



TUGAS AKHIR – TI 141501

**PENENTUAN LOKASI FASILITAS PENGOLAHAN GAS DAN
PERBANDINGAN SKEMA JARINGAN PIPA
PADA PROYEK X PT PERTAMINA EP**

MUHAMMAD FAZLURRAHMAN ARIEF
NRP 2511 100 122

Dosen Pembimbing
Dody Hartanto S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL REPORT – TI 141501

**GAS PROCESSING FACILITY LOCATION
DETERMINATION AND PIPE NETWORK SCHEMES
COMPARISON OF PROJECT X PT PERTAMINA EP**

MUHAMMAD FAZLURRAHMAN ARIEF
NRP 2511 100 122

Supervisor

Dody Hartanto S.T., M.T.

INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT

Faculty of Industrial Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN

**PENENTUAN LOKASI FASILITAS PENGOLAHAN GAS DAN
PERBANDINGAN SKEMA JARINGAN PIPA PADA PROYEK X
PT PERTAMINA EP**

PROPOSAL TUGAS AKHIR

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

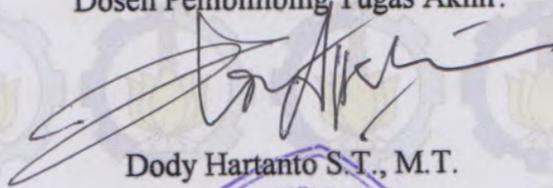
Oleh:

MUHAMMAD FAZLURRAHMAN ARIEF

NRP. 2511 100 122

Disetujui oleh

Dosen Pembimbing Tugas Akhir:



Dody Hartanto S.T., M.T.

NIP. 197912292008121003

SURABAYA, JULI 2015



**PENENTUAN LOKASI FASILITAS PENGOLAHAN GAS DAN
PERBANDINGAN SKEMA JARINGAN PIPA PADA PROYEK X
PT PERTAMINA EP**

Nama Mahasiswa : Muhammad Fazlurrahman Arief
NRP : 2511100122
Dosen Pembimbing : Dody Hartanto, S.T, M.T.

ABSTRAK

Indonesia membutuhkan energi sebagai penggerak utama dan penopang utama perkembangannya. Pemanfaatan gas bumi belum mampu dimaksimalkan untuk kebutuhan dalam negeri karena banyaknya cadangan gas di luar pulau jawa sedangkan konsumen terkonsentrasi di pulau jawa. Proyek X merupakan proyek pengembangan di Pulau Jawa yang hak pengembangannya dimiliki PT Pertamina EP. Sebagai perusahaan migas yang memiliki karakteristik *capital intensive*, efisiensi dilakukan pada proses investasi terutama pembangunan infrastruktur. Melihat proses bisnisnya, mengoptimalkan lokasi stasiun pengolahan akan meminimalkan biaya investasi pipa sebagai sarana transportasi. Optimasi dilakukan dengan menggunakan model non linear programming dengan tujuan minimasi total biaya. Model optimasi disusun berdasarkan model biaya pada jaringan pipa. Pada penelitian ini, perusahaan dapat menggunakan 6 skema berdasarkan tujuan stasiun pengumpul dan diameter trunkline yang digunakan. Hasil optimasi berupa koordinat x dan koordinat y yang merupakan lokasi optimal bagi perusahaan untuk membangun stasiun pengolahan. Kemudian dilakukan analisis sensitivitas terhadap enam faktor yaitu biaya pengadaan dan instalasi pipa, biaya pembebasan lahan, biaya operasional pipa, biaya pengadaan kompresor, nilai *circuitry factor* pada flowline dan nilai *circuitry factor* pada trunkline. Analisis sensitivitas dilakukan pada semua skema untuk mengetahui faktor kritisnya.

Kata kunci: jaringan pipa, minimasi biaya, optimasi, penentuan lokasi, PT Pertamina EP, stasiun pengolahan

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**GAS PROCESSING FACILITY LOCATION DETERMINATION AND
PIPE NETWORK SCHEMES COMPARISON
OF PROJECT X PT PERTAMINA EP**

Student Name : Muhammad Fazlurrahman Arief
Student ID : 2511100122
Supervisor : Dody Hartanto, S.T, M.T.

ABSTRACT

Indonesia requires energy as the primary needs and the main pillar of development. Natural gas utilization has not been able to be maximized to fulfill the domestic demand because the supply located outside Java Island while consumers are concentrated on Java Island. Project X is a project development located in Java Island that the development right is owned by PT Pertamina EP. As oil and gas companies that have capital intensive characteristics, efficiency must be performed at investment process which is focused in infrastructure development. Based on the business process, optimizing the processing station will minimize the investment in pipeline as transportation facilities. Optimization is using a non-linear programming models with minimizing the total cost as the objective. Optimization model is based on pipeline costing model. In this study, company can use six different schemes based on collection station selection and trunkline diameter that is used. The output of optimization result in x and y coordinates which is described as an optimal location to build a processing station. The following process is by doing sensitivity analysis includes six parameters those are; (1) pipe procurement and installation cost, (2) land acquisition costs, (3) pipe operational cost, (4) compressors procurement cost, (5) value of flowline circuitry factor, and (6) value of trunkline circuitry factor. A sensitivity analysis was performed on all schemes to determine the critical factors.

Keywords: cost minimization, location determination, optimization, pipeline, processing station, PT Pertamina EP.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan banyak nikmat, karunia dan petunjuk sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Penentuan Lokasi Fasilitas Pengolahan Gas Dan Perbandingan Skema Jaringan Pipa Pada Proyek X PT Pertamina EP”. Shalawat serta salam tak lupa kita haturkan kepada Rasulullah SAW.

Selama proses pengerjaan Tugas Akhir, penulis telah mendapatkan banyak bantuan, dukungan, motivasi dan masukan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin memberikan ucapan terimakasih kepada:

1. Ayah dan ibu yaitu Arief Wahidin Soedjono dan Saptawati Iriani, kakak dan adik-adik, Fadilah Husna Arief, Fatimah Hanifati Arief, Muhammad Faruqi Arief dan Muhammad Fauzil Azhim Arief serta keluarga besar yang selalu memberi semangat dan motivasi.
2. Bapak Dody Hartanto selaku dosen pembimbing yang selalu memberi arahan dan masukan selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Setyawati Purwadhani dan Bapak Rizky Sulaksono selaku pembimbing dari perusahaan yang dengan sabar membimbing dan memberi masukan dan arahan selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Prof. Budi Santosa selaku ketua jurusan
5. Bapak Prof. Budi Santoso, Bapak Nurhadi, Bapak Yudha Andrian dan Ibu Diesta selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan.
6. _____ yang selalu memberi semangat dan menjadi motivasi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga... amiin
7. Veresis, Keluarga Besar Teknik Industri angkatan 2011. Kalian luar biasa
8. Mahapati ITS yang memberi banyak warna pada kehidupan kampus penulis hahaha.
9. Efek Rumah Kaca, Pandai Besi. Rino Supriadi Putra, Kelvin Adisetya dan Mochammad Nurman Ibnussalam. Kalian tim terbaik, kapan kita ikut lomba lagi nih?

10. Teman-teman seperjuangan dosen pembimbing pak dody. Alim Syawali, Hana Budi, Medyatika, Ahmad Fraidee dan mas-mas 2008. Semangat rek!
11. Semua orang yang mendoakan baik yang penulis ketahui atau tidak ketahui. Semoga semua doa baiknya kembali ke semuanya.
12. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa pengerjaan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Kritik dan saran sangat penulis butuhkan untuk perbaikan ke depannya. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi para pembacanya. Sekian yang dapat penulis sampaikan, akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Surabaya, 27 Juli 2015

Daftar Isi

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
Daftar Isi.....	vii
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Manfaat	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	6
1.5.1 Batasan.....	6
1.5.2 Asumsi	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Natural gas	9
2.1.1 Sistem Pengolahan Gas.....	9
2.1.2 Sistem Transportasi Gas	10
2.2 Jaringan Pipa.....	11
2.3 Pemetaan.....	11
2.4 Facility Location Problem	12
2.5 P-Median.....	13
2.6 Center of Gravity.....	14
2.7 Model Matematis Jarak Dua Titik.....	15

2.8 Panjang Pipa Dengan <i>Circuitry factor</i>	15
2.9 Optimasi.....	16
2.10 Time Value of Money.....	16
2.10.1 Metode Nilai Sekarang (<i>Net Present value</i>).....	17
2.11 Analisis sensitivitas	17
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Studi Lapangan dan Pengumpulan Data.....	19
3.2 Identifikasi Faktor Penentu Lokasi.....	19
3.3 Pengembangan Model Optimasi	20
3.4 Validasi Model	21
3.5 Skema I - VI.....	22
3.6 Pemetaan Sumur dan Stasiun Pengumpul	23
3.7 Optimasi Lokasi Stasiun Pengolahan	24
3.8 Analisis Sensitivitas.....	24
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	27
4.1 Identifikasi Objek Amatan	27
4.1.1 Gambaran Umum Proyek.....	27
4.1.2 Perencanaan Skema Jaringan Pipa	28
4.1.3 Skema Biaya.....	28
4.1.4 Perencanaan Penempatan Sumur dan Letak Stasiun Pengumpul.....	29
4.1.5 Forecasting Umur Produksi Sumur	31
4.2 Identifikasi Faktor Penentu Lokasi.....	31
4.2.1 Biaya Variabel.....	31
4.2.2 Biaya Tetap	35
4.2.3 <i>Circuitry Factor</i>	40
4.2.4 Umur Operasional Fasilitas.....	42

4.2.5	Present Value.....	42
4.3	Pengembangan Model Optimasi	59
4.3.1	Skema I	60
4.3.2	Skema II.....	61
4.3.3	Skema III.....	62
4.3.4	Skema IV.....	63
4.3.5	Skema V.....	64
4.3.6	Skema VI.....	65
4.4	Validasi Model	66
4.4.1	Face validation	66
4.4.2	Comparison to Other Model.....	66
4.4.3	Nilai Ekstrem pada <i>Circuitry factor</i>	67
4.4.4	Nilai Ekstrem pada biaya investasi.....	67
4.4.5	Nilai Ekstrem pada biaya operasional	68
4.5	Penentuan Lokasi Optimal.....	69
4.5.1	Skema I	69
4.5.2	Skema II.....	70
4.5.3	Skema III.....	71
4.5.4	Skema IV.....	72
4.5.5	Skema V	73
4.5.6	Skema VI.....	74
4.5.7	Perbandingan Hasil Skema	75
BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA		77
5.1	Analisis Karakteristik Khusus Perusahaan	77
5.1.1	<i>Cost Recovery</i>	77
5.1.2	Inventarisasi Aset	77

5.1.3	Metode Transportasi	78
5.2	Analisis Karakteristik Model Optimasi	78
5.2.1	Sifat Unimodal	78
5.2.2	Sifat Unconstrained	79
5.2.3	Faktor Penentu Lokasi	79
5.3	Analisis Metode Validasi.....	83
5.3.1	Nilai ekstrem pada <i>Circuitry factor</i>	84
5.3.2	Nilai ekstrem pada biaya investasi	84
5.3.3	Nilai ekstrem pada biaya operasional	84
5.4	Analisis Metode Optimasi.....	85
5.5	Analisis Hasil Optimasi	85
5.6	Analisis Proporsi Komponen Biaya	86
5.6.1	Skema I	86
5.6.2	Skema II	87
5.6.3	Skema III.....	88
5.6.4	Skema IV.....	89
5.6.5	Skema V	90
5.6.6	Skema VI.....	91
5.7	Analisis Sensitivitas.....	92
5.7.1	Skema I	93
5.7.2	Skema II	95
5.7.3	Skema III.....	97
5.7.4	Skema IV.....	99
5.7.5	Skema V	101
5.7.6	Skema VI.....	103
5.7.7	Analisis faktor kritis	105

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	107
6.1 Kesimpulan	107
6.2 Saran	108
Daftar Pustaka	109

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Daftar Tabel

Tabel 3.1 Skema Optimasi Lokasi.....	23
Tabel 4.1 Koordinat Sumur.....	29
Tabel 4.2 Koordinat Stasiun Pengumpul	30
Tabel 4.3 Umur Produksi Sumur.....	31
Tabel 4.4 Perhitungan satuan biaya pengadaan dan instalasi pipa (i)	32
Tabel 4.5 Perhitungan satuan biaya pengadaan dan instalasi pipa (ii)	32
Tabel 4.6 Satuan biaya pengadaan dan instalasi pipa.....	33
Tabel 4.7 Perhitungan satuan biaya pembebasan lahan.....	33
Tabel 4.8 Perhitungan satuan biaya operasional pipa per tahun	34
Tabel 4.9 Satuan biaya operasional pipa.....	34
Tabel 4.10 Perhitungan biaya sewa tanah.....	35
Tabel 4.11 Waktu pemasangan kompresor	37
Tabel 4.12 Spesifikasi kompresor yang digunakan	37
Tabel 4.13 Biaya pengadaan kompresor	37
Tabel 4.14 Tahun dan biaya pengadaan kompresor berdasarkan diameter trunkline	38
Tabel 4.15 Perhitungan biaya operasional kompresor.....	38
Tabel 4.16 Perhitungan nilai <i>circuitry factor</i> pada flowline.....	40
Tabel 4.17 Perhitungan <i>circuitry factor</i> trunkline menuju SP1	41
Tabel 4.18 Perhitungan <i>circuitry factor</i> trunkline menuju SP2.....	41
Tabel 4.19 Umur operasional fasilitas	42
Tabel 4.20 Detail biaya jaringan pipa flowline dari sumur 1.....	43
Tabel 4.21 Detail biaya jaringan pipa flowline dari sumur 2.....	43
Tabel 4.22 Detail biaya jaringan pipa flowline dari sumur 3.....	43
Tabel 4.23 Detail biaya jaringan pipa flowline dari sumur 4.....	44
Tabel 4.24 Detail biaya jaringan pipa flowline dari sumur 5.....	44
Tabel 4.25 Detail biaya jaringan pipa flowline dari sumur 6.....	44
Tabel 4.26 Detail biaya jaringan pipa flowline dari sumur 7.....	44
Tabel 4.27 Detail biaya jaringan pipa trunkline 8 inch menuju SP1	45

Tabel 4.28	Detail biaya jaringan pipa trunkline 8 inch menuju SP1 (lanjutan)	45
Tabel 4.29	Detail biaya jaringan pipa trunkline 10 inch menuju SP1	45
Tabel 4.30	Detail biaya jaringan pipa trunkline 10 inch menuju SP1 (lanjutan) ..	46
Tabel 4.31	Detail biaya jaringan pipa trunkline 12 inch menuju SP1	46
Tabel 4.32	Detail biaya jaringan pipa trunkline 12 inch menuju SP1 (lanjutan) ..	47
Tabel 4.33	Detail biaya jaringan pipa trunkline 8 inch menuju SP2	47
Tabel 4.34	Detail biaya jaringan pipa trunkline 8 inch menuju SP2 (lanjutan)	47
Tabel 4.35	Detail biaya jaringan pipa trunkline 10 inch menuju SP2	48
Tabel 4.36	Detail biaya jaringan pipa trunkline 10 inch menuju SP2 (lanjutan) ..	48
Tabel 4.37	Detail biaya jaringan pipa trunkline 12 inch menuju SP2	49
Tabel 4.38	Detail biaya jaringan pipa trunkline 12 inch menuju SP2 (lanjutan) ..	49
Tabel 4.39	<i>Present value</i> komponen biaya flowline dari sumur 1	56
Tabel 4.40	<i>Present value</i> komponen biaya flowline dari sumur 2	56
Tabel 4.41	<i>Present value</i> komponen biaya flowline dari sumur 3	57
Tabel 4.42	<i>Present value</i> komponen biaya flowline dari sumur 4	57
Tabel 4.43	<i>Present value</i> komponen biaya flowline dari sumur 5	57
Tabel 4.44	<i>Present value</i> komponen biaya flowline dari sumur 6	57
Tabel 4.45	<i>Present value</i> komponen biaya flowline dari sumur 7	57
Tabel 4.46	<i>Present value</i> komponen biaya trunkline 8 inch menuju SP1	57
Tabel 4.47	<i>Present value</i> komponen biaya trunkline 10 inch menuju SP1	58
Tabel 4.48	<i>Present value</i> komponen biaya trunkline 12 inch menuju SP1	58
Tabel 4.49	<i>Present value</i> komponen biaya trunkline 8 inch menuju SP2	58
Tabel 4.50	<i>Present value</i> komponen biaya trunkline 10 inch menuju SP2	58
Tabel 4.51	<i>Present value</i> komponen biaya trunkline 12 inch menuju SP2	59
Tabel 4.52	Model biaya skema I	60
Tabel 4.53	Model biaya skema II	61
Tabel 4.54	Model biaya skema III	62
Tabel 4.55	Model biaya skema IV	63
Tabel 4.56	Model biaya skema V	64
Tabel 4.57	Model biaya skema VI	65
Tabel 4.58	Model validasi dengan nilai ekstrem pada <i>circuitry factor</i>	67

Tabel 4.59 Hasil lokasi optimal validasi dengan nilai ekstrem pada <i>circuitry factor</i>	67
Tabel 4.60 Model validasi dengan nilai ekstrem pada biaya investasi.....	67
Tabel 4.61 Hasil lokasi optimal validasi dengan nilai ekstrem pada biaya investasi	68
Tabel 4.62 Model validasi dengan nilai ekstrem pada biaya operasional.....	68
Tabel 4.63 Hasil lokasi optimal validasi dengan nilai ekstrem pada biaya operasional	69
Tabel 4.64 Hasil optimasi skema I	69
Tabel 4.65 Hasil optimasi skema II	70
Tabel 4.66 Hasil optimasi skema III.....	71
Tabel 4.67 Hasil optimasi skema IV.....	72
Tabel 4.68 Hasil optimasi skema V	73
Tabel 4.69 Hasil optimasi skema VI.....	74
Tabel 4.70 Perbandingan hasil optimasi	75
Tabel 5.1 Proporsi biaya skema I	86
Tabel 5.2 Proporsi biaya skema II	87
Tabel 5.3 Proporsi biaya skema III.....	88
Tabel 5.4 Proporsi biaya skema IV.....	89
Tabel 5.5 Proporsi biaya skema V	90
Tabel 5.6 Proporsi biaya skema VI.....	91
Tabel 5.7 Rentang ketidakpastian keenam faktor.....	92
Tabel 5.8 Hasil uji sensitivitas skema I	93
Tabel 5.9 Hasil uji sensitivitas skema II	95
Tabel 5.10 Hasil uji sensitivitas skema III	97
Tabel 5.11 Hasil uji sensitivitas skema IV	99
Tabel 5.12 Hasil uji sensitivitas skema VI.....	101
Tabel 5.13 Hasil uji sensitivitas skema VI.....	103

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Daftar Gambar

Gambar 1.1 Skema usaha hulu migas	2
Gambar 1.2 Gambaran fasilitas produksi gas.....	3
Gambar 3.1 Metodologi Penelitian.....	25
Gambar 4.1 Denah lokasi fasilitas	30
Gambar 4.2 Penurunan tekanan pada trunkline.....	36
Gambar 4.3 Model biaya flowline dari sumur 1.....	50
Gambar 4.4 Model biaya flowline dari sumur 2.....	50
Gambar 4.5 Model biaya flowline dari sumur 3.....	51
Gambar 4.6 Model biaya flowline dari sumur 4.....	51
Gambar 4.7 Model biaya flowline dari sumur 5.....	52
Gambar 4.8 Model biaya flowline dari sumur 6.....	52
Gambar 4.9 Model biaya flowline dari sumur 7.....	53
Gambar 4.10 Model biaya trunkline 8 inch menuju SP1	53
Gambar 4.11 Model biaya trunkline 10 inch menuju SP1	54
Gambar 4.12 Model biaya trunkline 12 inch menuju SP1	54
Gambar 4.13 Model biaya trunkline 8 inch menuju SP2.....	55
Gambar 4.14 Model biaya trunkline 10 inch menuju SP2.....	55
Gambar 4.15 Model biaya trunkline 12 inch menuju SP2.....	56
Gambar 4.16 Peta lokasi hasil optimasi skema I.....	70
Gambar 4.17 Peta lokasi hasil optimasi skema II.....	71
Gambar 4.18 Peta lokasi hasil optimasi skema III	72
Gambar 4.19 Peta lokasi hasil optimal skema IV.....	73
Gambar 4.20 Peta lokasi hasil optimal skema V	74
Gambar 4.21 Peta lokasi hasil optimal skema VI.....	75
Gambar 5.1 Bentuk unimodal fungsi optimasi.....	79
Gambar 5.2 Contoh pengaruh umur fasilitas terhadap biaya total	80
Gambar 5.3 Contoh pengaruh biaya variabel terhadap penentuan lokasi.....	81
Gambar 5.4 Contoh pengaruh ukuran pipa dan umur fasilitas.....	82
Gambar 5.5 Pie chart proporsi komponen biaya skema I	87

Gambar 5.6 Pie chart proporsi komponen biaya skema II	88
Gambar 5.7 Pie chart proporsi komponen biaya skema III.....	89
Gambar 5.8 Pie chart proporsi komponen biaya skema IV	90
Gambar 5.9 Pie chart proporsi komponen biaya skema V	91
Gambar 5.10 Pie chart proporsi komponen biaya skema VI.....	92
Gambar 5.11 Spider web diagram analisis sensitivitas skema I.....	95
Gambar 5.12 Spider web diagram analisis sensitivitas skema II	97
Gambar 5.13 Spider web diagram analisis sensitivitas skema III	99
Gambar 5.14 Spider web diagram analisis sensitivitas skema IV	101
Gambar 5.15 Spider web diagram analisis sensitivitas skema V	103
Gambar 5.16 Spider web diagram analisis sensitivitas skema VI.....	105

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hal-hal yang menjadi landasan dalam melakukan penelitian, meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan.

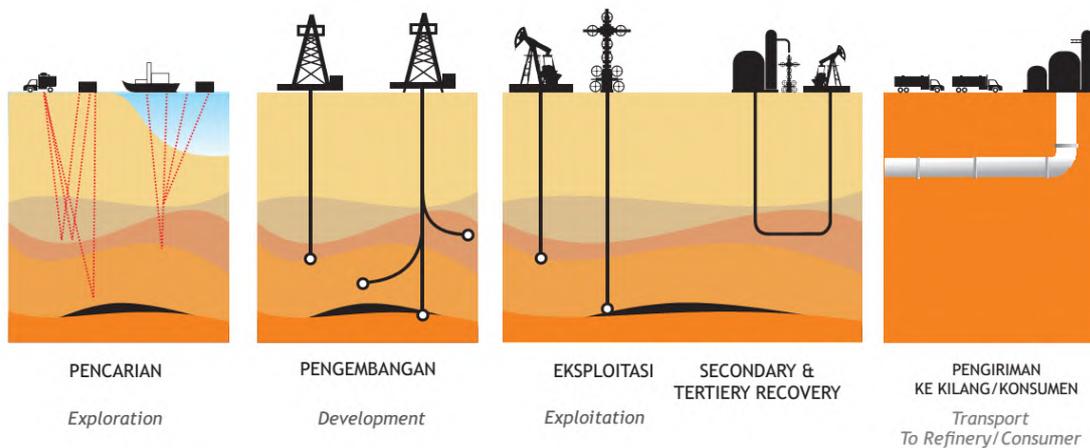
1.1 Latar Belakang

Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 02 Tahun 2008, PT PERTAMINA (Persero) sebagai Badan Usaha Milik Negara (BUMN) memiliki peran dalam memenuhi permintaan minyak dan gas dalam negeri. PT Pertamina EP merupakan salah satu anak perusahaan PT PERTAMINA (Persero) yang bergerak di sektor hulu. PT Pertamina EP memiliki hak pengembangan wilayah kerja di daerah Z yang berada di Pulau Jawa. Berdasarkan “*PT Pertamina EP 2012 Annual Report*”, wilayah kerja ini diprediksi memiliki cadangan sebesar 60.79 BSCF dengan masa produksi hingga 20 tahun. Cadangan gas ini juga diprediksi mampu memenuhi permintaan gas di Pulau Jawa. Pengembangan wilayah kerja yang diberi nama Proyek X ini dapat menjadi solusi permasalahan dalam pemanfaatan sumber daya gas untuk keperluan dalam negeri. Oleh karena itu, pemanfaatan cadangan gas bumi pada wilayah ini harus dilakukan dengan efisien sehingga mampu memenuhi tujuan dalam pemenuhan energi ramah lingkungan dan rendah biaya.

Salah satu karakteristik dari perusahaan migas adalah *capital intensive* yang memiliki arti bahwa perusahaan tersebut memiliki pengeluaran yang sangat besar pada investasi terutama pada infrastruktur jika dibandingkan dengan biaya tenaga kerja (Martin, 2009). PT Pertamina EP sebagai perusahaan migas terutama yang bergerak dibidang hulu, dalam memenuhi tujuan pengadaan energi ramah lingkungan dan rendah biaya ini harus memperhatikan karakteristik tersebut. Untuk mencapai energi yang rendah biaya, PT Pertamina EP harus mampu mengefisienkan proses bisnisnya sehingga biaya yang dikeluarkan menjadi minimal. Efisiensi yang akan memberikan pengaruh sangat besar bagi perusahaan

adalah efisiensi biaya pembangunan infrastruktur. Efisiensi ini dapat dicapai jika perusahaan mampu melakukan proses produksi secara maksimal dengan jumlah, jenis dan perencanaan infrastruktur yang menghasilkan biaya serendah mungkin. Efisiensi ini juga harus disesuaikan dengan proses bisnis yang dijalankan oleh perusahaan sehingga tidak mengganggu proses-proses kritis atau utama yang dijalankan perusahaan.

Kegiatan usaha hulu minyak dan gas bumi diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 35 tahun 2004. Kegiatan ini berintikan atau bertumpu pada kegiatan usaha eksplorasi dan eksploitasi. Eksplorasi merupakan kegiatan yang bertujuan memperoleh informasi mengenai kondisi geologi untuk menemukan dan memperoleh perkiraan cadangan minyak dan gas bumi di wilayah kerja yang ditentukan. Eksploitasi merupakan rangkaian kegiatan yang bertujuan untuk menghasilkan minyak dan gas bumi dari wilayah kerja yang ditentukan.

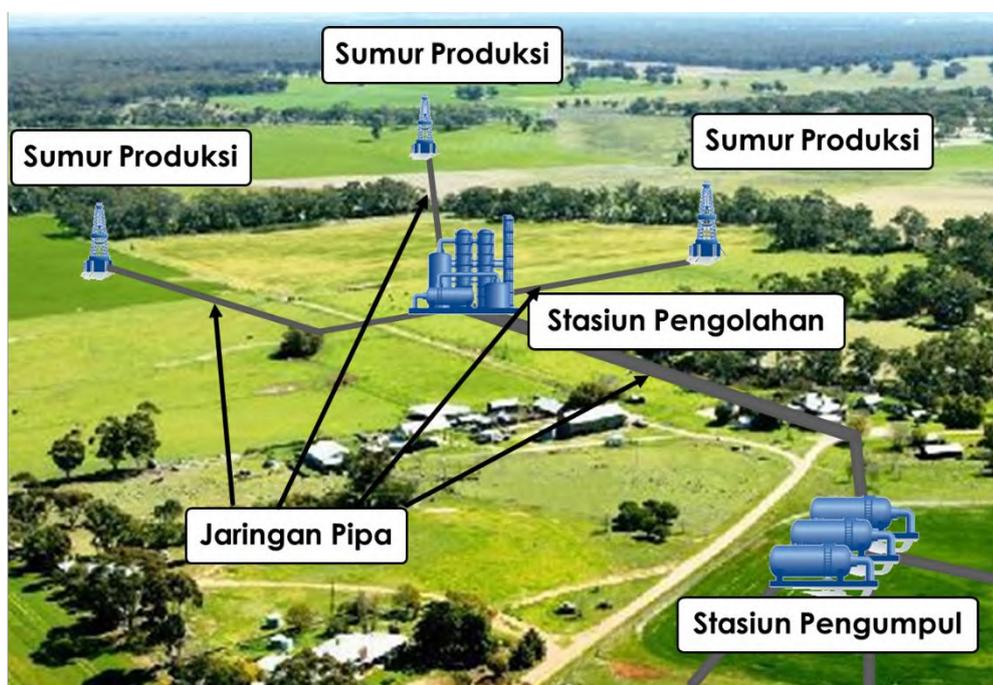


Gambar 1.1 Skema usaha hulu migas

(sumber : PT Pertamina EP 2012 *Annual Report*)

Setelah dilakukan eksplorasi, sebuah wilayah dapat diprediksi memiliki cadangan gas ataupun minyak dan gas didalamnya. Dengan melihat struktur lapisan tanah, dapat diprediksi keberadaan cadangan gas pada struktur tersebut. Kemudian dibangun sumur uji yang akan membuktikan keberadaan cadangan gas pada struktur tersebut. Dari hasil sumur uji ini dapat dihitung dan diprediksi jumlah cadangan yang ada didalamnya. Setelah dilakukan penilaian terhadap faktor

keekonomiannya, jika cadangan tersebut memiliki nilai keekonomian yang baik maka dapat dikategorikan layak produksi. Dalam proses produksinya, dibutuhkan fasilitas-fasilitas berupa sumur produksi, stasiun pengolahan, stasiun pengumpul dan sistem transportasi gas berupa pipa. Sumur produksi berfungsi mengeluarkan cadangan gas dari dalam lapisan tanah. Sumur produksi gas merupakan titik hasil perhitungan dari eksplorasi yang diprediksi dapat mengoptimalkan proses pengangkatan gas dari dalam lapisan tanah ke permukaan. Stasiun pengolahan berfungsi mengolah gas mentah menjadi gas hasil produksi yang dapat dikonsumsi. Stasiun pengumpul merupakan fasilitas pengumpul gas alam yang telah diproses dan siap didistribusikan menuju konsumen. Sumber gas yang didapat dari stasiun pengumpul dapat berasal dari stasiun pengolahan yang berbeda-beda, namun gas yang dikumpulkan harus memiliki spesifikasi atau unsur yang dapat dikategorikan sama. Jaringan pipa merupakan sarana transportasi gas yang mampu menghubungkan semua fasilitas-fasilitas tersebut.



Gambar 1.2 Gambaran fasilitas produksi gas

Menurut Ballou (2004), penentuan lokasi fasilitas pada serangkaian jaringan *supply chain* merupakan sebuah keputusan penting yang akan memberikan

bentuk dan struktur dalam sistem *supply chain*. Selain itu, penentuan lokasi fasilitas dapat mengoptimalkan keuntungan dengan cara mengurangi biaya yang dikeluarkan. Melihat skema fasilitas produksi gas, efisiensi yang dapat dilakukan oleh perusahaan adalah dengan meminimalkan biaya pada jaringan pipa. Hal ini dapat terwujud dengan menempatkan fasilitas-fasilitas pada lokasi yang tepat. Pada proyek ini, stasiun pengumpul telah dibangun dan penempatan lokasi sumur disesuaikan dengan bentuk *reservoir* sehingga lokasinya juga telah ditetapkan. Keadaan ini menjadikan penentuan lokasi stasiun pengolahan yang mampu mempengaruhi jaringan pipa yang akan dibangun. Dengan pemilihan lokasi yang tepat dalam pembangunan stasiun pengolahan, perusahaan akan memiliki jaringan pipa yang tepat dan dapat mengurangi biaya yang dikeluarkan sehingga meningkatkan keuntungan yang akan didapatkan perusahaan.

Beberapa metode yang dapat digunakan dalam melakukan penentuan lokasi fasilitas adalah *Center of Gravity*, P-Median, model *linear programming* dan *non linear programming*. *Center of Gravity* dan P-Median diformulasikan berdasarkan karakteristik perusahaan manufaktur sedangkan model *linear programming* dan *non linear programming* harus disusun sesuai dengan keadaan sebenarnya sehingga karakteristik model harus disesuaikan dengan karakteristik perusahaan migas. Terdapat perbedaan karakteristik pada perusahaan manufaktur dan perusahaan migas, perbedaan tersebut terletak pada pola investasi serta perawatan infrastruktur yang digunakan sebagai sarana transportasi dan pengaruh umur fasilitas yang saling terhubung. Pada perusahaan manufaktur, investasi serta perawatan sarana transportasi berupa jalan tidak dilakukan oleh perusahaan tetapi dikelola oleh pemerintah. Sedangkan pada perusahaan migas, perusahaan harus melakukan investasi dan perawatan sarana transportasi yang berupa pipa. Selain itu, pada perusahaan manufaktur semua fasilitas memiliki umur produksi yang sama. Semua fasilitas yang terhubung akan beroperasi saat perusahaan melakukan produksi, begitu juga ketika perusahaan tidak melakukan produksi maka seluruh fasilitas tidak beroperasi. Sedangkan pada perusahaan migas, sumur produksi yang merupakan *supply* terkadang tidak memiliki umur produksi yang sama. Hal ini menyebabkan umur operasional setiap pipa yang terhubung dengan sumur menjadi tidak sama.

Perbedaan tersebut menyebabkan metode-metode penentuan lokasi yang digunakan pada perusahaan manufaktur tidak cocok jika diterapkan pada perusahaan migas. Metode-metode tersebut harus dikembangkan dan dilakukan penyesuaian sehingga dapat digunakan pada perusahaan migas. Pada penelitian ini akan digunakan metode optimasi dengan model *non linear multivariable* dengan variabel keputusan berupa koordinat lokasi stasiun pengolahan. Karakteristik-karakteristik khusus perusahaan migas akan menjadi faktor-faktor yang mempengaruhi lokasi optimal dari stasiun pengolahan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka dapat dirumuskan permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana menentukan lokasi stasiun pengolahan gas yang dapat meminimalkan biaya investasi dan operasional dalam proses eksploitasi gas.

1.3 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah

- Menentukan lokasi pembangunan stasiun pengolahan sehingga dapat meminimalkan biaya.
- Membandingkan skema penyaluran gas (jaringan pipa) sehingga dapat memberikan keuntungan terbesar bagi perusahaan.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah

- Perusahaan mendapatkan beberapa alternatif lokasi stasiun pengolahan yang mampu meminimalkan biaya.
- Perusahaan dapat membandingkan alternatif skema jaringan pipa sehingga dapat ditentukan perencanaan terbaik bagi perusahaan.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Berikut ini merupakan ruang lingkup yang digunakan selama melakukan penelitian.

1.5.1 Batasan

Batasan yang digunakan dalam penelitian adalah

- Lokasi yang digunakan adalah lokasi yang telah ditetapkan sebagai area kerja Proyek x
- Jaringan pipa yang diperhitungkan hanya dari sumur-sumur produksi hingga ke stasiun pengumpul
- Alternatif pemilihan stasiun pengumpul hanya pada Stasiun Pengumpul 1 (SP1) dan Stasiun Pengumpul 2 (SP2)
- Alternatif diameter pipa trunkline yang dapat digunakan adalah 8 inch, 10 inch dan 12 inch.
- Discount factor yang digunakan sebesar 10% berdasarkan peraturan SKK Migas
- Escalation rate yang digunakan sebesar 3%

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- Daerah yang dipetakan (selain sungai dan bangunan yang sudah ada) dapat dibebaskan lahannya (dapat dilakukan pembangunan stasiun pengolahan).
- Satuan biaya pembebasan lahan relatif sama
- Lokasi yang ditentukan sebagai sumur produksi tidak berubah

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan pada penyusunan laporan ini adalah sebagai berikut

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang permasalahan yang diteliti, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan dan asumsi yang digunakan dalam penelitian dan sistematika penulisan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan mengenai studi literatur yang digunakan sebagai kajian yang menjadi landasan teori bagi penulis dalam menyelesaikan penelitian. Landasan teori yang digunakan diperoleh dari buku dan jurnal yang terkait sehingga penelitian dapat dipertanggungjawabkan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan bagaimana langkah-langkah pengerjaan penelitian dan penggunaan metode dalam penelitian. Metodologi penelitian digunakan agar penelitian dilakukan secara sistematis dan sesuai dengan metode yang digunakan.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini dijelaskan mengenai data-data yang dikumpulkan untuk kemudian diolah sesuai dengan metode yang telah dijabarkan pada metodologi penelitian.

BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Pada bab ini dijelaskan mengenai hasil pengolahan data berdasarkan bab sebelumnya. Kemudian dilakukan analisis mengenai hasil pengolahan data tersebut.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan bab terakhir yang berisi mengenai kesimpulan yang data diambil dari penelitian yang dilakukan. Kesimpulan yang diambil menjawab tujuan-tujuan penelitian. Pada bab ini juga berisi mengenai saran untuk penelitian selanjutnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan secara lebih detail mengenai teori-teori yang digunakan dalam menyusun dan melakukan penelitian.

2.1 Natural gas

Natural gas merupakan gas yang diperoleh dari *reservoir* alami bawah tanah baik itu sebagai gas bebas maupun bersama dengan *crude oil*. Gas ini memiliki komposisi inti karbon dan hydrogen dengan ikatan atom bervariasi yang pada umumnya berupa metana (CH₄) serta hidrokarbon lainnya dengan jumlah yang sedikit. Gas ini umumnya mengandung impuritas (zat yang menyebabkan tidak murni) seperti H₂S, N₂ dan CO₂.

2.1.1 Sistem Pengolahan Gas

Proses pengolahan *natural gas* dibagi menjadi dua tahap proses yang akan menghasilkan produk gas yang dapat digunakan oleh konsumen serta dua jenis proses dalam membantu sistem transportasi gas tersebut.

- *Pemurnian (purification)*. Yaitu tahap menghilangkan material yang dikategorikan impuritas, baik itu material yang bernilai atau tidak. Pemurnian dilakukan agar *natural gas* tidak mengalami hambatan saat digunakan oleh konsumen.
- *Pemisahan (separating)*. Merupakan tahap pemisahan komposisi ikatan karbon yang terdapat pada *natural gas* tersebut. Pemisahan umumnya memanfaatkan perbedaan titik didih sehingga ikatan karbon dengan nilai C yang lebih besar dapat terpisah dengan ikatan karbon dengan nilai C yang lebih kecil. Pemisahan dilakukan sehingga hasil produk gas dapat dibedakan menjadi beberapa produk seperti metana, etana, propana, dan pipeline gas.
- *Liquification*. Proses *liquification* umumnya dilakukan jika gas hasil pemurnian dan pemisahan akan dirubah menjadi LNG (*Liquid Natural gas*). *Liquification* akan merubah fase gas menjadi

cair sehingga dapat dilakukan pengiriman menggunakan kendaraan (pada umumnya kapal LNG) dengan volume gas yang diangkut lebih besar dibandingkan dengan bentuk fase gas.

- *Compressing*. Proses *compressing* merupakan proses pemberian tekanan pada gas sehingga gas dapat dirubah menjadi CNG (*Compressed Natural gas*). CNG juga dapat diangkut dengan kendaraan (umumnya truk tangki atau kapal CNG). Proses *compressing* mampu membuat volume gas yang terangkut lebih besar disbanding gas tanpa kompresi, namun tida lebih besar dari bentuk cairnya (LNG).

2.1.2 Sistem Transportasi Gas

Gas dapat di transportasikan dengan tiga jenis mode transportasi yaitu pipa, bentuk CNG dan bentuk LNG. Penggunaan pipa merupakan mode transportasi yang mengeluarkan biaya paling kecil karena hanya memerlukan investasi pembangunan yang besar namun biaya operasional yang relatif kecil. Kekurangan penggunaan pipa adalah bentuk pipa yang kaku sehingga setelah dilakukan pembangunan tidak ada fleksibilitas dalam sistem transportasinya. Penggunaan pipa umumnya hanya pada wilayah produksi ataupun distribusi pada jarak pendek. Selain itu dapat juga digunakan truk tangki dengan gas yang telah dirubah menjadi berbentuk CNG. Penggunaan bentuk CNG umumnya pada jarak distribusi menengah. Penggunaan CNG memerlukan proses *compressing* dan investasi pada truk serta memerlukan biaya transport setiap melakukan distribusi. Mode transportasi yang terakhir adalah penggunaan kapal LNG dengan mengubah gas ke bentuk LNG. Mode transportasi ini umumnya untuk distribusi jarak jauh terutama antar pulau. Penggunaan LNG memungkinkan pengiriman dengan jumlah yang sangat besar sehingga dengan utilitas yang tinggi, dapat dihasilkan biaya transportasi yang lebih murah dari CNG. Namun dibutuhkan investasi untuk membangun fasilitas untuk proses *liquification* dan kapal LNG. Perusahaan dapat berinvestasi dengan melakukan pengadaan kapal LNG namun umumnya melakukan sistem sewa kapal.

2.2 Jaringan Pipa

Sistem transportasi yang paling sering digunakan dalam memindahkan gas adalah dengan menggunakan pipa. Keuntungan penggunaan pipa adalah terletak pada *cost* yang dikeluarkan oleh perusahaan. Biaya yang dikeluarkan hanya biaya investasi pengadaan dan instalasi, selain itu pipa hanya perlu dilakukan maintenance secara berkala sehingga dapat digunakan hingga umur pakainya benar-benar habis. Penggunaan pipa menguntungkan jika gas yang dialirkan dalam jumlah besar, kontinyu dan dalam jangka waktu lama. Kekurangan penggunaan sistem perpipaan adalah sifat pipa yang kaku sehingga tidak dapat dirubah bentuk dan jalurnya setelah dilakukan instalasi. Selain itu, jika terjadi kerusakan pada salah satu bagian, maka sepanjang jalur pipa tersebut tidak dapat digunakan, sedangkan proses perbaikannya tidaklah mudah karena posisi pipa yang sering kali berada dibawah tanah.

Jenis pipa dapat dibagi menjadi tiga sesuai fungsinya yaitu trunkline, flowline dan sateliteline. Trunkline merupakan pipa yang menyambungkan antara stasiun pengolahan dengan stasiun pengumpul. Flowline merupakan pipa yang menyambungkan antara sumur produksi dengan stasiun pengolahan. Sedangkan sateliteline berfungsi menggabungkan sekelompok flowline sehingga mampu mengalirkan gas dari sekelompok sumur menuju sebuah stasiun pengolahan.

2.3 Pemetaan

Pemetaan adalah penggambaran sebuah lokasi yang menjelaskan mengenai cakupan dan keadaan di sekitar lokasi atau wilayah tersebut (Dahlan, 1995). Selain menggambarkan keadaan suatu wilayah, pemetaan juga membutuhkan skala yang tepat sehingga penggambaran lokasi tersebut menjadi tepat. Pemetaan secara sederhana dilakukan pada bidang dua dimensi (dua koordinat x dan y) sehingga setiap tempat khusus memiliki koordinat yang berbeda dengan tempat lainnya. Penggunaan koordinat dapat membantu dalam menghitung jarak antar tempat dengan memperhatikan skala pada peta tersebut.

2.4 Facility Location Problem

Facility location problem (FLP) merupakan permasalahan yang berkaitan dengan keputusan dalam menentukan lokasi sebuah fasilitas dengan fungsi tujuan meminimasi biaya yang dikeluarkan dalam memenuhi permintaan dari konsumen dengan menggunakan batasan-batasan tertentu (Farahani & Hekmatfar, 2009). Penentuan lokasi sebuah fasilitas memiliki dampak panjang terutama dampak besarnya investasi yang akan dikeluarkan. Berbagai hal harus dipertimbangkan, tidak hanya berdasarkan kondisi eksisting pada sistem yang ada, namun jauh kedepan pada lingkup *lifetime* dari fasilitas tersebut.

Istilah *location problem* mengacu pada pemodelan, formulasi dan solusi dari permasalahan yang berupa penentuan lokasi fasilitas pada area tertentu. Terdapat empat komponen pada FLP yaitu supplier yang diasumsikan telah berada di suatu titik atau rute, konsumen yang juga diasumsikan telah berada di suatu titik atau rute, fasilitas yang akan ditempatkan, serta metric jarak atau waktu antara konsumen dengan fasilitas dan supplier dengan fasilitas (Farahani & Hekmatfar, 2009).

Mayoritas penelitian klasik tentang *location problem* berfokus pada minimasi rata-rata, minimasi total jarak (*median concept*) atau minimasi jarak maksimal (*center concept*). Ogryczak (2000) mengatakan bahwa pemodelan lokasi terbagi menjadi empat kategori, yaitu

1. Model analitis. Model ini berdasar pada beberapa asumsi seperti biaya tetap untuk membangun fasilitas, seluruh permintaan terdistribusi *uniform* dalam area service, dan biaya transportasi per unit per jarak berupa nilai yang tetap. Jarak perjalanan mengikuti matriks *Manhattan*.
2. Model kontinyus. Model ini merupakan model lokasi yang paling tua dengan mempertimbangkan bentuk geometri yang sesuai dengan realita dan berdasarkan kontinuitas area lokasi. Model klasik ini dikategorikan sebagai *Weber Problem*. Jarak dalam *Weber Problem* dapat diselesaikan dengan *straight-line* atau *Euclidean*.
3. Model *network*. Model ini terdiri dari serangkaian *link* dan *node*. Tujuan dari model ini adalah mencari *shortest path* berdasarkan jarak antar *node*.

Beberapa varian model dalam model *network* antara lain *absolute 1-median*, *unweighted 2-center* dan *q-criteria 1-median*.

4. Model diskrit. Dalam model ini terdapat beberapa set kandidat lokasi dimana fasilitas dapat dibangun. *Discrete N-median*, *uncapacitated facility location* dan *coverage model* merupakan beberapa varian model yang banyak diketahui dalam area ini.

2.5 P-Median

P-Median merupakan salah satu jenis model optimasi dimana P merujuk pada jumlah fasilitas pusat pelayanan (*supply center*) yang diperlukan untuk dapat meng-cover seluruh titik permintaan (*demand point*). Menurut Hakimi (1964), P-median merupakan sebuah ide untuk menentukan lokasi optimal dari sebuah fasilitas untuk sebuah populasi yang secara terdistribusi secara geografis pada Q *demand point* sehingga didapatkan rata-rata jarak yang minimal. Pada penelitian selanjutnya, Hakimi (1965) menunjukkan bahwa solusi optimal dari p-median *problem* selalu dapat ditemukan pada node. Sehingga menurut Daskin (1995), p-median *problem* selalu diidentifikasi sebagai permasalahan diskrit. Berikut ini merupakan formulasi model linear integer programming dari p-median *problem* (Rosing, et al, 1979) :

$$\text{Minimize : } \sum_i \sum_j h_i d_{ij} Y_{ij} \dots\dots(1)$$

Subject to :

$$\sum_j Y_{ij} = 1 \quad \forall i$$

$$\sum_j X_j = P$$

$$Y_{ij} - X_j \leq 0 \quad \forall i, j$$

$$X_j = 0,1 \quad \forall j$$

$$Y_{i,j} = 0,1 \quad \forall i, j$$

H_i = weight dari setiap *demand point*

d_{ij} = biaya dari titik I ke j

Y_{ij} = variabel keputusan yang mengindikasikan ada tidaknya perjalanan antara titik I dan j

Konstrain (2) memastikan bahwa setiap *demand point* haruslah berupa satu fasilitas. Pada konstrain (3) X_j merupakan variabel keputusan dan memastikan bahwa jumlah fasilitas yang dialokasikan sebanyak P konstrain (4) mengindikasikan bahwa *demand point* i tidak *diassign* pada j kecuali terdapat fasilitas. Pada konstrain (5) dan (6), nilai 1 menunjukkan bahwa dibuat keputusan alokasi (X) pada j atau perjalanan (Y) dari titik i ke j sedangkan nilai 0 berarti tidak dibuat keputusan tersebut.

2.6 Center of Gravity

Center of Gravity merupakan salah satu model dalam menentukan lokasi yang harus dipilih untuk sebuah pusat distribusi yang harus melayani beberapa titik distribusi. Model ini menghasilkan keputusan lokasi dalam bentuk koordinat karena perhitungannya berdasarkan pada koordinat titik distribusi (*supply* dan *demand*). Selain berdasarkan koordinat titik distribusinya, penentuan lokasi ini juga berdasarkan volume tiap titik distribusi dan *ratanya*. *Rate* merupakan biaya kirim untuk setiap volume dan jarak sehingga memiliki satuan biaya per jarak per volume. *Rate* terkadang tidak digunakan dalam perhitungan jika diasumsikan biaya kirim tersebut sama dari setiap titik distribusinya. *Center of Gravity* ditentukan dengan persamaan berikut

$$Cx = \frac{\sum_i V_i R_i x_i}{\sum_i V_i R_i} \dots\dots(1)$$

dan

$$Cy = \frac{\sum_i V_i R_i y_i}{\sum_i V_i R_i} \dots\dots(2)$$

Cx = *Center of Gravity* sumbu x

Cy = *Center of Gravity* sumbu y

V_i = Volume dari titik distribusi i

- Ri = *Rate* dari titik distribusi i
- Xi = Sumbu x dari koordinat titik distribusi i
- Yi = Sumbu y dari koordinat titik distribusi i

2.7 Model Matematis Jarak Dua Titik

Dalam menghitung jarak antara dua titik yang ada didalam bidang dua dimensi, dapat digunakan beberapa persamaan antara lain persamaan Euclidean, Manhattan atau persamaan lainnya. Persamaan yang paling umum digunakan adalah persamaan Euclidean yang berdasarkan pada teorema pythagoras. Berikut ini merupakan rumus menghitung jarak dua titik dengan menggunakan persamaan Euclidean

$$D_{ab} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \dots\dots\dots (1)$$

- D_{ab} = Jarak titik A ke B
- X₁ = Koordinat x titik A
- Y₁ = Koordinat y titik A
- X₂ = Koordinat x titik B
- Y₂ = Koordinat y titik B

Penggunaan persamaan Euclidean untuk menghitung jarak digunakan pada penelitian ini dalam mengestimasi panjang pipa yang harus dibangun. Perhitungan jarak antara titik sumur produksi dan stasiun pengolahan serta jarak titik stasiun pengolahan dengan stasiun pengumpul akan digunakan dalam menghitung panjang jaringan pipa yang harus dibangun.

2.8 Panjang Pipa Dengan *Circuitry factor*

Dalam pembangunan jaringan perpipaan, terkadang pipa tidak dapat dibangun lurus dari satu titik ke titik lainnya. Hal ini dapat disebabkan oleh banyak hal seperti adanya faktor geografis, adanya lahan yang tidak dapat dibebaskan ataupun sudah adanya bangunan pada jalur tersebut yang membuat pipa harus dibelokkan. Keadaan ini menjadikan perhitungan jarak yang berpengaruh pada perhitungan panjang pipa menjadi tidak tepat. Oleh karena itu, pada perhitungan

jarak perlu dikalikan dengan *circuitry factor*. Berikut ini merupakan perumusan panjang pipa dengan memasukkan *circuitry factor* pada jarak

$$LP_{ab} = k \times D_{ab} \dots\dots\dots (1)$$

LP_{ab} = Panjang pipa dari titik A ke B

K = *Circuitry factor*

D_{ab} = Panjang antara titik A ke B

Nilai *circuitry factor* harus lebih dari atau sama dengan 1. Jika nilai *circuitry factor* sama dengan 1 maka panjang pipa dari titik A ke B sama dengan jarak tegak lurus dari titik A ke B. Sedangkan jika nilai *circuitry factor* lebih dari 1, maka panjang pipa dari titik A ke B akan lebih panjang daripada jarak tegak lurus dari titik A ke B. *Circuitry factor* tidak dapat bernilai kurang dari 1 karena jarak antara titik A ke B merupakan nilai jarak terdekat sehingga panjang pipa tidak dapat lebih pendek dari jarak tegak lurusnya.

2.9 Optimasi

Menurut Seitz (1999) optimasi adalah suatu teknik matematika untuk memilih kombinasi yang optimal dari beberapa alternative. Tujuan dari optimasi umumnya adalah bentuk nilai minimal ataupun maksimal dari sebuah permodelan. Model optimasi ini dipengaruhi oleh variabel keputusan yang merupakan sebuah variabel yang akan merubah nilai model tersebut. Dengan teknik optimasi ini, akan didapatkan nilai variabel keputusan yang akan menjadikan nilai model tersebut sesuai tujuannya (minimasi atau maksimasi). Selain itu, dapat juga terdapat batasan pada nilai variabel keputusan yang disebut dengan constrain.

2.10 Time Value of Money

Time value of money merupakan sebuah pemikiran yang berdasarkan pada pemahaman bahwa nilai uang tidak memiliki kepastian nilai yang sama di masa yang akan datang. Hal ini disebabkan adanya inflasi yaitu menurunnya daya beli uang. Dalam melakukan perbandingan harus digunakan nilai uang pada waktu yang sama. Menurut Pujawan (2012), untuk melakukan ekivalensi nilai uang harus

diketahui mengenai jumlah uang yang dipinjam atau diinvestasikan, periode waktu investasi atau peminjaman, dan tingkat bunga yang dikenakan.

2.10.1 Metode Nilai Sekarang (*Net Present value*)

Penilaian sebuah investasi harus dilakukan setelah nilai uang atau aliran kas dirubah pada waktu yang sama. Begitu juga jika melakukan perbandingan nilai beberapa investasi. Metode nilai sekarang (*Net Present value*) digunakan untuk mengetahui nilai dari sebuah investasi. Metode ini menggunakan konsep merubah nilai sejumlah uang atau aliran kas dimasa depan menjadi nilai saat ini. Metode nilai sekarang menggunakan persamaan berikut ini

$$P(i) = \sum_{t=0}^N \frac{A_t}{(1+i)^t} \dots\dots\dots(1)$$

P(i) = Nilai sekarang dari keseluruhan aliran kas pada tingkat bunga i%

A_t = Aliran kas pada akhir periode t

i = Tingkat suku bunga

N = Horizon perencanaan (periode)

2.11 Analisis sensitivitas

Dalam setiap perencanaan tentu tidak dapat dipastikan rencana tersebut berjalan sesuai yang direncanakan. Oleh karena itu, dilakukan asumsi-asumsi keadaan saat dijalankannya rencana tersebut. Asumsi-asumsi keadaan tersebut dilakukan untuk mempermudah perhitungan mengenai rencana tersebut terutama mengenai kelayakannya. Namun, asumsi-asumsi keadaan tersebut bisa menjadi tidak sesuai dengan keadaan saat rencana tersebut dijalankan. Adanya kemungkinan-kemungkinan tersebut berarti harus diadakan analisis kembali untuk meninjau dan mengetahui sejauh mana hasil perhitungan terutama kelayakan rencana tersebut berubah sehubungan dengan adanya perubahan-perubahan tersebut. Tindakan menganalisis kembali ini dinamakan analisis sensitivitas (*sensitivity analysis*). Analisis sensitivitas dapat dikatakan suatu kegiatan menganalisis kembali suatu proyek untuk melihat apakah yang akan terjadi pada proyek tersebut bila suatu proyek tidak berjalan sesuai rencana. Analisis sensitivitas ini mencoba melihat suatu realitas proyek yang didasarkan pada kenyataan bahwa

proyeksi dari suatu rencana proyek sangat dipengaruhi oleh unsur-unsur ketidakpastian mengenai apa yang terjadi di masa mendatang (Gittinger dan Hans Adler, 1993).

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai metodologi yang dilakukan dalam penelitian. Dijelaskan juga mengenai langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian baik secara gambaran umum maupun detail setiap langkahnya.

3.1 Studi Lapangan dan Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan studi lapangan dengan tujuan mengidentifikasi keadaan perencanaan fasilitas yang dilakukan oleh perusahaan. Beberapa hal yang akan diidentifikasi adalah

- Perencanaan skema jaringan pipa.
- Skema biaya pada tahap konstruksi maupun operasional.
- Forecasting umur produksi maupun volume produksi dari setiap sumur.
- Permintaan yang diterima oleh perusahaan.
- Perencanaan dalam penempatan fasilitas produksi terutama penempatan sumur-sumur produksi yang akan dibangun.

Pada tahap ini juga dilakukan pengumpulan data yang akan digunakan dalam pengembangan model optimasi. Beberapa data yang dikumpulkan adalah

- Biaya investasi dan biaya operasional yang terkait dengan perpipaan dan volume gas produksi.
- Data empiris panjang pipa dan panjang jarak tegak lurus dari dua titik yang dihubungkan pipa tersebut. Penggunaan data panjang pipa ini untuk menentukan nilai *circuitry factor* dalam menentukan jarak panjang pipa.
- Koordinat dari sumur-sumur produksi dan stasiun pengumpul yang akan digunakan dalam pemetaan lokasi sebagai titik-titik distribusi.
- Peramalan umur dan produksi gas dari masing-masing sumur.

3.2 Identifikasi Faktor Penentu Lokasi

Berdasarkan data-data yang telah dikumpulkan, dilakukan identifikasi terhadap data-data yang mempengaruhi proses penentuan lokasi. Data-data tersebut akan menjadi faktor penyusun biaya yang digunakan dalam menyusun

pengembangan model optimasi dalam menentukan titik optimal stasiun pengolahan. Faktor penyusun biaya ini dibagi menjadi dua yaitu biaya investasi dan operasional. Beberapa faktor biaya yang menjadi penentu tersebut adalah

- Biaya pembebasan lahan
- Biaya pengadaan dan instalasi pipa
- Biaya operasional pipa yang dipengaruhi oleh umur sumur

Sementara faktor-faktor biaya yang tidak dapat menjadi penentu lokasi optimal stasiun pengolahan adalah biaya pembangunan fasilitas produksi baik itu sumur maupun stasiun pengolahan.

3.3 Pengembangan Model Optimasi

Pada tahap ini dilakukan pengembangan model optimasi dalam menentukan titik lokasi optimal pembangunan stasiun pengolahan. Pengembangan model optimasi dilakukan dengan menggunakan model matematis nonlinear programming dengan tujuan meminimasi biaya. Variabel keputusan yang berupa titik koordinat akan mempengaruhi total jarak dengan masing-masing sumur produksi dan stasiun pengumpul yang dengan nilai *circuitry factor* didapatkan estimasi panjang pipa. Faktor-faktor penyusun biaya ini kemudian akan dikombinasikan dengan panjang pipa dan volume dari sumur produksi dan pipa yang menuju ke stasiun pengumpul sehingga didapatkan total biayanya. Dengan tujuan meminimumkan total biaya, didapat model matematis untuk menentukan titik optimal pembangunan stasiun pengolahannya. Bentuk persamaan model optimasinya adalah sebagai berikut

$$\min f(x) = \sum_{i=1}^7 (\sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2} \times k_i \times NPVvar_i + NPVfix_i) + \sqrt{(x_j - x)^2 + (y_j - y)^2} \times k_j \times NPVvar_j + NPVfix_j + \left(\left(k_j \times \sqrt{(x_j - x)^2 + (y_j - y)^2} \right) - ds_j \right) \times Bp + ds_j \times NPVRp... (1)$$

X_i = Koordinat x sumur i

Y_i	= Koordinat y sumur i
X_j	= Koordinat x Stasiun Pengumpul j
Y_j	= Koordinat y Stasiun Pengumpul j
X	= Koordinat x Stasiun Pengolahan
Y	= Koordinat y Stasiun Pengolahan
K_i	= <i>Circuitry factor</i> flowline
K_j	= <i>Circuitry factor</i> trunkline
NPV_{var_i}	= Nilai NPV dari biaya variabel jaringan pipa dari sumur i
NPV_{fix_i}	= Nilai NPV dari biaya tetap jaringan pipa dari sumur i
NPV_{var_j}	= Nilai NPV dari biaya variabel jaringan pipa menuju stasiun pengumpul j
NPV_{fix_j}	= Nilai NPV dari biaya tetap jaringan pipa menuju stasiun pengumpul j
Ds_j	= Panjang tanah sewa menuju Stasiun Pengumpul j
B_p	= Harga beli tanah
NPV_{Rp}	= Nilai NPV dari biaya sewa tanah

Tujuan dari persamaan ini adalah meminimalkan total biaya yang dipengaruhi oleh *Net Present value* pipa dari fasilitas-fasilitas yang terhubung dengan stasiun pengolahan. *Net Present value* pipa terdiri dari biaya variabel dan biaya tetap pada pipa tersebut. Sumur i merupakan sumur produksi yang terdiri dari tujuh sumur produksi, sedangkan stasiun pengumpul j merupakan tujuan stasiun pengumpul disesuaikan dengan skema. Besarnya biaya investasi dan biaya operasional dipengaruhi oleh panjang pipa dari sumur i dan stasiun pengumpul j. Variabel keputusan dari persamaan tersebut adalah x dan y yang berupa koordinat stasiun pengolahan. Sehingga dengan mengoptimalkan persamaan tersebut akan didapatkan titik lokasi stasiun pengolahan dalam bentuk koordinat x dan y yang dapat membuat biaya yang akan dikeluarkan akan menjadi minimal.

3.4 Validasi Model

Pada tahap ini dilakukan validasi terhadap model yang telah disusun. Validasi dilakukan dengan beberapa cara yaitu

1. *Face validation* yaitu menilai konsep biaya yang digunakan dalam model kepada pakar yang merupakan ahli dalam manajemen fasilitas produksi pada proyek ini.
2. *Comparison to other model* yaitu membandingkan konsep model dengan menggunakan model Euclidean sebagai acuan konsep model jarak dan p-median sebagai acuan konsep model total biayanya.
3. Menguji model dengan memasukkan data ekstrem pada salah satu faktor sehingga dapat dikategorikan valid jika hasil dari model sesuai dengan hasil yang diperkirakan. Beberapa skenario pengujian model diantaranya adalah
 - Menggunakan nilai *circuitry factor* yang sangat besar pada salah satu jaringan pipa sehingga dikategorikan valid jika titik optimal mendekati fasilitas yang jaringan pipanya memiliki nilai *circuitry factor* sangat besar tersebut.
 - Menggunakan biaya investasi yang sangat mahal yang terdiri dari biaya investasi pipa dan biaya pembebasan lahan pada salah satu jaringan pipa sehingga dikategorikan valid jika titik optimal mendekati fasilitas yang jaringan pipanya memiliki biaya investasi sangat besar tersebut.
 - Menggunakan biaya operasional yang sangat mahal pada salah satu jaringan pipa sehingga dikategorikan valid jika titik optimal mendekati fasilitas yang jaringan pipanya memiliki biaya operasional sangat mahal tersebut.

Jika hasilnya adalah model itu valid, maka dilanjutkan pada perhitungan pada enam skema yang berbeda. Namun jika hasilnya model tidak valid, dilakukan penyusunan kembali model optimasi dengan mengevaluasi faktor-faktor yang mempengaruhi biaya.

3.5 Skema I - VI

Pada tahap ini, perhitungan akan dilakukan dengan menggunakan enam skema yang berbeda. Perbedaan skema-skema tersebut adalah pada stasiun

pengumpul yang menjadi tujuan penyaluran gas dari stasiun pengolahan dan besar pipa yang digunakan untuk trunkline.

Tabel 3.1 Skema Optimasi Lokasi

	Tujuan Stasiun Pengumpul	Ukuran Trunkline
Skema I	Stasiun Pengumpul 1	8 inch
Skema II	Stasiun Pengumpul 1	10 inch
Skema III	Stasiun Pengumpul 1	12 inch
Skema IV	Stasiun Pengumpul 2	8 inch
Skema V	Stasiun Pengumpul 2	10 inch
Skema VI	Stasiun Pengumpul 2	12 inch

Stasiun pengumpul (SP) yang dapat dijadikan alternatif pilihan adalah SP 1 dan SP 2. Perbedaan kedua SP tersebut adalah pada letaknya. SP 1 berada relatif pada arah selatan dari lokasi sumur-sumur produksi, sedangkan SP 2 berada relatif pada arah barat laut dari lokasi sumur-sumur produksi. Dari setiap alternatif tujuan SP tersebut, dapat digunakan tiga alternatif pilihan besar diameter trunkline yaitu dengan diameter 8 inch, 10 inch dan 12 inch. Perbedaan besar diameter pipa tersebut akan berpengaruh pada besarnya investasi pembangunan yang harus dikeluarkan oleh perusahaan. Selain itu, setiap pilihan pipa memberikan dampak pada waktu pemasangan kompresor. Pengadaan kompresor menggunakan skema beli dengan biaya yang sudah termasuk dengan pengadaan, instalasi dan kebutuhan pendukung kompresor lainnya. Operasional kompresor juga dipengaruhi waktu pemasangan karena operasional kompresor mulai dikeluarkan perusahaan sejak instalasi kompresor telah selesai dilakukan. Keenam skema ini dihitung agar dapat terlihat perbedaan dari masing-masing skema dan dapat menjadi pertimbangan bagi perusahaan dalam menentukan skema yang paling menguntungkan. Pada keenam skema ini kemudian dilakukan pemetaan, optimasi lokasi stasiun pengumpul dan analisis sensitivitas.

3.6 Pemetaan Sumur dan Stasiun Pengumpul

Pada tahap ini dilakukan pemetaan dengan menggunakan dua koordinat (koordinat x dan y). Pemetaan dilakukan pada titik lokasi sumur-sumur produksi dan titik stasiun pengumpul. Hasil pemetaan ini nantinya akan digunakan pada

model optimasi sehingga dapat dilakukan perhitungan jarak dan dapat ditentukan titik lokasi paling optimal untuk pembangunan stasiun pengolahan.

3.7 Optimasi Lokasi Stasiun Pengolahan

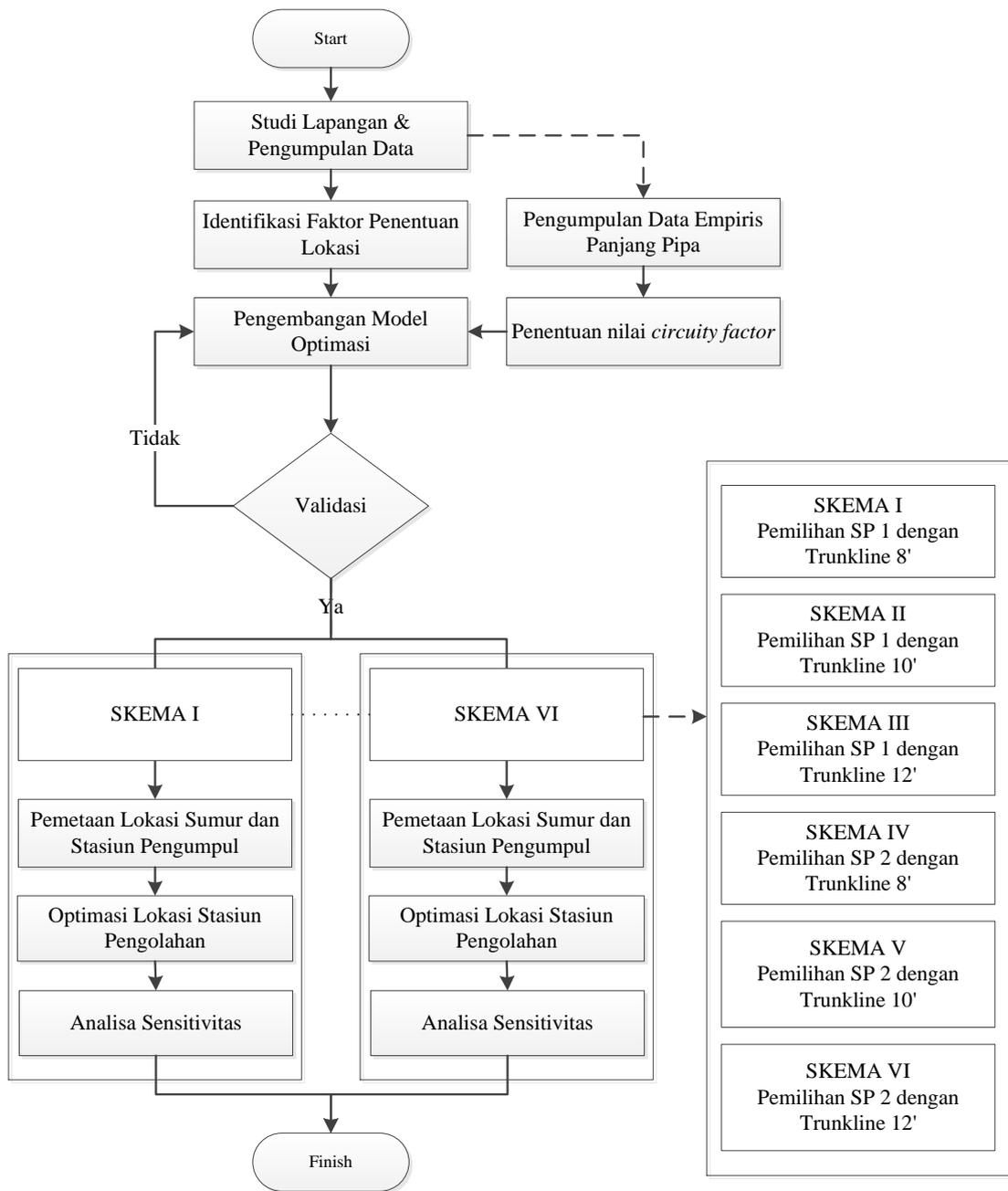
Pada tahap ini dilakukan optimasi lokasi stasiun pengolahan berdasarkan model non linear programming yang telah dibuat. Optimasi dilakukan dengan bantuan software solver yaitu dengan menggunakan konsep *searching method* untuk multivariable. Hasil optimasi adalah titik koordinat sebagai keputusan dimana stasiun pengolahan optimalnya dibangun.

3.8 Analisis Sensitivitas

Tahap terakhir yang dilakukan adalah analisis sensitivitas. Analisis sensitivitas dilakukan dengan menentukan batas biaya maksimal yang dikeluarkan sehingga lokasi stasiun pengumpul tersebut masih dapat dikatakan layak. Kemudian ditentukan faktor-faktor yang akan dianalisis ketidakpastiannya yaitu

- Biaya pengadaan dan instalasi pipa
- Biaya pembebasan lahan
- Biaya operasional pipa
- Biaya pengadaan kompresor
- Nilai *circuity factor* pada flowline
- Nilai *circuity factor* pada trunkline

Ketidakpastian dari setiap faktor akan dianalisis dengan batas perubahan yang sudah ditentukan. Dari hasil analisis tersebut akan didapatkan kesimpulan apakah lokasi stasiun pengolahan tersebut masih dapat dikatakan layak walaupun faktor-faktor tersebut tidak sesuai dengan perhitungan awalnya. Selain itu, akan dilakukan analisis untuk mengetahui faktor kritis dan batas kritis dari faktor tersebut yang tetap membuat lokasi stasiun pengolahan dikatakan layak (tidak melebihi batas biaya maksimal).



Gambar 3.1 Metodologi Penelitian

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil identifikasi objek, identifikasi faktor penentu lokasi, pengembangan model optimasi, validasi model, penentuan lokasi optimal dan analisis sensitivitas.

4.1 Identifikasi Objek Amatan

Penyusunan sebuah model harus mampu merepresentasikan kondisi sebenarnya dari sebuah sistem yang dimodelkan. Oleh karena itu dibutuhkan proses identifikasi terhadap sistem amatan. Penelitian ini melakukan pengembangan model penentuan lokasi dengan mempertimbangkan karakteristik khusus pada sistem eksploitasi gas. Identifikasi yang dilakukan terkait dengan gambaran umum proyek, perencanaan skema jaringan pipa, skema biaya pada tahap konstruksi maupun operasional, forecasting umur produksi sumur, perencanaan penempatan sumur produksi.

4.1.1 Gambaran Umum Proyek

Proyek X merupakan proyek pengembangan cadangan gas bumi yang terletak di Pulau Jawa. Berdasarkan hasil eksplorasi, diperkirakan cadangan gas bumi sampai tahun 2036 (akhir kontrak KKKS PT. Pertamina EP) adalah sebesar 64.45 BSCF dengan puncak produksi gas 14 MMSCFD. Gas akan diproduksi melalui tujuh sumur yaitu tiga sumur temuan eksplorasi (eksisting) dan empat sumur pengembangan. Hasil produksi gas sumur kemudian diolah pada sebuah stasiun pengolahan. Gas hasil pengolahan tersebut dialirkan menuju sebuah stasiun pengumpul yang kemudian didistribusikan kepada konsumen. Perusahaan memiliki dua alternatif tujuan stasiun pengumpul dengan kapasitas yang sama. Hasil distribusi dari kedua stasiun pengumpul tersebut memiliki harga jual yang sama sehingga pemilihan salah satu stasiun pengumpul tidak mempengaruhi pendapatan.

4.1.2 Perencanaan Skema Jaringan Pipa

Jaringan pipa yang akan dibangun akan menghubungkan tujuh sumur produksi menuju stasiun pengolahan dan dari stasiun pengolahan menuju stasiun pengumpul. Pipa yang digunakan adalah flowline dan trunkline. Flowline menghubungkan setiap sumur dengan stasiun pengolahan dengan diameter pipa sebesar 4 inch. Trunkline menghubungkan stasiun pengolahan dengan stasiun pengumpul. Perusahaan dapat menggunakan tiga jenis ukuran diameter trunkline untuk mengalirkan volume gas yang sama, yaitu ukuran 8 inch, 10 inch dan 12 inch.

4.1.3 Skema Biaya

Biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan dibagi menjadi dua jenis yaitu biaya investasi dan biaya operasional.

a. Biaya Investasi

Biaya investasi merupakan biaya yang dikeluarkan perusahaan sebelum proses produksi dilakukan (biaya yang dikeluarkan pada tahun ke 0). Biaya investasi terdiri dari biaya pembebasan lahan dan biaya pengadaan dan instalasi pipa.

Biaya pembebasan lahan merupakan biaya yang dikeluarkan untuk membebaskan lahan sebagai tempat ditanamkannya pipa. Biaya ini didasarkan pada hasil survey langsung yang dibagi menjadi biaya sewa tanah dan biaya pembebasan tanah (beli).

Biaya pengadaan dan instalasi pipa merupakan biaya yang dikeluarkan untuk membangun jaringan pipa yang terdiri dari biaya pengadaan material pipa, biaya *engineering*, biaya pembentukan jalur ROW, biaya manifold, biaya pig launcher, biaya pig receiver, biaya sertifikasi, biaya supervise dan biaya katodik berdasarkan pembangunan pipa yang telah dilakukan pada Proyek W.

b. Biaya Operasional

Biaya operasional merupakan biaya yang dikeluarkan perusahaan selama melakukan proses produksi (biaya yang dikeluarkan setelah tahun ke 0). Biaya operasional terdiri dari biaya operasional pipa, biaya pengadaan kompresor dan biaya operasional kompresor.

Biaya operasional pipa merupakan biaya yang dikeluarkan selama pipa beroperasi. Biaya ini terdiri dari permesinan head pump, operasional produksi, consumable material dan material penggantian insulation flange berdasarkan biaya operasional pipa yang telah dilakukan pada Proyek W.

Biaya pengadaan kompresor merupakan biaya yang dikeluarkan untuk melakukan pengadaan dan instalasi kompresor. Kompresor dibutuhkan untuk menjaga tekanan gas yang dialirkan agar trunkline mampu mengalirkan volume gas sesuai perencanaan produksi. Biaya ini berdasarkan spesifikasi kompresor yang akan digunakan dan spesifikasi kompresor berdasarkan diameter trunkline yang digunakan. Ukuran diameter trunkline juga mempengaruhi waktu pengadaan kompresor.

Biaya operasional kompresor merupakan biaya tahunan yang harus dikeluarkan perusahaan sejak kompresor dipasang. Biaya ini terdiri dari biaya bahan bakar, penggantian komponen tahunan, maintenance tahunan dan biaya jasa operasional kompresor berdasarkan operasional yang telah dilakukan pada proyek pengembangan A.

4.1.4 Perencanaan Penempatan Sumur dan Letak Stasiun Pengumpul

Penempatan sumur direncanakan berdasarkan bentuk reservoir dan prediksi perhitungan lokasi yang mampu menghasilkan produksi yang maksimal dengan jumlah sumur minimal. Berikut ini merupakan penempatan sumur yang dilakukan oleh perusahaan.

Tabel 4.1 Koordinat Sumur

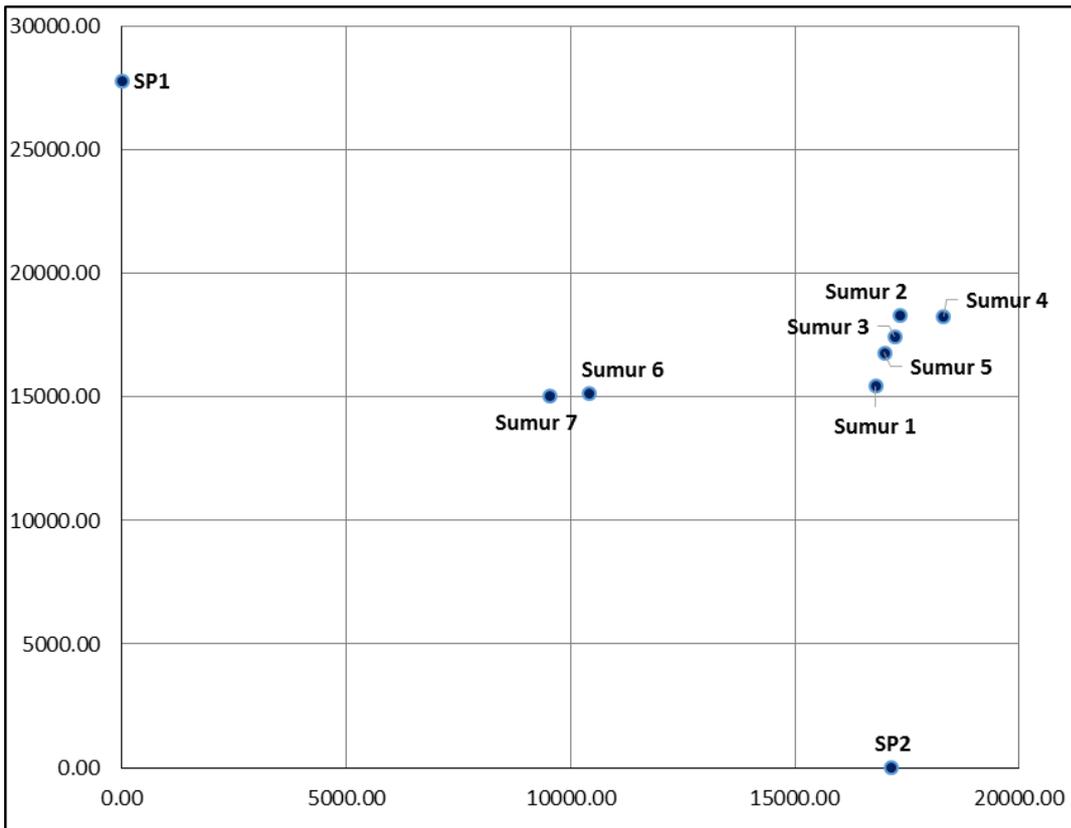
Nama Sumur	Koordinat x	Koordinat y
Sumur 1	16798.73	15432.54
Sumur 2	17346.72	18313.36
Sumur 3	17223.79	17452.37
Sumur 4	18316.79	18283.69
Sumur 5	17004.64	16800.34
Sumur 6	10406.01	15143.00
Sumur 7	9528.50	15029.45

Terdapat dua stasiun pengumpul yang dapat dijadikan alternatif oleh perusahaan. Kedua stasiun pengumpul tersebut dapat menampung dan mendistribusikan semua gas produksi yang dihasilkan. Berikut ini merupakan letak stasiun pengumpul tersebut.

Tabel 4.2 Koordinat Stasiun Pengumpul

Nama Stasiun Pengumpul	Koordinat x	Koordinat y
SP1	0.00	27802.58
SP2	17157.48	0.00

Berikut ini merupakan gambaran lokasi seluruh fasilitas (sumur-sumur produksi dan kedua stasiun pengumpul).



Gambar 4.1 Denah lokasi fasilitas

4.1.5 Forecasting Umur Produksi Sumur

Umur produksi sumur dihitung berdasarkan hasil proses eksplorasi. Berdasarkan bentuk reservoir, hasil uji tekanan pada sumur uji, dan hasil uji kandungan reservoir pada sumur uji dilakukan forecasting dengan software (Hak cipta milik perusahaan) yang mampu menghitung detail produksi dari sumur tersebut. Berikut ini merupakan hasil forecasting umur produksi dari sumur-sumur.

Tabel 4.3 Umur Produksi Sumur

Nama Sumur	Umur Sumur
Sumur 1	3 Tahun
Sumur 2	32 Tahun
Sumur 3	32 Tahun
Sumur 4	32 Tahun
Sumur 5	32 Tahun
Sumur 6	9 Tahun
Sumur 7	15 Tahun

Umur produksi sumur merupakan prediksi berapa lama sumur tersebut mampu menghasilkan output berupa gas secara alami tanpa diberikan perlakuan oleh perusahaan. Forecasting dilakukan dengan metode memaksimalkan umur sumur dengan menjaga tekanan dari dalam reservoir.

4.2 Identifikasi Faktor Penentu Lokasi

Berdasarkan hasil identifikasi terhadap perencanaan proyek X, terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi keputusan lokasi optimal stasiun pengolahan. Faktor-faktor tersebut adalah skema biaya yang terdiri dari biaya variabel dan biaya tetap, *circuitry factor* dan umur operasional fasilitas.

4.2.1 Biaya Variabel

Biaya variabel merupakan biaya yang memiliki satuan biaya per meter panjang pipa, sehingga total biaya variabel bergantung pada panjang pipa yang dibangun. Biaya yang diidentifikasi sebagai biaya variabel adalah biaya pengadaan dan instalasi pipa, biaya pembebasan lahan dan biaya operasional pipa.

a. Biaya pengadaan dan instalasi pipa

Perhitungan satuan biaya pengadaan dan instalasi pipa menggunakan referensi Proyek W yang dilakukan pada tahun 2012 pada wilayah kerja yang cukup berdekatan dengan Proyek x sehingga perbedaan harga dan peraturan terkait pengadaan dan instalasi pipa tidak akan jauh berbeda. Berikut merupakan perhitungan satuan biaya pengadaan dan instalasi pipa.

Tabel 4.4 Perhitungan satuan biaya pengadaan dan instalasi pipa (i)

	Biaya		Pipa Gas	Pipa Air
Pipa 10" & 6"	\$ 7,672,509.00	Panjang pipa (meter)	27000	27000
Accessories	\$ 1,216,965.00	Size pipa	10 inch	6 inch
Jasa	\$ 1,433,328.51	Total	270000	162000
SKPP dan Welder Test	\$ 96,029.97	Total Volume	432000	
Keamanan	\$ 194,666.67	Total Biaya	\$ 10,613,499.15	
Total Biaya	\$ 10,613,499.15	Satuan Biaya	\$ 25.00	/inch/meter

Tabel 4.5 Perhitungan satuan biaya pengadaan dan instalasi pipa (ii)

Item Pekerjaan	Biaya	Satuan
Pipa Flowline 4"	\$ 300,000.00	
Engineering	\$ 4,335.00	
Pembentukan jalur ROW	\$ 43,852.00	
Manifold 2 Header 4 Flowline	\$ 60,000.00	
Pig Launcher 4" x 6" package	\$ 12,767.00	
Pig Receiver 4" x 6" package	\$ 16,909.00	
Sertifikasi	\$ 9,600.00	
Supervisi	\$ 13,006.00	
Katodik	\$ 24,600.00	
Total Biaya	\$ 485,069.00	
Panjang Pipa	4800	meter
Diameter Pipa	4	inch
Total volume	19200	meter inch
Satuan biaya	\$ 25.00	/inch/meter

Setelah menghitung total biaya dan total volume pipa yang dibangun, perhitungan satuan biaya didapatkan dari pembagian total biaya dengan total

volume pipa. Berdasarkan dua sumber referensi perhitungan, didapatkan satuan biaya pengadaan dan instalasi pipa sebesar \$25.00/inch/meter. Satuan biaya ini kemudian dikali dengan diameter pipa yang digunakan sehingga menjadi biaya variabel dengan satuan biaya per meter panjang pipa. Berikut ini satuan biaya variabel dari setiap jenis pipa dan diameternya.

Tabel 4.6 Satuan biaya pengadaan dan instalasi pipa

Jenis Pipa	Diameter	Satuan biaya
Flowline	4 inch	\$100.00/meter
Trunkline	8 inch	\$200.00/meter
Trunkline	10 inch	\$250.00/meter
Trunkline	12 inch	\$300.00/meter

b. Biaya pembebasan lahan

Biaya pembebasan lahan merupakan hasil survey langsung yang telah dilakukan perusahaan. Berdasarkan hasil survey terdapat perbedaan pada harga tanah untuk wilayah sumur dan menuju stasiun pengumpul 1 dengan harga tanah menuju stasiun pengumpul 2. Perbedaan harga ini disebabkan tanah yang ada di wilayah menuju stasiun pengumpul 2 merupakan tanah yang mulai mendekati pemukiman. Lebar tanah yang akan dibebaskan adalah 2 meter sesuai dengan kebutuhan pipa dan peraturan yang berlaku. Berikut ini merupakan perhitungan satuan biaya pembebasan lahan.

Tabel 4.7 Perhitungan satuan biaya pembebasan lahan

	Biaya	Satuan
Harga tanah wilayah sumur	Rp 150,000.00	/m ²
Harga tanah menuju SP1	Rp 150,000.00	/m ²
Harga tanah menuju SP2	Rp 340,000.00	/m ²
Lebar tanah yang dibebaskan	2	Meter
Kurs yang digunakan	Rp 12,500.00	
Satuan harga tanah sumur	\$ 24.00	/meter
Satuan harga tanah menuju SP1	\$ 24.00	/meter
Satuan harga tanah menuju SP2	\$ 54.40	/meter

Harga tanah dari setiap wilayah dikali dengan lebar tanah sehingga didapatkan satuan biaya per meter panjangnya. Kemudian dengan penggunaan kurs sebesar Rp12,500.00 maka didapatkan satuan harga tanah pada setiap wilayah yang akan dibebaskan tanahnya.

c. Biaya Operasional Pipa

Perhitungan satuan biaya operasional pipa menggunakan referensi Proyek W yang dilakukan sepanjang tahun 2013 sehingga perbedaan harga terkait operasional pipa tidak akan jauh berbeda. Berikut merupakan perhitungan satuan biaya operasional pipa.

Tabel 4.8 Perhitungan satuan biaya operasional pipa per tahun

Komponen Biaya	Biaya	Satuan
Machining Head Pump	\$ 41.62	
Biaya Operasi Produksi	\$ 3,043.20	
Consumable Material	\$ 1,825.52	
Material Penggantian Insulation Flange	\$ 142.73	
Total Biaya	\$ 5,053.07	
Panjang pipa	1450	meter
Diameter pipa	4	inch
Total volume pipa	5800	
Nilai satuan biaya operasional	\$ 0.87	/inch/meter/tahun

Setelah menghitung total biaya dan total volume pipa yang dibangun, perhitungan satuan biaya didapatkan dari pembagian total biaya dengan total volume pipa. Berdasarkan perhitungan tersebut, didapatkan satuan biaya operasional pipa sebesar \$ 0.87/inch/meter/tahun. Satuan biaya ini kemudian dikali dengan diameter pipa yang digunakan sehingga menjadi biaya variabel dengan satuan biaya per meter panjang pipa.

Tabel 4.9 Satuan biaya operasional pipa

Jenis Pipa	Diameter	Satuan biaya
Flowline	4 inch	\$ 3.48/meter/tahun
Trunkline	8 inch	\$ 6.96/meter/tahun
Trunkline	10 inch	\$ 8.70/meter/tahun
Trunkline	12 inch	\$ 10.44/meter/tahun

Biaya operasional pipa ini merupakan biaya tahunan yang mengalami eskalasi sebesar 3% tiap tahunnya. Selain dipengaruhi oleh panjang pipa, biaya ini juga dipengaruhi umur operasional pipa tersebut.

4.2.2 Biaya Tetap

Biaya tetap merupakan biaya yang tidak dipengaruhi oleh panjang pipa maupun diameter pipa. Biaya yang diidentifikasi sebagai biaya tetap adalah biaya sewa lahan, biaya pengadaan kompresor dan biaya operasional kompresor.

a. Biaya Sewa Lahan

Pada setiap tujuan stasiun pengumpul, perusahaan telah melakukan survey dan didapatkan tanah yang dapat disewa sepanjang jalur sungai yang merupakan tanah milik PT. XXX. Biaya sewa tetap setiap tahunnya sebesar Rp 37.000,00/m²/tahun. Sementara lebar tanah yang diperlukan adalah dua meter. Berikut ini perhitungan biaya sewa tanah.

Tabel 4.10 Perhitungan biaya sewa tanah

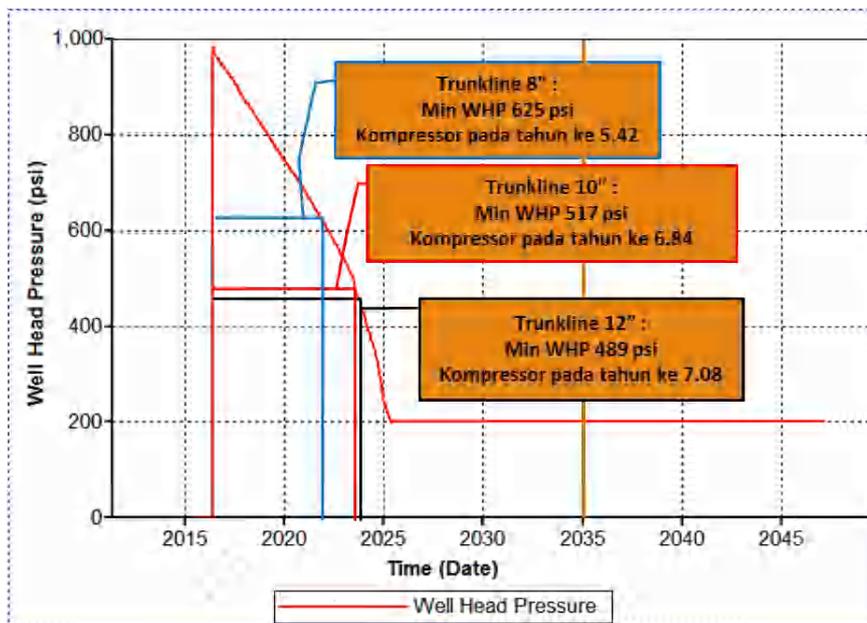
Komponen Perhitungan	Nilai	Satuan
Harga sewa tanah	Rp 37,000.00	/m ² /tahun
Kurs yang digunakan	Rp 12,500.00	
Harga sewa tanah	\$ 2.96	/m ² /tahun
Lebar tanah	2	meter
Panjang yang disewa menuju SP1	24000	Meter
Panjang yang disewa menuju SP2	20400	Meter
Harga sewa menuju SP1	\$ 142,080.00	/tahun
Harga sewa menuju SP2	\$ 120,768.00	/tahun

Panjang tanah yang disewa merupakan panjang fix yang harus disewa oleh perusahaan sesuai dengan kesepakatan dengan PT. XXX sehingga harga sewa yang telah dihitung merupakan biaya total sewa tanah setiap tahunnya (sesuai tujuan stasiun pengumpulnya).

b. Biaya Pengadaan Kompresor

Pemasangan kompresor hanya dilakukan pada trunkline untuk menjaga tekanan gas yang dialirkan. Semakin kecil pipa yang digunakan maka semakin

cepat penurunan tekanannya. Kompresor yang digunakan harus sesuai dengan spesifikasi yang berdasarkan ukuran diameter trunkline. Waktu pemasangan kompresor dan spesifikasi kompresor yang digunakan ditentukan berdasarkan penurunan tekanan trunkline. Penurunan tekanan trunkline dihitung dengan menggunakan simulasi software (hak cipta milik perusahaan) dengan memasukan data ukuran pipa dan volume yang dialirkan sebagai data inputnya. Dengan membatasi tekanan pada titik batas tekanan yang dibolehkan, saat tekanan mencapai batas tersebut maka itu merupakan waktu dibutuhkan pemasangan kompresor. Berikut merupakan perhitungan waktu pemasangan kompresor pada trunkline berdiameter 8, 10 atau 12 inch.



Gambar 4.2 Penurunan tekanan pada trunkline

Berdasarkan hasil simulasi penurunan tekanan, didapatkan waktu pemasangan kompresor pada tiap jenis trunkline yang dapat digunakan. Berikut ini merupakan data waktu pemasangan kompresor.

Tabel 4.11 Waktu pemasangan kompresor

Ukuran trunkline	Pemasangan di tahun ke-	Pemasangan pada tahun
8 inch	5	2021
10 inch	6	2022
12 inch	7	2023

Setelah mengetahui waktu pemasangan kompresor, dibutuhkan spesifikasi yang sesuai dengan kebutuhan. Spesifikasi kompresor yang digunakan mengacu pada rate pressure dari perbandingan pressure discharge dan pressure suction pada trunkline. Berikut ini merupakan perhitungan rate untuk spesifikasi kompresor yang digunakan.

Tabel 4.12 Spesifikasi kompresor yang digunakan

Diameter Trunkline	Pressure di SP (psi)	Pressure Change (psi)	Press Discharge (psi)	Pressure Suction (psi)	Rate
8 inch	355	294.29	649.29	50	13
10 inch	355	60.76	415.76	50	9
12 inch	355	20.6	375.6	50	8

Biaya kompresor yang digunakan disesuaikan dengan rate (spesifikasi) yang dibutuhkan. Biaya kompresor didapatkan dari hasil lelang yang telah dilakukan oleh perusahaan. Biaya kompresor sudah termasuk satu set lengkap kompresor, dan biaya instalasinya. Berikut merupakan biaya kompresor yang sesuai dengan rate yang dibutuhkan.

Tabel 4.13 Biaya pengadaan kompresor

Nama Kompresor	Rate	Kapasitas	Harga	Harga/MM	Harga untuk 15 MM
Komp 1	12	4 MM	\$3,969,000.00	\$992,250.00	\$14,883,750.00
Komp 2	9	20 MM	\$16,224,000.00	\$811,200.00	\$12,168,000.00
Komp 3	8	25 MM	\$16,350,000.00	\$654,000.00	\$9,810,000.00

Berikut ini merupakan waktu pengadaan kompresor dan biaya pengadaan kompresor sesuai dengan jenis trunkline.

Tabel 4.14 Tahun dan biaya pengadaan kompresor berdasarkan diameter trunkline

Diameter Trunkline	Tahun Pengadaan	Biaya Pengadaan
8 inch	2021	\$14,883,750.00
10 inch	2022	\$12,168,000.00
12 inch	2023	\$9,810,000.00

c. Biaya Operasional Kompresor

Perhitungan biaya operasional kompresor menggunakan referensi operasional kompresor pada Proyek W karena kapasitas kompresor yang sama yaitu 15 MMSCFD. Biaya operasional kompresor secara umum sama walaupun memiliki rate yang berbeda, hal ini disebabkan kapasitas kompresor yang sama. Berikut ini merupakan perhitungan biaya operasional kompresor per tahunnya.

Tabel 4.15 Perhitungan biaya operasional kompresor

No	Komponen Biaya	Biaya
1	Consumable for 1 (One) Year Operation Existing & New Equipment	
	Refrigerant (Propane Rich / Musicool)	\$3,425.49
	Lube Oil	\$1,854.35
	Chemical Caustic Soda (NaOH)	\$4,279.27
	Chemical Hydrochloride Acid (HCl)	\$1,711.71
	Chemical - Anti Scale injection	\$1,901.90
	Chemical - Cleaning RO Membrane	\$2,852.85
	Spare Resin for HSS Treater	\$356.61
2	Gasket	\$563.92
3	Other Consumable	
	Diesel Fuel	\$16,995.83
	Grease	\$5.94
	Wire Mesh	\$90.34
	Wire	\$1.78
	Chain	\$42.79
	Padlock (complete with keymaster)	\$71.32
	Dot Marker	\$8.92
	Asbestos Gasket	\$142.64
	Tarpauline / Plastic Cover (4m x 3m)	\$106.98
	Masking Tape	\$42.79
	Teflon Seal Tape	\$7.13
	Snoopy Leak Detector (5 liter)	\$28.53
	Paint Marker (Blue)	\$27.34
	Paint Remover	\$4.04

No	Komponen Biaya	Biaya
	Cloth (Majun)	\$59.43
	Cable Roll/Cord Extension (2 x 2.5mm x 50m)	\$85.59
	Electrical Insulation Tape (3M Isolation & rubber)	\$23.77
	Mollycot	\$6.18
	Welding rod (kawat las) per type	\$23.77
	Grinding Disk (Batu grinda) per type	\$17.83
	Cutting Disk (Grinda potong) per type	\$17.83
	Oxygen c/w regulator, hose	\$570.57
	Acetylene c/w regulator, hose	\$285.28
	Screw Driver (Multi Size (+) and (-))	\$85.59
	L-Hexagonal Key Multi Size	\$83.21
	Welding Masker	\$228.23
	Welding Glove	\$57.06
	Oxygen & Acetylene Twin-hose	\$570.57
	Total	\$36,637.38
	TWO YEARS RECOMMENDED SPARE PART including Special Tools	
1	Filter & Coalescer Cartridge	
	F-33-201	\$60,063.68
	F-33-356	\$26,601.41
	F-33-357	\$70,026.77
2	Refrigeration Compressor Package	\$25,000.00
3	Heat Stable Salt (HSS) Treater	
	HSS Treater Feed Pump	\$555.00
	Demin Water Booster Pump	\$555.00
4	Heat Exchanger	
	Gasket	\$18.49
5	RO Membrane Package	
	Cartridge Filter	\$3,836.16
	Membrane Element	\$3,774.00
	Chemical Injection Dosing Pump	\$555.00
	High Pressure RO Feed Pump	\$555.00
	Cleaning Circulation Pump	\$555.00
6	Mixed Bed Polisher	
	Pump Repair Kit (bearings, seals, gasket & O-ring)	\$555.00
7	Miscellaneous Piping	
	Bolt and Nut	\$8,792.16
	Total/year	\$100,721.33
1	Biaya Jasa	\$41,246.29
	Total Operational & Maintenance / year	\$178,605.00

Biaya operasional kompresor terdiri dari biaya tahunan, biaya tiap dua tahun dan biaya jasa. Berdasarkan perhitungan tersebut, didapatkan biaya operasional kompresor sebesar \$178,605.00 per tahunnya. Biaya operasional kompresor dikeluarkan perusahaan sejak tahun pengadaan kompresor. Biaya ini mengalami eskalasi sebesar 3% setiap tahunnya.

4.2.3 *Circuitry Factor*

Perhitungan nilai *circuitry factor* akan menghasilkan nilai yang dapat mengestimasi panjang pipa. Terdapat perbedaan cara perhitungan *circuitry factor* pada flowline dan trunkline. Hal ini disebabkan tidak mencukupinya data empiris pada trunkline sehingga dilakukan metode perhitungan yang berbeda.

a. Nilai *circuitry factor* flowline

Nilai *circuitry factor* pada flowline didapatkan dengan menghitung rata-rata dari data empiris pipa yang telah dibangun dibandingkan dengan panjang tegak lurus dari titik yang dihubungkan pipa tersebut. Data yang digunakan adalah jaringan pipa Proyek W karena lokasinya yang cukup dekat sehingga karakteristik wilayahnya dapat dikategorikan sama. Selain itu, pembangunan jaringan pipa ini dilakukan pada tahun 2013 sehingga regulasi yang digunakan dapat sesuai dengan keadaan saat ini. Berikut ini merupakan data empiris panjang pipa pada Proyek W.

Tabel 4.16 Perhitungan nilai *circuitry factor* pada flowline

Fasilitas yang Dihubungkan	Jarak Tegak Lurus	Panjang Pipa	<i>Circuitry factor</i>	Keterangan
D - A	1454.96477	1800	1.23714336	Sateliteline
B - E	1920.37591	2150	1.11957247	Sateliteline
C - A	2627.43478	3250	1.23694793	Sateliteline
Cluster K - SP PDT	1380.0983	1800	1.30425492	Sateliteline
Cluster B - SP PDT	2792.15237	4400	1.57584523	Sateliteline
Cluster L - SP PDT	4319.83287	4600	1.06485601	Sateliteline
Cluster N - SP PDT	4319.83287	6500	1.50468784	Sateliteline
Cluster A - SP PDT	1180.81734	2100	1.77842916	Sateliteline
Cluster J - SP PDT	1758.09747	3900	2.21830704	Sateliteline
Cluster E - SP PDT	1758.09747	3300	1.87702903	Sateliteline
A3 - A	944.287895	1500	1.5884986	Flowline
Manifold I - SP PDT	112.018088	300	2.67813892	Flowline
Rata-rata nilai <i>circuitry factor</i> flowline			1.59864254	

Perhitungan nilai *circuitry factor* adalah dengan melakukan pembagian antara panjang pipa dengan jarak tegak lurus. Kemudian dari 12 data tersebut, dihitung rata-rata untuk mendapat nilai *circuitry factor* yang akan digunakan. Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan nilai *circuitry factor* flowline sebesar 1.59864254. Nilai ini digunakan pada semua flowline yang akan dibangun karena ukuran flowline yang sama dan geografis yang cukup seragam pada wilayah sekitar sumur produksi (wilayah yang akan dilalui flowline).

b. Nilai *circuitry factor* trunkline

Perhitungan *circuitry factor* trunkline menggunakan hasil survey dan perencanaan pembebasan lahan yang dilakukan oleh perusahaan. Perencanaan yang dilakukan oleh perusahaan adalah lokasi stasiun pengolahan yang satu site dengan sumur 3. Kemudian perusahaan melakukan survey langsung dalam menentukan perencanaan jalur pipa yang akan dibangun menuju setiap alternatif stasiun pengolahan. Nilai *circuitry factor* pada trunkline akan berbeda berdasarkan tujuan stasiun pengumpulnya. Berikut ini perhitungan *circuitry factor* untuk trunkline berdasarkan perencanaan perusahaan.

Tabel 4.17 Perhitungan *circuitry factor* trunkline menuju SP1

Sumur 3 - SP1		
Jarak Tegak Lurus	20094.4215	meter
Rencana Panjang Pipa	25800	meter
<i>Circuitry factor</i> menuju SP1	1.283938431	

Tabel 4.18 Perhitungan *circuitry factor* trunkline menuju SP2

Sumur 3 - SP2		
Jarak Tegak Lurus	16452.49096	meter
Rencana Panjang Pipa	26400	meter
<i>Circuitry factor</i> menuju SP2	1.604620241	

Perhitungan nilai *circuitry factor* adalah dengan melakukan pembagian antara rencana panjang pipa dengan jarak tegak lurus.

4.2.4 Umur Operasional Fasilitas

Pada hasil forecast, diperkirakan umur produksi yang paling besar adalah 32 tahun, namun karena kontrak waktu kerja yang hanya selama 20 tahun maka waktu operasional maksimal yang dilakukan perusahaan adalah 20 tahun. Sedangkan umur operasional stasiun pengumpul menyesuaikan dengan operasional sumur maksimal karena stasiun pengumpul akan beroperasi selama sumur tetap beroperasi. Berikut ini merupakan umur operasional dari masing masing fasilitas.

Tabel 4.19 Umur operasional fasilitas

Fasilitas	Umur Operasional
Sumur 1	3 Tahun
Sumur 2	20 Tahun
Sumur 3	20 Tahun
Sumur 4	20 Tahun
Sumur 5	20 Tahun
Sumur 6	9 Tahun
Sumur 7	15 Tahun
Stasiun Pengumpul	20 Tahun

Umur operasional fasilitas akan mempengaruhi umur operasional pipa yang menghubungkannya. Semakin panjang umurnya, pipa yang menghubungkannya akan beroperasi semakin lama sehingga total biaya operasionalnya semakin besar. Sedangkan umur yang pendek menjadikan total operasional pipa yang menghubungkannya menjadi kecil. Operasional pipa yang kemudian disesuaikan dengan umur fasilitas akan digunakan dalam menyusun model biaya masing-masing jaringan pipa.

4.2.5 Present Value

Perhitungan *present value* digunakan untuk menyusun model optimasi. *Present value* dihitung agar setiap komponen biaya berada pada nilai tahun yang sama. Berikut ini merupakan detail biaya dari setiap jaringan pipa dan skemanya.

Tabel 4.20 Detail biaya jaringan pipa flowline dari sumur 1

Tujuan Pipa	Komponen Biaya	2016	2017	2018	2019	NPV	Keterangan
Sumur 1	Investasi Pipa	\$100.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$100.00	Var Cost
Umur	Pembebasan Lahan	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$24.00	Var Cost
3 Tahun	Operasional Pipa	\$0.00	\$3.48	\$3.59	\$3.70	\$8.91	Var Cost

Tabel 4.21 Detail biaya jaringan pipa flowline dari sumur 2

Tujuan Pipa	Komponen Biaya	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	NPV	Keterangan	
Sumur 2	Investasi Pipa	\$100.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$100.00	Var Cost
Umur	Pembebasan Lahan	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$24.00	Var Cost
20 Tahun	Operasional Pipa	\$0.00	\$3.48	\$3.59	\$3.70	\$3.81	\$3.92	\$4.04	\$4.16	\$4.29	\$4.41	\$4.55	\$4.68	\$4.82	\$4.97	\$5.12	\$5.27	\$5.43	\$5.59	\$5.76	\$5.93	\$6.11	\$36.42	Var Cost	

Tabel 4.22 Detail biaya jaringan pipa flowline dari sumur 3

Tujuan Pipa	Komponen Biaya	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	NPV	Keterangan	
Sumur 3	Investasi Pipa	\$100.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$100.00	Var Cost
Umur	Pembebasan Lahan	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$24.00	Var Cost
20 Tahun	Operasional Pipa	\$0.00	\$3.48	\$3.59	\$3.70	\$3.81	\$3.92	\$4.04	\$4.16	\$4.29	\$4.41	\$4.55	\$4.68	\$4.82	\$4.97	\$5.12	\$5.27	\$5.43	\$5.59	\$5.76	\$5.93	\$6.11	\$36.42	Var Cost	

Tabel 4.23 Detail biaya jaringan pipa flowline dari sumur 4

Tujuan Pipa	Komponen Biaya	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	NPV	Keterangan	
Sumur 4	Investasi Pipa	\$100.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$100.00	Var Cost
Umur	Pembebasan Lahan	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$24.00	Var Cost
20 Tahun	Operasional Pipa	\$0.00	\$3.48	\$3.59	\$3.70	\$3.81	\$3.92	\$4.04	\$4.16	\$4.29	\$4.41	\$4.55	\$4.68	\$4.82	\$4.97	\$5.12	\$5.27	\$5.43	\$5.59	\$5.76	\$5.93	\$6.11	\$36.42	Var Cost	

Tabel 4.24 Detail biaya jaringan pipa flowline dari sumur 5

Tujuan Pipa	Komponen Biaya	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	NPV	Keterangan	
Sumur 5	Investasi Pipa	\$100.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$100.00	Var Cost
Umur	Pembebasan Lahan	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$24.00	Var Cost
20 Tahun	Operasional Pipa	\$0.00	\$3.48	\$3.59	\$3.70	\$3.81	\$3.92	\$4.04	\$4.16	\$4.29	\$4.41	\$4.55	\$4.68	\$4.82	\$4.97	\$5.12	\$5.27	\$5.43	\$5.59	\$5.76	\$5.93	\$6.11	\$36.42	Var Cost	

Tabel 4.25 Detail biaya jaringan pipa flowline dari sumur 6

Tujuan Pipa	Komponen Biaya	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	NPV	Keterangan
Sumur 6	Investasi Pipa	\$100.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$100.00	Var Cost
Umur	Pembebasan Lahan	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$24.00	Var Cost
9 Tahun	Operasional Pipa	\$0.00	\$3.48	\$3.59	\$3.70	\$3.81	\$3.92	\$4.04	\$4.16	\$4.29	\$4.41	\$22.24	Var Cost

Tabel 4.26 Detail biaya jaringan pipa flowline dari sumur 7

Tujuan Pipa	Komponen Biaya	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	NPV	Keterangan
Sumur 7	Investasi Pipa	\$100.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$100.00	Var Cost
Umur	Pembebasan Lahan	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$24.00	Var Cost
15 Tahun	Operasional Pipa	\$0.00	\$3.48	\$3.59	\$3.70	\$3.81	\$3.92	\$4.04	\$4.16	\$4.29	\$4.41	\$4.55	\$4.68	\$4.82	\$4.97	\$5.12	\$5.27	\$31.22	Var Cost

Tabel 4.27 Detail biaya jaringan pipa trunkline 8 inch menuju SP1

Tujuan Pipa	Komponen Biaya	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	...
SP1	Investasi Pipa	\$100.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	...
Jenis Trunkline	Pembebasan Lahan	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	...
8 inch	Operasional Pipa	\$0.00	\$6.97	\$7.18	\$7.39	\$7.62	\$7.84	\$8.08	\$8.32	\$8.57	\$8.83	\$9.09	\$9.37	...
Umur	Sewa Lahan	\$0.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	...
20 Tahun	Pengadaan Kompresor	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$14,883,750.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	...
	Operasional Kompresor	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$178,605.00	\$183,963.15	\$189,482.04	\$195,166.51	\$201,021.50	\$207,052.15	\$213,263.71	...

Tabel 4.28 Detail biaya jaringan pipa trunkline 8 inch menuju SP1 (lanjutan)

Tujuan Pipa	Komponen Biaya	...	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	NPV	Keterangan
SP1	Investasi Pipa	...	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$100.00	Var Cost
Jenis Trunkline	Pembebasan Lahan	...	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$24.00	Var Cost
8 inch	Operasional Pipa	...	\$9.65	\$9.94	\$10.24	\$10.54	\$10.86	\$11.18	\$11.52	\$11.87	\$12.22	\$72.84	Var Cost
Umur	Sewa Lahan	...	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$1,209,607.13	Biaya tetap
20 Tahun	Pengadaan Kompresor	...	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$9,241,637.74	Biaya tetap
	Operasional Kompresor	...	\$219,661.62	\$226,251.47	\$233,039.01	\$240,030.18	\$247,231.09	\$254,648.02	\$262,287.46	\$270,156.09	\$278,260.77	\$1,134,101.10	Biaya tetap

Tabel 4.29 Detail biaya jaringan pipa trunkline 10 inch menuju SP1

Tujuan Pipa	Komponen Biaya	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	...
SP1	Investasi Pipa	\$100.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	...
Jenis Trunkline	Pembebasan Lahan	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	...
10 inch	Operasional Pipa	\$0.00	\$8.71	\$8.97	\$9.24	\$9.52	\$9.81	\$10.10	\$10.40	\$10.71	\$11.04	\$11.37	\$11.71	...

Tujuan Pipa	Komponen Biaya	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	...
Umur	Sewa Lahan	\$0.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	...
20 Tahun	Pengadaan Kompresor	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$12,168,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	...
	Operasional Kompresor	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$178,605.00	\$183,963.15	\$189,482.04	\$195,166.51	\$201,021.50	\$207,052.15	...

Tabel 4.30 Detail biaya jaringan pipa trunkline 10 inch menuju SP1 (lanjutan)

Tujuan Pipa	Komponen Biaya	...	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	NPV	Keterangan
SP1	Investasi Pipa	...	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$100.00	Var Cost
Jenis Trunkline	Pembebasan Lahan	...	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$24.00	Var Cost
10 inch	Operasional Pipa	...	\$12.06	\$12.42	\$12.79	\$13.18	\$13.57	\$13.98	\$14.40	\$14.83	\$15.28	\$91.05	Var Cost
Umur	Sewa Lahan	...	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$1,209,607.13	Biaya tetap
20 Tahun	Pengadaan Kompresor	...	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$6,868,518.78	Biaya tetap
	Operasional Kompresor	...	\$213,263.71	\$219,661.62	\$226,251.47	\$233,039.01	\$240,030.18	\$247,231.09	\$254,648.02	\$262,287.46	\$270,156.09	\$993,399.46	Biaya tetap

Tabel 4.31 Detail biaya jaringan pipa trunkline 12 inch menuju SP1

Tujuan Pipa	Komponen Biaya	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	...
SP1	Investasi Pipa	\$100.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	...
Jenis Trunkline	Pembebasan Lahan	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	...
12 inch	Operasional Pipa	\$0.00	\$10.45	\$10.77	\$11.09	\$11.42	\$11.77	\$12.12	\$12.48	\$12.86	\$13.24	\$13.64	\$14.05	...
Umur	Sewa Lahan	\$0.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	...
20 Tahun	Pengadaan Kompresor	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$9,810,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	...
	Operasional Kompresor	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$178,605.00	\$183,963.15	\$189,482.04	\$195,166.51	\$201,021.50	...

Tabel 4.32 Detail biaya jaringan pipa trunkline 12 inch menuju SP1 (lanjutan)

Tujuan Pipa	Komponen Biaya	...	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	NPV	Keterangan
SP1	Investasi Pipa	...	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$100.00	Var Cost
Jenis Trunkline	Pembebasan Lahan	...	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$24.00	Var Cost
12 inch	Operasional Pipa	...	\$14.47	\$14.91	\$15.35	\$15.81	\$16.29	\$16.78	\$17.28	\$17.80	\$18.33	\$109.26	Var Cost
Umur	Sewa Lahan	...	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$142,080.00	\$1,209,607.13	Biaya tetap
20 Tahun	Pengadaan Kompresor	...	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$5,034,081.14	Biaya tetap
	Operasional Kompresor	...	\$207,052.15	\$213,263.71	\$219,661.62	\$226,251.47	\$233,039.01	\$240,030.18	\$247,231.09	\$254,648.02	\$262,287.46	\$866,584.08	Biaya tetap

Tabel 4.33 Detail biaya jaringan pipa trunkline 8 inch menuju SP2

Tujuan Pipa	Komponen Biaya	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	...
SP2	Investasi Pipa	\$100.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	...
Jenis Trunkline	Pembebasan Lahan	\$54.40	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	...
8 inch	Operasional Pipa	\$0.00	\$6.97	\$7.18	\$7.39	\$7.62	\$7.84	\$8.08	\$8.32	\$8.57	\$8.83	\$9.09	\$9.37	...
Umur	Sewa Lahan	\$0.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	...
20 Tahun	Pengadaan Kompresor	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$14,883,750.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	...
	Operasional Kompresor	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$178,605.00	\$183,963.15	\$189,482.04	\$195,166.51	\$201,021.50	\$207,052.15	\$213,263.71	...

Tabel 4.34 Detail biaya jaringan pipa trunkline 8 inch menuju SP2 (lanjutan)

Tujuan Pipa	Komponen Biaya	...	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	NPV	Keterangan
SP2	Investasi Pipa	...	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$100.00	Var Cost
Jenis Trunkline	Pembebasan Lahan	...	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$54.40	Var Cost

Tujuan Pipa	Komponen Biaya	...	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	NPV	Keterangan
8 inch	Operasional Pipa	...	\$9.65	\$9.94	\$10.24	\$10.54	\$10.86	\$11.18	\$11.52	\$11.87	\$12.22	\$72.84	Var Cost
Umur	Sewa Lahan	...	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$1,028,166.06	Biaya tetap
20 Tahun	Pengadaan Kompresor	...	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$9,241,637.74	Biaya tetap
	Operasional Kompresor	...	\$219,661.62	\$226,251.47	\$233,039.01	\$240,030.18	\$247,231.09	\$254,648.02	\$262,287.46	\$270,156.09	\$278,260.77	\$1,134,101.10	Biaya tetap

Tabel 4.35 Detail biaya jaringan pipa trunkline 10 inch menuju SP2

Tujuan Pipa	Komponen Biaya	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	...
SP2	Investasi Pipa	\$100.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	...
Jenis Trunkline	Pembebasan Lahan	\$54.40	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	...
10 inch	Operasional Pipa	\$0.00	\$8.71	\$8.97	\$9.24	\$9.52	\$9.81	\$10.10	\$10.40	\$10.71	\$11.04	\$11.37	\$11.71	...
Umur	Sewa Lahan	\$0.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	...
20 Tahun	Pengadaan Kompresor	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$12,168,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	...
	Operasional Kompresor	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$178,605.00	\$183,963.15	\$189,482.04	\$195,166.51	\$201,021.50	\$207,052.15	...

Tabel 4.36 Detail biaya jaringan pipa trunkline 10 inch menuju SP2 (lanjutan)

Tujuan Pipa	Komponen Biaya	...	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	NPV	Keterangan
SP2	Investasi Pipa	...	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$100.00	Var Cost
Jenis Trunkline	Pembebasan Lahan	...	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$54.40	Var Cost
10 inch	Operasional Pipa	...	\$12.06	\$12.42	\$12.79	\$13.18	\$13.57	\$13.98	\$14.40	\$14.83	\$15.28	\$91.05	Var Cost
Umur	Sewa Lahan	...	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$1,028,166.06	Biaya tetap
20 Tahun	Pengadaan Kompresor	...	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$6,868,518.78	Biaya tetap
	Operasional Kompresor	...	\$213,263.71	\$219,661.62	\$226,251.47	\$233,039.01	\$240,030.18	\$247,231.09	\$254,648.02	\$262,287.46	\$270,156.09	\$993,399.46	Biaya tetap

Tabel 4.37 Detail biaya jaringan pipa trunkline 12 inch menuju SP2

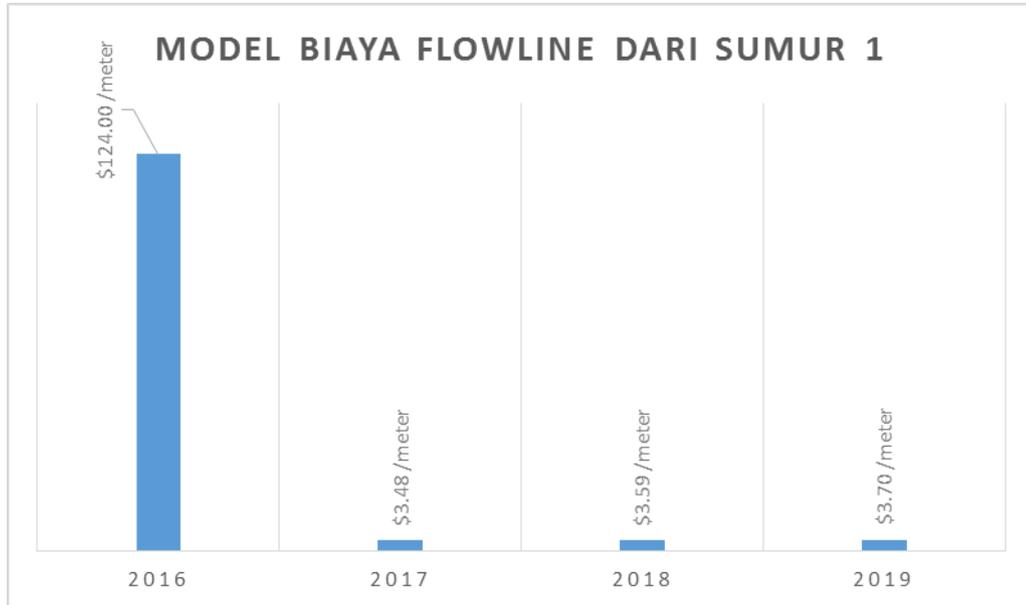
Tujuan Pipa	Komponen Biaya	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	...
SP2	Investasi Pipa	\$100.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	...
Jenis Trunkline	Pembebasan Lahan	\$54.40	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	...
12 inch	Operasional Pipa	\$0.00	\$10.45	\$10.77	\$11.09	\$11.42	\$11.77	\$12.12	\$12.48	\$12.86	\$13.24	\$13.64	\$14.05	...
Umur	Sewa Lahan	\$0.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	...
20 Tahun	Pengadaan Kompresor	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$9,810,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	...
	Operasional Kompresor	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$178,605.00	\$183,963.15	\$189,482.04	\$195,166.51	\$201,021.50	...

Tabel 4.38 Detail biaya jaringan pipa trunkline 12 inch menuju SP2 (lanjutan)

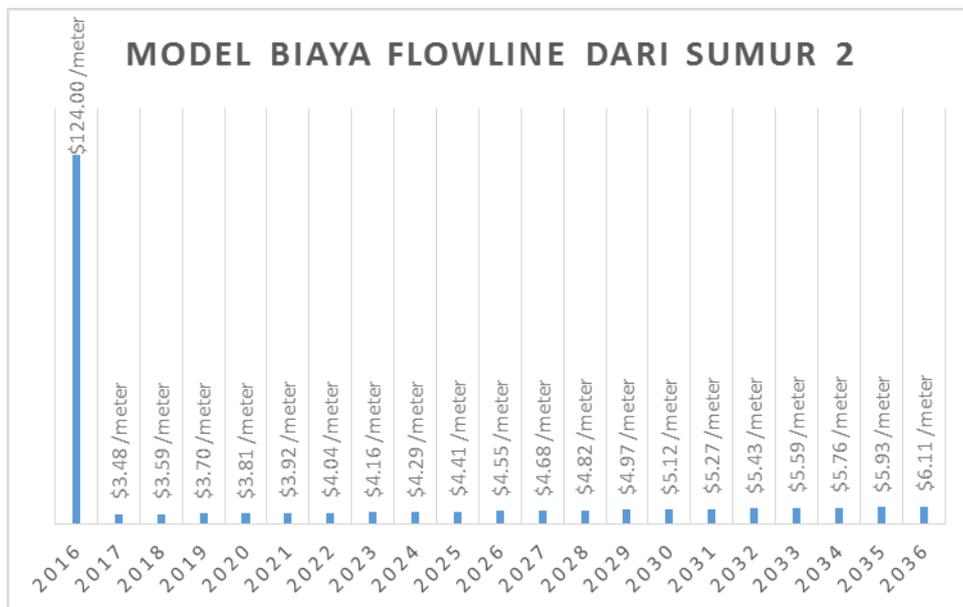
Tujuan Pipa	Komponen Biaya	...	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	NPV	Keterangan
SP2	Investasi Pipa	...	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$100.00	Var Cost
Jenis Trunkline	Pembebasan Lahan	...	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$54.40	Var Cost
12 inch	Operasional Pipa	...	\$14.47	\$14.91	\$15.35	\$15.81	\$16.29	\$16.78	\$17.28	\$17.80	\$18.33	\$109.26	Var Cost
Umur	Sewa Lahan	...	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$120,768.00	\$1,028,166.06	Biaya tetap
20 Tahun	Pengadaan Kompresor	...	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$5,034,081.14	Biaya tetap
	Operasional Kompresor	...	\$207,052.15	\$213,263.71	\$219,661.62	\$226,251.47	\$233,039.01	\$240,030.18	\$247,231.09	\$254,648.02	\$262,287.46	\$866,584.08	Biaya tetap

Setiap jaringan pipa memiliki pengeluaran berupa biaya investasi dan operasional. Biaya investasi dikeluarkan pada tahun 2016 sedangkan biaya operasional berbeda-beda sesuai dengan umur operasionalnya. Contohnya pada tabel 4.20 mengenai jaringan flowline dari sumur 1, dengan umur operasional 3 tahun maka pengeluaran biaya operasionalnya hanya selama 3 tahun yaitu hingga tahun 2019.

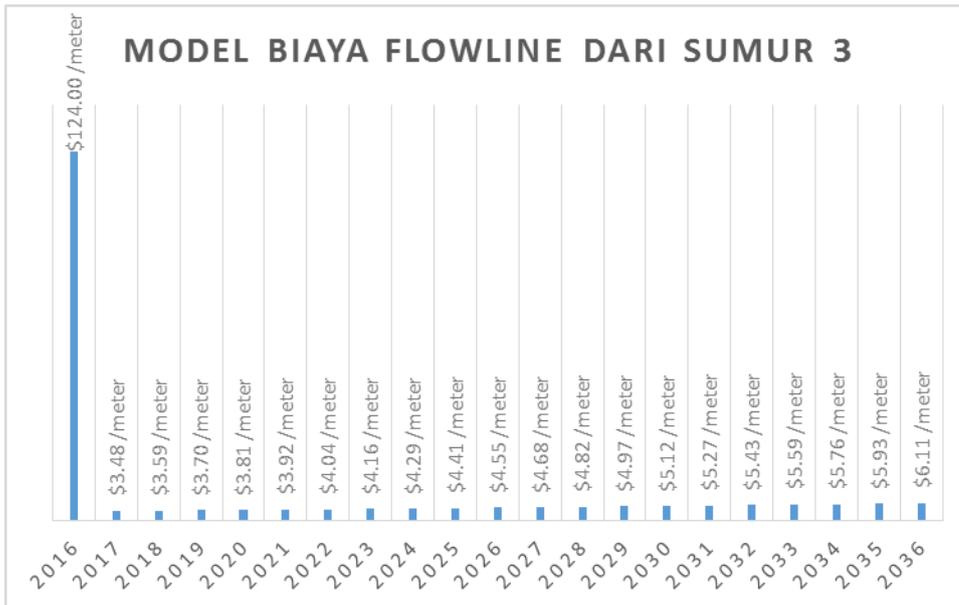
Perhitungan *present value* dilakukan pada setiap model biaya dari jaringan pipa yang akan dibangun. Berikut ini merupakan model biaya secara kumulatif per tahunnya dari setiap jaringan pipa yang akan dibangun.



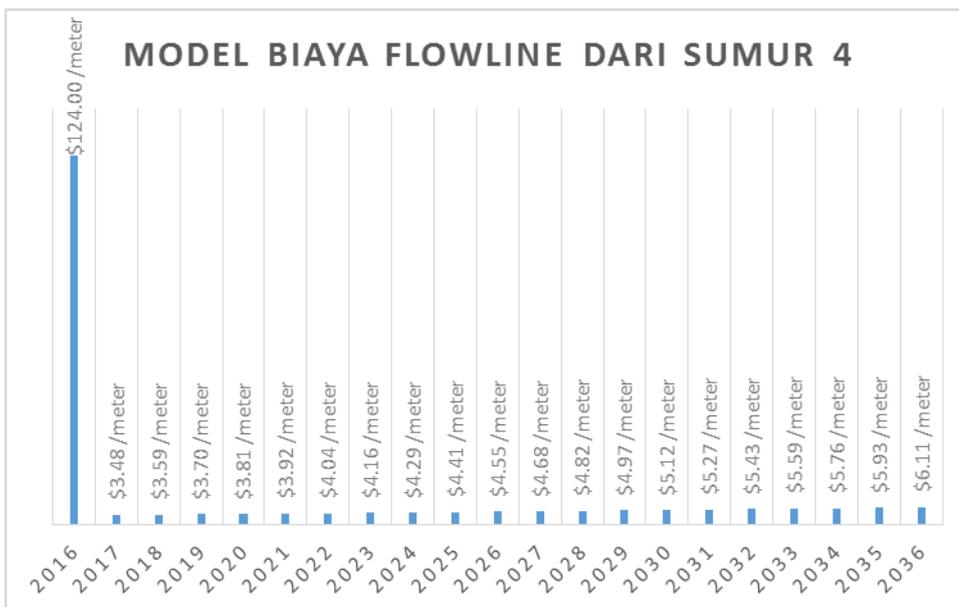
Gambar 4.3 Model biaya flowline dari sumur 1



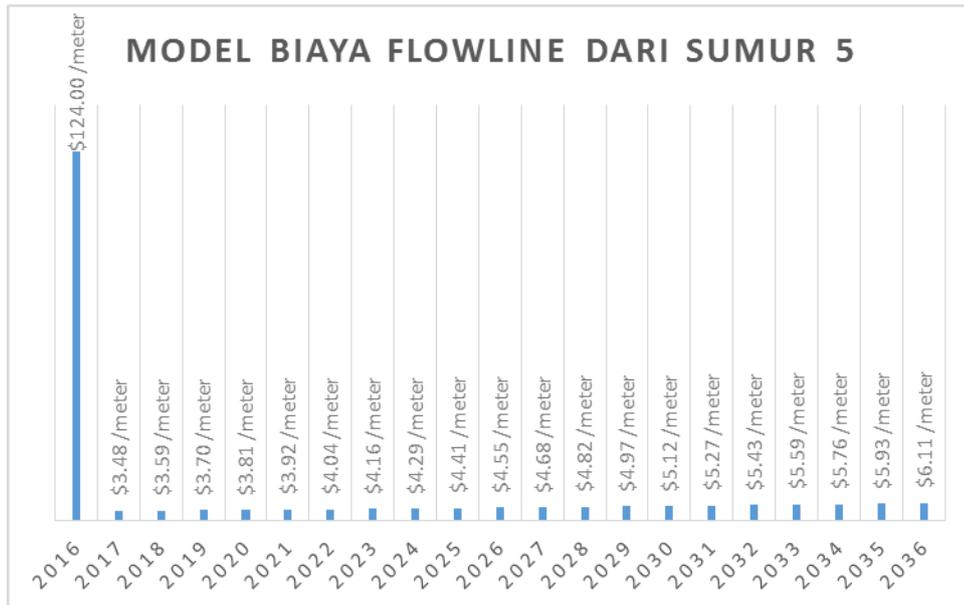
Gambar 4.4 Model biaya flowline dari sumur 2



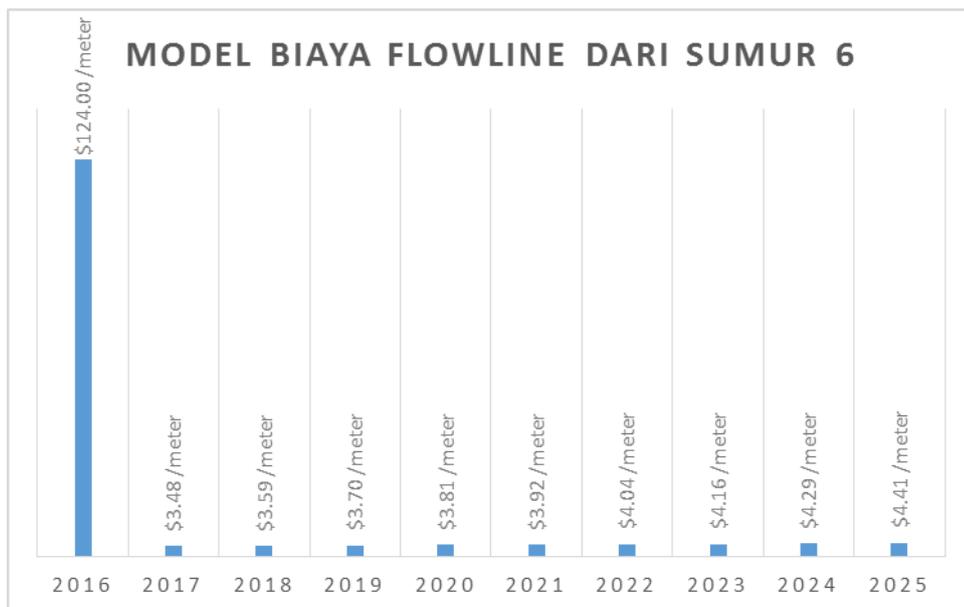
Gambar 4.5 Model biaya flowline dari sumur 3



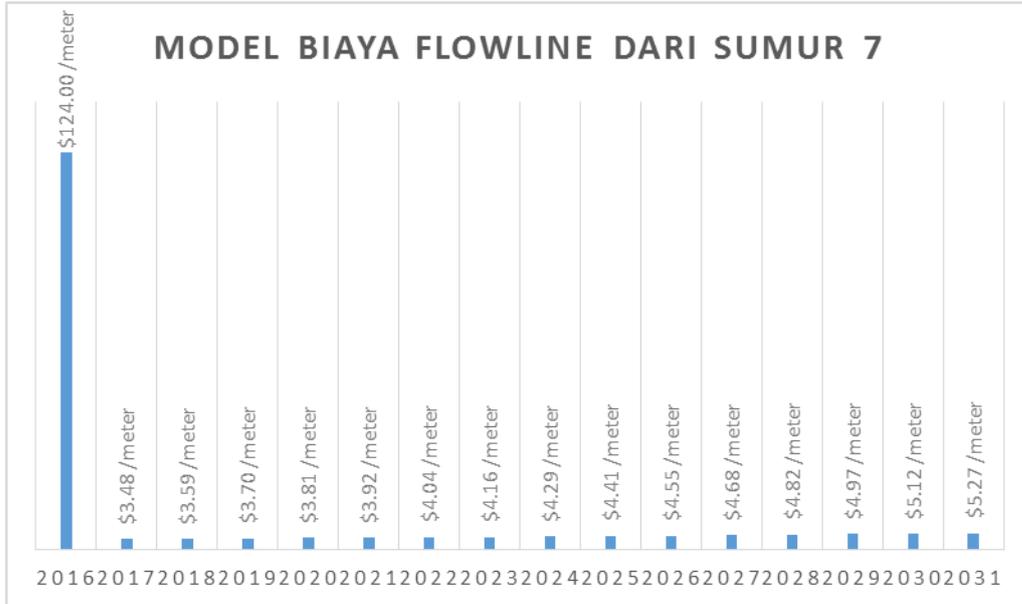
Gambar 4.6 Model biaya flowline dari sumur 4



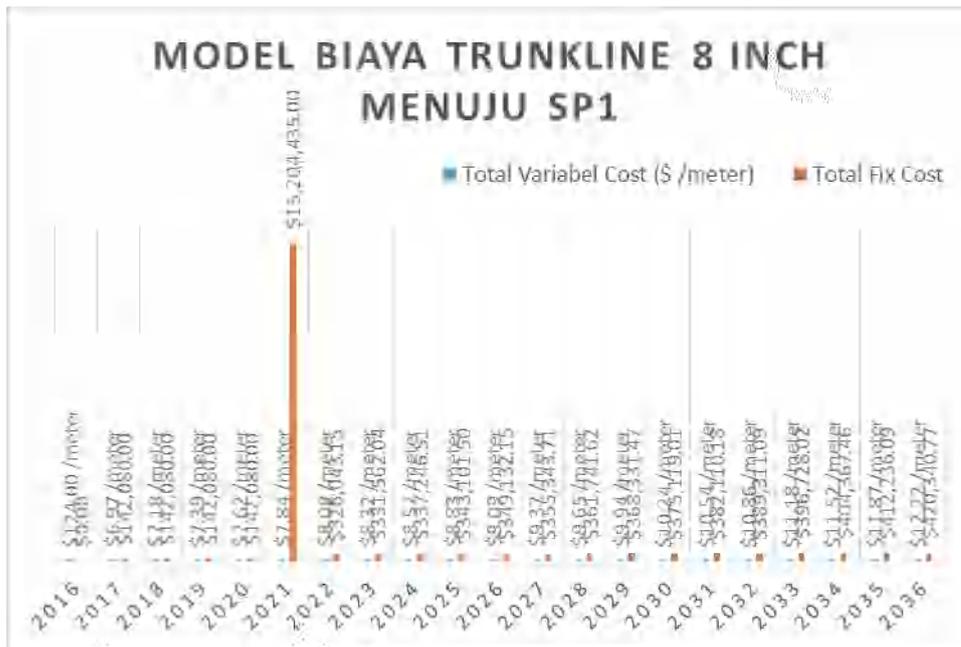
Gambar 4.7 Model biaya flowline dari sumur 5



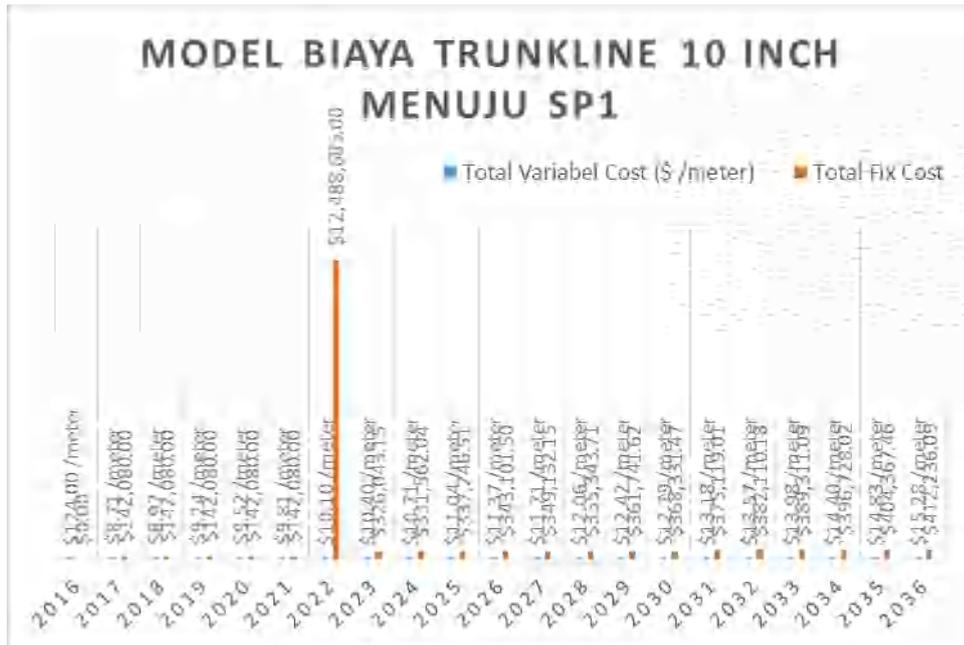
Gambar 4.8 Model biaya flowline dari sumur 6



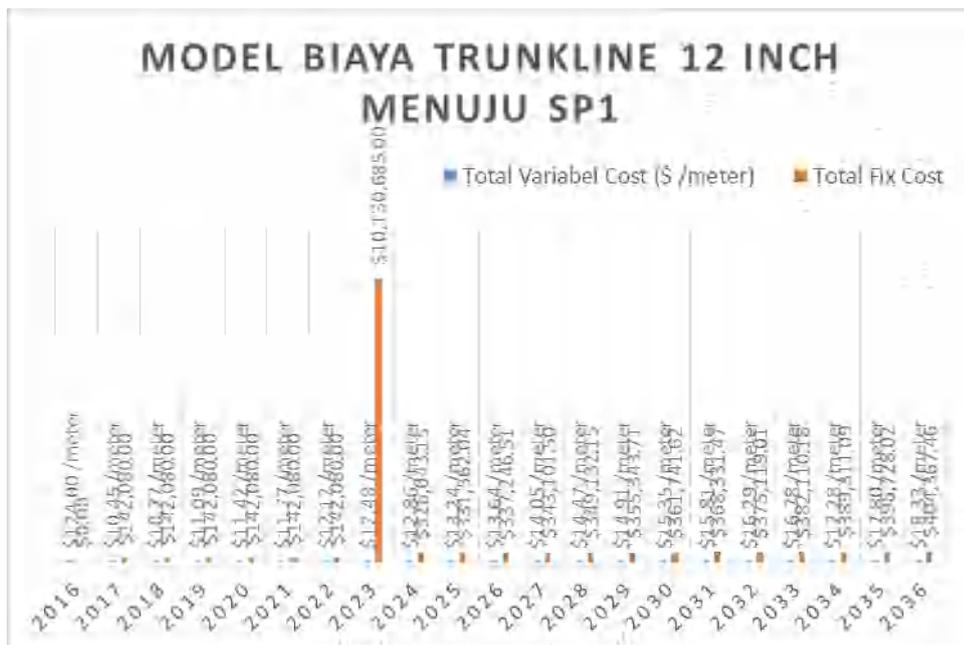
Gambar 4.9 Model biaya flowline dari sumur 7



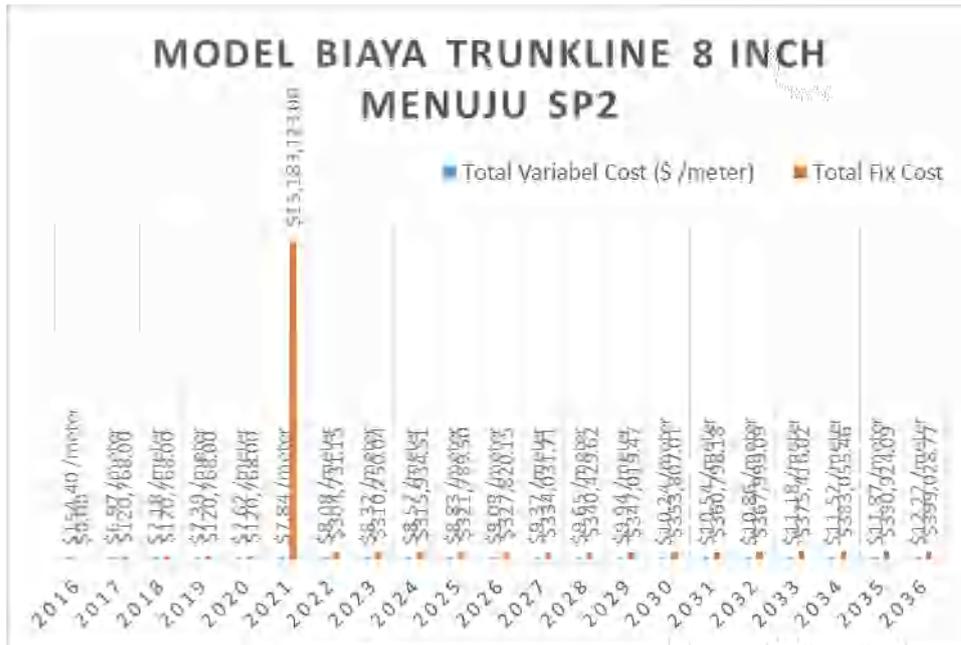
Gambar 4.10 Model biaya trunkline 8 inch menuju SP1



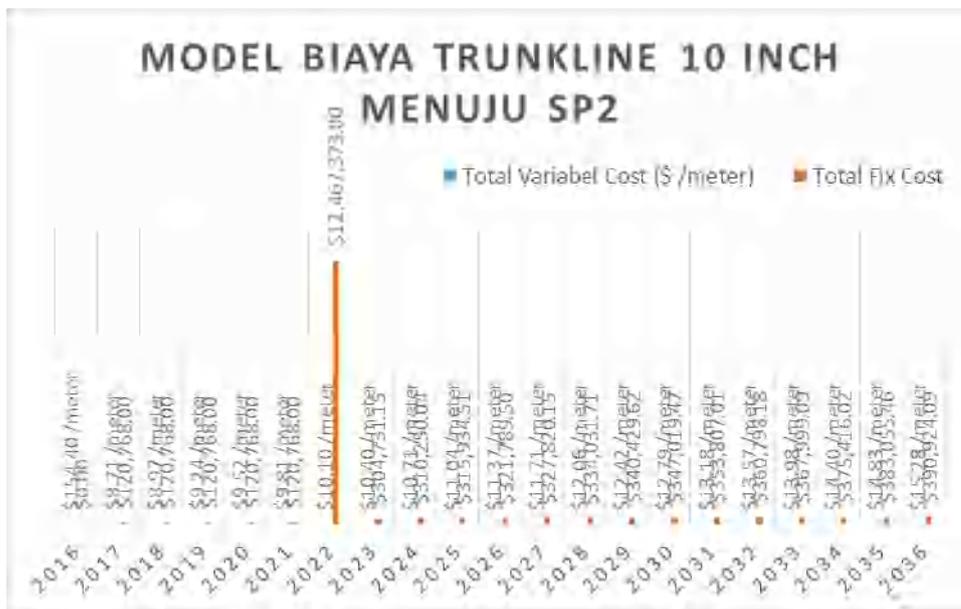
Gambar 4.11 Model biaya trunkline 10 inch menuju SP1



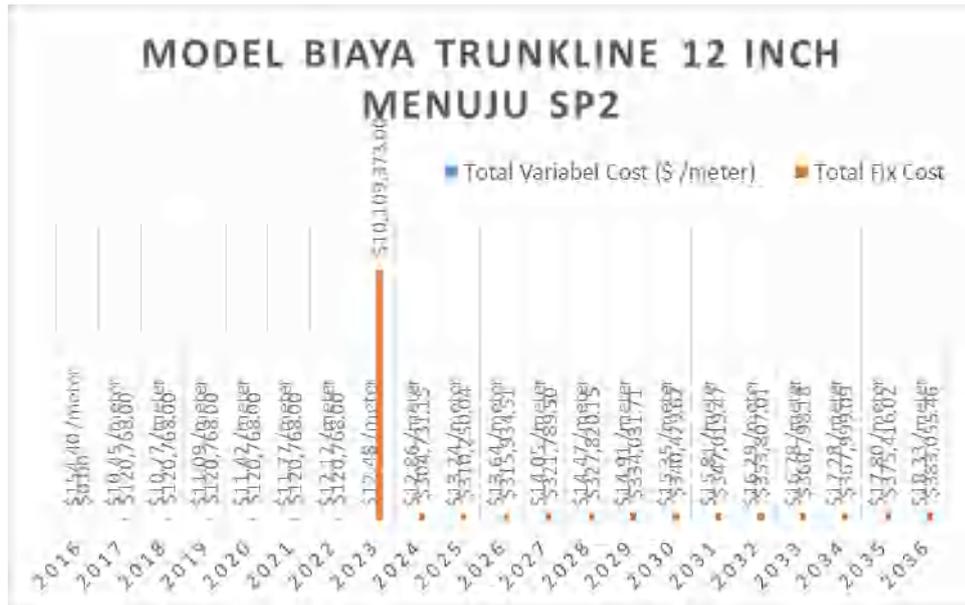
Gambar 4.12 Model biaya trunkline 12 inch menuju SP1



Gambar 4.13 Model biaya trunkline 8 inch menuju SP2



Gambar 4.14 Model biaya trunkline 10 inch menuju SP2



Gambar 4.15 Model biaya trunkline 12 inch menuju SP2

Berdasarkan model biaya tersebut, dihitung nilai *present value* dari setiap komponen biaya. Perhitungan *present value* menggunakan nilai discounted factor yang telah ditetapkan oleh SKK Migas yaitu sebesar 10%. Berikut ini merupakan nilai *present value* dari setiap komponen biaya.

Tabel 4.39 *Present value* komponen biaya flowline dari sumur 1

Tujuan Sumur	Komponen Biaya	<i>Present value</i>	Keterangan
Sumur 1	Investasi Pipa	\$100.00	Biaya variabel
Umur	Pembebasan Lahan	\$24.00	Biaya variabel
3 tahun	Operasional Pipa	\$8.91	Biaya variabel

Tabel 4.40 *Present value* komponen biaya flowline dari sumur 2

Tujuan Sumur	Komponen Biaya	<i>Present value</i>	Keterangan
Sumur 2	Investasi Pipa	\$100.00	Biaya variabel
Umur	Pembebasan Lahan	\$24.00	Biaya variabel
20 tahun	Operasional Pipa	\$36.42	Biaya variabel

Tabel 4.41 *Present value* komponen biaya flowline dari sumur 3

Tujuan Sumur	Komponen Biaya	<i>Present value</i>	Keterangan
Sumur 3	Investasi Pipa	\$100.00	Biaya variabel
Umur	Pembebasan Lahan	\$24.00	Biaya variabel
20 tahun	Operasional Pipa	\$36.42	Biaya variabel

Tabel 4.42 *Present value* komponen biaya flowline dari sumur 4

Tujuan Sumur	Komponen Biaya	<i>Present value</i>	Keterangan
Sumur 4	Investasi Pipa	\$100.00	Biaya variabel
Umur	Pembebasan Lahan	\$24.00	Biaya variabel
20 tahun	Operasional Pipa	\$36.42	Biaya variabel

Tabel 4.43 *Present value* komponen biaya flowline dari sumur 5

Tujuan Sumur	Komponen Biaya	<i>Present value</i>	Keterangan
Sumur 5	Investasi Pipa	\$100.00	Biaya variabel
Umur	Pembebasan Lahan	\$24.00	Biaya variabel
20 tahun	Operasional Pipa	\$36.42	Biaya variabel

Tabel 4.44 *Present value* komponen biaya flowline dari sumur 6

Tujuan Sumur	Komponen Biaya	<i>Present value</i>	Keterangan
Sumur 6	Investasi Pipa	\$100.00	Biaya variabel
Umur	Pembebasan Lahan	\$24.00	Biaya variabel
9 tahun	Operasional Pipa	\$22.24	Biaya variabel

Tabel 4.45 *Present value* komponen biaya flowline dari sumur 7

Tujuan Sumur	Komponen Biaya	<i>Present value</i>	Keterangan
Sumur 7	Investasi Pipa	\$100.00	Biaya variabel
Umur	Pembebasan Lahan	\$24.00	Biaya variabel
15 tahun	Operasional Pipa	\$31.22	Biaya variabel

Tabel 4.46 *Present value* komponen biaya trunkline 8 inch menuju SP1

Tujuan SP	Komponen Biaya	<i>Present value</i>	Keterangan
SP1	Investasi Pipa	\$100.00	Biaya variabel
Jenis Trunkline	Operasional Pipa	\$72.84	Biaya variabel
8 inch	Pembebasan Lahan	\$24.00	Biaya variabel
Umur	Sewa Lahan	\$1,209,607.13	Biaya tetap
20 tahun	Pengadaan Kompresor	\$9,241,637.74	Biaya tetap
	Operasional Kompresor	\$1,134,101.10	Biaya tetap

Tabel 4.47 *Present value* komponen biaya trunkline 10 inch menuju SP1

Tujuan SP	Komponen Biaya	<i>Present value</i>	Keterangan
SP1	Investasi Pipa	\$100.00	Biaya variabel
Jenis Trunkline	Pembebasan Lahan	\$24.00	Biaya variabel
10 inch	Operasional Pipa	\$91.05	Biaya variabel
Umur	Sewa Lahan	\$1,209,607.13	Biaya tetap
20 tahun	Pengadaan Kompresor	\$6,868,518.78	Biaya tetap
	Operasional Kompresor	\$993,399.46	Biaya tetap

Tabel 4.48 *Present value* komponen biaya trunkline 12 inch menuju SP1

Tujuan SP	Komponen Biaya	<i>Present value</i>	Keterangan
SP1	Investasi Pipa	\$100.00	Biaya variabel
Jenis Trunkline	Pembebasan Lahan	\$24.00	Biaya variabel
12 inch	Operasional Pipa	\$109.26	Biaya variabel
Umur	Sewa Lahan	\$1,209,607.13	Biaya tetap
20 tahun	Pengadaan Kompresor	\$5,034,081.14	Biaya tetap
	Operasional Kompresor	\$866,584.08	Biaya tetap

Tabel 4.49 *Present value* komponen biaya trunkline 8 inch menuju SP2

Tujuan SP	Komponen Biaya	<i>Present value</i>	Keterangan
SP2	Investasi Pipa	\$100.00	Biaya variabel
Jenis Trunkline	Pembebasan Lahan	\$54.40	Biaya variabel
8 inch	Operasional Pipa	\$72.84	Biaya variabel
Umur	Sewa Lahan	\$1,028,166.06	Biaya tetap
20 tahun	Pengadaan Kompresor	\$9,241,637.74	Biaya tetap
	Operasional Kompresor	\$1,134,101.10	Biaya tetap

Tabel 4.50 *Present value* komponen biaya trunkline 10 inch menuju SP2

Tujuan SP	Komponen Biaya	<i>Present value</i>	Keterangan
SP2	Investasi Pipa	\$100.00	Biaya variabel
Jenis Trunkline	Pembebasan Lahan	\$54.40	Biaya variabel
10 inch	Operasional Pipa	\$91.05	Biaya variabel
Umur	Sewa Lahan	\$1,028,166.06	Biaya tetap
20 tahun	Pengadaan Kompresor	\$6,868,518.78	Biaya tetap
	Operasional Kompresor	\$993,399.46	Biaya tetap

Tabel 4.51 *Present value* komponen biaya trunkline 12 inch menuju SP2

Tujuan SP	Komponen Biaya	<i>Present value</i>	Keterangan
SP2	Investasi Pipa	\$100.00	Biaya variabel
Jenis Trunkline	Pembebasan Lahan	\$54.40	Biaya variabel
12 inch	Operasional Pipa	\$109.26	Biaya variabel
Umur	Sewa Lahan	\$1,028,166.06	Biaya tetap
20 tahun	Pengadaan Kompresor	\$5,034,081.14	Biaya tetap
	Operasional Kompresor	\$866,584.08	Biaya tetap

Pada setiap jaringan pipa, komponen biaya terdiri dari biaya variabel dan biaya tetap. Biaya variabel memiliki satuan harga per meter panjang pipa sedangkan biaya tetap tidak dipengaruhi oleh panjang pipa. Contohnya pada tabel 4.51 mengenai *present value* dari komponen biaya trunkline 12 inch menuju SP2, biaya sewa lahan adalah sebesar \$1,028,166.06, biaya pengadaan kompresor adalah sebesar \$5,034,081.14 dan biaya operasional kompresor sebesar \$866,584.08 yang merupakan total selama 20 tahun umur operasionalnya. Sedangkan Investasi pipa, pembebasan lahan dan operasional pipa merupakan biaya per satuan meter panjang pipa selama 20 tahun umur operasionalnya. Nilai *present value* dari setiap komponen biaya akan digunakan dalam pengembangan model optimasi.

4.3 Pengembangan Model Optimasi

Model optimasi yang dikembangkan didasarkan pada model biaya dari jaringan pipa. Model optimasi mengikuti persamaan berikut.

$$\min f(x) = \sum_{i=1}^7 (\sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2} \times k_i \times NPVvar_i + NPVfix_i) + \left(\sqrt{(x_j - x)^2 + (y_j - y)^2} \times k_j \times NPVvar_j + NPVfix_j + \left(\left(k_j \times \sqrt{(x_j - x)^2 + (y_j - y)^2} \right) - ds_j \right) \times Bp + ds_j \times NPVRp \dots \dots \dots (1) \right)$$

- X_i = Koordinat x sumur i
- Y_i = Koordinat y sumur i
- X_j = Koordinat x Stasiun Pengumpul j

- Y_j = Koordinat y Stasiun Pengumpul j
 X = Koordinat x Stasiun Pengolahan
 Y = Koordinat y Stasiun Pengolahan
 K_i = *Circuitry factor* flowline
 K_j = *Circuitry factor* trunkline
 NPV_{var_i} = Nilai NPV dari biaya variabel jaringan pipa dari sumur i
 NPV_{fix_i} = Nilai NPV dari biaya tetap jaringan pipa dari sumur i
 NPV_{var_j} = Nilai NPV dari biaya variabel jaringan pipa menuju stasiun pengumpul j
 NPV_{fix_j} = Nilai NPV dari biaya tetap jaringan pipa menuju stasiun pengumpul j
 D_{s_j} = Panjang tanah sewa menuju Stasiun Pengumpul j
 B_p = Harga beli tanah
 NPV_{Rp} = Nilai NPV dari biaya sewa tanah

Model optimasi memiliki tujuan meminimalkan total biaya dengan melibatkan faktor-faktor penentu biaya yang telah dijelaskan sebelumnya. Sumur i merupakan sumur produksi yang terdiri dari tujuh sumur produksi, sedangkan stasiun pengumpul j merupakan tujuan stasiun pengumpul disesuaikan dengan skema. Model akan digunakan pada keenam skema sehingga akan terbentuk enam model optimasi yang akan menghasilkan enam lokasi optimal dan enam total biaya.

4.3.1 Skema I

Pada skema I, stasiun pengumpul yang dituju adalah SP1 dengan menggunakan trunkline berdiameter 8 inch. Berikut ini merupakan model biaya pada skema I.

Tabel 4.52 Model biaya skema I

Fasilitas	Koordinat x	Koordinat y	<i>Circuitry factor</i>	Umur Fasilitas tahun	Pipa	Bebas lahan	Sewa lahan	Pengadaan Kompresor	Operasional Kompresor	Operasional Pipa
					USD/meter	USD/meter	USD	USD	USD	USD/meter
Sumur 1	16798.729	15432.535	1.598642543	3	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$8.91
Sumur 2	17346.719	18313.355	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 3	17223.789	17452.365	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 4	18316.789	18283.685	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 5	17004.639	16800.335	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71

Fasilitas	Koordinat x	Koordinat y	Circuitry factor	Umur Fasilitas tahun	Pipa USD/meter	Bebas lahan USD/meter	Sewa lahan USD	Pengadaan Kompresor USD	Operasional Kompresor USD	Operasional Pipa USD/meter
Sumur 6	10406.009	15142.995	1.598642543	9	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$22.24
Sumur 7	9528.499	15029.445	1.598642543	15	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$31.22
SP1	0.00	27802.58	1.283938431	20	\$200.00	\$24.00	\$1,353,507.44	\$9,241,637.74	\$1,466,223.60	\$87.42

Model biaya skema I pada tabel 4.52 disusun berdasarkan nilai *present value* semua komponen biaya dari setiap jaringan pipa yang digunakan pada skema I. Berdasarkan model niaya tersebut, disusun model optimasinya. Berikut ini merupakan formulasi persamaan yang digunakan.

$$\begin{aligned} \min f(x) = & \left(\sqrt[2]{(167987.729 - x)^2 + (15432.535 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 8.91) + 0 \right) \\ & + \left(\sqrt[2]{(17346.719 - x)^2 + (18313.355 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 43.71) + 0 \right) \\ & + \left(\sqrt[2]{(17223.789 - x)^2 + (17452.365 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 43.71) + 0 \right) \\ & + \left(\sqrt[2]{(18316.789 - x)^2 + (18283.685 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 43.71) + 0 \right) \\ & + \left(\sqrt[2]{(17004.639 - x)^2 + (16800.335 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 43.71) + 0 \right) \\ & + \left(\sqrt[2]{(10406.009 - x)^2 + (15142.995 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 22.24) + 0 \right) \\ & + \left(\sqrt[2]{(9528.499 - x)^2 + (15029.445 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 31.22) + 0 \right) \\ & + \left(\sqrt[2]{(0 - x)^2 + (27802.58 - y)^2} \times 1.283938431 \times (200 + 87.42) + 0 \right) \\ & + \left(1.283938431 \times \sqrt[2]{(0 - x)^2 + (27802.58 - y)^2} - 24000 \right) \times 24 + 1353507.74 \\ & + 9241637.74 + 1466223.60 \end{aligned}$$

4.3.2 Skema II

Pada skema II, stasiun pengumpul yang dituju adalah SP1 dengan menggunakan trunkline berdiameter 10 inch. Berikut ini merupakan model biaya pada skema II.

Tabel 4.53 Model biaya skema II

Fasilitas	Koordinat x	Koordinat y	Circuitry factor	Umur Fasilitas tahun	Pipa USD/meter	Bebas lahan USD/meter	Sewa lahan USD	Pengadaan Kompresor USD	Operasional Kompresor USD	Operasional Pipa USD/meter
Sumur 1	16798.729	15432.535	1.598642543	3	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$8.91
Sumur 2	17346.719	18313.355	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 3	17223.789	17452.365	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 4	18316.789	18283.685	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 5	17004.639	16800.335	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 6	10406.009	15142.995	1.598642543	9	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$22.24

Fasilitas	Koordinat x	Koordinat y	Circuitry factor	Umur Fasilitas tahun	Pipa USD/meter	Bebas lahan USD/meter	Sewa lahan USD	Pengadaan Kompresor USD	Operasional Kompresor USD	Operasional Pipa USD/meter
Sumur 7	9528.499	15029.445	1.598642543	15	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$31.22
SP1	0.00	27802.58	1.283938431	20	\$250.00	\$24.00	\$1,353,507.44	\$6,868,518.78	\$1,315,848.49	\$109.28

Model biaya skema II pada tabel 4.53 disusun berdasarkan nilai *present value* semua komponen biaya dari setiap jaringan pipa yang digunakan pada skema II. Berikut ini merupakan formulasi persamaan yang digunakan

$$\begin{aligned} \min f(x) = & \left(\sqrt[2]{(167987.729 - x)^2 + (15432.535 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 8.91) + 0 \right) \\ & + \left(\sqrt[2]{(17346.719 - x)^2 + (18313.355 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 43.71) + 0 \right) \\ & + \left(\sqrt[2]{(17223.789 - x)^2 + (17452.365 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 43.71) + 0 \right) \\ & + \left(\sqrt[2]{(18316.789 - x)^2 + (18283.685 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 43.71) + 0 \right) \\ & + \left(\sqrt[2]{(17004.639 - x)^2 + (16800.335 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 43.71) + 0 \right) \\ & + \left(\sqrt[2]{(10406.009 - x)^2 + (15142.995 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 22.24) + 0 \right) \\ & + \left(\sqrt[2]{(9528.499 - x)^2 + (15029.445 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 31.22) + 0 \right) \\ & + \left(\sqrt[2]{(0 - x)^2 + (27802.58 - y)^2} \times 1.283938431 \times (250 + 109.28) + 0 \right) \\ & + \left(1.283938431 \times \sqrt[2]{(0 - x)^2 + (27802.58 - y)^2} - 24000 \right) \times 24 + 1353507.74 \\ & + 6868518.78 + 1315848.49 \end{aligned}$$

4.3.3 Skema III

Pada skema III, stasiun pengumpul yang dituju adalah SP1 dengan menggunakan trunkline berdiameter 12 inch. Berikut ini merupakan model biaya pada skema III.

Tabel 4.54 Model biaya skema III

Fasilitas	Koordinat x	Koordinat y	Circuitry factor	Umur Fasilitas tahun	Pipa USD/meter	Bebas lahan USD/meter	Sewa lahan USD	Pengadaan Kompresor USD	Operasional Kompresor USD	Operasional Pipa USD/meter
Sumur 1	16798.729	15432.535	1.598642543	3	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$8.91
Sumur 2	17346.719	18313.355	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 3	17223.789	17452.365	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 4	18316.789	18283.685	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 5	17004.639	16800.335	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 6	10406.009	15142.995	1.598642543	9	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$22.24
Sumur 7	9528.499	15029.445	1.598642543	15	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$31.22
SP1	0.00	27802.58	1.283938431	20	\$300.00	\$24.00	\$1,353,507.44	\$5,034,081.14	\$1,179,641.38	\$131.14

Model biaya skema III pada tabel 4.54 disusun berdasarkan nilai *present value* semua komponen biaya dari setiap jaringan pipa yang digunakan pada skema III. Berikut ini merupakan formulasi persamaan yang digunakan

$$\begin{aligned} \min f(x) = & \left(\sqrt[2]{(167987.729 - x)^2 + (15432.535 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 8.91) + 0 \right) \\ & + \left(\sqrt[2]{(17346.719 - x)^2 + (18313.355 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 43.71) + 0 \right) \\ & + \left(\sqrt[2]{(17223.789 - x)^2 + (17452.365 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 43.71) + 0 \right) \\ & + \left(\sqrt[2]{(18316.789 - x)^2 + (18283.685 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 43.71) + 0 \right) \\ & + \left(\sqrt[2]{(17004.639 - x)^2 + (16800.335 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 43.71) + 0 \right) \\ & + \left(\sqrt[2]{(10406.009 - x)^2 + (15142.995 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 22.24) + 0 \right) \\ & + \left(\sqrt[2]{(9528.499 - x)^2 + (15029.445 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 31.22) + 0 \right) \\ & + \left(\sqrt[2]{(0 - x)^2 + (27802.58 - y)^2} \times 1.283938431 \times (300 + 131.14) + 0 \right) \\ & + \left(1.283938431 \times \sqrt[2]{(0 - x)^2 + (27802.58 - y)^2} - 24000 \right) \times 24 + 1353507.74 \\ & + 5034081.14 + 1179641.38 \end{aligned}$$

4.3.4 Skema IV

Pada skema IV, stasiun pengumpul yang dituju adalah SP2 dengan menggunakan trunkline berdiameter 8 inch. Berikut ini merupakan model biaya pada skema IV.

Tabel 4.55 Model biaya skema IV

Fasilitas	Koordinat x	Koordinat y	Circuitry factor	Umur Fasilitas tahun	Pipa USD/meter	Bebas lahan USD/meter	Sewa lahan USD	Pengadaan Kompresor USD	Operasional Kompresor USD	Operasional Pipa USD/meter
Sumur 1	16798.729	15432.535	1.598642543	3	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$8.91
Sumur 2	17346.719	18313.355	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 3	17223.789	17452.365	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 4	18316.789	18283.685	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 5	17004.639	16800.335	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 6	10406.009	15142.995	1.598642543	9	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$22.24
Sumur 7	9528.499	15029.445	1.598642543	15	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$31.22
SP2	17157.48	0.00	1.604620241	20	\$200.00	\$54.40	\$1,150,481.33	\$9,241,637.74	\$1,466,223.60	\$87.42

Model biaya skema IV pada tabel 4.55 disusun berdasarkan nilai *present value* semua komponen biaya dari setiap jaringan pipa yang digunakan pada skema IV. Berikut ini merupakan formulasi persamaan yang digunakan.

$$\begin{aligned}
\min f(x) = & \left(\sqrt[2]{(167987.729 - x)^2 + (15432.535 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 8.91) + 0 \right) \\
& + \left(\sqrt[2]{(17346.719 - x)^2 + (18313.355 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 43.71) + 0 \right) \\
& + \left(\sqrt[2]{(17223.789 - x)^2 + (17452.365 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 43.71) + 0 \right) \\
& + \left(\sqrt[2]{(18316.789 - x)^2 + (18283.685 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 43.71) + 0 \right) \\
& + \left(\sqrt[2]{(17004.639 - x)^2 + (16800.335 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 43.71) + 0 \right) \\
& + \left(\sqrt[2]{(10406.009 - x)^2 + (15142.995 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 22.24) + 0 \right) \\
& + \left(\sqrt[2]{(9528.499 - x)^2 + (15029.445 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 31.22) + 0 \right) \\
& + \left(\sqrt[2]{(17157.48 - x)^2 + (0 - y)^2} \times 1.604620241 \times (200 + 87.42) + 0 \right) \\
& + \left(1.604620241 \times \sqrt[2]{(17157.48 - x)^2 + (0 - y)^2} - 20400 \right) \times 54.40 + 1150481.33 \\
& + 9241637.74 + 1466223.60
\end{aligned}$$

4.3.5 Skema V

Pada skema V, stasiun pengumpul yang dituju adalah SP2 dengan menggunakan trunkline berdiameter 10 inch. Berikut ini merupakan model biaya pada skema V.

Tabel 4.56 Model biaya skema V

Fasilitas	Koordinat x	Koordinat y	Circuitry factor	Umur Fasilitas tahun	Pipa USD/meter	Bebas lahan USD/meter	Sewa lahan USD	Pengadaan Kompresor USD	Operasional Kompresor USD	Operasional Pipa USD/meter
Sumur 1	16798.729	15432.535	1.598642543	3	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$8.91
Sumur 2	17346.719	18313.355	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 3	17223.789	17452.365	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 4	18316.789	18283.685	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 5	17004.639	16800.335	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 6	10406.009	15142.995	1.598642543	9	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$22.24
Sumur 7	9528.499	15029.445	1.598642543	15	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$31.22
SP2	17157.48	0.00	1.604620241	20	\$250.00	\$54.40	\$1,150,481.33	\$6,868,518.78	\$1,315,848.49	\$109.28

Model biaya skema V pada tabel 4.56 disusun berdasarkan nilai *present value* semua komponen biaya dari setiap jaringan pipa yang digunakan pada skema V. Berikut ini merupakan formulasi persamaan yang digunakan

$$\begin{aligned}
\min f(x) = & \left(\sqrt[2]{(167987.729 - x)^2 + (15432.535 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 8.91) + 0 \right) \\
& + \left(\sqrt[2]{(17346.719 - x)^2 + (18313.355 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 43.71) + 0 \right) \\
& + \left(\sqrt[2]{(17223.789 - x)^2 + (17452.365 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 43.71) + 0 \right) \\
& + \left(\sqrt[2]{(18316.789 - x)^2 + (18283.685 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 43.71) + 0 \right) \\
& + \left(\sqrt[2]{(17004.639 - x)^2 + (16800.335 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 43.71) + 0 \right) \\
& + \left(\sqrt[2]{(10406.009 - x)^2 + (15142.995 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 22.24) + 0 \right) \\
& + \left(\sqrt[2]{(9528.499 - x)^2 + (15029.445 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 31.22) + 0 \right) \\
& + \left(\sqrt[2]{(17157.48 - x)^2 + (0 - y)^2} \times 1.604620241 \times (250 + 109.28) + 0 \right) \\
& + \left(1.604620241 \times \sqrt[2]{(17157.48 - x)^2 + (0 - y)^2} - 20400 \right) \times 54.40 + 1150481.33 \\
& + 6868518.78 + 1315848.49
\end{aligned}$$

4.3.6 Skema VI

Pada skema VI, stasiun pengumpul yang dituju adalah SP2 dengan menggunakan trunkline berdiameter 12 inch. Berikut ini merupakan model biaya pada skema VI.

Tabel 4.57 Model biaya skema VI

Fasilitas	Koordinat x	Koordinat y	Circuitry factor	Umur Fasilitas tahun	Pipa USD/meter	Bebas lahan USD/meter	Sewa lahan USD	Pengadaan Kompresor USD	Operasional Kompresor USD	Operasional Pipa USD/meter
Sumur 1	16798.729	15432.535	1.598642543	3	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$8.91
Sumur 2	17346.719	18313.355	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 3	17223.789	17452.365	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 4	18316.789	18283.685	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 5	17004.639	16800.335	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 6	10406.009	15142.995	1.598642543	9	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$22.24
Sumur 7	9528.499	15029.445	1.598642543	15	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$31.22
SP2	17157.48	0.00	1.604620241	20	\$300.00	\$54.40	\$1,150,481.33	\$5,034,081.14	\$1,179,641.38	\$131.14

Model biaya skema VI pada tabel 4.57 disusun berdasarkan nilai *present value* semua komponen biaya dari setiap jaringan pipa yang digunakan pada skema VI. Berikut ini merupakan formulasi persamaan yang digunakan

$$\begin{aligned}
\min f(x) = & \left(\sqrt[2]{(167987.729 - x)^2 + (15432.535 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 8.91) + 0 \right) \\
& + \left(\sqrt[2]{(17346.719 - x)^2 + (18313.355 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 43.71) + 0 \right) \\
& + \left(\sqrt[2]{(17223.789 - x)^2 + (17452.365 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 43.71) + 0 \right) \\
& + \left(\sqrt[2]{(18316.789 - x)^2 + (18283.685 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 43.71) + 0 \right) \\
& + \left(\sqrt[2]{(17004.639 - x)^2 + (16800.335 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 43.71) + 0 \right) \\
& + \left(\sqrt[2]{(10406.009 - x)^2 + (15142.995 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 22.24) + 0 \right) \\
& + \left(\sqrt[2]{(9528.499 - x)^2 + (15029.445 - y)^2} \times 1.598642543 \times (100 + 24 + 31.22) + 0 \right) \\
& + \left(\sqrt[2]{(17157.48 - x)^2 + (0 - y)^2} \times 1.604620241 \times (300 + 131.14) + 0 \right) \\
& + \left(1.604620241 \times \sqrt[2]{(17157.48 - x)^2 + (0 - y)^2} - 20400 \right) \times 54.40 + 1150481.33 \\
& + 5034081.14 + 1179641.38
\end{aligned}$$

4.4 Validasi Model

Validasi dilakukan dengan menggunakan tiga cara yaitu *face validation*, *comparison to other model* dan pengujian dengan menggunakan beberapa skenario menggunakan nilai ekstrem.

4.4.1 Face validation

Face validation dilakukan kepada beberapa ahli pada bidang perpipaan yang berada pada perusahaan. Validasi dilakukan terkait model biaya yang digunakan, data yang digunakan dalam menentukan satuan nilai biaya, pendekatan yang dilakukan dalam perhitungan satuan nilai biaya, dan hasil total biayanya. Hasil validasinya adalah model yang digunakan adalah model yang valid.

4.4.2 Comparison to Other Model

Model yang digunakan telah sesuai dengan model jarak Euclidean yaitu dalam model perhitungan jarak antar titiknya. Skema minimasi biaya yang menjadi tujuan model juga telah sesuai dengan skema minimasi biaya yang digunakan pada model p-median. Model dapat dikategorikan valid karena skema biaya yang digunakan dan model jarak yang digunakan telah valid.

4.4.3 Nilai Ekstrem pada *Circuitry factor*

Validasi dilakukan pada skema III dengan merubah nilai *circuitry factor* pada jaringan pipa flowline dari sumur 4. Berikut ini merupakan model biayanya.

Tabel 4.58 Model validasi dengan nilai ekstrem pada *circuitry factor*

Fasilitas	Koordinat x	Koordinat y	<i>Circuitry factor</i>	Umur Fasilitas	Pipa	Bebas lahan	Sewa lahan	Pengadaan Kompresor	Operasional Kompresor	Operasional Pipa
				tahun	USD/meter	USD/meter	USD	USD	USD	USD/meter
Sumur 1	16798.729	15432.535	1.598642543	3	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$8.91
Sumur 2	17346.719	18313.355	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 3	17223.789	17452.365	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 4	18316.789	18283.685	99	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 5	17004.639	16800.335	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 6	10406.009	15142.995	1.598642543	9	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$22.24
Sumur 7	9528.499	15029.445	1.598642543	15	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$31.22
SP1	0.00	27802.58	1.283938431	20	\$300.00	\$24.00	\$1,353,507.44	\$5,034,081.14	\$1,179,641.38	\$131.14

Dengan model validasi pada tabel 4.58 dilakukan optimasi. Berikut ini merupakan hasil lokasi stasiun pengolahan yang optimal.

Tabel 4.59 Hasil lokasi optimal validasi dengan nilai ekstrem pada *circuitry factor*

Fasilitas	Koordinat x	Koordinat y
Stasiun Pengolahan	18316.7891	18283.68426

Hasil lokasi optimal stasiun pengolahan berada pada lokasi yang sangat dekat dengan sumur 4 sehingga dapat dikatakan model tersebut valid.

4.4.4 Nilai Ekstrem pada biaya investasi

Validasi dilakukan pada skema III dengan merubah biaya investasi yaitu biaya pengadaan dan instalasi pipa dan biaya pembebasan lahan pada jaringan pipa flowline dari sumur 4. Berikut ini merupakan model biayanya.

Tabel 4.60 Model validasi dengan nilai ekstrem pada biaya investasi

Fasilitas	Koordinat x	Koordinat y	<i>Circuitry factor</i>	Umur Fasilitas	Pipa	Bebas lahan	Sewa lahan	Pengadaan Kompresor	Operasional Kompresor	Operasional Pipa
				tahun	USD/meter	USD/meter	USD	USD	USD	USD/meter
Sumur 1	16798.729	15432.535	1.598642543	3	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$8.91
Sumur 2	17346.719	18313.355	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71

Fasilitas	Koordinat x	Koordinat y	Circuitry factor	Umur Fasilitas tahun	Pipa USD/meter	Bebas lahan USD/meter	Sewa lahan USD	Pengadaan Kompresor USD	Operasional Kompresor USD	Operasional Pipa USD/meter
Sumur 3	17223.789	17452.365	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 4	18316.789	18283.685	1.598642543	20	\$99,999.00	\$99,999.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 5	17004.639	16800.335	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 6	10406.009	15142.995	1.598642543	9	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$22.24
Sumur 7	9528.499	15029.445	1.598642543	15	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$31.22
SP1	0.00	27802.58	1.283938431	20	\$300.00	\$24.00	\$1,353,507.44	\$5,034,081.14	\$1,179,641.38	\$131.14

Dengan model validasi pada tabel 4.60 kemudian dilakukan optimasi. Berikut ini merupakan hasil lokasi stasiun pengolahan yang optimal.

Tabel 4.61 Hasil lokasi optimal validasi dengan nilai ekstrem pada biaya investasi

Fasilitas	Koordinat x	Koordinat y
Stasiun Pengolahan	18316.77665	18283.66934

Hasil lokasi optimal stasiun pengolahan berada pada lokasi yang sangat dekat dengan sumur 4 sehingga dapat dikatakan model tersebut valid.

4.4.5 Nilai Ekstrem pada biaya operasional

Validasi dilakukan pada skema III dengan merubah biaya operasional pipa pada jaringan pipa flowline dari sumur 4. Berikut ini merupakan model biayanya.

Tabel 4.62 Model validasi dengan nilai ekstrem pada biaya operasional

Fasilitas	Koordinat x	Koordinat y	Circuitry factor	Umur Fasilitas tahun	Pipa USD/meter	Bebas lahan USD/meter	Sewa lahan USD	Pengadaan Kompresor USD	Operasional Kompresor USD	Operasional Pipa USD/meter
Sumur 1	16798.729	15432.535	1.598642543	3	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$8.91
Sumur 2	17346.719	18313.355	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 3	17223.789	17452.365	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 4	18316.789	18283.685	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$99,999.00
Sumur 5	17004.639	16800.335	1.598642543	20	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.71
Sumur 6	10406.009	15142.995	1.598642543	9	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$22.24
Sumur 7	9528.499	15029.445	1.598642543	15	\$100.00	\$24.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$31.22
SP1	0.00	27802.58	1.283938431	20	\$300.00	\$24.00	\$1,353,507.44	\$5,034,081.14	\$1,179,641.38	\$131.14

Dengan model validasi pada tabel 4.62 dilakukan optimasi. Berikut ini merupakan hasil lokasi stasiun pengolahan yang optimal.

Tabel 4.63 Hasil lokasi optimal validasi dengan nilai ekstrem pada biaya operasional

Fasilitas	Koordinat x	Koordinat y
Stasiun Pengolahan	18316.78008	18283.6829

Hasil lokasi optimal stasiun pengolahan berada pada lokasi yang sangat dekat dengan sumur 4 sehingga dapat dikatakan model tersebut valid.

4.5 Penentuan Lokasi Optimal

Lokasi optimal dihitung pada enam skema yang dapat digunakan oleh perusahaan. Penentuan lokasi optimal menggunakan formulasi model optimasi dari setiap skema yang telah disusun sebelumnya. Optimasi dilakukan dengan menggunakan software solver yang tersedia dalam software Microsoft excel. Setiap skema menghasilkan total cost masing-masing dan sebuah lokasi optimal sebagai titik lokasi pembangunan stasiun pengolahan.

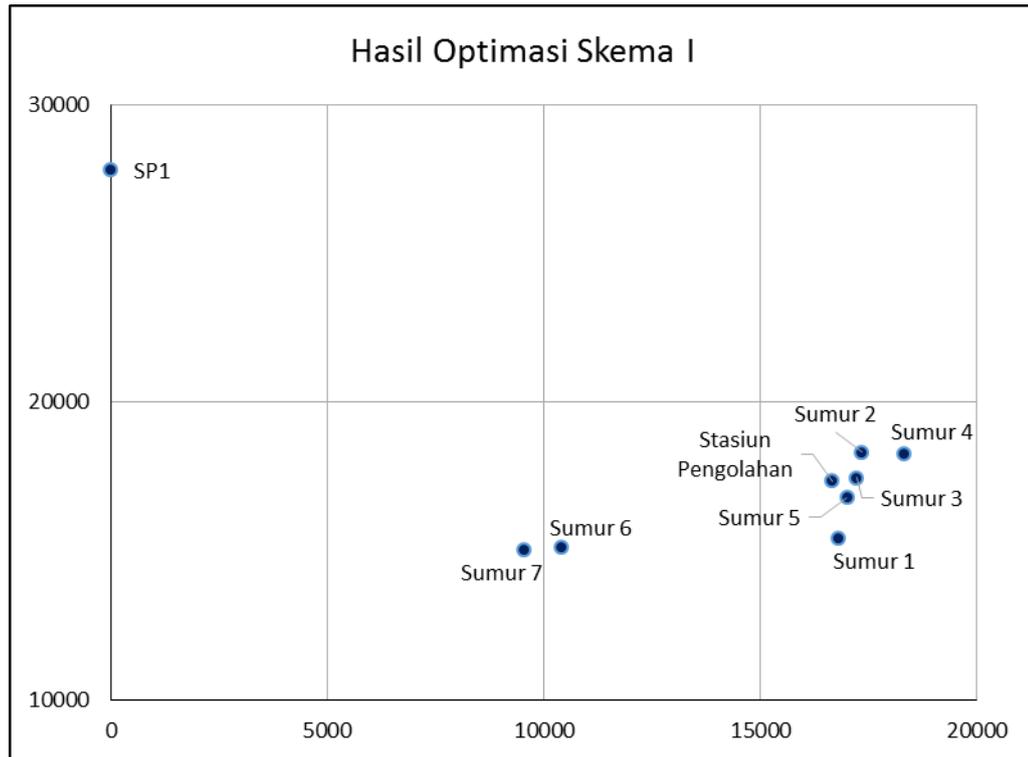
4.5.1 Skema I

Berikut ini merupakan hasil penentuan lokasi yang optimal dari skema I.

Tabel 4.64 Hasil optimasi skema I

Fasilitas	Koordinat x	Koordinat y	Total Biaya
Stasiun Pengolahan	16654.65962	17348.6975	\$23,573,190.62

Berdasarkan tabel 4.64, lokasi stasiun pengolahan yang optimal berada pada koordinat (16654.65962, 17348.6975) dan menghasilkan total biaya sebesar \$23,573,190.62. Berikut ini merupakan peta lokasi fasilitas dan hasil optimasi lokasi stasiun pengolahan.



Gambar 4.16 Peta lokasi hasil optimasi skema I

Berdasarkan hasil pemetaan lokasi pada gambar 4.16, stasiun pengolahan berada sejajar dengan sumur 3 namun lebih kearah barat. Berdasarkan hasil perhitungan jaraknya, lokasi stasiun pengolahan memiliki jarak terdekat dengan sumur 5.

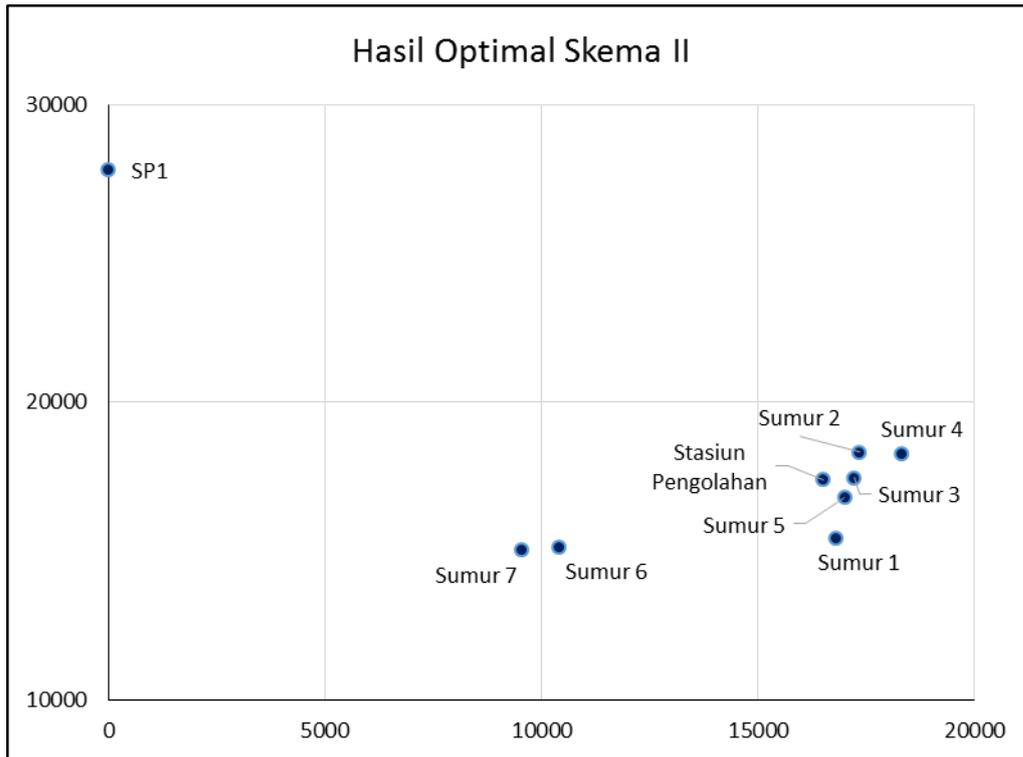
4.5.2 Skema II

Berikut ini merupakan hasil penentuan lokasi optimal dari skema II.

Tabel 4.65 Hasil optimasi skema II

Fasilitas	Koordinat x	Koordinat y	Total Biaya
Stasiun Pengolahan	16515.79917	17402.0048	\$22,775,337.90

Berdasarkan tabel 4.65, lokasi stasiun pengolahan yang optimal berada pada koordinat (16515.79917, 17402.0048) dan menghasilkan total biaya sebesar \$22,775,337.90. Berikut ini merupakan peta lokasi fasilitas dan hasil optimasi lokasi stasiun pengolahan.



Gambar 4.17 Peta lokasi hasil optimasi skema II

Berdasarkan hasil pemetaan lokasi pada gambar 4.17, stasiun pengolahan berada sejajar dengan sumur 3 namun lebih kearah barat dan lebih jauh dibandingkan skema I. Berdasarkan hasil perhitungan jaraknya, lokasi stasiun pengolahan memiliki jarak terdekat dengan sumur 5.

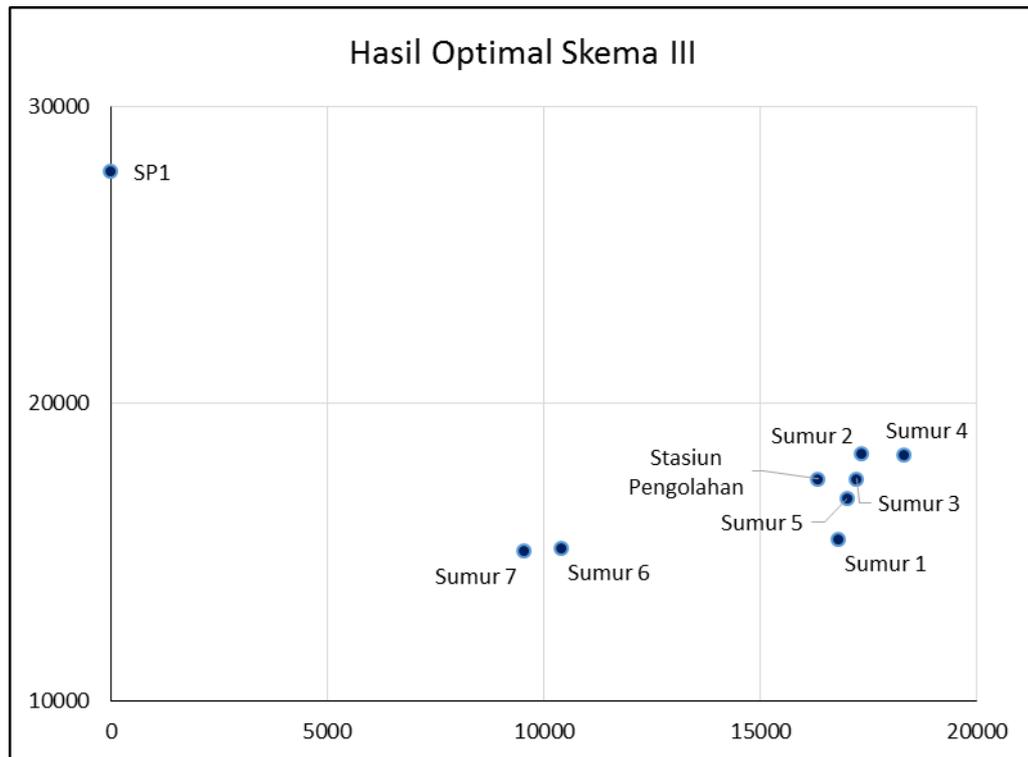
4.5.3 Skema III

Berikut ini merupakan hasil penentuan lokasi optimal dari skema III

Tabel 4.66 Hasil optimasi skema III

Fasilitas	Koordinat x	Koordinat y	Total Biaya
Stasiun Pengolahan	16328.84429	17464.91469	\$22,515,391.19

Berdasarkan tabel 4.66, lokasi stasiun pengolahan yang optimal berada pada koordinat (16328.84429, 17464.91469) dan menghasilkan total biaya sebesar \$22,515,391.19. Berikut ini merupakan peta lokasi fasilitas dan hasil optimasi lokasi stasiun pengolahan.



Gambar 4.18 Peta lokasi hasil optimasi skema III

Berdasarkan hasil pemetaan lokasi pada gambar 4.18, stasiun pengolahan berada sejajar dengan sumur 3 namun lebih kearah barat dan lebih jauh dibandingkan skema I dan II. Berdasarkan hasil perhitungan jaraknya, lokasi stasiun pengolahan memiliki jarak terdekat dengan sumur 3.

4.5.4 Skema IV

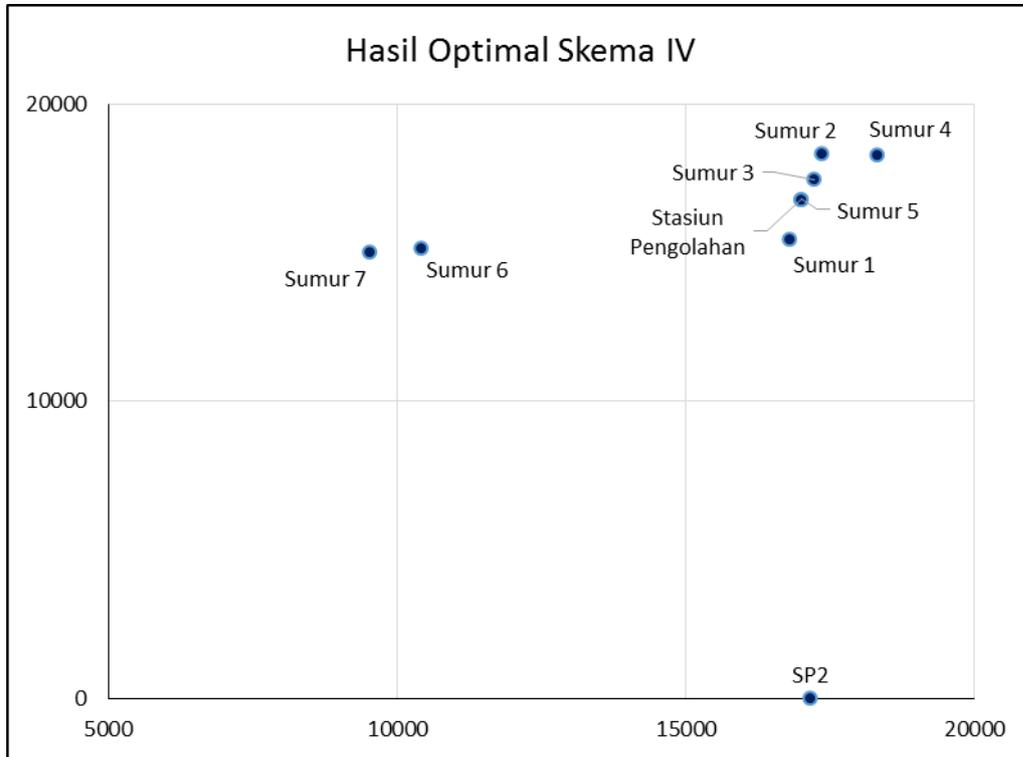
Berikut ini merupakan hasil penentuan lokasi optimal dari skema IV

Tabel 4.67 Hasil optimasi skema IV

Fasilitas	Koordinat x	Koordinat y	Total Biaya
Stasiun Pengolahan	17004.58709	16800.29451	\$23,915,662.77

Berdasarkan tabel 4.67, lokasi stasiun pengolahan yang optimal berada pada koordinat (17004.58709, 16800.29451) dan menghasilkan total biaya sebesar

\$23,915,662.77. Berikut ini merupakan peta lokasi fasilitas dan hasil optimasi lokasi stasiun pengolahan.



Gambar 4.19 Peta lokasi hasil optimal skema IV

Berdasarkan hasil pemetaan lokasi pada gambar 4.19, stasiun pengolahan berada tepat pada sumur 5. Hal ini berarti pembangunan stasiun pengolahan pada site yang sama dengan sumur 5.

4.5.5 Skema V

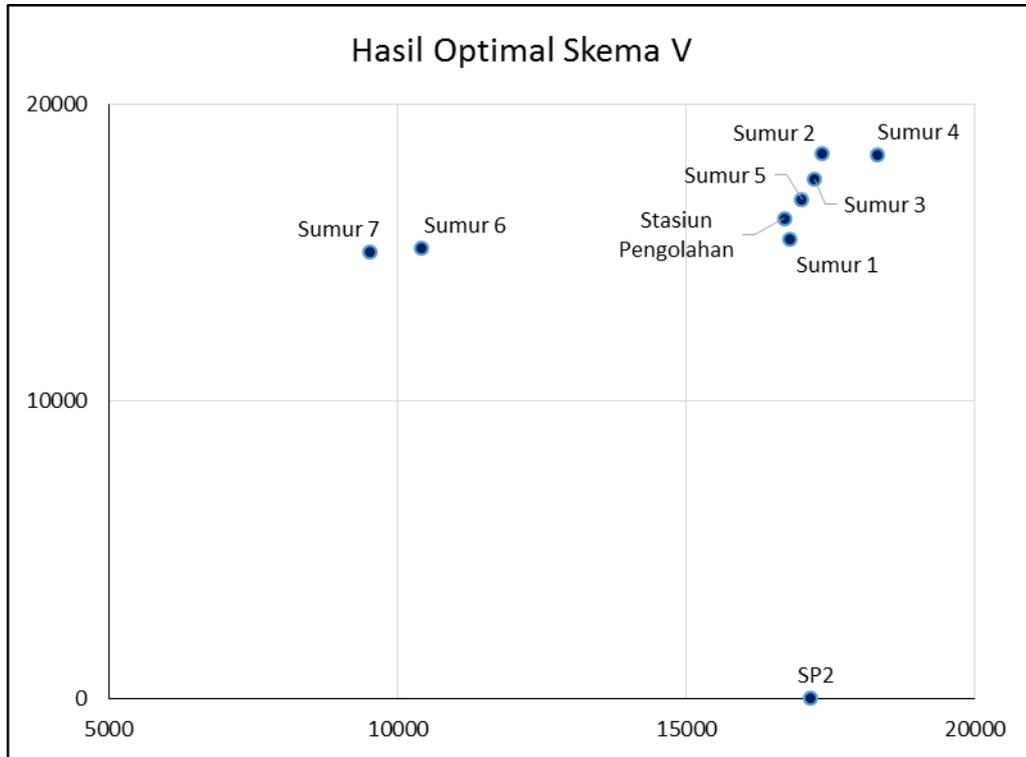
Berikut ini merupakan hasil penentuan lokasi optimal dari skema V

Tabel 4.68 Hasil optimasi skema V

Fasilitas	Koordinat x	Koordinat y	Total Biaya
Stasiun Pengolahan	16706.25034	16158.70964	\$23,213,593.71

Berdasarkan tabel 4.68, lokasi stasiun pengolahan yang optimal berada pada koordinat (16706.25034, 16158.70964) dan menghasilkan total biaya sebesar

\$23,213,593.71. Berikut ini merupakan peta lokasi fasilitas dan hasil optimasi lokasi stasiun pengolahan.



Gambar 4.20 Peta lokasi hasil optimal skema V

Berdasarkan hasil pemetaan lokasi pada gambar 4.20, stasiun pengolahan berada diantara sumur 5 dan sumur 1 namun sedikit kearah barat. Lokasi ini lebih mendekati SP2 jika dibandingkan skema IV.

4.5.6 Skema VI

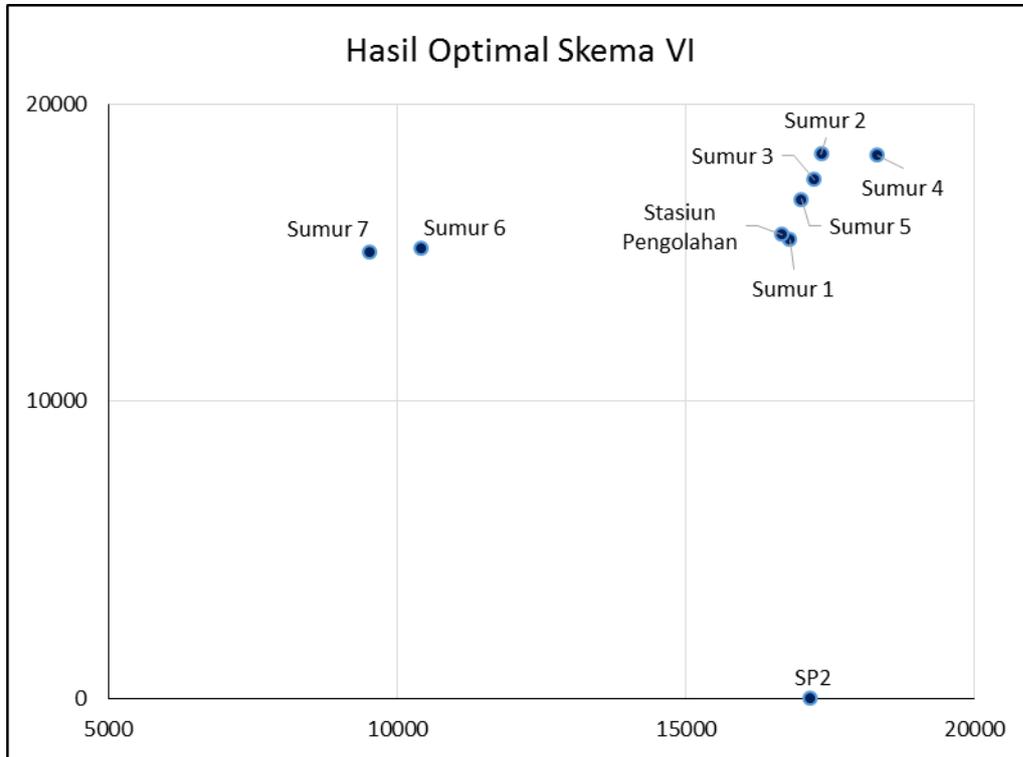
Berikut ini merupakan hasil penentuan lokasi optimal dari skema VI

Tabel 4.69 Hasil optimasi skema VI

Fasilitas	Koordinat x	Koordinat y	Total Biaya
Stasiun Pengolahan	16673.29366	15622.79355	\$22,988,231.00

Berdasarkan tabel 4.69, lokasi stasiun pengolahan yang optimal berada pada koordinat (16673.29366, 15622.79355) dan menghasilkan total biaya sebesar

\$22,988,231.00. Berikut ini merupakan peta lokasi fasilitas dan hasil optimasi lokasi stasiun pengolahan.



Gambar 4.21 Peta lokasi hasil optimal skema VI

Berdasarkan hasil pemetaan lokasi pada gambar 4.21, stasiun pengolahan berada dekat dengan sumur 1 namun sedikit ke arah barat daya. Lokasi ini lebih mendekati SP2 jika dibandingkan skema IV dan skema V.

4.5.7 Perbandingan Hasil Skema

Berikut ini merupakan perbandingan hasil optimasi dari setiap skema yang dapat digunakan oleh perusahaan.

Tabel 4.70 Perbandingan hasil optimasi

Skema	Koordinat x	Koordinat y	Total Biaya
Skema I	16654.65962	17348.6975	\$23,573,190.62
Skema II	16515.79917	17402.0048	\$22,775,337.90
Skema III	16328.84429	17464.91469	\$22,515,391.19
Skema IV	17004.58709	16800.29451	\$23,915,662.77

Skema	Koordinat x	Koordinat y	Total Biaya
Skema V	16706.25034	16158.70964	\$23,213,593.71
Skema VI	16673.29366	15622.79355	\$22,988,231.00

Pada tabel 4.70, menunjukkan rekap hasil optimasi dari setiap skema. Hasil optimasi setiap skema berupa titik koordinat letak stasiun pengolahan dan total biayanya selama 20 tahun. Terlihat bahwa skema yang paling baik adalah skema III karena menghasilkan biaya yang paling kecil.

BAB V

ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Pada bab ini akan dibahas mengenai analisis terhadap pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Analisis yang dilakukan meliputi analisis karakteristik khusus perusahaan, analisis karakteristik fungsi, analisis metode optimasi, analisis sensitivitas dan analisis metode validasi.

5.1 Analisis Karakteristik Khusus Perusahaan

Terdapat beberapa karakteristik khusus perusahaan yang mempengaruhi model biaya. Karakteristik khusus tersebut adalah adanya *cost recovery* sesuai peraturan yang berlaku, inventarisasi aset dan metode transportasi yang digunakan.

5.1.1 Cost Recovery

Cost recovery merupakan sebuah peraturan yang diterapkan oleh pemerintah Indonesia (SKK Migas sebagai penanggung jawab) berkaitan dengan proses eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas yang terjadi di Indonesia. Berdasarkan kebijakan ini, seluruh biaya selama proses eksplorasi dan eksploitasi yang dilakukan perusahaan selama masa kontrak kerja yang diberikan oleh SKK Migas akan diganti oleh SKK Migas jika berhasil menghasilkan produksi sesuai target. Karena adanya peraturan ini, setiap langkah yang akan dilakukan perusahaan harus disetujui oleh SKK Migas. Keadaan ini menjadikan investasi yang dilakukan perusahaan menjadi terbatas. Efisiensi harus dilakukan oleh perusahaan agar proses persetujuan dapat segera disetujui oleh pihak SKK Migas dan tidak terjadi pengulangan pada proses persetujuan tersebut. Dengan memperpendek proses birokrasi, proses produksi akan semakin cepat berjalan dan menghasilkan produksi yang lebih besar.

5.1.2 Inventarisasi Aset

Berdasarkan peraturan yang dibuat terkait *cost recovery*, pemerintah akan mengganti seluruh biaya eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas. Namun, seluruh aset yang telah dibangun oleh perusahaan akan menjadi hak milik pemerintah

setelah kontrak kerja berakhir. Kondisi ini menjadikan perusahaan lebih memilih untuk melakukan sewa lahan dibandingkan dengan melakukan pembebasan tanah karena proses sewa lahan yang lebih cepat dan biaya yang lebih pasti dibandingkan dengan membebaskan tanah sehingga dapat mempersingkat waktu pra produksi. Selain itu, perusahaan juga tidak akan memiliki aset tersebut setelah kontrak kerja berakhir sehingga tidak menjadi masalah untuk meminimalkan pembebasan tanah.

5.1.3 Metode Transportasi

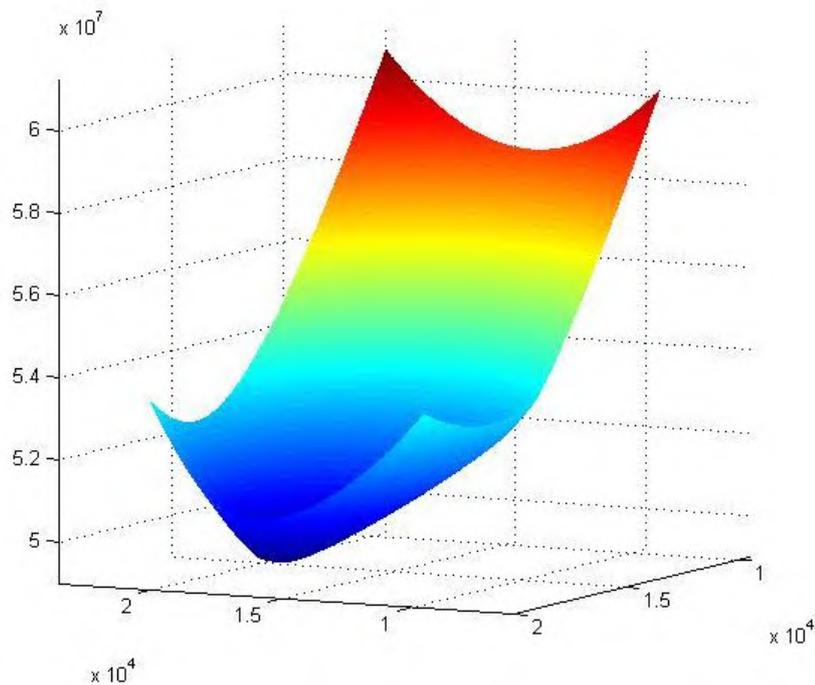
Pada penelitian ini, perusahaan menggunakan pipa sebagai metode transportasinya karena gas yang dialirkan masih berada pada skema produksi. Proses produksi umumnya stabil sehingga perusahaan dapat menggunakan sarana transportasi yang identik selama masa produksi berlangsung. Pemilihan pipa disebabkan biaya operasionalnya yang kecil walaupun biaya investasinya besar karena operasional perusahaan migas dapat mencapai waktu yang sangat panjang. Selain itu, biaya operasional tidak dipengaruhi oleh besarnya volume produksi karena operasional pipa yang meliputi *maintenance* dan penggantian komponen memang harus dilakukan secara rutin oleh perusahaan berapapun volume gas yang dialirkan. Keadaan ini menjadikan produksi yang selalu dilakukan secara maksimal tidak akan terbebani biaya operasionalnya.

5.2 Analisis Karakteristik Model Optimasi

Model optimasi disusun berdasarkan model biaya pada setiap jaringan pipa. Terdapat beberapa karakteristik model optimasi yang akan mempengaruhi optimasi yang dilakukan, yaitu sifat unimodal, sifat unconstrained dan faktor-faktor penentu lokasi.

5.2.1 Sifat Unimodal

Berdasarkan hasil pengujian bentuk model, didapatkan bahwa fungsi tersebut merupakan unimodal. Pengujian sifat unimodal menggunakan bantuan software matlab dengan menggunakan fungsi optimasi pada skema I. Berikut ini merupakan hasil pengujian bentuk fungsi dengan menggunakan software matlab.



Gambar 5.1 Bentuk unimodal fungsi optimasi

Dengan adanya sifat unimodal ini menandakan bahwa fungsi hanya memiliki satu titik puncak atau satu nilai optimal. Keadaan ini menjadikan proses pencarian hasil optimal tidak akan terjebak pada keadaan lokal optimal.

5.2.2 Sifat Unconstrained

Fungsi optimasi yang digunakan tidak menggunakan constrain apapun karena tidak batasan dalam pemilihan lokasi pembangunan stasiun pengolahan (seluruh sumbu x dan sumbu y dapat terpilih menjadi titik optimal lokasi stasiun pengolahan). Keadaan ini disebabkan wilayah yang dapat dipilih merupakan areal persawahan sehingga dapat diasumsikan seluruh titik dapat dibangun stasiun pengolahan.

5.2.3 Faktor Penentu Lokasi

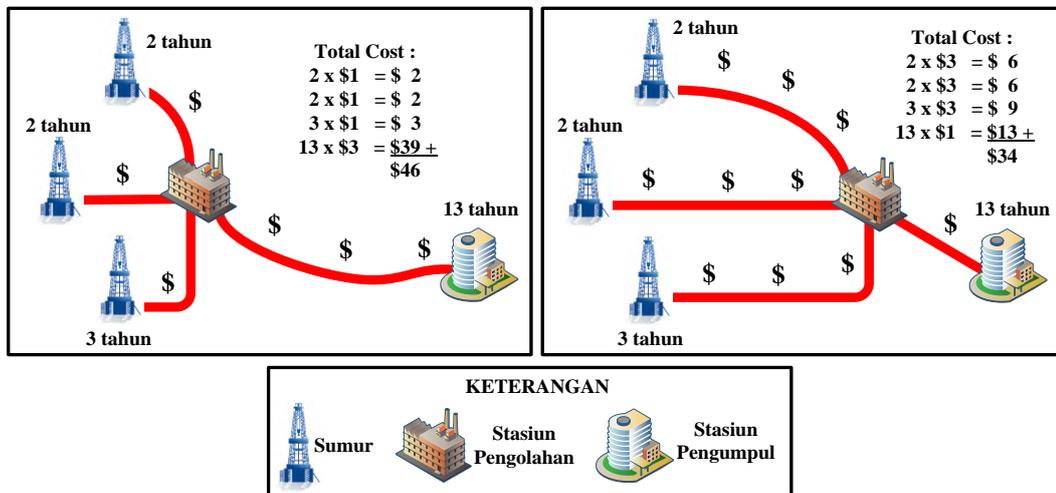
Terdapat beberapa faktor penentu lokasi yang akan dianalisis yaitu lokasi dan umur fasilitas, biaya variabel dan biaya tetap.

a. Lokasi dan umur fasilitas

Lokasi fasilitas-fasilitas yang terhubung dengan stasiun pengolahan berpengaruh pada panjang pipa yang akan dibangun karena jarak fasilitas-fasilitas tersebut saling terikat dengan lokasi stasiun pengolahan. Penentuan titik optimal akan menghasilkan panjang jaringan pipa yang optimal

Umur fasilitas-fasilitas yang terkait dengan stasiun pengolahan (terhubung jaringan pipa dengan stasiun pengolahan) akan mempengaruhi umur operasional jaringan pipa yang menghubungkan dengan fasilitas tersebut. Semakin panjang umurnya, pipa yang menghubungkannya akan beroperasi semakin lama sehingga total biaya operasionalnya semakin besar. Sedangkan umur yang pendek menjadikan total operasional pipa yang menghubungkannya menjadi kecil. Umur fasilitas juga akan mempengaruhi nilai *present value* dari komponen biaya pada jaringan pipa tersebut.

Berikut ini merupakan gambaran pengaruh lokasi dan umur fasilitas terhadap penentuan lokasi stasiun pengolahan.

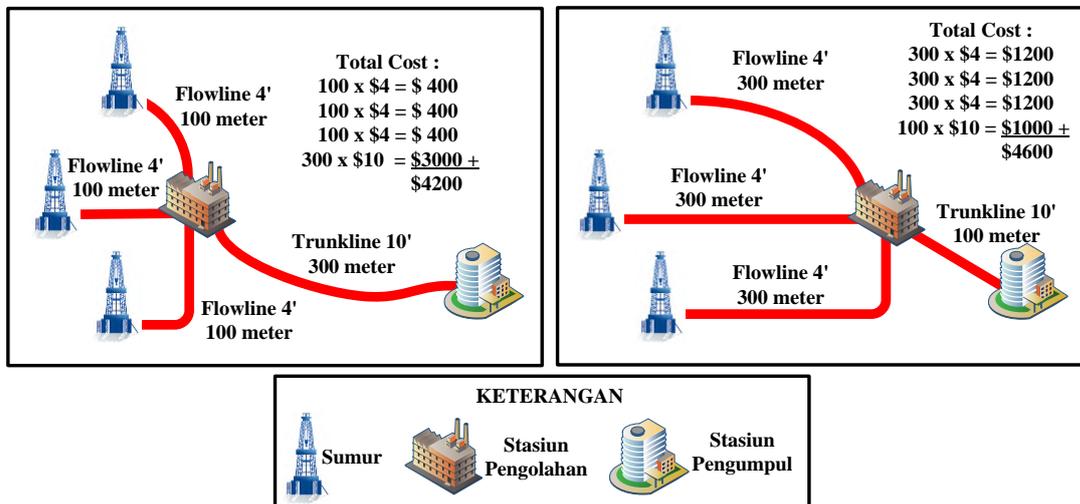


Gambar 5.2 Contoh pengaruh umur fasilitas terhadap biaya total

b. Biaya variabel

Biaya-biaya yang diklasifikasikan sebagai biaya variabel adalah biaya pengadaan dan instalasi pipa, biaya pembebasan tanah dan biaya operasional pipa. Panjang jaringan pipa yang dibangun mempengaruhi total biaya variabel sehingga

biaya variabel merupakan biaya yang mempengaruhi penentuan lokasi pembangunan stasiun pengolahan. Berikut ini merupakan gambaran pengaruh biaya variabel terhadap penentuan lokasi stasiun pengolahan.

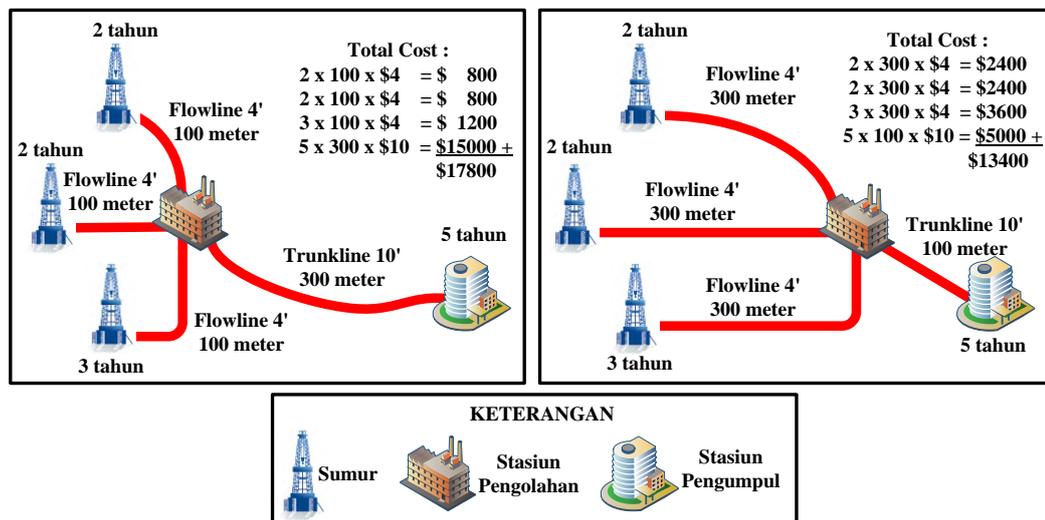


Gambar 5.3 Contoh pengaruh biaya variabel terhadap penentuan lokasi

Biaya pengadaan dan instalasi pipa berdasarkan hasil perhitungan adalah sebesar \$100.00 untuk setiap meter panjang pipa flowline, \$200.00 untuk setiap meter panjang trunkline dengan ukuran 8 inch, \$250.00 untuk setiap meter panjang trunkline dengan ukuran 10 inch dan \$300.00 untuk setiap meter panjang trunkline dengan ukuran 12 inch. Biaya ini dikeluarkan pada tahun ke 0 yaitu pada saat tahap pembangunan dan termasuk biaya investasi.

Biaya pembebasan tanah berdasarkan hasil perhitungan adalah sebesar \$24/meter untuk wilayah sekitar sumur dan wilayah menuju SP1, sedangkan wilayah menuju SP2 adalah sebesar \$54.4/meter. Biaya ini dikeluarkan pada tahun ke 0 yaitu pada saat tahap pembangunan dan termasuk biaya investasi. Pada skema I, II dan III biaya pembebasan tanah tidak memberi pengaruh dalam penentuan lokasi stasiun pengolahan karena semua biayanya sama pada setiap jaringan pipa. Namun biaya ini memberi pengaruh pada skema IV, V dan VI karena biaya pembebasan tanah pada jaringan pipa trunkline lebih mahal dibandingkan jaringan pipa flowline. Keadaan ini menyebabkan lokasi optimal yang akan semakin mendekati stasiun pengumpul pada ketiga skema tersebut.

Biaya operasional pipa berdasarkan hasil perhitungan adalah sebesar \$3.48 untuk setiap meter panjang pipa flowline, \$6.96 untuk setiap meter panjang pipa trunkline dengan ukuran 8 inch, \$8.70 untuk setiap meter panjang pipa trunkline dengan ukuran 10 inch dan \$10.44 untuk setiap meter panjang pipa trunkline dengan ukuran 12 inch. Biaya ini dikeluarkan oleh perusahaan setelah pipa selesai dibangun atau pada saat tahap produksi. Biaya ini dikeluarkan setiap tahunnya oleh perusahaan dan termasuk biaya operasional yang mengalami eskalasi sebesar 3% setiap tahunnya. Kombinasi ukuran pipa dan umur fasilitas yang disebabkan biaya operasional pipa mempengaruhi penentuan lokasi stasiun pengolahan. Berikut ini merupakan gambaran pengaruh ukuran pipa dan umur fasilitas terhadap penentuan lokasi stasiun pengolahan.



Gambar 5.4 Contoh pengaruh ukuran pipa dan umur fasilitas

c. Biaya tetap

Biaya-biaya yang diklasifikasikan sebagai biaya tetap adalah biaya sewa tanah, biaya pengadaan kompresor dan biaya operasional kompresor. Biaya tetap tidak mempengaruhi penentuan lokasi stasiun pengolahan karena besarnya biaya tetap tidak dipengaruhi panjang jaringan pipa yang dibangun. Namun, biaya tetap ini akan mempengaruhi biaya total dari keenam skema yang dapat digunakan oleh perusahaan.

Biaya sewa tanah berdasarkan hasil survey adalah sebesar \$ 142,080.00/tahun pada skema I, II dan III dan sebesar \$ 120,768.00/tahun pada skema IV, V dan VI. Biaya ini hanya dibebankan pada trunkline karena hanya pada jalur trunkline tersedia lahan yang dapat disewakan. Biaya ini merupakan biaya tetap yang akan dikeluarkan perusahaan tiap tahunnya selama 20 tahun.

Biaya pengadaan kompresor berdasarkan hasil lelang yang telah dilakukan perusahaan adalah sebesar \$14,883,750.00 untuk trunkline dengan diameter 8 inch, \$12,168,000.00 untuk trunkline dengan diameter 10 inch dan \$9,810,000.00 untuk trunkline dengan diameter 12 inch. Pengadaan kompresor untuk trunkline 8 inch adalah pada tahun ke 5, sedangkan trunkline 10 inch di tahun ke 6 dan trunkline 12 inch di tahun ke 7. Biaya ini merupakan biaya tetap yang akan dikeluarkan oleh perusahaan pada tahun pengadaannya sesuai skema yang digunakan oleh perusahaan.

Biaya operasional kompresor berdasarkan perhitungan adalah sebesar \$178,605.00/tahun. Biaya ini hanya dibebankan pada operasional trunkline karena hanya pada trunkline beroperasi kompresor. Biaya ini merupakan biaya tetap yang akan dikeluarkan perusahaan tiap tahunnya setelah pemasangan kompresor hingga akhir umur operasional trunkline tersebut. Biaya ini dipengaruhi waktu pengadaan kompresor sesuai dengan trunkline yang digunakan. Dengan pemilihan trunkline 8 inch yang kemudian pengadaan kompresor di tahun ke 5, maka operasional kompresor adalah selama 16 tahun (mulai tahun ke 5 hingga tahun ke 20), begitu juga dengan operasional selama 15 tahun untuk trunkline 10 inch dan operasional selama 14 tahun untuk trunkline 12 inch.

5.3 Analisis Metode Validasi

Validasi dilakukan pada model biaya dari skema III. Terdapat beberapa metode validasi yang dilakukan untuk menguji model biaya dan fungsi optimasi yang telah disusun diantaranya merubah nilai *circuitry factor* menjadi sangat besar, merubah biaya investasi menjadi sangat besar dan merubah biaya operasional menjadi sangat besar.

5.3.1 Nilai ekstrem pada *Circuitry factor*

Circuitry factor merupakan factor yang mengestimasi panjang pipa terhadap panjang tegak lurus nya. Dapat diartikan bahwa semakin besar nilai *circuitry factor*, maka semakin panjang estimasi pipa yang akan dibangun. Pipa yang semakin panjang akan menyebabkan total biaya yang semakin besar karena biaya variabel yang dipengaruhi panjang pipa. Proses dan hasil validasinya adalah sebagai berikut.

Merubah nilai *circuitry factor* pada flowline sumur 4 menjadi senilai 99 → proses optimasi meminimalkan panjang pipa flowline sumur 4 → hasil optimasi meletakkan lokasi stasiun pengolahan sangat berdekatan dengan sumur 4 → model optimasi **valid**.

5.3.2 Nilai ekstrem pada biaya investasi

Biaya investasi terdiri dari biaya pengadaan dan instalasi pipa serta biaya pembebasan lahan. Biaya ini merupakan biaya variabel yang berarti semakin besar biaya investasinya maka per meter panjang pipanya akan menjadi semakin mahal. Proses dan hasil validasinya adalah sebagai berikut.

Merubah biaya pengadaan dan instalasi pipa dan biaya pembebasan lahan pada flowline sumur 4 menjadi \$99,999.00/meter → proses optimasi meminimalkan panjang pipa flowline sumur 4 → hasil optimasi meletakkan lokasi stasiun pengolahan sangat berdekatan dengan sumur 4 → model optimasi **valid**.

5.3.3 Nilai ekstrem pada biaya operasional

Biaya operasional merupakan biaya tahunan yang dikeluarkan oleh perusahaan setelah pembangunan pipa telah selesai dilakukan. Biaya ini merupakan biaya variabel yang berarti semakin besar biaya operasionalnya maka per meter panjang pipanya akan menjadi semakin mahal. Proses dan hasil validasinya adalah sebagai berikut.

Merubah nilai *present value* pada biaya operasional pipa pada flowline sumur 4 menjadi \$99,999.00/meter → proses optimasi meminimalkan panjang pipa flowline sumur 4 → hasil optimasi meletakkan lokasi stasiun pengolahan sangat berdekatan dengan sumur 4 → model optimasi **valid**.

5.4 Analisis Metode Optimasi

Optimasi dilakukan dengan menggunakan software solver yang terdapat pada software Microsoft excel. Berdasarkan karakteristik fungsinya, fungsi optimasi merupakan fungsi non linear yang bersifat unimodal. Oleh karena itu, optimasi yang dilakukan pada software solver menggunakan metode Generalized Reduced Gradient. Metode ini merupakan pengembangan method dengan menggunakan algoritma GRG sehingga tidak semua titik akan dicoba, tapi akan terus mengarah pada titik optimal. Keadaan unimodal juga menjadikan penggunaan metode ini tidak mengalami masalah. Karena ketika searching method dilakukan, keadaan optimal adalah saat hasil iterasi telah lebih besar dari hasil iterasi sebelumnya. Keadaan unimodal juga menjadikan metode optimasi tidak mengalami masalah pada pemilihan titik yang merupakan local optimal.

5.5 Analisis Hasil Optimasi

Berdasarkan hasil dari keenam skema, skema terbaik bagi perusahaan adalah skema III dengan total biaya \$22,515,391.19. Berdasarkan tujuan stasiun pengumpulnya, diameter trunkline terbaik untuk digunakan perusahaan adalah diameter 12 inch karena biaya pengadaan kompresor yang lebih murah dan total biaya operasional kompresor yang lebih kecil (karena lama beroperasinya kompresor semakin kecil). Walau biaya pengadaan dan instalasi serta biaya operasional pipa yang meningkat (karena diameter pipa yang besar), namun tidak sebanding dengan biaya pengadaan dan operasional kompresor yang lebih murah. Skema terbaik dapat berganti jika biaya pengadaan kompresor dan biaya operasional kompresor pada skema lain menjadi lebih murah karena selisih yang kecil dari total biaya pada setiap skema (dengan tujuan stasiun pengumpul yang sama) yaitu hanya berkisar \$200,000.00 hingga \$1,000,000.00. Selisih ini cukup kecil jika dibandingkan dengan biaya pengadaan kompresor yang berkisar pada \$9,000,000.00 hingga \$14,000,000.00 dan biaya operasional kompresor yang senilai \$178,605.00 per tahunnya (perubahan biaya pengadaan kompresor atau lama operasional kompresor dapat merubah skema terbaik).

5.6 Analisis Proporsi Komponen Biaya

Analisis proporsi komponen biaya dilakukan untuk mengetahui komponen biaya yang memiliki pengaruh paling besar terhadap total cost. Analisis ini dilakukan pada keenam skema yang telah dilakukan optimasi.

5.6.1 Skema I

Berdasarkan hasil optimasi, berikut ini merupakan perhitungan proporsi dari masing-masing komponen biaya yang menyusun total biaya.

Tabel 5.1 Proporsi biaya skema I

Fasilitas	Panjang Lahan	Panjang pipa	Sewa lahan	Pengadaan Kompresor	Operasional Kompresor	Biaya pipa	Biaya lahan	Biaya Operasional pipa	Total Biaya
	meter	meter	USD	USD	USD				USD
Sumur 1	3071.904986	3071.904986	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$307,190.50	\$73,725.72	\$27,377.50	\$408,293.72
Sumur 2	1897.953158	1897.953158	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$189,795.32	\$45,550.88	\$69,120.80	\$304,466.99
Sumur 3	924.8049737	924.8049737	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$92,480.50	\$22,195.32	\$33,680.10	\$148,355.92
Sumur 4	3048.706351	3048.706351	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$304,870.64	\$73,168.95	\$111,029.61	\$489,069.20
Sumur 5	1039.962129	1039.962129	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$103,996.21	\$24,959.09	\$37,873.96	\$166,829.27
Sumur 6	10593.43567	10593.43567	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$1,059,343.57	\$254,242.46	\$235,554.97	\$1,549,141.00
Sumur 7	11980.34042	11980.34042	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$1,198,034.04	\$287,528.17	\$373,981.57	\$1,859,543.79
SP1	1246.985506	25246.98551	\$1,353,507.44	\$9,241,637.74	\$1,134,101.10	\$5,049,397.10	\$29,927.65	\$1,838,919.70	\$18,647,490.74
Total masing-masing komponen biaya			\$1,353,507.44	\$9,241,637.74	\$1,134,101.10	\$8,305,107.87	\$811,298.24	\$2,727,538.22	\$23,573,190.62
Proporsi biaya			6%	39%	5%	35%	3%	12%	100%

Berdasarkan hasil perhitungan proporsi, biaya pengadaan kompresor memiliki proporsi 39% dan biaya pengadaan dan instalasi pipa memiliki proporsi 35% dari total biaya. Kedua komponen ini memiliki proporsi yang sangat besar, sangat tidak sebanding dengan komponen biaya lainnya. Berikut ini merupakan pie chart yang menggambarkan proporsi dari masing-masing komponen biaya yang menyusun total biaya.



Gambar 5.5 Pie chart proporsi komponen biaya skema I

5.6.2 Skema II

Berdasarkan hasil optimasi, berikut ini merupakan perhitungan proporsi dari masing-masing komponen biaya yang menyusun total biaya.

Tabel 5.2 Proporsi biaya skema II

Fasilitas	Panjang Lahan	Panjang pipa	Sewa lahan	Pengadaan Kompresor	Operasional Kompresor	Biaya pipa	Biaya lahan	Biaya Operational pipa	Total Biaya
	meter	meter	USD	USD	USD				USD
Sumur 1	3180.800784	3180.800784	0	\$0.00	\$0.00	\$318,080.08	\$76,339.22	\$28,348.01	\$422,767.30
Sumur 2	1971.578667	1971.578667	0	\$0.00	\$0.00	\$197,157.87	\$47,317.89	\$71,802.13	\$316,277.89
Sumur 3	1134.682365	1134.682365	0	\$0.00	\$0.00	\$113,468.24	\$27,232.38	\$41,323.54	\$182,024.16
Sumur 4	3205.636814	3205.636814	0	\$0.00	\$0.00	\$320,563.68	\$76,935.28	\$116,744.80	\$514,243.77
Sumur 5	1239.304702	1239.304702	0	\$0.00	\$0.00	\$123,930.47	\$29,743.31	\$45,133.74	\$198,807.52
Sumur 6	10413.61461	10413.61461	0	\$0.00	\$0.00	\$1,041,361.46	\$249,926.75	\$231,556.48	\$1,522,844.69
Sumur 7	11796.57426	11796.57426	0	\$0.00	\$0.00	\$1,179,657.43	\$283,117.78	\$368,245.08	\$1,831,020.29
SP1	1059.620172	25059.62017	\$1,353,507.44	\$6,868,518.78	\$993,399.46	\$6,264,905.04	\$25,430.88	\$2,281,590.66	\$17,787,352.28
Total masing-masing komponen biaya			\$1,353,507.44	\$6,868,518.78	\$993,399.46	\$9,559,124.26	\$816,043.50	\$3,184,744.45	\$22,775,337.90
Proporsi biaya			6%	30%	4%	42%	4%	14%	100%

Berdasarkan hasil perhitungan proporsi, biaya pengadaan dan instalasi pipa memiliki proporsi 42% dan biaya pengadaan kompresor memiliki proporsi 30% dari total biaya. Kedua komponen ini memiliki proporsi yang sangat besar, sangat tidak sebanding dengan komponen biaya lainnya. Berikut ini merupakan pie

chart yang menggambarkan proporsi dari masing-masing komponen biaya yang menyusun total biaya.



Gambar 5.6 Pie chart proporsi komponen biaya skema II

5.6.3 Skema III

Berdasarkan hasil optimasi, berikut ini merupakan perhitungan proporsi dari masing-masing komponen biaya yang menyusun total biaya.

Tabel 5.3 Proporsi biaya skema III

Fasilitas	Panjang Lahan	Panjang pipa	Sewa lahan	Pengadaan Kompresor	Operasional Kompresor	Biaya pipa	Biaya lahan	Biaya Operational pipa	Total Biaya
	meter	meter	USD	USD	USD				USD
Sumur 1	3334.754115	3334.754115	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$333,475.41	\$80,034.10	\$29,720.07	\$443,229.58
Sumur 2	2118.379256	2118.379256	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$211,837.93	\$50,841.10	\$77,148.41	\$339,827.43
Sumur 3	1430.837354	1430.837354	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$143,083.74	\$34,340.10	\$52,109.09	\$229,532.92
Sumur 4	3437.010458	3437.010458	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$343,701.05	\$82,488.25	\$125,171.11	\$551,360.40
Sumur 5	1515.226989	1515.226989	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$151,522.70	\$36,365.45	\$55,182.44	\$243,070.59
Sumur 6	10170.09205	10170.09205	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$1,017,009.21	\$244,082.21	\$226,141.53	\$1,487,232.95
Sumur 7	11547.49081	11547.49081	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$1,154,749.08	\$277,139.78	\$360,469.62	\$1,792,358.48
SP1	813.5309999	24813.531	\$1,353,507.44	\$5,034,081.14	\$866,584.08	\$7,444,059.30	\$19,524.74	\$2,711,022.13	\$17,428,778.83
Total masing-masing komponen biaya			\$1,353,507.44	\$5,034,081.14	\$866,584.08	\$10,799,438.40	\$824,815.73	\$3,636,964.40	\$22,515,391.19
Proporsi biaya			6%	22%	4%	48%	4%	16%	100%

Berdasarkan hasil perhitungan proporsi, biaya pengadaan dan instalasi pipa memiliki proporsi 48%, biaya pengadaan kompresor memiliki proporsi 22%

dan biaya operasional pipa memiliki proporsi 16% dari total biaya. Ketiga komponen ini memiliki proporsi yang sangat besar, sangat tidak sebanding dengan komponen biaya lainnya. Berikut ini merupakan pie chart yang menggambarkan proporsi dari masing-masing komponen biaya yang menyusun total biaya.



Gambar 5.7 Pie chart proporsi komponen biaya skema III

5.6.4 Skema IV

Berdasarkan hasil optimasi, berikut ini merupakan perhitungan proporsi dari masing-masing komponen biaya yang menyusun total biaya.

Tabel 5.4 Proporsi biaya skema IV

Fasilitas	Panjang Lahan	Panjang pipa	Sewa lahan	Pengadaan Kompresor	Operasional Kompresor	Biaya pipa	Biaya lahan	Biaya Operational pipa	Total Biaya
	meter	meter	USD	USD	USD				USD
Sumur 1	2211.185382	2211.185382	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$221,118.54	\$53,068.45	\$19,706.58	\$293,893.56
Sumur 2	2479.909561	2479.909561	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$247,990.96	\$59,517.83	\$90,314.83	\$397,823.62
Sumur 3	1099.751509	1099.751509	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$109,975.15	\$26,394.04	\$40,051.41	\$176,420.60
Sumur 4	3166.087719	3166.087719	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$316,608.77	\$75,986.11	\$115,304.48	\$507,899.36
Sumur 5	0.105239569	0.105239569	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$10.52	\$2.53	\$3.83	\$16.88
Sumur 6	10876.39535	10876.39535	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$1,087,639.54	\$261,033.49	\$241,846.85	\$1,590,519.87
Sumur 7	12282.2991	12282.2991	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$1,228,229.91	\$294,775.18	\$383,407.60	\$1,906,412.69
SP2	2959.208984	26959.20898	\$1,150,481.33	\$9,241,637.74	\$1,134,101.10	\$5,391,841.80	\$160,980.97	\$1,963,633.26	\$19,042,676.19
Total masing-masing komponen biaya			\$1,150,481.33	\$9,241,637.74	\$1,134,101.10	\$8,603,415.18	\$931,758.58	\$2,854,268.84	\$23,915,662.77
Proporsi biaya			5%	39%	5%	36%	4%	12%	100%

Berdasarkan hasil perhitungan proporsi, biaya pengadaan kompresor memiliki proporsi 39% dan biaya pengadaan dan instalasi pipa memiliki proporsi 36% dari total biaya. Kedua komponen ini memiliki proporsi yang sangat besar, sangat tidak sebanding dengan komponen biaya lainnya. Berikut ini merupakan pie chart yang menggambarkan proporsi dari masing-masing komponen biaya yang menyusun total biaya.



Gambar 5.8 Pie chart proporsi komponen biaya skema IV

5.6.5 Skema V

Berdasarkan hasil optimasi, berikut ini merupakan perhitungan proporsi dari masing-masing komponen biaya yang menyusun total biaya.

Tabel 5.5 Proporsi biaya skema V

Fasilitas	Panjang Lahan	Panjang pipa	Sewa lahan	Pengadaan Kompresor	Operasional Kompresor	Biaya pipa	Biaya lahan	Biaya Operational pipa	Total Biaya
	meter	meter	USD	USD	USD				USD
Sumur 1	1170.269571	1170.269571	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$117,026.96	\$28,086.47	\$10,429.70	\$155,543.13
Sumur 2	3593.461386	3593.461386	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$359,346.14	\$86,243.07	\$130,868.83	\$576,458.04
Sumur 3	2227.449217	2227.449217	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$222,744.92	\$53,458.78	\$81,120.58	\$357,324.28
Sumur 4	4262.520378	4262.520378	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$426,252.04	\$102,300.49	\$155,235.02	\$683,787.55
Sumur 5	1131.223338	1131.223338	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$113,122.33	\$27,149.36	\$41,197.57	\$181,469.26
Sumur 6	10201.88456	10201.88456	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$1,020,188.46	\$244,845.23	\$226,848.47	\$1,491,882.15
Sumur 7	11615.80239	11615.80239	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$1,161,580.24	\$278,779.26	\$362,602.06	\$1,802,961.55
SP2	1938.700221	25938.70022	\$1,150,481.33	\$6,868,518.78	\$993,399.46	\$6,484,675.06	\$105,465.29	\$2,361,627.82	\$17,964,167.74
Total masing-masing komponen biaya			\$1,150,481.33	\$6,868,518.78	\$993,399.46	\$9,904,936.14	\$926,327.95	\$3,369,930.05	\$23,213,593.71
Proporsi biaya			5%	30%	4%	43%	4%	15%	100%

Berdasarkan hasil perhitungan proporsi, biaya pengadaan dan instalasi pipa memiliki proporsi 43% dan biaya pengadaan kompresor memiliki proporsi 30% dari total biaya. Kedua komponen ini memiliki proporsi yang sangat besar, sangat tidak sebanding dengan komponen biaya lainnya. Berikut ini merupakan pie chart yang menggambarkan proporsi dari masing-masing komponen biaya yang menyusun total biaya.



Gambar 5.9 Pie chart proporsi komponen biaya skema V

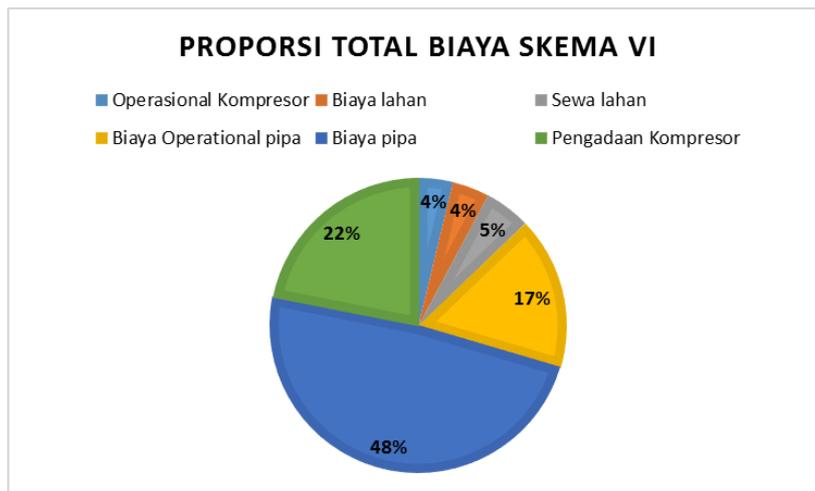
5.6.6 Skema VI

Berdasarkan hasil optimasi, berikut ini merupakan perhitungan proporsi dari masing-masing komponen biaya yang menyusun total biaya.

Tabel 5.6 Proporsi biaya skema VI

Fasilitas	Panjang Lahan	Panjang pipa	Sewa lahan	Pengadaan Kompresor	Operasional Kompresor	Biaya pipa	Biaya lahan	Biaya Operational pipa	Total Biaya
	meter	meter	USD	USD	USD				USD
Sumur 1	364.3093408	364.3093408	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$36,430.93	\$8,743.42	\$3,246.81	\$48,421.16
Sumur 2	4433.927418	4433.927418	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$443,392.74	\$106,414.26	\$161,477.43	\$711,284.43
Sumur 3	3054.359937	3054.359937	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$305,435.99	\$73,304.64	\$111,235.51	\$489,976.14
Sumur 4	4999.796463	4999.796463	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$499,979.65	\$119,995.12	\$182,085.58	\$802,060.35
Sumur 5	1955.574148	1955.574148	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$195,557.41	\$46,933.78	\$71,219.27	\$313,710.47
Sumur 6	10048.46525	10048.46525	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$1,004,846.53	\$241,163.17	\$223,437.05	\$1,469,446.74
Sumur 7	11461.2919	11461.2919	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$1,146,129.19	\$275,071.01	\$357,778.81	\$1,778,979.01
SP2	1080.687488	25080.68749	\$1,150,481.33	\$5,034,081.14	\$866,584.08	\$7,524,206.25	\$58,789.40	\$2,740,210.52	\$17,374,352.71
Total masing-masing komponen biaya			\$1,150,481.33	\$5,034,081.14	\$866,584.08	\$11,155,978.69	\$930,414.79	\$3,850,690.98	\$22,988,231.00
Proporsi biaya			5%	22%	4%	49%	4%	17%	100%

Berdasarkan hasil perhitungan proporsi, biaya pengadaan dan instalasi pipa memiliki proporsi 49%, biaya pengadaan kompresor memiliki proporsi 22% dan biaya operasional pipa memiliki proporsi 17% dari total biaya. Ketiga komponen ini memiliki proporsi yang sangat besar, sangat tidak sebanding dengan komponen biaya lainnya. Berikut ini merupakan pie chart yang menggambarkan proporsi dari masing-masing komponen biaya yang menyusun total biaya.



Gambar 5.10 Pie chart proporsi komponen biaya skema VI

5.7 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan terhadap faktor-faktor yang memiliki ketidakpastian ketika proses pembangunan dan operasional dilakukan oleh perusahaan. Beberapa faktor tersebut adalah biaya pengadaan dan instalasi pipa, biaya pembebasan lahan, biaya operasional pipa, biaya pengadaan kompresor, nilai *circuitry factor* pada flowline dan nilai *circuitry factor* pada trunkline. Analisis sensitivitas dilakukan pada hasil optimal dari enam skema yang dapat dilakukan oleh perusahaan. Berikut ini merupakan rentang ketidakpastian dari enam faktor yang diuji sensitivitasnya.

Tabel 5.7 Rentang ketidakpastian keenam faktor

		Nilai minimal	Nilai estimasi	Nilai maksimal
Harga Lahan	Persentase	90%	100%	120%
	Nilai	\$135,000.00	\$150,000.00	\$220,000.00

		Nilai minimal	Nilai estimasi	Nilai maksimal
Pengadaan dan Instalasi Pipa	Persentase	68%	100%	112%
	Nilai	\$17.00	\$25.00	\$28.00
Operasional Pipa	Persentase	80%	100%	120%
	Nilai	\$0.70	\$0.87	\$1.05
Pengadaan Kompresor Skema I & IV	Persentase	90%	100%	110%
	Nilai	\$13,395,375.00	\$14,883,750.00	\$16,372,125.00
Pengadaan Kompresor Skema II & V	Persentase	90%	100%	110%
	Nilai	\$10,951,200.00	\$12,168,000.00	\$13,384,800.00
Pengadaan Kompresor Skema III & VI	Persentase	90%	100%	110%
	Nilai	\$8,829,000.00	\$9,810,000.00	\$10,791,000.00
Circuitry factor Flowline	Persentase	85%	100%	115%
	Nilai	1.508846161	1.598642543	1.688438924
Circuitry factor Trunkline menuju SP1	Persentase	85%	100%	115%
	Nilai	1.241347666	1.283938431	1.326529195
Circuitry factor Trunkline menuju SP2	Persentase	85%	100%	115%
	Nilai	1.513927205	1.604620241	1.695313277

Berdasarkan tabel 5.7, setiap faktor yang diuji sensitivitasnya memiliki nilai minimal, nilai estimasi dan nilai maksimal. Nilai estimasi merupakan nilai yang digunakan saat melakukan optimasi yang telah dilakukan pada pengolahan data. Nilai minimal merupakan nilai terkecil yang mungkin terjadi pada keadaan sebenarnya dan nilai maksimal merupakan nilai terbesar yang mungkin terjadi pada keadaan sebenarnya.

5.7.1 Skema I

Berdasarkan hasil uji sensitivitas yang dilakukan, terjadi perubahan total biaya yang cukup signifikan. Berikut ini merupakan perubahan total biaya berdasarkan perubahan faktor-faktor yang diuji sensitivitasnya.

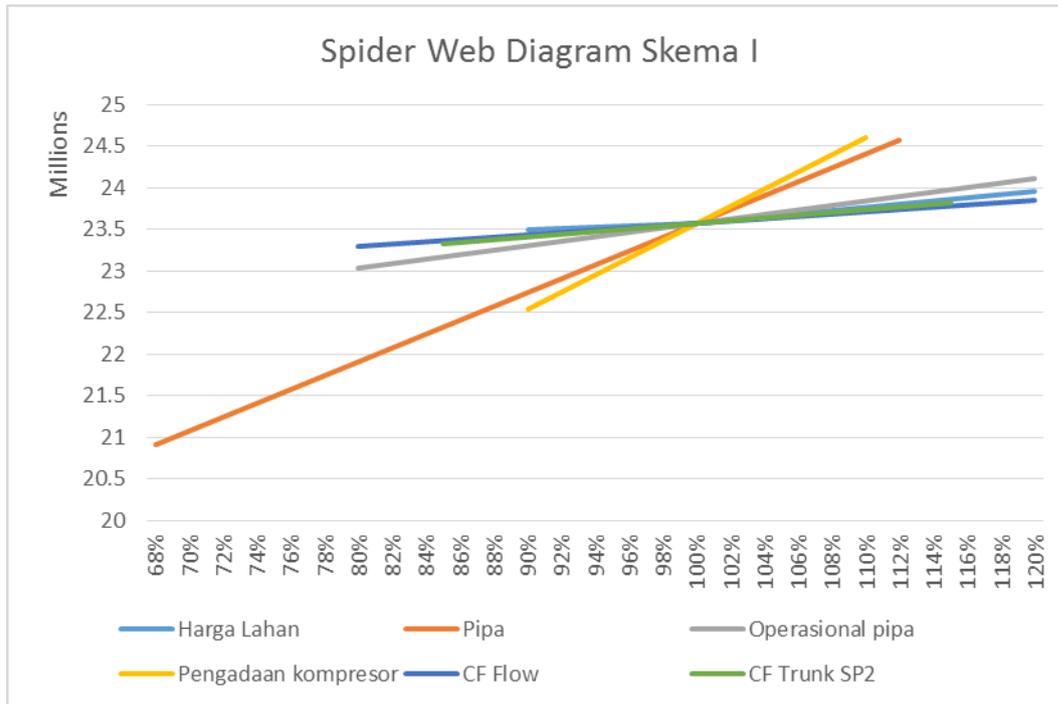
Tabel 5.8 Hasil uji sensitivitas skema I

Faktor		Nilai Minimal	Nilai Estimasi	Nilai Maksimal	Rentang Total biaya
Harga Lahan	Perubahan	90%	100%	120%	
	Total biaya	\$23,492,060.79	\$23,573,190.62	\$23,951,796.46	\$459,735.67
Pengadaan & Instalasi Pipa	Perubahan	68%	100%	112%	
	Total biaya	\$20,915,556.10	\$23,573,190.62	\$24,569,803.56	\$3,654,247.46
	Perubahan	80%	100%	120%	

Faktor		Nilai Minimal	Nilai Estimasi	Nilai Maksimal	Rentang Total biaya
Operasional Pipa	Total biaya	\$23,027,682.97	\$23,573,190.62	\$24,118,698.26	\$1,091,015.29
	Perubahan	90%	100%	110%	
Pengadaan Kompresor	Total biaya	\$22,535,616.73	\$23,573,190.62	\$24,610,764.50	\$2,075,147.77
	Perubahan	80%	100%	120%	
Circuitry factor Flowline	Total biaya	\$23,296,512.11	\$23,573,190.62	\$23,849,869.12	\$553,357.01
	Perubahan	85%	100%	115%	
Circuitry factor Trunkline	Total biaya	\$23,324,591.78	\$23,573,190.62	\$23,821,789.45	\$497,197.67
	Perubahan	85%	100%	115%	

Berdasarkan perubahan total biaya, harga kompresor yang lebih mahal dari estimasi awal dapat menjadikan total biaya menjadi paling besar yaitu dari \$23,573,190.62 menjadi sebesar \$24,610,764.50. Namun, rentang total biaya paling besar adalah pada perubahan biaya pengadaan dan instalasi pipa. Hal ini menandakan bahwa kemungkinan perubahan biaya pengadaan dan instalasi pipa dapat menyebabkan perbedaan total biaya yaitu pada kisaran total biaya \$20,915,556.10 hingga \$24,569,803.56. Melihat hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa terdapat dua faktor yang harus diperhatikan yaitu biaya pengadaan kompresor dan biaya pengadaan dan instalasi pipa. Kemudian dibuat spider web diagram analisis sensitivitas skema I untuk mengetahui faktor kritisnya.

Berdasarkan hasil analisis sensitivitas terhadap skema I pada gambar 5.11, biaya pengadaan kompresor memiliki gradien terbesar dibandingkan faktor lainnya. Sedangkan biaya yang memiliki rentang ketidakpastian terbesar adalah biaya pengadaan dan instalasi pipa. Biaya pengadaan dan instalasi pipa juga memiliki gradient yang besar (terbesar kedua) setelah biaya pengadaan kompresor. Gradient kedua faktor ini cukup besar dibandingkan faktor-faktor lainnya. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa biaya pengadaan kompresor dan biaya pengadaan dan instalasi pipa merupakan faktor kritis pada hasil optimal skema I.



Gambar 5.11 Spider web diagram analisis sensitivitas skema I

5.7.2 Skema II

Berdasarkan hasil uji sensitivitas yang dilakukan, terjadi perubahan total biaya yang cukup signifikan. Berikut ini merupakan perubahan total biaya berdasarkan perubahan faktor-faktor yang diuji sensitivitasnya.

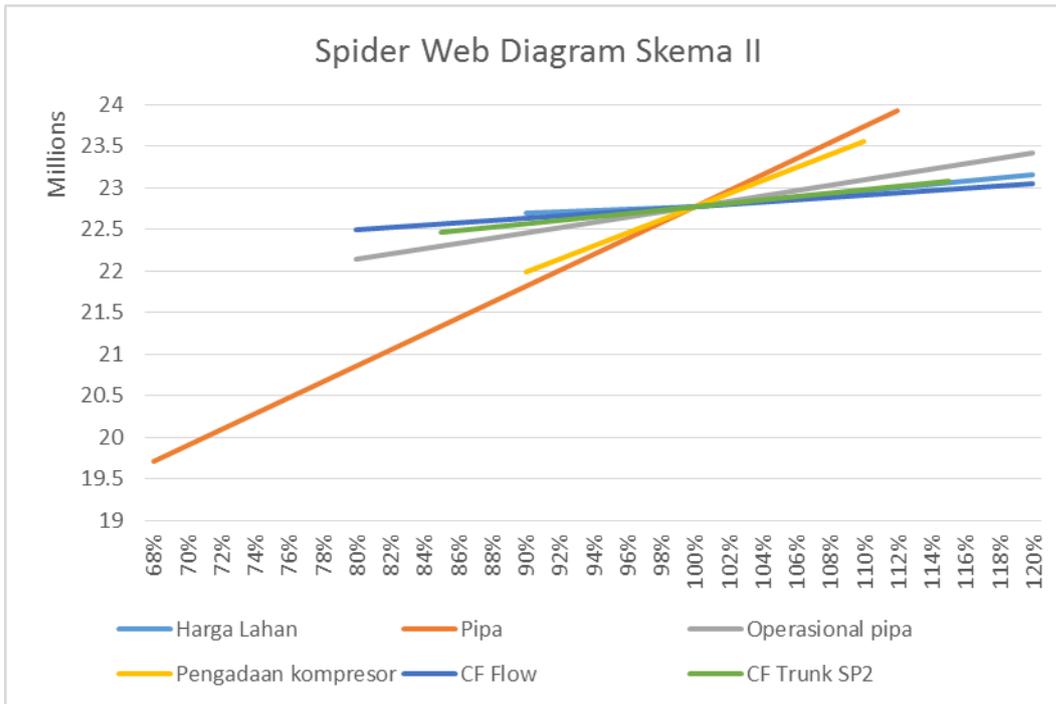
Tabel 5.9 Hasil uji sensitivitas skema II

Faktor		Nilai Minimal	Nilai Estimasi	Nilai Maksimal	Rentang Total biaya
Harga Lahan	Perubahan	90%	100%	120%	
	Total biaya	\$22,693,733.55	\$22,775,337.90	\$23,156,158.20	\$462,424.65
Pengadaan & Instalasi Pipa	Perubahan	68%	100%	112%	
	Total biaya	\$19,716,418.14	\$22,775,337.90	\$23,922,432.81	\$4,206,014.68
Operasional Pipa	Perubahan	80%	100%	120%	
	Total biaya	\$22,138,389.01	\$22,775,337.90	\$23,412,286.79	\$1,273,897.78
Pengadaan Kompresor	Perubahan	90%	100%	110%	
	Total biaya	\$21,989,146.08	\$22,775,337.90	\$23,561,529.73	\$1,572,383.65
Circuitry factor Flowline	Perubahan	80%	100%	120%	
	Total biaya	\$22,495,160.78	\$22,775,337.90	\$23,055,515.02	\$560,354.23

Faktor		Nilai Minimal	Nilai Estimasi	Nilai Maksimal	Rentang Total biaya
<i>Circuitry factor Trunkline</i>	Perubahan	85%	100%	115%	
	Total biaya	\$22,471,883.17	\$22,775,337.90	\$23,078,792.63	\$606,909.46

Berdasarkan perubahan total biaya, biaya pengadaan dan instalasi pipa yang lebih mahal dari estimasi awal dapat menjadikan total biaya menjadi paling besar yaitu dari \$22,775,337.90 menjadi sebesar \$23,922,432.81. Rentang total biaya paling besar juga dipengaruhi perubahan biaya pengadaan dan instalasi pipa. Hal ini dapat diartikan bahwa kemungkinan perubahan biaya pengadaan dan instalasi pipa dapat menyebabkan perbedaan total biaya yaitu pada kisaran total biaya \$19,716,418.14 hingga \$23,922,432.81. Melihat hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa biaya pengadaan dan instalasi pipa merupakan biaya yang perlu diperhatikan. Kemudian dibuat spider web diagram analisis sensitivitas skema II untuk mengetahui faktor kritisnya.

Berdasarkan hasil analisis sensitivitas terhadap skema II pada gambar 5.12, biaya pengadaan dan instalasi pipa memiliki gradien terbesar dibandingkan faktor lainnya. Biaya yang memiliki rentang ketidakpastian terbesar juga merupakan biaya pengadaan dan instalasi pipa. Selain itu, biaya pengadaan kompresor memiliki gradient yang juga besar besar (terbesar kedua) setelah biaya pengadaan dan instalasi pipa. Gradient kedua faktor ini cukup besar dibandingkan faktor-faktor lainnya. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa biaya pengadaan dan instalasi pipa dan biaya pengadaan kompresor merupakan faktor kritis pada hasil optimal skema II.



Gambar 5.12 Spider web diagram analisis sensitivitas skema II

5.7.3 Skema III

Berdasarkan hasil uji sensitivitas yang dilakukan, terjadi perubahan total biaya yang cukup signifikan. Berikut ini merupakan perubahan total biaya berdasarkan perubahan faktor-faktor yang diuji sensitivitasnya.

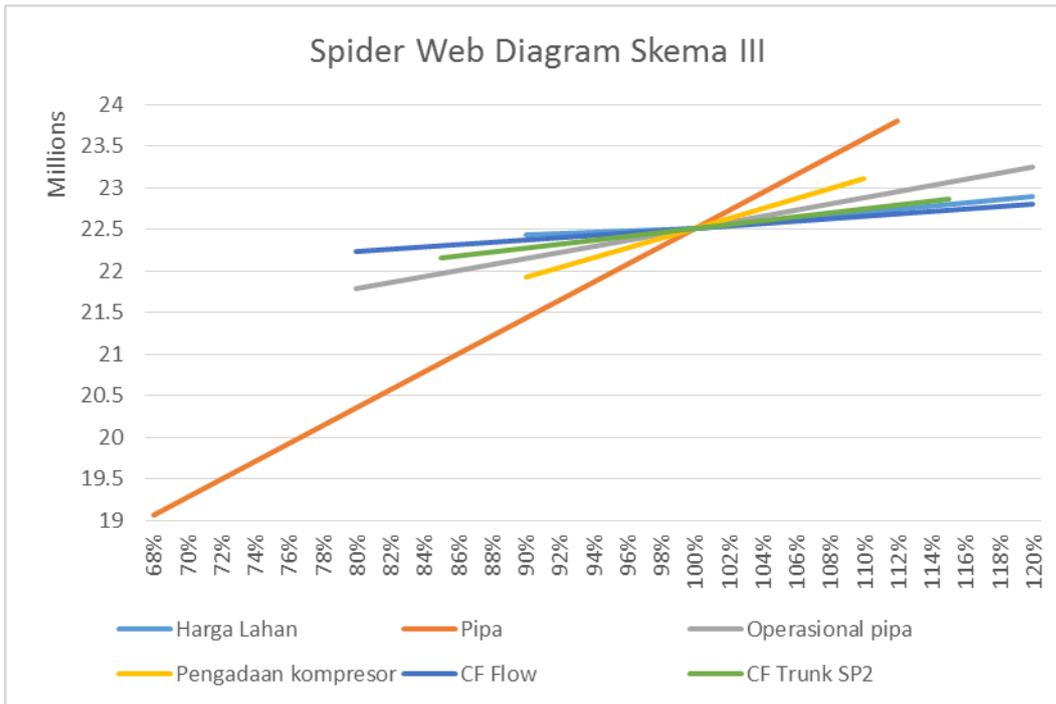
Tabel 5.10 Hasil uji sensitivitas skema III

Faktor	Perubahan Nilai	Nilai Minimal	Nilai Estimasi	Nilai Maksimal	Rentang Total biaya
Harga Lahan	Perubahan Nilai	90%	100%	120%	
	Total biaya	\$22,432,909.61	\$22,515,391.19	\$22,900,305.27	\$467,395.66
Pengadaan & Instalasi Pipa	Perubahan Nilai	68%	100%	112%	
	Total biaya	\$19,059,571.21	\$22,515,391.19	\$23,811,323.69	\$4,751,752.48
Operasional Pipa	Perubahan Nilai	80%	100%	120%	
	Total biaya	\$21,787,998.15	\$22,515,391.19	\$23,242,784.24	\$1,454,786.09
Pengadaan Kompresor	Perubahan Nilai	90%	100%	110%	
	Total biaya	\$21,925,324.67	\$22,515,391.19	\$23,105,457.71	\$1,180,133.04
Circuitry factor Flowline	Perubahan Nilai	80%	100%	120%	
	Total biaya	\$22,229,673.98	\$22,515,391.19	\$22,801,108.40	\$571,434.42

Faktor		Nilai Minimal	Nilai Estimasi	Nilai Maksimal	Rentang Total biaya
Circuitry factor Trunkline	Perubahan Nilai	85%	100%	115%	
	Total biaya	\$22,158,772.54	\$22,515,391.19	\$22,872,009.85	\$713,237.30

Berdasarkan perubahan total biaya, biaya pengadaan dan instalasi pipa yang lebih mahal dari estimasi awal dapat menjadikan total biaya menjadi paling besar yaitu dari total biaya sebesar \$22,515,391.19 menjadi sebesar \$23,811,323.69. Rentang total biaya paling besar juga dipengaruhi perubahan biaya pengadaan dan instalasi pipa. Hal ini dapat diartikan bahwa kemungkinan perubahan biaya pengadaan dan instalasi pipa dapat menyebabkan perbedaan total biaya yaitu pada kisaran total biaya \$19,059,571.21 hingga \$23,811,323.69. Melihat hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa biaya pengadaan dan instalasi pipa merupakan biaya yang perlu diperhatikan. Kemudian dibuat spider web diagram analisis sensitivitas skema III untuk mengetahui faktor kritisnya.

Berdasarkan hasil analisis sensitivitas terhadap skema III pada gambar 5.13, biaya pengadaan dan instalasi pipa memiliki gradien terbesar dibandingkan faktor lainnya. Biaya yang memiliki rentang ketidakpastian terbesar juga merupakan biaya pengadaan dan instalasi pipa. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa biaya pengadaan dan instalasi pipa merupakan faktor kritis pada hasil optimal skema III.



Gambar 5.13 Spider web diagram analisis sensitivitas skema III

5.7.4 Skema IV

Berdasarkan hasil uji sensitivitas yang dilakukan, terjadi perubahan total biaya yang cukup signifikan. Berikut ini merupakan perubahan total biaya berdasarkan perubahan faktor-faktor yang diuji sensitivitasnya.

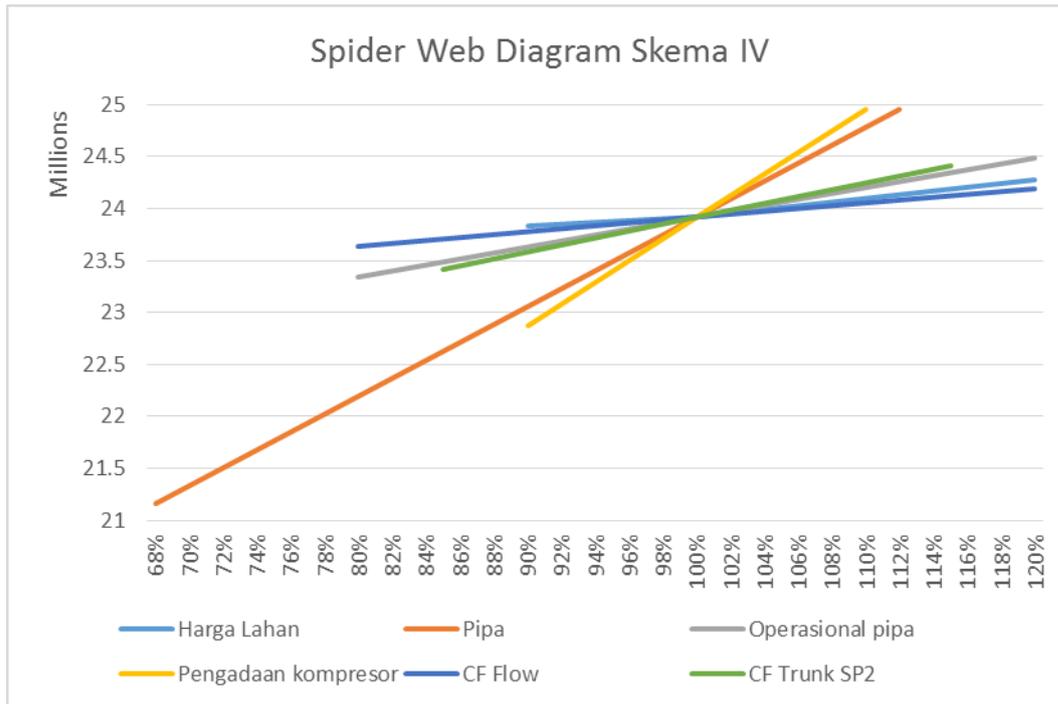
Tabel 5.11 Hasil uji sensitivitas skema IV

Faktor		Nilai Minimal	Nilai Estimasi	Nilai Maksimal	Rentang Total biaya
Harga Lahan	Perubahan	90%	100%	120%	
	Total biaya	\$23,838,585.01	\$23,915,662.77	\$24,275,358.99	\$436,773.98
Pengadaan & Instalasi Pipa	Perubahan	68%	100%	112%	
	Total biaya	\$21,162,569.91	\$23,915,662.77	\$24,948,072.59	\$3,785,502.68
Operasional Pipa	Perubahan	80%	100%	120%	
	Total biaya	\$23,344,809.00	\$23,915,662.77	\$24,486,516.54	\$1,141,707.53
Pengadaan Kompresor	Perubahan	90%	100%	110%	
	Total biaya	\$22,878,088.89	\$23,915,662.77	\$24,953,236.65	\$2,075,147.77
Circuitry factor Flowline	Perubahan	80%	100%	120%	
	Total biaya	\$23,641,945.19	\$23,915,662.77	\$24,189,380.35	\$547,435.15

Faktor		Nilai Minimal	Nilai Estimasi	Nilai Maksimal	Rentang Total biaya
<i>Circuitry factor Trunkline</i>	Perubahan	85%	100%	115%	
	Total biaya	\$23,417,040.71	\$23,915,662.77	\$24,414,284.83	\$997,244.11

Berdasarkan perubahan total biaya, harga kompresor yang lebih mahal dari estimasi awal dapat menjadikan total biaya menjadi paling besar yaitu dari \$23,915,662.77 menjadi sebesar \$24,953,236.65. Namun, rentang total biaya paling besar adalah pada perubahan biaya pengadaan dan instalasi pipa. Hal ini menandakan bahwa kemungkinan perubahan biaya pengadaan dan instalasi pipa dapat menyebabkan perbedaan total biaya yaitu pada kisaran total biaya \$21,162,569.91 hingga \$24,948,072.59. Melihat hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa terdapat dua faktor yang harus diperhatikan yaitu biaya pengadaan kompresor dan biaya pengadaan dan instalasi pipa. Kemudian dibuat spider web diagram analisis sensitivitas skema IV untuk mengetahui faktor kritisnya.

Berdasarkan hasil analisis sensitivitas terhadap skema IV pada gambar 5.14, biaya pengadaan kompresor memiliki gradien terbesar dibandingkan faktor lainnya. Sedangkan biaya yang memiliki rentang ketidakpastian terbesar adalah biaya pengadaan dan instalasi pipa. Biaya pengadaan dan instalasi pipa juga memiliki gradient yang besar (terbesar kedua) setelah biaya pengadaan kompresor. Gradient kedua faktor ini cukup besar dibandingkan faktor-faktor lainnya. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa biaya pengadaan kompresor dan biaya pengadaan dan instalasi pipa merupakan faktor kritis pada hasil optimal skema IV.



Gambar 5.14 Spider web diagram analisis sensitivitas skema IV

5.7.5 Skema V

Berdasarkan hasil uji sensitivitas yang dilakukan, terjadi perubahan total biaya yang cukup signifikan. Berikut ini merupakan perubahan total biaya berdasarkan perubahan faktor-faktor yang diuji sensitivitasnya.

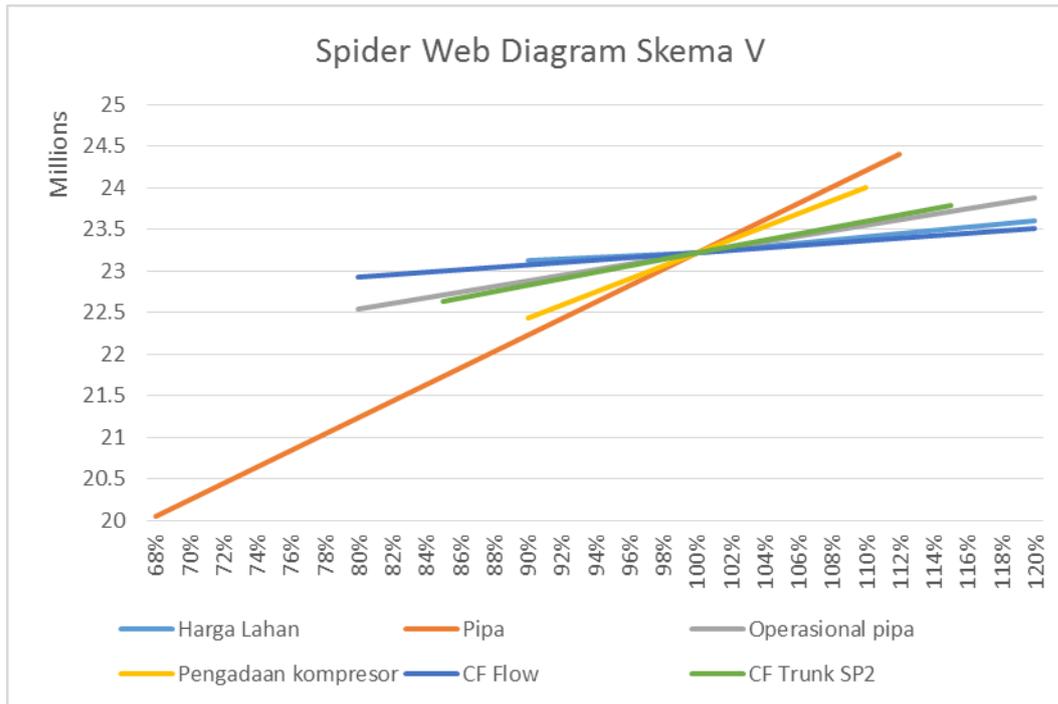
Tabel 5.12 Hasil uji sensitivitas skema VI

Faktor		Nilai Minimal	Nilai Estimasi	Nilai Maksimal	Rentang Total biaya
Harga Lahan	Perubahan	90%	100%	120%	
	Total biaya	\$23,131,507.45	\$23,213,593.71	\$23,596,662.96	\$465,155.51
Pengadaan & Instalasi Pipa	Perubahan	68%	100%	112%	
	Total biaya	\$20,044,014.15	\$23,213,593.71	\$24,402,186.05	\$4,358,171.90
Operasional Pipa	Perubahan	80%	100%	120%	
	Total biaya	\$22,539,607.70	\$23,213,593.71	\$23,887,579.72	\$1,347,972.02
Pengadaan Kompresor	Perubahan	90%	100%	110%	
	Total biaya	\$22,427,401.89	\$23,213,593.71	\$23,999,785.54	\$1,572,383.65
Circuitry factor Flowline	Perubahan	80%	100%	120%	
	Total biaya	\$22,918,731.39	\$23,213,593.71	\$23,508,456.04	\$589,724.65

Faktor		Nilai Minimal	Nilai Estimasi	Nilai Maksimal	Rentang Total biaya
Circuitry factor Trunkline	Perubahan	85%	100%	115%	
	Total biaya	\$22,633,847.90	\$23,213,593.71	\$23,793,339.52	\$1,159,491.62

Berdasarkan perubahan total biaya, biaya pengadaan dan instalasi pipa yang lebih mahal dari estimasi awal dapat menjadikan total biaya menjadi paling besar yaitu dari \$23,213,593.71 menjadi sebesar \$24,402,186.05. Rentang total biaya paling besar juga dipengaruhi perubahan biaya pengadaan dan instalasi pipa. Hal ini dapat diartikan bahwa kemungkinan perubahan biaya pengadaan dan instalasi pipa dapat menyebabkan perbedaan total biaya yaitu pada kisaran total biaya \$20,044,014.15 hingga \$24,402,186.05. Melihat hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa biaya pengadaan dan instalasi pipa merupakan biaya yang perlu diperhatikan. Kemudian dibuat spider web diagram analisis sensitivitas skema V untuk mengetahui faktor kritisnya.

Berdasarkan hasil analisis sensitivitas terhadap skema V pada gambar 5.15, biaya pengadaan dan instalasi pipa memiliki gradien terbesar dibandingkan faktor lainnya. Biaya yang memiliki rentang ketidakpastian terbesar juga merupakan biaya pengadaan dan instalasi pipa. Selain itu, biaya pengadaan kompresor memiliki gradien yang juga besar besar (terbesar kedua) setelah biaya pengadaan dan instalasi pipa. Gradien kedua faktor ini cukup besar dibandingkan faktor-faktor lainnya. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa biaya pengadaan dan instalasi pipa dan biaya pengadaan kompresor merupakan faktor kritis pada hasil optimal skema V.



Gambar 5.15 Spider web diagram analisis sensitivitas skema V

5.7.6 Skema VI

Berdasarkan hasil uji sensitivitas yang dilakukan, terjadi perubahan total biaya yang cukup signifikan. Berikut ini merupakan perubahan total biaya berdasarkan perubahan faktor-faktor yang diuji sensitivitasnya.

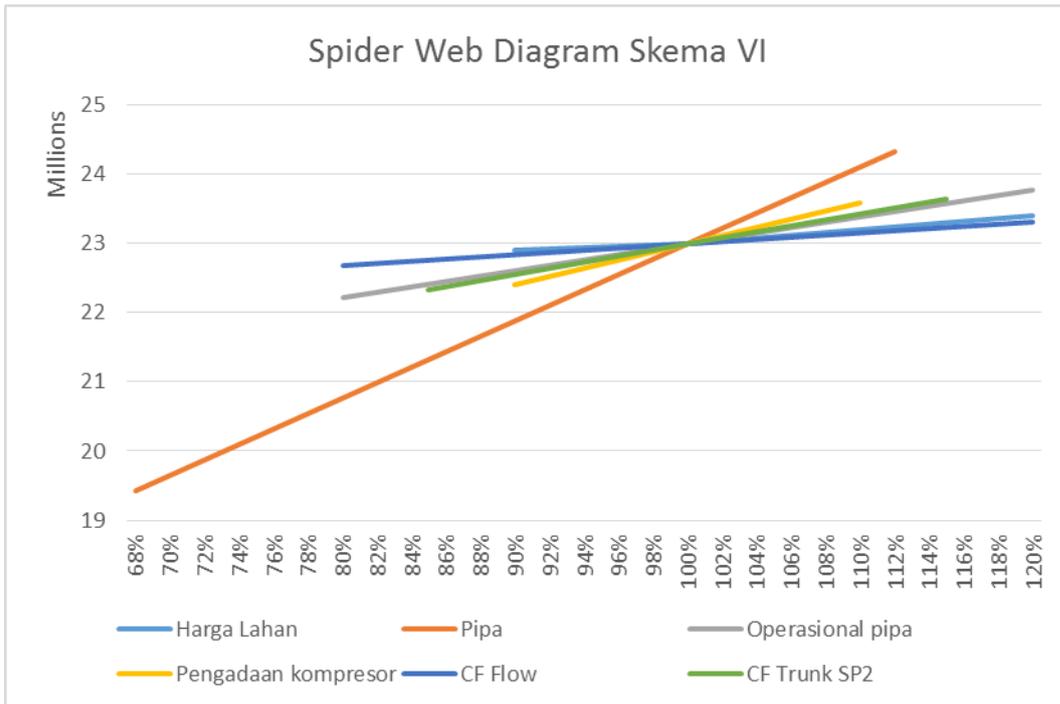
Tabel 5.13 Hasil uji sensitivitas skema VI

Faktor		Nilai Minimal	Nilai Estimasi	Nilai Maksimal	Rentang Total biaya
Harga Lahan	Perubahan	90%	100%	120%	
	Total biaya	\$22,901,068.46	\$22,988,231.00	\$23,394,989.51	\$493,921.05
Pengadaan dan Instalasi Pipa	Perubahan	68%	100%	112%	
	Total biaya	\$19,418,317.82	\$22,988,231.00	\$24,326,948.44	\$4,908,630.62
Operasional Pipa	Perubahan	80%	100%	120%	
	Total biaya	\$22,218,092.80	\$22,988,231.00	\$23,758,369.20	\$1,540,276.39
Pengadaan Kompresor	Perubahan	90%	100%	110%	
	Total biaya	\$22,398,164.48	\$22,988,231.00	\$23,578,297.52	\$1,180,133.04
Circuitry factor Flowline	Perubahan	80%	100%	120%	
	Total biaya	\$22,672,897.24	\$22,988,231.00	\$23,303,564.76	\$630,667.51

Faktor		Nilai Minimal	Nilai Estimasi	Nilai Maksimal	Rentang Total biaya
Circuitry factor Trunkline	Perubahan	85%	100%	115%	
	Total biaya	\$22,330,971.60	\$22,988,231.00	\$23,645,490.40	\$1,314,518.80

Berdasarkan perubahan total biaya, biaya pengadaan dan instalasi pipa yang lebih mahal dari estimasi awal dapat menjadikan total biaya menjadi paling besar yaitu dari total biaya sebesar \$22,988,231.00 menjadi sebesar \$24,326,948.44. Rentang total biaya paling besar juga dipengaruhi perubahan biaya pengadaan dan instalasi pipa. Hal ini dapat diartikan bahwa kemungkinan perubahan biaya pengadaan dan instalasi pipa dapat menyebabkan perbedaan total biaya yaitu pada kisaran total biaya sebesar \$19,418,317.82 hingga \$24,326,948.44. Melihat hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa biaya pengadaan dan instalasi pipa merupakan biaya yang perlu diperhatikan. Kemudian dibuat spider web diagram analisis sensitivitas skema VI untuk mengetahui faktor kritisnya.

Berdasarkan hasil analisis sensitivitas terhadap skema VI pada gambar 5.16, biaya pengadaan dan instalasi pipa memiliki gradien terbesar dibandingkan faktor lainnya. Biaya yang memiliki rentang ketidakpastian terbesar juga merupakan biaya pengadaan dan instalasi pipa. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa biaya pengadaan dan instalasi pipa merupakan faktor kritis pada hasil optimal skema VI.



Gambar 5.16 Spider web diagram analisis sensitivitas skema VI

5.7.7 Analisis faktor kritis

Terdapat perbedaan faktor kritis pada setiap skema yang terlihat dari perbedaan pola gradien dari spider web diagramnya. Skema-skema tersebut dapat dikelompokkan berdasarkan besar diameter trunkline (skema I dan IV, skema II dan V, skema III dan VI). Pada kelompok skema I dan IV, faktor yang paling kritis adalah biaya pengadaan kompresor sedangkan pada kelompok skema II dan V serta kelompok skema III dan VI faktor yang paling kritis adalah biaya pengadaan dan instalasi pipa. Keadaan ini disebabkan skema I dan IV menggunakan trunkline 8 inch sehingga perubahan satuan biaya pengadaan dan instalasi pipa tidak sebanding dengan perubahan pada biaya pengadaan kompresor yang sangat besar. Hal ini dapat dilihat pada skema I dan IV komposisi biaya pengadaan kompresor lebih besar dibandingkan dengan total biaya pengadaan dan instalasi pipa. Sedangkan pada skema III dan VI dengan trunkline 12 inch dan biaya pengadaan kompresor yang lebih rendah, gradien pada biaya pengadaan dan instalasi pipa sangat besar dibandingkan dengan faktor lainnya. Sementara faktor-faktor yang lain tidak memiliki gradient yang besar sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor-faktor tersebut tidak memberi pengaruh besar pada total biaya karena proporsi biaya-biaya

tersebut terhadap total biaya dapat dikategorikan kecil jika dibandingkan proporsi biaya pengadaan dan instalasi pipa dan biaya pengadaan kompresor terhadap total biaya.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai kesimpulan dari hasil penelitian dan saran yang diberikan untuk perbaikan pada penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah

- Berikut ini merupakan hasil lokasi optimal pembangunan stasiun pengolahan, total biaya dan faktor kritis dari keenam skema yang dapat digunakan oleh perusahaan.

Skema	Koordinat x	Koordinat y	Total Biaya	Faktor Kritis
Skema I	16654.65962	17348.6975	\$23,573,190.62	1. Biaya pengadaan kompresor 2. Biaya pengadaan dan instalasi pipa
Skema II	16515.79917	17402.0048	\$22,775,337.90	1. Biaya pengadaan dan instalasi pipa 2. Biaya pengadaan kompresor
Skema III	16328.84429	17464.91469	\$22,515,391.19	1. Biaya pengadaan dan instalasi pipa
Skema IV	17004.58709	16800.29451	\$23,915,662.77	1. Biaya pengadaan kompresor 2. Biaya pengadaan dan instalasi pipa
Skema V	16706.25034	16158.70964	\$23,213,593.71	1. Biaya pengadaan dan instalasi pipa 2. Biaya pengadaan kompresor
Skema VI	16673.29366	15622.79355	\$22,988,231.00	1. Biaya pengadaan dan instalasi pipa

- Skema III merupakan skema terbaik yang dapat dipilih oleh perusahaan karena menghasilkan total biaya yang paling rendah.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan sebagai rekomendasi untuk perbaikan penelitian selanjutnya adalah

1. Penelitian ini hanya menjadikan faktor biaya sebagai faktor penentu lokasi. Selanjutnya dapat ditambahkan faktor-faktor lain yang berpengaruh seperti tekanan pipa, kemudahan pembebasan lahan atau bentuk geografis tanah.
2. Faktor biaya yang digunakan hanya pada biaya jaringan pipa (investasi dan operasional). Selanjutnya dapat dikembangkan faktor pengaruh wilayah yang dipilih dengan biaya pembangunannya.
3. Perlu dikembangkan model yang memiliki konstrain sesuai dengan bentuk geografisnya sehingga titik-titik berupa sungai, jalan ataupun bangunan yang telah dibangun tidak dapat menjadi titik yang dipilih. Sehingga pada kasus-kasus lain, model tersebut dapat digunakan.

Daftar Pustaka

Abdel-Aal, H., Aggour, M. & Fahim, M., 2003. *Petroleum and Gas Field Processing*. New York: Marcel Dekker, Inc..

Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, 2012. *Laporan Akhir Kajian Percepatan Pembangunan Industri Gas Bumi*, Jakarta: Direktorat Sumber Daya Energi, Mineral dan Pertambangan.

Ballou, R. H., 2007. *Business Logistics / Supply Chain Management. Planning, Organizing, and Controlling the Supply Chain*. 5th ed. Ohio: Pearson Education.

Daskin, M. S., 1995. *Network and Discrete Location*. 1st ed. New Jersey: JOHN WILEY & SONS, INC.

Farahani, R. Z. & Hekmatfar, M., 2009. *Facility Location: Concepts, Models, Algorithms and Case Studies*. London: Springer Science & Business Media.

Gittinger, J. P. & Adler, H. A., 1993. *Evaluasi Proyek*. 3rd ed. Jakarta: Rineka Cipta.

Han, M., 2013. *Heuristic Optimization of the p-median Problem and Population Re-distribution*, Sweden: Micro-Data Analysis, School of Technology and Business Studies, Dalarna University.

Heragu, S. S., 2006. *Facilities Design*. 2nd ed. Boston: iUniverse.

Kementrian Energi Dan Sumber Daya Mineral, 2010. *Lebih Jauh Tentang Kegiatan Usaha Hulu Migas*. Jakarta: s.n.

Kementrian Energi Dan Sumber Daya Mineral, 2010. *Mengenal Ekonomi Migas : Risiko Perusahaan Migas*. Jakarta: s.n.

Martin, T. R., Smith, B. G., Rosenwein, B. H. & Hsia, R. P.-c., 2009. *The Making of the West, Volume II: Since 1500: Peoples and Cultures*. 3rd ed. Pennsylvania: Bedford/St. Martin's.

Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral, 2014. *Outlook Energi Indonesia 2014*, Jakarta: Dewan Energi Nasional.

Presiden Republik Indonesia, 2001. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2001 Tentang Minyak Dan Gas Bumi*. s.l.:SKK Migas.

Presiden Republik Indonesia, 2006. *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 Tentang Kebijakan Energi Nasional*. s.l.:s.n.

PT Pertamina EP, 2012. *PT Pertamina EP 2012 Annual Report*, Jakarta: s.n.

PT Pertamina EP, 2013. *PT Pertamina EP 2013 Integrated Annual Report*, Jakarta: s.n.

PT Pertamina EP, 2015. *Usulan Proyek Pengembangan Lapangan Cikarang-Tegal Pacing*, Jakarta: s.n.

Pujawan, I. N., 1995. *Ekonomi Teknik*. 2nd ed. Surabaya: Guna Widya.

Reese, J., 2005. Methods for Solving the p-Median Problem: An Annotated Bibliography. *Mathematics Faculty Research*, Issue 28.

Sanaye, S. & Mahmoudimehr, J., 2013. Optimal design of a natural gas transmission network layout. *Chemical Engineering Research and Design*.

SKK MIGAS, 2009. *Badan Usaha Pemegang Izin Usaha Pengolahan Minyak Dan Gas Bumi*. s.l.:s.n.

Supena, M., 2011. *Perancangan Jaringan Pipa Transmisi Gas dari Labuhan Maringgai ke Muara Bekasi Melalui Jalur Lepas Pantai*, Depok: Fakultas Teknik, Departemen Teknik Mesin, Program Pendidikan Sarjana Eksistensi, Universitas Indonesia.

Tansel, B. C., Francis, R. L. & Lowe, T. J., 1983. State of the Art—Location on Networks: A Survey. Part I: The p-Center and p-Median Problems. In: *Management Science*. Maryland: INFORMS, pp. 482-497.

Uster, H. & Dilaveroglu, S., 2014. Optimization for design and operation of natural gas transmission network. *Applied Energy*.

Valentino, N., 2012. *Pengembangan Jaringan Pipa Distribusi Gas Bumi untuk Rumah Tangga di Kota Depok*, Depok: Fakultas Teknik, Program Sarjana, Universitas Indonesia.

Zhang, Y., Zhang, J., Yang, Z. & Li, J., 2012. Analysis of the distribution and evolution of energy supply and demand centers of gravity in China. *Energy Policy*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Muhammad Fazlurrahman Arief, lahir di Cirebon pada 27 Juli 1993. Merupakan anak kedua dari lima bersaudara dari pasangan Arief Wahidin Soedjono dan Saptawati Iriani.

Penulis menyelesaikan pendidikan di SDIT Nurul Fikri di Depok, kemudian dilanjutkan di SMPIT Nurul Fikri di Depok dan dilanjutkan di SMAN 28 Jakarta. Semasa SMA, penulis aktif di organisasi kerohanian hingga

menjadi kepala departemen dan pecinta alam hingga menjadi wakil komandan.

Penulis kemudian melanjutkan pendidikan di jurusan Teknik Industri di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama masa perkuliahan penulis aktif menjadi aktivis dakwah kampus di JMMI dan menjadi aktivis dakwah jurusan di MSI UI. Selain itu penulis menjadi salah satu dari lima pendiri MAHAPATI ITS. Penulis juga mengikuti dan memenangkan beberapa perlombaan seperti juara 4 iSMEC's UB 2013, juara 2 INCHALL 2014, juara 1 iSMEC's UB 2014 dan juara 1 15th LKTI UI. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail emanebat@gmail.com.