



Exergy pada Surface Facilities Lapangan Panasbumi Hululais

Eko Widi Pramudihadi ^{1*}, M.Th. Kristiati E.A ¹⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Perminyakan, FTM, UPN “Veteran” Yogyakarta

¹E-mail : ewpramudihadi@gmail.com

ABSTRAK

Lapangan Hululais adalah lapangan panasbumi PT Pertamina Geothermal Energi yang akan membangun 2x55Mwe. Tahap pertama membangun 1x55Mwe, yaitu memilih tekanan kepala sumur tertentu dari *output curve* untuk memenuhi pembangunan tahap pertama. Perhitungan pemenuhan kebutuhan tahap pertama dilakukan untuk menghitung penurunan entalpi fluida merupakan fungsi tekanan dan temperatur fluid. Profil kehilangan tekanan dari Persamaan Beggs dan Brill. Profil kehilangan temperatur dari hukum keseimbangan energi, dengan menggunakan manipulasi matematika Newton Rapson dua dimensi, untuk mendapatkan penurunan tekanan dan temperatur secara serentak pada suatu segmen pipa. Sedangkan *exergy* merupakan energi yang berguna setelah dikurangi panas yang terbuang ke sekitarnya selain ke hilir, dengan melihat *exergy* di kepala sumur, di *output steam* separator dan *input* turbin, pilihan yang optimum dari plot *exergy*, sebagai sumbu y dan di *wellhead* (kepala sumur) dan diseparator serta di *input* turbin, sebagai sumbu x, dipilih yang terlandai. Daya yang dapat dibangkitkan oleh pembangkit merupakan fungsi dari entalpi dan massa uap. Hasil optimum dari skenario ke tiga adalah: pipa dua fasa 16 in hingga 28 in, sedangkan pada pipa satu fasa uap menggunakan diameter 16 inch sd 36 inch, semua pipa dilapisi dengan isolasi 8 cm, menggunakan rockwooll isolasi, pada pipa dua fasa, besarnya kehilangan tekanan yang 0,623 bar, penurunan temperatur 1,9083 °C, dan menghasilkan penurunan entalpi -0,115 kJ/kg. Dipipa satu fasa uap kehilangan tekanan 3,8761 bar, penurunan temperatur 14,6922 °C, dan penurunan entalpi 12,78 kJ/kg. Jarak antara separator dan turbin bervariasi, dari jarak yang terjauh 6460 m sampai yang terdekat berjarak 1824 m, sampai turbin *inlet*, massa uap masuk 94,01 kg/s, tekanan 8,45 bar, temperatur 177,4 °C, harga *exergy* di turbin 76,77 MWth, sehingga daya yang dapat dibangkitkan 56,431Mwe.

Keywords: Entalpi Fluida, *Exergy*, Daya Yang Dapat Dibangkitkan.

ABSTRACT

The Hululais field, a geothermal field under the management of PT Pertamina Geothermal Energi, will build 2 x 55 Mwe, the first stage is to build 1x55 Mwe, by selecting a certain wellhead pressure from the output curve to be able to fulfill the first phase of development. Researchers try to calculate in order to meet the needs of the first stage by calculating the decrease in fluid enthalpy which is a function of fluid pressure and temperature, the pressure loss profile is obtained from the Beggs and Brill equations and the temperature loss profile from the energy balance law, using two-dimensional Newton Rapson mathematical manipulation, to get pressure and temperature drops simultaneously in a pipe segment. While *exergy* is useful energy after deducting the heat loss around besides downstream, by looking at the *exergy* at the wellhead, at the output of the steam separator and the input of the turbine, the optimum choice of *exergy* plots, as the y-axis and at the wellhead and the separator and at the turbine input, as the x-axis, is chosen whichever slopes. Besides, the power that can be generated by the generator is a function of the enthalpy and mass of the steam. The optimum results from the third scenario are: two-phase pipes 16 in to 28 in, while for single-phase steam pipes using a diameter of 16 inches to 36 inches, all pipes are coated with 8 cm insulation, using rockwooll insulation, for two-phase pipes, the amount is a pressure loss of 0.623 bar, a decrease in temperature of 1.9083 °C, and a decrease in enthalpy of -0.115 kJ/kg. In a single-phase steam pipe, the pressure loss is 3.8761 bar, the temperature drop is 14.6922 °C, and the enthalpy decrease is 12.78 kJ/kg. The distance between the separator and turbine varies, from the farthest distance of 6460 m to the closest 1824 m, to the turbine inlet, the incoming steam mass is 94.01 kg/s, pressure 8.45 bar, temperature 177.4 °C, *exergy* value at turbine 76.77 MWth, Power that can be generated 56.431Mwe.

Keywords: Entalpi Fluida, *Exergy*, Daya Yang Dapat Dibangkitkan.

I. PENDAHULUAN

Lapangan Panasbumi Hululais terletak 160 km dari Bengkulu ke arah Timur Laut, di dalam wilayah pemerintahan Provinsi Bengkulu. Lapangan panasbumi ini, meliputi luas kurang lebih sebesar 120 km² serta memiliki luas daerah prospek maksimum sebesar 84,5 km² dan luas daerah prospek minimum sekitar 22,9 km². Terdapat tiga sumur produksi yaitu **Sumur C-1, E-1 dan E-2** (Young dan Ernst, 2011) dan kondisi fasilitas produksi yang lain belum dibangun. Oleh sebab itu, perlu adanya rancangan fasilitas produksi, melalui penelitian *exergy* di Lapangan Panasbumi Hululais. Perancangan tersebut meliputi diameter pipa dua fasa (diameter dalam, tebal pipa dua fasa, dan sistem isolasinya, serta dimensi pipa satu fasa uap (meliputi diameter dalam, tebal pipa uap dan isolasinya) juga alat penangkap kondensat.

Metoda konvensional dalam menghitung kehilangan tekanan dan temperatur, tekanan di iterasi dahulu sampai tercapai toleransi, baru diiterasi ketemperaturnya, sampai temperatur konvergensi, metoda ini dinamakan metoda suptitisi, demikian yang dilaporkan oleh Nenny Miryani Saptadji (1998), Pudjo Sukarno dan Leksono Mucharam (2000). Metoda yang dikemukakan disini, penurunan tekanan menggunakan Begg dan Brill (1973) (Abdassah, 1992; Freeston 1996; Eko W.P, 1999; Nenny, 1998; Pudjo S, 2000) dan profil temperatur dari persamaan konservasi energi dan dengan manipulasi dari newton Rapson (Eko W.P, 1999) dua variabel digunakan untuk menghitung penurunan tekanan dan temperatur secara simultan untuk segmen pipa di depannya, perhitungan satu segmen pipa setiap sepuluh meter, penurunan tekanan dan temperatur merupakan fungsi variabel aliran dan temperatur aliran di hulu. Exergy yang diperhatikan disini adalah di titik kepala sumur, input separator dan input turbin. Penulis gabungkan pemakaian konsep exergy (John E, 1996) di surface facilities untuk melihat berapa exergy yang sampai di input turbin, juga besarnya daya (Freeston 1996; Eko W.P, 1999; Nenny, 1998) yang dapat dibangkitkan.

II. METODE PENELITIAN

Kehilangan Tekanan Aliran dalam Pipa

Metode Kehilangan Tekanan Menurut Beggs-Brill (1973). Pada metode ini memperhitungkan pola aliran (*segregated*, *transisi*, *intermittent*, *distributed*), *liquid hold up* dan faktor kemiringan pipa. Persamaan umum penentuan kehilangan tekanan aliran ini adalah :

$$\frac{\Delta P}{\Delta z} = \frac{\frac{g}{g_c} \sin\theta [\rho_L H_L + \rho_G (1 - H_L)] + \frac{f_{fp} G_m V_m}{2 g_c d}}{1 - \frac{[\rho_L H_L + \rho_G (1 - H_L)] V_m V_{sg}}{g_c P}} \quad (1)$$

Beggs dan Brill (1973) mengembangkan korelasi kehilangan tekanan aliran fluida dua fasa dan efek sudut kemiringan pada *liquid hold-up* dalam pipa berdasarkan hasil pengukuran dan pengamatan di laboratorium.

Kehilangan Panas Dalam Pipa

Pada proses transportasi fluida panasbumi dalam pipa alir di permukaan akan terjadi proses kehilangan panas dari dalam pipa menuju ke lingkungan, untuk mengurangi pelepasan panas menuju ke lingkungan, maka pada pipa alir di permukaan selalu dipasang isolasi, kehilangan panas pada pipa tersebut meliputi, kehilangan panas di dalam pipa (proses konveksi), kehilangan panas melalui penampang pipa (proses konduksi), kehilangan panas melalui isolasi (proses konduksi), kehilangan panas ke lingkungan (proses konveksi yang paksaan).

Kehilangan Panas Total

Kehilangan panas total merupakan proses perambatan panas yang terjadi dari kolom fluida sampai dengan udara luar (lingkungan) atau sama dengan perpindahan panas berdasarkan diameter luar (isolasi), yang dinyatakan dengan menggunakan persamaan berikut^{5,6,8} :

$$Q = U_0 A_0 (T_i - T_a) \quad (2)$$

Profil Temperatur

Profil temperatur di peroleh dari persamaan keseimbangan energi (dengan mengabaikan energi potensial) bentuk akhirnya diperoleh:

$$T_2 = T_1 - Q / C_p \quad (3)$$

Simulator Aspen⁵⁾ memasukkan profil kehilangan tekanan seperti pada **Persamaan 1** dan profil temperatur, **Persamaan 3**. Manipulasi matematik menjadi penurunan tekanan dan temperatur secara serentak dari suatu segmen pipa, menjadi:

$$P_{k+1} = P_k + \frac{V(P_k, T_k) \frac{\partial U(P_k, T_k)}{\partial T} - U(P_k, T_k) \frac{\partial V(P_k, T_k)}{\partial T}}{Det} \quad (4)$$

dan temperatur menjadi:

$$T_{k+1} = T_k + \frac{U(P_k, T_k) \frac{\partial V(P_k, T_k)}{\partial P} - V(P_k, T_k) \frac{\partial U(P_k, T_k)}{\partial P}}{Det} \quad (5)$$

Keterangan: Det, adalah determinan:

$$Det = \frac{\partial U(P_k, T_k)}{\partial P} \frac{\partial V(P_k, T_k)}{\partial T} - \frac{\partial U(P_k, T_k)}{\partial T} \frac{\partial V(P_k, T_k)}{\partial P} \quad (6)$$

Persamaan Beggs dan Brill diubah menjadi :

$$U(P, T) = P_1 - P_0 + \frac{\left(\frac{g}{g_c} \sin \theta [\rho_L H_L + \rho_g (1 - H_L)] + \frac{f_{tp} G_m V_m}{2g_c d} \right) \Delta L}{1 - \frac{[\rho_L H_L + \rho_g (1 - H_L)] V_m V_{sg}}{g_c \bar{P}}} \quad (7)$$

Persamaan profil temperatur diubah, dalam fungsi V(P,T)

$$V(P, T) = T_0 - T_1 - \frac{Q}{MC_p} \quad (8)$$

Perhitungan *Catch Pot* (Alat Pembuang Kondensat)

Laju alir massa uap sesaat sebelum mencapai peralatan pembuang kondensat dapat diperhitungkan dengan menggunakan persamaan:

$$M_v = x M \text{ dan massa kondensat, } M_c = (1 - x)M \quad (9)$$

Massa kondensat yang keluar alat pembuang:

$$M_{c(out)} = (1 - \eta_{cp})(1 - x)M \quad (10)$$

Massa total setelah fluida melalui alat penangkap:

$$M = M_v + M_{c(out)} \quad (11)$$

dryness uap setelah melalui alat pembuang, $x = \frac{M_v}{M}$, sehingga entalpi uap setelah melalui alat pembuang, sifat termodinamika pada persamaan diatas dievaluasi pada temperatur alat pembuang.

$$h = h_f + x(h_g - h_f) \quad (12)$$

Perhitungan Exergy²⁾ merupakan energi yang berguna:

$$\varepsilon = M[(h_i - h_o) - T_o (S_i - S_o)] \quad (13)$$

Perhitungan Daya Yang Dibangkitkan^{3,5,6)}.

$$W = \eta \times Mv \times (h_{input} - h_{output}) \quad (14)$$

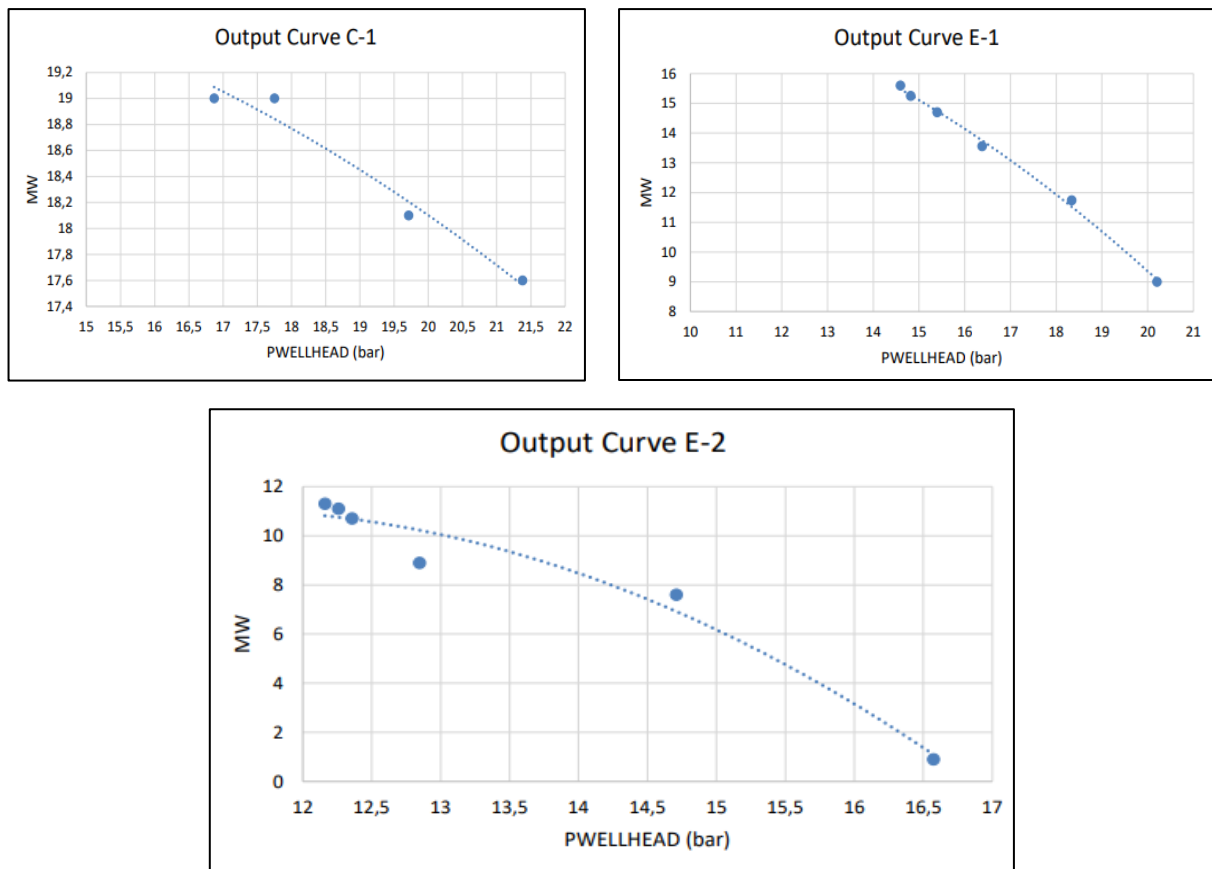
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Kehilangan Tekanan dan Temperatur.

Uap tersebut dialirkan dengan menggunakan pipa alir dari tiga kepala sumur berupa cairan yang panas dan uap, kemudian dipisahkan di separator, air panas ini di injeksikan ke sumur injeksi dan uap di alirkan melalui pipa uap (*steam line*) dan manifold menuju *input tubin (power plan)* (lihat **Gambar 2**), namun dalam perjalanannya menuju unit pembangkit (*power plant*) fluida mengalami penurunan tekanan dan penurunan temperatur yang akan merubah sifat fisik dari fluida (uap) tersebut, yaitu penurunan tekanan, temperatur di segmen pipa dihilir, enthalpi serta kualitas uapnya (*dryness*). Untuk menghitung besarnya kehilangan tekanan dan temperatur dapat dilakukan dengan menggunakan program simulator, salah satunya adalah Simulator Pipa (Aspen) yang membantu mempercepat perhitungan.

a) Data

Data yang dipakai merupakan data yang diambil dari *wellpad*, masing-masing kepala sumur, berupa tekanan kepala sumur (Pwh), *dryness* (x , perbandingan massa uap dengan massa total), massa total (laju alir total dan temperatur fluida dua fasa) pada suatu titik terhadap MW elektrik (yang sudah dikonversi dari massa uap dan entalpi uap yang masuk dan keluar turbin). Perbedaannya masing-masing skenario terletak pada pengambilan tekanan kepala sumur tertentu yang menghasilkan massa total, *dryness*, massa uap dan air panas, serta temperatur tertentu pula, pada masing-masing tekanan kepala sumur, menghasilkan MW elektrik tertentu jika satu kepala sumur dihubungkan dengan satu turbin, **Gambar 1**, menyatakan *Out Curve*.



Gambar 1. Out Put Curve Masing-Masing Sumur.

Data mengenai, panjang pipa dan sudut kemiringan rata-rata untuk tiap *line* dapat dilihat pada **Tabel 1** dan *lay Out* Peralatan Produksi pada **Gambar 2**.

Tabel 1. Data Panjang Pipa dan Elevasi

Keterangan	Segmen	Panjang (m)	Elevasi (m)	Perubahan Elevasi (m)
Well C-1 to Separator 1	100	42	953-952	-1
Well E-1 to Manifold 1	101	43,1	1440-1433	-7
Well E-2 to Manifold 1	102	40,9	1439-1432	-7
Separator 1 to Manifold 2	103	134	952-940	-12
Manifold 1 to Separator 2	104	49,8	1433-1434	1
Separator 2 to Manifold 2	105	366	1434-1419	-15
		1404	1419-1076	-343
		640	1076-1020	-56
		820	1020-934	-86
		930	934-928	-6
		350	928-934	6
260	934-940	6		
Manifold 2 to Drain Pot 1	106	690	940-947	7
Drain Pot 1 to Drain Pot 2	107	500	947-934	-13
Drain Pot 2 to Turbine	108	500	934-941	7

Terdapat tiga skenario, yang membedakan antar skenario hanyalah penggunaan tekanan kepala sumur. Sedangkan diameter dalam pipa dari ke tiga skenario dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Diameter Dalam

Segmen	Diameter Dalam Pipa Permukaan (in)		
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
100	21,25	21,25	19,25
101	19,25	15,38	15,38
102	17,38	19,25	19,25
103	17,38	17,38	15,38
104	27	29	27
105	25	23,25	23,25
106	35	37	35
107	35	37	35
108	35	37	35

Data diameter nominal dapat dilihat, pada tabel berikut:

Tabel 3. Diameter Nominal (in)

Segmen	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
100	22	22	20
101	20	16	16
102	18	20	20
103	18	18	16
104	28	30	28
105	26	24	24
106	36	38	36
107	36	38	36
108	36	38	36

Data tebal pipa yang digunakan dari ketiga skenario dinyatakan sebagai berikut, lihat **Gambar 2**:

Tabel 4. Tebal Pipa Yang Digunakan

Segmen	Tebal Pipa Permukaan (in)		
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
100	0,375	0,375	0,375
101	0,375	0,312	0,31
102	0,312	0,375	0,375
103	0,312	0,312	0,31
104	0,5	0,5	0,5
105	0,5	0,375	0,375
106	0,5	0,5	0,5
107	0,5	0,5	0,5
108	0,5	0,5	0,5

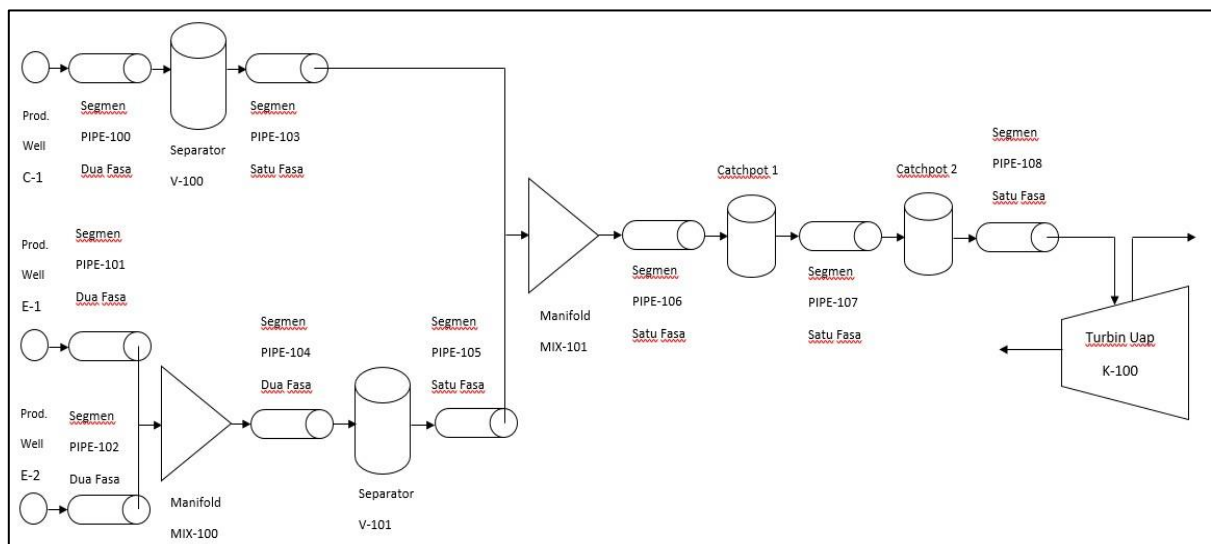
Jenis isolasi semua menggunakan Rockwool, dengan tebal 0,08 m, konduktivitas panas 0,03 W/(m °K) dan konduktivitas panas. **Gambar 2**, berikut berasal dari peta geologi yang menghasilkan *lay out* pipa.

b) Data Aliran Dikepala Sumur Sampai Dengan Separator

Aliran dari kepala sumur merupakan fluida dua fasa yang akan dipisahkan antara uap dan air *brine* di separator, adapun jarak dari kepala sumur sampai dengan separator berkisar dari 42 m sampai 177,1 m.. Pemisahan antara uap dan air dilakukan di separator dua fasa, tekanan kepala sumur ke tiga skenario dinyatakan pada **Tabel 5**, uap yang terpisah kemudian dialirkan melalui pipa uap sampai dengan *power plant*, sedangkan air yang terpisah masuk ke dan di injeksikan kembali, penurunan tekanan dan temperatur serta entalpi dinyatakan pada **Tabel 6** sampai **Tabel 8** untuk pipa dua fasa, dengan tebal isolasi 0,08 m.

c) Data Aliran Dari Separator Sampai Dengan Input Turbin

Data aliran yang dihasilkan merupakan hasil simulasi aliran fluida satu fasa yang keluar separator masing-masing *wellpad* sampai ke *power plant* (**Gambar 2**). Simulasi dilakukan dengan menghitung penurunan tekanan dan temperatur dari setiap segmen pipa yang dilewati sampai dengan *input turbin*.



Gambar 2. Lay Out Peralatan Produksi Di Permukaan

Tabel 5. Tekanan Kerja Dari Kepala Sumur dari Ketiga Skenario

Sumur	Pwh (bar)	Laju Alir (kg/s)	X Fraksi
1-C1	16,87	159,44	0,2648
1-E1	14,59	146,11	0,2173
1-E2	12,16	147,5	0,1703
2-C1	17,3	159,4	0,2646
2-E1	17,3	112,546	0,2294
2-E2	12,26	139,44	0,1764
3-C1	18,34	159,3	0,2606
3-E1	18,34	101,67	0,2348
3-E2	12,26	139,44	0,1764

Data dari separator sampai input turbin ketiga skenario ditabulasikan dalam **Tabel 6** sampai dengan **Tabel 8**, pada bagian pipa uap dengan tebal isolasi 0,08 m.

Tabel 6. Hasil Simulasi Skenario 1 dengan Tebal Insulasi 0,08 m

Segmen	m (kg/s)	X _{inlet}	X _{outlet}	P _{inlet} (bar)	P _{outlet} (bar)	Delta P (bar)	T _{inlet} (°C)	T _{outlet} (°C)	Delta T (°C)	Heat Loss (kJ/h)	h _{inlet} (kJ/kg)	h _{outlet} (kJ/kg)	Δh (kJ/kg)
100	159,44	0,27	0,26	16,87	16,75	0,12	203,9	203,59	0,34	19678,2	1379,7	1379,7	0,05
101	146,11	0,22	0,22	14,59	14,43	0,16	196,9	196,47	0,51	17857	1262,9	1262,9	-0,06
102	147,5	0,17	0,17	12,16	11,9	0,26	188,5	187,59	0,96	14697	1138,9	1138,9	-0,04
103	42,32	1	1	16,75	16,59	0,16	203,6	203,14	0,46	52633,2	2794,1	2793,9	0,26
104	293,61	0,20	0,20	11,9	11,75	0,15	187,6	187,01	0,59	26245,5	1200,5	1200,6	-0,07
105	59,99	1	1	11,75	8,99	2,76	187,0	176,96	10,06	2285040	2783,0	2772,9	10,04
106	102,30	1	1	8,99	8,789	0,20	179,7	178,70	0,96	314156	2772,9	2772,1	0,89
107	102,30	1	1	8,79	8,592	0,19	178,7	177,84	0,87	312327	2772,1	2771,2	0,91
108	102,30	1	1	8,59	8,308	0,28	177,8	176,49	1,34	427794	2771,2	2769,9	1,35

Tabel 7. Hasil Simulasi Skenario 2 dengan Tebal Insulasi 0,08 m

Segmen	m (kg/s)	X _{inlet}	X _{outlet}	P _{inlet} (bar)	P _{outlet} (bar)	Delta P (bar)	T _{inlet} (°C)	T _{outlet} (°C)	Delta T (°C)	Heat Loss (kJ/h)	h _{inlet} (kJ/kg)	h _{outlet} (kJ/kg)	Δh (kJ/kg)
100	159,4	0,27	0,27	17,3	17,19	0,11	205,2	204,8	0,32	19813,7	1383,6	1383,7	-0,068
101	112,55	0,23	0,23	17,3	17,02	0,28	205,2	204,4	0,81	15440	1316,0	1316,0	-0,002
102	139,44	0,18	0,18	12,26	12,15	0,11	188,9	188,5	0,39	16162,1	1152,4	1152,4	-0,03
103	42,27	1	1	17,19	17,03	0,16	204,9	204,4	0,44	53001,6	2794,8	2794,6	0,24
104	251,99	0,21	0,22	12,15	12,07	0,08	188,5	188,3	0,30	28113,2	1225,4	1225,5	-0,09
105	54,07	1	1	12,07	8,79	3,28	188,2	176,6	11,65	2135110	2783,9	2772,1	11,87
106	96,34	1	1	8,79	8,651	0,14	179,5	178,7	0,82	329856	2772,1	2771,5	0,64
107	96,34	1	1	8,651	8,519	0,13	178,7	177,9	0,72	328245	2771,5	2770,9	0,62
108	96,34	1	1	8,519	8,327	0,19	177,9	176,8	1,12	450158	2770,9	2769,9	0,92

Tabel 8. Hasil Simulasi Skenario 3 dengan Tebal Insulasi 0,08 m.

Segmen	m (kg/s)	X _{inlet}	X _{outlet}	P _{inlet} (bar)	P _{outlet} (bar)	Delta P (bar)	T _{inlet} (°C)	T _{outlet} (°C)	Delta T (°C)	Heat Loss (kJ/h)	h _{inlet} (kJ/kg)	h _{outlet} (kJ/kg)	Δh (kJ/kg)
100	159,3	0,26	0,26	18,34	18,15	0,19	208,0	207,5	0,53	18514,5	1385,9	1386,1	-0,11
101	101,67	0,23	0,24	18,34	18,12	0,22	208,0	207,5	0,59	15697	1336,7	1336,7	0,05
102	139,44	0,18	0,18	12,26	12,15	0,11	188,9	188,5	0,39	16162,1	1152,4	1152,4	-0,03
103	41,67	1	1	18,15	17,87	0,28	207,5	206,8	0,70	48628,1	2796,2	2795,8	0,38
104	241,11	0,22	0,22	12,15	12,05	0,11	188,5	188,1	0,39	26413,3	1230,2	1230,2	-0,02
105	52,35	1	1	12,05	9,02	3,03	188,1	177,1	11,05	2137260	2783,9	2773,1	10,79
106	94,01	1	1	9,02	8,85	0,17	180,3	179,4	0,89	315553	2773,1	2772,4	0,75
107	94,01	1	1	8,85	8,686	0,16	179,4	178,6	0,80	313855	2772,4	2771,6	0,75
108	94,01	1	1	8,686	8,448	0,24	178,6	177,4	1,24	430143	2771,6	2770,5	1,11

d) Kehilangan Tekanan, Temperatur, Panas serta Entalpi Di Pipa Dua Fasa

Hasil perhitungan kehilangan tekanan, temperatur, panas dan entalpi yang terjadi di sepanjang pipa salur dari kepala sumur sampai *input* ke separator ditunjukkan pada **Tabel 6** untuk skenario 1, **Tabel 7** untuk skenario 2, dan **Tabel 8**, untuk skenario 3.

e) Kehilangan Tekanan, Temperatur, Panas serta Entalpi pada Pipa Satu Fasa Uap.

Kehilangan tekanan, temperatur, panas dan entalpi di pipa satu fasa uap dari separator sampai *input*, dinyatakan pada **Tabel 6**, untuk skenario 1, **Tabel 7**, untuk skenario 2. **Tabel 8**, untuk skenario 3.

f) Tata Letak Alat Pembuang Kondensat (Catchpot)

Kualitas uap dapat dijaga dengan mengatur tata letak alat pembuang kondensat, dengan menggunakan simulator aspen, dapat dilakukan strategi tata letaknya, yaitu dengan menggunakan harga interval pemasangan *catchpot*. Pada Lapangan Panasbumi Hululais, jarak *catchpot* dipasang setiap 500 meter dengan. Kondensat yang tertampung di dalam *catchpot* nantinya akan disalurkan ke setiap *wellpad* untuk diinjeksikan kembali kedalam sumur. Berdasarkan hasil simulasi, jumlah *catch pot* yang digunakan sebanyak 2 buah.

g) Exergy.

Besarnya *exergy* di kepala sumur dan di separator serta di *input* turbin (Tekanan *input turbin* skenario 1 yaitu 8,308 bar, skenario 2 yaitu 8,327 bar, dan skenario 3 adalah 8,448 bar) dapat ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Nilai Exergy Dari Ketiga Skenario

Skenario	Lokasi	Nilai Exergy (MWth)
1	Sumur	143,07
1	Separator (Uap)	88,72
	Separator (Cair)	53,27
1	Turbin	83,23
2	Sumur	134,2
2	Separator (Uap)	84
	Separator (Cair)	48,8
2	Turbin	78,48
3	Sumur	131,86
3	Separator (Uap)	82,28
	Separator (Cair)	48,09
3	Turbin	76,77

h) Daya yang Dapat Dibangkitkan.

Berdasarkan massa uap dan entalpi uap yang masuk dan keluar turbin, tekanan *input* turbin : skenario satu 8,308 bar, skenario dua 8,327 bar, skenario tiga 8,448 bar dan tekanan keluar turbin/masuk kondenser 0,1 bar, besarnya daya dapat dibangkitkan dari ketiga skenario.

Tabel 10. Daya Yang Dapat Dibangkitkan Dari Ketiga Skenario

Skenario	Daya Listrik (MWe)
1	61,178
2	57,643
3	56,431

i) Penentuan Skenario Optimum.

Tampak dari kehilangan tekanan, kehilangan temperatur, kehilangan entalpi baik di pipa dua fasa maupun satu fasa tidak bisa dibedakan, karena pemilihan diameter di pipa dua fasa dibatasi oleh kecepatan 20 m/s hingga 30 m/s, dan satu fasa uap dibatasi kecepatan 30 m/s sampai 50 m/s.

Tampak dari **Tabel 9**, *exergy*, energi yang berguna di skenario tiga, sampai di input turbin 76,77 MWth. Pemilihan skenario optimum berdasarkan pemilihan tekanan kepala sumur yang paling tinggi selama reservoir mampu menyuplai tekanan *input* turbin, karena semakin tekanan tinggi kepala sumur yang dipergunakan semakin sedikit massa total yang di perlukan, mengingat pelepasan massa dari reservoir sedikit demi sedikit sehingga menyebabkan umur reservoir lama, juga tekanan input turbin yang tinggi mengakibatkan rumah turbin relatif lebih kecil, sudu-sudu pendek dari pemakaian *input* turbin yang rendah, pada menghasilkan daya yang sama, maka biaya pembuatan turbin lebih murah karena bahan untuk pembuatan turbin lebih sedikit. Dari hasil optimasi diatas dapat menghasilkan daya listrik 56,431 Mwe, ini diatas 55 Mwe dari yang ditargetkan.

III. KESIMPULAN

1. Tekanan Kepala Sumur (Pwh) yang dipilih adalah tekanan kepala sumur skenario tiga, yaitu kepala sumur C-1, tekanan kepala sumur 18,34 bar (laju alir total 159,34 kg/s dengan *Dryness* 0,26), E-1 tekanan kepala sumur 18,34 bar (laju alir total 101,57 kg/s, *dryness* 0,2348), kepala sumur E-2 memiliki tekanan 12,26 bar (laju alir total 139,44 kg/s, *dryness* 0,1764)
2. Dimensi pipa yang optimum di peroleh pada skenario tiga, berdasarkan kaidah aliran, untuk pipa dua fasa, untuk segmen 100, diameter nominal 20 in, segmen 101 diameter nominal 16 in, segmen 102 diameter nominal 20 in. segmen 101 dan segmen 102 digabung melalui manifold dan pipa dua fasa (segmen 104) memerlukan diameter nominal 28 in. Sedangkan Sumur C-1 yang dihubungkan dengan separator V-100, memerlukan segmen 103 merupakan pipa uap dengan diameter nominal 16 in. Separator V-101, memerlukan segmen 105 (merupakan pipa uap) dengan diameter nominal 24 in, segmen 103 dan segmen 105 (merupakan pipa uap), digabung melalui manifold dan dihubungkan dengan segmen 106, memerlukan diameter nominal 36 in dan disambungkan Catch Pot I (alat penangan kondensat setiap 500 m) dan dihubungkan dengan segmen 107 berdiameter nominal 36 in, segmen 107 ini di hubungkan Catch Pot II, dan diteruskan ke segmen 108, memiliki diameter nominal 36 in.
3. Pada Skenario tiga, memiliki kehilangan tekanan sebagai berikut: segmen 100 kehilangan tekanan adalah 0,1937 bar, segmen 101, kehilangan tekanan 0,2153 bar, segmen 102 kehilangan tekanan adalah 0,1076 bar, segmen 103 kehilangan tekanan adalah 0,2774 bar, segmen 104 kehilangan tekanan adalah 0,1064 bar, segmen 105, kehilangan tekanan adalah 3,026 bar, segmen 106, kehilangan tekanan adalah 0,1701 bar, segmen 107 kehilangan tekanan adalah 0,1643 bar, segmen 108 kehilangan tekanan adalah 0,2383 bar, disamping itu kehilangan temperatur pada segmen 100, sebesar 0,5269 °C, segmen 101, sebesar 0,5855 °C, segmen 102 sebesar 0,3988 °C, segmen 103, sebesar 0,7029 °C, segmen 104, sebesar 0,3971 °C, segmen 105, sebesar 11,05 °C, segmen 106, sebesar 0,8945 °C, segmen 107, sebesar 0,8018 °C, segmen 108 sebesar 1,243 °C, dan juga penurunan entalpi pada segmen 100 sebesar -0,109 kJ/kg, segmen 102 sebesar 0,048 kJ/kg, segmen 103 sebesar 0,381 kJ/kg, segmen 104 sebesar 0,022 kJ/kg, segmen 105 sebesar 10,79 kJ/kg, segmen 106 sebesar 0,753 kJ/kg, segmen 107 sebesar 0,745, segmen 108 sebesar 1,114 kJ/kg.
4. Untuk *exergy* skenario tiga diperoleh, di kepala sumur 131,86 MWth, separator uap keluar 82,28 MWth dan di *input* turbin 76,77 MWth.
5. Untuk daya yang dibangkitkan skenario tiga adalah sebesar 56,431 Mwe.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdassah, Doddy. Ph.D., (1992) Teknik Eksploitasi Panasbumi. Teknik Perminyakan. ITB.
- Ahern, John E.,(1996). The Exergy Method of Energy System Analysis, A.Wiley Interscience Publication, New York.
- Freeston D. H., (1996). Geothermal Technology : Teaching The Teachers, Course Stage III, Bandung.
- Hawkins, George A. (1957). Elements Of Heat Transfer And Insulation, John Willey and Sons, Inc., New York.
- Pramudiodadi E. W., (1999). Optimasi Pipa Salur Fluida Panasbumi Untuk Reservoir Dominasi Air, Tesis Magister, Teknik Perminyakan ITB, Bandung, 1999.
- Saptadji N M. (1998). Kehilangan Tekanan di Pipa Alir Fluida Panasbumi, Versi 1, Kelompok Studi Panasbumi ITB, Bandung.
- Shin Nihon, Young., Ernst. (2011). Study On Geothermal Power Development Project in Hululais Indonesia. JETRO.
- Sukarno, Pudjo, Mucharam Leksono. (2000). Aliran Fluida Multifasa Minyak Dalam Pipa, Jurusan Teknik Perminyakan Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral, ITB, Bandung.

DAFTAR NOTASI

ΔP	: kehilangan tekanan, psi
Δz	: panjang segmen pipa, ft
g_c	: faktor konversi gravitasi = 32,2 lbm/sec ²
ρ	: densitas fluida, lbm/ft ³
V_m	: kecepatan aliran fluida campuran, ft/sec
V_{sg}	: <i>superficial gas velocity</i> , ft/sec
G_m	: fluks massa campuran, lbm/sec. ft ²
d	: diameter pipa, ft
f	: faktor gesekan (<i>friction factor</i>)
P	: tekanan rata-rata antara dua titik aliran, psi
H_L	: <i>liquid hold-up</i>
Q	: <i>heat loss</i> dalam penampang , watt
A_o	: penampang berdasarkan isolasi, m ²
U_o	: koefisien perpindahan panas keseluruhan, W/m ² .°C
T_i	: temperatur tengah pipa, °C.
T_a	: temperatur ambient, °C.
T_1	: temperatur di sisi masuk, °C.
T_2	: temperatur di sisi keluar, °C.
C_p	: kapasitas panas fluida pada tekanan tetap, watt/°C
P_k	: tekanan di segmen pipa masuk, psi
P_{k+1}	: tekanan di segmen pipa keluar, psi
M	: massa total, kg/s
M_v	: massa uap, kg/s
M_c	: massa kondensat, kg/s.
x	: <i>dryness</i> , fraksi
$M_{c(out)}$: massa kondensat yang keluar <i>cathpot</i> , kg/s
η_{cp}	: efisiensi <i>cathpot</i> , fraksi
h	: entalpi campuran fluida (kondensat+uap), kj/kg
h_g	: entalpi uap, kj/kg
h_f	: entalpi kondensat, kj/kg
s	: entropi fluida, kj/oC.Kg
ε	: exergy, MWth
η	: efisiensi panas sampai listrik
W	: daya yang dapat dibangkitkan, MWe

DAFTAR INDEX

- i : menyatakan di tengah-tengah pipa
- o : menyatakan di luar pipa