



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PENURUNAN TEKANAN PADA SISTEM
PEMIPAAN TERHADAP PERFORMANSI OPTIMUM DARI
SUMUR PRODUKSI**

SKRIPSI

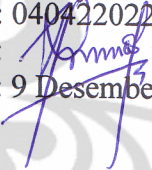
Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**HORASDO
0404220222**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
DESEMBER 2008**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Horasdo
NPM : 04042202022
Tanda Tangan : 
Tanggal : 9 Desember 2008

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Horasdo
NPM : 0404220222
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : PENGARUH PENURUNAN TEKANAN PADA
SISTEM PEMIPAAAN TERHADAP PERFORMANSI
OPTIMUM DARI SUMUR

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Budiarmo, M.Eng (.....)
Penguji : Ir. Warjito M.Sc. Ph.D (.....)
Penguji : Dr. Ir. Ahmad Indra Siswantara (.....)
Penguji : Dr. Ir. Yanuar M.Eng (.....)

Ditetapkan di : Universitas Indonesia, Depok

Tanggal : 5 Januari 2009

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji Syukur pada Tuhan Yang Maha Kuasa karena atas kasih karunia-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Dalam Penulisan skripsi ini saya banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari banyak pihak, oleh karena itu saya ingin mengucapkan terimakasih kepada:

- (1) Dr.Ir.Budiarso,M.Eng, sebagai dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu untuk memberikan arahan , bimbingan dan diskusi serta persetujuannya sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik;
- (2) Kepada X Company yang telah banyak membantu dalam usaha saya memperoleh data yang diperlukan;
- (3) Bapak Terry S Indra, Aristo Joeristanto, Riza G Pasikki dan Sahat Berutu yang telah memberi dukungan dalam pengambilan data, bimbingan dalam pengolahan data serta pemakaian software;
- (4) Istri, anak dan sahabat saya yang telah memberikan dukungan materi dan moral untuk menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata saya berharap Tuhan Yang Maha Kuasa membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 9 Desember 2008

Penulis

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

SEBAGAI SIVITAS AKADEMIK Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Horasdo
NPM : 0404220222
Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (**Non-exclusive Royalty Free Right**) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**PENGARUH PENURUNAN TEKANAN PADA SISTEM PEMIPAAN TERHADAP
PERFORMANSI OPTIMUM DARI SUMUR PRODUKSI**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai/penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Universitas Indonesia, Depok
Pada tanggal : 5 Januari 2009
Yang menyatakan

(Horasdo)

ABSTRAK

Nama : Horasdo
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : PENGARUH PENURUNAN TEKANAN PADA SISTEM PEMIPAAN TERHADAP PERFORMANSI OPTIMUM DARI SUMUR PRODUKSI

Suplai uap untuk kebutuhan pembangkit dari sumur-sumur produksi yang dialirkan ketabung pemisah ditentukan oleh tekanan operasi kepala sumur. Suplai uap yang diperoleh dari beberapa sumur produksi akan bergabung pada satu pipa header lalu dialirkan menuju ke separator. Tekanan operasi yang masih tinggi di kepala sumur pada bukaan katup alir maksimum dengan sistem pemipaan yang ada menyebabkan jumlah uap yang dialirkan dari sumur ke tabung pemisah tidak optimal karena terjadinya penurunan tekanan yang cukup besar antara kepala sumur dan tabung pemisah.

Analisa penurunan tekanan dilakukan dengan menggunakan software Pipephase 9.2 dengan terlebih dahulu menentukan formula yang terbaik untuk flow correlation dari aliran dua fase dari masing-masing sumur menuju ke tabung pemisah berdasarkan sistem pemipaan dengan kondisi sekarang dan data simulasi tersebut dibandingkan dengan data pengukuran langsung dilapangan.

Dari hasil analisa diperoleh bahwa korelasi alir 2 fasa yang sesuai untuk system ini adalah $BBM+Olimen+Ansari$.

Berdasarkan hasil tersebut dilakukan evaluasi untuk sistem yang ada dengan melakukan pemetaan terhadap bagian dari sistem dan diperoleh bahwa penurunan tekanan terbesar terjadi pada pipa *header* ukuran 20". Proses pemodelan dilakukan untuk memperbesar ukuran pipa header dari 24" hingga 36" untuk memperoleh alternatif ukuran pipa yang optimal dalam mengurangi besarnya penurunan tekanan pada sistem pemipaan akibat factor gesekan sehingga produksi uap dapat meningkat dan menambah daya listrik yang dibangkitkan.

Kata Kunci :
sistem pemipaan, penurunan tekanan, sumur produksi

ABSTRACT

Name : Horasdo
Study Program : Mechanical Engineering
Tittle : EFFECT OF PRESSURE DROP IN PIPING SYSTEM TO
THE OPTIMUM PERFORMANCE OF THE PRODUCTION
WELL

Deliverability of steam from the production well to Vessel is driven by the operating Well Head Pressure. Supply of steam from several production wells will go to one pipe header before going to separator. Higher Well Head Pressure will lower the deliverability of the production Well and the steam transfer from the well to the separator could not be maximized. Evaluation of pressure drop at the two phase piping system between Well Head and Vessel was conducted to minimize the pressure drop and to determine which part of the piping that experience significant high pressure drop by mapping the pressure. The pressure drop analysis was modeled using Pipe phase 9.2 Software by first determine the best flow correlation formula of two phase flow with the current piping system and then compare the result with the pressure measurement at real operating condition. The best flow correlation after simulated is *BBM+OLIMEN+ANSARI*. The analysis is continued by mapping the segment of piping that has high pressure drop which is the 20 inch pipe between header and separator. Model is made by enlarging the pipe diameter from 24 to 36 inch of the 2 phase flow pipe header to the separator to get the best alternative which one can minimize the pressure drop that mostly cause by friction losses so that the wells can operate at lower well head pressure and deliver more steam to the separator.

Key words :

piping system, pressure drop, production well.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMAKASIH.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
DAFTAR SINGKATAN.....	xiii
DAFTAR ISTILAH/SIMBOL.....	xiv
1. PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN.....	2
1.3 PERUMUSAN MASALAH.....	3
1.4 BATASAN MASALAH.....	4
1.5 METODOLOGI.....	4
1.6 PERALATAN.....	5
2. LANDASAN TEORI	
2.1 KONFIGURASI SISTEM PEMIPAAN.....	8
2.2 METODA PENYELESAIAN.....	8
2.3 KERUGIAN DALAM ALIRAN PIPA.....	9
2.4 B ENTUK ALIRAN FLOW REGIME.....	11
3. HASIL DAN ANALISIS	
3.1 Model dari AWI A-1/2/3/4	13
3.1.1 Data Referensi.....	14
3.2 Hasil analisa	
3.2.1 Pengukuran di lapangan.....	15
3.2.2 Model korelasi alir dari sistem yang beroperasi.....	16
3.2.3 Analisis terhadap penurunan tekanan dari segmen pipa.....	17
3.3 Modifikasi diameter pipa header untuk mengurangi penurunan tekanan	
3.3.1 Model pipa header dengan diameter 24 inci.....	19

3.3.2 Model pipa header dengan diameter 30 inchi.....	20
3.3.3 Model pipa header dengan diameter 36 inchi.....	21
3.3.4 Model pipa header dengan diameter 36 inchi.....	22
3.4 Pengaruh perubahan diameter pipa terhadap tekanan kepala sumur.....	23
3.5 Pengaruh perubahan diameter pipa terhadap pembangkitan daya listrik.....	25
4. KESIMPULAN.....	26
DAFTAR REFERENSI.....	27



DAFTAR GAMBAR

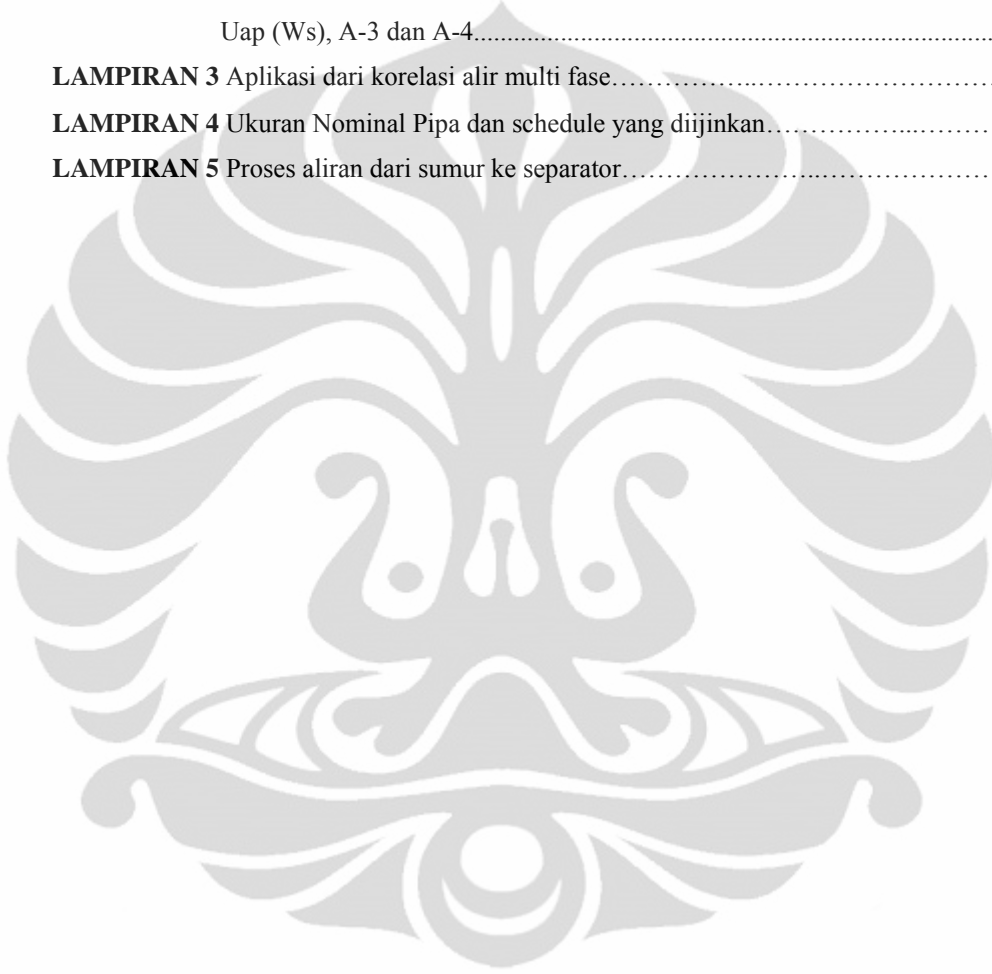
Gambar 1. Jenis flow regime pada aliran 2 fase.....	12
Gambar 2. Model konfigurasi pipa dari awi A-1/2/3/4 menuju separator.....	13
Gambar 3. Penurunan tekanan dari beberapa titik dimana dengan L-3, L-5 dan L- sebagai pipa header berdiameter 20 inchi.....	18
Gambar 4. Penurunan tekanan dari beberapa titik dimana dengan L-3, L-5 dan L-7 sebagai pipa header berdiameter 24 inchi.....	19
Gambar 5. Penurunan tekanan dari beberapa titik dimana dengan L-3, L-5 dan L-7 sebagai pipa header berdiameter 30 inchi.....	20
Gambar 6. Penurunan tekanan dari beberapa titik dimana dengan L-3, L-5 dan L-7 sebagai pipa header berdiameter 36 inchi.....	22
Gambar 7. Penurunan tekanan dari beberapa titik dimana dengan L-3, L-5 dan L-7 sebagai pipa header berdiameter 42 inchi.....	23
Gambar 8. Plot tekanan kepala sumur dari sumur A-1,A-2, A-3 dan A-4 dengan simulasi pipa header berdiameter 20, 24, 30, 32, 36, 40 dan 42 inchi untuk masing 2 sumur produksi.....	25
Gambar 9. Plot daya listrik dari produksi sumur A-1,A-2, A-3 dan A-4 dengan simulasi pipa header berdiameter 24, 30, 36 dan 42 inchi	26
Gambar 10. Awi A-1, Kurva performasi sumur antara tekanan kepala sumur dan laju alir massa uap.....	28
Gambar 11. Awi A-2, Kurva performasi sumur antara tekanan kepala sumur dan laju alir massa uap	28
Gambar 12. Awi A-3, Kurva performasi sumur antara tekanan kepala sumur dan laju alir massa uap	29
Gambar 13. Awi A-4, Kurva performasi sumur antara tekanan kepala sumur dan laju alir massa uap	29
Gambar 14. Proses Aliran dari kepala sumur sampai ke separator	36

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Peralatan yang digunakan pada sistem pemipaan.....	5
Tabel 2	Metoda penyelesaian sistem pemipaan.....	8
Tabel 3	Properti fluida dari Awi A-1/2/3/4 berdasarkan laporan harian reservoir 26 Mei 08.....	15
Tabel 4	Properti fluida dari Awi A-1/2/3/4 sebagai parameter software.....	15
Tabel 5	Data Pengukuran di Lapangan.....	16
Tabel 6	Data Deviasi dari tekanan antara model dan hasil pengukuran untuk sumur A-1 dan A-2.....	16
Tabel 7	Data Deviasi dari tekanan antara model dan hasil pengukuran untuk sumur A-3 dan A-4.....	17
Tabel 8	Data Tekanan hasil pemodelan dengan pipa header diameter 20”.....	17
Tabel 9	Data tekanan, laju alir dan pembangkitan listrik untuk model pipa header diameter 24 inchi.....	20
Tabel 10	Data tekanan, laju alir dan pembangkitan listrik untuk model pipa header diameter 30 inchi.....	21
Tabel 11.	Data tekanan, laju alir dan pembangkitan listrik untuk model pipa header diameter 36 inchi.....	21
Tabel 12.	Data tekanan, laju alir dan pembangkitan listrik untuk model pipa header diameter 42 inchi.....	23
Tabel 13	Tekanan kepala sumur dari sumur A-1,A-2, A-3 dan A-4 dengan simulasi pipa header berdiameter 20, 24, 30, 32, 36, 40 dan 42 inchi untuk masing 2 sumur produksi.....	24
Tabel 14	Data daya listrik produksi sumur terhadap perubahan diameter pipa header.....	25

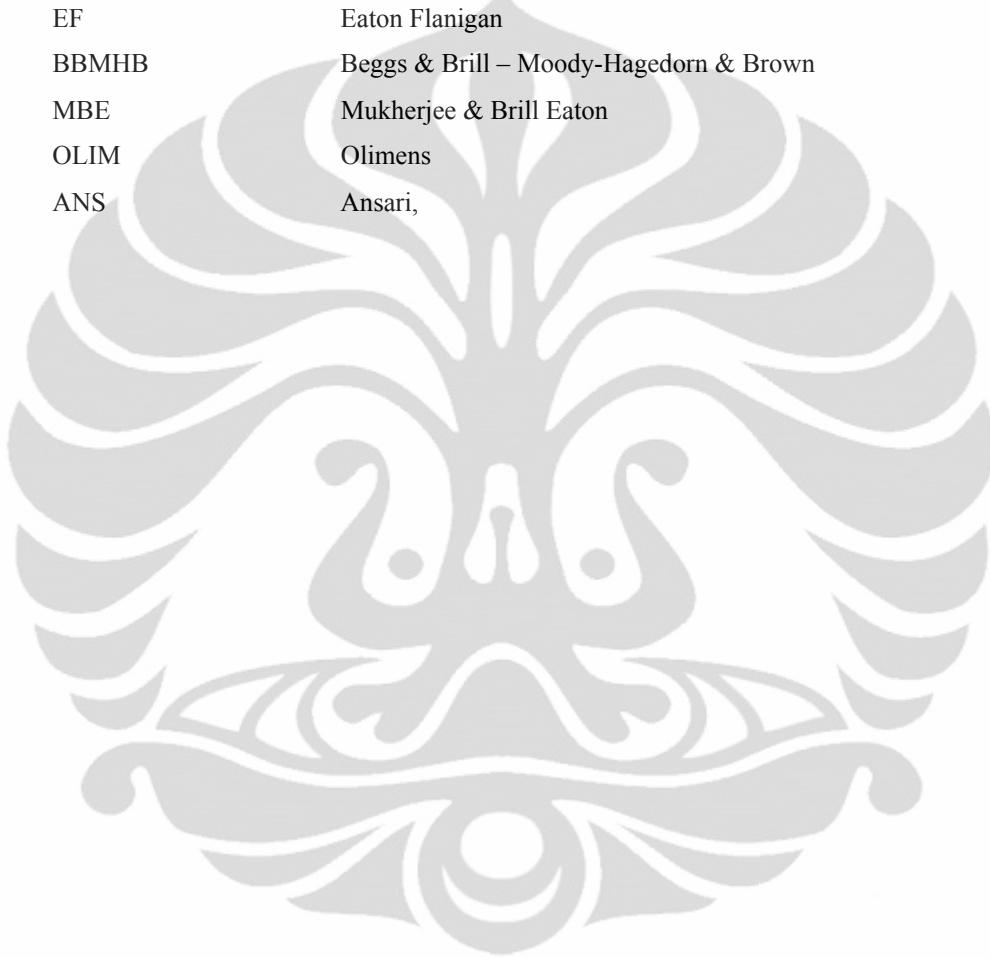
DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Kurva Performansi Tekanan Kepala sumur (WHP) dengan Laju alir Uap (Ws), A-1 dan A-2.....	28
LAMPIRAN 2 Kurva Performansi Tekanan Kepala sumur (WHP) dengan Laju alir Uap (Ws), A-3 dan A-4.....	29
LAMPIRAN 3 Aplikasi dari korelasi alir multi fase.....	30
LAMPIRAN 4 Ukuran Nominal Pipa dan schedule yang diijinkan.....	31
LAMPIRAN 5 Proses aliran dari sumur ke separator.....	32



DAFTAR SINGKATAN

DCS	Data Communication System
BBM	Beggs Brill and Moody
DE	Dukler - Eaton
DF	Dukler - Flanigan
EF	Eaton Flanigan
BBMHB	Beggs & Brill – Moody-Hagedorn & Brown
MBE	Mukherjee & Brill Eaton
OLIM	Olimens
ANS	Ansari,

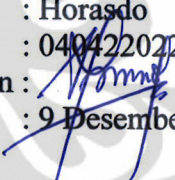


DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Dimensi
A	luas permukaan	ft ²
α_1	konstanta	
α_2	konstanta	
D	diameter	inchi
ε	kekasaran permukaan	
f	koefisien gesek	
g	percepatan gravitasi,	ft/s ²
γ	berat jenis	lbf/ft ³
h_L	Kerugian head	ft
ℓ	panjang pipa	ft
μ	viskositas dinamik	lbf-s/ft ²
τ	tegangan geser	lbf/ft ²
τ_w	tegangan geser dinding	lbf/ft ²
Δp	tekanan jatuh	psi
Re	bilangan Reynolds	
ρ	massa jenis	lb/ft ³
V	kecepatan,	ft/sec
z	ketinggian	ft

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Horasdo
NPM : 0404220222
Tanda Tangan : 
Tanggal : 9 Desember 2008

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Horasdo
NPM : 0404220222
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : PENGARUH PENURUNAN TEKANAN PADA
SISTEM PEMIPAAAN TERHADAP PERFORMANSI
OPTIMUM DARI SUMUR

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Budiarmo, M.Eng (.....)
Penguji : Ir. Warjito M.Sc. Ph.D (.....)
Penguji : Dr. Ir. Ahmad Indra Siswantara (.....)
Penguji : Dr. Ir. Yanuar M.Eng (.....)

Ditetapkan di : Universitas Indonesia, Depok

Tanggal : 22 Desember 2008

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

PT. X telah mengoperasikan pembangkit listrik dengan sumber energi panas bumi sejak tahun 1994 dengan kapasitas terpasang saat ini 377 MW. Untuk menjaga terpenuhinya suplai uap ke pembangkit agar listrik yang dibangkitkan sesuai dengan kuota listrik yang telah sepakati oleh PLN dan PT.X maka suplai uap dari sumur-sumur produksi sebagai salah satu faktor pendukung dari pembangkitan listrik harus beroperasi dengan optimal.

Besarnya jumlah uap yang dapat disuplai oleh sumur produksi ke pembangkit bergantung pada dua kondisi yaitu kondisi reservoir dari sumur produksi di dalam bumi yang merupakan tipe *water dominated* dan kondisi fasilitas dari sistem yang digunakan untuk mengalirkan uap di permukaan.

Pembahasan dalam studi ini lebih difokuskan terhadap kemampuan dari fasilitas yang ada dipermukaan untuk mengoptimalkan jumlah uap yang dapat di suplai ke pembangkit. Salah satu hal yang dapat menyebabkan tidak mampunya sistem pemipaan mentransfer uap secara maksimal adalah faktor penurunan tekanan (*pressure drop*) yang besar antara titik suplai dan titik penerima dalam hal ini antara kepala sumur dan *separator*. Kondisi tekanan kepala dari sumur produksi pada umumnya berkisar antara 125 – 135 psig dengan konfigurasi pemipaan yang hampir sama dalam ukuran antara sumur dan header. Di salah satu lapangan terdapat sumur-sumur produksi yang beroperasi dengan tekanan kepala sumur antara 158 sampai 185 psig. Tekanan operasi di kepala sumur-sumur cukup tinggi jika dibandingkan dengan sumur produksi dilapangan yang lain. Pada kondisi ini perbedaan tekanan yang dihasilkan antara kepala sumur dan *separator* cukup besar, dimana *separator* beroperasi pada tekanan 116 psig. Kondisi dimana terjadinya penurunan tekanan yang besar pada bagian tertentu antara kepala sumur dan *separator* menyebabkan tekanan operasi kepala sumur menjadi tinggi sehingga kemampuan sumur untuk

menghasilkan uap menjadi berkurang jika dibandingkan dengan performansi dari sumur produksi tersebut dan hal ini juga disebabkan karena pada awalnya desain dari sistem pemipaan yang ada hanya didedikasikan untuk 2 sumur menuju ke satu *separator* sedangkan saat ini dengan adanya penambahan 2 sumur produksi baru maka sistem pemipaan yang ada harus mengakomodasi 4 sumur menuju ke satu *separator*.

Analisa terhadap sistem pemipaan antara kepala sumur sampai ke *separator* telah dilakukan untuk mengetahui bagian mana dari sistem tersebut yang menyebabkan penurunan tekanan yang besar dengan menggunakan software Pipephase 9.2 dan hal yang dilakukan untuk mengurangi penurunan tekanan tersebut dari hasil analisis yang ada seperti mengganti pipa dengan diameter yang lebih besar dan dengan penggantian pipa dengan diameter yang lebih besar diharapkan sumur dapat beroperasi pada tekanan 136 psig karena penggantian diameter pipa yang semakin besar dapat menurunkan tekanan kepala operasi sumur dibawah 136 psig dan menambah laju alir massa uap dari sumur produksi tetapi tidak menambah *Net Present Value* (NVP) yang diperoleh berdasarkan perhitungan *economic model*¹.

1.2 Tujuan

- Melakukan kajian penyebab terjadinya penurunan tekanan yang besar dari sistem pemipaan antara kepala sumur dan *separator*
- Untuk mengevaluasi efek penurunan tekanan yang besar antar kepala sumur dan *separator* terhadap performansi optimum dari sumur produksi dalam menghasilkan uap
- Memberikan alternatif pilihan terhadap sistem pemipaan antara kepala sumur dan *separator* untuk mengurangi besarnya penurunan tekanan dan meningkatkan suplai uap ke *separator* dengan memperbaharui sistem pemipaan.

1.3 Perumusan Masalah

Dalam studi ini masalah yang dihadapi adalah besarnya perbedaan tekanan dalam kondisi operasi antara kepala sumur dan *separator* yang menyebabkan suplai uap tidak optimal. Berdasarkan kurva performansi (**Lampiran 1 dan 2**) dari sumur produksi dengan beroperasi pada tekanan yang lebih rendah maka uap yang dihasilkan akan bertambah dimana dengan kondisi tekanan di *separator* dijaga sama pada 116 psig.

Penyelesaian masalah yang dipakai dalam studi ini adalah:

1. Melakukan pemodelan sistem pemipaan antara kepala sumur sampai ke *separator*. Data properti fluida yang digunakan diperoleh dari laporan harian *reservoir*
2. melakukan analisa dan pemetaan dari model distribusi tekanan antara kepala sumur dan *separator* dengan menggunakan beberapa perhitungan flow correlation untuk tiap bagian pipa dan *fitting* lalu membandingkannya dengan data pengukuran tekanan dititik-titik antara kepala sumur dan *separator*.
3. Menentukan bagian dari sistem pemipaan yang memiliki gradien tekanan terbesar berdasarkan peta distribusi tekanan dengan menggunakan perhitungan *flow correlation* yang telah dipilih
4. Membandingkan pemetaan distribusi tekanan antara model dan pengukuran langsung dilapangan dimana didapatkan penurunan tekanan terbesar terjadi pada header dari pertemuan ke 4 sumur menuju ke *separator*.
5. Dari beberapa alternatif untuk mengurangi besarnya penurunan tekanan seperti memperbesar diameter pipa, mengurangi panjang pipa, mengurangi jumlah *elbow* maka pilihan yang sesuai untuk mengurangi tekanan adalah memperbesar diameter pipa pada bagian header menuju *separator* dengan mengacu pada persamaan *Darcy-Weisbach* ⁴.
6. Melakukan pemodelan dengan memperbesar diameter dari bagian pipa yang memiliki gradien tekanan terbesar dengan beberapa macam ukuran pipa berdasarkan perhitungan *flow correlation* yang telah dipilih

7. Menentukan ukuran pipa yang akan dipakai berdasarkan hasil pemodelan yang menghasilkan gradien tekanan yang lebih kecil berdasarkan perhitungan *flow correlation* yang telah dipilih

1.4 Batasan Masalah

- Data Pengukuran manual diperoleh dari Data laporan harian *reservoir* 26 Mei 2008
- Pipa dalam kondisi terisolasi
- Tekanan di *separator* di buat tetap pada 116 psig
- Laju alir massa total dari uap dan *brine* dibuat tetap di kepala sumur
- Tidak ada perubahan pada kapasitas *separator* dan jalur pemisahan dari uap dan *brine* setelah *separator*. Kapasitas maksimum dari separator adalah 550 kph laju alir massa uap dan 2333 kph laju alir massa dari *brine*.
- Tekanan operasi rata-rata operasi kepala sumur diharapkan berada pada 136 psig.

1.5 Metodologi

1.5.1 Studi Lapangan

- Mempelajari sistem pemipaan dan operasi antara kepala sumur sampai ke *separator* di salah satu lapangan awi
- Melakukan pengukuran data tekanan secara langsung pada titik-titik pengukuran yang tersedia antara kepala sumur dan *separator* dengan memasang *pressure gauge* pada titik-titik tersebut dan melakukan pengambilan data pada saat yang bersamaan
- Melakukan pengambilan data untuk besarnya massa laju alir dari steam dan *brine* melalui laporan harian *reservoir*

1.5.2 Studi Literatur

- Mempelajari beberapa journal dan buku yang berhubungan dengan berbagai sistem pemipaan, mekanika fluida dan sistem dan pemakaian software pipephase 9.2.

Kegiatan dalam studi lapangan dan studi literatur ini digunakan untuk mengkaji dan menganalisa penurunan tekanan yang terjadi pada sistem pemipaan serta memberikan rekomendasi untuk penyelesaian masalah

1.6 Peralatan

1.6.1 Simulasi Software

Dalam melakukan analisa digunakan software Pipephase v 9.2 untuk mendapatkan flow correlation yang sesuai dengan sistem pemipaan

1.6.2 Pipa dan Fitting

Berikut adalah daftar dari pipa dan fitting yang terpasang dalam sistem pemipaan dari kepala sumur sampai ke *separator*

Tabel 1. Peralatan yang digunakan pada sistem pemipaan

No	Item	Size, in	Schedule	ID, in
Class U				
1	Master valve # 600	12	XS	11.75
		16	60	14.68
2	Equal Tee	12	XS	11.75
		16	XS	14.68
3	Eccentric Reducing	18 x 12		
		18 x 12		
4	Pipe	18	60	16.5
5	45° Elbow	18	60	16.5
6	90° Elbow	18	60	16.5
7	FCV and Gate Valve	18	60	16.5
Class S				
1	Pipe	18	STD	17.25
		20	STD	19.25
		24	STD	23.25

		26	STD	25.25
		30	STD	29.25
		32	STD	31.25
		36	STD	35.25
2	Concentric Reducer	24 x 20		
		30 x 24		

1.6.3 Peralatan Pengukuran

- a. *Pressure gauge* dan *Pressure Transmitter*, range 0-600 psig, produksi aschrof and rosemount

Alat ukur tekanan satuan psig. Alat ini terpasang pada:

- Kepala sumur : mengukur tekanan kepala sumur dimana titik pengukuran dihubungkan ke *wing valve*
- *Separator* : mengukur tekanan pemisahan pada *separator* pada kondisi fluida 2 fasa (uap + air) dipisahkan
- Steam Line : mengukur tekanan pada jalur pipa uap (1 fasa)

- b. *Annubar* (Averaging Pitot Tube), range 0-150 inH₂O, produksi DIETRICH

Alat ukur yang digunakan untuk mengganggu aliran sehingga didapatkan perbedaan tekanan antara aliran uap *upstream* dan *down stream* dari alat ukur yang akan digunakan untuk menghitung laju alir dari uap.

- c. Flow Transmitter, range 0-106 in H₂O, rosemount

Alat ukur perbedaan tekanan yang dihasilkan oleh annubar dan kemudian melalui formula yang terdapat di Data Communication System (*DCS*) dapat diketahui laju alir dari uap dalam satuan *kph*

- d. *DCS* (*Data Communication System*)

adalah media yang digunakan untuk mengetahui semua parameter yang ada dilapangan melalui transmitter yang terpasang sehingga memudahkan dalam pengamatan terhadap perubahan data.

e. *Tracer Flow Test (TFT)*

TFT adalah proses pengukuran laju alir massa dengan menggunakan zat kimia di jalur pipa 2 fase antara kepala sumur dan *separator* dimana dengan mengetahui konsentrasi dari zat kimia dalam kandungan uap dan *brine* dapat ditentukan besar dari laju alir massa uap dan *brine*, pengukuran dilakukan per 3 bulan

f. *Flow Performance Test (FPT)*

FPT adalah proses pengujian performansi dari sumur dimana selama pengujian sumur produksi diperoleh hubungan antara tekanan di kepala sumur terhadap laju alir massa uap. Untuk mendapatkan kurva performansi maka sumur produksi akan diatur bukaan katup alir dari posisi maksimum ke minimum dimana pada tiap titik pengaturan tekanan kepala sumur dilakukan pengambilan data laju alir massa uap

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Konfigurasi Sistem Pemipaan⁴

Terdapat 2 sistem konfigurasi pemipaan yaitu :

- Sistem Pemipaan tunggal
- Sistem Pemipaan multi, meliputi paralel, seri dan jaringan

2.2 Metode Penyelesaian⁴

Solusi penyelesaian dari masalah aliran pada sistem pemipaan tergantung parameter yang diketahui dan parameter yang dicari

Terdapat 3 metode umum masalah yang muncul dalam sistem pemipaan untuk mengalirkan fluida dari titik satu ke titik lainnya dimana properti dari fluida telah diketahui:

- **Type I** : menentukan besarnya debit atau kecepatan alir fluida yang diharapkan dengan menghitung perbedaan tekanan atau *head loss*
- **Type II** : menentukan besarnya tekanan kerja yang diharapkan dengan menghitung debit alir yang dihasilkan.
- **Type III** : menentukan besarnya penurunan tekanan dan debit alir yang diharapkan dan menghitung diameter pipa yang diperlukan

Tabel 2. Metoda penyelesaian sistem pemipaan

Variabel	Type I	Type II	Type III
Fluida			
- Massa Jenis	Diketahui	Diketahui	Diketahui
- Viskositas	Diketahui	Diketahui	Diketahui
Pipe			
- Diameter	Diketahui	Diketahui	Dihitung
- Panjang	Diketahui	Diketahui	Diketahui
- Kekasaran	Diketahui	Diketahui	Diketahui
Aliran			
- Debit atau kecepatan rata2	Diketahui	Dihitung	Diketahui
Tekanan			
- Penurunan tekanan atau <i>Head Loss</i>	Dihitung	Diketahui	Diketahui

2.3 Kerugian dalam Aliran pipa

A. Kerugian besar (major loss)

Penurunan tekanan dan kerugian *head* dalam sebuah pipa tergantung pada tegangan geser dinding (τ_w) antara fluida dan permukaan pipa. Sebuah perbedaan mendasar antara aliran laminar dan aliran turbulen adalah bahwa tegangan geser untuk aliran turbulen adalah fungsi dari kerapatan fluida (ρ). Untuk aliran laminar, tegangan geser tidak bergantung pada kerapatan, sehingga hanya viskositas (μ) yang menjadi sifat fluida yang penting.

Meskipun penurunan tekanan untuk aliran pipa laminar tidak tergantung pada kekasaran pipa, namun ketika membahas aliran turbulen, parameter menjadi perlu diikutsertakan

Parameter kekasaran pipa sering direpresentasikan sebagai faktor gesekan (friction factor)⁴ dimana bentuk ini sering dituliskan:

$$\Delta p = f \frac{\ell}{D} \frac{\rho V^2}{2} \quad (2.1)$$

Dimana bilangan tak berdimensinya (faktor gesekan) adalah

$$f = \frac{\Delta p D}{\left(\frac{\ell \rho V^2}{2} \right)} \quad (2.2)$$

Dimana

$$f = \Phi \left(\text{Re}, \frac{\varepsilon}{D} \right)$$

Persamaan energi untuk aliran tunak tak mampu mampat adalah:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_L \quad (2.3)$$

dimana h_L adalah kerugian head antara bagian (1) dan (2). Dengan asumsi pipa berdiameter konstan ($D_1=D_2$ sehingga $u_1=u_2$), horisontal ($z_1=z_2$) dengan

aliran berkembang penuh ($\alpha_1 = \alpha_2$), persamaan menjadi $\Delta p = p_1 - p_2 = \gamma h_L$, yang dapat dikombinasikan dengan persamaan (2.1) sehingga menghasilkan :

$$h_L = f \frac{\ell}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (2.4)$$

Persamaan (2.4) disebut sebagai persamaan *Darcy-Weisbach*⁴ yang berlaku untuk aliran pipa tunak, tak mampu mampat dan berkembang penuh baik pipa tersebut horisontal atau berada pada posisi sudut kemiringan. Secara umum, dengan $u_1 = u_2$ persamaan energi memberikan:

$$p_1 - p_2 = \gamma(z_2 - z_1) + \gamma h_L = \gamma(z_2 - z_1) + f \frac{\ell}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (2.5)$$

Sebagian dari perubahan tekanan disebabkan oleh perubahan ketinggian dan sebagian disebabkan oleh kerugian *head*⁴ yang berkaitan dengan efek gesekan yang dinyatakan dengan faktor gesekan (f)

B. Kerugian kecil (minor loss)

Dalam sistem pemipaan selain dari pipa masih terdapat komponen-komponen yang mendukung sistem pemipaan seperti *valve*, *tee*, *bends* dimana komponen ini juga menambahkan kerugian *head* pada sistem dan disebut dengan rugi minor (minor losses).

Metoda yang umum digunakan untuk menentukan rugi *head* atau penurunan tekanan ialah *loss coefficient*⁴ (K_L), dimana:

$$K_L = \frac{h_L}{\left(\frac{V^2}{2g}\right)} = \frac{\Delta p}{\frac{1}{2} \rho V^2}$$

Sehingga

$$\Delta p = K_L \frac{1}{2} \rho V^2$$

Atau

$$h_L = K_L \frac{V^2}{2g} \quad (2.6)$$

Penurunan tekanan pada komponen memiliki loss coefficient $K_L = 1$ sama dengan tekanan dinamik, $\rho V^2/2$.

Nilai dari K_L bergantung pada bentuk geometri dari komponen dan juga dari properti fluida

$$K_L = \Phi(\text{geometry}, Re)$$

2.4 Bentuk Aliran Flow Regime

Pada aliran multi fase, gas dan liquid pada pipa terdistribusi pada beberapa *flow regime*³ yang berbeda bergantung kepada kecepatan alir fluida dan sudut inklinasi pipa. Dengan begitu banyaknya jenis flow regime, pada studi ini dipakai 3 jenis yaitu:

1. **Stratified Flow:**

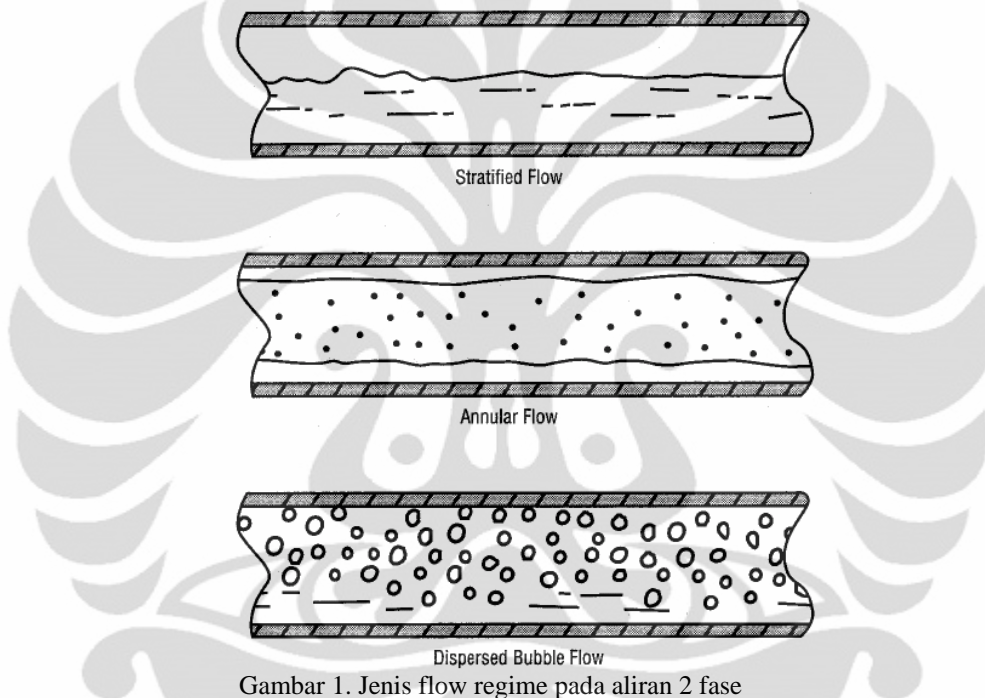
Pada laju alir rendah dengan kondisi *near horizontal pipe*, liquid dan gas dipisahkan oleh gaya gravitasi dimana liquid akan mengalir pada bagian bawah pipa sedangkan gas akan mengalir dibagian atas dari pipa. Jika laju alir gas rendah maka permukaan dari liquid lebih rata jika dibandingkan laju alir gas lebih cepat dimana menyebabkan permukaan liquid menjadi bergelombang. Tipe flow regime ini tidak berlaku pada inklinasi dari pipa lebih tinggi dari 1 derajat.

2. **Annular Flow**

Pada laju alir yang tinggi untuk sistem yang didominasi gas maka liquid membentuk lapisan film disekeliling dinding pipa. Gas dan sisa liquid dalam bentuk droplet akan mengalir di bagian tengah pipa. Lapisan film dari liquid umumnya konstan pada aliran vertikal tetapi pada kondisi aliran horisontal bentuknya asimetris karena gravitasi.

3. Dispersed Bubble Flow

Pada laju alir yang tinggi untuk sistem yang didominasi liquid, aliran adalah berbentuk campuran busa (*frothy*) dari liquid dan sedikit gelembung gas. Untuk pipa dengan *near vertical flow*, dispersed bubble flow dapat terjadi juga pada kecepatan alir yang sedang dari liquid dan laju alir gas sangat rendah.



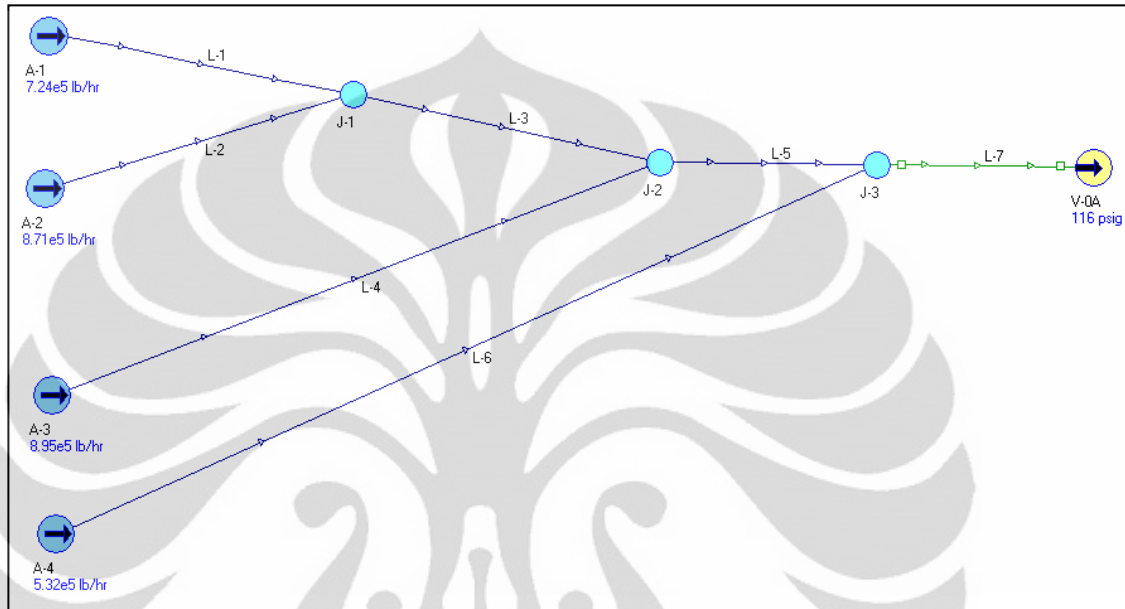
Gambar 1. Jenis flow regime pada aliran 2 fase

Pada kondisi 2 fase berdasarkan penelitian tidak ada korelasi tunggal yang dapat direkomendasikan untuk setiap sistem. Pada umumnya sistem terdiri dari topologi didalamnya dimana fluida mengalir kesegala arah dan melalui berbagai jenis katup dan fitting. Pemakaian formula korelasi aliran pada sistem 2 fase direkomendasikan minimum dua atau lebih formula korelasi yang sesuai (lihat **Lampiran 2**)

BAB III HASIL DAN ANALISIS

:

3.1 Model dari Awi A-1/2/3/4



Gambar 2. Model konfigurasi pipa dari awi A-1/2/3/4 menuju separator

Model dari Awi A-1/2/3/4 adalah model untuk jaringan pipa dengan 4 sumur terhubung dengan satu pipa *header* menuju ke tabung pemisah (V-0A) seperti

Gambar 2. Titik-titik jaringan meliputi :

- Source : AWI A-1, A-2, A-3, A-4
- Sink : V-0A (tabung pemisah)
- Link (jalur) meliputi
 - a. L-1 : koneksi Awi A-1 ke J-1
 - b. L-2 : Koneksi dari Awi A-2 ke J-1
 - c. L-3 : Koneksi dari J-1 ke J-2
 - d. L-4 : Koneksi dari J-2 ke Awi A-3
 - e. L-5 : Koneksi dari J-2 ke J-3
 - f. L-6 : Koneksi dari J-3 ke Awi A-4
 - g. L-7 : Koneksi dari J-3 ke V-3

- Junction (percabangan):
 - a. J-1 : titik pertemuan dari Awi A-1 dan Awi A-2
 - b. J-2 : titik pertemuan dari L-3 dengan Awi A-3
 - c. J-3 : titik pertemuan dari L-5 dengan Awi A-4

3.1.1 Data referensi³

Data yang digunakan untuk perhitungan pada software pipephase 9.2 adalah:

- a. Simulation definition:
 - Simulation type : Network Model
 - Fluid Type : Steam
- b. Input Units of Measurement: Petroleum
- c. Steam property : Saturated
- d. Network Calculation model
 - Segmentation : Calculated
 - Network algorithm : Pressure Balance (PBAL)
 - Network convergence data:
 - No Flow Reversal
 - Disable internal damping
 - Average segment properties
- e. Global default

Aplikasi dari persamaan korelasi alir³ yang digunakan :

- BBM : Beggs & Brill - Moody
- DE : Dukler - Eaton
- DF : Dukler - Flanigan
- EF : Eaton Flanigan
- BBMHB : Beggs & Brill – Moody-Hagedorn & Brown
- MBE : Mukherjee & Brill Eaton
- OLIM : Olimens
- ANS : Ansari, direkomendasikan untuk pipa vertikal¹
 - Flow Efficiency: 100 %

f. Thermal defaults:

- Heat transfer thermal default : Pipe insulated in the air
- Insulation thickness = 2 in
- Thermal conductivity of insulation = 0,0489 BTU/ft.hr.F
- Thermal conductivity of pipe : 24.8555 BTU/ft.hr.F

Tabel 3. Properti fluida dari Awi A-1/2/3/4 berdasarkan laporan harian reservoir 26 Mei 08

Sumur	FCV (%)	Tekanan Sumur (psig)	Laju alir massa (kph)			Fraksi Uap
			uap	brine	Total	
A-1	100	161	123	601	724	17.06%
A-2	100	159	176	695	871	20.16%
A-3	100	162	117	779	895	13.02%
A-4	20	154	86	446	532	16.25%

Tabel 4. Properti fluida dari Awi A-1/2/3/4 sebagai parameter software

Source dan Sink	Tekanan (psig)	Laju alir Massa uap (kph)	Fraksi Uap (%)
A-1	Estimasi	7.24×10^5 (tetap)	17.06
A-2	Estimasi	8.71×10^5 (tetap)	20.16
A-3	Estimasi	8.95×10^5 (tetap)	13.02
A-4	Estimasi	5.32×10^5 (tetap)	16.25
V-0A	116 (tetap)	Estimasi	

3.2 Hasil Analisa

3.2.1 Pengukuran di lapangan

Kegiatan pengukuran langsung dilapangan dilakukan pada beberapa titik antara kepala sumur hingga ke *separator* dengan hasil sebagai berikut pada **Tabel 5**:

Tabel 5. Data Pengukuran di Lapangan

Source dan Sink	Tekanan (psig)
Awi A-1 (source)	161
Awi A-2 (source)	159
Awi A-3 (source)	162
Awi A-4 (source)	154
Horisontal <i>Header</i> ke <i>Separator</i>	147
V-0A (sink)	116 (tetap)

3.2.2 Model korelasi alir dari sistem yang beroperasi

Dengan menggunakan data dari laporan harian dan menggunakan software pipephase 9.2 maka dilakukan pemodelan dari sistem pemipaan antara kepala sumur dan *separator* berdasarkan beberapa korelasi alir untuk aliran 2 fase. Dengan mengurangkan antara tekanan hasil dari model dengan tekanan pengukuran di **Table 5** maka diperoleh hasil deviasi terkecil antara data model dan pengukuran dengan menggunakan korelasi alir *BBM+Olimen+Ansari*³, dimana *BBM* dan *Olimen* digunakan pada jalur pipa horizontal dan *Ansari* untuk jalur pipa vertikal menuju ke *separator* seperti pada **Tabel 6** dan **Tabel 7**

Tabel 6. Data Deviasi dari tekanan antara model dan hasil pengukuran untuk sumur A-1 dan A-2

Korelasi Alir	A-1 _{model}	Deviasi	A-2 _{model}	Deviasi
	Tekanan (psig)			
OLIMEN	150.4	10.6	156.3	2.7
DE	150.4	10.6	163.4	4.4
DF	151.4	9.6	163.7	4.7
EF	150.8	10.2	161.8	2.8
MBE	160.9	0.1	166.4	7.4
OLIMEN+ANSARI	152.9	8.1	158.7	0.3
BBM+ANSARI	153.5	7.5	165.1	6.1
BBM+OLIMEN+ANSARI	156.9	4.1	159.0	0.0

Tabel 7. Data Deviasi dari tekanan antara model dan hasil pengukuran untuk sumur A-3 dan A-4

Korelasi Alir	A-3 _{model}	Deviasi	A-4 _{model}	Deviasi
	Tekanan (psig)			
OLIMEN	147.3	14.7	145.3	8.3
DE	149.1	12.9	143.9	9.7
DF	150.5	11.5	144.7	8.9
EF	149.4	12.6	145.3	8.3
MBE	158.3	3.7	154.9	1.3
OLIMEN+ANSARI	149.8	12.2	147.8	5.8
BBM+ANSARI	152.3	9.7	147.3	6.3
BBM+OLIMEN+ANSARI	162.8	0.8	153.1	0.5

3.2.3 Analisis terhadap penurunan tekanan pada segmen pipa

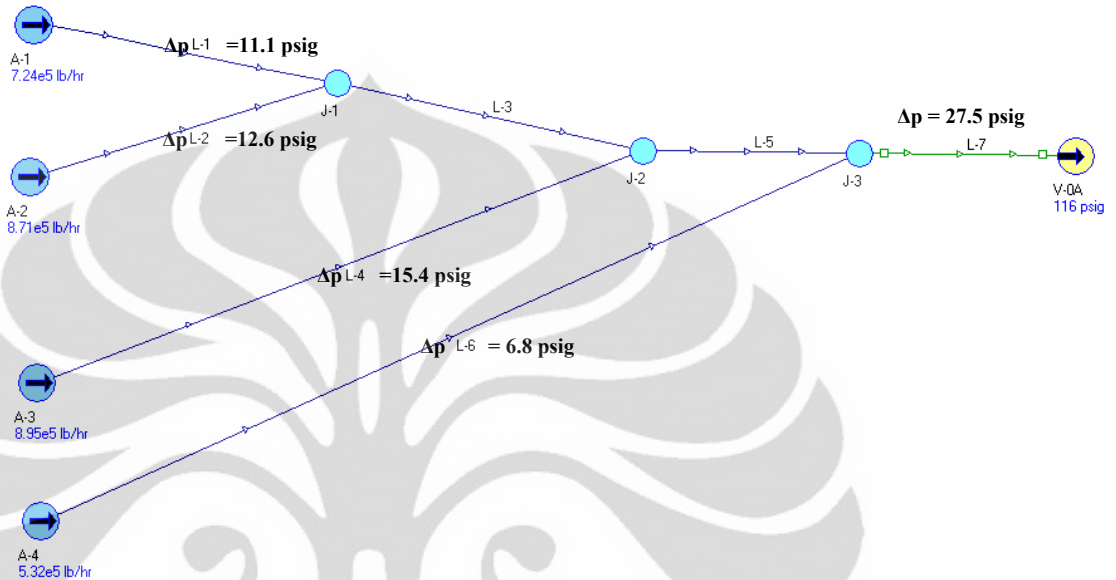
Berdasarkan data pengukuran dan hasil pemodelan dapat diketahui terjadi penurunan tekanan yang besar di beberapa segmen dari pemipaan dan yang mengalami penurunan yang cukup besar pada segment pipa yang merupakan *header* atau jalur utama dari gabungan beberapa sumur menuju ke separator yaitu L-3, L-5 dan L-7 dimana jalur ini berukuran 20 inchi seperti terlihat pada **Gambar 3**. Sebagai jalur utama menuju ke separator besarnya tekanan di L-3, L-5 dan L-7 tidak terlalu besar, seperti dapat dilihat dari hasil pemodelan di **Tabel 8**:

Tabel 8. Data Tekanan hasil pemodelan dengan pipa header diameter 20"

Titik Pemodelan	Tekanan (psig)
L-3	143.49
L-5	143.47
L-7	143.34
Separator	116 (ditentukan)

Melalui pemodelan diperoleh kondisi dimana jalur pipa *header* mengalami penurunan tekanan yang cukup signifikan sebesar 27.5 psig jika dibandingkan antara tekanan di pipa header dengan tekanan di separator. Penurunan tekanan di segmen pipa header menuju ke separator merupakan penurunan paling besar jika dibandingkan dengan penurunan tekanan di segmen masing-masing

kepala sumur menuju junction (J-1, J-2 dan J-3), seperti dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Penurunan tekanan dari beberapa titik dimana dengan L-3, L-5 dan L-7 sebagai pipa header berdiameter 20 inci

Dengan kondisi ini maka berdampak pada tingginya tekanan operasi dari masing-masing kepala sumur dengan rata-rata 154.9 psig. Berdasarkan simulasi model khususnya untuk jalur L-7, *friction factor* yang diperoleh $2.967 \times 10^{-3} < f < 1.186 \times 10^{-2}$ dan bilangan reynolds $5.097 \times 10^7 < Re < 5.238 \times 10^7$

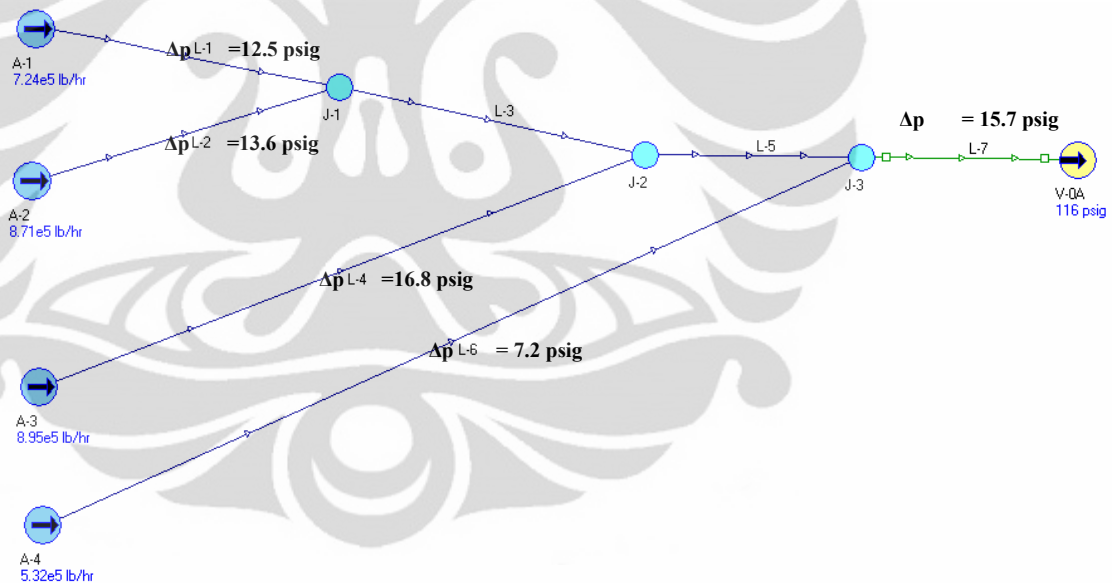
3.3 Modifikasi diameter pipa header untuk mengurangi penurunan tekanan

Dengan mengacu pada persamaan 2.4 *Darcy-Weisbach*, maka dilakukan pemodelan dengan memperbesar diameter pipa *header* untuk mengetahui besarnya rugi-rugi karena gesekan dan mengetahui pengaruh perubahan diameter terhadap nilai dari penurunan tekanan yang terjadi. Pemodelan pipa header dilakukan dengan memperbesar diameter pipa dengan ukuran 24, 30, 32, 36, 40 dan 42 inci. Dengan menggunakan korelasi alir yang diperoleh dari pemodelan sistem yang orisinal pada kondisi pipa header 20 inci, maka dengan diameter

pipa yang lebih besar diperoleh profil hubungan antara tekanan kepala sumur dari masing-masing sumur produksi terhadap perubahan diameter pipa header dengan beberapa ukuran.

3.3.1 Model Pipa Header (L-3, L-5 dan L-7) dengan diameter pipa 24 inchi

Dengan melakukan pemodelan pipa header dengan menggunakan diameter 24 inchi penurunan tekanan yang terjadi sebesar 15.7 psig (**Gambar 4.**), dengan kondisi ini rata-rata tekanan operasi kepala sumur menjadi 144.2 psig (**Tabel 9**). Berdasarkan simulasi model khususnya untuk jalur L-7, *friction factor* yang diperoleh $2.870 \times 10^{-3} < f < 1.147 \times 10^{-2}$ dan bilangan reynolds $3.775 \times 10^7 < Re < 4.455 \times 10^7$.



Gambar 4. Penurunan tekanan dari beberapa titik dimana dengan L-3, 5 dan 7 sebagai pipa header berdiameter 24 inchi

Dengan menggunakan data tekanan operasi hasil pemodelan kedalam kurva performansi sumur produksi (**Lampiran 1**) dari masing-masing sumur, maka dengan data tekanan yang baru diperoleh penambahan uap sebagai berikut (**Tabel 9.**):

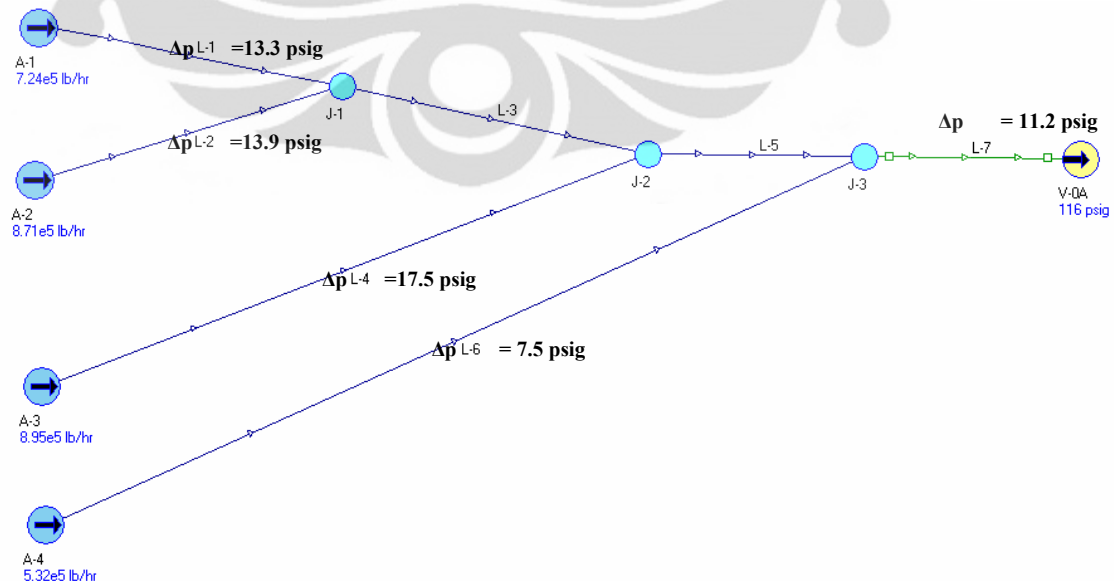
Tabel 9. Data tekanan, laju alir dan pembangkitan listrik untuk model pipa header diameter 24 inchi

Sumur	Tekanan Sumur (psig)			Laju alir massa uap (kph)			Pembangkitan
	Pengukuran	Model	Delta	Pengukuran	Model	Delta	MW
A-1	161	144	17	123	144	20	1.22
A-2	159	145	14	176	183	7	0.43
A-3	162	149	13	117	140	23	1.39
A-4	155	139	16	86	106	19	1.17
							$\Sigma = 4.21$

Dengan melakukan perubahan ukuran pipa dan fitting pada pipa header di L-3, L-5 dan L-7 maka diperoleh penambahan uap yang dapat membangkitkan listrik sebesar 4.21 MW

3.3.2 Model Pipa Header (L-3, L-5 dan L-7) dengan diameter pipa 30 inchi

Dengan melakukan pemodelan pipa header dengan menggunakan diameter 30 inchi penurunan tekanan yang terjadi sebesar 11.2 psig (**Gambar 5.**), dengan kondisi ini rata-rata tekanan operasi kepala sumur menjadi 140.3 psig (**Tabel 10**). Berdasarkan simulasi model khususnya untuk jalur L-7, *friction factor* yang diperoleh $1.104 \times 10^{-2} < f < 1.098 \times 10^{-2}$ dan bilangan reynolds $3.473 \times 10^7 < Re < 1.356 \times 10^8$.



Gambar 5. Penurunan tekanan dari beberapa titik dimana dengan L-3, 5 dan 7 sebagai pipa header berdiameter 30 inchi

Dengan turunnya tekanan operasi rata-rata dari kepala sumur dan mengacu kepada kurva performansi dari sumur produksi, maka dengan data tekanan yang baru diperoleh penambahan uap sebagai berikut (**Tabel 10.**):

Tabel 10. Data tekanan, laju alir dan pembangkitan listrik untuk model pipa header diameter 30 inci

Sumur	Tekanan Sumur (psig)			Laju alir massa uap (kph)			Pembangkitan
	Pengukuran	Model	Delta	Pengukuran	Model	Delta	MW
A-1	161	141	20	123	146	22	1.34
A-2	159	141	18	176	185	10	0.58
A-3	162	145	17	117	146	29	1.77
A-4	155	135	20	86	109	22	1.35
							$\Sigma = 5.04$

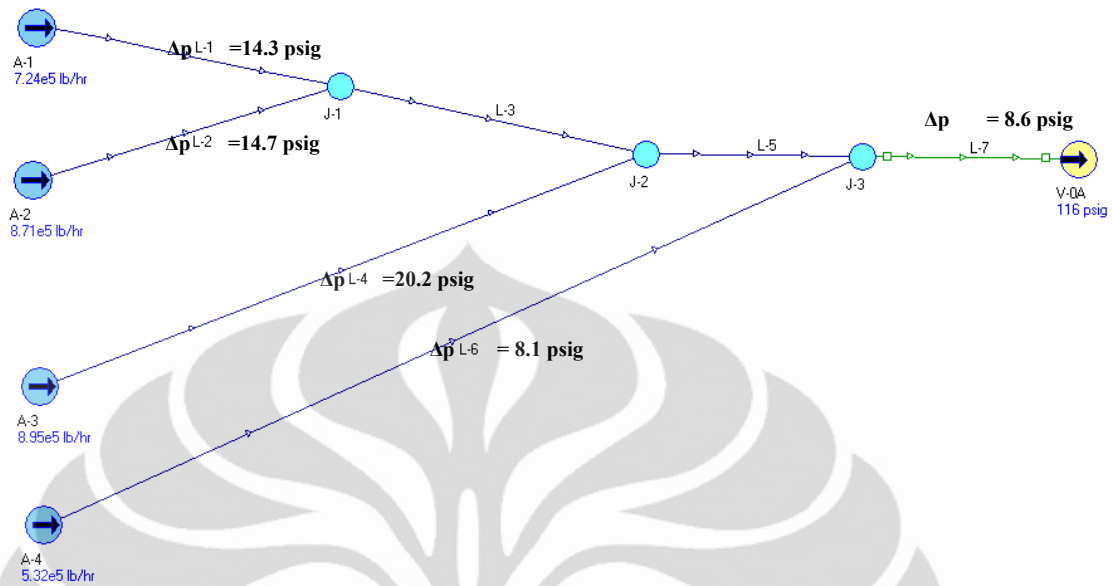
Dengan melakukan perubahan diameter pipa dan fitting menjadi 30 inci pada pipa header maka diperoleh penambahan uap yang dapat membangkitkan listrik sebesar 5.04 MW

3.3.3 Model Pipa Header (L-3, L-5 dan L-7) dengan diameter pipa 36 inci

Dengan melakukan pemodelan pipa header dengan menggunakan diameter 36 inci penurunan tekanan yang terjadi sebesar 8.6 psig (**Gambar 6.**), dengan kondisi ini rata-rata tekanan operasi kepala sumur menjadi 138.9 psig (**Tabel 11.**). Berdasarkan simulasi model khususnya untuk jalur L-7, *friction factor* yang diperoleh $1.059 \times 10^{-2} < f < 1.067 \times 10^{-2}$ dan bilangan reynolds $1.092 \times 10^7 < Re < 2.839 \times 10^8$.

Tabel 11. Data tekanan, laju alir dan pembangkitan listrik untuk model pipa header diameter 36 inci

Sumur	Tekanan Sumur (psig)			Laju alir massa uap (kph)			Pembangkitan
	Pengukuran	Model	Delta	Pengukuran	Model	Delta	MW
A-1	161	139	22	123	146	23	1.39
A-2	159	139	20	176	186	11	0.64
A-3	162	145	17	117	146	29	1.77
A-4	155	133	22	86	110	23	1.42
							$\Sigma = 5.22$



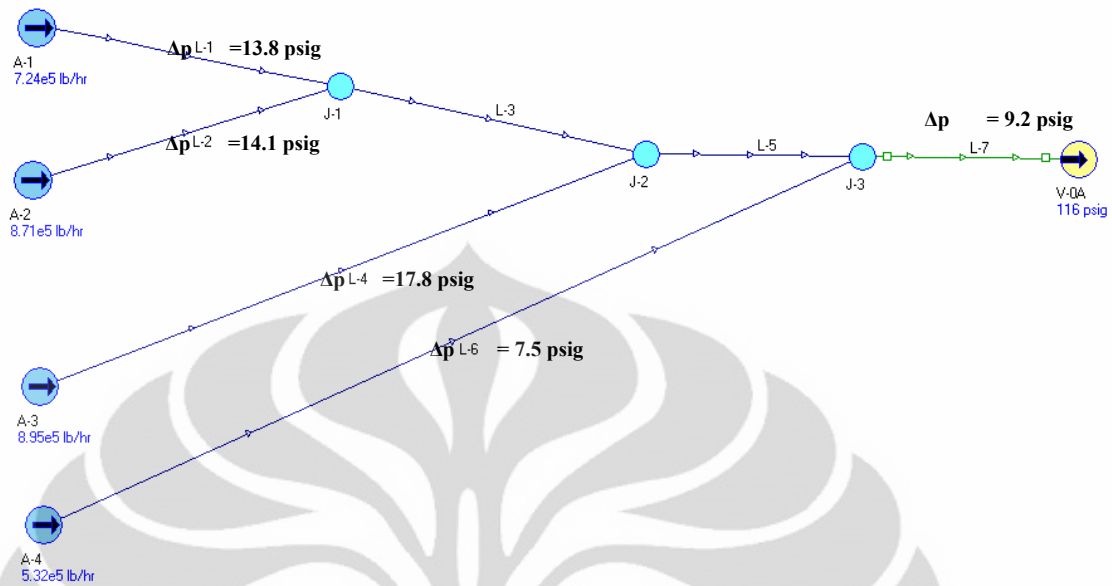
Gambar 6. Penurunan tekanan dari beberapa titik dimana dengan L-3, 5 dan 7 sebagai pipa header berdiameter 36 inci

Dengan turunnya tekanan operasi rata-rata dari kepala sumur dan mengacu kepada kurva performansi dari sumur produksi, maka dengan data tekanan yang baru diperoleh penambahan uap sebagai berikut (**Tabel 11**).

Dengan melakukan perubahan diameter pipa dan fitting menjadi 36 inci pada pipa header maka diperoleh penambahan uap yang dapat membangkitkan listrik sebesar 5.22 MW

3.3.4 Model Pipa Header (L-3, L-5 dan L-7) dengan diameter pipa 42 inci

Dengan melakukan pemodelan pipa header dengan menggunakan diameter 42 inci penurunan tekanan yang terjadi sebesar 9.2 psig (**Gambar 7**), dengan kondisi ini rata-rata tekanan operasi kepala sumur menjadi 138.5 psig (**Tabel 12**). Berdasarkan simulasi model khususnya untuk jalur L-7, *friction factor* yang diperoleh $1.059 \times 10^{-2} < f < 1.067 \times 10^{-2}$ dan bilangan reynolds $1.092 \times 10^7 < Re < 2.839 \times 10^8$.



Gambar 7. Penurunan tekanan dari beberapa titik dimana dengan L-3, 5 dan 7 sebagai pipa header berdiameter 42 inci

Tabel 12. Data tekanan, laju alir dan pembangkitan listrik untuk model pipa header diameter 42 inci

Sumur	Tekanan Sumur (psig)			Laju alir massa uap (kph)			Pembangkitan
	Pengukuran	Model	Delta	Pengukuran	Model	Delta	MW
A-1	161	139	22	123	146	23	1.38
A-2	159	139	20	176	186	11	0.64
A-3	162	143	19	117	149	32	1.94
A-4	155	133	22	86	110	23	1.42
							Σ = 5.38

3.4 Pengaruh perubahan diameter pipa terhadap tekanan kepala sumur

Pengaruh perubahan diameter dari pipa header menjadi lebih besar terhadap penurunan tekanan di jalur piap header dan turunya tekanan operasi dari kepala sumur seperti tampak pada **Gambar 8 dan Tabel 13**. menunjukkan bahwa dari data tersebut perubahan nilai penurunan tekanan sebagai pengaruh dari perubahan diameter dapat dibagi menjadi 3 bagian:

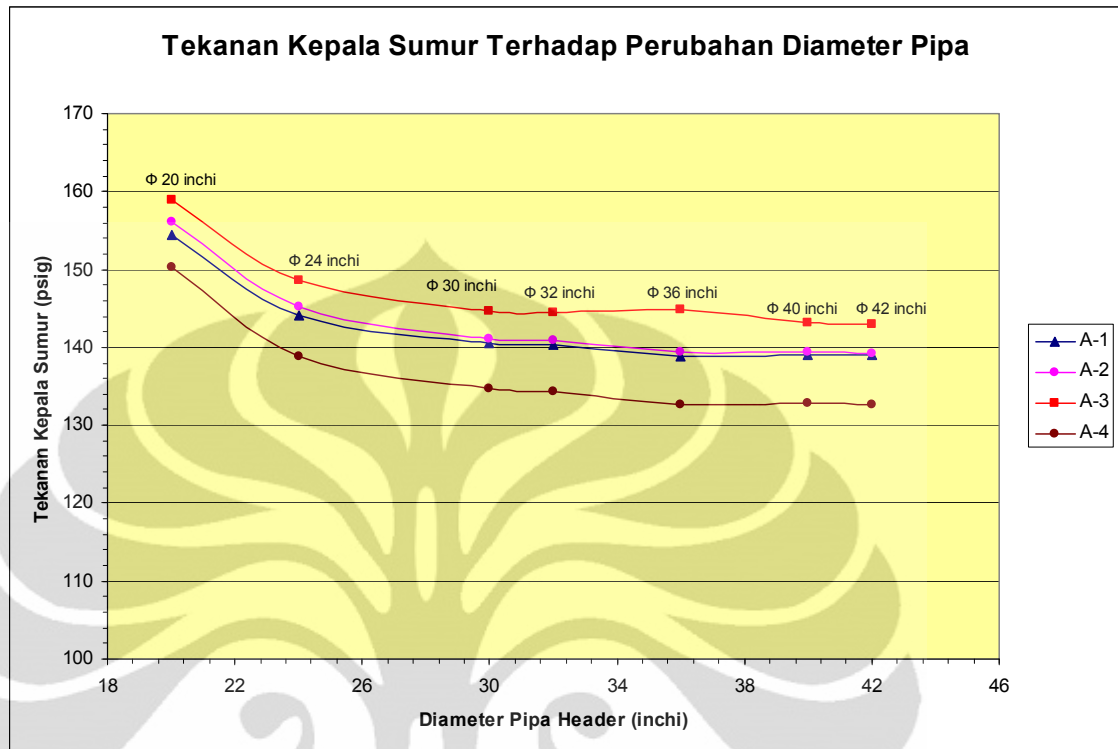
1. Pipa header dengan diameter 24 dan 30 inci menghasilkan perubahan yang signifikan dalam mengurangi besarnya penurunan tekanan dan mengakibatkan

masing-masing sumur dapat berproduksi pada tekanan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan pipa header 20”

2. Pipa header dengan diameter 32 dan 36 inchi memberikan pengaruh dalam mengurangi besarnya penurunan tekanan tetapi dampak penurunan tekanan operasi dari kepala sumur tidak sebesar dampak yang diberikan pipa diameter 30 inchi, jika dilihat dari grafik data diameter pipa 32 inchi hampir tidak ada perbedaan dibandingkan pipa diameter 30 inchi dan pipa diameter 36” jika dibandingkan dengan pipa diameter 30 inchi memberikan efek sedikit penurunan tekanan kepala sumur A-2, A-3 dan A-4 tetapi sedikit lebih tinggi pada sumur A-1.
3. Pipa header dengan diameter 40 dan 42 inchi, pada kondisi ini perubahan diameter pipa sudah tidak membawa pengaruh besar untuk mengurangi besarnya penurunan tekanan pada segment pipa header karena secara rata-rata nilai tekanan operasi kepala sumur yang dihasilkan dengan perubahan diameter pipa menjadi 40 dan 42 inchi sama dengan nilai tekanan kepala sumur pada pipa 36”.

Tabel 13. Tekanan kepala sumur dari sumur A-1,A-2, A-3 dan A-4 dengan simulasi pipa header berdiameter 20, 24, 30, 32, 36, 40 dan 42 inchi untuk masing 2 sumur produksi

Diameter Pipa (inchi)	Tekanan Kepala Sumur (psig)			
	A-1	A-2	A-3	A-4
20	154.5	156.1	158.8	150.2
24	144.2	145.2	148.5	138.9
30	140.5	141.2	144.7	134.7
32	140.3	140.9	144.5	134.4
36	138.9	139.3	144.8	132.7
40	139.1	139.4	143.2	132.9
42	139.0	139.3	143.0	132.7



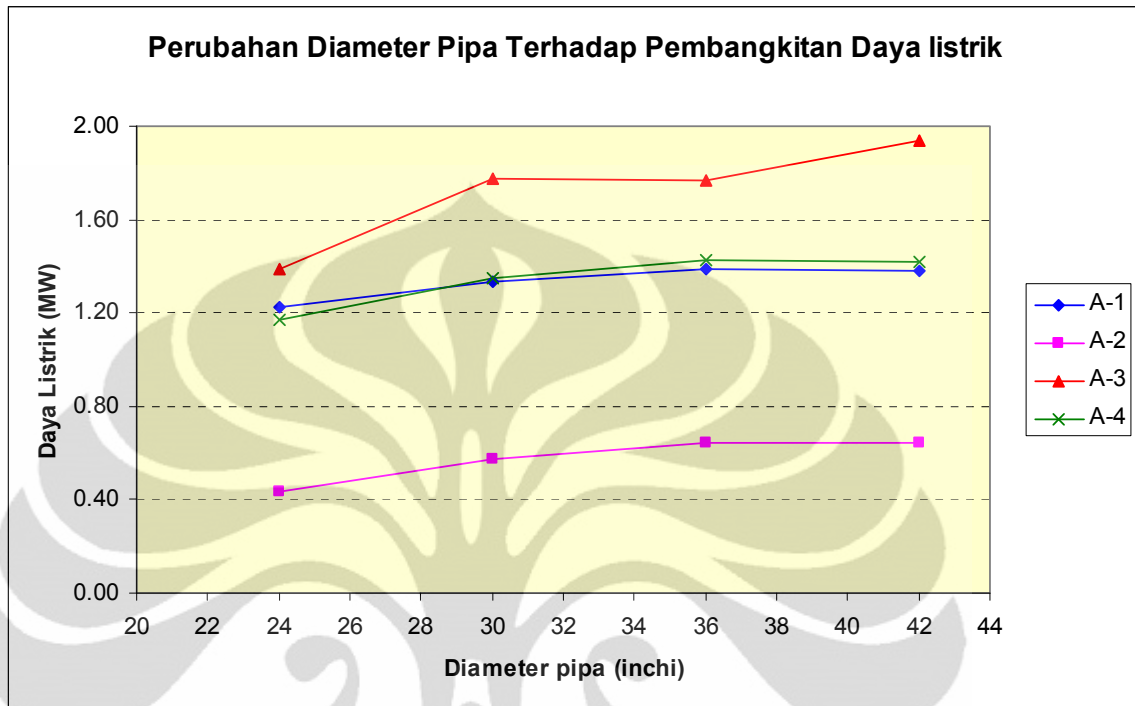
Gambar 8. Plot tekanan kepala sumur dari sumur A-1, A-2, A-3 dan A-4 dengan simulasi pipa header berdiameter 20, 24, 30, 32, 36, 40 dan 42 inchi untuk masing 2 sumur produksi

3.5 Pengaruh perubahan diameter pipa terhadap pembangkitan daya listrik

Perubahan diameter dari pipa header dengan beberapa ukuran menghasilkan peningkatan uap yang diproduksi oleh sumur produksi karena sumur dapat beroperasi pada tekanan yang lebih rendah. Dari analisis yang dilakukan dimana uap yang dihasilkan masing2 sumur jika dibagi dengan konsumsi uap dari pembangkit yaitu 16.5 kph/MW^1 maka akan diperoleh data mengenai daya listrik yang dapat diperoleh dari sumur jika uap yang dihasilkan digunakan untuk pembangkitan listrik.

Tabel 14. Data daya listrik produksi sumur terhadap perubahan diameter pipa header

Diameter Pipa (inchi)	Daya Listrik (MW)			
	A-1	A-2	A-3	A-4
24	1.22	0.43	1.39	1.17
30	1.34	0.58	1.77	1.35
36	1.39	0.64	1.77	1.42
42	1.38	0.64	1.94	1.42



Gambar 9. Plot daya listrik dari produksi sumur A-1,A-2, A-3 dan A-4 dengan simulasi pipa header berdiameter 24, 30, 36 dan 42 inchi

Mengacu pada grafik dari **Gambar 13 dan Tabel 14** maka dapat disimpulkan:

1. Untuk diameter pipa 24 dan 30 inchi, semua sumur mengalami kenaikan dalam kontribusi daya listrik dari uap yang dihasilkan.
2. Untuk diameter pipa 36 inchi, penambahan daya listrik hanya diperoleh dari sumur A2, A-3 dan A-4 sedangkan sumur A-1 tidak memberikan perubahan dalam kontribusi jika dibandingkan dengan diameter pipa 30 inchi. Untuk memaksimalkan perubahan pipa header dengan diameter 36” maka diperlukan juga modifikasi sistem pemipaan antara kepala sumur sampai ke titik pertemuan sebelum pipa header
3. Untuk diameter pipa 42 inchi, penambahan daya listrik hanya diperoleh dari sumur A-1 sedangkan ketiga sumur produksi lainnya tidak mengalami perubahan jika dibandingkan dengan data pada diameter pipa 36 inchi. Untuk memaksimalkan kapasitas produksi uap dari sumur perubahan pipa header dengan diameter 42” maka diperlukan juga modifikasi sistem pemipaan antara kepala sumur sampai ke titik pertemuan sebelum pipa header

BAB IV

KESIMPULAN

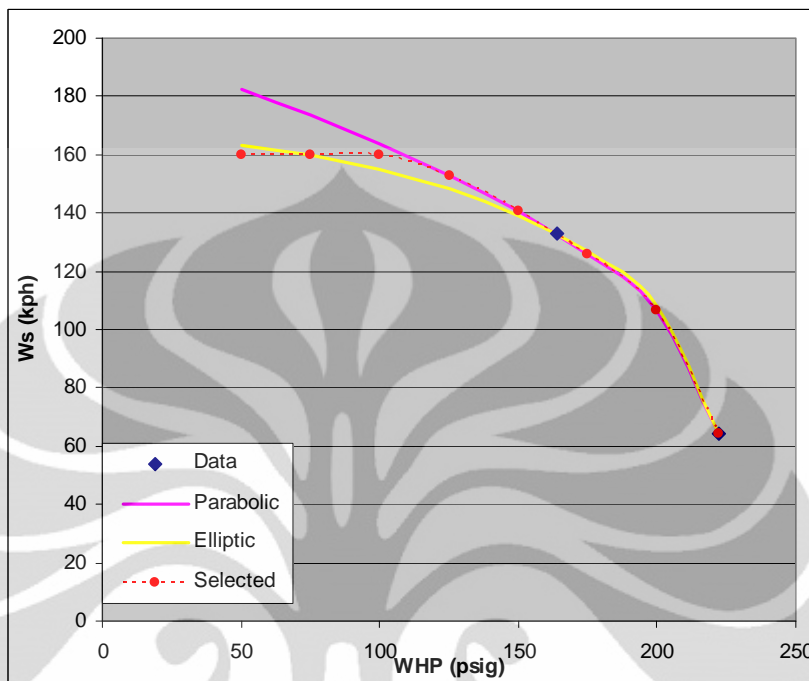
- Penggunaan Pipephase 9.2 maka diperoleh korelasi alir (*flow correlation*) untuk konfigurasi sistem pemipaan Awi A-1/2/3/4 adalah *BBM+Olimen+Ansari* dimana penurunan tekanan terbesar terjadi pada segment L-7 antara *header* menuju *separator*
- Pembesaran diameter dari pipa pada bagian pipa header di L-3, L-5 dan L-7 dapat mengurangi besarnya rugi tekan yang disebabkan oleh gesekan dimana dengan kondisi ini akan membuat sumur dapat beroperasi pada tekanan yang lebih rendah, jika dibandingkan terhadap desain awal. Pembesaran ukuran diameter pipa 24 inchi menghasilkan penambahan uap dari sumur produksi yang jika dikonversi ke pembangkitan daya listrik akan didapatkan tambahan 4.21 MW, dengan memperbesar diameter pipa 30" diperoleh penambahan sebesar 5.04 MW dan dengan memperbesar diameter pipa 36" diperoleh penambahan sebesar 5.22 MW and dengan diameter pipa 42 inchi diperoleh penambahan 5.38 MW
- Perubahan diameter pipa header menjadi 36 dan 42 inchi masih perlu dipertimbangkan mengingat penambahan produksi yang dihasilkan tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan perubahan diameter pipa header menjadi 30", karena untuk memaksimalkan pemakaian pipa header menjadi 36 dan 42 inchi diperlukan perubahan sistem di separator dan jalur pipa dari kepala sumur menuju ke separator.
- Berdasarkan kapasitas dari separator¹ yang mampu mengalirkan uap sebesar 550 kph dan brine 2330 kph, maka alternative perubahan diameter pipa yang direkomendasikan adalah 30 inchi karena dengan perubahan ini sumur-sumur produksi menghasilkan uap sebesar 580 kph, sehingga masih tersedia cadangan uap sebesar 30 kph atau setara dengan 1.82 MW dalam kondisi operasi.

DAFTAR REFERENSI

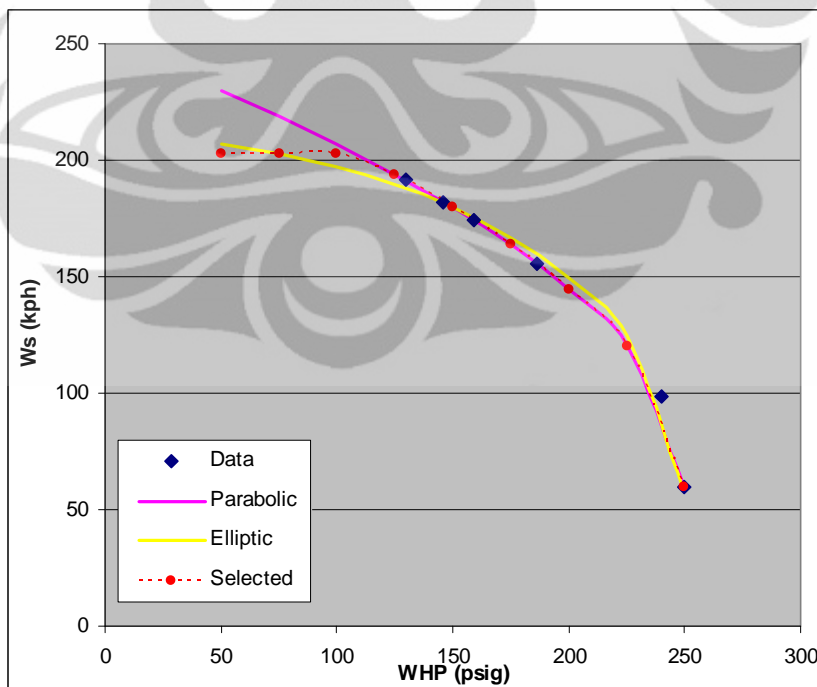
- [1] Aristo Joeristanto, Riza G Pasikki, Berutu, Sahat, “*The Feasibility Study of Awi 8 Surface Facility Upgrade*”, 2006.
- [2] Andreussi, P., Minervini, A., Paglianti, A and Sabatelli F,” *Two Phase Flow of Brine in Long Pipelines: Analysis of Field Experiments*, October 1993.
- [3] Simsci-esscor, *Pipephase 9.2 Manuals*, 2008
- [4] Munson, Bruce R., Young Donald F., Okiishi, Theodore H., *Mekanika Fluida Edisi Keempat Jilid 1 & 2*, terj. Harinaldi, Budiarso (Jakarta: Erlangga, 2005).
- [5] Wegmann, A., von Rohr, P.R., Two phase liquid-liquid flows in pipes of small diameter. *Int. J. Multiphase Flow* 32 (2006) 1017-1028
- [6] P.L. Speeding, E. Benard, G.F. Donnelly. Prediction of pressure drop in multiphase horizontal pipe flow, *Int. Commun. Heat Mas Transf.* 33 (2006) 1053-1062

Lampiran 1

Kurva Performansi Tekanan Kepala sumur (WHP) dengan Laju alir Uap (W_s)



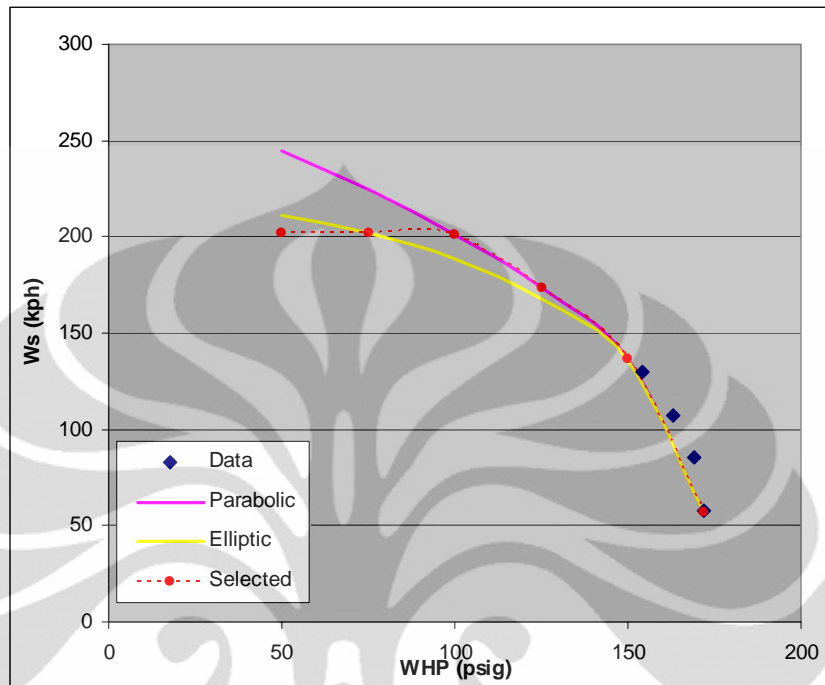
Gambar 10. Awi A-1, Kurva performansi sumur antara tekanan kepala sumur dan laju alir massa uap



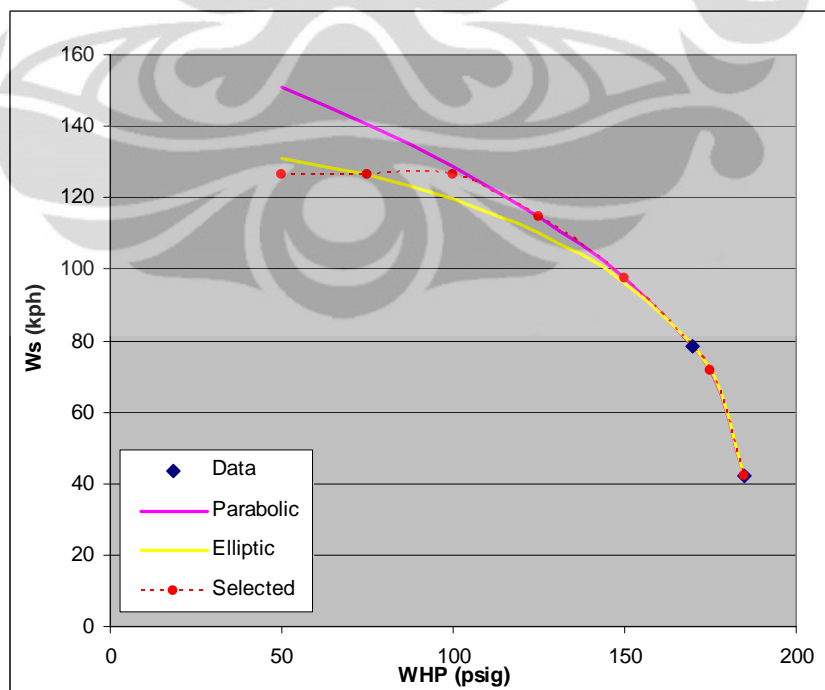
Gambar 11. Awi A-2, Kurva performansi sumur antara tekanan kepala sumur dan laju alir massa uap

Lampiran 2

Kurva Performansi Tekanan Kepala sumur (WHP) dengan Laju alir Uap (Ws)



Gambar 12. Awi A-3, Kurva performasi sumur antara tekanan kepala sumur dan laju alir massa uap



Gambar 13. Awi A-4, Kurva performasi sumur antara tekanan kepala sumur dan laju alir massa uap

Lampiran 3

Tabel 15. Aplikasi dari korelasi alir multi fase³

Methods ⁵	Horizontal and inclines < 10°	Upward incline 10° < α < 70°	Downward Incline 10° < α < 70°	Vertical Upward 90° and > 70°	Vertical Downward 90° and > 70°
Beggs & Brill	4	4	4	4	4
Beggs & Brill - Moody ¹	4	4	4	4	4
Beggs & Brill - No slip	8	8	8	8	4
Beggs & Brill - Moody-Eaton ³	8	8	8	8	8
Beggs & Brill - Moody-Dukler ³	8	8	8	8	8
Beggs & Brill - Moody-Hagedorn & Brown	8	8	8	8	8
Mukherjee & Brill ²	8	4	4	8	8
Mukherjee & Brill-Eaton ³	8	8	8	8	8
Ansari	8	8	8	4	8
Orkiszewski	8	8	8	4	8
Duns & Ros	8	8	8	4	8
Hagedorn & Brown	8	8	8	4	8
Hagedorn & Brown - Beggs & Brill	8	8	8	8	8
Aziz	8	8	8	4	8
Gray (not applicable for Compositional)	8	8	8	4	8
Gray - Moody (not applicable for Compositional)	8	8	8	4	8
Angel - Welchon - Ross	8	8	8	8	4
Eaton	4	8	8	8	8
Eaton-Flannigan	4	4	4	8	8
Dukler	4	8	8	8	8
Dukler-Flannigan	4	4	4	8	8
Lockhart & Martinelli	4	4	8	8	8
Dukler-Eaton-Flannigan	4	4	4	8	8
Olimens	4	4	8	8	8
OLGA ⁴	4	4	4	4	4
TACITE ⁴	4	4	4	4	4

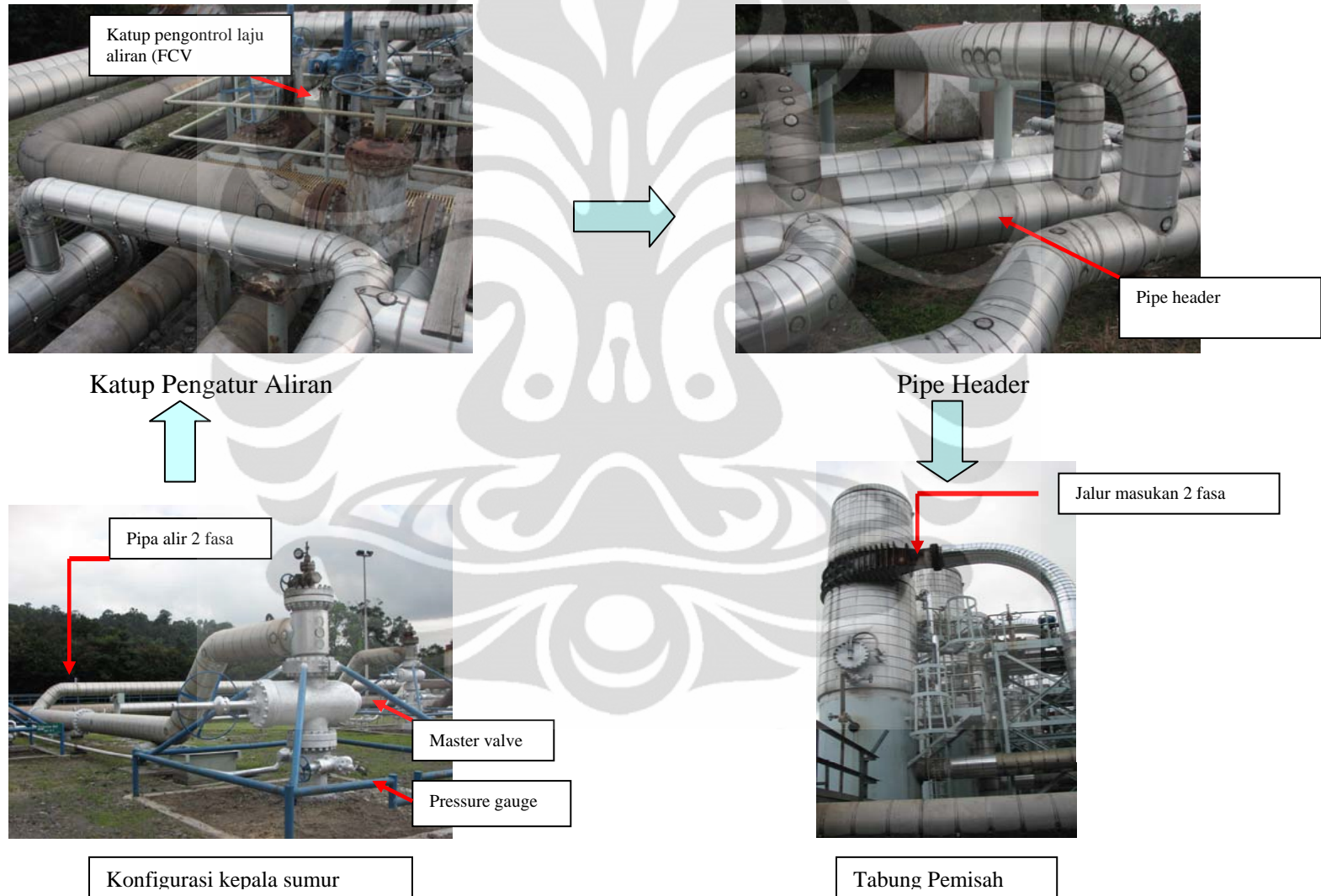
Lampiran 4

Tabel 16. Ukuran Nominal Pipa dan schedule yang diijinkan³

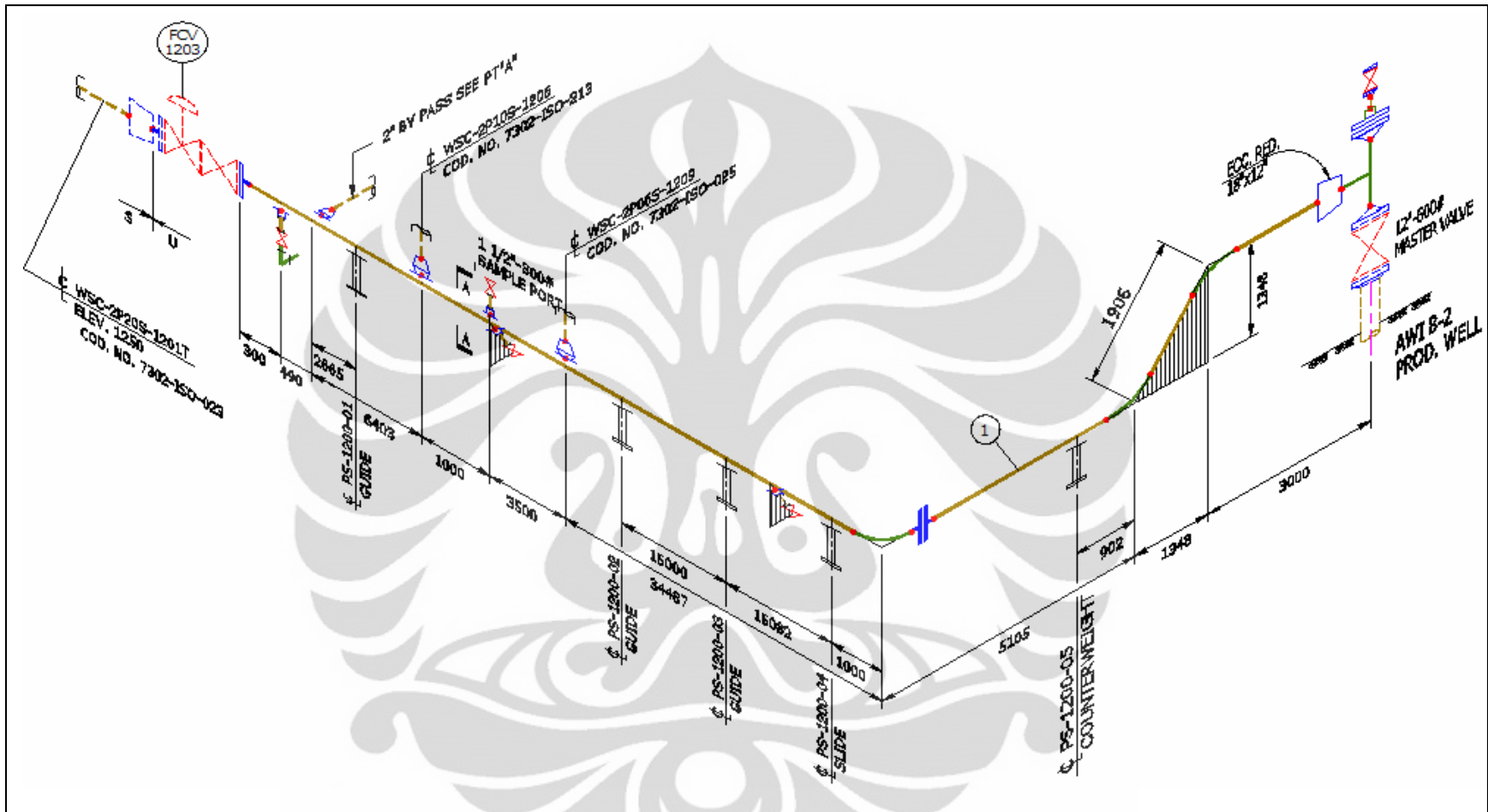
Nominal Diameter (Inches)	Valid Pipe Schedule Numbers									
0.125				40		80				
0.250				40		80				
0.375				40		80				
0.5				40		80				160
0.75				40		80				160
1.00				40		80				160
1.25				40		80				160
1.5				40		80				160
2.0				40		80				160
2.5				40		80				160
3.0				40		80				160
3.5				40		80				160
4.0				40		80		120		160
4.5				40						
5.0				40		80		120		160
6.0				40		80		120		160
8.0	10	20	30	40	60	80	100	120	140	160
10.0	10	20	30	40	60	80	100	120	140	160
12.0	10	20	30	40	60	80	100	120	140	160
14.0	10	20	30	40	60	80	100	120	140	160
16.0	10	20		40	60	80	100	120	140	160
18.0	10	20	30	40	60	80	100	120	140	160
20.0	10	20	30	40	60	80	100	120	140	160
24.0	10	20	30	40	60	80	100	120	140	160
30.0	10	20	30							

Lampiran 5

Proses aliran dari sumur ke separator

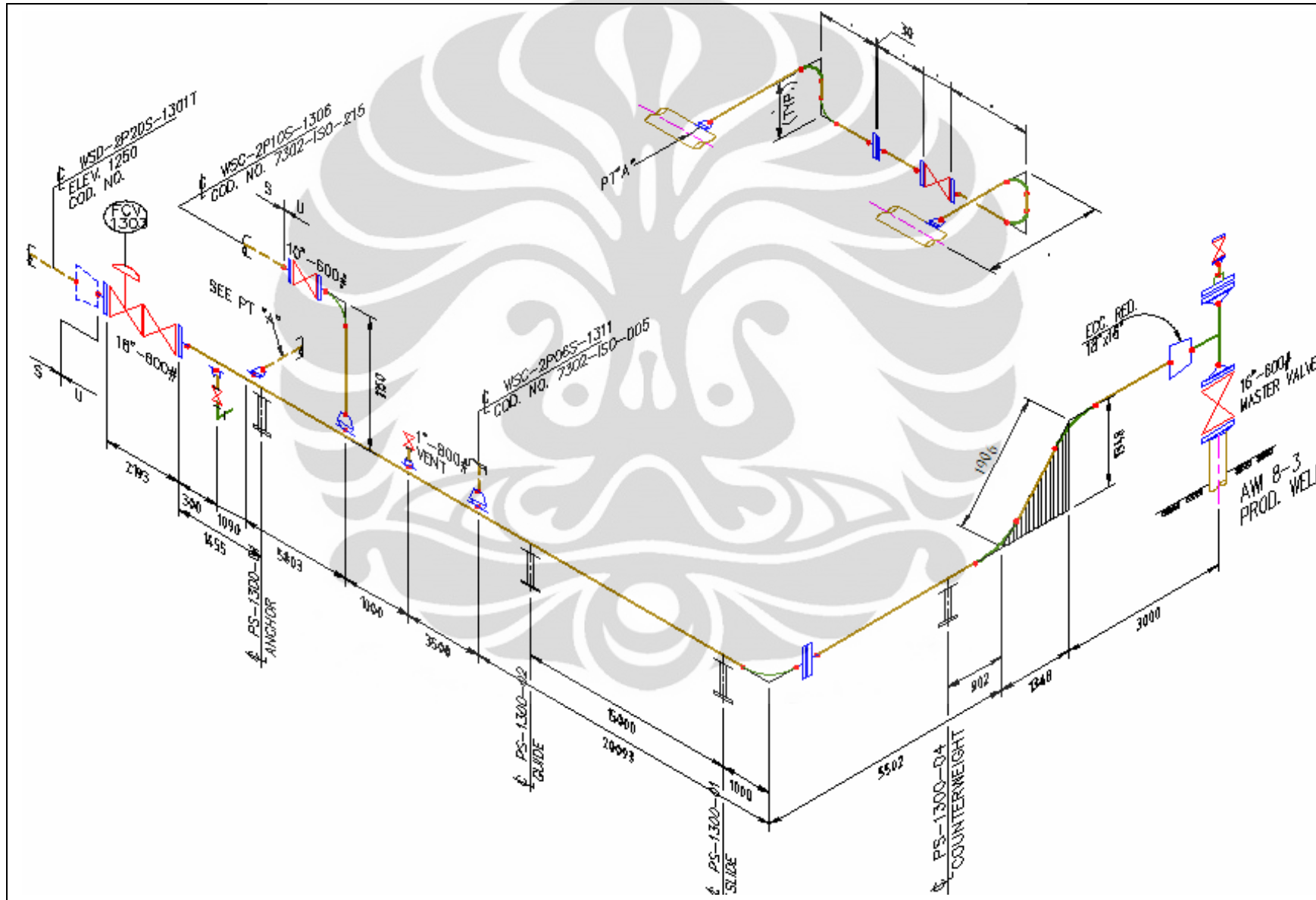


Gambar 14. Proses Aliran dari kepala sumur sampai ke separator



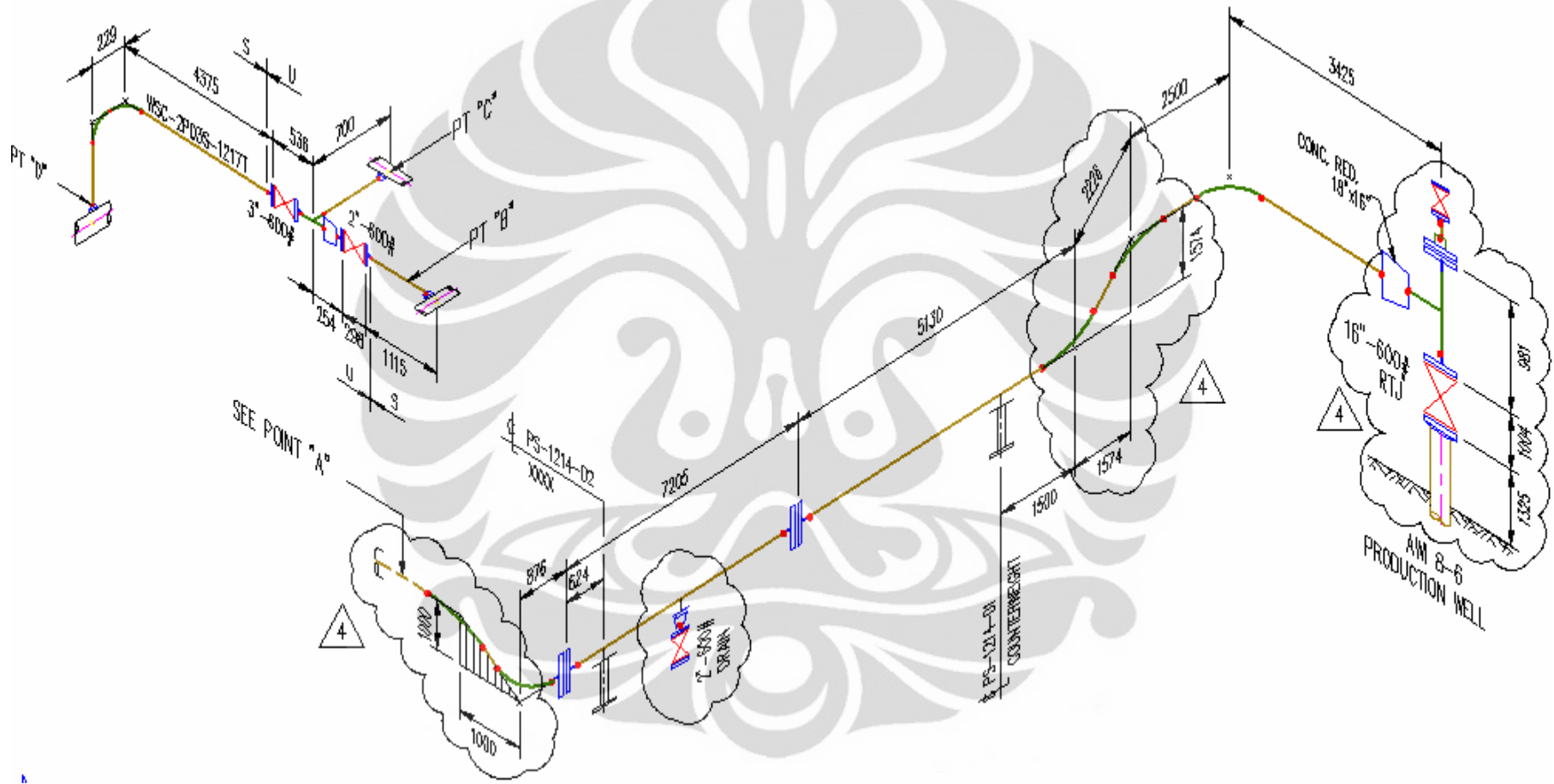
Gambar 15. Gambar Isometric untuk sumur A-1

Lampiran 7



Gambar 16. Gambar Isometric untuk sumur A-2
 Pengaruh penurunan ..., Horasdo, FT UI, 2008

Lampiran 8

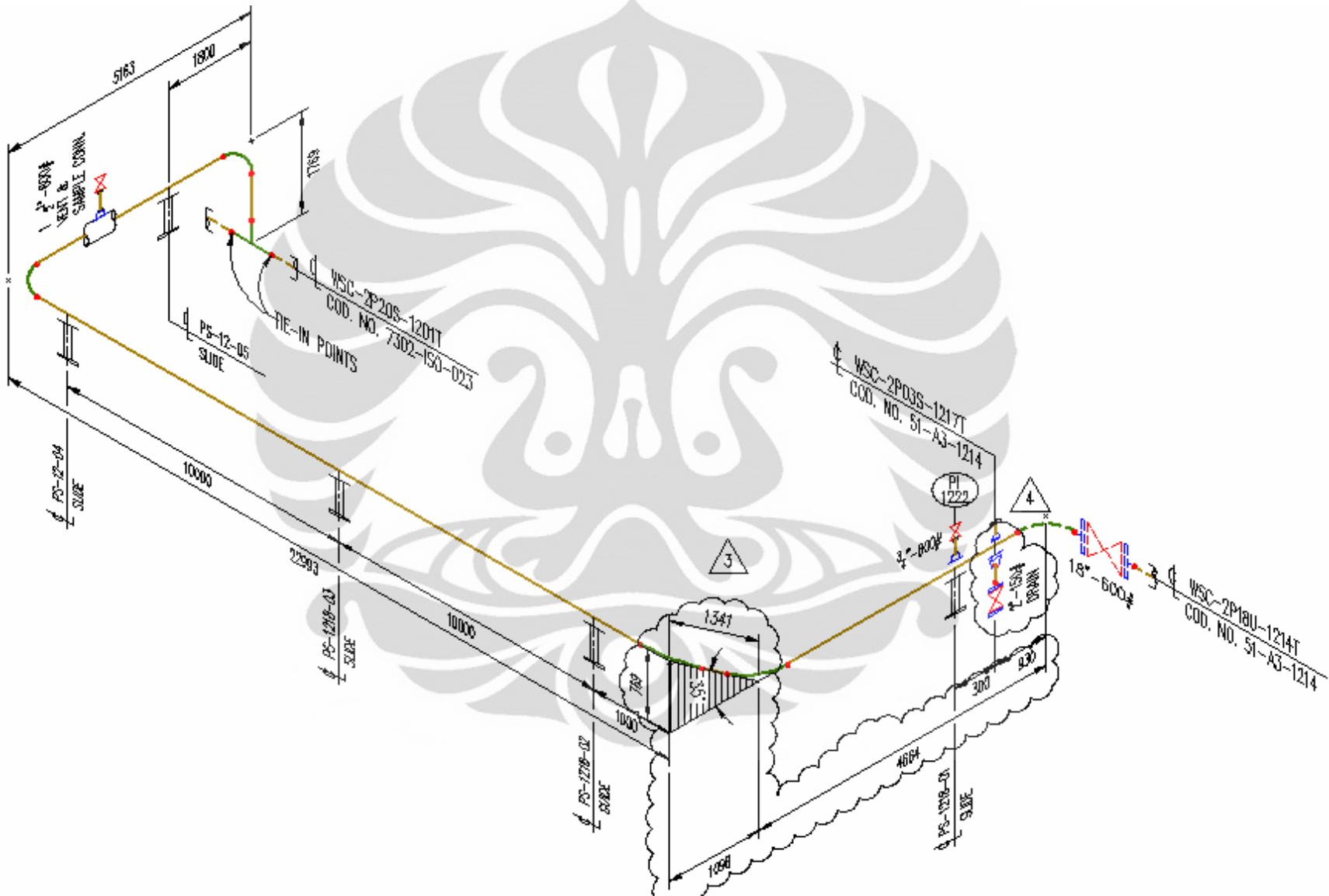


Gambar 18. Gambar Isometric untuk sumur A-3 (bagian 1)





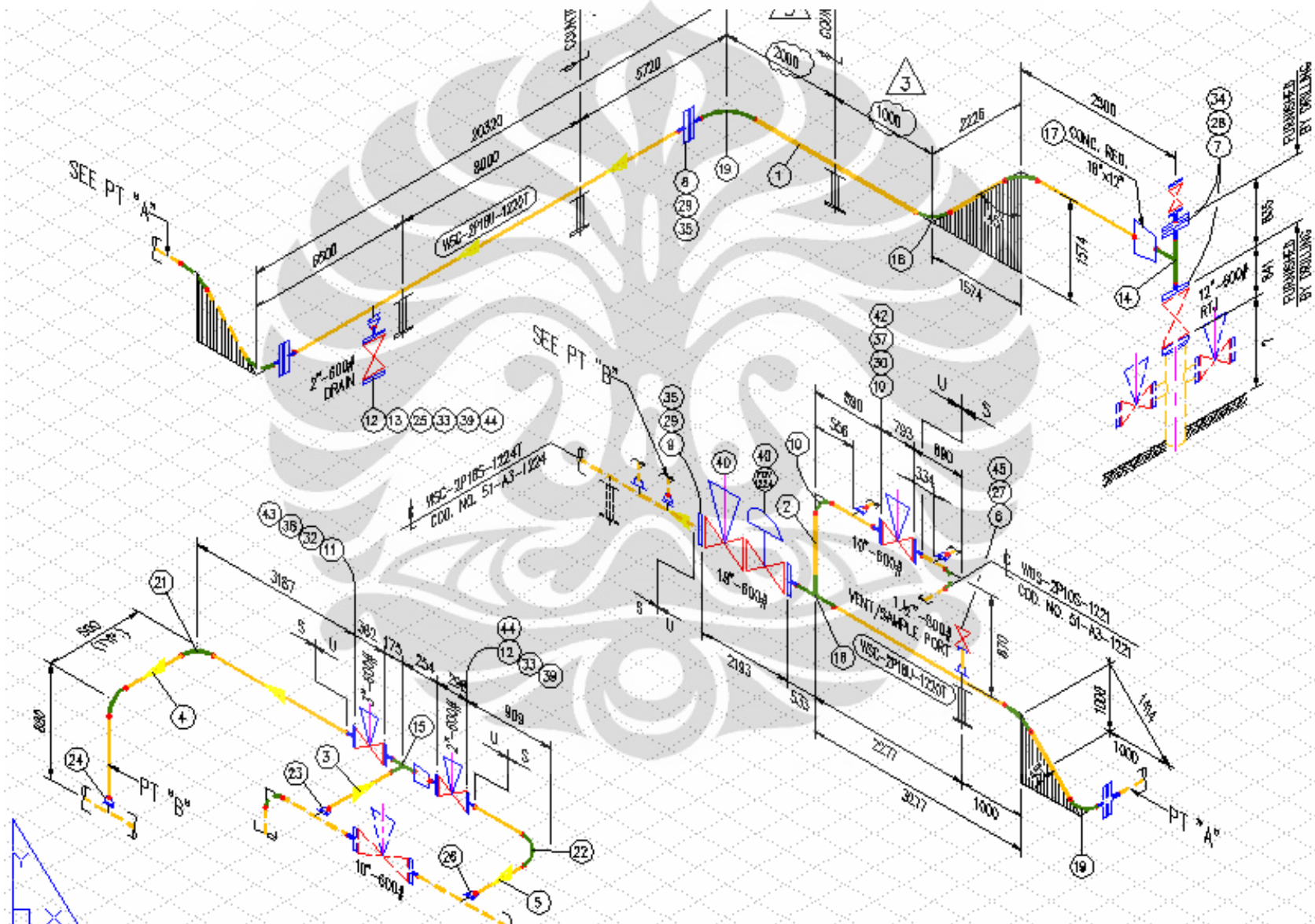
Lampiran 10



Gambar 20. Gambar Isometric untuk sumur A-3 (bagian 3)

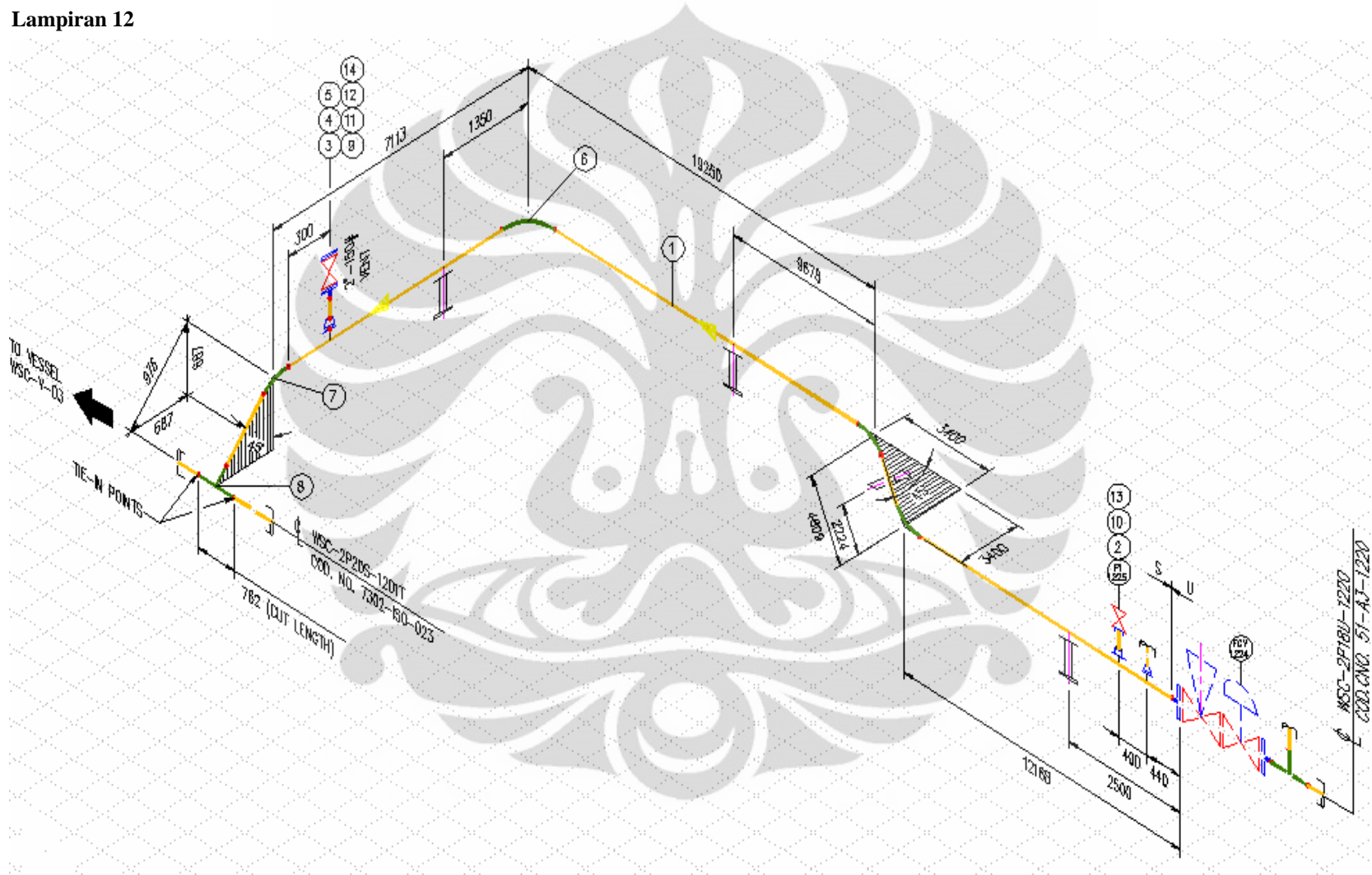


Lampiran 11



Gambar 21. Gambar Isometric untuk sumur A-4 (bagian 1)

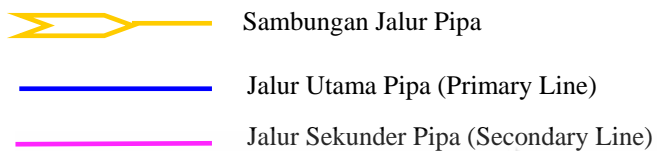
Lampiran 12



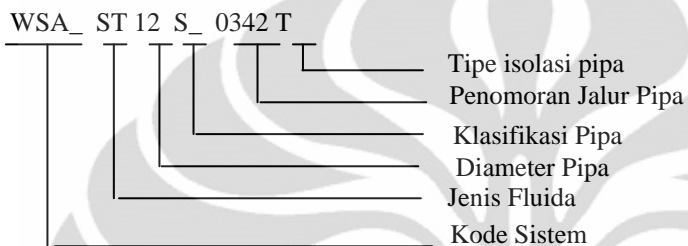
Gambar 22. Gambar Isometric untuk sumur A-4 (bagian 2)

Lampiran 14

1. Sumber Jalur Pipa



2. Penomoran Jalur Pipa



3. Penomoran Valve



4. Tipe Isolasi

- P Personnel Protection
- T Thermal (panas)

5. Klasifikasi Pipa




Desain	Material	Flange Rating	Desain tekanan (psig)	Desain Temperatur (°F)
U	Carbon steel	600	900	550
T	Carbon steel	300	500	550
S	Carbon steel	150	200	550

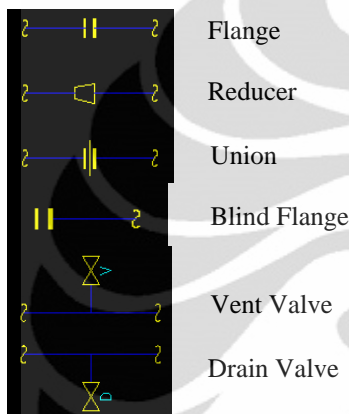
6. Jenis Fluida

- 2P dua fase
- BR Brine
- ST Steam

Lampiran 15

7. Simbol Valve

-  Gate Valve
-  Globe Valve
-  Butterfly Valve

8. Simbol Jalur Pemipaan

9. Nama sumur produksi

- Awi 8-2 adalah Awi A-1
- Awi 8-3 adalah Awi A-2
- Awi 8-6 adalah Awi A-3
- Awi 8-9 adalah Awi A-4
- V-03 adalah V-0A

10. Unit yang digunakan untuk ukuran panjang adalah mm