133	0.0467
32	50	4481.6240	30.6811	4482.3329	30.7290	0.0158	0.1559
32	60	4477.6592	30.6352	4478.4799	30.7232	0.0183	0.2872
32	70	4473.6944	30.6102	4474.6265	30.7176	0.0208	0.3510
32	80	4469.7296	30.5916	4470.7727	30.7122	0.0233	0.3941
32	90	4465.7648	30.5813	4466.9186	30.7070	0.0258	0.4111
32	100	4461.8000	30.5741	4463.0640	30.7019	0.0283	0.4183

Tabel B6 (lanjutan)

T	Jarak	COMSOL Multiphysics		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
33	0	4501.1726	32.7839	4501.3926	30.7613	0.0049	6.1696
33	10	4498.0415	31.8071	4497.5415	30.7544	0.0111	3.3097
33	20	4493.5190	31.2231	4493.6901	30.7477	0.0038	1.5225
33	30	4489.9241	30.9554	4489.8383	30.7413	0.0019	0.6918
33	40	4486.0974	30.7821	4485.9860	30.7351	0.0025	0.1529
33	50	4482.2706	30.7131	4482.1334	30.7291	0.0031	0.0519
33	60	4478.4438	30.6550	4478.2804	30.7233	0.0036	0.2227
33	70	4474.6171	30.6231	4474.4270	30.7177	0.0042	0.3088
33	80	4470.7903	30.6001	4470.5732	30.7123	0.0049	0.3664
33	90	4466.9635	30.5869	4466.7190	30.7070	0.0055	0.3927
33	100	4463.1367	30.5778	4462.8644	30.7020	0.0061	0.4064
34	0	4500.9327	33.6964	4501.1933	30.7614	0.0058	8.7101
34	10	4497.2422	31.9277	4497.3422	30.7545	0.0022	3.6746
34	20	4493.5108	31.2792	4493.4908	30.7478	0.0004	1.6987
34	30	4489.2389	30.9857	4489.6389	30.7414	0.0089	0.7886
34	40	4485.5279	30.7826	4485.7867	30.7352	0.0058	0.1543
34	50	4481.6467	30.7279	4481.9340	30.7291	0.0064	0.0039
34	60	4477.7654	30.6634	4478.0810	30.7233	0.0070	0.1956
34	70	4473.8841	30.6285	4474.2276	30.7177	0.0077	0.2914
34	80	4470.0028	30.6037	4470.3738	30.7123	0.0083	0.3551
34	90	4466.1216	30.5895	4466.5195	30.7071	0.0089	0.3846
34	100	4462.2403	30.5794	4462.6649	30.7021	0.0095	0.4012
35	0	4500.7404	34.6095	4500.9940	30.7615	0.0056	11.1185
35	10	4497.5430	32.2915	4497.1430	30.7546	0.0089	4.7596
35	20	4493.9149	31.2511	4493.2915	30.7479	0.0139	1.6101
35	30	4489.1396	30.9781	4489.4396	30.7415	0.0067	0.7638

Tabel B6 (lanjutan)

T	Jarak	COMSOL Multiphysics		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
35	40	4485.8736	30.8117	4485.5874	30.7352	0.0064	0.2482
35	50	4482.0012	30.7216	4481.7347	30.7292	0.0059	0.0249
35	60	4478.1875	30.6610	4477.8817	30.7234	0.0068	0.2035
35	70	4474.3738	30.6272	4474.0282	30.7178	0.0077	0.2959
35	80	4470.5601	30.6027	4470.1744	30.7124	0.0086	0.3586
35	90	4466.7464	30.5889	4466.3201	30.7072	0.0095	0.3867
35	100	4462.9327	30.5791	4462.4655	30.7021	0.0105	0.4022
36	0	4500.6949	34.6095	4500.7949	30.7616	0.0022	11.1182
36	10	4496.7438	31.2610	4496.9438	30.7547	0.0044	1.6196
36	20	4492.9723	31.1000	4493.0923	30.7480	0.0027	1.1320
36	30	4489.0811	30.8885	4489.2404	30.7415	0.0035	0.4758
36	40	4485.2198	30.7607	4485.3881	30.7353	0.0038	0.0824
36	50	4481.3585	30.6893	4481.5354	30.7293	0.0039	0.1305
36	60	4477.4972	30.6410	4477.6824	30.7235	0.0041	0.2692
36	70	4473.6359	30.6140	4473.8289	30.7179	0.0043	0.3395
36	80	4469.7746	30.5942	4469.9750	30.7125	0.0045	0.3866
36	90	4465.9133	30.5832	4466.1208	30.7072	0.0046	0.4056
36	100	4462.0520	30.5754	4462.2661	30.7022	0.0048	0.4147
37	0	4500.6158	36.4381	4500.5958	30.7617	0.0004	15.5784
37	10	4496.5447	30.6191	4496.7447	30.7547	0.0044	0.4429
37	20	4492.6931	30.3936	4492.8931	30.7481	0.0045	1.1661
37	30	4488.6952	30.4361	4489.0412	30.7416	0.0077	1.0036
37	40	4484.7339	30.4813	4485.1889	30.7354	0.0101	0.8338
37	50	4480.7726	30.5075	4481.3362	30.7294	0.0126	0.7273
37	60	4476.8113	30.5263	4477.4832	30.7236	0.0150	0.6463
37	70	4472.8500	30.5371	4473.6297	30.7180	0.0174	0.5923

Tabel B6 (lanjutan)

T	Jarak	COMSOL Multiphysics		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
37	80	4468.8886	30.5452	4469.7758	30.7125	0.0199	0.5477
37	90	4464.9273	30.5501	4465.9215	30.7073	0.0223	0.5148
37	100	4460.9660	30.5534	4462.0668	30.7023	0.0247	0.4873
38	0	4500.4197	37.3536	4500.3967	30.7618	0.0005	17.6471
38	10	4496.3456	32.1970	4496.5456	30.7548	0.0044	4.4791
38	20	4491.9694	31.3329	4492.6941	30.7482	0.0161	1.8662
38	30	4487.7946	31.0199	4488.8421	30.7417	0.0233	0.8968
38	40	4483.5695	30.8381	4484.9898	30.7355	0.0317	0.3328
38	50	4479.3444	30.7382	4481.1371	30.7295	0.0400	0.0286
38	60	4475.1192	30.6715	4477.2840	30.7236	0.0484	0.1699
38	70	4470.8941	30.6342	4473.4305	30.7180	0.0567	0.2735
38	80	4466.6690	30.6071	4469.5766	30.7126	0.0651	0.3448
38	90	4462.4438	30.5919	4465.7223	30.7074	0.0735	0.3773
38	100	4458.2187	30.5812	4461.8676	30.7023	0.0818	0.3961
39	0	4500.2178	38.2699	4500.1978	30.7618	0.0004	19.6186
39	10	4495.9947	32.2017	4496.3466	30.7549	0.0078	4.4930
39	20	4492.5951	31.4078	4492.4951	30.7482	0.0022	2.1001
39	30	4488.6465	31.0605	4488.6431	30.7418	0.0001	1.0262
39	40	4484.8351	30.8617	4484.7908	30.7355	0.0010	0.4088
39	50	4481.0237	30.7561	4480.9380	30.7295	0.0019	0.0863
39	60	4477.2124	30.6810	4477.0849	30.7237	0.0028	0.1392
39	70	4473.4010	30.6404	4473.2314	30.7181	0.0038	0.2534
39	80	4469.5897	30.6112	4469.3775	30.7127	0.0047	0.3316
39	90	4465.7783	30.5947	4465.5231	30.7074	0.0057	0.3686
39	100	4461.9669	30.5830	4461.6684	30.7024	0.0067	0.3904
40	0	4499.8899	39.1869	4499.9989	30.7619	0.0024	21.4995

Tabel B6 (lanjutan)

T	Jarak	COMSOL Multiphysics		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
40	10	4496.7477	32.2552	4496.1477	30.7550	0.0133	4.6509
40	20	4492.5961	31.4328	4492.2961	30.7483	0.0067	2.1775
40	30	4489.1175	31.0710	4488.4441	30.7419	0.0150	1.0594
40	40	4485.4706	30.8662	4484.5918	30.7356	0.0196	0.4229
40	50	4481.8237	30.7575	4480.7390	30.7296	0.0242	0.0907
40	60	4478.1768	30.6845	4476.8859	30.7238	0.0288	0.1279
40	70	4474.5299	30.6433	4473.0323	30.7182	0.0335	0.2444
40	80	4470.8830	30.6125	4469.1784	30.7127	0.0381	0.3274
40	90	4467.2361	30.5951	4465.3240	30.7075	0.0428	0.3675
40	100	4463.5892	30.5833	4461.4693	30.7025	0.0475	0.3897
AVERAGE TOTAL						0.0137	1.7305

Pada Tabel B7 konsentrasi injeksi surfaktan divariasikan dengan tekanan, temperatur dan laju aliran massa injeksi tetap. Nilai variasi ditentukan antara 0.5 hingga 0.9 wt%

Tabel B7 Validasi model injeksi surfaktan terhadap variasi konsentrasi injeksi

x	Jarak	COMSOL Multiphysics		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.5	0	4501.1321	30.7600	4501.7913	30.7611	0.0146	0.0036
0.5	10	4497.7403	30.7692	4497.9403	30.7542	0.0044	0.0487
0.5	20	4494.3485	30.7665	4494.0889	30.7476	0.0058	0.0614
0.5	30	4490.9567	30.7640	4490.2371	30.7411	0.0160	0.0744
0.5	40	4487.5649	30.7633	4486.3850	30.7349	0.0263	0.0924
0.5	50	4484.1732	30.7621	4482.5324	30.7289	0.0366	0.1079

Tabel B7 (alanjutan)

x	Jarak	COMSOL Multiphysics		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.5	60	4480.7814	30.7617	4478.6794	30.7231	0.0469	0.1255
0.5	70	4477.3896	30.7615	4474.8261	30.7175	0.0573	0.1429
0.5	80	4473.9978	30.7613	4470.9723	30.7121	0.0676	0.1598
0.5	90	4470.6060	30.7611	4467.1182	30.7069	0.0780	0.1762
0.5	100	4467.2142	30.7610	4463.2636	30.7019	0.0884	0.1923
0.6	0	4508.9329	30.7600	4509.3289	30.7611	0.0088	0.0037
0.6	10	4505.7787	30.7692	4505.4787	30.7542	0.0067	0.0487
0.6	20	4501.2280	30.7665	4501.6280	30.7476	0.0089	0.0614
0.6	30	4497.6083	30.7640	4497.7770	30.7411	0.0038	0.0744
0.6	40	4493.7559	30.7633	4493.9256	30.7349	0.0038	0.0924
0.6	50	4489.9035	30.7621	4490.0738	30.7289	0.0038	0.1079
0.6	60	4486.0511	30.7617	4486.2216	30.7231	0.0038	0.1255
0.6	70	4482.1986	30.7615	4482.3690	30.7175	0.0038	0.1430
0.6	80	4478.3462	30.7613	4478.5160	30.7121	0.0038	0.1599
0.6	90	4474.4938	30.7611	4474.6627	30.7069	0.0038	0.1762
0.6	100	4470.6414	30.7610	4470.8089	30.7019	0.0037	0.1923
0.7	0	4511.3275	30.7638	4511.6749	30.7611	0.0077	0.0088
0.7	10	4508.2249	30.7602	4507.8249	30.7542	0.0089	0.0195
0.7	20	4503.8875	30.7615	4503.9745	30.7476	0.0019	0.0454
0.7	30	4500.3732	30.7611	4500.1237	30.7411	0.0055	0.0648
0.7	40	4496.6532	30.7612	4496.2726	30.7349	0.0085	0.0855
0.7	50	4492.9332	30.7612	4492.4210	30.7289	0.0114	0.1049
0.7	60	4489.2132	30.7611	4488.5691	30.7231	0.0143	0.1235
0.7	70	4485.4932	30.7610	4484.7167	30.7175	0.0173	0.1414
0.7	80	4481.7732	30.7611	4480.8640	30.7121	0.0203	0.1592
0.7	90	4478.0531	30.7611	4477.0108	30.7069	0.0233	0.1760

Tabel B7 (alnjutan)

x	Jarak	COMSOL Multiphysics		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.7	100	4474.3331	30.7611	4473.1573	30.7019	0.0263	0.1925
0.8	0	4502.4435	30.7638	4502.5346	30.7611	0.0020	0.0088
0.8	10	4498.2837	30.7602	4498.6837	30.7542	0.0089	0.0195
0.8	20	4494.4324	30.7615	4494.8324	30.7476	0.0089	0.0453
0.8	30	4490.3754	30.7611	4490.9807	30.7411	0.0135	0.0648
0.8	40	4486.3699	30.7612	4487.1286	30.7349	0.0169	0.0855
0.8	50	4482.3643	30.7612	4483.2761	30.7289	0.0203	0.1049
0.8	60	4478.3588	30.7611	4479.4232	30.7231	0.0238	0.1235
0.8	70	4474.3533	30.7610	4475.5699	30.7175	0.0272	0.1414
0.8	80	4470.3477	30.7611	4471.7162	30.7121	0.0306	0.1592
0.8	90	4466.3422	30.7611	4467.8621	30.7069	0.0340	0.1760
0.8	100	4462.3366	30.7611	4464.0077	30.7019	0.0374	0.1925
0.9	0	4499.2587	30.7615	4499.7549	30.7611	0.0110	0.0013
0.9	10	4495.0367	30.7612	4495.9037	30.7542	0.0193	0.0228
0.9	20	4490.8146	30.7612	4492.0521	30.7476	0.0276	0.0443
0.9	30	4486.5925	30.7612	4488.2001	30.7411	0.0358	0.0652
0.9	40	4482.3705	30.7611	4484.3477	30.7349	0.0441	0.0851
0.9	50	4478.1484	30.7611	4480.4949	30.7289	0.0524	0.1046
0.9	60	4473.9264	30.7611	4476.6417	30.7231	0.0607	0.1234
0.9	70	4469.7043	30.7611	4472.7882	30.7175	0.0690	0.1415
0.9	80	4465.4823	30.7611	4468.9342	30.7121	0.0773	0.1590
0.9	90	4461.2602	30.7610	4465.0798	30.7069	0.0856	0.1759
0.9	100	4457.0381	30.7602	4461.2251	30.7019	0.0939	0.1896
AVERAGE TOTAL						0.0262	0.1041

LAMPIRAN C Validasi Pemodelan Temperatur dan Tekanan pada *Production well*

Validasi model pada production well dilakukan dengan membandingkan hasil model dengan hasil simulasi pada perangkat lunak PIPESIM. Pada Tabel C1, tekanan injeksi CO₂ divariasikan, laju aliran massa dan temperatur injeksi yang tetap. Nilai variasi berada diantara nilai 1071 hingga 1200 psi.

Tabel C1 Validasi model injeksi CO₂ terhadap variasi tekanan injeksi

P	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1071	0	2849.5320	30.7600	2849.7554	30.8260	0.0078	0.2147
1071	50	2782.8120	30.7692	2798.3451	30.8249	0.5582	0.1810
1071	100	2738.1190	30.7665	2746.9367	30.8238	0.3220	0.1862
1071	150	2691.2300	30.7640	2695.5300	30.8226	0.1598	0.1904
1071	200	2644.3210	30.7633	2644.1252	30.8214	0.0074	0.1888
1071	250	2598.3730	30.7621	2592.7221	30.8202	0.2175	0.1889
1071	300	2548.2200	30.7617	2541.3209	30.8190	0.2707	0.1863
1071	350	2493.3300	30.7615	2489.9215	30.8178	0.1367	0.1831
1071	400	2441.5790	30.7613	2438.5239	30.8166	0.1251	0.1797
1071	450	2389.8280	30.7611	2387.1281	30.8153	0.1130	0.1763
1071	500	2338.0770	30.7610	2335.7341	30.8141	0.1002	0.1725
1071	550	2286.3260	30.7622	2284.3420	30.8128	0.0868	0.1646
1071	600	2234.5750	30.7609	2232.9516	30.8115	0.0726	0.1646
1071	650	2182.8240	30.7615	2181.5631	30.8102	0.0578	0.1586
1071	700	2131.0730	30.7610	2130.1764	30.8089	0.0421	0.1558
1071	750	2079.3220	30.7611	2078.7915	30.8076	0.0255	0.1511
1071	800	2027.5710	30.7611	2027.4084	30.8063	0.0080	0.1469
1071	850	1975.8200	30.7611	1976.0271	30.8049	0.0105	0.1425

Tabel C1 (lanjutan)

P	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1071	900	1924.0690	30.7611	1924.6477	30.8036	0.0301	0.1381
1071	950	1872.3180	30.7611	1873.2701	30.8022	0.0508	0.1336
1071	1000	1820.5670	30.7610	1821.8943	30.8008	0.0729	0.1293
1071	1050	1768.8160	30.7611	1770.5203	30.7994	0.0964	0.1245
1071	1100	1717.0650	30.7638	1719.1482	30.7980	0.1213	0.1109
1071	1150	1665.3140	30.7602	1667.7778	30.7965	0.1479	0.1181
1071	1200	1613.5630	30.7615	1616.4093	30.7951	0.1764	0.1091
1071	1250	1561.8120	30.7611	1565.0427	30.7936	0.2069	0.1058
1071	1300	1510.0610	30.7612	1513.6778	30.7921	0.2395	0.1005
1071	1350	1458.3100	30.7612	1462.3148	30.7906	0.2746	0.0957
1071	1400	1406.5590	30.7611	1410.9536	30.7891	0.3124	0.0911
1071	1450	1354.8080	30.7610	1359.5943	30.7876	0.3533	0.0864
1071	1500	1303.0570	30.7611	1308.2368	30.7861	0.3975	0.0812
1071	1550	1251.3060	30.7611	1256.8811	30.7845	0.4455	0.0762
1071	1600	1199.5550	30.7611	1205.5273	30.7829	0.4979	0.0710
1071	1650	1147.8040	30.7611	1154.1753	30.7814	0.5551	0.0658
1071	1700	1096.0530	30.7611	1102.8251	30.7798	0.6179	0.0606
1071	1750	1044.3020	30.7611	1051.4768	30.7781	0.6870	0.0553
1071	1800	992.5510	30.7612	1000.1304	30.7765	0.7636	0.0499
1071	1850	940.8000	30.7612	948.7858	30.7749	0.8488	0.0445
1071	1900	889.0490	30.7612	897.4430	30.7732	0.9442	0.0391
1071	1950	837.2980	30.7612	846.1021	30.7715	1.0515	0.0336
1071	2000	785.5470	30.7612	794.7631	30.7698	1.1732	0.0280
1071	2050	733.7960	30.7612	743.4259	30.7681	1.3123	0.0224
1071	2100	682.0450	30.7612	692.0905	30.7664	1.4729	0.0167
1071	2150	630.2940	30.7613	640.7571	30.7646	1.6600	0.0110

Tabel C1 (lanjutan)

P	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1071	2200	578.5430	30.7613	589.4255	30.7629	1.8810	0.0052
1071	2250	526.7920	30.7613	538.0958	30.7611	2.1458	0.0006
1100	0	2883.2175	30.7506	2883.3691	30.8261	0.0053	0.2455
1100	50	2833.9140	30.7507	2831.9577	30.8250	0.0690	0.2418
1100	100	2784.6105	30.7507	2780.5481	30.8239	0.1459	0.2380
1100	150	2735.3070	30.7507	2729.1403	30.8227	0.2254	0.2342
1100	200	2686.0035	30.7507	2677.7343	30.8215	0.3079	0.2303
1100	250	2636.7000	30.7507	2626.3302	30.8203	0.3933	0.2264
1100	300	2587.3965	30.7507	2574.9278	30.8191	0.4819	0.2224
1100	350	2538.0930	30.7507	2523.5272	30.8179	0.5739	0.2184
1100	400	2488.7895	30.7508	2472.1285	30.8167	0.6694	0.2144
1100	450	2439.4860	30.7508	2420.7316	30.8154	0.7688	0.2103
1100	500	2390.1825	30.7508	2369.3365	30.8142	0.8722	0.2061
1100	550	2340.8790	30.7508	2317.9432	30.8129	0.9798	0.2020
1100	600	2291.5755	30.7508	2266.5517	30.8116	1.0920	0.1977
1100	650	2242.2720	30.7508	2215.1620	30.8103	1.2090	0.1935
1100	700	2182.1300	30.7508	2163.7742	30.8090	0.8412	0.1892
1100	750	2121.9880	30.7509	2112.3881	30.8077	0.4524	0.1848
1100	800	2061.8460	30.7509	2061.0039	30.8063	0.0408	0.1804
1100	850	2001.7040	30.7509	2009.6215	30.8050	0.3955	0.1760
1100	900	1953.5620	30.7509	1958.2409	30.8036	0.2395	0.1715
1100	950	1905.4200	30.7509	1906.8621	30.8022	0.0757	0.1669
1100	1000	1857.2780	30.7509	1855.4852	30.8009	0.0965	0.1623
1100	1050	1809.1360	30.7509	1804.1101	30.7994	0.2778	0.1577
1100	1100	1760.9940	30.7510	1752.7368	30.7980	0.4689	0.1530
1100	1150	1708.2170	30.7510	1701.3653	30.7966	0.4011	0.1483

Tabel C1 (lanjutan)

P	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1100	1200	1655.4400	30.7510	1649.9956	30.7951	0.3289	0.1436
1100	1250	1602.6630	30.7510	1598.6278	30.7937	0.2518	0.1387
1100	1300	1549.8860	30.7510	1547.2618	30.7922	0.1693	0.1339
1100	1350	1497.1090	30.7510	1495.8977	30.7907	0.0809	0.1290
1100	1400	1444.3320	30.7510	1444.5353	30.7892	0.0141	0.1240
1100	1450	1391.5550	30.7511	1393.1748	30.7876	0.1164	0.1190
1100	1500	1338.7780	30.7511	1341.8162	30.7861	0.2269	0.1139
1100	1550	1286.0010	30.7511	1290.4593	30.7845	0.3467	0.1088
1100	1600	1233.2240	30.7511	1239.1043	30.7830	0.4768	0.1037
1100	1650	1180.4470	30.7511	1187.7512	30.7814	0.6188	0.0985
1100	1700	1127.6700	30.7511	1136.3999	30.7798	0.7742	0.0932
1100	1750	1074.8930	30.7511	1085.0504	30.7782	0.9450	0.0879
1100	1800	1022.1160	30.7512	1033.7028	30.7765	1.1336	0.0825
1100	1850	969.3390	30.7512	982.3570	30.7749	1.3430	0.0771
1100	1900	916.5620	30.7512	931.0131	30.7732	1.5767	0.0717
1100	1950	863.7850	30.7512	879.6710	30.7715	1.8391	0.0661
1100	2000	811.0080	30.7512	828.3308	30.7698	2.1360	0.0606
1100	2050	758.2310	30.7512	776.9924	30.7681	2.4744	0.0550
1100	2100	705.4540	30.7512	725.6559	30.7664	2.8637	0.0493
1100	2150	652.6770	30.7513	674.3212	30.7646	3.3162	0.0436
1100	2200	599.9000	30.7513	622.9885	30.7629	3.8487	0.0378
1100	2250	547.1230	30.7513	571.6576	30.7611	4.4843	0.0319
1200	0	2999.3721	30.7606	2999.2783	30.8265	0.0031	0.2141
1200	50	2949.2130	30.7607	2947.8630	30.8254	0.0458	0.2104
1200	100	2898.2200	30.7607	2896.4495	30.8242	0.0611	0.2066
1200	150	2847.7829	30.7607	2845.0378	30.8230	0.0964	0.2027

Tabel C1 (lanjutan)

P	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1200	200	2797.2069	30.7607	2793.6279	30.8219	0.1279	0.1988
1200	250	2746.6308	30.7607	2742.2198	30.8207	0.1606	0.1948
1200	300	2696.0548	30.7607	2690.8136	30.8194	0.1944	0.1909
1200	350	2645.4787	30.7607	2639.4091	30.8182	0.2294	0.1868
1200	400	2594.9027	30.7608	2588.0064	30.8170	0.2658	0.1828
1200	450	2544.3266	30.7608	2536.6056	30.8157	0.3035	0.1786
1200	500	2493.7506	30.7608	2485.2066	30.8145	0.3426	0.1745
1200	550	2443.1745	30.7608	2433.8093	30.8132	0.3833	0.1703
1200	600	2392.5985	30.7608	2382.4139	30.8119	0.4257	0.1660
1200	650	2342.0224	30.7608	2331.0203	30.8106	0.4698	0.1617
1200	700	2291.4464	30.7608	2279.6285	30.8093	0.5157	0.1574
1200	750	2240.8703	30.7609	2228.2386	30.8079	0.5637	0.1530
1200	800	2190.2943	30.7609	2176.8504	30.8066	0.6138	0.1486
1200	850	2139.7182	30.7609	2125.4641	30.8052	0.6662	0.1441
1200	900	2089.1422	30.7609	2074.0795	30.8038	0.7210	0.1396
1200	950	2031.3320	30.7609	2022.6968	30.8025	0.4251	0.1350
1200	1000	1973.5218	30.7609	1971.3159	30.8010	0.1118	0.1304
1200	1050	1915.7116	30.7609	1919.9368	30.7996	0.2206	0.1258
1200	1100	1865.2310	30.7610	1868.5596	30.7982	0.1785	0.1211
1200	1150	1814.7504	30.7610	1817.1842	30.7968	0.1341	0.1163
1200	1200	1764.2697	30.7610	1765.8105	30.7953	0.0873	0.1115
1200	1250	1713.7891	30.7610	1714.4387	30.7938	0.0379	0.1067
1200	1300	1663.3085	30.7610	1663.0688	30.7923	0.0144	0.1018
1200	1350	1612.8278	30.7610	1611.7006	30.7908	0.0699	0.0969
1200	1400	1562.3472	30.7610	1560.3343	30.7893	0.1288	0.0919
1200	1450	1511.8666	30.7611	1508.9698	30.7878	0.1916	0.0868

Tabel C1 (lanjutan)

P	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1200	1500	1461.3859	30.7611	1457.6072	30.7862	0.2586	0.0818
1200	1550	1410.9053	30.7611	1406.2463	30.7847	0.3302	0.0766
1200	1600	1360.4247	30.7611	1354.8874	30.7831	0.4070	0.0715
1200	1650	1309.9440	30.7611	1303.5302	30.7815	0.4896	0.0662
1200	1700	1259.4634	30.7611	1252.1749	30.7799	0.5787	0.0609
1200	1750	1208.9828	30.7611	1200.8214	30.7782	0.6751	0.0556
1200	1800	1158.5021	30.7612	1149.4697	30.7766	0.7797	0.0502
1200	1850	1108.0215	30.7612	1098.1199	30.7749	0.8936	0.0448
1200	1900	1057.5409	30.7612	1046.7720	30.7733	1.0183	0.0393
1200	1950	1007.0602	30.7612	995.4259	30.7716	1.1553	0.0338
1200	2000	956.5796	30.7612	944.0816	30.7699	1.3065	0.0282
1200	2050	906.0990	30.7612	892.7392	30.7682	1.4744	0.0225
1200	2100	855.6183	30.7612	841.3986	30.7664	1.6619	0.0168
1200	2150	805.1377	30.7613	790.0599	30.7647	1.8727	0.0111
1200	2200	754.6571	30.7613	738.7231	30.7629	2.1114	0.0053
1200	2250	704.1764	30.7613	687.3881	30.7611	2.3841	0.0006
AVERAGE TOTAL						2.1114	0.1243

Pada Tabel C2 temperatur injeksi CO₂ divariasikan dengan tekanan dan laju aliran massa injeksi tetap. Nilai variasi ditentukan antara 31 hingga 40 °C.

Tabel C2 Validasi model injeksi CO₂ terhadap variasi temperatur injeksi

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
31	0	2850.2130	30.7600	2849.7554	30.8260	0.0161	0.2147
31	50	2800.1300	30.7692	2798.3451	30.8249	0.0637	0.1810

Tabel C2 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
31	100	2748.0470	30.7665	2746.9367	30.8238	0.0404	0.1862
31	150	2697.2973	30.7640	2695.5300	30.8226	0.0655	0.1904
31	200	2646.2143	30.7633	2644.1252	30.8214	0.0789	0.1888
31	250	2593.1313	30.7621	2592.7221	30.8202	0.0158	0.1889
31	300	2542.0483	30.7617	2541.3209	30.8190	0.0286	0.1863
31	350	2490.9653	30.7615	2489.9215	30.8178	0.0419	0.1831
31	400	2439.8823	30.7613	2438.5239	30.8166	0.0557	0.1797
31	450	2388.7993	30.7611	2387.1281	30.8153	0.0700	0.1763
31	500	2337.7163	30.7610	2335.7341	30.8141	0.0848	0.1725
31	550	2286.6333	30.7622	2284.3420	30.8128	0.1002	0.1646
31	600	2235.5503	30.7609	2232.9516	30.8115	0.1162	0.1646
31	650	2184.4673	30.7615	2181.5631	30.8102	0.1330	0.1586
31	700	2133.3843	30.7610	2130.1764	30.8089	0.1504	0.1558
31	750	2082.3013	30.7611	2078.7915	30.8076	0.1686	0.1511
31	800	2031.2183	30.7611	2027.4084	30.8063	0.1876	0.1469
31	850	1980.1353	30.7611	1976.0271	30.8049	0.2075	0.1425
31	900	1929.0523	30.7611	1924.6477	30.8036	0.2283	0.1381
31	950	1877.9693	30.7611	1873.2701	30.8022	0.2502	0.1336
31	1000	1826.8863	30.7610	1821.8943	30.8008	0.2733	0.1293
31	1050	1775.8033	30.7611	1770.5203	30.7994	0.2975	0.1245
31	1100	1724.7203	30.7638	1719.1482	30.7980	0.3231	0.1109
31	1150	1673.6373	30.7602	1667.7778	30.7965	0.3501	0.1181
31	1200	1622.5543	30.7615	1616.4093	30.7951	0.3787	0.1091
31	1250	1571.4713	30.7611	1565.0427	30.7936	0.4091	0.1058
31	1300	1520.3883	30.7612	1513.6778	30.7921	0.4414	0.1005
31	1350	1469.3053	30.7612	1462.3148	30.7906	0.4758	0.0957

Tabel C2 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
31	1400	1418.2223	30.7611	1410.9536	30.7891	0.5125	0.0911
31	1450	1367.1393	30.7610	1359.5943	30.7876	0.5519	0.0864
31	1500	1316.0563	30.7611	1308.2368	30.7861	0.5942	0.0812
31	1550	1264.9733	30.7611	1256.8811	30.7845	0.6397	0.0762
31	1600	1213.8903	30.7611	1205.5273	30.7829	0.6889	0.0710
31	1650	1162.8073	30.7611	1154.1753	30.7814	0.7423	0.0658
31	1700	1111.7243	30.7611	1102.8251	30.7798	0.8005	0.0606
31	1750	1060.6413	30.7611	1051.4768	30.7781	0.8641	0.0553
31	1800	1009.5583	30.7612	1000.1304	30.7765	0.9339	0.0499
31	1850	958.4753	30.7612	948.7858	30.7749	1.0109	0.0445
31	1900	907.3923	30.7612	897.4430	30.7732	1.0965	0.0391
31	1950	856.3093	30.7612	846.1021	30.7715	1.1920	0.0336
31	2000	800.2263	30.7612	794.7631	30.7698	0.6827	0.0280
31	2050	748.1433	30.7612	743.4259	30.7681	0.6306	0.0224
31	2100	696.0603	30.7612	692.0905	30.7664	0.5703	0.0167
31	2150	643.9773	30.7613	640.7571	30.7646	0.5001	0.0110
31	2200	591.8943	30.7613	589.4255	30.7629	0.4171	0.0052
31	2250	539.8113	30.7613	538.0958	30.7611	0.3178	0.0006
32	0	2850.7762	30.7600	2850.2606	30.8260	0.0181	0.2147
32	50	2800.1300	30.7692	2798.8503	30.8249	0.0457	0.1810
32	100	2750.1100	30.7665	2747.4418	30.8238	0.0970	0.1862
32	150	2698.2200	30.7640	2696.0351	30.8226	0.0810	0.1904
32	200	2646.3300	30.7633	2644.6303	30.8214	0.0642	0.1888
32	250	2594.4400	30.7621	2593.2272	30.8202	0.0467	0.1889
32	300	2542.5500	30.7617	2541.8260	30.8190	0.0285	0.1863
32	350	2490.6600	30.7615	2490.4265	30.8178	0.0094	0.1831

Tabel C2 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
32	400	2438.7700	30.7613	2439.0289	30.8166	0.0106	0.1797
32	450	2386.8800	30.7611	2387.6331	30.8153	0.0316	0.1763
32	500	2334.9900	30.7610	2336.2391	30.8141	0.0535	0.1725
32	550	2283.1000	30.7622	2284.8469	30.8128	0.0765	0.1646
32	600	2231.2100	30.7609	2233.4566	30.8115	0.1007	0.1646
32	650	2179.3200	30.7615	2182.0680	30.8102	0.1261	0.1586
32	700	2127.4300	30.7610	2130.6813	30.8089	0.1528	0.1558
32	750	2075.5400	30.7611	2079.2964	30.8076	0.1810	0.1511
32	800	2026.2130	30.7611	2027.9133	30.8063	0.0839	0.1469
32	850	1976.8860	30.7611	1976.5320	30.8049	0.0179	0.1425
32	900	1926.5590	30.7611	1925.1526	30.8036	0.0730	0.1381
32	950	1874.2320	30.7611	1873.7749	30.8022	0.0244	0.1336
32	1000	1821.9050	30.7610	1822.3991	30.8008	0.0271	0.1294
32	1050	1769.5780	30.7611	1771.0251	30.7994	0.0818	0.1245
32	1100	1717.2510	30.7638	1719.6529	30.7980	0.1399	0.1109
32	1150	1664.9240	30.7602	1668.2826	30.7965	0.2017	0.1181
32	1200	1614.5970	30.7615	1616.9141	30.7951	0.1435	0.1091
32	1250	1564.7700	30.7611	1565.5474	30.7936	0.0497	0.1058
32	1300	1514.9430	30.7612	1514.1825	30.7921	0.0502	0.1005
32	1350	1465.1160	30.7612	1462.8195	30.7906	0.1567	0.0957
32	1400	1413.2890	30.7611	1411.4583	30.7891	0.1295	0.0911
32	1450	1362.4620	30.7610	1360.0990	30.7876	0.1734	0.0864
32	1500	1311.6350	30.7611	1308.7414	30.7861	0.2206	0.0812
32	1550	1260.8080	30.7611	1257.3858	30.7845	0.2714	0.0762
32	1600	1209.9810	30.7611	1206.0319	30.7829	0.3264	0.0710
32	1650	1159.1540	30.7611	1154.6799	30.7814	0.3860	0.0658

Tabel C2 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
32	1700	1108.3270	30.7611	1103.3297	30.7798	0.4509	0.0606
32	1750	1057.5000	30.7611	1051.9814	30.7781	0.5219	0.0553
32	1800	1006.6730	30.7612	1000.6349	30.7765	0.5998	0.0499
32	1850	955.8460	30.7612	949.2903	30.7749	0.6859	0.0445
32	1900	900.0190	30.7612	897.9475	30.7732	0.2302	0.0391
32	1950	847.2100	30.7612	846.6066	30.7715	0.0712	0.0336
32	2000	794.4010	30.7612	795.2675	30.7698	0.1091	0.0280
32	2050	741.5920	30.7612	743.9303	30.7681	0.3153	0.0224
32	2100	688.7830	30.7612	692.5950	30.7664	0.5534	0.0167
32	2150	635.9740	30.7613	641.2615	30.7646	0.8314	0.0110
32	2200	583.1650	30.7613	589.9299	30.7629	1.1600	0.0052
32	2250	534.3560	30.7613	538.6001	30.7611	0.7943	0.0006
33	0	2851.2200	30.7600	2850.7655	30.8260	0.0159	0.2147
33	50	2800.1700	30.7692	2799.3552	30.8249	0.0291	0.1810
33	100	2749.1200	30.7665	2747.9467	30.8238	0.0427	0.1862
33	150	2698.0700	30.7640	2696.5400	30.8226	0.0567	0.1904
33	200	2647.0200	30.7633	2645.1351	30.8214	0.0712	0.1888
33	250	2595.9700	30.7621	2593.7320	30.8202	0.0862	0.1889
33	300	2544.9200	30.7617	2542.3308	30.8190	0.1017	0.1863
33	350	2491.8700	30.7615	2490.9313	30.8178	0.0377	0.1831
33	400	2439.8200	30.7613	2439.5337	30.8166	0.0117	0.1797
33	450	2387.7700	30.7611	2388.1379	30.8153	0.0154	0.1763
33	500	2335.7200	30.7610	2336.7439	30.8141	0.0438	0.1725
33	550	2283.6700	30.7622	2285.3517	30.8128	0.0736	0.1646
33	600	2231.6200	30.7609	2233.9613	30.8115	0.1049	0.1646
33	650	2179.5700	30.7615	2182.5727	30.8103	0.1378	0.1586

Tabel C2 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
33	700	2127.5200	30.7610	2131.1860	30.8089	0.1723	0.1558
33	750	2075.4700	30.7611	2079.8010	30.8076	0.2087	0.1511
33	800	2025.4200	30.7611	2028.4179	30.8063	0.1480	0.1469
33	850	1976.3700	30.7611	1977.0366	30.8049	0.0337	0.1425
33	900	1926.3200	30.7611	1925.6572	30.8036	0.0344	0.1381
33	950	1876.2700	30.7611	1874.2795	30.8022	0.1061	0.1336
33	1000	1823.2200	30.7610	1822.9037	30.8008	0.0174	0.1294
33	1050	1772.1700	30.7611	1771.5297	30.7994	0.0361	0.1245
33	1100	1721.1200	30.7638	1720.1575	30.7980	0.0559	0.1109
33	1150	1670.0700	30.7602	1668.7871	30.7965	0.0768	0.1181
33	1200	1619.0200	30.7615	1617.4186	30.7951	0.0989	0.1091
33	1250	1567.9700	30.7611	1566.0519	30.7936	0.1223	0.1058
33	1300	1516.9200	30.7612	1514.6870	30.7921	0.1472	0.1005
33	1350	1465.8700	30.7612	1463.3240	30.7906	0.1737	0.0957
33	1400	1412.8200	30.7611	1411.9628	30.7891	0.0607	0.0911
33	1450	1361.7700	30.7610	1360.6034	30.7876	0.0857	0.0864
33	1500	1312.7200	30.7611	1309.2458	30.7861	0.2647	0.0812
33	1550	1259.6700	30.7611	1257.8901	30.7845	0.1413	0.0762
33	1600	1205.6200	30.7611	1206.5363	30.7829	0.0760	0.0710
33	1650	1157.5700	30.7611	1155.1842	30.7814	0.2061	0.0658
33	1700	1104.5200	30.7611	1103.8341	30.7798	0.0621	0.0606
33	1750	1054.4700	30.7611	1052.4857	30.7781	0.1882	0.0553
33	1800	1002.4200	30.7612	1001.1392	30.7765	0.1278	0.0499
33	1850	950.3700	30.7612	949.7946	30.7749	0.0605	0.0445
33	1900	899.3200	30.7612	898.4518	30.7732	0.0965	0.0391
33	1950	849.2700	30.7612	847.1108	30.7715	0.2542	0.0336

Tabel C2 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
33	2000	798.2200	30.7612	795.7718	30.7698	0.3067	0.0280
33	2050	746.1700	30.7612	744.4345	30.7681	0.2326	0.0224
33	2100	694.1200	30.7612	693.0992	30.7664	0.1471	0.0167
33	2150	643.0700	30.7613	641.7657	30.7646	0.2028	0.0110
33	2200	592.0200	30.7613	590.4340	30.7629	0.2679	0.0052
33	2250	540.9700	30.7613	539.1043	30.7611	0.3449	0.0006
34	0	2851.7821	30.7600	2851.2701	30.8260	0.0180	0.2147
34	50	2800.2100	30.7692	2799.8598	30.8249	0.0125	0.1810
34	100	2748.6379	30.7665	2748.4513	30.8238	0.0068	0.1862
34	150	2697.0658	30.7640	2697.0446	30.8226	0.0008	0.1904
34	200	2645.4937	30.7633	2645.6397	30.8214	0.0055	0.1888
34	250	2593.9216	30.7621	2594.2366	30.8202	0.0121	0.1889
34	300	2542.3495	30.7617	2542.8353	30.8190	0.0191	0.1863
34	350	2490.7774	30.7615	2491.4358	30.8178	0.0264	0.1831
34	400	2439.2053	30.7613	2440.0382	30.8166	0.0341	0.1797
34	450	2387.6332	30.7611	2388.6424	30.8154	0.0423	0.1763
34	500	2336.0611	30.7610	2337.2483	30.8141	0.0508	0.1725
34	550	2284.4890	30.7622	2285.8561	30.8128	0.0598	0.1646
34	600	2232.9169	30.7609	2234.4657	30.8115	0.0694	0.1646
34	650	2181.3448	30.7615	2183.0771	30.8103	0.0794	0.1586
34	700	2129.7727	30.7610	2131.6904	30.8089	0.0900	0.1558
34	750	2078.2006	30.7611	2080.3054	30.8076	0.1013	0.1511
34	800	2026.6285	30.7611	2028.9223	30.8063	0.1132	0.1469
34	850	1975.0564	30.7611	1977.5410	30.8049	0.1258	0.1425
34	900	1923.4843	30.7611	1926.1615	30.8036	0.1392	0.1381
34	950	1871.9122	30.7611	1874.7838	30.8022	0.1534	0.1336

Tabel C2 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
34	1000	1820.3401	30.7610	1823.4080	30.8008	0.1685	0.1294
34	1050	1768.7680	30.7611	1772.0339	30.7994	0.1846	0.1245
34	1100	1717.1959	30.7638	1720.6617	30.7980	0.2018	0.1109
34	1150	1665.6238	30.7602	1669.2914	30.7965	0.2202	0.1181
34	1200	1614.0517	30.7615	1617.9228	30.7951	0.2398	0.1091
34	1250	1567.4796	30.7611	1566.5561	30.7936	0.0589	0.1058
34	1300	1514.9075	30.7612	1515.1912	30.7921	0.0187	0.1005
34	1350	1461.3354	30.7612	1463.8281	30.7906	0.1706	0.0957
34	1400	1410.7633	30.7611	1412.4669	30.7891	0.1208	0.0911
34	1450	1359.1912	30.7610	1361.1075	30.7876	0.1410	0.0864
34	1500	1304.6191	30.7611	1309.7500	30.7861	0.3933	0.0812
34	1550	1257.0470	30.7611	1258.3942	30.7845	0.1072	0.0763
34	1600	1208.4749	30.7611	1207.0404	30.7829	0.1187	0.0710
34	1650	1157.9028	30.7611	1155.6883	30.7814	0.1912	0.0658
34	1700	1101.0700	30.7611	1104.3381	30.7798	0.2968	0.0606
34	1750	1051.7586	30.7611	1052.9898	30.7781	0.1171	0.0553
34	1800	1001.1865	30.7612	1001.6432	30.7765	0.0456	0.0499
34	1850	949.6144	30.7612	950.2986	30.7749	0.0720	0.0445
34	1900	896.0423	30.7612	898.9558	30.7732	0.3251	0.0391
34	1950	844.4702	30.7612	847.6148	30.7715	0.3724	0.0336
34	2000	797.8981	30.7612	796.2757	30.7698	0.2033	0.0280
34	2050	747.3260	30.7612	744.9385	30.7681	0.3195	0.0224
34	2100	695.7539	30.7612	693.6031	30.7664	0.3091	0.0167
34	2150	644.1818	30.7613	642.2696	30.7646	0.2968	0.0110
34	2200	589.6097	30.7613	590.9379	30.7629	0.2253	0.0052
34	2250	540.8910	30.7613	539.6081	30.7611	0.2372	0.0006

Tabel C2 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
35	0	2852.2010	30.7600	2851.7745	30.8260	0.0150	0.2147
35	50	2801.2100	30.7692	2800.3642	30.8249	0.0302	0.1810
35	100	2749.2190	30.7665	2748.9556	30.8238	0.0096	0.1862
35	150	2698.2280	30.7640	2697.5489	30.8226	0.0252	0.1904
35	200	2646.7370	30.7633	2646.1440	30.8214	0.0224	0.1888
35	250	2595.3460	30.7621	2594.7409	30.8202	0.0233	0.1890
35	300	2543.9550	30.7617	2543.3396	30.8190	0.0242	0.1863
35	350	2492.5640	30.7615	2491.9401	30.8178	0.0250	0.1831
35	400	2441.1730	30.7613	2440.5424	30.8166	0.0258	0.1797
35	450	2389.7820	30.7611	2389.1466	30.8154	0.0266	0.1764
35	500	2338.3910	30.7610	2337.7525	30.8141	0.0273	0.1725
35	550	2287.0000	30.7622	2286.3603	30.8128	0.0280	0.1646
35	600	2235.6090	30.7609	2234.9699	30.8115	0.0286	0.1646
35	650	2184.2180	30.7615	2183.5813	30.8103	0.0292	0.1586
35	700	2132.8270	30.7610	2132.1945	30.8089	0.0297	0.1558
35	750	2081.4360	30.7611	2080.8095	30.8076	0.0301	0.1511
35	800	2030.0450	30.7611	2029.4264	30.8063	0.0305	0.1469
35	850	1978.6540	30.7611	1978.0451	30.8049	0.0308	0.1425
35	900	1927.2630	30.7611	1926.6656	30.8036	0.0310	0.1381
35	950	1875.8720	30.7611	1875.2879	30.8022	0.0311	0.1336
35	1000	1824.4810	30.7610	1823.9120	30.8008	0.0312	0.1294
35	1050	1773.0900	30.7611	1772.5380	30.7994	0.0311	0.1245
35	1100	1721.6990	30.7638	1721.1657	30.7980	0.0310	0.1109
35	1150	1670.3080	30.7602	1669.7954	30.7965	0.0307	0.1181
35	1200	1618.9170	30.7615	1618.4268	30.7951	0.0303	0.1091
35	1250	1567.5260	30.7611	1567.0601	30.7936	0.0297	0.1058

Tabel C2 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
35	1300	1516.1350	30.7612	1515.6951	30.7921	0.0290	0.1005
35	1350	1464.7440	30.7612	1464.3321	30.7906	0.0281	0.0957
35	1400	1413.3530	30.7611	1412.9708	30.7891	0.0270	0.0911
35	1450	1361.9620	30.7610	1361.6114	30.7876	0.0257	0.0864
35	1500	1310.5710	30.7611	1310.2538	30.7861	0.0242	0.0812
35	1550	1259.1800	30.7611	1258.8981	30.7845	0.0224	0.0763
35	1600	1207.7890	30.7611	1207.5442	30.7829	0.0203	0.0710
35	1650	1156.3980	30.7611	1156.1921	30.7814	0.0178	0.0658
35	1700	1105.0070	30.7611	1104.8419	30.7798	0.0149	0.0606
35	1750	1053.6160	30.7611	1053.4935	30.7781	0.0116	0.0553
35	1800	1002.2250	30.7612	1002.1470	30.7765	0.0078	0.0499
35	1850	950.8340	30.7612	950.8023	30.7749	0.0033	0.0445
35	1900	899.4430	30.7612	899.4595	30.7732	0.0018	0.0391
35	1950	848.0520	30.7612	848.1185	30.7715	0.0078	0.0336
35	2000	796.6610	30.7612	796.7794	30.7698	0.0149	0.0280
35	2050	745.2700	30.7612	745.4421	30.7681	0.0231	0.0224
35	2100	693.8790	30.7612	694.1067	30.7664	0.0328	0.0167
35	2150	642.4880	30.7613	642.7732	30.7646	0.0444	0.0110
35	2200	591.0970	30.7613	591.4415	30.7629	0.0583	0.0052
35	2250	539.7060	30.7613	540.1117	30.7611	0.0752	0.0006
36	0	2852.7810	30.7600	2852.2786	30.8260	0.0176	0.2147
36	50	2801.3300	30.7692	2800.8683	30.8249	0.0165	0.1810
36	100	2749.3210	30.7665	2749.4597	30.8238	0.0050	0.1862
36	150	2697.6840	30.7640	2698.0530	30.8226	0.0137	0.1904
36	200	2645.9540	30.7633	2646.6480	30.8214	0.0262	0.1889
36	250	2594.2240	30.7621	2595.2449	30.8202	0.0394	0.1890

Tabel C2 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
36	300	2542.4940	30.7617	2543.8436	30.8190	0.0531	0.1863
36	350	2491.7640	30.7615	2492.4441	30.8178	0.0273	0.1831
36	400	2440.0340	30.7613	2441.0464	30.8166	0.0415	0.1797
36	450	2388.3040	30.7611	2389.6505	30.8154	0.0564	0.1764
36	500	2337.5740	30.7610	2338.2565	30.8141	0.0292	0.1725
36	550	2287.8440	30.7622	2286.8642	30.8128	0.0428	0.1646
36	600	2236.6140	30.7609	2235.4738	30.8115	0.0510	0.1646
36	650	2185.8840	30.7615	2184.0852	30.8103	0.0823	0.1586
36	700	2133.1540	30.7610	2132.6984	30.8089	0.0214	0.1558
36	750	2082.4240	30.7611	2081.3134	30.8076	0.0533	0.1511
36	800	2030.6940	30.7611	2029.9302	30.8063	0.0376	0.1469
36	850	1979.9640	30.7611	1978.5489	30.8049	0.0715	0.1425
36	900	1928.5673	30.7611	1927.1694	30.8036	0.0725	0.1381
36	950	1877.3373	30.7611	1875.7917	30.8022	0.0823	0.1336
36	1000	1826.1073	30.7610	1824.4158	30.8008	0.0926	0.1294
36	1050	1774.8773	30.7611	1773.0417	30.7994	0.1034	0.1245
36	1100	1723.6473	30.7638	1721.6695	30.7980	0.1147	0.1109
36	1150	1672.4173	30.7602	1670.2991	30.7965	0.1267	0.1181
36	1200	1621.1873	30.7615	1618.9305	30.7951	0.1392	0.1091
36	1250	1569.9573	30.7611	1567.5637	30.7936	0.1525	0.1058
36	1300	1518.7273	30.7612	1516.1988	30.7921	0.1665	0.1005
36	1350	1467.4973	30.7612	1464.8357	30.7906	0.1814	0.0957
36	1400	1416.2673	30.7611	1413.4745	30.7891	0.1972	0.0911
36	1450	1365.0373	30.7610	1362.1150	30.7876	0.2141	0.0864
36	1500	1313.8073	30.7611	1310.7574	30.7861	0.2321	0.0812
36	1550	1262.5773	30.7611	1259.4017	30.7845	0.2515	0.0763

Tabel C2 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
36	1600	1211.3473	30.7611	1208.0478	30.7829	0.2724	0.0710
36	1650	1160.1173	30.7611	1156.6957	30.7814	0.2949	0.0658
36	1700	1108.8873	30.7611	1105.3454	30.7798	0.3194	0.0606
36	1750	1057.6573	30.7611	1053.9970	30.7781	0.3461	0.0553
36	1800	1006.4273	30.7612	1002.6505	30.7765	0.3753	0.0499
36	1850	955.1973	30.7612	951.3058	30.7749	0.4074	0.0445
36	1900	901.2673	30.7612	899.9630	30.7732	0.1447	0.0391
36	1950	849.7373	30.7612	848.6220	30.7715	0.1313	0.0336
36	2000	798.5073	30.7612	797.2828	30.7698	0.1533	0.0280
36	2050	748.2773	30.7612	745.9456	30.7681	0.3116	0.0224
36	2100	694.0473	30.7612	694.6101	30.7664	0.0811	0.0167
36	2150	644.8173	30.7613	643.2766	30.7646	0.2389	0.0110
36	2200	593.5873	30.7613	591.9449	30.7629	0.2767	0.0052
36	2250	540.3573	30.7613	540.6151	30.7611	0.0477	0.0006
37	0	2853.2130	30.7600	2852.7825	30.8260	0.0151	0.2147
37	50	2802.1170	30.7692	2801.3721	30.8249	0.0266	0.1810
37	100	2751.0210	30.7665	2749.9635	30.8238	0.0384	0.1862
37	150	2699.9250	30.7640	2698.5568	30.8226	0.0507	0.1904
37	200	2648.8290	30.7633	2647.1518	30.8214	0.0633	0.1889
37	250	2595.7330	30.7621	2595.7487	30.8202	0.0006	0.1890
37	300	2546.6370	30.7617	2544.3474	30.8190	0.0899	0.1863
37	350	2493.5410	30.7615	2492.9478	30.8178	0.0238	0.1831
37	400	2441.4450	30.7613	2441.5501	30.8166	0.0043	0.1797
37	450	2392.1100	30.7611	2390.1542	30.8154	0.0818	0.1764
37	500	2337.1200	30.7610	2338.7602	30.8141	0.0702	0.1725
37	550	2286.4045	30.7622	2287.3679	30.8128	0.0421	0.1646

Tabel C2 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
37	600	2234.5447	30.7609	2235.9775	30.8116	0.0641	0.1646
37	650	2182.6849	30.7615	2184.5888	30.8103	0.0872	0.1586
37	700	2130.8251	30.7610	2133.2020	30.8089	0.1115	0.1558
37	750	2078.9653	30.7611	2081.8170	30.8076	0.1372	0.1511
37	800	2027.1055	30.7611	2030.4338	30.8063	0.1642	0.1469
37	850	1975.2457	30.7611	1979.0525	30.8049	0.1927	0.1425
37	900	1923.3859	30.7611	1927.6729	30.8036	0.2229	0.1381
37	950	1871.5261	30.7611	1876.2952	30.8022	0.2548	0.1336
37	1000	1819.6663	30.7610	1824.9193	30.8008	0.2887	0.1294
37	1050	1767.8065	30.7611	1773.5452	30.7994	0.3246	0.1245
37	1100	1715.9467	30.7638	1722.1730	30.7980	0.3628	0.1110
37	1150	1672.7700	30.7602	1670.8025	30.7965	0.1176	0.1181
37	1200	1614.8988	30.7615	1619.4339	30.7951	0.2808	0.1091
37	1250	1563.3253	30.7611	1568.0672	30.7936	0.3033	0.1058
37	1300	1511.7517	30.7612	1516.7022	30.7921	0.3275	0.1005
37	1350	1460.1782	30.7612	1465.3391	30.7906	0.3534	0.0957
37	1400	1408.6046	30.7611	1413.9778	30.7891	0.3815	0.0911
37	1450	1357.0311	30.7610	1362.6184	30.7876	0.4117	0.0864
37	1500	1305.4576	30.7611	1311.2608	30.7861	0.4445	0.0812
37	1550	1257.8840	30.7611	1259.9050	30.7845	0.1607	0.0763
37	1600	1206.3105	30.7611	1208.5511	30.7829	0.1857	0.0710
37	1650	1154.7369	30.7611	1157.1990	30.7814	0.2132	0.0658
37	1700	1103.8777	30.7611	1105.8487	30.7798	0.1786	0.0606
37	1750	1053.0184	30.7611	1054.5003	30.7781	0.1407	0.0553
37	1800	1002.1592	30.7612	1003.1537	30.7765	0.0992	0.0499
37	1850	951.2999	30.7612	951.8090	30.7749	0.0535	0.0445

Tabel C2 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
37	1900	900.4406	30.7612	900.4662	30.7732	0.0028	0.0391
37	1950	849.5814	30.7612	849.1252	30.7715	0.0537	0.0336
37	2000	798.7221	30.7612	797.7860	30.7698	0.1172	0.0280
37	2050	747.8629	30.7612	746.4487	30.7681	0.1891	0.0224
37	2100	697.0036	30.7612	695.1133	30.7664	0.2712	0.0167
37	2150	646.1443	30.7613	643.7797	30.7646	0.3660	0.0110
37	2200	595.2851	30.7613	592.4480	30.7629	0.4766	0.0052
37	2250	544.4258	30.7613	541.1182	30.7611	0.6076	0.0006
38	0	2853.7922	30.7600	2853.2861	30.8260	0.0177	0.2147
38	50	2802.1300	30.7692	2801.8757	30.8249	0.0091	0.1810
38	100	2750.4678	30.7665	2750.4671	30.8238	0.0000	0.1862
38	150	2698.8056	30.7640	2699.0603	30.8226	0.0094	0.1904
38	200	2647.1434	30.7633	2647.6553	30.8214	0.0193	0.1889
38	250	2595.4812	30.7621	2596.2522	30.8202	0.0297	0.1890
38	300	2543.8190	30.7617	2544.8508	30.8190	0.0406	0.1863
38	350	2492.1568	30.7615	2493.4513	30.8178	0.0519	0.1831
38	400	2441.4946	30.7613	2442.0536	30.8166	0.0229	0.1798
38	450	2389.4991	30.7611	2390.6577	30.8154	0.0485	0.1764
38	500	2337.9797	30.7610	2339.2636	30.8141	0.0549	0.1725
38	550	2286.4604	30.7622	2287.8713	30.8128	0.0617	0.1646
38	600	2234.9410	30.7609	2236.4808	30.8116	0.0689	0.1646
38	650	2183.4217	30.7615	2185.0922	30.8103	0.0765	0.1586
38	700	2131.9024	30.7610	2133.7054	30.8089	0.0846	0.1558
38	750	2080.3830	30.7611	2082.3203	30.8076	0.0931	0.1511
38	800	2028.8637	30.7611	2030.9371	30.8063	0.1022	0.1469
38	850	1977.3443	30.7611	1979.5558	30.8049	0.1118	0.1425

Tabel C2 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
38	900	1925.8250	30.7611	1928.1762	30.8036	0.1221	0.1381
38	950	1874.3056	30.7611	1876.7985	30.8022	0.1330	0.1336
38	1000	1822.7863	30.7610	1825.4226	30.8008	0.1446	0.1294
38	1050	1771.2670	30.7611	1774.0485	30.7994	0.1570	0.1245
38	1100	1719.7476	30.7638	1722.6762	30.7980	0.1703	0.1110
38	1150	1668.2283	30.7602	1671.3057	30.7965	0.1845	0.1181
38	1200	1616.7089	30.7615	1619.9371	30.7951	0.1997	0.1091
38	1250	1565.1896	30.7611	1568.5703	30.7936	0.2160	0.1058
38	1300	1513.6702	30.7612	1517.2054	30.7921	0.2335	0.1005
38	1350	1462.1509	30.7612	1465.8422	30.7906	0.2525	0.0958
38	1400	1410.6316	30.7611	1414.4809	30.7891	0.2729	0.0911
38	1450	1359.1122	30.7610	1363.1215	30.7876	0.2950	0.0864
38	1500	1307.5929	30.7611	1311.7638	30.7861	0.3190	0.0812
38	1550	1256.0735	30.7611	1260.4081	30.7845	0.3451	0.0763
38	1600	1204.5542	30.7611	1209.0541	30.7829	0.3736	0.0710
38	1650	1153.0348	30.7611	1157.7020	30.7814	0.4048	0.0658
38	1700	1101.5155	30.7611	1106.3517	30.7798	0.4391	0.0606
38	1750	1049.9962	30.7611	1055.0033	30.7781	0.4769	0.0553
38	1800	998.4768	30.7612	1003.6567	30.7765	0.5188	0.0499
38	1850	946.9575	30.7612	952.3120	30.7749	0.5654	0.0445
38	1900	895.4381	30.7612	900.9691	30.7732	0.6177	0.0391
38	1950	843.9188	30.7612	849.6281	30.7715	0.6765	0.0336
38	2000	792.3994	30.7612	798.2889	30.7698	0.7432	0.0280
38	2050	740.8801	30.7612	746.9516	30.7681	0.8195	0.0224
38	2100	693.3608	30.7612	695.6161	30.7664	0.3253	0.0167
38	2150	643.8414	30.7613	644.2825	30.7646	0.0685	0.0110

Tabel C2 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
38	2200	596.3221	30.7613	592.9508	30.7629	0.5653	0.0052
38	2250	544.8027	30.7613	541.6210	30.7611	0.5840	0.0006
39	0	2854.2118	30.7600	2853.7894	30.8260	0.0148	0.2147
39	50	2803.7110	30.7692	2802.3790	30.8249	0.0475	0.1810
39	100	2751.2102	30.7665	2750.9704	30.8238	0.0087	0.1862
39	150	2699.7094	30.7640	2699.5636	30.8226	0.0054	0.1904
39	200	2648.2086	30.7633	2648.1586	30.8214	0.0019	0.1889
39	250	2596.6078	30.7621	2596.7554	30.8202	0.0057	0.1890
39	300	2545.0070	30.7617	2545.3541	30.8190	0.0136	0.1863
39	350	2493.4062	30.7615	2493.9545	30.8178	0.0220	0.1831
39	400	2441.8054	30.7613	2442.5568	30.8166	0.0308	0.1798
39	450	2390.2046	30.7611	2391.1609	30.8154	0.0400	0.1764
39	500	2338.6038	30.7610	2339.7668	30.8141	0.0497	0.1726
39	550	2287.0030	30.7622	2288.3745	30.8128	0.0600	0.1646
39	600	2235.4022	30.7609	2236.9840	30.8116	0.0708	0.1646
39	650	2183.8014	30.7615	2185.5953	30.8103	0.0821	0.1586
39	700	2132.2006	30.7610	2134.2085	30.8089	0.0942	0.1558
39	750	2080.5998	30.7611	2082.8234	30.8076	0.1069	0.1511
39	800	2028.9990	30.7611	2031.4402	30.8063	0.1203	0.1469
39	850	1977.3982	30.7611	1980.0588	30.8049	0.1346	0.1425
39	900	1925.7974	30.7611	1928.6792	30.8036	0.1496	0.1381
39	950	1874.1966	30.7611	1877.3015	30.8022	0.1657	0.1336
39	1000	1822.5958	30.7610	1825.9255	30.8008	0.1827	0.1294
39	1050	1770.9950	30.7611	1774.5514	30.7994	0.2008	0.1245
39	1100	1719.3942	30.7638	1723.1791	30.7980	0.2201	0.1110
39	1150	1667.7934	30.7602	1671.8087	30.7965	0.2408	0.1181

Tabel C2 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
39	1200	1616.1926	30.7615	1620.4400	30.7951	0.2628	0.1091
39	1250	1564.5918	30.7611	1569.0732	30.7936	0.2864	0.1058
39	1300	1512.9910	30.7612	1517.7083	30.7921	0.3118	0.1005
39	1350	1461.3902	30.7612	1466.3451	30.7906	0.3391	0.0958
39	1400	1409.7894	30.7611	1414.9838	30.7891	0.3685	0.0911
39	1450	1358.1886	30.7610	1363.6243	30.7876	0.4002	0.0864
39	1500	1306.5878	30.7611	1312.2667	30.7861	0.4346	0.0812
39	1550	1254.9870	30.7611	1260.9109	30.7845	0.4720	0.0763
39	1600	1213.3862	30.7611	1209.5569	30.7829	0.3156	0.0710
39	1650	1161.7854	30.7611	1158.2048	30.7814	0.3082	0.0658
39	1700	1110.1846	30.7611	1106.8545	30.7798	0.3000	0.0606
39	1750	1058.5838	30.7611	1055.5060	30.7781	0.2907	0.0553
39	1800	1006.9830	30.7612	1004.1594	30.7765	0.2804	0.0499
39	1850	955.3822	30.7612	952.8147	30.7749	0.2687	0.0445
39	1900	903.7814	30.7612	901.4718	30.7732	0.2556	0.0391
39	1950	852.1806	30.7612	850.1307	30.7715	0.2405	0.0336
39	2000	800.5798	30.7612	798.7915	30.7698	0.2234	0.0280
39	2050	748.9790	30.7612	747.4542	30.7681	0.2036	0.0224
39	2100	697.3782	30.7612	696.1187	30.7664	0.1806	0.0167
39	2150	645.7774	30.7613	644.7851	30.7646	0.1537	0.0110
39	2200	594.1766	30.7613	593.4534	30.7629	0.1217	0.0052
39	2250	542.5758	30.7613	542.1235	30.7611	0.0834	0.0006
40	0	2854.7812	30.7600	2854.2925	30.8260	0.0171	0.2147
40	50	2802.1100	30.7692	2802.8820	30.8249	0.0276	0.1810
40	100	2752.4388	30.7665	2751.4734	30.8238	0.0351	0.1862
40	150	2702.7676	30.7640	2700.0666	30.8226	0.0999	0.1904

Tabel C2 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
40	200	2652.0964	30.7633	2648.6616	30.8214	0.1295	0.1889
40	250	2599.4252	30.7621	2597.2584	30.8202	0.0834	0.1890
40	300	2549.6207	30.7617	2545.8570	30.8190	0.1476	0.1863
40	350	2498.8638	30.7615	2494.4575	30.8178	0.1763	0.1831
40	400	2448.1068	30.7613	2443.0597	30.8166	0.2062	0.1798
40	450	2397.3499	30.7611	2391.6638	30.8154	0.2372	0.1764
40	500	2342.5930	30.7610	2340.2696	30.8141	0.0992	0.1726
40	550	2290.8361	30.7622	2288.8773	30.8128	0.0855	0.1646
40	600	2240.0792	30.7609	2237.4868	30.8116	0.1157	0.1646
40	650	2184.3223	30.7615	2186.0982	30.8103	0.0813	0.1586
40	700	2133.5654	30.7610	2134.7113	30.8089	0.0537	0.1558
40	750	2082.8084	30.7611	2083.3262	30.8076	0.0249	0.1511
40	800	2029.1587	30.7611	2031.9430	30.8063	0.1372	0.1469
40	850	1979.7589	30.7611	1980.5616	30.8049	0.0405	0.1425
40	900	1927.3591	30.7611	1929.1820	30.8036	0.0946	0.1381
40	950	1876.9594	30.7611	1877.8042	30.8022	0.0450	0.1336
40	1000	1825.1596	30.7610	1826.4283	30.8008	0.0695	0.1294
40	1050	1773.8098	30.7611	1775.0541	30.7994	0.0701	0.1245
40	1100	1722.4600	30.7638	1723.6818	30.7980	0.0709	0.1110
40	1150	1671.1103	30.7602	1672.3114	30.7965	0.0719	0.1181
40	1200	1619.7605	30.7615	1620.9427	30.7951	0.0730	0.1091
40	1250	1568.4107	30.7611	1569.5759	30.7936	0.0743	0.1058
40	1300	1517.0610	30.7612	1518.2109	30.7921	0.0758	0.1005
40	1350	1465.7112	30.7612	1466.8477	30.7906	0.0775	0.0958
40	1400	1414.3614	30.7611	1415.4864	30.7891	0.0795	0.0911
40	1450	1363.0116	30.7610	1364.1269	30.7876	0.0818	0.0864

Tabel C2 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
40	1500	1311.6619	30.7611	1312.7692	30.7861	0.0844	0.0812
40	1550	1260.3121	30.7611	1261.4134	30.7845	0.0874	0.0763
40	1600	1208.9623	30.7611	1210.0594	30.7829	0.0907	0.0710
40	1650	1157.6126	30.7611	1158.7073	30.7814	0.0946	0.0658
40	1700	1106.2628	30.7611	1107.3569	30.7798	0.0989	0.0606
40	1750	1054.9130	30.7611	1056.0085	30.7781	0.1038	0.0553
40	1800	1003.5632	30.7612	1004.6619	30.7765	0.1095	0.0499
40	1850	952.2135	30.7612	953.3171	30.7749	0.1159	0.0445
40	1900	900.8637	30.7612	901.9742	30.7732	0.1233	0.0391
40	1950	849.5139	30.7612	850.6331	30.7715	0.1317	0.0336
40	2000	798.1642	30.7612	799.2939	30.7698	0.1415	0.0280
40	2050	746.8144	30.7612	747.9566	30.7681	0.1529	0.0224
40	2100	695.4646	30.7612	696.6211	30.7664	0.1663	0.0167
40	2150	644.1148	30.7613	645.2875	30.7646	0.1821	0.0110
40	2200	592.7651	30.7613	593.9557	30.7629	0.2009	0.0052
40	2250	541.6153	30.7613	542.6258	30.7611	0.1866	0.0006
AVERAGE TOTAL						0.1726	0.1117

Pada Tabel C3 laju aliran massa injeksi CO₂ divariasikan dengan tekanan dan temperatur injeksi tetap. Nilai variasi ditentukan antara 0.2 hingga 0.5 kg/s.

Tabel C3 Validasi model injeksi CO₂ terhadap variasi laju aliran massa injeksi

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.2	0	2862.1721	30.7600	2861.6640	30.8111	0.0178	0.1660
0.2	50	2812.3172	30.7692	2810.3321	30.8101	0.0706	0.1330

Tabel C3 (lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.2	100	2762.4623	30.7665	2759.0019	30.8092	0.1253	0.1389
0.2	150	2709.6074	30.7640	2707.6734	30.8083	0.0714	0.1438
0.2	200	2656.7525	30.7633	2656.3467	30.8073	0.0153	0.1430
0.2	250	2603.8976	30.7621	2605.0216	30.8064	0.0432	0.1438
0.2	300	2551.0427	30.7617	2553.6982	30.8054	0.1041	0.1420
0.2	350	2498.1878	30.7615	2502.3766	30.8044	0.1677	0.1395
0.2	400	2445.3329	30.7613	2451.0566	30.8034	0.2341	0.1370
0.2	450	2397.4780	30.7611	2399.7384	30.8024	0.0943	0.1344
0.2	500	2349.6231	30.7610	2348.4218	30.8014	0.0511	0.1314
0.2	550	2298.7682	30.7622	2297.1070	30.8004	0.0723	0.1243
0.2	600	2247.9133	30.7609	2245.7939	30.7994	0.0943	0.1252
0.2	650	2197.0584	30.7615	2194.4825	30.7984	0.1172	0.1201
0.2	700	2146.2035	30.7610	2143.1728	30.7974	0.1412	0.1182
0.2	750	2093.3486	30.7611	2091.8648	30.7963	0.0709	0.1144
0.2	800	2042.4937	30.7611	2040.5586	30.7953	0.0947	0.1111
0.2	850	1991.6388	30.7611	1989.2540	30.7942	0.1197	0.1077
0.2	900	1939.7839	30.7611	1937.9511	30.7932	0.0945	0.1042
0.2	950	1888.5957	30.7611	1886.6500	30.7921	0.1030	0.1007
0.2	1000	1837.2408	30.7610	1835.3506	30.7910	0.1029	0.0975
0.2	1050	1785.8859	30.7611	1784.0529	30.7899	0.1026	0.0937
0.2	1100	1734.5310	30.7638	1732.7569	30.7888	0.1023	0.0812
0.2	1150	1683.1761	30.7602	1681.4626	30.7877	0.1018	0.0894
0.2	1200	1631.8212	30.7615	1630.1700	30.7866	0.1012	0.0815
0.2	1250	1580.4663	30.7611	1578.8792	30.7855	0.1004	0.0793
0.2	1300	1529.1114	30.7612	1527.5900	30.7843	0.0995	0.0751
0.2	1350	1477.7565	30.7612	1476.3026	30.7832	0.0984	0.0715

Tabel C3 (lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.2	1400	1426.4016	30.7611	1425.0169	30.7820	0.0971	0.0680
0.2	1450	1375.0467	30.7610	1373.7329	30.7809	0.0955	0.0645
0.2	1500	1323.6918	30.7611	1322.4506	30.7797	0.0938	0.0605
0.2	1550	1272.3369	30.7611	1271.1701	30.7785	0.0917	0.0568
0.2	1600	1220.9820	30.7611	1219.8913	30.7774	0.0893	0.0528
0.2	1650	1169.6271	30.7611	1168.6142	30.7762	0.0866	0.0489
0.2	1700	1118.2722	30.7611	1117.3388	30.7750	0.0835	0.0450
0.2	1750	1066.9173	30.7611	1066.0651	30.7738	0.0799	0.0410
0.2	1800	1015.5624	30.7612	1014.7932	30.7725	0.0757	0.0370
0.2	1850	964.2075	30.7612	963.5230	30.7713	0.0710	0.0330
0.2	1900	912.8526	30.7612	912.2545	30.7701	0.0655	0.0289
0.2	1950	861.4977	30.7612	860.9877	30.7688	0.0592	0.0248
0.2	2000	810.1428	30.7612	809.7227	30.7676	0.0519	0.0207
0.2	2050	758.7879	30.7612	758.4594	30.7663	0.0433	0.0165
0.2	2100	707.4330	30.7612	707.1978	30.7650	0.0332	0.0123
0.2	2150	656.0781	30.7613	655.9380	30.7638	0.0214	0.0081
0.2	2200	604.7232	30.7613	604.6798	30.7625	0.0072	0.0039
0.2	2250	553.3683	30.7613	553.4235	30.7612	0.0100	0.0004
0.3	0	2850.2130	30.7600	2849.7554	30.8260	0.0161	0.2147
0.3	50	2800.1300	30.7692	2798.3451	30.8249	0.0637	0.1810
0.3	100	2748.0470	30.7665	2746.9367	30.8238	0.0404	0.1862
0.3	150	2697.2973	30.7640	2695.5300	30.8226	0.0655	0.1904
0.3	200	2646.2143	30.7633	2644.1252	30.8214	0.0789	0.1888
0.3	250	2593.1313	30.7621	2592.7221	30.8202	0.0158	0.1889
0.3	300	2542.0483	30.7617	2541.3209	30.8190	0.0286	0.1863
0.3	350	2490.9653	30.7615	2489.9215	30.8178	0.0419	0.1831

Tabel C3 (lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.3	400	2439.8823	30.7613	2438.5239	30.8166	0.0557	0.1797
0.3	450	2388.7993	30.7611	2387.1281	30.8153	0.0700	0.1763
0.3	500	2337.7163	30.7610	2335.7341	30.8141	0.0848	0.1725
0.3	550	2286.6333	30.7622	2284.3420	30.8128	0.1002	0.1646
0.3	600	2235.5503	30.7609	2232.9516	30.8115	0.1162	0.1646
0.3	650	2184.4673	30.7615	2181.5631	30.8102	0.1330	0.1586
0.3	700	2133.3843	30.7610	2130.1764	30.8089	0.1504	0.1558
0.3	750	2082.3013	30.7611	2078.7915	30.8076	0.1686	0.1511
0.3	800	2031.2183	30.7611	2027.4084	30.8063	0.1876	0.1469
0.3	850	1980.1353	30.7611	1976.0271	30.8049	0.2075	0.1425
0.3	900	1929.0523	30.7611	1924.6477	30.8036	0.2283	0.1381
0.3	950	1877.9693	30.7611	1873.2701	30.8022	0.2502	0.1336
0.3	1000	1826.8863	30.7610	1821.8943	30.8008	0.2733	0.1293
0.3	1050	1775.8033	30.7611	1770.5203	30.7994	0.2975	0.1245
0.3	1100	1724.7203	30.7638	1719.1482	30.7980	0.3231	0.1109
0.3	1150	1673.6373	30.7602	1667.7778	30.7965	0.3501	0.1181
0.3	1200	1622.5543	30.7615	1616.4093	30.7951	0.3787	0.1091
0.3	1250	1571.4713	30.7611	1565.0427	30.7936	0.4091	0.1058
0.3	1300	1520.3883	30.7612	1513.6778	30.7921	0.4414	0.1005
0.3	1350	1469.3053	30.7612	1462.3148	30.7906	0.4758	0.0957
0.3	1400	1418.2223	30.7611	1410.9536	30.7891	0.5125	0.0911
0.3	1450	1367.1393	30.7610	1359.5943	30.7876	0.5519	0.0864
0.3	1500	1316.0563	30.7611	1308.2368	30.7861	0.5942	0.0812
0.3	1550	1264.9733	30.7611	1256.8811	30.7845	0.6397	0.0762
0.3	1600	1213.8903	30.7611	1205.5273	30.7829	0.6889	0.0710
0.3	1650	1162.8073	30.7611	1154.1753	30.7814	0.7423	0.0658

Tabel C3 (lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.3	1700	1111.7243	30.7611	1102.8251	30.7798	0.8005	0.0606
0.3	1750	1060.6413	30.7611	1051.4768	30.7781	0.8641	0.0553
0.3	1800	1009.5583	30.7612	1000.1304	30.7765	0.9339	0.0499
0.3	1850	958.4753	30.7612	948.7858	30.7749	1.0109	0.0445
0.3	1900	907.3923	30.7612	897.4430	30.7732	1.0965	0.0391
0.3	1950	856.3093	30.7612	846.1021	30.7715	1.1920	0.0336
0.3	2000	800.2263	30.7612	794.7631	30.7698	0.6827	0.0280
0.3	2050	748.1433	30.7612	743.4259	30.7681	0.6306	0.0224
0.3	2100	696.0603	30.7612	692.0905	30.7664	0.5703	0.0167
0.3	2150	643.9773	30.7613	640.7571	30.7646	0.5001	0.0110
0.3	2200	591.8943	30.7613	589.4255	30.7629	0.4171	0.0052
0.3	2250	539.8113	30.7613	538.0958	30.7611	0.3178	0.0006
0.4	0	2840.7210	30.7600	2840.2933	30.8368	0.0151	0.2496
0.4	50	2790.1720	30.7692	2788.7856	30.8355	0.0497	0.2154
0.4	100	2738.9810	30.7665	2737.2797	30.8342	0.0621	0.2202
0.4	150	2688.2180	30.7640	2685.7758	30.8329	0.0908	0.2240
0.4	200	2637.3480	30.7633	2634.2738	30.8316	0.1166	0.2219
0.4	250	2584.4780	30.7621	2582.7738	30.8303	0.0659	0.2216
0.4	300	2533.6080	30.7617	2531.2756	30.8289	0.0921	0.2184
0.4	350	2481.4047	30.7615	2479.7794	30.8275	0.0655	0.2147
0.4	400	2429.5347	30.7613	2428.2850	30.8262	0.0514	0.2109
0.4	450	2377.6647	30.7611	2376.7927	30.8248	0.0367	0.2069
0.4	500	2325.7947	30.7610	2325.3022	30.8233	0.0212	0.2026
0.4	550	2273.9247	30.7622	2273.8137	30.8219	0.0049	0.1941
0.4	600	2222.0547	30.7609	2222.3271	30.8204	0.0123	0.1935
0.4	650	2170.1847	30.7615	2170.8424	30.8190	0.0303	0.1869

Tabel C3 (lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.4	700	2118.3147	30.7610	2119.3596	30.8175	0.0493	0.1835
0.4	750	2066.4447	30.7611	2067.8788	30.8160	0.0694	0.1782
0.4	800	2014.5747	30.7611	2016.3999	30.8144	0.0906	0.1734
0.4	850	1962.7047	30.7611	1964.9230	30.8129	0.1130	0.1683
0.4	900	1912.8910	30.7611	1913.4479	30.8113	0.0291	0.1632
0.4	950	1862.0773	30.7611	1861.9749	30.8097	0.0055	0.1580
0.4	1000	1811.2637	30.7610	1810.5037	30.8081	0.0420	0.1531
0.4	1050	1760.4500	30.7611	1759.0345	30.8065	0.0804	0.1475
0.4	1100	1709.6363	30.7638	1707.5673	30.8048	0.1210	0.1332
0.4	1150	1658.8227	30.7602	1656.1020	30.8032	0.1640	0.1396
0.4	1200	1608.0090	30.7615	1604.6386	30.8015	0.2096	0.1299
0.4	1250	1555.1953	30.7611	1553.1772	30.7998	0.1298	0.1258
0.4	1300	1504.3817	30.7612	1501.7177	30.7980	0.1771	0.1197
0.4	1350	1453.5680	30.7612	1450.2602	30.7963	0.2276	0.1141
0.4	1400	1402.7543	30.7611	1398.8047	30.7945	0.2816	0.1086
0.4	1450	1351.9407	30.7610	1347.3511	30.7927	0.3395	0.1030
0.4	1500	1293.1270	30.7611	1295.8995	30.7909	0.2144	0.0969
0.4	1550	1244.3133	30.7611	1244.4498	30.7891	0.0110	0.0911
0.4	1600	1195.4997	30.7611	1193.0021	30.7872	0.2089	0.0850
0.4	1650	1146.6860	30.7611	1141.5564	30.7854	0.4473	0.0788
0.4	1700	1092.8723	30.7611	1090.1126	30.7835	0.2525	0.0726
0.4	1750	1040.2100	30.7611	1038.6709	30.7815	0.1480	0.0663
0.4	1800	987.5477	30.7612	987.2311	30.7796	0.0321	0.0600
0.4	1850	934.8853	30.7612	935.7933	30.7776	0.0971	0.0536
0.4	1900	882.2230	30.7612	884.3574	30.7757	0.2419	0.0471
0.4	1950	829.5607	30.7612	832.9236	30.7736	0.4054	0.0405

Tabel C3 (lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.4	2000	779.8983	30.7612	781.4918	30.7716	0.2043	0.0338
0.4	2050	730.2360	30.7612	730.0619	30.7696	0.0238	0.0271
0.4	2100	679.5737	30.7612	678.6341	30.7675	0.1383	0.0203
0.4	2150	629.9113	30.7613	627.2083	30.7654	0.4291	0.0134
0.4	2200	578.2490	30.7613	575.7844	30.7633	0.4262	0.0065
0.4	2250	527.5867	30.7613	524.3626	30.7611	0.6111	0.0006
0.5	0	2832.3177	30.7600	2831.8665	30.8459	0.0159	0.2793
0.5	50	2782.1720	30.7692	2780.2309	30.8446	0.0698	0.2449
0.5	100	2730.0263	30.7665	2728.5973	30.8432	0.0523	0.2493
0.5	150	2679.2139	30.7640	2676.9658	30.8418	0.0839	0.2527
0.5	200	2628.0682	30.7633	2625.3363	30.8403	0.1040	0.2504
0.5	250	2576.9225	30.7621	2573.7089	30.8389	0.1247	0.2496
0.5	300	2523.7768	30.7617	2522.0835	30.8374	0.0671	0.2461
0.5	350	2470.6311	30.7615	2470.4602	30.8359	0.0069	0.2420
0.5	400	2417.4854	30.7613	2418.8389	30.8344	0.0560	0.2377
0.5	450	2366.3397	30.7611	2367.2197	30.8329	0.0372	0.2334
0.5	500	2315.1940	30.7610	2315.6025	30.8313	0.0176	0.2286
0.5	550	2264.0483	30.7622	2263.9874	30.8298	0.0027	0.2196
0.5	600	2212.9026	30.7609	2212.3744	30.8282	0.0239	0.2186
0.5	650	2161.7569	30.7615	2160.7634	30.8265	0.0460	0.2116
0.5	700	2110.6112	30.7610	2109.1545	30.8249	0.0690	0.2077
0.5	750	2059.4655	30.7611	2057.5476	30.8232	0.0931	0.2019
0.5	800	2008.3198	30.7611	2005.9429	30.8215	0.1184	0.1965
0.5	850	1957.1741	30.7611	1954.3402	30.8198	0.1448	0.1909
0.5	900	1906.0284	30.7611	1902.7395	30.8181	0.1726	0.1853
0.5	950	1852.8827	30.7611	1851.1410	30.8163	0.0940	0.1795

Tabel C3 (lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.5	1000	1800.7370	30.7610	1799.5445	30.8145	0.0662	0.1740
0.5	1050	1748.5913	30.7611	1747.9501	30.8127	0.0367	0.1678
0.5	1100	1696.4456	30.7638	1696.3578	30.8109	0.0052	0.1529
0.5	1150	1644.2999	30.7602	1644.7676	30.8090	0.0284	0.1587
0.5	1200	1592.1542	30.7615	1593.1794	30.8071	0.0644	0.1483
0.5	1250	1540.0085	30.7611	1541.5934	30.8052	0.1029	0.1436
0.5	1300	1487.8628	30.7612	1490.0094	30.8033	0.1443	0.1367
0.5	1350	1435.7171	30.7612	1438.4276	30.8013	0.1888	0.1304
0.5	1400	1383.5714	30.7611	1386.8479	30.7993	0.2368	0.1242
0.5	1450	1331.4257	30.7610	1335.2702	30.7973	0.2888	0.1179
0.5	1500	1279.2800	30.7611	1283.6947	30.7953	0.3451	0.1110
0.5	1550	1227.1343	30.7611	1232.1213	30.7932	0.4064	0.1044
0.5	1600	1174.9886	30.7611	1180.5501	30.7911	0.4733	0.0975
0.5	1650	1122.8429	30.7611	1128.9809	30.7890	0.5466	0.0905
0.5	1700	1070.6972	30.7611	1077.4139	30.7868	0.6273	0.0835
0.5	1750	1018.5515	30.7611	1025.8490	30.7846	0.7165	0.0763
0.5	1800	966.4058	30.7612	974.2862	30.7824	0.8154	0.0691
0.5	1850	914.2601	30.7612	922.7256	30.7802	0.9259	0.0617
0.5	1900	862.1144	30.7612	871.1672	30.7779	1.0501	0.0543
0.5	1950	809.9687	30.7612	819.6108	30.7756	1.1904	0.0468
0.5	2000	757.8230	30.7612	768.0567	30.7732	1.3504	0.0391
0.5	2050	705.6773	30.7612	716.5047	30.7709	1.5343	0.0314
0.5	2100	653.5316	30.7612	664.9549	30.7685	1.7479	0.0236
0.5	2150	601.3859	30.7613	613.4073	30.7661	1.9989	0.0156
0.5	2200	559.2402	30.7613	561.8618	30.7636	0.4688	0.0076
0.5	2250	507.0945	30.7613	510.3186	30.7611	0.6358	0.0006

AVERAGE TOTAL**0.2489****0.1194**

Pada Tabel C4 tekanan injeksi surfaktan divariasikan, dengan temperatur dan laju aliran massa injeksi tetap. Nilai variasi ditentukan antara 1071 hingga 1200 psi.

Tabel C4 Validasi model injeksi surfaktan terhadap variasi tekanan injeksi

P	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1071	0	4463.5320	30.7600	4463.2636	30.7019	0.0060	0.1890
1071	50	4386.8120	30.7692	4386.9040	30.6965	0.0021	0.2362
1071	100	4311.1190	30.7665	4310.5502	30.6911	0.0132	0.2449
1071	150	4234.2300	30.7640	4234.2022	30.6856	0.0007	0.2549
1071	200	4157.3210	30.7633	4157.8600	30.6800	0.0130	0.2710
1071	250	4081.0300	30.7621	4081.5236	30.6742	0.0121	0.2856
1071	300	4004.4938	30.7617	4005.1930	30.6684	0.0175	0.3033
1071	350	3927.9576	30.7615	3928.8682	30.6625	0.0232	0.3218
1071	400	3852.5790	30.7613	3852.5491	30.6565	0.0008	0.3407
1071	450	3776.0428	30.7611	3776.2359	30.6504	0.0051	0.3600
1071	500	3699.8539	30.7610	3699.9284	30.6441	0.0020	0.3800
1071	550	3623.6650	30.7622	3623.6267	30.6378	0.0011	0.4044
1071	600	3547.4760	30.7609	3547.3307	30.6313	0.0041	0.4213
1071	650	3471.2871	30.7615	3471.0406	30.6248	0.0071	0.4444
1071	700	3395.0982	30.7610	3394.7561	30.6181	0.0101	0.4646
1071	750	3318.9093	30.7611	3318.4774	30.6113	0.0130	0.4871
1071	800	3242.7204	30.7611	3242.2045	30.6044	0.0159	0.5094
1071	850	3166.5314	30.7611	3165.9373	30.5974	0.0188	0.5323
1071	900	3090.3425	30.7611	3089.6758	30.5902	0.0216	0.5555
1071	950	3014.1536	30.7611	3013.4201	30.5829	0.0243	0.5792
1071	1000	2937.9647	30.7610	2937.1701	30.5755	0.0270	0.6029

Tabel C4 (lanjutan)

P	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1071	1050	2861.7758	30.7611	2860.9258	30.5680	0.0297	0.6277
1071	1100	2785.5868	30.7638	2784.6872	30.5604	0.0323	0.6614
1071	1150	2709.3979	30.7602	2708.4543	30.5526	0.0348	0.6750
1071	1200	2633.2090	30.7615	2632.2271	30.5447	0.0373	0.7050
1071	1250	2557.0201	30.7611	2556.0056	30.5366	0.0397	0.7297
1071	1300	2480.8312	30.7612	2479.7897	30.5284	0.0420	0.7569
1071	1350	2404.6422	30.7612	2403.5796	30.5201	0.0442	0.7838
1071	1400	2328.4533	30.7611	2327.3751	30.5116	0.0463	0.8111
1071	1450	2252.2644	30.7610	2251.1763	30.5030	0.0483	0.8389
1071	1500	2176.0755	30.7611	2174.9832	30.4942	0.0502	0.8677
1071	1550	2099.8866	30.7611	2098.7957	30.4853	0.0519	0.8965
1071	1600	2023.6976	30.7611	2022.6138	30.4762	0.0536	0.9261
1071	1650	1947.5087	30.7611	1946.4376	30.4670	0.0550	0.9561
1071	1700	1871.3198	30.7611	1870.2670	30.4576	0.0563	0.9867
1071	1750	1795.1309	30.7611	1794.1021	30.4481	0.0573	1.0177
1071	1800	1718.9420	30.7612	1717.9427	30.4384	0.0581	1.0493
1071	1850	1642.7530	30.7612	1641.7890	30.4285	0.0587	1.0814
1071	1900	1566.5641	30.7612	1565.6408	30.4185	0.0589	1.1141
1071	1950	1490.3752	30.7612	1489.4983	30.4083	0.0588	1.1473
1071	2000	1414.1863	30.7612	1413.3614	30.3979	0.0583	1.1811
1071	2050	1337.9974	30.7612	1337.2300	30.3873	0.0574	1.2154
1071	2100	1261.8084	30.7612	1261.1042	30.3766	0.0558	1.2504
1071	2150	1185.6195	30.7613	1184.9839	30.3657	0.0536	1.2859
1071	2200	1109.4306	30.7613	1108.8692	30.3546	0.0506	1.3220
1071	2250	1033.2417	30.7613	1032.7601	30.3433	0.0466	1.3587
1100	0	4493.2175	30.7506	4492.4591	30.7019	0.0169	0.1587

Tabel C4 (lanjutan)

P	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1100	50	4416.9140	30.7507	4416.0972	30.6965	0.0185	0.1761
1100	100	4339.6105	30.7507	4339.7411	30.6911	0.0030	0.1938
1100	150	4262.9737	30.7507	4263.3907	30.6856	0.0098	0.2118
1100	200	4187.0035	30.7507	4187.0462	30.6799	0.0010	0.2301
1100	250	4110.0333	30.7507	4110.7075	30.6742	0.0164	0.2488
1100	300	4033.3965	30.7507	4034.3746	30.6684	0.0243	0.2677
1100	350	3957.7597	30.7507	3958.0475	30.6625	0.0073	0.2870
1100	400	3881.0228	30.7508	3881.7261	30.6565	0.0181	0.3067
1100	450	3805.6193	30.7508	3805.4106	30.6503	0.0055	0.3266
1100	500	3729.4325	30.7508	3729.1008	30.6441	0.0089	0.3470
1100	550	3653.4257	30.7508	3652.7968	30.6378	0.0172	0.3676
1100	600	3577.4188	30.7508	3576.4985	30.6313	0.0257	0.3887
1100	650	3501.4120	30.7508	3500.2060	30.6247	0.0344	0.4101
1100	700	3425.4052	30.7508	3423.9193	30.6181	0.0434	0.4318
1100	750	3349.3983	30.7509	3347.6383	30.6113	0.0525	0.4540
1100	800	3273.3915	30.7509	3271.3630	30.6043	0.0620	0.4765
1100	850	3197.3847	30.7509	3195.0935	30.5973	0.0717	0.4994
1100	900	3121.3778	30.7509	3118.8298	30.5902	0.0816	0.5227
1100	950	3045.3710	30.7509	3042.5717	30.5829	0.0919	0.5464
1100	1000	2969.3642	30.7509	2966.3194	30.5755	0.1025	0.5705
1100	1050	2893.3573	30.7509	2890.0728	30.5680	0.1135	0.5950
1100	1100	2817.3505	30.7510	2813.8319	30.5603	0.1249	0.6200
1100	1150	2741.3437	30.7510	2737.5967	30.5525	0.1367	0.6454
1100	1200	2665.3368	30.7510	2661.3671	30.5446	0.1489	0.6712
1100	1250	2589.3300	30.7510	2585.1433	30.5365	0.1617	0.6974
1100	1300	2513.3232	30.7510	2508.9252	30.5283	0.1750	0.7241

Tabel C4 (lanjutan)

P	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1100	1350	2437.3163	30.7510	2432.7128	30.5200	0.1889	0.7513
1100	1400	2361.3095	30.7510	2356.5060	30.5115	0.2034	0.7789
1100	1450	2285.3027	30.7511	2280.3049	30.5029	0.2187	0.8070
1100	1500	2209.2958	30.7511	2204.1094	30.4941	0.2348	0.8356
1100	1550	2133.2890	30.7511	2127.9196	30.4852	0.2517	0.8646
1100	1600	2057.2822	30.7511	2051.7354	30.4761	0.2696	0.8942
1100	1650	1981.2753	30.7511	1975.5569	30.4669	0.2886	0.9242
1100	1700	1905.2685	30.7511	1899.3840	30.4575	0.3089	0.9548
1100	1750	1829.2617	30.7511	1823.2168	30.4480	0.3305	0.9859
1100	1800	1753.2548	30.7512	1747.0551	30.4383	0.3536	1.0175
1100	1850	1677.2480	30.7512	1670.8991	30.4284	0.3785	1.0496
1100	1900	1601.2412	30.7512	1594.7486	30.4183	0.4055	1.0823
1100	1950	1525.2343	30.7512	1518.6038	30.4081	0.4347	1.1156
1100	2000	1449.2275	30.7512	1442.4645	30.3978	0.4667	1.1494
1100	2050	1373.2207	30.7512	1366.3308	30.3872	0.5017	1.1837
1100	2100	1297.2138	30.7512	1290.2027	30.3765	0.5405	1.2187
1100	2150	1221.2070	30.7513	1214.0802	30.3656	0.5836	1.2542
1100	2200	1140.2002	30.7513	1137.9632	30.3545	0.1962	1.2904
1100	2250	1063.1933	30.7513	1061.8517	30.3432	0.1262	1.3271
1200	0	4593.3721	30.7606	4593.1332	30.7018	0.0052	0.1913
1200	50	4516.2130	30.7607	4516.7633	30.6964	0.0122	0.2088
1200	100	4440.2200	30.7607	4440.3993	30.6910	0.0040	0.2265
1200	150	4363.4496	30.7607	4364.0410	30.6855	0.0136	0.2445
1200	200	4286.8736	30.7607	4287.6885	30.6799	0.0190	0.2628
1200	250	4210.2975	30.7607	4211.3418	30.6741	0.0248	0.2815
1200	300	4135.7215	30.7607	4135.0009	30.6683	0.0174	0.3005

Tabel C4 (lanjutan)

P	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1200	350	4057.1454	30.7607	4058.6659	30.6624	0.0375	0.3198
1200	400	3981.5694	30.7608	3982.3365	30.6564	0.0193	0.3394
1200	450	3906.1933	30.7608	3906.0130	30.6502	0.0046	0.3594
1200	500	3828.8173	30.7608	3829.6953	30.6440	0.0229	0.3797
1200	550	3753.4612	30.7608	3753.3833	30.6376	0.0021	0.4004
1200	600	3676.9852	30.7608	3677.0771	30.6312	0.0025	0.4215
1200	650	3600.5091	30.7608	3600.7766	30.6246	0.0074	0.4429
1200	700	3524.0331	30.7608	3524.4819	30.6179	0.0127	0.4647
1200	750	3447.5570	30.7609	3448.1930	30.6111	0.0184	0.4868
1200	800	3371.0810	30.7609	3371.9097	30.6042	0.0246	0.5094
1200	850	3294.6049	30.7609	3295.6323	30.5972	0.0312	0.5323
1200	900	3218.1289	30.7609	3219.3605	30.5900	0.0383	0.5556
1200	950	3143.3320	30.7609	3143.0945	30.5827	0.0076	0.5793
1200	1000	3066.5218	30.7609	3066.8342	30.5753	0.0102	0.6035
1200	1050	2991.0539	30.7609	2990.5797	30.5678	0.0159	0.6280
1200	1100	2915.2503	30.7610	2914.3308	30.5601	0.0315	0.6530
1200	1150	2839.4468	30.7610	2838.0876	30.5523	0.0479	0.6784
1200	1200	2763.6433	30.7610	2761.8502	30.5444	0.0649	0.7042
1200	1250	2687.8398	30.7610	2685.6184	30.5363	0.0826	0.7305
1200	1300	2612.0363	30.7610	2609.3923	30.5281	0.1012	0.7572
1200	1350	2536.2328	30.7610	2533.1719	30.5197	0.1207	0.7844
1200	1400	2460.4292	30.7610	2456.9572	30.5112	0.1411	0.8120
1200	1450	2384.6257	30.7611	2380.7481	30.5026	0.1626	0.8402
1200	1500	2308.8222	30.7611	2304.5447	30.4938	0.1853	0.8688
1200	1550	2233.0187	30.7611	2228.3469	30.4849	0.2092	0.8979
1200	1600	2157.2152	30.7611	2152.1548	30.4758	0.2346	0.9274

Tabel C4 (lanjutan)

P	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
1200	1650	2081.4117	30.7611	2075.9683	30.4666	0.2615	0.9575
1200	1700	2005.6081	30.7611	1999.7874	30.4572	0.2902	0.9881
1200	1750	1929.8046	30.7611	1923.6122	30.4476	0.3209	1.0192
1200	1800	1854.0011	30.7612	1847.4426	30.4379	0.3537	1.0509
1200	1850	1778.1976	30.7612	1771.2786	30.4280	0.3891	1.0831
1200	1900	1702.3941	30.7612	1695.1202	30.4179	0.4273	1.1158
1200	1950	1626.5906	30.7612	1618.9674	30.4077	0.4687	1.1491
1200	2000	1550.7870	30.7612	1542.8202	30.3973	0.5137	1.1829
1200	2050	1474.9835	30.7612	1466.6785	30.3868	0.5631	1.2173
1200	2100	1399.1800	30.7612	1390.5425	30.3760	0.6173	1.2523
1200	2150	1323.3765	30.7613	1314.4120	30.3651	0.6774	1.2879
1200	2200	1247.5730	30.7613	1238.2870	30.3540	0.7443	1.3241
1200	2250	1171.7695	30.7613	1162.1676	30.3427	0.8194	1.3609
AVERAGE TOTAL						0.7443	0.6933

Pada Tabel C5 temperatur injeksi surfaktan divariasikan, dengan tekanan, laju aliran massa dan konsentrasi injeksi tetap. Nilai variasi ditentukan antara 31 hingga 40 °C.

Tabel C5 Validasi model injeksi surfaktan terhadap variasi temperatur injeksi

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
31	0	4463.2130	30.7600	4463.2636	30.7019	0.0011	0.1890
31	50	4386.1300	30.7692	4386.9040	30.6965	0.0176	0.2362
31	100	4310.0470	30.7665	4310.5502	30.6911	0.0117	0.2449
31	150	4234.2973	30.7640	4234.2022	30.6856	0.0022	0.2549
31	200	4158.3254	30.7633	4157.8600	30.6800	0.0112	0.2710

Tabel C5 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
31	250	4081.4091	30.7621	4081.5236	30.6742	0.0028	0.2856
31	300	4005.1224	30.7617	4005.1930	30.6684	0.0018	0.3033
31	350	3928.6783	30.7615	3928.8682	30.6625	0.0048	0.3218
31	400	3852.2342	30.7613	3852.5491	30.6565	0.0082	0.3407
31	450	3775.7901	30.7611	3776.2359	30.6504	0.0118	0.3600
31	500	3699.3460	30.7610	3699.9284	30.6441	0.0157	0.3800
31	550	3622.9019	30.7622	3623.6267	30.6378	0.0200	0.4044
31	600	3546.4577	30.7609	3547.3307	30.6313	0.0246	0.4213
31	650	3470.0136	30.7615	3471.0406	30.6248	0.0296	0.4444
31	700	3393.5695	30.7610	3394.7561	30.6181	0.0350	0.4646
31	750	3317.1254	30.7611	3318.4774	30.6113	0.0408	0.4871
31	800	3241.6813	30.7611	3242.2045	30.6044	0.0161	0.5094
31	850	3165.2372	30.7611	3165.9373	30.5974	0.0221	0.5323
31	900	3089.2931	30.7611	3089.6758	30.5902	0.0124	0.5555
31	950	3013.2490	30.7611	3013.4201	30.5829	0.0057	0.5792
31	1000	2937.2049	30.7610	2937.1701	30.5755	0.0012	0.6029
31	1050	2860.1607	30.7611	2860.9258	30.5680	0.0267	0.6277
31	1100	2784.1166	30.7638	2784.6872	30.5604	0.0205	0.6614
31	1150	2708.0725	30.7602	2708.4543	30.5526	0.0141	0.6750
31	1200	2631.5284	30.7615	2632.2271	30.5447	0.0265	0.7050
31	1250	2555.1843	30.7611	2556.0056	30.5366	0.0321	0.7297
31	1300	2478.8402	30.7612	2479.7897	30.5284	0.0383	0.7569
31	1350	2402.4961	30.7612	2403.5796	30.5201	0.0451	0.7838
31	1400	2326.1520	30.7611	2327.3751	30.5116	0.0526	0.8111
31	1450	2249.8079	30.7610	2251.1763	30.5030	0.0608	0.8389
31	1500	2173.4637	30.7611	2174.9832	30.4942	0.0699	0.8677

Tabel C5 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
31	1550	2097.1196	30.7611	2098.7957	30.4853	0.0799	0.8965
31	1600	2020.7755	30.7611	2022.6138	30.4762	0.0910	0.9261
31	1650	1944.4314	30.7611	1946.4376	30.4670	0.1032	0.9561
31	1700	1868.0873	30.7611	1870.2670	30.4576	0.1167	0.9867
31	1750	1791.7432	30.7611	1794.1021	30.4481	0.1317	1.0177
31	1800	1715.3991	30.7612	1717.9427	30.4384	0.1483	1.0493
31	1850	1639.0550	30.7612	1641.7890	30.4285	0.1668	1.0814
31	1900	1562.7109	30.7612	1565.6408	30.4185	0.1875	1.1141
31	1950	1486.3667	30.7612	1489.4983	30.4083	0.2107	1.1473
31	2000	1410.0226	30.7612	1413.3614	30.3979	0.2368	1.1811
31	2050	1333.6785	30.7612	1337.2300	30.3873	0.2663	1.2154
31	2100	1257.3344	30.7612	1261.1042	30.3766	0.2998	1.2504
31	2150	1180.9903	30.7613	1184.9839	30.3657	0.3382	1.2859
31	2200	1104.6462	30.7613	1108.8692	30.3546	0.3823	1.3220
31	2250	1028.3021	30.7613	1032.7601	30.3433	0.4335	1.3587
32	0	4463.7762	30.7600	4463.0640	30.7019	0.0160	0.1887
32	50	4386.1300	30.7692	4386.7044	30.6966	0.0131	0.2360
32	100	4310.1100	30.7665	4310.3506	30.6912	0.0056	0.2447
32	150	4234.2200	30.7640	4234.0026	30.6857	0.0051	0.2547
32	200	4157.3869	30.7633	4157.6604	30.6800	0.0066	0.2707
32	250	4080.9180	30.7621	4081.3241	30.6743	0.0099	0.2854
32	300	4004.4492	30.7617	4004.9935	30.6685	0.0136	0.3030
32	350	3928.9803	30.7615	3928.6687	30.6626	0.0079	0.3216
32	400	3852.5115	30.7613	3852.3497	30.6566	0.0042	0.3405
32	450	3776.0426	30.7611	3776.0364	30.6504	0.0002	0.3598
32	500	3700.0737	30.7610	3699.7290	30.6442	0.0093	0.3798

Tabel C5 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
32	550	3623.9049	30.7622	3623.4273	30.6379	0.0132	0.4042
32	600	3547.7360	30.7609	3547.1313	30.6314	0.0170	0.4210
32	650	3471.5672	30.7615	3470.8412	30.6249	0.0209	0.4441
32	700	3395.3983	30.7610	3394.5568	30.6182	0.0248	0.4644
32	750	3319.2294	30.7611	3318.2781	30.6114	0.0287	0.4868
32	800	3243.0606	30.7611	3242.0052	30.6045	0.0325	0.5091
32	850	3166.8917	30.7611	3165.7380	30.5975	0.0364	0.5320
32	900	3090.7229	30.7611	3089.4766	30.5903	0.0403	0.5552
32	950	3014.5540	30.7611	3013.2208	30.5830	0.0442	0.5789
32	1000	2938.3851	30.7610	2936.9708	30.5756	0.0481	0.6026
32	1050	2862.2163	30.7611	2860.7265	30.5681	0.0520	0.6274
32	1100	2786.0474	30.7638	2784.4880	30.5605	0.0560	0.6611
32	1150	2709.8786	30.7602	2708.2551	30.5527	0.0599	0.6747
32	1200	2633.7097	30.7615	2632.0279	30.5448	0.0639	0.7046
32	1250	2557.5408	30.7611	2555.8064	30.5367	0.0678	0.7294
32	1300	2481.3720	30.7612	2479.5906	30.5285	0.0718	0.7565
32	1350	2405.2031	30.7612	2403.3805	30.5202	0.0758	0.7835
32	1400	2329.0343	30.7611	2327.1760	30.5117	0.0798	0.8108
32	1450	2252.8654	30.7610	2250.9773	30.5031	0.0838	0.8386
32	1500	2176.6965	30.7611	2174.7841	30.4943	0.0879	0.8673
32	1550	2100.5277	30.7611	2098.5967	30.4854	0.0919	0.8961
32	1600	2024.3588	30.7611	2022.4148	30.4763	0.0960	0.9258
32	1650	1948.1900	30.7611	1946.2386	30.4671	0.1002	0.9558
32	1700	1872.0211	30.7611	1870.0681	30.4577	0.1043	0.9863
32	1750	1795.8522	30.7611	1793.9031	30.4482	0.1085	1.0174
32	1800	1719.6834	30.7612	1717.7438	30.4385	0.1128	1.0489

Tabel C5 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
32	1850	1643.5145	30.7612	1641.5901	30.4286	0.1171	1.0810
32	1900	1567.3457	30.7612	1565.4420	30.4186	0.1215	1.1137
32	1950	1491.1768	30.7612	1489.2995	30.4084	0.1259	1.1469
32	2000	1415.0079	30.7612	1413.1625	30.3980	0.1304	1.1807
32	2050	1338.8391	30.7612	1337.0312	30.3875	0.1350	1.2150
32	2100	1262.6702	30.7612	1260.9054	30.3767	0.1398	1.2499
32	2150	1186.5014	30.7613	1184.7852	30.3658	0.1446	1.2854
32	2200	1110.3325	30.7613	1108.6705	30.3547	0.1497	1.3215
32	2250	1034.1636	30.7613	1032.5614	30.3435	0.1549	1.3582
33	0	4462.2200	30.7600	4462.8644	30.7020	0.0144	0.1885
33	50	4386.1700	30.7692	4386.5048	30.6967	0.0076	0.2357
33	100	4310.1200	30.7665	4310.1511	30.6912	0.0007	0.2445
33	150	4234.0700	30.7640	4233.8031	30.6857	0.0063	0.2545
33	200	4158.0200	30.7633	4157.4610	30.6801	0.0134	0.2705
33	250	4081.9700	30.7621	4081.1246	30.6744	0.0207	0.2852
33	300	4005.9200	30.7617	4004.7940	30.6686	0.0281	0.3028
33	350	3929.8700	30.7615	3928.4692	30.6627	0.0356	0.3213
33	400	3852.8200	30.7613	3852.1502	30.6566	0.0174	0.3402
33	450	3776.7700	30.7611	3775.8370	30.6505	0.0247	0.3595
33	500	3700.7200	30.7610	3699.5296	30.6443	0.0322	0.3795
33	550	3624.6700	30.7622	3623.2279	30.6379	0.0398	0.4039
33	600	3547.6200	30.7609	3546.9320	30.6315	0.0194	0.4207
33	650	3471.7700	30.7615	3470.6419	30.6249	0.0325	0.4438
33	700	3395.5200	30.7610	3394.3575	30.6183	0.0342	0.4641
33	750	3319.2700	30.7611	3318.0788	30.6115	0.0359	0.4865
33	800	3243.0200	30.7611	3241.8059	30.6046	0.0374	0.5088

Tabel C5 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
33	850	3166.7700	30.7611	3165.5388	30.5975	0.0389	0.5317
33	900	3090.5200	30.7611	3089.2773	30.5904	0.0402	0.5549
33	950	3014.2700	30.7611	3013.0216	30.5831	0.0414	0.5786
33	1000	2938.0200	30.7610	2936.7717	30.5757	0.0425	0.6023
33	1050	2861.7700	30.7611	2860.5274	30.5682	0.0434	0.6271
33	1100	2785.5200	30.7638	2784.2888	30.5606	0.0442	0.6608
33	1150	2709.2700	30.7602	2708.0560	30.5528	0.0448	0.6744
33	1200	2633.0200	30.7615	2631.8288	30.5449	0.0452	0.7043
33	1250	2556.7700	30.7611	2555.6074	30.5368	0.0455	0.7291
33	1300	2480.5200	30.7612	2479.3916	30.5286	0.0455	0.7562
33	1350	2404.2700	30.7612	2403.1815	30.5203	0.0453	0.7832
33	1400	2328.0200	30.7611	2326.9770	30.5118	0.0448	0.8105
33	1450	2251.7700	30.7610	2250.7783	30.5032	0.0440	0.8382
33	1500	2175.5200	30.7611	2174.5852	30.4944	0.0430	0.8669
33	1550	2099.2700	30.7611	2098.3977	30.4855	0.0416	0.8958
33	1600	2023.0200	30.7611	2022.2159	30.4764	0.0397	0.9254
33	1650	1946.7700	30.7611	1946.0397	30.4672	0.0375	0.9554
33	1700	1870.5200	30.7611	1869.8692	30.4578	0.0348	0.9859
33	1750	1794.2700	30.7611	1793.7043	30.4483	0.0315	1.0170
33	1800	1718.0200	30.7612	1717.5450	30.4386	0.0277	1.0485
33	1850	1641.7700	30.7612	1641.3913	30.4287	0.0231	1.0806
33	1900	1565.5200	30.7612	1565.2432	30.4187	0.0177	1.1133
33	1950	1489.2700	30.7612	1489.1007	30.4085	0.0114	1.1465
33	2000	1413.0200	30.7612	1412.9638	30.3981	0.0040	1.1803
33	2050	1336.7700	30.7612	1336.8324	30.3876	0.0047	1.2146
33	2100	1260.5200	30.7612	1260.7067	30.3769	0.0148	1.2495

Tabel C5 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
33	2150	1184.2700	30.7613	1184.5865	30.3660	0.0267	1.2850
33	2200	1108.0200	30.7613	1108.4718	30.3549	0.0408	1.3211
33	2250	1031.7700	30.7613	1032.3627	30.3436	0.0574	1.3578
34	0	4462.7821	30.7600	4462.6649	30.7021	0.0026	0.1883
34	50	4386.2100	30.7692	4386.3054	30.6967	0.0022	0.2355
34	100	4309.6379	30.7665	4309.9516	30.6913	0.0073	0.2443
34	150	4233.0658	30.7640	4233.6037	30.6858	0.0127	0.2543
34	200	4156.4937	30.7633	4157.2615	30.6802	0.0185	0.2703
34	250	4079.9216	30.7621	4080.9252	30.6745	0.0246	0.2849
34	300	4004.3495	30.7617	4004.5946	30.6686	0.0061	0.3026
34	350	3927.7774	30.7615	3928.2699	30.6627	0.0125	0.3211
34	400	3851.2053	30.7613	3851.9509	30.6567	0.0194	0.3400
34	450	3775.1332	30.7611	3775.6377	30.6506	0.0134	0.3593
34	500	3698.8611	30.7610	3699.3303	30.6444	0.0127	0.3793
34	550	3622.5890	30.7622	3623.0286	30.6380	0.0121	0.4037
34	600	3546.3169	30.7609	3546.7327	30.6316	0.0117	0.4205
34	650	3470.0448	30.7615	3470.4426	30.6250	0.0115	0.4436
34	700	3393.7727	30.7610	3394.1582	30.6183	0.0114	0.4638
34	750	3317.5006	30.7611	3317.8796	30.6116	0.0114	0.4862
34	800	3241.2285	30.7611	3241.6067	30.6047	0.0117	0.5086
34	850	3164.9564	30.7611	3165.3396	30.5976	0.0121	0.5315
34	900	3088.6843	30.7611	3089.0782	30.5905	0.0128	0.5546
34	950	3012.4122	30.7611	3012.8225	30.5832	0.0136	0.5783
34	1000	2936.1401	30.7610	2936.5725	30.5758	0.0147	0.6020
34	1050	2859.8680	30.7611	2860.3283	30.5683	0.0161	0.6268
34	1100	2783.5959	30.7638	2784.0898	30.5606	0.0177	0.6605

Tabel C5 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
34	1150	2707.3238	30.7602	2707.8569	30.5529	0.0197	0.6741
34	1200	2631.0517	30.7615	2631.6298	30.5450	0.0220	0.7040
34	1250	2554.7796	30.7611	2555.4083	30.5369	0.0246	0.7287
34	1300	2478.5075	30.7612	2479.1926	30.5287	0.0276	0.7559
34	1350	2402.2354	30.7612	2402.9825	30.5204	0.0311	0.7828
34	1400	2325.9633	30.7611	2326.7781	30.5119	0.0350	0.8101
34	1450	2249.6912	30.7610	2250.5793	30.5033	0.0395	0.8379
34	1500	2173.4191	30.7611	2174.3862	30.4945	0.0445	0.8666
34	1550	2097.1470	30.7611	2098.1988	30.4856	0.0502	0.8954
34	1600	2020.8749	30.7611	2022.0170	30.4766	0.0565	0.9250
34	1650	1944.6028	30.7611	1945.8409	30.4673	0.0637	0.9550
34	1700	1868.3307	30.7611	1869.6703	30.4580	0.0717	0.9855
34	1750	1792.0586	30.7611	1793.5054	30.4484	0.0807	1.0166
34	1800	1715.7865	30.7612	1717.3462	30.4387	0.0909	1.0481
34	1850	1639.5144	30.7612	1641.1925	30.4289	0.1024	1.0802
34	1900	1563.2423	30.7612	1565.0444	30.4188	0.1153	1.1129
34	1950	1486.9702	30.7612	1488.9019	30.4086	0.1299	1.1461
34	2000	1410.6981	30.7612	1412.7651	30.3983	0.1465	1.1798
34	2050	1334.4260	30.7612	1336.6337	30.3877	0.1654	1.2141
34	2100	1258.1539	30.7612	1260.5080	30.3770	0.1871	1.2490
34	2150	1181.8818	30.7613	1184.3878	30.3661	0.2120	1.2845
34	2200	1105.6097	30.7613	1108.2732	30.3550	0.2409	1.3206
34	2250	1029.3376	30.7613	1032.1641	30.3438	0.2746	1.3573
35	0	4462.2010	30.7600	4462.4655	30.7021	0.0059	0.1881
35	50	4386.2100	30.7692	4386.1060	30.6968	0.0024	0.2353
35	100	4309.5190	30.7665	4309.7522	30.6914	0.0054	0.2441

Tabel C5 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
35	150	4233.2947	30.7640	4233.4043	30.6859	0.0026	0.2541
35	200	4156.9537	30.7633	4157.0622	30.6802	0.0026	0.2701
35	250	4080.6904	30.7621	4080.7259	30.6745	0.0009	0.2847
35	300	4004.4078	30.7617	4004.3953	30.6687	0.0003	0.3023
35	350	3928.1251	30.7615	3928.0706	30.6628	0.0014	0.3209
35	400	3851.8424	30.7613	3851.7516	30.6568	0.0024	0.3398
35	450	3775.5598	30.7611	3775.4384	30.6507	0.0032	0.3590
35	500	3699.2771	30.7610	3699.1310	30.6444	0.0039	0.3790
35	550	3622.9944	30.7622	3622.8294	30.6381	0.0046	0.4034
35	600	3546.7118	30.7609	3546.5335	30.6317	0.0050	0.4202
35	650	3470.4291	30.7615	3470.2434	30.6251	0.0054	0.4433
35	700	3394.1464	30.7610	3393.9591	30.6184	0.0055	0.4636
35	750	3317.8638	30.7611	3317.6805	30.6116	0.0055	0.4860
35	800	3241.5811	30.7611	3241.4076	30.6047	0.0054	0.5083
35	850	3165.2984	30.7611	3165.1405	30.5977	0.0050	0.5312
35	900	3089.0158	30.7611	3088.8791	30.5906	0.0044	0.5543
35	950	3012.7331	30.7611	3012.6234	30.5833	0.0036	0.5780
35	1000	2936.4504	30.7610	2936.3735	30.5759	0.0026	0.6017
35	1050	2860.1678	30.7611	2860.1293	30.5684	0.0013	0.6265
35	1100	2783.8851	30.7638	2783.8907	30.5607	0.0002	0.6602
35	1150	2707.6024	30.7602	2707.6579	30.5530	0.0020	0.6738
35	1200	2631.3198	30.7615	2631.4308	30.5450	0.0042	0.7037
35	1250	2555.0371	30.7611	2555.2094	30.5370	0.0067	0.7284
35	1300	2478.7544	30.7612	2478.9936	30.5288	0.0097	0.7555
35	1350	2402.4718	30.7612	2402.7836	30.5205	0.0130	0.7825
35	1400	2326.1891	30.7611	2326.5792	30.5120	0.0168	0.8098

Tabel C5 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
35	1450	2249.9064	30.7610	2250.3805	30.5034	0.0211	0.8375
35	1500	2173.6238	30.7611	2174.1874	30.4946	0.0259	0.8662
35	1550	2097.3411	30.7611	2098.0000	30.4857	0.0314	0.8951
35	1600	2021.0584	30.7611	2021.8182	30.4767	0.0376	0.9246
35	1650	1944.7758	30.7611	1945.6421	30.4675	0.0445	0.9546
35	1700	1868.4931	30.7611	1869.4716	30.4581	0.0524	0.9852
35	1750	1792.2104	30.7611	1793.3067	30.4485	0.0612	1.0162
35	1800	1715.9278	30.7612	1717.1474	30.4389	0.0711	1.0478
35	1850	1639.6451	30.7612	1640.9938	30.4290	0.0823	1.0798
35	1900	1563.3624	30.7612	1564.8457	30.4190	0.0949	1.1125
35	1950	1487.0798	30.7612	1488.7033	30.4088	0.1092	1.1457
35	2000	1410.7971	30.7612	1412.5664	30.3984	0.1254	1.1794
35	2050	1334.5144	30.7612	1336.4351	30.3879	0.1439	1.2137
35	2100	1258.2318	30.7612	1260.3094	30.3771	0.1651	1.2486
35	2150	1181.9491	30.7613	1184.1892	30.3663	0.1895	1.2841
35	2200	1105.6664	30.7613	1108.0746	30.3552	0.2178	1.3202
35	2250	1029.3838	30.7613	1031.9656	30.3439	0.2508	1.3568
36	0	4462.7810	30.7600	4462.2661	30.7022	0.0115	0.1879
36	50	4385.3300	30.7692	4385.9066	30.6969	0.0131	0.2351
36	100	4309.3210	30.7665	4309.5529	30.6914	0.0054	0.2438
36	150	4233.3507	30.7640	4233.2050	30.6859	0.0034	0.2538
36	200	4155.6207	30.7633	4156.8629	30.6803	0.0299	0.2698
36	250	4080.8907	30.7621	4080.5266	30.6746	0.0089	0.2845
36	300	4004.0405	30.7617	4004.1961	30.6688	0.0039	0.3021
36	350	3927.7384	30.7615	3927.8713	30.6629	0.0034	0.3206
36	400	3851.4363	30.7613	3851.5524	30.6569	0.0030	0.3395

Tabel C5 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
36	450	3775.1342	30.7611	3775.2393	30.6507	0.0028	0.3588
36	500	3698.8321	30.7610	3698.9319	30.6445	0.0027	0.3788
36	550	3622.5300	30.7622	3622.6303	30.6382	0.0028	0.4032
36	600	3546.2279	30.7609	3546.3344	30.6317	0.0030	0.4200
36	650	3469.9258	30.7615	3470.0443	30.6252	0.0034	0.4430
36	700	3393.6237	30.7610	3393.7600	30.6185	0.0040	0.4633
36	750	3317.3216	30.7611	3317.4814	30.6117	0.0048	0.4857
36	800	3241.0195	30.7611	3241.2086	30.6048	0.0058	0.5080
36	850	3164.7174	30.7611	3164.9415	30.5978	0.0071	0.5309
36	900	3088.4153	30.7611	3088.6801	30.5907	0.0086	0.5541
36	950	3012.1132	30.7611	3012.4244	30.5834	0.0103	0.5777
36	1000	2935.8111	30.7610	2936.1745	30.5760	0.0124	0.6014
36	1050	2859.5090	30.7611	2859.9303	30.5685	0.0147	0.6262
36	1100	2783.2069	30.7638	2783.6918	30.5608	0.0174	0.6599
36	1150	2706.9048	30.7602	2707.4590	30.5531	0.0205	0.6734
36	1200	2630.6027	30.7615	2631.2319	30.5451	0.0239	0.7034
36	1250	2554.3006	30.7611	2555.0105	30.5371	0.0278	0.7281
36	1300	2477.9985	30.7612	2478.7948	30.5289	0.0321	0.7552
36	1350	2401.6964	30.7612	2402.5847	30.5206	0.0370	0.7822
36	1400	2325.3943	30.7611	2326.3804	30.5121	0.0424	0.8094
36	1450	2249.0922	30.7610	2250.1817	30.5035	0.0484	0.8372
36	1500	2172.7901	30.7611	2173.9886	30.4947	0.0552	0.8659
36	1550	2096.4880	30.7611	2097.8012	30.4858	0.0626	0.8947
36	1600	2020.1859	30.7611	2021.6195	30.4768	0.0710	0.9243
36	1650	1943.8838	30.7611	1945.4434	30.4676	0.0802	0.9543
36	1700	1867.5817	30.7611	1869.2729	30.4582	0.0906	0.9848

Tabel C5 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
36	1750	1791.2796	30.7611	1793.1080	30.4487	0.1021	1.0158
36	1800	1714.9775	30.7612	1716.9488	30.4390	0.1149	1.0474
36	1850	1638.6754	30.7612	1640.7951	30.4291	0.1294	1.0794
36	1900	1562.3733	30.7612	1564.6471	30.4191	0.1455	1.1121
36	1950	1486.0712	30.7612	1488.5047	30.4089	0.1638	1.1452
36	2000	1409.7691	30.7612	1412.3678	30.3985	0.1843	1.1790
36	2050	1333.4670	30.7612	1336.2366	30.3880	0.2077	1.2133
36	2100	1257.1649	30.7612	1260.1109	30.3773	0.2343	1.2482
36	2150	1180.8628	30.7613	1183.9907	30.3664	0.2649	1.2836
36	2200	1104.5607	30.7613	1107.8762	30.3553	0.3002	1.3197
36	2250	1028.2586	30.7613	1031.7671	30.3440	0.3412	1.3564
37	0	4462.2130	30.7600	4462.0668	30.7023	0.0033	0.1877
37	50	4385.1170	30.7692	4385.7073	30.6969	0.0135	0.2349
37	100	4309.0210	30.7665	4309.3536	30.6915	0.0077	0.2436
37	150	4233.9250	30.7640	4233.0057	30.6860	0.0217	0.2536
37	200	4157.3290	30.7633	4156.6637	30.6804	0.0160	0.2696
37	250	4081.2330	30.7621	4080.3274	30.6747	0.0222	0.2842
37	300	4005.1370	30.7617	4003.9969	30.6689	0.0285	0.3019
37	350	3929.0410	30.7615	3927.6722	30.6629	0.0348	0.3204
37	400	3852.9450	30.7613	3851.3533	30.6569	0.0413	0.3393
37	450	3775.8490	30.7611	3775.0401	30.6508	0.0214	0.3585
37	500	3699.7530	30.7610	3698.7328	30.6446	0.0276	0.3785
37	550	3623.3570	30.7622	3622.4312	30.6383	0.0256	0.4029
37	600	3546.9610	30.7609	3546.1353	30.6318	0.0233	0.4197
37	650	3470.5650	30.7615	3469.8453	30.6253	0.0207	0.4428
37	700	3394.1690	30.7610	3393.5609	30.6186	0.0179	0.4630

Tabel C5 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
37	750	3317.7730	30.7611	3317.2824	30.6118	0.0148	0.4854
37	800	3241.3770	30.7611	3241.0096	30.6049	0.0113	0.5077
37	850	3164.9810	30.7611	3164.7425	30.5979	0.0075	0.5306
37	900	3088.5850	30.7611	3088.4811	30.5907	0.0034	0.5538
37	950	3012.1890	30.7611	3012.2255	30.5835	0.0012	0.5774
37	1000	2935.7930	30.7610	2935.9756	30.5761	0.0062	0.6011
37	1050	2859.3970	30.7611	2859.7314	30.5686	0.0117	0.6259
37	1100	2783.0010	30.7638	2783.4929	30.5609	0.0177	0.6596
37	1150	2706.6050	30.7602	2707.2601	30.5532	0.0242	0.6731
37	1200	2630.2090	30.7615	2631.0331	30.5452	0.0313	0.7031
37	1250	2553.8130	30.7611	2554.8117	30.5372	0.0391	0.7278
37	1300	2477.4170	30.7612	2478.5960	30.5290	0.0476	0.7549
37	1350	2401.0210	30.7612	2402.3860	30.5207	0.0568	0.7818
37	1400	2324.6250	30.7611	2326.1816	30.5122	0.0670	0.8091
37	1450	2248.2290	30.7610	2249.9829	30.5036	0.0780	0.8368
37	1500	2171.8330	30.7611	2173.7899	30.4949	0.0901	0.8655
37	1550	2095.4370	30.7611	2097.6025	30.4860	0.1033	0.8943
37	1600	2019.0410	30.7611	2021.4208	30.4769	0.1179	0.9239
37	1650	1942.6450	30.7611	1945.2447	30.4677	0.1338	0.9539
37	1700	1866.2490	30.7611	1869.0742	30.4583	0.1514	0.9844
37	1750	1791.8530	30.7611	1792.9094	30.4488	0.0590	1.0154
37	1800	1715.4570	30.7612	1716.7502	30.4391	0.0754	1.0470
37	1850	1638.0610	30.7612	1640.5966	30.4292	0.1548	1.0790
37	1900	1564.6650	30.7612	1564.4486	30.4192	0.0138	1.1117
37	1950	1487.2690	30.7612	1488.3062	30.4090	0.0697	1.1448
37	2000	1410.8730	30.7612	1412.1693	30.3987	0.0919	1.1786

Tabel C5 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
37	2050	1334.4770	30.7612	1336.0381	30.3881	0.1170	1.2129
37	2100	1258.0810	30.7612	1259.9124	30.3774	0.1456	1.2477
37	2150	1180.6850	30.7613	1183.7923	30.3665	0.2632	1.2832
37	2200	1105.2890	30.7613	1107.6777	30.3554	0.2161	1.3192
37	2250	1031.8930	30.7613	1031.5687	30.3442	0.0314	1.3559
38	0	4461.7922	30.7600	4461.8676	30.7023	0.0017	0.1875
38	50	4385.1300	30.7692	4385.5081	30.6970	0.0086	0.2347
38	100	4309.4678	30.7665	4309.1544	30.6916	0.0073	0.2434
38	150	4233.1389	30.7640	4232.8066	30.6861	0.0079	0.2534
38	200	4156.9767	30.7633	4156.4645	30.6805	0.0123	0.2694
38	250	4080.8145	30.7621	4080.1282	30.6747	0.0168	0.2840
38	300	4004.6523	30.7617	4003.7978	30.6689	0.0213	0.3017
38	350	3928.4901	30.7615	3927.4731	30.6630	0.0259	0.3201
38	400	3852.3279	30.7613	3851.1542	30.6570	0.0305	0.3390
38	450	3776.1657	30.7611	3774.8410	30.6509	0.0351	0.3583
38	500	3698.0035	30.7610	3698.5337	30.6447	0.0143	0.3783
38	550	3622.8413	30.7622	3622.2321	30.6383	0.0168	0.4027
38	600	3546.5125	30.7609	3545.9363	30.6319	0.0162	0.4195
38	650	3470.1836	30.7615	3469.6463	30.6253	0.0155	0.4425
38	700	3393.8547	30.7610	3393.3620	30.6187	0.0145	0.4628
38	750	3317.5259	30.7611	3317.0834	30.6119	0.0133	0.4852
38	800	3241.1970	30.7611	3240.8106	30.6050	0.0119	0.5075
38	850	3164.8681	30.7611	3164.5436	30.5980	0.0103	0.5303
38	900	3088.5393	30.7611	3088.2822	30.5908	0.0083	0.5535
38	950	3012.2104	30.7611	3012.0266	30.5836	0.0061	0.5771
38	1000	2935.8815	30.7610	2935.7767	30.5762	0.0036	0.6008

Tabel C5 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
38	1050	2859.5527	30.7611	2859.5326	30.5687	0.0007	0.6256
38	1100	2783.2238	30.7638	2783.2941	30.5610	0.0025	0.6593
38	1150	2706.8949	30.7602	2707.0613	30.5533	0.0061	0.6728
38	1200	2630.5661	30.7615	2630.8343	30.5453	0.0102	0.7027
38	1250	2554.2372	30.7611	2554.6129	30.5373	0.0147	0.7274
38	1300	2477.9083	30.7612	2478.3972	30.5291	0.0197	0.7546
38	1350	2401.5795	30.7612	2402.1872	30.5208	0.0253	0.7815
38	1400	2325.2506	30.7611	2325.9829	30.5123	0.0315	0.8088
38	1450	2248.9217	30.7610	2249.7842	30.5037	0.0384	0.8365
38	1500	2172.5929	30.7611	2173.5912	30.4950	0.0460	0.8652
38	1550	2096.2640	30.7611	2097.4039	30.4861	0.0544	0.8940
38	1600	2019.9351	30.7611	2021.2222	30.4770	0.0637	0.9235
38	1650	1943.6063	30.7611	1945.0461	30.4678	0.0741	0.9535
38	1700	1867.2774	30.7611	1868.8757	30.4584	0.0856	0.9840
38	1750	1790.9485	30.7611	1792.7108	30.4489	0.0984	1.0150
38	1800	1714.6197	30.7612	1716.5516	30.4392	0.1127	1.0466
38	1850	1638.2908	30.7612	1640.3981	30.4294	0.1286	1.0786
38	1900	1561.9619	30.7612	1564.2501	30.4193	0.1465	1.1113
38	1950	1485.6331	30.7612	1488.1077	30.4092	0.1666	1.1444
38	2000	1409.3042	30.7612	1411.9709	30.3988	0.1892	1.1781
38	2050	1332.9753	30.7612	1335.8396	30.3883	0.2149	1.2124
38	2100	1256.6465	30.7612	1259.7140	30.3776	0.2441	1.2473
38	2150	1180.3176	30.7613	1183.5939	30.3667	0.2776	1.2827
38	2200	1103.9887	30.7613	1107.4794	30.3556	0.3162	1.3188
38	2250	1030.6599	30.7613	1031.3704	30.3443	0.0689	1.3554
39	0	4461.2118	30.7600	4461.6684	30.7024	0.0102	0.1873

Tabel C5 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
39	50	4385.7110	30.7692	4385.3090	30.6971	0.0092	0.2345
39	100	4308.2102	30.7665	4308.9553	30.6916	0.0173	0.2432
39	150	4232.0427	30.7640	4232.6074	30.6861	0.0133	0.2532
39	200	4155.5419	30.7633	4156.2654	30.6805	0.0174	0.2692
39	250	4079.0411	30.7621	4079.9291	30.6748	0.0218	0.2838
39	300	4003.5403	30.7617	4003.5987	30.6690	0.0015	0.3014
39	350	3927.0395	30.7615	3927.2740	30.6631	0.0060	0.3199
39	400	3851.0387	30.7613	3850.9551	30.6571	0.0022	0.3388
39	450	3774.9379	30.7611	3774.6420	30.6510	0.0078	0.3580
39	500	3698.8371	30.7610	3698.3347	30.6447	0.0136	0.3780
39	550	3622.7363	30.7622	3622.0332	30.6384	0.0194	0.4024
39	600	3546.6355	30.7609	3545.7374	30.6320	0.0253	0.4192
39	650	3470.5347	30.7615	3469.4473	30.6254	0.0313	0.4423
39	700	3393.2006	30.7610	3393.1631	30.6188	0.0011	0.4625
39	750	3316.5998	30.7611	3316.8845	30.6120	0.0086	0.4849
39	800	3241.0388	30.7611	3240.6117	30.6051	0.0132	0.5072
39	850	3164.7675	30.7611	3164.3447	30.5981	0.0134	0.5300
39	900	3088.4961	30.7611	3088.0834	30.5909	0.0134	0.5532
39	950	3012.2247	30.7611	3011.8278	30.5837	0.0132	0.5768
39	1000	2935.9534	30.7610	2935.5779	30.5763	0.0128	0.6005
39	1050	2859.6820	30.7611	2859.3338	30.5688	0.0122	0.6253
39	1100	2783.4107	30.7638	2783.0953	30.5611	0.0113	0.6589
39	1150	2707.1393	30.7602	2706.8626	30.5533	0.0102	0.6725
39	1200	2630.8680	30.7615	2630.6356	30.5454	0.0088	0.7024
39	1250	2554.5966	30.7611	2554.4142	30.5374	0.0071	0.7271
39	1300	2478.3253	30.7612	2478.1986	30.5292	0.0051	0.7542

Tabel C5 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
39	1350	2402.0539	30.7612	2401.9886	30.5209	0.0027	0.7812
39	1400	2325.7825	30.7611	2325.7843	30.5124	0.0001	0.8084
39	1450	2249.5112	30.7610	2249.5856	30.5038	0.0033	0.8362
39	1500	2173.2398	30.7611	2173.3926	30.4951	0.0070	0.8648
39	1550	2096.9685	30.7611	2097.2053	30.4862	0.0113	0.8936
39	1600	2020.6971	30.7611	2021.0236	30.4771	0.0162	0.9232
39	1650	1944.4258	30.7611	1944.8476	30.4679	0.0217	0.9532
39	1700	1868.1544	30.7611	1868.6771	30.4585	0.0280	0.9836
39	1750	1791.8831	30.7611	1792.5124	30.4490	0.0351	1.0146
39	1800	1715.6117	30.7612	1716.3532	30.4393	0.0432	1.0462
39	1850	1639.3403	30.7612	1640.1996	30.4295	0.0524	1.0782
39	1900	1563.0690	30.7612	1564.0516	30.4195	0.0629	1.1108
39	1950	1486.7976	30.7612	1487.9093	30.4093	0.0748	1.1440
39	2000	1410.5263	30.7612	1411.7725	30.3989	0.0884	1.1777
39	2050	1334.2549	30.7612	1335.6413	30.3884	0.1039	1.2120
39	2100	1257.9836	30.7612	1259.5156	30.3777	0.1218	1.2469
39	2150	1181.7122	30.7613	1183.3956	30.3668	0.1425	1.2823
39	2200	1105.4409	30.7613	1107.2811	30.3557	0.1665	1.3183
39	2250	1029.1695	30.7613	1031.1721	30.3445	0.1946	1.3550
40	0	4461.7812	30.7600	4461.4693	30.7025	0.0070	0.1871
40	50	4385.1100	30.7692	4385.1099	30.6971	0.0000	0.2343
40	100	4308.4388	30.7665	4308.7562	30.6917	0.0074	0.2430
40	150	4231.7676	30.7640	4232.4084	30.6862	0.0151	0.2530
40	200	4157.0964	30.7633	4156.0664	30.6806	0.0248	0.2690
40	250	4079.4252	30.7621	4079.7301	30.6749	0.0075	0.2836
40	300	4003.6207	30.7617	4003.3997	30.6691	0.0055	0.3012

Tabel C5 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
40	350	3927.4495	30.7615	3927.0750	30.6632	0.0095	0.3197
40	400	3851.2383	30.7613	3850.7562	30.6572	0.0125	0.3386
40	450	3775.0271	30.7611	3774.4431	30.6510	0.0155	0.3578
40	500	3698.8159	30.7610	3698.1358	30.6448	0.0184	0.3778
40	550	3621.6047	30.7622	3621.8343	30.6385	0.0063	0.4021
40	600	3545.3935	30.7609	3545.5385	30.6321	0.0041	0.4189
40	650	3470.1823	30.7615	3469.2485	30.6255	0.0269	0.4420
40	700	3393.9711	30.7610	3392.9642	30.6188	0.0297	0.4622
40	750	3316.7599	30.7611	3316.6857	30.6121	0.0022	0.4846
40	800	3241.5487	30.7611	3240.4129	30.6052	0.0350	0.5069
40	850	3165.3375	30.7611	3164.1459	30.5981	0.0376	0.5298
40	900	3089.1263	30.7611	3087.8846	30.5910	0.0402	0.5529
40	950	3012.9151	30.7611	3011.6290	30.5838	0.0427	0.5765
40	1000	2936.7039	30.7610	2935.3792	30.5764	0.0451	0.6002
40	1050	2860.4927	30.7611	2859.1351	30.5689	0.0475	0.6250
40	1100	2784.2815	30.7638	2782.8967	30.5612	0.0497	0.6586
40	1150	2708.0703	30.7602	2706.6639	30.5534	0.0519	0.6722
40	1200	2631.8591	30.7615	2630.4369	30.5455	0.0540	0.7021
40	1250	2555.6479	30.7611	2554.2156	30.5375	0.0560	0.7268
40	1300	2479.4367	30.7612	2477.9999	30.5293	0.0579	0.7539
40	1350	2403.2255	30.7612	2401.7900	30.5210	0.0597	0.7808
40	1400	2327.0143	30.7611	2325.5857	30.5125	0.0614	0.8081
40	1450	2250.8031	30.7610	2249.3871	30.5039	0.0629	0.8358
40	1500	2174.5919	30.7611	2173.1941	30.4952	0.0643	0.8645
40	1550	2098.3807	30.7611	2097.0068	30.4863	0.0655	0.8933
40	1600	2022.1695	30.7611	2020.8251	30.4772	0.0665	0.9228

Tabel C5 (lanjutan)

T	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
40	1650	1945.9583	30.7611	1944.6491	30.4680	0.0673	0.9528
40	1700	1869.7471	30.7611	1868.4787	30.4587	0.0678	0.9833
40	1750	1793.5359	30.7611	1792.3139	30.4491	0.0681	1.0143
40	1800	1717.3247	30.7612	1716.1548	30.4395	0.0681	1.0458
40	1850	1641.1135	30.7612	1640.0012	30.4296	0.0678	1.0778
40	1900	1564.9023	30.7612	1563.8533	30.4196	0.0670	1.1104
40	1950	1488.6911	30.7612	1487.7109	30.4094	0.0658	1.1436
40	2000	1412.4799	30.7612	1411.5742	30.3991	0.0641	1.1773
40	2050	1336.2687	30.7612	1335.4430	30.3885	0.0618	1.2116
40	2100	1260.0575	30.7612	1259.3174	30.3778	0.0587	1.2464
40	2150	1183.8463	30.7613	1183.1973	30.3669	0.0548	1.2819
40	2200	1107.6351	30.7613	1107.0828	30.3559	0.0499	1.3179
40	2250	1031.4239	30.7613	1030.9739	30.3446	0.0436	1.3545
AVERAGE TOTAL						0.0528	0.7037

Pada Tabel C6 laju aliran massa injeksi surfaktan divariasikan, dengan tekanan, laju aliran massa dan konsentrasi injeksi tetap. Nilai variasi ditentukan antara 0.2 hingga 0.5 kg/s.

Tabel C6 Validasi model injeksi surfaktan terhadap variasi laju aliran massa injeksi

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.2	0	4470.1721	30.7600	4470.6960	30.6979	0.0117	0.2020
0.2	50	4394.3172	30.7692	4394.4626	30.6920	0.0033	0.2510
0.2	100	4318.4623	30.7665	4318.2350	30.6860	0.0053	0.2615
0.2	150	4242.6074	30.7640	4242.0132	30.6799	0.0140	0.2734
0.2	200	4166.7525	30.7633	4165.7971	30.6737	0.0229	0.2914

Tabel C6 (lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.2	250	4090.8976	30.7621	4089.5869	30.6673	0.0320	0.3080
0.2	300	4013.0427	30.7617	4013.3824	30.6609	0.0085	0.3278
0.2	350	3937.1878	30.7615	3937.1837	30.6543	0.0001	0.3485
0.2	400	3861.3329	30.7613	3860.9908	30.6476	0.0089	0.3696
0.2	450	3784.4780	30.7611	3784.8036	30.6408	0.0086	0.3912
0.2	500	3708.6231	30.7610	3708.6222	30.6338	0.0000	0.4136
0.2	550	3632.4682	30.7622	3632.4466	30.6267	0.0006	0.4405
0.2	600	3556.3133	30.7609	3556.2766	30.6195	0.0010	0.4598
0.2	650	3480.1584	30.7615	3480.1125	30.6121	0.0013	0.4856
0.2	700	3404.0035	30.7610	3403.9540	30.6046	0.0015	0.5085
0.2	750	3327.8486	30.7611	3327.8013	30.5969	0.0014	0.5338
0.2	800	3251.6937	30.7611	3251.6543	30.5891	0.0012	0.5590
0.2	850	3175.5388	30.7611	3175.5130	30.5812	0.0008	0.5849
0.2	900	3099.3839	30.7611	3099.3774	30.5731	0.0002	0.6112
0.2	950	3023.2290	30.7611	3023.2476	30.5648	0.0006	0.6381
0.2	1000	2947.0741	30.7610	2947.1234	30.5564	0.0017	0.6651
0.2	1050	2870.9192	30.7611	2871.0049	30.5478	0.0030	0.6933
0.2	1100	2794.7643	30.7638	2794.8920	30.5391	0.0046	0.7305
0.2	1150	2718.6094	30.7602	2718.7849	30.5302	0.0065	0.7477
0.2	1200	2642.4545	30.7615	2642.6834	30.5212	0.0087	0.7814
0.2	1250	2566.2996	30.7611	2566.5875	30.5119	0.0112	0.8100
0.2	1300	2490.1447	30.7612	2490.4973	30.5025	0.0142	0.8411
0.2	1350	2413.9898	30.7612	2414.4128	30.4929	0.0175	0.8722
0.2	1400	2337.8349	30.7611	2338.3338	30.4831	0.0213	0.9037
0.2	1450	2261.6800	30.7610	2262.2605	30.4732	0.0257	0.9358
0.2	1500	2185.5251	30.7611	2186.1928	30.4630	0.0306	0.9690

Tabel C6 (lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.2	1550	2109.3702	30.7611	2110.1307	30.4527	0.0361	1.0025
0.2	1600	2033.2153	30.7611	2034.0742	30.4422	0.0422	1.0368
0.2	1650	1957.0604	30.7611	1958.0233	30.4314	0.0492	1.0717
0.2	1700	1880.9055	30.7611	1881.9780	30.4205	0.0570	1.1073
0.2	1750	1804.7506	30.7611	1805.9382	30.4094	0.0658	1.1436
0.2	1800	1728.5957	30.7612	1729.9040	30.3980	0.0757	1.1805
0.2	1850	1652.4408	30.7612	1653.8753	30.3865	0.0868	1.2181
0.2	1900	1576.2859	30.7612	1577.8522	30.3747	0.0994	1.2564
0.2	1950	1500.1310	30.7612	1501.8346	30.3627	0.1136	1.2955
0.2	2000	1423.9761	30.7612	1425.8226	30.3505	0.1297	1.3353
0.2	2050	1347.8212	30.7612	1349.8160	30.3380	0.1480	1.3758
0.2	2100	1271.6663	30.7612	1273.8150	30.3253	0.1690	1.4171
0.2	2150	1195.5114	30.7613	1197.8194	30.3124	0.1931	1.4591
0.2	2200	1119.3565	30.7613	1121.8293	30.2992	0.2209	1.5020
0.2	2250	1043.2016	30.7613	1045.8447	30.2858	0.2534	1.5456
0.3	0	4463.2130	30.7600	4463.2636	30.7019	0.0011	0.1890
0.3	50	4386.1300	30.7692	4386.9040	30.6965	0.0176	0.2362
0.3	100	4310.0470	30.7665	4310.5502	30.6911	0.0117	0.2449
0.3	150	4233.2973	30.7640	4234.2022	30.6856	0.0214	0.2549
0.3	200	4157.2143	30.7633	4157.8600	30.6800	0.0155	0.2710
0.3	250	4081.1313	30.7621	4081.5236	30.6742	0.0096	0.2856
0.3	300	4005.0483	30.7617	4005.1930	30.6684	0.0036	0.3033
0.3	350	3928.3939	30.7615	3928.8682	30.6625	0.0121	0.3218
0.3	400	3852.0609	30.7613	3852.5491	30.6565	0.0127	0.3407
0.3	450	3775.7279	30.7611	3776.2359	30.6504	0.0135	0.3600
0.3	500	3699.3949	30.7610	3699.9284	30.6441	0.0144	0.3800

Tabel C6 (lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.3	550	3623.0619	30.7622	3623.6267	30.6378	0.0156	0.4044
0.3	600	3546.7289	30.7609	3547.3307	30.6313	0.0170	0.4213
0.3	650	3470.3959	30.7615	3471.0406	30.6248	0.0186	0.4444
0.3	700	3394.0629	30.7610	3394.7561	30.6181	0.0204	0.4646
0.3	750	3317.7299	30.7611	3318.4774	30.6113	0.0225	0.4871
0.3	800	3241.3969	30.7611	3242.2045	30.6044	0.0249	0.5094
0.3	850	3165.0639	30.7611	3165.9373	30.5974	0.0276	0.5323
0.3	900	3088.7309	30.7611	3089.6758	30.5902	0.0306	0.5555
0.3	950	3012.3979	30.7611	3013.4201	30.5829	0.0339	0.5792
0.3	1000	2936.0649	30.7610	2937.1701	30.5755	0.0376	0.6029
0.3	1050	2859.7319	30.7611	2860.9258	30.5680	0.0417	0.6277
0.3	1100	2783.3989	30.7638	2784.6872	30.5604	0.0463	0.6614
0.3	1150	2707.0659	30.7602	2708.4543	30.5526	0.0513	0.6750
0.3	1200	2630.7329	30.7615	2632.2271	30.5447	0.0568	0.7050
0.3	1250	2554.3999	30.7611	2556.0056	30.5366	0.0629	0.7297
0.3	1300	2478.0669	30.7612	2479.7897	30.5284	0.0695	0.7569
0.3	1350	2401.7339	30.7612	2403.5796	30.5201	0.0768	0.7838
0.3	1400	2325.4009	30.7611	2327.3751	30.5116	0.0849	0.8111
0.3	1450	2249.0679	30.7610	2251.1763	30.5030	0.0937	0.8389
0.3	1500	2172.7349	30.7611	2174.9832	30.4942	0.1035	0.8677
0.3	1550	2096.4019	30.7611	2098.7957	30.4853	0.1142	0.8965
0.3	1600	2020.0689	30.7611	2022.6138	30.4762	0.1260	0.9261
0.3	1650	1943.7359	30.7611	1946.4376	30.4670	0.1390	0.9561
0.3	1700	1867.4029	30.7611	1870.2670	30.4576	0.1534	0.9867
0.3	1750	1791.0699	30.7611	1794.1021	30.4481	0.1693	1.0177
0.3	1800	1714.7369	30.7612	1717.9427	30.4384	0.1870	1.0493

Tabel C6 (lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.3	1850	1638.4039	30.7612	1641.7890	30.4285	0.2066	1.0814
0.3	1900	1562.0709	30.7612	1565.6408	30.4185	0.2285	1.1141
0.3	1950	1485.7379	30.7612	1489.4983	30.4083	0.2531	1.1473
0.3	2000	1409.4049	30.7612	1413.3614	30.3979	0.2807	1.1811
0.3	2050	1333.0719	30.7612	1337.2300	30.3873	0.3119	1.2154
0.3	2100	1256.7389	30.7612	1261.1042	30.3766	0.3473	1.2504
0.3	2150	1180.4059	30.7613	1184.9839	30.3657	0.3878	1.2859
0.3	2200	1104.0729	30.7613	1108.8692	30.3546	0.4344	1.3220
0.3	2250	1035.7399	30.7613	1032.7601	30.3433	0.2877	1.3587
0.4	0	4459.7210	30.7600	4459.8065	30.7046	0.0019	0.1800
0.4	50	4383.1720	30.7692	4383.2553	30.6997	0.0019	0.2260
0.4	100	4306.9810	30.7665	4306.7099	30.6946	0.0063	0.2335
0.4	150	4230.2180	30.7640	4230.1704	30.6895	0.0011	0.2422
0.4	200	4153.8480	30.7633	4153.6367	30.6843	0.0051	0.2568
0.4	250	4077.3780	30.7621	4077.1088	30.6790	0.0066	0.2700
0.4	300	4000.9080	30.7617	4000.5867	30.6737	0.0080	0.2862
0.4	350	3924.4380	30.7615	3924.0704	30.6682	0.0094	0.3032
0.4	400	3847.9680	30.7613	3847.5599	30.6627	0.0106	0.3206
0.4	450	3771.4980	30.7611	3771.0553	30.6571	0.0117	0.3382
0.4	500	3695.0280	30.7610	3694.5564	30.6513	0.0128	0.3566
0.4	550	3618.5580	30.7622	3618.0633	30.6455	0.0137	0.3793
0.4	600	3542.0880	30.7609	3541.5760	30.6396	0.0145	0.3943
0.4	650	3465.6180	30.7615	3465.0945	30.6336	0.0151	0.4156
0.4	700	3389.1480	30.7610	3388.6188	30.6275	0.0156	0.4340
0.4	750	3312.6780	30.7611	3312.1488	30.6213	0.0160	0.4545
0.4	800	3236.2080	30.7611	3235.6846	30.6150	0.0162	0.4748

Tabel C6 (lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.4	850	3159.7380	30.7611	3159.2262	30.6086	0.0162	0.4956
0.4	900	3083.2680	30.7611	3082.7735	30.6022	0.0160	0.5167
0.4	950	3006.7980	30.7611	3006.3266	30.5956	0.0157	0.5382
0.4	1000	2930.3280	30.7610	2929.8854	30.5889	0.0151	0.5596
0.4	1050	2853.8580	30.7611	2853.4500	30.5820	0.0143	0.5821
0.4	1100	2777.3880	30.7638	2777.0203	30.5751	0.0132	0.6134
0.4	1150	2700.9180	30.7602	2700.5963	30.5681	0.0119	0.6246
0.4	1200	2624.4480	30.7615	2624.1781	30.5610	0.0103	0.6520
0.4	1250	2547.9780	30.7611	2547.7656	30.5537	0.0083	0.6741
0.4	1300	2471.5080	30.7612	2471.3589	30.5463	0.0060	0.6986
0.4	1350	2395.0380	30.7612	2394.9578	30.5389	0.0033	0.7228
0.4	1400	2318.5680	30.7611	2318.5624	30.5313	0.0002	0.7472
0.4	1450	2242.0980	30.7610	2242.1728	30.5235	0.0033	0.7721
0.4	1500	2165.6280	30.7611	2165.7888	30.5157	0.0074	0.7978
0.4	1550	2089.1580	30.7611	2089.4106	30.5077	0.0121	0.8236
0.4	1600	2012.6880	30.7611	2013.0380	30.4996	0.0174	0.8500
0.4	1650	1936.2180	30.7611	1936.6711	30.4914	0.0234	0.8767
0.4	1700	1859.7480	30.7611	1860.3099	30.4831	0.0302	0.9039
0.4	1750	1783.2780	30.7611	1783.9543	30.4746	0.0379	0.9315
0.4	1800	1706.8080	30.7612	1707.6044	30.4660	0.0467	0.9596
0.4	1850	1630.3380	30.7612	1631.2602	30.4572	0.0566	0.9880
0.4	1900	1553.8680	30.7612	1554.9216	30.4484	0.0678	1.0169
0.4	1950	1477.3980	30.7612	1478.5886	30.4393	0.0806	1.0463
0.4	2000	1400.9280	30.7612	1402.2613	30.4302	0.0952	1.0761
0.4	2050	1324.4580	30.7612	1325.9397	30.4209	0.1119	1.1064
0.4	2100	1247.9880	30.7612	1249.6236	30.4114	0.1311	1.1371

Tabel C6 (lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.4	2150	1171.5180	30.7613	1173.3132	30.4019	0.1532	1.1683
0.4	2200	1095.0480	30.7613	1097.0083	30.3921	0.1790	1.2000
0.4	2250	1018.5780	30.7613	1020.7091	30.3822	0.2092	1.2322
0.5	0	4458.3177	30.7600	4458.8797	30.7068	0.0126	0.1730
0.5	50	4382.1720	30.7692	4382.0680	30.7022	0.0024	0.2179
0.5	100	4305.0263	30.7665	4305.2621	30.6975	0.0055	0.2242
0.5	150	4228.2139	30.7640	4228.4620	30.6927	0.0059	0.2318
0.5	200	4151.5682	30.7633	4151.6678	30.6879	0.0024	0.2452
0.5	250	4074.8225	30.7621	4074.8794	30.6830	0.0014	0.2572
0.5	300	3998.0768	30.7617	3998.0968	30.6780	0.0005	0.2722
0.5	350	3921.3311	30.7615	3921.3201	30.6729	0.0003	0.2879
0.5	400	3844.5854	30.7613	3844.5492	30.6678	0.0009	0.3040
0.5	450	3767.8397	30.7611	3767.7841	30.6626	0.0015	0.3202
0.5	500	3691.0940	30.7610	3691.0248	30.6573	0.0019	0.3372
0.5	550	3614.3483	30.7622	3614.2713	30.6519	0.0021	0.3584
0.5	600	3537.6026	30.7609	3537.5237	30.6465	0.0022	0.3720
0.5	650	3460.8569	30.7615	3460.7818	30.6410	0.0022	0.3917
0.5	700	3384.1112	30.7610	3384.0457	30.6354	0.0019	0.4085
0.5	750	3307.3655	30.7611	3307.3155	30.6297	0.0015	0.4274
0.5	800	3230.6198	30.7611	3230.5910	30.6239	0.0009	0.4461
0.5	850	3153.8741	30.7611	3153.8723	30.6180	0.0001	0.4652
0.5	900	3077.1284	30.7611	3077.1594	30.6121	0.0010	0.4845
0.5	950	3000.3827	30.7611	3000.4523	30.6060	0.0023	0.5041
0.5	1000	2923.6370	30.7610	2923.7509	30.5999	0.0039	0.5237
0.5	1050	2846.8913	30.7611	2847.0553	30.5937	0.0058	0.5443
0.5	1100	2770.1456	30.7638	2770.3655	30.5874	0.0079	0.5736

Tabel C6 (lanjutan)

m	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.5	1150	2693.3999	30.7602	2693.6815	30.5810	0.0105	0.5827
0.5	1200	2616.6542	30.7615	2617.0032	30.5745	0.0133	0.6081
0.5	1250	2539.9085	30.7611	2540.3306	30.5679	0.0166	0.6280
0.5	1300	2463.1628	30.7612	2463.6639	30.5612	0.0203	0.6503
0.5	1350	2386.4171	30.7612	2387.0028	30.5544	0.0245	0.6723
0.5	1400	2309.6714	30.7611	2310.3475	30.5475	0.0293	0.6944
0.5	1450	2232.9257	30.7610	2233.6979	30.5405	0.0346	0.7169
0.5	1500	2156.1800	30.7611	2157.0541	30.5334	0.0405	0.7401
0.5	1550	2079.4343	30.7611	2080.4159	30.5262	0.0472	0.7634
0.5	1600	2002.6886	30.7611	2003.7835	30.5189	0.0547	0.7872
0.5	1650	1925.9429	30.7611	1927.1569	30.5115	0.0630	0.8113
0.5	1700	1849.1972	30.7611	1850.5359	30.5040	0.0724	0.8358
0.5	1750	1772.4515	30.7611	1773.9206	30.4964	0.0829	0.8606
0.5	1800	1695.7058	30.7612	1697.3110	30.4887	0.0947	0.8858
0.5	1850	1618.9601	30.7612	1620.7072	30.4808	0.1079	0.9113
0.5	1900	1542.2144	30.7612	1544.1090	30.4729	0.1228	0.9372
0.5	1950	1465.4687	30.7612	1467.5165	30.4648	0.1397	0.9635
0.5	2000	1388.7230	30.7612	1390.9296	30.4566	0.1589	0.9901
0.5	2050	1311.9773	30.7612	1314.3485	30.4483	0.1807	1.0171
0.5	2100	1235.2316	30.7612	1237.7730	30.4399	0.2057	1.0445
0.5	2150	1158.4859	30.7613	1161.2032	30.4314	0.2346	1.0723
0.5	2200	1081.7402	30.7613	1084.6390	30.4227	0.2680	1.1005
0.5	2250	1004.9945	30.7613	1008.0805	30.4139	0.3071	1.1291
AVERAGE TOTAL						0.0579	0.6861

Pada Tabel C7 konsentrasi injeksi surfaktan divariasikan, dengan tekanan, laju aliran massa dan temperatur injeksi tetap. Nilai variasi ditentukan antara 0.5 hingga 0.9 wt%.

Tabel C7 Validasi model injeksi surfaktan terhadap variasi konsentrasi injeksi

x	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.5	0	4463.2200	30.7600	4463.2636	30.7019	0.0010	0.1890
0.5	50	4386.5200	30.7692	4386.9040	30.6965	0.0088	0.2362
0.5	100	4310.1920	30.7665	4310.5502	30.6911	0.0083	0.2449
0.5	150	4234.8640	30.7640	4234.2022	30.6856	0.0156	0.2549
0.5	200	4157.3500	30.7633	4157.8600	30.6800	0.0123	0.2710
0.5	250	4081.2104	30.7621	4081.5236	30.6742	0.0077	0.2856
0.5	300	4004.7894	30.7617	4005.1930	30.6684	0.0101	0.3033
0.5	350	3928.3435	30.7615	3928.8682	30.6625	0.0134	0.3218
0.5	400	3851.8976	30.7613	3852.5491	30.6565	0.0169	0.3407
0.5	450	3775.4518	30.7611	3776.2359	30.6504	0.0208	0.3600
0.5	500	3699.0059	30.7610	3699.9284	30.6441	0.0249	0.3800
0.5	550	3624.2400	30.7622	3623.6267	30.6378	0.0169	0.4044
0.5	600	3547.0812	30.7609	3547.3307	30.6313	0.0070	0.4213
0.5	650	3470.8180	30.7615	3471.0406	30.6248	0.0064	0.4444
0.5	700	3394.5548	30.7610	3394.7561	30.6181	0.0059	0.4646
0.5	750	3318.2916	30.7611	3318.4774	30.6113	0.0056	0.4871
0.5	800	3242.0284	30.7611	3242.2045	30.6044	0.0054	0.5094
0.5	850	3165.7652	30.7611	3165.9373	30.5974	0.0054	0.5323
0.5	900	3089.5019	30.7611	3089.6758	30.5902	0.0056	0.5555
0.5	950	3013.2387	30.7611	3013.4201	30.5829	0.0060	0.5792
0.5	1000	2936.9755	30.7610	2937.1701	30.5755	0.0066	0.6029
0.5	1050	2860.7123	30.7611	2860.9258	30.5680	0.0075	0.6277

Tabel C7 (lanjutan)

X	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.5	1100	2784.4491	30.7638	2784.6872	30.5604	0.0086	0.6614
0.5	1150	2708.1859	30.7602	2708.4543	30.5526	0.0099	0.6750
0.5	1200	2631.9227	30.7615	2632.2271	30.5447	0.0116	0.7050
0.5	1250	2555.6594	30.7611	2556.0056	30.5366	0.0135	0.7297
0.5	1300	2479.3962	30.7612	2479.7897	30.5284	0.0159	0.7569
0.5	1350	2403.1330	30.7612	2403.5796	30.5201	0.0186	0.7838
0.5	1400	2326.8698	30.7611	2327.3751	30.5116	0.0217	0.8111
0.5	1450	2250.6066	30.7610	2251.1763	30.5030	0.0253	0.8389
0.5	1500	2174.3434	30.7611	2174.9832	30.4942	0.0294	0.8677
0.5	1550	2098.0802	30.7611	2098.7957	30.4853	0.0341	0.8965
0.5	1600	2021.8169	30.7611	2022.6138	30.4762	0.0394	0.9261
0.5	1650	1945.5537	30.7611	1946.4376	30.4670	0.0454	0.9561
0.5	1700	1869.2905	30.7611	1870.2670	30.4576	0.0522	0.9867
0.5	1750	1793.0273	30.7611	1794.1021	30.4481	0.0599	1.0177
0.5	1800	1716.7641	30.7612	1717.9427	30.4384	0.0687	1.0493
0.5	1850	1640.5009	30.7612	1641.7890	30.4285	0.0785	1.0814
0.5	1900	1564.2377	30.7612	1565.6408	30.4185	0.0897	1.1141
0.5	1950	1487.9744	30.7612	1489.4983	30.4083	0.1024	1.1473
0.5	2000	1411.7112	30.7612	1413.3614	30.3979	0.1169	1.1811
0.5	2050	1335.4480	30.7612	1337.2300	30.3873	0.1334	1.2154
0.5	2100	1259.1848	30.7612	1261.1042	30.3766	0.1524	1.2504
0.5	2150	1182.9216	30.7613	1184.9839	30.3657	0.1743	1.2859
0.5	2200	1106.6584	30.7613	1108.8692	30.3546	0.1998	1.3220
0.5	2250	1030.3952	30.7613	1032.7601	30.3433	0.2295	1.3587
0.6	0	4470.1100	30.7600	4470.8089	30.7019	0.0156	0.1890
0.6	50	4394.5200	30.7692	4394.2768	30.6965	0.0055	0.2362

Tabel C7 (lanjutan)

X	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.6	100	4317.1920	30.7665	4317.7506	30.6911	0.0129	0.2449
0.6	150	4241.8640	30.7640	4241.2303	30.6856	0.0149	0.2549
0.6	200	4164.5360	30.7633	4164.7159	30.6800	0.0043	0.2709
0.6	250	4088.2080	30.7621	4088.2073	30.6743	0.0000	0.2855
0.6	300	4011.6800	30.7617	4011.7046	30.6685	0.0006	0.3031
0.6	350	3935.1520	30.7615	3935.2077	30.6626	0.0014	0.3216
0.6	400	3858.6240	30.7613	3858.7167	30.6566	0.0024	0.3405
0.6	450	3782.0960	30.7611	3782.2316	30.6504	0.0036	0.3598
0.6	500	3705.5680	30.7610	3705.7523	30.6442	0.0050	0.3797
0.6	550	3629.0400	30.7622	3629.2788	30.6379	0.0066	0.4041
0.6	600	3552.5120	30.7609	3552.8112	30.6314	0.0084	0.4209
0.6	650	3475.9840	30.7615	3476.3494	30.6249	0.0105	0.4440
0.6	700	3399.4560	30.7610	3399.8934	30.6182	0.0129	0.4642
0.6	750	3322.9280	30.7611	3323.4433	30.6115	0.0155	0.4866
0.6	800	3246.4000	30.7611	3246.9989	30.6046	0.0184	0.5089
0.6	850	3169.8720	30.7611	3170.5604	30.5975	0.0217	0.5317
0.6	900	3093.3440	30.7611	3094.1277	30.5904	0.0253	0.5549
0.6	950	3016.8160	30.7611	3017.7007	30.5831	0.0293	0.5785
0.6	1000	2940.2880	30.7610	2941.2796	30.5758	0.0337	0.6022
0.6	1050	2863.7600	30.7611	2864.8642	30.5682	0.0386	0.6269
0.6	1100	2787.2320	30.7638	2788.4547	30.5606	0.0439	0.6606
0.6	1150	2710.7040	30.7602	2712.0508	30.5528	0.0497	0.6742
0.6	1200	2634.1760	30.7615	2635.6528	30.5449	0.0561	0.7041
0.6	1250	2557.6480	30.7611	2559.2605	30.5369	0.0630	0.7287
0.6	1300	2481.1200	30.7612	2482.8740	30.5287	0.0707	0.7558
0.6	1350	2404.5920	30.7612	2406.4932	30.5204	0.0791	0.7828

Tabel C7 (lanjutan)

X	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.6	1400	2328.0640	30.7611	2330.1182	30.5119	0.0882	0.8100
0.6	1450	2251.5360	30.7610	2253.7488	30.5033	0.0983	0.8377
0.6	1500	2175.0080	30.7611	2177.3853	30.4946	0.1093	0.8664
0.6	1550	2098.4800	30.7611	2101.0274	30.4857	0.1214	0.8952
0.6	1600	2021.9520	30.7611	2024.6752	30.4767	0.1347	0.9247
0.6	1650	1945.4240	30.7611	1948.3288	30.4674	0.1493	0.9547
0.6	1700	1868.8960	30.7611	1871.9880	30.4581	0.1654	0.9851
0.6	1750	1794.3680	30.7611	1795.6530	30.4486	0.0716	1.0161
0.6	1800	1718.8400	30.7612	1719.3236	30.4389	0.0281	1.0476
0.6	1850	1640.3120	30.7612	1642.9999	30.4291	0.1639	1.0796
0.6	1900	1565.7840	30.7612	1566.6819	30.4190	0.0573	1.1122
0.6	1950	1489.2560	30.7612	1490.3695	30.4089	0.0748	1.1454
0.6	2000	1415.7280	30.7612	1414.0628	30.3985	0.1176	1.1790
0.6	2050	1336.2000	30.7612	1337.7618	30.3880	0.1169	1.2133
0.6	2100	1260.6720	30.7612	1261.4663	30.3773	0.0630	1.2481
0.6	2150	1184.1440	30.7613	1185.1765	30.3664	0.0872	1.2835
0.6	2200	1106.6160	30.7613	1108.8924	30.3554	0.2057	1.3195
0.6	2250	1030.0880	30.7613	1032.6138	30.3441	0.2452	1.3561
0.7	0	4473.3210	30.7600	4473.1573	30.7019	0.0037	0.1890
0.7	50	4396.5200	30.7692	4396.5665	30.6966	0.0011	0.2361
0.7	100	4319.1920	30.7665	4319.9818	30.6911	0.0183	0.2448
0.7	150	4243.2153	30.7640	4243.4033	30.6856	0.0044	0.2548
0.7	200	4166.5360	30.7633	4166.8308	30.6800	0.0071	0.2708
0.7	250	4091.2080	30.7621	4090.2644	30.6743	0.0231	0.2854
0.7	300	4013.8800	30.7617	4013.7041	30.6685	0.0044	0.3030
0.7	350	3937.8763	30.7615	3937.1498	30.6626	0.0184	0.3214

Tabel C7 (lanjutan)

X	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.7	400	3861.5429	30.7613	3860.6017	30.6566	0.0244	0.3403
0.7	450	3785.2095	30.7611	3784.0596	30.6505	0.0304	0.3595
0.7	500	3707.8761	30.7610	3707.5235	30.6443	0.0095	0.3794
0.7	550	3630.5427	30.7622	3630.9936	30.6380	0.0124	0.4038
0.7	600	3554.1093	30.7609	3554.4696	30.6316	0.0101	0.4205
0.7	650	3477.2759	30.7615	3477.9518	30.6250	0.0194	0.4436
0.7	700	3401.4425	30.7610	3401.4399	30.6184	0.0001	0.4637
0.7	750	3324.4091	30.7611	3324.9341	30.6116	0.0158	0.4861
0.7	800	3248.7957	30.7611	3248.4344	30.6047	0.0111	0.5083
0.7	850	3171.1823	30.7611	3171.9406	30.5977	0.0239	0.5312
0.7	900	3095.9440	30.7611	3095.4529	30.5906	0.0159	0.5542
0.7	950	3018.6160	30.7611	3018.9712	30.5834	0.0118	0.5778
0.7	1000	2942.2880	30.7610	2942.4955	30.5760	0.0071	0.6015
0.7	1050	2865.9009	30.7611	2866.0258	30.5685	0.0044	0.6262
0.7	1100	2789.4328	30.7638	2789.5621	30.5609	0.0046	0.6598
0.7	1150	2712.9647	30.7602	2713.1045	30.5531	0.0052	0.6733
0.7	1200	2636.4966	30.7615	2636.6527	30.5452	0.0059	0.7031
0.7	1250	2560.0285	30.7611	2560.2070	30.5372	0.0070	0.7277
0.7	1300	2483.5604	30.7612	2483.7673	30.5290	0.0083	0.7548
0.7	1350	2407.0923	30.7612	2407.3335	30.5207	0.0100	0.7816
0.7	1400	2330.6242	30.7611	2330.9057	30.5123	0.0121	0.8088
0.7	1450	2254.1561	30.7610	2254.4838	30.5037	0.0145	0.8365
0.7	1500	2177.6881	30.7611	2178.0679	30.4950	0.0174	0.8651
0.7	1550	2101.2200	30.7611	2101.6579	30.4861	0.0208	0.8938
0.7	1600	2024.7519	30.7611	2025.2538	30.4771	0.0248	0.9233
0.7	1650	1948.2838	30.7611	1948.8557	30.4679	0.0294	0.9531

Tabel C7 (lanjutan)

X	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.7	1700	1871.8157	30.7611	1872.4635	30.4586	0.0346	0.9835
0.7	1750	1795.3476	30.7611	1796.0772	30.4491	0.0406	1.0144
0.7	1800	1718.8795	30.7612	1719.6969	30.4394	0.0476	1.0458
0.7	1850	1642.4114	30.7612	1643.3224	30.4296	0.0555	1.0778
0.7	1900	1565.9433	30.7612	1566.9538	30.4196	0.0645	1.1103
0.7	1950	1489.4752	30.7612	1490.5911	30.4095	0.0749	1.1433
0.7	2000	1413.0071	30.7612	1414.2343	30.3992	0.0868	1.1769
0.7	2050	1336.5391	30.7612	1337.8833	30.3887	0.1006	1.2111
0.7	2100	1260.0710	30.7612	1261.5382	30.3780	0.1164	1.2458
0.7	2150	1183.6029	30.7613	1185.1989	30.3672	0.1348	1.2811
0.7	2200	1107.1348	30.7613	1108.8655	30.3561	0.1563	1.3170
0.7	2250	1030.6667	30.7613	1032.5380	30.3449	0.1816	1.3535
0.8	0	4464.4130	30.7600	4464.0077	30.7019	0.0091	0.1889
0.8	50	4387.5200	30.7692	4387.6311	30.6966	0.0025	0.2361
0.8	100	4311.1920	30.7665	4311.2603	30.6912	0.0016	0.2448
0.8	150	4234.4873	30.7640	4234.8954	30.6857	0.0096	0.2547
0.8	200	4157.8768	30.7633	4158.5362	30.6801	0.0159	0.2706
0.8	250	4081.2663	30.7621	4082.1827	30.6744	0.0225	0.2852
0.8	300	4005.8800	30.7617	4005.8351	30.6686	0.0011	0.3028
0.8	350	3929.5520	30.7615	3929.4932	30.6627	0.0015	0.3212
0.8	400	3853.2523	30.7613	3853.1570	30.6567	0.0025	0.3400
0.8	450	3777.0655	30.7611	3776.8266	30.6506	0.0063	0.3592
0.8	500	3700.8788	30.7610	3700.5020	30.6444	0.0102	0.3791
0.8	550	3624.6920	30.7622	3624.1831	30.6381	0.0140	0.4034
0.8	600	3548.5053	30.7609	3547.8699	30.6317	0.0179	0.4201
0.8	650	3472.3185	30.7615	3471.5625	30.6252	0.0218	0.4431

Tabel C7 (lanjutan)

X	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.8	700	3396.1318	30.7610	3395.2608	30.6185	0.0256	0.4632
0.8	750	3319.9450	30.7611	3318.9648	30.6118	0.0295	0.4855
0.8	800	3243.7583	30.7611	3242.6746	30.6049	0.0334	0.5077
0.8	850	3167.5715	30.7611	3166.3900	30.5979	0.0373	0.5305
0.8	900	3091.3848	30.7611	3090.1112	30.5908	0.0412	0.5536
0.8	950	3015.1980	30.7611	3013.8380	30.5836	0.0451	0.5771
0.8	1000	2939.0113	30.7610	2937.5706	30.5762	0.0490	0.6007
0.8	1050	2862.8245	30.7611	2861.3088	30.5687	0.0529	0.6253
0.8	1100	2786.6378	30.7638	2785.0528	30.5611	0.0569	0.6589
0.8	1150	2710.4510	30.7602	2708.8024	30.5534	0.0608	0.6723
0.8	1200	2634.2643	30.7615	2632.5577	30.5455	0.0648	0.7021
0.8	1250	2558.0775	30.7611	2556.3186	30.5375	0.0688	0.7267
0.8	1300	2481.8908	30.7612	2480.0852	30.5294	0.0727	0.7537
0.8	1350	2405.7040	30.7612	2403.8575	30.5211	0.0768	0.7805
0.8	1400	2329.5173	30.7611	2327.6354	30.5127	0.0808	0.8076
0.8	1450	2253.3305	30.7610	2251.4189	30.5041	0.0848	0.8352
0.8	1500	2177.1438	30.7611	2175.2081	30.4954	0.0889	0.8637
0.8	1550	2100.9570	30.7611	2099.0029	30.4866	0.0930	0.8923
0.8	1600	2024.7703	30.7611	2022.8034	30.4776	0.0971	0.9217
0.8	1650	1948.5835	30.7611	1946.6094	30.4684	0.1013	0.9515
0.8	1700	1872.3968	30.7611	1870.4211	30.4591	0.1055	0.9818
0.8	1750	1796.2100	30.7611	1794.2383	30.4496	0.1098	1.0127
0.8	1800	1720.0233	30.7612	1718.0612	30.4400	0.1141	1.0440
0.8	1850	1643.8365	30.7612	1641.8896	30.4302	0.1184	1.0759
0.8	1900	1567.6498	30.7612	1565.7236	30.4203	0.1229	1.1083
0.8	1950	1491.4630	30.7612	1489.5632	30.4101	0.1274	1.1412

Tabel C7 (lanjutan)

X	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.8	2000	1415.2763	30.7612	1413.4083	30.3998	0.1320	1.1747
0.8	2050	1339.0895	30.7612	1337.2590	30.3894	0.1367	1.2088
0.8	2100	1262.9028	30.7612	1261.1153	30.3787	0.1415	1.2434
0.8	2150	1186.7160	30.7613	1184.9771	30.3679	0.1465	1.2786
0.8	2200	1110.5293	30.7613	1108.8444	30.3569	0.1517	1.3144
0.8	2250	1034.3425	30.7613	1032.7172	30.3457	0.1571	1.3508
0.9	0	4461.3370	30.7600	4461.2251	30.7019	0.0025	0.1889
0.9	50	4385.0140	30.7692	4384.9103	30.6966	0.0024	0.2361
0.9	100	4308.7710	30.7665	4308.6014	30.6912	0.0039	0.2447
0.9	150	4231.9980	30.7640	4232.2982	30.6857	0.0071	0.2546
0.9	200	4155.7150	30.7633	4156.0009	30.6801	0.0069	0.2705
0.9	250	4079.2890	30.7621	4079.7093	30.6744	0.0103	0.2850
0.9	300	4002.8630	30.7617	4003.4235	30.6686	0.0140	0.3026
0.9	350	3926.4370	30.7615	3927.1435	30.6628	0.0180	0.3210
0.9	400	3850.0110	30.7613	3850.8693	30.6568	0.0223	0.3398
0.9	450	3774.5850	30.7611	3774.6009	30.6507	0.0004	0.3589
0.9	500	3698.1590	30.7610	3698.3382	30.6445	0.0048	0.3788
0.9	550	3621.8663	30.7622	3622.0813	30.6382	0.0059	0.4030
0.9	600	3545.6689	30.7609	3545.8301	30.6318	0.0045	0.4197
0.9	650	3469.4715	30.7615	3469.5847	30.6253	0.0033	0.4427
0.9	700	3393.2740	30.7610	3393.3451	30.6187	0.0021	0.4628
0.9	750	3317.0766	30.7611	3317.1112	30.6119	0.0010	0.4850
0.9	800	3240.8792	30.7611	3240.8830	30.6051	0.0001	0.5072
0.9	850	3164.6818	30.7611	3164.6606	30.5981	0.0007	0.5299
0.9	900	3088.4843	30.7611	3088.4439	30.5910	0.0013	0.5529
0.9	950	3012.2869	30.7611	3012.2329	30.5838	0.0018	0.5764

Tabel C7 (lanjutan)

X	Elevasi	PIPESIM		Hasil Pemodelan		% Error	
		P	T	P	T	P	T
0.9	1000	2936.0895	30.7610	2936.0276	30.5765	0.0021	0.5999
0.9	1050	2859.8920	30.7611	2859.8281	30.5690	0.0022	0.6245
0.9	1100	2783.6946	30.7638	2783.6342	30.5614	0.0022	0.6580
0.9	1150	2707.4972	30.7602	2707.4460	30.5537	0.0019	0.6714
0.9	1200	2631.2998	30.7615	2631.2636	30.5458	0.0014	0.7011
0.9	1250	2555.1023	30.7611	2555.0868	30.5378	0.0006	0.7256
0.9	1300	2478.9049	30.7612	2478.9157	30.5297	0.0004	0.7526
0.9	1350	2402.7075	30.7612	2402.7503	30.5215	0.0018	0.7793
0.9	1400	2326.5100	30.7611	2326.5905	30.5131	0.0035	0.8064
0.9	1450	2250.3126	30.7610	2250.4364	30.5045	0.0055	0.8339
0.9	1500	2174.1152	30.7611	2174.2879	30.4958	0.0079	0.8623
0.9	1550	2097.9178	30.7611	2098.1451	30.4870	0.0108	0.8909
0.9	1600	2021.7203	30.7611	2022.0080	30.4780	0.0142	0.9202
0.9	1650	1945.5229	30.7611	1945.8765	30.4689	0.0182	0.9500
0.9	1700	1869.3255	30.7611	1869.7506	30.4596	0.0227	0.9802
0.9	1750	1793.1280	30.7611	1793.6303	30.4502	0.0280	1.0110
0.9	1800	1716.9306	30.7612	1717.5156	30.4406	0.0341	1.0422
0.9	1850	1640.7332	30.7612	1641.4066	30.4308	0.0410	1.0740
0.9	1900	1564.5358	30.7612	1565.3031	30.4209	0.0490	1.1063
0.9	1950	1488.3383	30.7612	1489.2052	30.4108	0.0582	1.1392
0.9	2000	1412.1409	30.7612	1413.1129	30.4005	0.0688	1.1726
0.9	2050	1335.9435	30.7612	1337.0262	30.3901	0.0810	1.2066
0.9	2100	1259.7460	30.7612	1260.9451	30.3795	0.0952	1.2411
0.9	2150	1183.5486	30.7613	1184.8695	30.3687	0.1116	1.2762

0.9	2200	1107.3512	30.7613	1108.7995	30.3577	0.1308	1.3119
0.9	2250	1031.1538	30.7613	1032.7350	30.3465	0.1533	1.3482
AVERAGE TOTAL						0.0446	0.7031

LAMPIRAN D Contoh perhitungan *Pressure Drop* menggunakan metode Begg's-Brill pada *Injection Well*

Model *CO₂-foam flooding* pada *injection well* dilakukan dengan membagi segmentasi pada *well* setiap kedalaman 50 m. Parameter input yang digunakan pada model adalah seperti yang tertera pada Tabel D.1

Tabel D.1 Kondisi Input Pemodelan Begg's-Brill

Parameter	Nilai	Satuan
Gravitasi	9.8	m/s ²
Faktor Gravitasi	1	Kg.m/N.s ²
Diameter Aliran	0.089	m
Kedalaman Sumur	2250	m
Tekanan injeksi	1071	Psia
Temperatur	31	C
Laju massa uap injeksi	0.3044	kg/s
Tebal tubing	0.005	m
<i>Absolute roughness</i>	0.0000254	m
Koefisien Perpindahan Panas	2	Btu/h.F.ft ²

Sedangkan rumus yang digunakan untuk menghitung *pressure drop* adalah sebagai berikut:

$$\left(\frac{\partial p}{\partial z}\right) = \frac{f_{tp} \cdot \rho \cdot v^2}{g_c \cdot d} + \frac{\rho g}{g_c} \quad (1)$$

Untuk nilai f_{tp} pada metode Begg's-Brill didapatkan melalui persamaan berikut

$$\frac{1}{\sqrt{f_{tp}}} = 1.14 - 2 \log \left(\frac{\varepsilon}{d} + \frac{21.25}{N_{Re}^{0.9}} \right) \quad (2)$$

Sebelumnya diperlukan nilai bilangan Reynold dari aliran injeksi melalui persamaan

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu} \quad (3)$$

- Menghitung N_{Re}

$$N_{Re} = \frac{527.288 \times 0.928 \times 0.089}{5.64825 \cdot 10^{-5}} = 77138.51$$

- Menghitung f_{tp}

$$\frac{1}{\sqrt{f_{tp}}} = 1.14 - 2 \log \left(\frac{0.0000254}{0.089} + \frac{21.25}{77138.51^{0.9}} \right)$$

- Menghitung *Pressure Drop*

$$\left(\frac{\partial p}{\partial z} \right) = \frac{0.4228 \times 527.288 \times 0.928^2}{1 \times 0.89} + \frac{527.288 \times 9.8}{1} = 5167.422853 \frac{Pa}{m}$$

Sehingga apabila tekanan injeksi adalah 1071 psia dan *pressure drop* didapatkan sebesar $5167.422853 \frac{Pa}{m}$ maka tekanan pada segment berikutnya sebesar 1108.630146 psia.

LAMPIRAN E Contoh perhitungan *pressure drop* menggunakan metode Darcy pada *reservoir*

Parameter input yang digunakan dalam perhitungan *Pressure drop* pada *reservoir* adalah seperti yang tercantum pada Tabel di bawah ini

Tabel E.1 Kondisi Input Pemodelan *Reservoir* dengan Metode Darcy

Parameter	Nilai	Satuan
Jarak <i>injection-production well</i>	100	m
Tebal Formasi	10.4	m
Permeabilitas	95.52	mD
Porositas	0.03	-
Deg API	41	API

Persamaan Darcy mengenai permeabilitas dapat dilihat pada persamaan (2.28)

$$\Delta P = \frac{\mu q L}{k A}$$

- Menghitung μ pada $P = 2097.61$ psia dan $T = 38.25^\circ\text{C}$
 $\mu = 8.68638E - 05$ Kg/ms berdasarkan tekanan dan temperature di *reservoir*

- Menghitung q

$$q = \frac{m}{\rho} = \frac{0.3044 \text{ kg/s}}{768.567784 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.000396062$$

- Menghitung L

L merupakan panjang segment pada *reservoir* yang ditentukan yakni 10 m. Dengan jarak total segmen yakni 100 m.

- Menghitung k

$$k = 95.52 \text{ mD}$$

$$k = 95.52 \text{ mD} \times 9.869\text{E-}9 \text{ cm}^2$$

$$k = 1.78665\text{E-}14 \text{ m}^2$$

- Menghitung A

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi 10.4^2}{4}$$

$$A = 84.9056 \text{ m}^2$$

- Menghitung ΔP

$$\Delta P = \frac{8.68638\text{E} - 05 * 0.000396062 * 10 * 0.000145038}{1.78665\text{E} - 14 * 84.9056}$$

$$\Delta P = 32.89 \text{ psi}$$

LAMPIRAN F Contoh perhitungan *pressure drop* pada *production well*

Segmentasi pada *production well* sama seperti *injection well* yakni 50 m. Serta dengan kondisi input yang sama pada Tabel D.1

Untuk mendapatkan nilai *pressure drop* pada *production well* digunakan persamaan berikut

$$\left(\frac{\partial p}{\partial z}\right) = \frac{f_{tp} \cdot \rho \cdot v^2}{g_c \cdot d} - \frac{\rho g}{g_c}$$

Sebelumnya diperlukan perhitungan untuk menghitung variabel lain terlebih dahulu

- Menghitung q

$$q = \frac{m}{\rho}$$
$$q = \frac{0.3044}{720.0912}$$

$$q = 0.0004227$$

- Menghitung A

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$
$$A = \frac{\pi 0.089^2}{4}$$
$$A = 0.0062179 \text{ m}^2$$

- Menghitung σ

$$\sigma = 0.07275 \times (1 - 0.002 \times (T - 291))$$
$$\sigma = 0.07275 \times (1 - 0.002 \times (305.1360 - 291))$$
$$\sigma = 0.0706932$$

- Menghitung N_{LV}

$$N_{LV} = v \left(\frac{\rho}{g\rho} \right)^{0.25}$$

$$N_{LV} = 0.067984 \left(\frac{720.0912}{9.8 \times 0.0706932} \right)^{0.25}$$

$$N_{LV} = 0.38601$$

- Menghitung N_{FR}

$$Fr = \frac{v^2}{gd}$$

$$Fr = \frac{0.067984^2}{9.8 \times 0.089}$$

$$Fr = 0.00529906$$

- Menghitung $H_L(0)$

- Jika $N_{FR} < L_1$ maka pola aliran *segregated*.

- Jika $N_{FR} > L_1$ dan $N_{FR} > L_2$ maka pola aliran adalah *distributed*.

- Jika $L_1 < N_{FR} < L_2$ maka pola aliran *intermittent*.

- L_1 dan L_2 dinyatakan dalam persamaan

Dimana :

$$X = \ln(\lambda)$$

$$X = \ln(1)$$

$$X = 0$$

$$L_1 = \exp(-4.62 - 3.757X - 0.481X^2 - 0.0207X^3)$$

$$L_1 = \exp(-4.62 - 3.757(1) - 0.481(1)^2 - 0.0207(1)^3)$$

$$L_1 = 0.009852796$$

$$L_2 = \exp(1.061 - 4.602X - 1.609X^2 - 0.179X^3 + 0.635 \times 10^{-3}X^5)$$

$$L_2 = \exp(1.061 - 4.602(1) - 1.609(1)^2 - 0.179(1)^3 + 0.635 \times 10^{-3}(1)^5)$$

$$L_2 = 2.889258804$$

Nilai $N_{FR} < L_1$, sehingga pola alirannya adalah *segregated*

$$H_L(0) = \frac{0.98\lambda^{0.4846}}{N_{FR}^{0.0868}}$$

$$H_L(0) = \frac{0.98(1)^{0.4846}}{(0.00287)^{0.0868}}$$

$$H_L(0) = 1.62886$$

- Menghitung Ψ

$$C = (1 - \lambda \ln \left[\frac{4.7 N_{LV}^{0.1244}}{\lambda^{0.3692} N_{FR}^{0.5056}} \right])$$

$$C = (1 - \lambda \ln \left[\frac{4.7 \times 0.3104^{0.1244}}{1^{0.3692} 0.00287^{0.5056}} \right])$$

$$C = 0$$

$$\Psi = 1 + C(\sin \theta - \frac{1}{3}(\sin \theta)^3)$$

$$\Psi = 1 + 2.3691(\sin \theta - \frac{1}{3}(\sin \theta)^3)$$

$$\Psi = 1$$

Dengan nilai $\theta = 1,8\theta$, pada kasus ini nilai θ adalah -90° karena aliran vertikal kebawah

- Menghitung $H_L(0)$

$$\frac{H_L(\theta)}{H_L(0)} = \Psi$$

$$H_L(\theta) = \Psi \times H_L(0)$$

$$H_L(\theta) = 1 \times 1.62886$$

$$H_L(\theta) = 1.62886$$

- Menghitung S

$$y = \frac{\lambda}{[H_L(\theta)]^2}$$

$$y = \frac{1}{[1.62886]^2}$$

$$y = 0.37699$$

$$S = \frac{\ln y}{-0.0523 + 3.182 \ln y - 0.8725(\ln y)^2 + 0.01853(\ln y)^4}$$

$$S = 0.245727189$$

- Menghitung f_{ns}
Diperlukan nilai Reynold *number* untuk menghitung variable ini, nilai Reynold *number* untuk aliran dua fasa didapatkan melalui persamaan berikut ini.

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu}$$

$$N_{Re} = \frac{[720.091 \times 0.06798 \times 0.089]}{0.003998786}$$

$$N_{Re} = 1089.574153$$

$$f_{ns} = \left[2 \log \left(\frac{N_{Re}}{4.5223 \log(N_{Re} - 3.8215)} \right) \right]^{-2}$$

$$f_{ns} = \left[2 \log \left(\frac{1089.574153}{4.5223 \log(1721873.766 - 3.8215)} \right) \right]^{-2}$$

$$f_{ns} = 0.010632614$$

- Menghitung f_{tp}
Berdasarkan, maka diperlukan nilai f_{ns} dan S .

$$\frac{f_{tp}}{f_{ns}} = e^S$$

$$f_{tp} = f_{ns} \cdot e^S$$

$$f_{tp} = 0.010632614 \cdot e^{0.245727189}$$

$$f_{tp} = 0.509870689$$

- Menghitung $\frac{\partial p}{\partial z}$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial z}\right) = \frac{f_{tp} \cdot \rho \cdot v^2}{g_c \cdot d} - \frac{\rho g}{g_c}$$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial z}\right) = \frac{1.278550723 \times 977.918 \cdot 0.05006^2}{\frac{1.0 \cdot 0.09}{977.918 \times 9.8}}$$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial z}\right) = 7056.893792 \frac{Pa}{m}$$

Sehingga apabila tekanan campuran pada *reservoir* 1762.95 psia, dengan *pressure drop* $7056.893792 \frac{Pa}{m}$, maka *output* tekanan segment pertama (segment n) adalah 1711.63651 psia. Dengan nilai tekanan ini, maka temperature juga akan berubah dari 32.1360517°C menjadi 31.95907217°C. Perubahan tekanan dan suhu ini mengakibatkan perubahan pada semua properties *CO₂foam*, maka dari itu *output* segment n, akan menjadi input untuk segment n+1 dan seterusnya.

BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis adalah Atika Diyanasari, lahir di kota Lumajang pada tanggal 5 Januari 1997 dari ayah bernama Imam Bachtiar Hidayat dan ibu bernama Ermin Susilaningtyas. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Pada tahun 2008 penulis menyelesaikan pendidikan SD di SDN BARATAJAYA Surabaya, pada tahun 2011 menyelesaikan pendidikan SMP di SMPN 39 Surabaya, pada tahun 2014 menyelesaikan pendidikan di SMA Khadiajah Surabaya. Pada tahun yang sama, penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Departemen Teknik Fisika program Diploma Jurusan Metrologi dan Instrumentasi ITS. Hingga tahun ketiga, penulis telah aktif dalam beberapa organisasi, kepanitiaan, dan asisten Laboratorium Workshop Instrumentasi. Setelah lulus dari program diploma tahun 2017, penulis meneruskan Studi Lintas Jalur S1 Teknik Fisika. Dan pada bulan Juni 2019 penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Optimisasi Kondisi Operasi Co_2 -Foam Flooding Enhanced Oil Recovery Pada Lapisan Batuan Pasir Di Selat Sunda**. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, maka dapat menghubungi penulis melalui email : meatika@gmail.com