

Nomor ISBN 978-602-8206-67-9



**PROSIDING SEMINAR NASIONAL  
KEBUMIHAN X TAHUN 2015**



**Fakultas Teknologi Mineral  
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta**

*Dalam Rangka*  
**Dies Natalis UPN "Veteran" Yogyakarta ke-57**



**Peran IPTEK Kebumihan Untuk  
Mendukung Kemandirian dan  
Ketahanan Energi Nasional**

**Penyunting:**

Bambang Triwibowo  
Hasywir Thaib Siri  
Indah Widiyaningsih  
Wiji Raharjo

Yogyakarta, 18-19 November 2015



# Seminar Nasional Kebumian X - 2015

“Peran IPTEK Kebumian Untuk Mendukung Kemandirian dan Ketahanan Energi Nasional”

Fakultas Teknologi Mineral

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur Yogyakarta

Gedung Arie F. Lasut, Telp. (0274) 487813, 487814, Fax. (0274) 487813

Email : semnas\_ftm@upnyk.ac.id

## Sanksi Pelanggaran Pasal 72

### Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2002

#### Tentang Hak Cipta

1. Barang siapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 Ayat (1) atau Pasal 9 Ayat (1) dan Ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 5.000.000.000,00 (lima milyar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta atau hak terkait sebagai dimaksud pada Ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

# **PENYUNTING**

## *REVIEWER*

Prof. Dr. Ir. C. Danisworo, Msc.

Dr. Ir. Dedy Kristanto, MT.

Dr. Ir. Barlian Dwi Nagara, MT.

Dr. Ir. Suharsono, M.Si

Dr. Ir. Andi Sungkowo, M.Si.

## *Editor*

Ir. Bambang Triwibowo, MT.

Ir. Hasywir Thaib Siri, M.Sc.

Indah Widiyaningsih, ST., MT.

Wiji Raharjo, S.Si, M.Sc.

Fakultas Teknologi Mineral

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur Yogyakarta

Gedung Arie F. Lasut, Telp. (0274) 487813, 487814, Fax. (0274) 487813

Email : [semnas\\_ftm@upnyk.ac.id](mailto:semnas_ftm@upnyk.ac.id)



11	OPTIMASI TEKANAN KEPALA SUMUR PADA LAPANGAN PANASBUMI X <i>CLUSTER Y</i> <b>Eko Widi PRAMUDIOHADI, Kharisma MUSLIMIN</b> .....	78
12	OPTIMASI INJEKSI SURFAKTAN PADA LAPANGAN BATU PASIR DENGAN MINYAK RINGAN <b>Indah WIDIYANINGSIH, Boni SWADESI</b> .....	95
13	COMBINING HOT WATER INJECTION-SOLVENT AND ELECTROMAGNETIC HEATING FOR INCREASING RECOVERY FACTOR IN HEAVY OIL RESERVOIR <b>SURANTO</b> .....	103
14	STUDI PENGURASAN MINYAK TAHAP LANJUT MENGGUNAKAN STIMULASI VIBRASI <b>Harry BUDI HARJO S.</b> .....	112
15	EXPERIMENTAL STUDI : CHEMICAL SYNERGISM IN CONCOCTING SURFACTANT FORMULATION FOR LOW SALINITY RESERVOIR <b>Ratna WIDYANINGSIH, Ivan EFRIZA</b> .....	121
<b>KELOMPOK GEOLOGI - EKSPLORASI</b> .....		<b>127</b>
1	ANALISIS MINERAL LEMPUNG PADA BATUAN ALTERASI SUMUR KMJ-26 LAPANGAN PANAS BUMI KAMOJANG JAWA BARAT <b>D.F.YUDIANTORO, Emmy SUPARKA, Isao TAKASIMA, Daizo ISHIYAMA, M. Yustin KAMAH dan Intan P. HATY</b> .....	128
2	PERBANDINGAN AKURASI METODE <i>IDW</i> DAN <i>ORDINARY KRIGING</i> TERHADAP SUMBERDAYA NIKEL LATERIT - 2D <b>GUSKARNALI, Yohanes T. SAGISOLLO, Romzi Rio WIBAWA</b> .....	135
3	ANALISIS PENAKSIRAN SUMBERDAYA NIKEL LATERIT-3D MENGGUNAKAN METODE <i>BLOCK KRIGING</i> <b>GUSKARNALI, Waterman S. BARGAWA</b> .....	142
4	PERATURAN DAERAH UNTUK BIMBINGAN TEKNIS EKSPLORASI DAN EKSPLOITASI MINERAL DAN PENDAPATAN DI DAERAH, STUDI KASUS DI DAERAH PENAMBANGAN EMAS PINANGKABAN, GUMELAR, KABUPATEN BANYUMAS, JAWA TENGAH <b>Heru Sigit PURWANTO, Herry RISWANDI</b> .....	150
5	PEMODELAN TINGKAT AKTIVITAS SESAR BERDASARKAN ANALISIS DEFORMASI MENGGUNAKAN PENGAMATAN GPS <b>Joko HARTADI, Sugeng RAHARJO, Oktavia Dewi ALFIANI</b> .....	158
6	PENENTUAN SESAR AKTIF BERDASARKAN DATA GEODETIK DAN INTERPRETASI GEOLOGI SEKITAR SUNGAI CIMANDIRI JAWA BARAT <b>Sugeng RAHARJO, Joko HARTADI, Oktavia Dewi ALFIANI</b> .....	165
7	ANALISA CITRA SATELIT PENGINDERAAN JAUH UNTUK PEMETAAN GEOLOGI SUATU WILAYAH <b>Hendra BAHAR</b> .....	172
8	PENDEKATAN METODE GIS TERHADAP OPTIMASI SUMBERDAYA SISA BATUBARA DAN PEMANFAATAN LAHAN BEKAS TAMBANG <b>Mohamad ANIS, Arifudin IDRUS, Hendra AMIJAYA</b> .....	177



## OPTIMASI TEKANAN KEPALA SUMUR PADA LAPANGAN PANASBUMI X CLUSTER Y

eko Widi PRAMUDIOHADI<sup>1)</sup>, Kharisma MUSLIMIN<sup>2)</sup>

<sup>1</sup>Teknik Perminyakan, UPN “Veteran” Yogyakarta  
email: [ekowidip@yahoo.com](mailto:ekowidip@yahoo.com)

<sup>2</sup>Teknik Perminyakan, UPN “Veteran” Yogyakarta  
email: [kharismamuslimin@gmail.com](mailto:kharismamuslimin@gmail.com)

### Abstrak

Kajian ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi tekanan kepala sumur yang optimum pada Cluster Y di lapangan panasbumi X. Optimum disini memiliki arti terhindar dari masalah produksi dan menghasilkan energi yang sebesar-besarnya. Lapangan panasbumi X merupakan lapangan dengan sistem reservoir dominasi air yang dapat menyebabkan terendapnya silica di peralatan produksi. Terendapnya silica dapat mengurangi besar diameter pada pipa sehingga dapat menurunkan energi listrik yang bisa dihasilkan. Selain itu, setiap sumur di cluster ini memiliki potensi yang berbeda. Pengaturan tekanan kepala sumur sangat penting agar tidak terjadi tekanan balik pada pipa permukaan. Tekanan balik dapat menyebabkan pengurangan uap yang dapat dialirkan. Kehilangan tekanan juga diperhitungkan dalam kajian ini. Metode Beggs dan Brill digunakan dalam menghitung kehilangan tekanan pada pipa dua fasa yang dibantu dengan software Aspen Plus. Dalam melakukan optimasi digunakan metode exergy yang ikut memperhitungkan kehilangan energi disepanjang sistem produksi. Dengan mempertimbangkan batasan-batasan terendapnya silica, tekanan balik dan kehilangan energi, diharapkan sistem produksi yang sudah terpasang dapat menghasilkan energi yang sebesar-besarnya atau sudah optimal.

*Keywords:* optimization, exergy method, silica scaling.

### PENDAHULUAN

Lapangan X merupakan lapangan panasbumi dengan sistem reservoir dominasi air dengan nilai dryness sekitar 0.2%. Air yang ada di reservoir memiliki kecenderungan untuk melarutkan ion-ion silica yang ketika diproduksi ion-ion tersebut dapat menyebabkan masalah karena memiliki kondisi (tekanan dan temperatur) terendapkan. Oleh karena itu perlu diadakan kajian untuk setting tekanan peralatan produksi khususnya pada Cluster Y agar terhindar dari masalah produksi dan menghasilkan energi yang optimum.

Maksud dari penelitian ini adalah melakukan analisa permasalahan produksi yang mungkin terjadi seperti pengendapan silica pada pipa dua fasa, terjadinya tekanan balik, dan kehilangan energi yang besar pada Cluster Y. Metode yang digunakan dalam mengoptimasi ialah metode exergy.

### KAJIAN TEORI

Dalam mengoptimasi tekanan sumur pada lapangan panasbumi cukup berbeda. Pada lapangan minyak menggunakan perpotongan antara kurva IPR dengan TIP (*tubing intake performance*), pada lapangan gas cenderung mengambil titik 30-60% dari laju alir maksimum. Pada panasbumi tidak bisa menggunakan cara yang sama karena di lapangan produksi panasbumi tidak menggunakan tubing, melainkan casing.

Optimasi tekanan kepala sumur pada panasbumi dilakukan dengan beberapa batasan seperti tidak terjadi pengendapan silica, tidak terjadi tekanan balik, dan menghasilkan energi yang besar (exergy konsep).





**a. Teori Pola Aliran Fluida dalam Pipa**

Penentuan pola aliran fluida dilakukan berdasarkan grafik Mundhane (1974) **Gambar 1**. Dari beberapa bentuk pola aliran, yang dipilih ialah *annular flow*.

Karena pada aliran ini liquid terdistribusi pada dinding pipa dan uap mengalir dengan kecepatan tinggi didalam pipa.

$$v_{sg} = \frac{v_g * M_v}{3.14 * ID^2 / 4} \dots\dots\dots (1)$$

$$v_{sl} = \frac{v_l * M_{liq}}{3.14 * ID^2 / 4} \dots\dots\dots (2)$$

**b. Teori Kehilangan Tekanan Metode Beggs Brill**

Beggs Brill menghitung kehilangan tekanan pada dua fasa, dimana pada perhitungannya mempertimbangkan kecepatan slip antara air dan uap.

$$\frac{dP}{dZ} = \frac{\frac{g}{g_c} \sin \theta [\rho_L H_L + \rho_g (1 - H_L)] + \frac{f_{ip} G_m V_m}{2 g_c d}}{1 - \frac{[\rho_L H_L + \rho_g (1 - H_L)] V_m V_{sg}}{g_c P}} \dots\dots\dots (3)$$

$$H_L(\theta) = \psi H_L(0) \dots\dots\dots (4)$$

$$H_L(0) = \frac{a H_L^b}{N_{FR}^c} \dots\dots\dots (5)$$

**c. Teori Kehilangan Tekanan Satu Fasa**

Perhitungan ini berlaku pada pipa satu fasa, dimana dilakukan pada pipa setelah separator.

$$DP_{total} = (DP_{frikasi} + DP_{elevasi}) * jarak \dots\dots\dots (6)$$

$$DP_{elevasi} = \rho v * g * \sin \theta \dots\dots\dots (7)$$

$$DP_{frikasi} = \left[ \frac{f * V^2}{2 * v * d} \right] \dots\dots\dots (8)$$

**d. Teori Pengendapan Silica**

Mekanisme terendapnya *silica* berkaitan erat dengan komposisi air di dalam formasi, secara umum air mengandung ion - ion terlarut, baik itu berupa kation ( $Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Sr^{2+}, Fe^{3+}$ ), maupun anion ( $Cl^-, HCO_3^-, SO_4^{2-}, CO_3^{2-}$ ). Kation dan anion yang terlarut akan membentuk senyawa yang mengakibatkan terjadinya proses kelarutan (*solubility*). Kelarutan didefinisikan sebagai suatu batas/ limit suatu zat yang dapat dilarutkan dalam zat pelarut pada kondisi fisik tertentu. Proses terlarutnya ion-ion dalam air formasi merupakan fungsi dari tekanan, temperatur serta waktu kontak (*contact time*) antara air dengan media pembentukan. Air mempunyai batas kemampuan dalam menjaga senyawa ion-ion tersebut tetap dalam larutan, sehingga pada kondisi tekanan dan temperatur tertentu, dimana harga kelarutan terlampaui, maka senyawa tersebut tidak akan terlarut lagi. Melainkan terpisah dari pelarutnya dalam bentuk padatan.

Proses pemisahan ini terjadi dipengaruhi kondisi tekanan dan temperatur. Perhitungan besar kondisi tersebut dilakukan dengan grafik Fournier dan Rowe (1966) **Gambar 2**.

**e. Teori Perhitungan MW elektrik**

Dalam sistem produksi panasbumi, uap yang berasal dari *reservoir* digunakan untuk menggerakkan turbin lalu oleh generator diubah dari energi gerak menjadi energi listrik. Terdapat dua metode dalam menghitung MW elektrik, yaitu





Rule of thumb

$$MW = \frac{W}{1.94} \dots\dots\dots (9)$$

Separated steam cycle

$$MW = \frac{W * \eta * (hg - hm)}{1000} \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan

h : entalpi fluida

W : masa uap

$\eta$  : efisiensi thermal ke listrik

**f. Teori Perhitungan Exergy**

Exergy didefinisikan sebagai besarnya energi yang terpakai (dayaguna) pada suatu fluida yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dengan mempertimbangkan energi yang terbuang.

Berdasarkan hukum termodinamika 0, 1, dan 2 diketahui bahwa energi bergerak dari suhu tinggi ke suhu yang lebih rendah. Dalam hal ini, fluida panasbumi bergerak dari reservoir menuju sistem produksi permukaan. Namun tidak semua energi dari reservoir dapat digunakan untuk menggerakkan turbin, karena panas yang hilang ke lingkungan, dan karena keacakan yang terjadi didalam sistem itu sendiri. Exergy berfungsi menghitung dayaguna energi yang bisa digunakan dalam menggerakkan turbin.

$$Ex = W * (h_i - h_o) - T_o (s_i - s_o) \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan:

Ex : exergy, energi yang berguna

W : masa uap

h : entalpi

To : suhu referen

s : entropi

**METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan pada Cluster Y Sumur Y-1 dan Y-3. Beberapa data yang diperlukan seperti setting tekanan peralatan produksi permukaan, tekanan operasi alat, jenis-jarak-insulator pipa, data uji produksi, kandungan kimia uji serta data pelengkap lain yang menunjang analisa ini.

Dalam pengerjaannya, penelitian ini dibagi menjadi 2 tahap, yaitu tahapan evaluasi dan tahapan optimasi. Kedua tahapan tersebut meliputi:

- i. Menghitung jenis pola aliran fluida pada tiap tekanan kepala sumur dengan grafik Mundhane
- ii. Menghitung kondisi terendahnya silica dengan grafik Fournier
- iii. Evaluasi dan perhitungan kehilangan tekanan pada peralatan produksi dengan Metode Beggs Brill yang dibantu dengan software Aspen Plus
- iv. Perhitungan kehilangan energi dengan Metode Exergy.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam mengevaluasi setting tekanan actual dilakukan perhitungan pola aliran fluida pada pipa di tiap tekanan uji. Data uji produksi dapat dilihat pada Tabel I dan Tabel II. Perhitungan dilakukan dengan grafik Mundhane, dan dapat dilihat di Tabel III dan IV serta Gambar 3 dan 4, tekanan actual memiliki aliran annular.

Setelah didapatkan pola aliran, evaluasi dilanjutkan dengan perhitungan kondisi terendahnya silica menggunakan grafik Fournier dan Rowe. Perhitungan dilakukan dengan





mempplot nilai *silica* yang terkandung di tiap tekanan (**Tabel V dan VI**), lalu menarik garis hingga menemui garis *amorphous silica*, lalu ditarik ke sumbu x untuk mendapatkan temperatur saturasi terbentuknya *silica*. Grafik dapat dilihat pada **Gambar 5 dan 6**, dan hasil pembacaan grafik dilihat di **Tabel VII dan VIII**. *Silica* pada Sumur Y-1 dan Y-3 akan mengendap pada tekanan 8.78 bar dan 9.53 bar. Hal ini menandakan *silica* sudah mulai mengendap pada *setting* tekanan *actual*.

Selanjutnya dilakukan perhitungan kehilangan tekanan yang dibantu dengan *software* Aspen Plus. Data-data seperti jenis, tebal, jarak pipa, dan tekanan operasi alat diperlukan dalam *input* data *software* ini (**Tabel IX**). Perhitungan kehilangan tekanan ini divalidasi dengan data tekanan *actual* agar akurat dan sesuai dengan kondisi lapangan. Hasil evaluasi (**Gambar 7**) mengatakan pada kondisi *actual* pola aliran telah *annular*, perbedaan tekanan pada *manifold* sebesar 0.03 bar jadi kemungkinan kecil terjadi tekanan balik pada pipa, namun memiliki kecenderungan terendapnya *silica*. Terendapnya *silica* pada kondisi *actual* diakibatkan tekanan saturasi dari *silica* sebesar 9.53 bar, sedangkan tekanan separator yang terpasang sebesar 8.78 bar.

Lalu dalam mengoptimasi dilakukan pembuatan skenario. Dibantu dengan *software* Aspen Plus, terdapat 3 skenario yang dibuat yaitu skenario A, B, dan C. Skenario A (**Gambar 8 dan Tabel X**) memiliki *setting* tekanan sebagai berikut: Sumur Y-1 16.5 bar; Sumur Y-3 12.8 bar; Separator 9.58 bar; 7.49 bar. Perbedaan tekanan separator dengan tekanan saturasi terbentuknya *silica* pada skenario ini sebesar 0.05 bar. Perbedaan yang kecil ini membuat skenario menjadi rawan terendapnya *silica* pada pipa dua fasa. Dan untuk energi listrik yang bisa dihasilkan sebesar 36.8 MW.

Skenario B (**Gambar 9 dan Tabel XI**) memiliki *setting* tekanan sebagai berikut: Sumur Y-1 17 bar; Sumur Y-3 13 bar; Separator 10 bar; 8 bar. Perbedaan tekanan separator dengan tekanan saturasi terbentuknya *silica* pada skenario ini sebesar 0.47 bar. Perbedaan ini membuat skenario B terbebas dari masalah terendapnya *silica* pada pipa dua fasa. Namun perbedaan tekanan pada *manifold* sebesar 0.25 bar menyebabkan adanya kemungkinan terjadi tekanan balik pada pipa. Dan untuk energi listrik yang bisa dihasilkan sebesar 37.125 MW.

Skenario C (**Gambar 10 dan Tabel XII**) memiliki *setting* tekanan sebagai berikut: Sumur Y-1 16.75 bar; Sumur Y-3 13 bar; Separator 10 bar; 8 bar. Perbedaan tekanan separator dengan tekanan saturasi terbentuknya *silica* pada skenario ini sebesar 0.47 bar. Perbedaan ini membuat skenario B terbebas dari masalah terendapnya *silica* pada pipa dua fasa. Perbedaan tekanan pada *manifold* sebesar 0.09 bar, kecilnya perbedaan tersebut menjadikan skenario ini tidak terjadi tekanan balik pada pipa. Dan untuk energilistrik yang bisa dihasilkan sebesar 37.121 MW. Lalu dilakukan perhitungan *exergy* di tiap skenario (**Gambar 11, 12, 13 dan 14**) serta perhitungan besar kehilangan energi pada sistem (**Tabel XIV**). Jumlah energi paling besar yang dapat dihasilkan oleh sistem dimiliki oleh tekanan *actual*. Namun besar kehilangan energi yang paling besar pula dihasilkan oleh tekanan *actual*. Hal dikarenakan pada tekanan *actual* jumlah *brine* yang dipisahkan di separator lebih banyak dibanding skenario lain, sehingga banyak energi yang hilang di separator. Dari hasil pembahasan diatas, dapat disimpulkan skenario C merupakan skenario yang paling optimum dibandingkan dengan yang lain.

Karena pada skenario ini terbebas dari masalah *silica*, tidak terjadi tekanan balik, dan kehilangan energi yang tidak besar ke lingkungan yaitu sebesar 42.28 MWt.

## KESIMPULAN

1. Optimasi tekanan kepala sumur dilakukan dengan beberapa batasan yaitu tidak terjadi tekanan balik, tidak terendapkannya *silica* dan kehilangan energi yang kecil pada sistem.
2. Hasil evaluasi menggambarkan tekanan *actual* mengalami masalah pengendapan *silica* karena tekana separator berada dibawah tekanan saturasi terendapnya *silica*.





3. Skenario A memiliki permasalahan yang sama dengan tekanan *actual*. Dimana perbedaan yang kecil antara tekanan separator dengan tekanan sturasi terendapnya *silica* sebesar 0.05 bar, sehingga masih rentan terhadap masalah *silica*.
4. Skenario B menunjukkan hasil yang baik dengan pola aliran *annular*, MW elektrik dan MW termal yang cukup besar serta terbebas dari masalah terendapnya *silica*. Namun, perbedaan tekanan pada *manifold* 0.25 bar.
5. Skenario C menunjukkan hasil yang paling baik diantara skenario yang lain. Dimana pola aliran *annular*, terbebas dari terendapnya *silica*, dan perbedaan tekanan pada *manifold* 0.09 bar yang lebih kecil bila dibandingkan skenario B.
6. Saran yang diberikan untuk *Cluster Y* ialah merubah tekanan kepala sumur Y-1 16.75 bar, Y-3 13 bar, separator 10 bar, dan tekanan *inlet* turbin 8 bar untuk menghindari permasalahan-permasalahan dalam produksi uap panasbumi.

#### REFERENSI

- Beggs, H. Dell. *Gas Production Operation : Ch. 3*. 1984. *Oil & Gas Consultants International Inc : Tulsa*.
- Fournier, Robert. O. *The Solubility of Amorphous Silica in Water at High Temperatures and High Pressures*. 1966
- Saptadji, N.M. *Aliran Fluida Dua Fasa dan Penentuan Kehilangan Tekanan*. Teknik Produksi Panasbumi. ITB. Bandung.

**Tabel I**  
**Hasil Uji Produksi Sumur Y-1**

TKS Uji (bar)	Laju Air Total (kg/s)	Dryness	Entalpi (kj/kg)
18.37	188.60	0.238	1269.4
19.55	177.12	0.241	1274.1
20.53	171.09	0.240	1273.3
21.51	169.50	0.233	1258.7

**Tabel II**  
**Hasil Uji Produksi Sumur Y-3**

TKS Uji (bar)	Laju Air Total (kg/s)	Dryness	Entalpi (kj/kg)
13.33	98.55	0.254	1300.24
14.70	94.25	0.254	1299.14
15.39	89.55	0.247	1285.65
16.708	83.33	0.261	1313.36

**Tabel III**  
**Pola Aliran Sumur Y-1**

TKS (bara)	Mv (kg/s)	Mliq (kg/s)	vg	vl	vsg (ft/s)	vsl (ft/s)	Pola aliran
12.5	53.5435	137.20	0.1569	0.00114	353.17	6.57	<i>Annular</i>
16.5	45.3056	141.36	0.1200	0.00116	228.62	6.89	<i>Annular</i>
16.75	45.2601	141.53	0.1183	0.00116	225.09	6.91	<i>Annular</i>





17	45.1585	141.60	0.1166	0.00116	221.37	6.92	Annular
18.38	45.0083	143.59	0.1081	0.00116	204.55	7.05	Annular
19.55	42.6861	134.43	0.1018	0.00117	182.60	6.63	Annular
20.53	41.1638	129.92	0.0970	0.00117	167.86	6.43	Slug
21.51	39.5388	129.96	0.0927	0.00118	154.02	6.46	Slug

**Tabel IV**  
**Pola Aliran Sumur Y-3**

TKS (bara)	Mv (kg/s)	Mliq (kg/s)	vg	vl	vsg (ft/s)	vsl (ft/s)	Pola aliran
12.22	31.44	80.58	0.1604	0.00113	211.98	3.85	Annular
12.8	24.85	73.38	0.1534	0.00114	160.24	3.52	Annular
13	24.71	72.85	0.1511	0.00114	156.98	3.50	Annular
13.33	25.11	73.43	0.1475	0.00114	155.66	3.53	Annular
14.7	23.96	70.28	0.1342	0.00115	135.17	3.40	Annular
15.39	22.16	67.38	0.1284	0.00115	119.61	3.27	Annular
16.7	21.78	61.55	0.1186	0.00116	108.59	3.00	Slug

**Tabel V**  
**Kandungan Kimia Uji Sumur Y-1**

TKS (bar)	Silica (ppm)	Ph	Co2	H2S
18.37	742	7.57	0.005694	0.000205
19.55	773	7.64	0.00535	0.00015
20.53	799	7.67	0.0054	0.0001
21.51	802	7.65	0.0051	0.0002

**Tabel VI**  
**Kandungan Kimia Uji Sumur Y-3**

TKS (bar)	Silica (ppm)	Ph	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S
13.33	760	7.65	0.00531465	0.00018535
14.70	702	7.91	0.00521	0.00019
15.39	-	-	-	-
16.70	780	7.94	0.005	0.0002

**Tabel VII**  
**Kondisi Terendapkan Silica Sumur Y-1**

TKS uji (bara)	T scalling (C)	P scalling (bara)
18.37	174.3	8.77
19.55	178.5	9.68
20.53	181.2	10.30
21.51	182.4	10.59
25.00	187	11.74





Tabel VIII  
 Kondisi Terendapkan Silica Sumur Y-3

TKS uji (bara)	T scalling (C)	P scalling (bara)
13.33	177.8	9.53
14.70	168.7	7.67
16.70	180	10.03

Tabel IX  
 Data Pemipaan dan Tekanan Operasi Cluster Y

Jenis pipa	<i>carbon steel</i>
Jenis insulator	<i>calcium silicate</i>
Tebal insulator	50.8 mm
Jarak Y-1 – Manifold	40.766 m
Jarak Y-3 – Manifold	35.436 m
Jarak Manifold - Separator	50.116 m
Jarak Separator – Turbin	4239.5324 m
TKS Sumur Y-1	12.5 bar
TKS Sumur Y-3	12.22 bar
Tekanan Separator	8.78 bar
Tekanan Turbin	7.38 bar

Tabel X  
 Tekanan Actual

Sumur	TKS (bara)	Inlet Manifold (bara)	Inlet Separator (bara)	Inlet Turbin (bara)	MW Elektrik
Y-1	12.5	9.25	8.78	7.38	39.01
Y-3	12.22	9.22	8.78	7.38	39.01

Tabel XI  
 Skenario A

Sumur	TKS (bara)	Inlet Manifold (bara)	Inlet Separator (bara)	Inlet Turbin (bara)	MW Elektrik
Y-1	16.5	9.917	9.58	7.49	36.8
Y-3	12.8	10.06	9.58	7.49	36.8

Tabel XII  
 Skenario B

Sumur	TKS (bara)	Inlet Manifold (bara)	Inlet Separator (bara)	Inlet Turbin (bara)	MW Elektrik
Y-1	17	10.625	10	8	37.125
Y-3	13	10.375	10	8	37.125



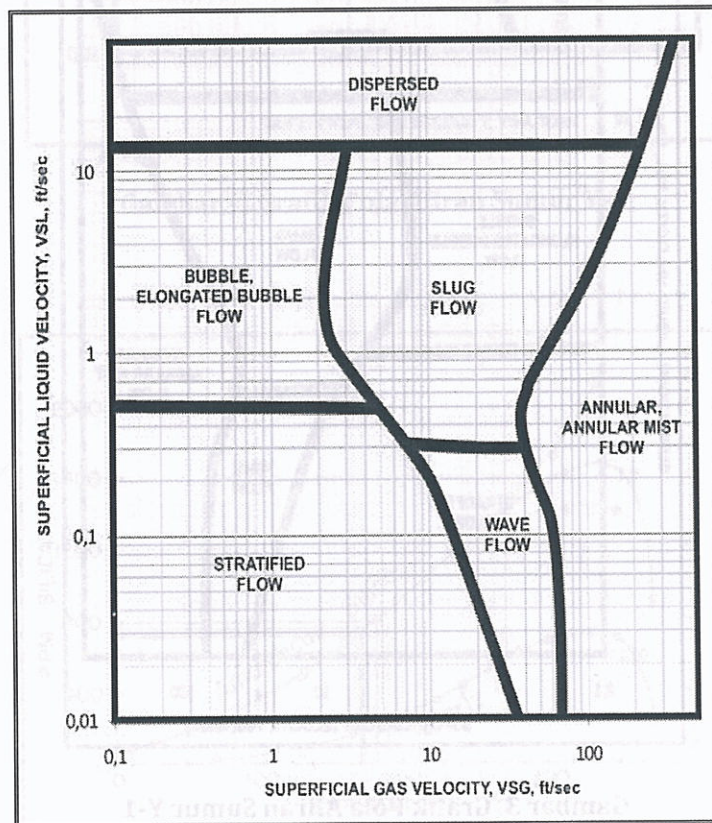


Tabel XIII  
 Skenario C

Sumur	TKS (bara)	Inlet Manifold (bara)	Inlet Separator (bara)	Inlet Turbin (bara)	MW Elektrik
Y-1	16.75	10.461	10	8	37.121
Y-3	13	10.375	10	8	37.121

Tabel XIV  
 Besar Kehilangan Energi Pada Sistem

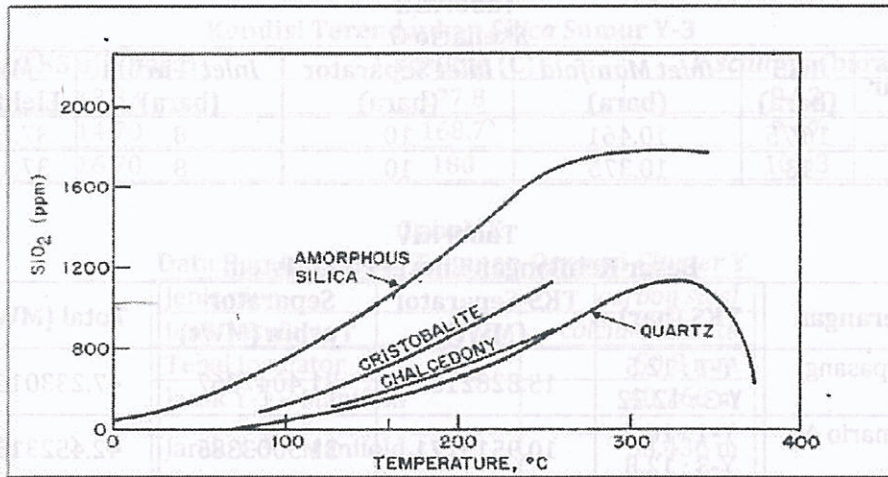
Keterangan	TKS (bar)	TKS-Separator (MWt)	Separator-Turbin (MWt)	Total (MWt)
Terpasang	Y-1 : 12.5 Y-3 : 12.22	15.8282185	31.4047967	47.2330152
Skenario A	Y-1 : 16.5 Y-3 : 12.8	10.9519771	31.5003385	42.4523156
Skenario B	Y-1 : 17 Y-3 : 13	10.2697753	31.8245478	42.0943231
Skenario C	Y-1 : 16.75 Y-3 : 13	10.4682926	31.8207395	42.2890321



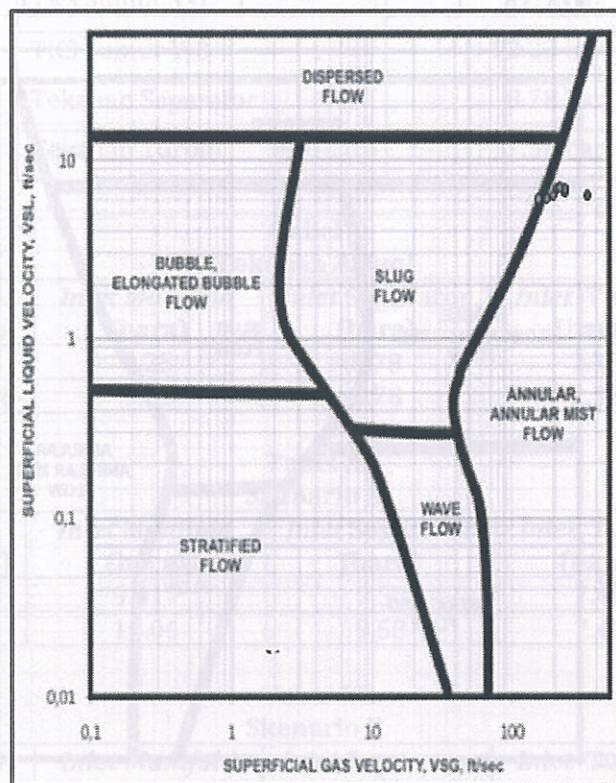
Gambar 1. Grafik Mundhane (1974)







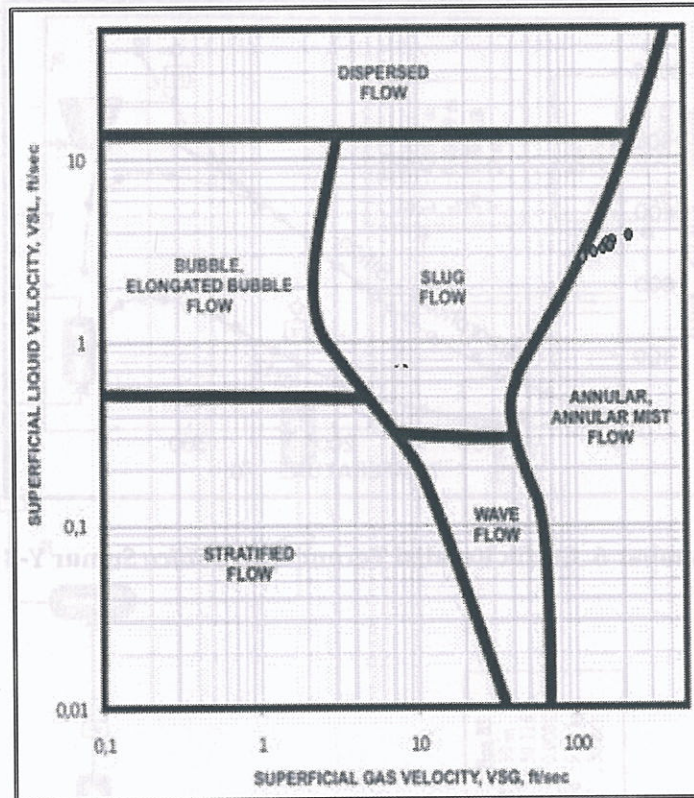
Gambar 2. Grafik Terendapnya Silica Fournier dan Rowe



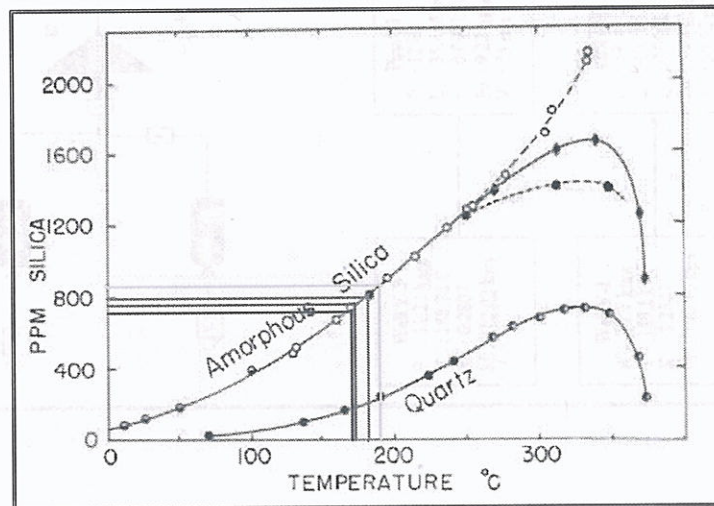
Gambar 3. Grafik Pola Aliran Sumur Y-1







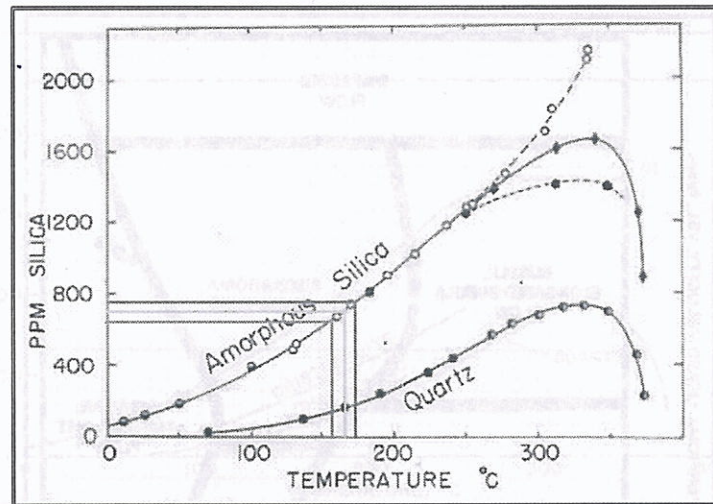
Gambar 4. Grafik Pola Aliran Sumur Y-3



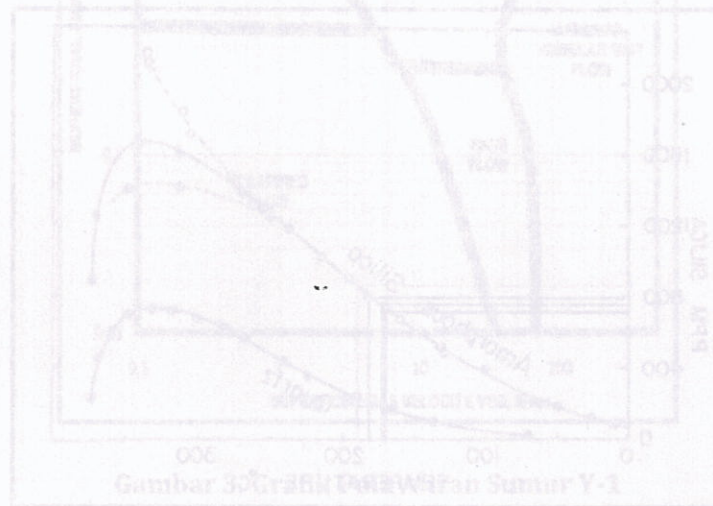
Gambar 5. Grafik Kondisi Terendapnya Silica Sumur Y-1







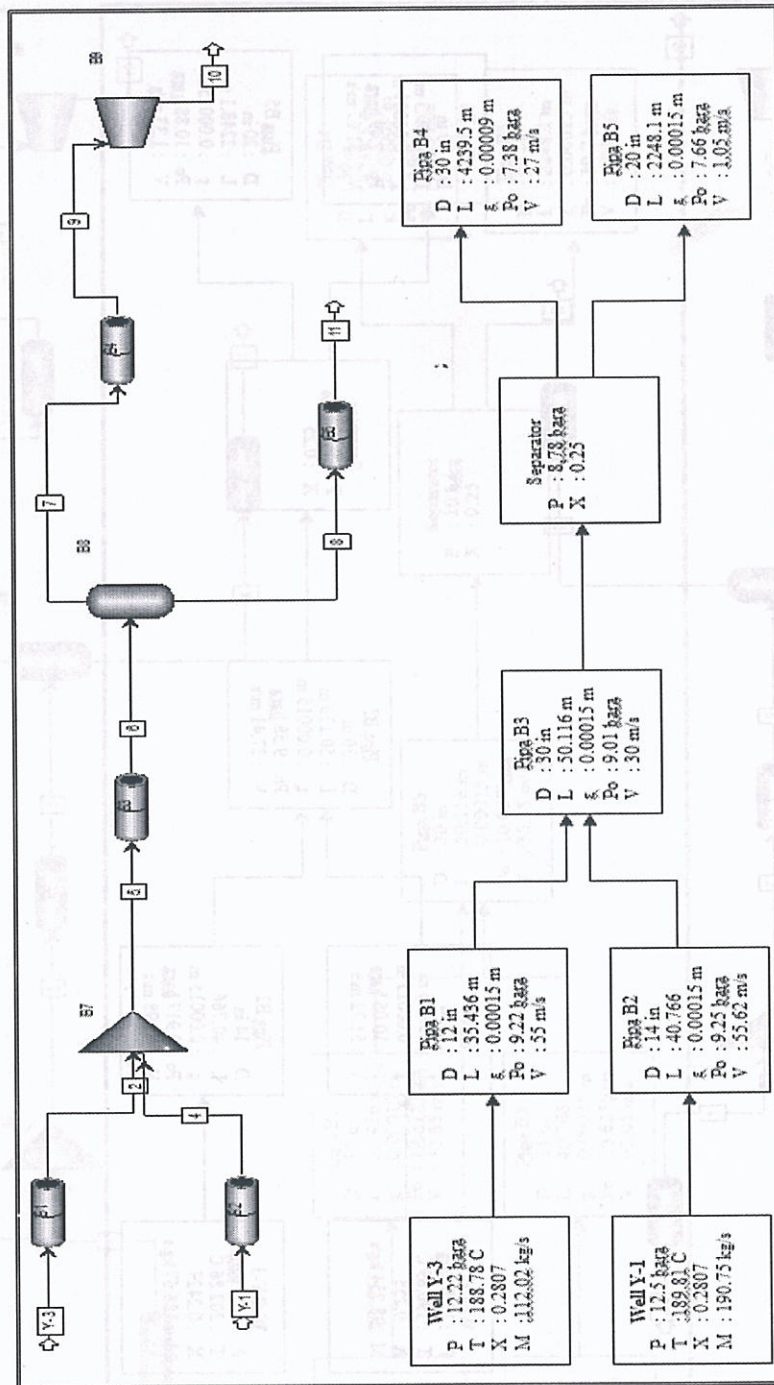
Gambar 6. Grafik Kondisi Terendahnya Silica Sumur Y-3



Gambar 2. Grafik Kondisi Terendahnya Silica Sumur Y-1



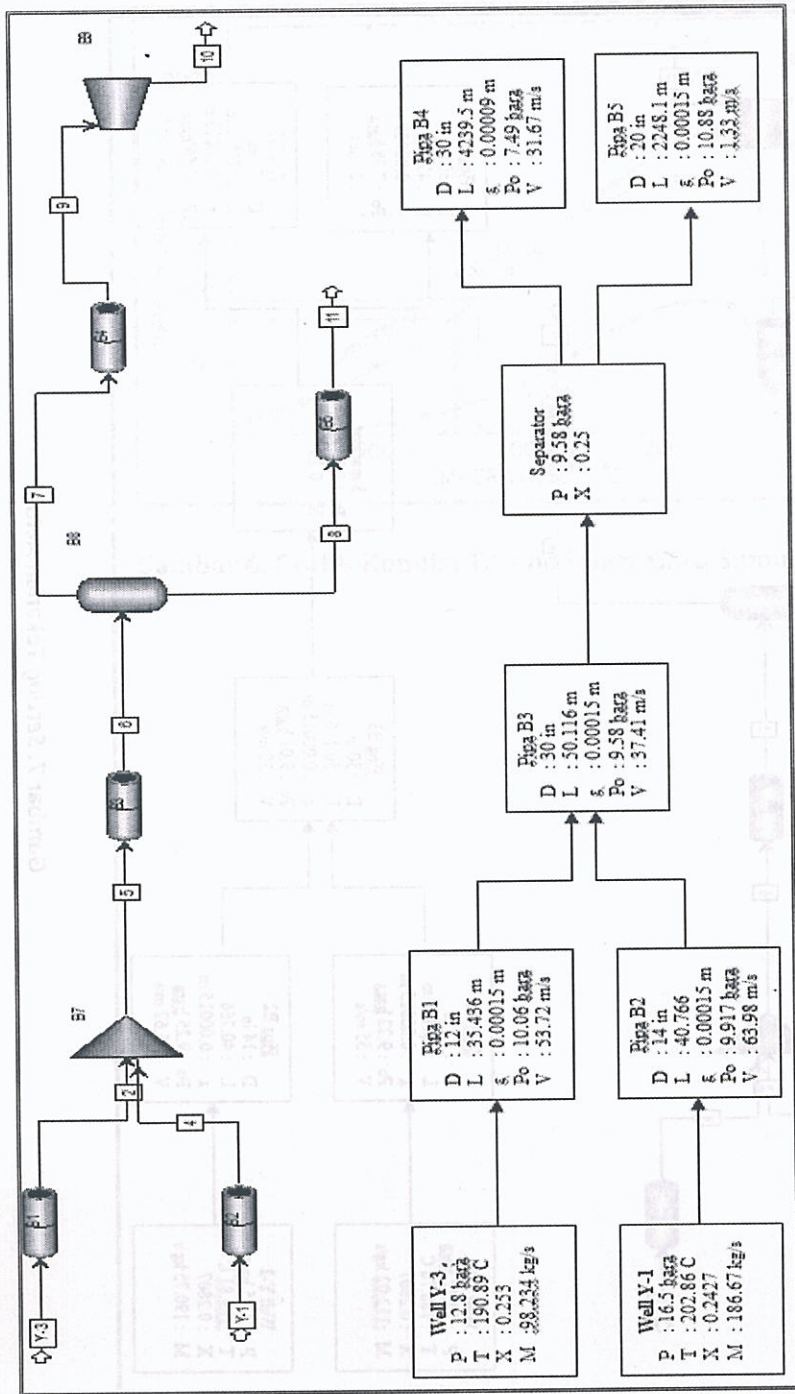




Gambar 7. Setting Tekanan Actual







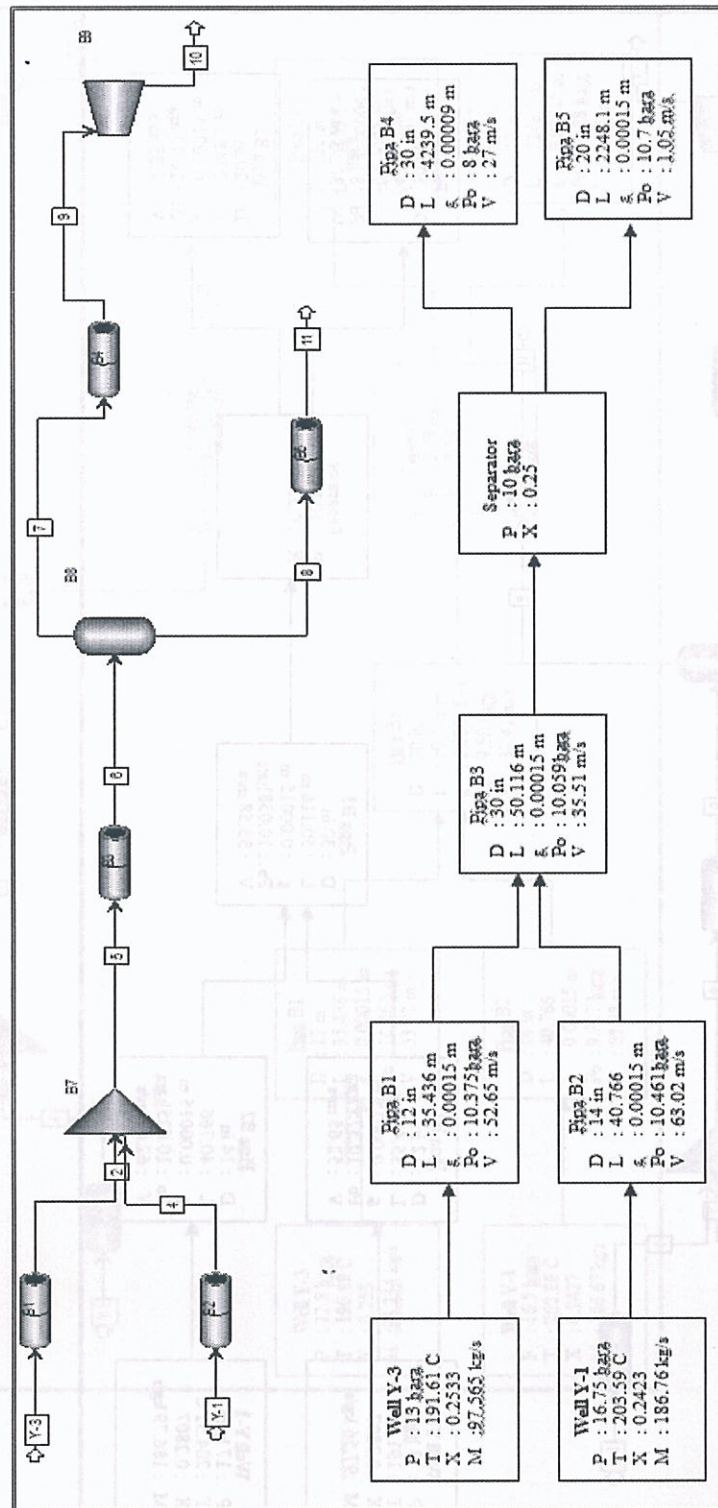
Gambar 8. Setting Skenario A







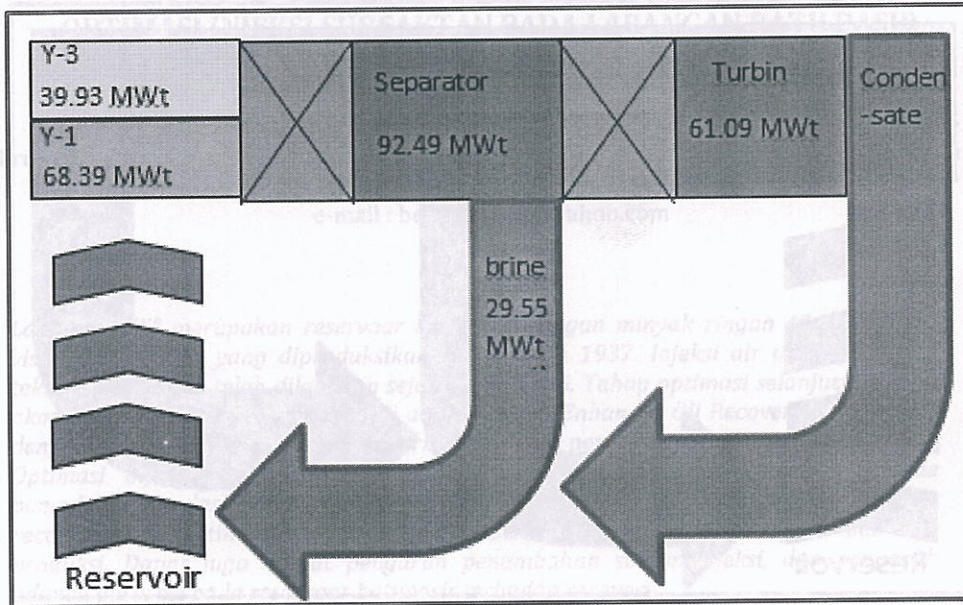




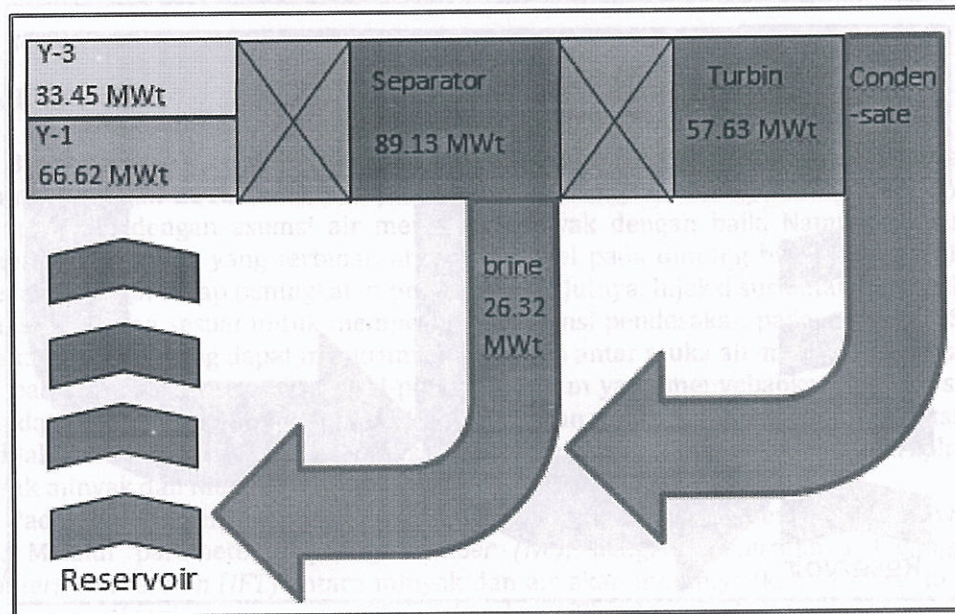
Gambar 10. Setting Skenario C





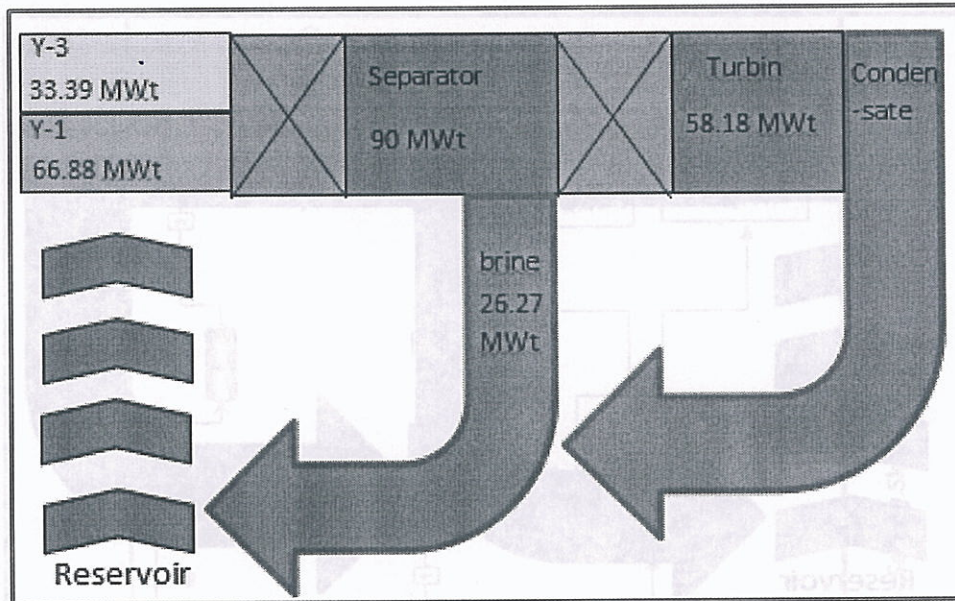


**Gambar 11. Exergy pada Tekanan Actual**

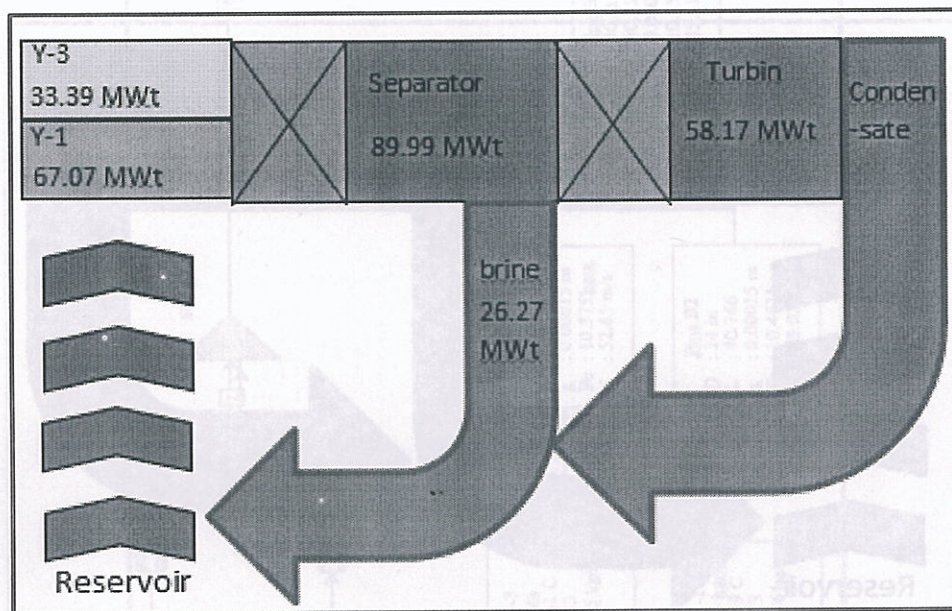


**Gambar 12. Exergy pada Skenario A**





Gambar 13. Exergy pada Skenario B



Gambar 14. Exergy pada Skenario C