



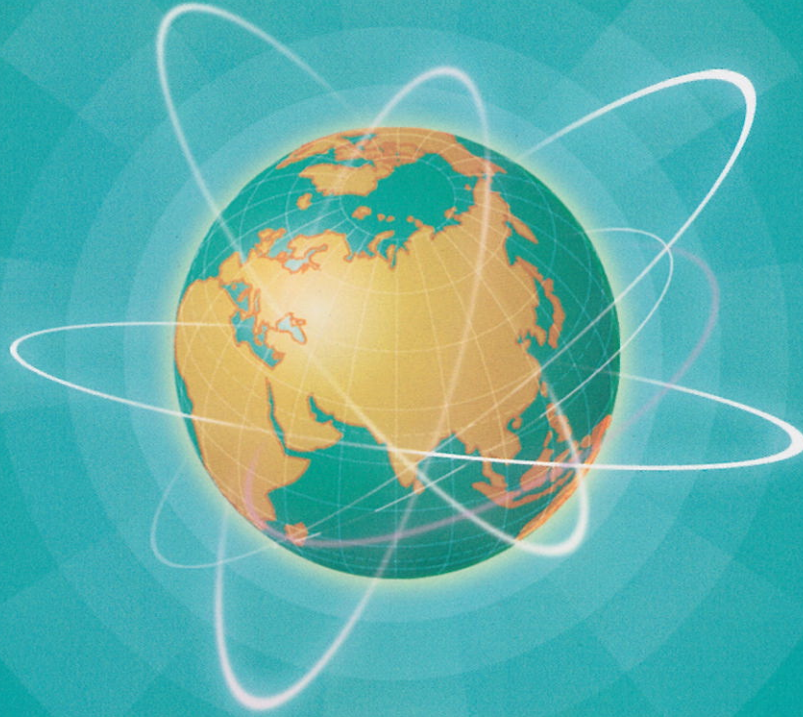
PROSIDING SEMINAR NASIONAL KEBUMIHAN IX TAHUN 2014



Fakultas Teknologi Mineral
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

Dalam Rangka
Dies Natalis UPN "Veteran" Yogyakarta ke-56

Nomor ISBN 978-602-8461-29-0



Pengembangan Peran

IPTEK Kebumihan untuk

Pelestarian Fungsi Bumi

4-5 DESEMBER 2014



PT BAHARI CAKRAWALA SEBUKU



Mineral & Coal Studio
for surface and underground mining



PT. Rinjani Kartanegara
Coal Mining Company



skkmigas



HATI CORPORATION

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Marilah kita panjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan anugerah-Nya kepada kita semua, sehingga Seminar Nasional Kebumian IX tahun ini diselenggarakan dalam rangka menyongsong Dies

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL KEBUMIAN IX TAHUN 2014

*Pengembangan Peran Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kebumian
Untuk Pelestarian Fungsi Bumi
Yogyakarta, 4-5 Desember 2014*

Hak cipta ada pada Fakultas Teknologi Mineral.

FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL

Jl. SWK. 104 (Lingkar Utara) Condongcatur Yogyakarta
Gedung Arie F. Lasut, Telp. (0274) 487813, (0274) 487814, Fax. (0274) 487813
Email: semnas_ftm@upnyk.ac.id

Dr. Ir. Andi Sungkoro, M.Si.

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh buku ini atau diperbanyak dengan tujuan komersial dalam bentuk apapun tanpa seijin Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta, kecuali untuk keperluan penulisan artikel atau karangan ilmiah dengan menyebutkan buku ini sebagai sumber.

Cetakan I : Desember 2014

14. Normalisasi Daerah Aliran Sungai Kungkulan Dalam Manajemen Lingkungan Kawasan Penambangan Untuk Mengurangi Beban Sedimentasi <i>Dinar Dwi Anugerah Putranto, Agus Lestari Yuono, dan Sarino.</i>	112
15. Penilaian Relatif Ekosistem Gumuk Pasir Sebagai Kawasan Konservasi Atau Pertambangan Di Pantai Selatan Daerah Istimewa Yogyakarta <i>Andi Sungkowo, Eni Muryani dan Farida Afriani Astuti</i>	122
16. Evaluation Of Sustainable Solid Waste Management System In Osaka City, Japan <i>Sintha Prima Widowati</i>	127
17. Kemampuan Tanah Dan Batuan Kaitannya Dengan Pelestarian Sumber Daya Air Tanah Pada Ekosistem Karst Kecamatan Giritontro Dan Giriwoyo Kabupaten Wonogiri Jawa Tengah <i>Suharwanto dan Andi Sungkowo.</i>	138
18. Modified Technology for Bacteria Removal: Intermittent Slow Sand Filtration <i>Ekha Yogafanny, Stephan Fuchs, dan Ursula Obst</i>	149
19. Potensi Airtanah pada Akuifer Bebas Sebagai Sumber Air Bersih di Kecamatan Prambanan Kabupaten Sleman (Tinjauan: Potensi dan Kualitas) <i>Dina Asrifah</i>	158
20. Penentuan Potensi Biogas Sampah Buah Jeruk (<i>Citrus Aurantium</i>) dan Apel (<i>Pyrus Malus</i>) dengan Sistem Anaerob pada Suhu Mesofilik <i>Vita Pramaningsih</i>	168
21. Penentuan Reservoir Rock Type Berdasarkan Metode Hydraulic Flow Unit (HFU) Di Reservoir Batuan Karbonat <i>Bambang Bintarto dan Dewi Asmorowati</i>	176
22. Low Resistivity Analysis and Petrophysical Modeling Expands The Low Resistive Sequence In "Ermis" Field, Kutai Basin, East Kalimantan <i>Sunindyo, I.B. Jagranatha, dan Edo Pratama</i>	181
23. Evaluasi Respon Produksi Terhadap Penggunaan Huff & Puff Pada Sumur Hb#5 Dengan Metode Bobberg & Lantz <i>Harry Budiharjo S.</i>	192
24. Penentuan Ukuran Pipa Di Permukaan Berdasarkan Perilaku Aliran Fluida Panasbumi Dua Fasa <i>Dyah Rini Ratnaningsih dan Eko Widi Pramudihadi.</i>	201
25. Aplikasi Attribute Seismik Dalam Perencanaan Waterflood Pada Lapisan Z-660, Lapangan Perantauan <i>Ardian Novianto dan Eko Ariyadi</i>	209
26. Potensi Lahan Kawasan Penambangan Batubara Di Kabupaten Kutai Kartanegara <i>Nasruddin, Lutfi Muta'ali, Su Ritohardoyo, dan Suharyadi</i>	218
27. Pengaruh Lingkungan Pengendapan Terhadap Karakteristik Batubara Serta Hubungannya Dengan Pencairan Batubara <i>Harli Talla, I Wayan Marmada, Sugeng Sapto Surjono, dan Hendra Amijaya.</i> ..	224
28. Komposisi Organik Endapan Batubara Eosen Formasi Nanggulan Daerah Kalisonggo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo, Daerah	

PENENTUAN UKURAN PIPA DI PERMUKAAN BERDASARKAN PERILAKU ALIRAN FLUIDA PANASBUMI DUA FASA

Đyah Rini Ratnaningsih¹, Eko Widi Pramudihadi¹

¹Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK 104 Condongcatur Yogyakarta 55285
E-mail : rini_diah@yahoo.com

Abstrak

Aliran dua fasa terjadi pada sistem produksi panasbumi dari reservoir dominasi air, yaitu mulai dari saat fluida masuk kelubang sumur, mengalir melalui rangkaian casing (slotted liner, blind liner dan casing produksi) hingga separator, setelah melalui kepala sumur dan pipa aliran antara kepala sumur dan separator. Selama fluida mengalir di dalam pipa, dapat terjadi kehilangan tekanan yang disebabkan karena adanya friksi, gravitasi dan percepatan. Disamping kehilangan tekanan juga terjadi kehilangan panas yang disebabkan karena perbedaan temperatur yang cukup besar dengan sekitarnya. Kehilangan tekanan dan kehilangan temperatur dari suatu tempat ketempat lain yang terjadi dalam pipa salur (node), menyebabkan penurunan kualitas uap dan penurunan entalpi (dengan asumsi fluks massa tetap).

Pada proses kehilangan tekanan, terjadi penurunan kualitas uap (dryness), temperatur dan entalpi yang mana sebagai suatu perilaku aliran di dalam pipa salur. Perhitungan kehilangan tekanan pada pipa di permukaan baik aliran satu fasa maupun dua fasa dapat menggunakan persamaan Beggs-Brill. Sedangkan penurunan tekanan dan temperatur secara simultan diperoleh dari manipulasi metematik Newton Raphson yang memerlukan profil tekanan dari metoda Beggs-Brill.

Pada penelitian ini, penggunaan data lapangan, Sumur Sby-05 sebagai aplikasi optimasi pipa salur merupakan pendekatan terhadap kondisi sebenarnya. Hasil penelitian optimasi menunjukkan bahwa ukuran casing 13-3/8 in, dengan diameter (dalam) pipa dua fasa 0.5368 m, ($D_o = 0.5588$ m), tebal isolasi pipa dua fasa 2 cm, diameter (dalam) pipa uap 0.2476 m, ($D_o = 0.2731$ m), dan tebal isolasi pipa alir uap 7.5 cm. Berdasarkan optimasi yang dilakukan tersebut sangat dipengaruhi oleh aliran fluida di permukaan.

Kata kunci : aliran dua fasa, kehilangan tekanan dan temperatur

Pendahuluan

Pipa salur pada suatu sistem produksi panasbumi merupakan media alir fluida reservoir. Sistem di bawah permukaan terdiri dari aliran di sekitar sumur, aliran melalui slot liner, blind liner, casing produksi sedangkan di permukaan aliran melalui kepala sumur (well head), pipa alir dua fasa, separator, pipa alir satu fasa dan berakhir pada turbin yang dilengkapi kondenser. Pipa salur ini perlu dioptimalkan karena terjadinya problem seperti terbentuknya endapan silika, terproduksinya Non Condensable Gas (NCG) dalam jumlah berlebihan, adanya kecepatan aliran yang tinggi sehingga dapat mengikis dinding pipa, tekanan masuk turbin yang tidak terpenuhi dan komponen turbin yang cepat rusak.

Optimasi dilakukan dengan mengoptimalkan diameter pipa salur di dalam sumur dan di permukaan. Sistem di dalam sumur meliputi diameter casing dan rangkaiannya, sedangkan di permukaan meliputi diameter pipa aliran dua fasa (termasuk tebal isolasi) dan diameter pipa aliran uap (termasuk tebal isolasi dan sistem pembuang kondensat).

Penentuan parameter penentu optimasi (kehilangan tekanan, kehilangan panas, kecepatan fluida, temperatur aliran) dengan menggunakan program komputer. Parameter aliran dihitung berdasarkan kesetimbangan energi dan penyelesaiannya dilakukan perbagian pipa.

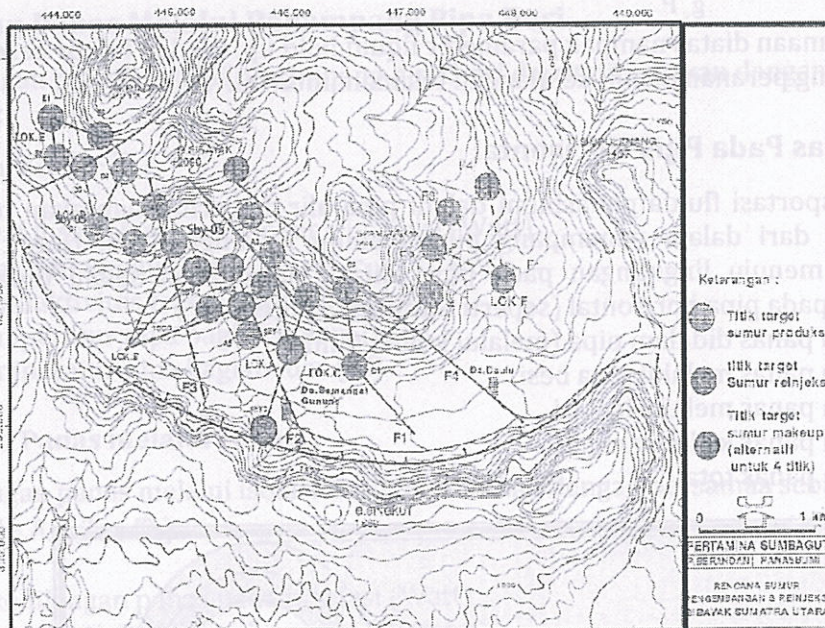
Perencanaan dengan melakukan optimasi pipa salur perlu dilakukan karena menyangkut investasi sistem produksi secara keseluruhan, sehingga timbul permasalahan, pertama investasi pipa salur yang ditanamkan dan kedua yang berhubungan dengan masalah operasional selama proses produksi, menyangkut adanya hambatan produksi.

Permasalahan selanjutnya yang berhubungan dengan perilaku aliran fluida panasbumi dua fasa meliputi :

1. Penentuan diameter pipa (juga tebal isolasi untuk pipa dipermukaan).
2. Penentuan kehilangan tekanan.
3. Penentuan panas yang hilang dan penurunan temperatur aliran.
4. Perkiraan penurunan tekanan dan suhu secara simultan

Metode

Sumur SBY-05 terletak pada kluster B dimana route pipa salur di permukaan direncanakan berdasarkan peta topografi seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**. Elevasi relatif datar, dengan jarak separator dari kepala sumur 250 m (panjang pipa alir dua fasa) dan jarak dari separator menuju turbin (panjang pipa alir uap) sekitar 400 m, dengan temperatur 26°C di permukaan, pipa dan isolasi yang akan dipasang memiliki karakteristik seperti pada **Tabel 1**. Sedangkan turbin direncanakan memiliki tekanan masuk sekitar 10 bar dan tekanan keluar (masuk kondenser) sebesar 0.1 bar.



Gambar 1. Peta Topografi Lapangan Sibayak.

Tabel 1. Karakteristik Pipa Dan Isolasi Di Permukaan.

Karakter	Pipa	Isolasi
Konduktivitas (w/m °C)	54	0.0677
Kekasaran pipa (m)	0.00005	-
Matrial	Baja karbon rendah API 5L grade B, A106 Grade B, A53 Grade B	Calcium silica
Jenis Pipa	Xs (extra strength), Electric Resistant Welding	-
Densitas pipa (kg/m ³)	7800	-

Metode Kehilangan Tekanan Berdasarkan Metode Beggs-Brill

Persamaan yang dikembangkan Beggs-Brill untuk kehilangan tekanan adalah sebagai berikut :

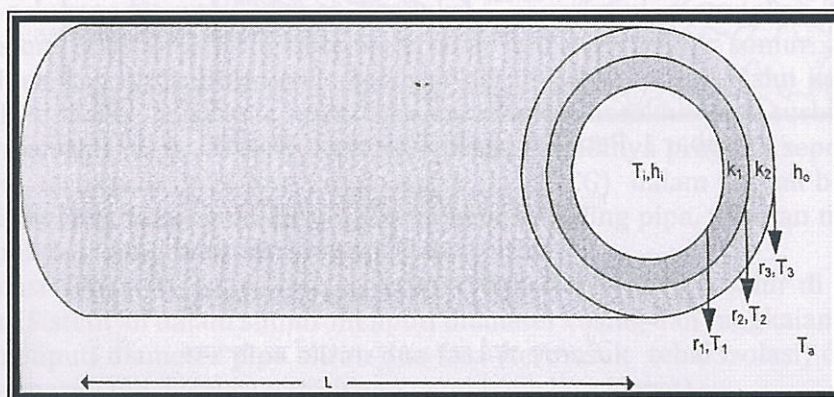
$$\frac{dP}{dZ} = \frac{\frac{g}{g_c} \sin\theta [\rho_L H_L + \rho_g (1 - H_L)] + \frac{f_{tp} G_m V_m}{2g_c d}}{1 - \frac{[\rho_L H_L + \rho_g (1 - H_L)] V_m V_{sg}}{g_c \bar{P}}} \quad (2.1)$$

Dari persamaan diatas nampak parameter liquid hold up, HL dan faktor gesekan dua fasa , ftp yang memegang peranan dalam kehilangan tekanan untuk aliran dua fasa.

Kehilangan Panas Pada Pipa Horisontal

Pada transportasi fluida panasbumi dalam pipa alir di permukaan akan terjadi proses kehilangan panas dari dalam penampang pipa menuju ke lingkungan. Untuk mengurangi pelepasan panas menuju lingkungan pada pipa alir di permukaan selalu dipasang isolasi. Kehilangan panas pada pipa horisontal (seperti Gambar 2.) meliputi :

1. Kehilangan panas didalam pipa (melalui kolom fluida).
2. Kehilangan panas melalui pipa besi.
3. Kehilangan panas melalui isolasi.
4. Kehilangan panas ke lingkungan.
5. Kehilangan panas total



Gambar 2. Penampang Pipa Alir Permukaan.

• Kehilangan Panas Di Dalam Pipa (Kolom Fluida)

Dalam suatu aliran fluida dalam pipa permukaan proses kehilangan panas diawali dari dalam pipa (kolom fluida). Kehilangan panas dalam kolom fluida dalam pipa dapat ditentukan dengan persamaan :

$$Q = h_i A_1 (T_i - T_1) \quad (2.2)$$

Untuk aliran dua fasa Koefisien transfe panas disisi dalam pipa ditentukan dengan persamaan :

$$h_i = 0.8 \left\{ 0.951.k_f \left[(\rho_f(\rho_f - \rho_g)g / (\mu_f.m_c)) \right]^{1/3} \right\} \quad (2.3)$$

Keterangan :

- A_1 = Luas kolom fluida, $2\pi r_1.L$, (m^2)
- T_i = temperatur fluida ($^{\circ}C$)
- T_1 = temperatur pipa bagian dalam ($^{\circ}C$)
- k_f = konduktivitas termal cairan ($W/m^{\circ}C$)
- ρ_g = densitas uap (kg/m^3)
- ρ_f = densitas cairan (kg/m^3)
- μ_f = viskositas cairan (cp)
- m_c = laju alir massa fluida persatuan panjang (Kg/m^2)

• Kehilangan Panas Melalui Penampang Pipa Besi

Kehilangan panas melalui penampang pipa besi dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_p = k_1.A_2(T_1 - T_2) \quad (2.4)$$

Keterangan :

- Q_p = heat loss dalam penampang pipa besi (Watt)
- A_2 = luas penampang pipa $\{2\pi(r_2 - r_1)(L)\}$, (m^2)
- k_1 = konduktivitas termal pipa ($W/m^2.^{\circ}C$)
- T_1 = Temperatur pipa bagian dalam ($^{\circ}C$)
- T_2 = Temperatur pipa bagian luar ($^{\circ}C$)

• Kehilangan Panas melalui Isolasi

Kehilangan panas melalui isolasi dapat ditentukan dengan persamaa sebagai berikut :

$$Q_{ins} = k_2.A_2.(T_2 - T_3) \quad (2.5)$$

Keterangan :

- Q_{ins} = kehilangan panas pada insulasi (Watt)
- k_2 = konduktivitas termal insulasi ($W/m^2.^{\circ}C$)
- A_2 = luas penampang insulasi $\{2\pi(r_3 - r_2)(L)\}$, (m^2).
- T_2 = Temperatur besi bagian luar atau temperatur luar insulator ($^{\circ}C$)
- T_3 = temperatur dinding luar insulator ($^{\circ}C$)

• Kehilangan Panas ke Lingkungan

Kehilangan panas menuju lingkungan sama dengan kehilangan panas yang terjadi dari insulasi menuju lingkungan (udara). Kehilangan panas ke lingkungan ini dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$dQ = h_o.A_3.(T_3 - T_a) \quad (2.6)$$

Koefisien perpindahan panas di sisi luar pipa (h_o) dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$h_o = (\text{Nu} \cdot k_a) / d_o' \quad (2.7)$$

Penurunan Tekanan dan Temperatur Secara Simultan

Penurunan tekanan dan temperatur secara simultan diperoleh dari manipulasi matematik Newton Raphson yang memerlukan profil tekanan dari Metode Beggs-Brill Persamaan (2.1).

$$E = \frac{\frac{g}{g_c} \sin \theta [\rho_L H_L + \rho_g (1 - H_L)] + \frac{f_{fp} G_m V_m}{2 g_c d}}{1 - \frac{[\rho_L H_L + \rho_g (1 - H_L)] V_m V_{sg}}{g_c P}} \quad (2.8)$$

dan

$$G = T_1 - \frac{Q}{C_p} - \frac{g(Z_1 - Z_2)}{C_p} \quad (2.9)$$

Kedua persamaan diatas merupakan persamaan non linier, dapat diselesaikan dengan menggunakan metode Newton Rapson secara simultan dengan dua variabel P dan T. Misalkan kedua persamaan, memiliki hubungan terhadap P dan T sebagai berikut :

$$E(P, T) = f(P, T) \quad (2.10)$$

$$G(P, T) = f(P, T) \quad (2.11)$$

Jika (P_k, T_k) memenuhi ke dua persamaan diatas yang dinyatakan dalam $E(P_k, T_k)$ dan $G(P_k, T_k)$ dan (P_{k+1}, T_{k+1}) merupakan pendekatan yang lebih baik dari pendekatan sebelumnya dalam menentukan akar-akar persamaan yang merupakan variabel dari fungsi $E(P_{k+1}, T_{k+1})$ dan $G(P_{k+1}, T_{k+1})$.

Tranformasi dari (P_k, T_k) untuk memperoleh harga (P_{k+1}, T_{k+1}) dengan menggunakan tranformasi linier :

$$E(P_{k+1}, T_{k+1}) - E(P_k, T_k) = (P_{k+1} - P_k) \frac{\partial E(P_k, T_k)}{\partial P} + (T_{k+1} - T_k) \frac{\partial E(P_k, T_k)}{\partial T} \quad (2.12)$$

$$G(P_{k+1}, T_{k+1}) - G(P_k, T_k) = (P_{k+1} - P_k) \frac{\partial G(P_k, T_k)}{\partial P} + (T_{k+1} - T_k) \frac{\partial G(P_k, T_k)}{\partial T} \quad (2.13)$$

Akar persamaannya yang dinyatakan akar dalam P_{k+1} dan T_{k+1} hanya dapat dipenuhi jika fungsi yang mengandung kedua akar tersebut berharga nol :

$$E(P_{k+1}, T_{k+1}) = 0$$

$$G(P_{k+1}, T_{k+1}) = 0$$

Persamaan (3.112) dan (3.113) menjadi :

$$- E(P_k, T_k) = (P_{k+1} - P_k) \frac{\partial E(P_k, T_k)}{\partial P} + (T_{k+1} - T_k) \frac{\partial E(P_k, T_k)}{\partial T} \quad (2.14)$$

$$- G(P_k, T_k) = (P_{k+1} - P_k) \frac{\partial G(P_k, T_k)}{\partial P} + (T_{k+1} - T_k) \frac{\partial G(P_k, T_k)}{\partial T} \quad (2.15)$$

persamaan diatas dinyatakan dalam matrik :

$$\begin{bmatrix} - E(P_k, T_k) \\ - G(P_k, T_k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial E(P_k, T_k)}{\partial P} & \frac{\partial E(P_k, T_k)}{\partial T} \\ \frac{\partial G(P_k, T_k)}{\partial P} & \frac{\partial G(P_k, T_k)}{\partial T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta T \end{bmatrix}$$

Keterangan :

$$\Delta P = P_{k+1} - P_k \quad (2.16)$$

$$\Delta T = T_{k+1} - T_k \quad (2.17)$$

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial E(P_k, T_k)}{\partial P} & \frac{\partial E(P_k, T_k)}{\partial T} \\ \frac{\partial G(P_k, T_k)}{\partial P} & \frac{\partial G(P_k, T_k)}{\partial T} \end{bmatrix}^{-1} = A^{-1} \quad (2.18)$$

$$A^{-1} = \frac{1}{D} (C_{ij})^T \quad (2.19)$$

D = Determinan

$$D = \frac{\partial E(P_k, T_k)}{\partial P} \frac{\partial G(P_k, T_k)}{\partial T} - \frac{\partial E(P_k, T_k)}{\partial T} \frac{\partial G(P_k, T_k)}{\partial P} \quad (2.20)$$

$$C_{ij} = \begin{bmatrix} \frac{\partial G(P_k, T_k)}{\partial T} & -\frac{\partial G(P_k, T_k)}{\partial P} \\ -\frac{\partial E(P_k, T_k)}{\partial T} & \frac{\partial E(P_k, T_k)}{\partial P} \end{bmatrix} \quad C_{ij} = \begin{bmatrix} \frac{\partial G(P_k, T_k)}{\partial T} & -\frac{\partial E(P_k, T_k)}{\partial T} \\ -\frac{\partial G(P_k, T_k)}{\partial P} & \frac{\partial E(P_k, T_k)}{\partial P} \end{bmatrix}$$

maka :

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial E(P_k, T_k)}{\partial P} & \frac{\partial E(P_k, T_k)}{\partial T} \\ \frac{\partial G(P_k, T_k)}{\partial P} & \frac{\partial G(P_k, T_k)}{\partial T} \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{\partial G(P_k, T_k)}{\partial T} & -\frac{\partial E(P_k, T_k)}{\partial T} \\ -\frac{\partial G(P_k, T_k)}{\partial P} & \frac{\partial E(P_k, T_k)}{\partial P} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial G(P_k, T_k)}{\partial T \cdot D} & -\frac{\partial E(P_k, T_k)}{\partial T \cdot D} \\ -\frac{\partial G(P_k, T_k)}{\partial P \cdot D} & \frac{\partial E(P_k, T_k)}{\partial P \cdot D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -E(P_k, T_k) \\ -G(P_k, T_k) \end{bmatrix}$$

Dengan demikian hasil penurunan tekanan dan temperatur secara simultan pada ujung grid aliran keluar, dinyatakan dalam persamaan :

$$\Delta P = \frac{G(P_k, T_k) \frac{\partial E(P_k, T_k)}{\partial T} - E(P_k, T_k) \frac{\partial G(P_k, T_k)}{\partial T}}{D} \quad (2.21)$$

$$P_{k+1} = P_k + \frac{G(P_k, T_k) \frac{\partial E(P_k, T_k)}{\partial T} - E(P_k, T_k) \frac{\partial G(P_k, T_k)}{\partial T}}{D} \quad (2.22)$$

$$\Delta T = \frac{E(P_k, T_k) \frac{\partial G(P_k, T_k)}{\partial T} - G(P_k, T_k) \frac{\partial E(P_k, T_k)}{\partial T}}{D} \quad (2.23)$$

$$T_{k+1} = T_k + \frac{E(P_k, T_k) \frac{\partial G(P_k, T_k)}{\partial T} - G(P_k, T_k) \frac{\partial E(P_k, T_k)}{\partial T}}{D} \quad (2.24)$$

Keterangan :

- ΔP : penurunan tekanan
- ΔT : penurunan temperatur
- E : suku differensial tekanan
- G : suku differensial temperatur
- k : kondisi hasil run pertama
- k + 1 : kondisi hasil run kedua

Hasil Dan Diskusi

Permasalahan dalam melakukan optimasi pipa salur menyangkut parameter teknis. Parameter teknis berhubungan dengan parameter aliran terutama kehilangan tekanan yang disertai penurunan temperatur, dryness, entalpi yang pada proses penurunannya dibatasi oleh kondisi terbentuknya endapan silika, kehilangan panas, kecepatan fluida, tekanan turbin dan kandungan NCG yang diproduksi, kondisi diatas dapat dikurangi dengan mengkompromikan parameter teknis dan ekonomi dengan membuat model untuk menentukan diameter casing dan pipa di permukaan serta tebal isolasi yang optimum.

Penggunaan data lapangan, Sumur Sby-05 sebagai aplikasi optimasi pipa salur merupakan pendekatan terhadap kondisi sebenarnya. Untuk mencapai daya yang optimum dengan memperhatikan faktor pembatas produksi seperti :

- kecepatan pada pipa alir dua fasa antara 20 m/s hingga 30 m/s.
- temperatur separator minimal 180 °C.
- kecepatan uap pada pipa salur uap 30 m/s hingga 50 m/s.
- kandungan NCG yang diproduksi terkecil pada suatu tekanan kepala sumur.
- tekanan turbin minimal 10 bar.

Pada sumur Sby-05, hasil variabel yang dioptimumkan dinyatakan :

- ukuran casing 13-3/8 in.
- diameter (dalam) pipa dua fasa 0.5368 m, ($D_o = 0.5588$ m).
- tebal isolasi pipa dua fasa 2 cm.
- diameter (dalam) pipa uap 0.2476 m, ($D_o = 0.2731$ m).
- tebal isolasi pipa alir uap 7.5 cm.

Optimasi tersebut sangat dipengaruhi oleh aliran fluida di permukaan

Aliran di Permukaan

Aliran di permukaan baik pada aliran pipa dua fasa maupun pada pipa aliran satu fasa, memiliki kecenderungan yang sama, yaitu :

a. Pada tebal isolasi tetap, dengan diameter pipa diperbesar, kelakuan alirannya dapat dinyatakan :

- kecepatan fluida semakin kecil.
Gejala ini dapat dijelaskan, menurut hukum kontinuitas pada aliran mantap, karena luas penampang aliran pipa semakin besar.
- temperatur di ujung keluar aliran semakin kecil.
Temperatur diujung grid, berasal dari persamaan keseimbangan energi, karena adanya pelepasan panas sepanjang pipa, dengan semakin besar diameter pipa akan memperluas bidang pelepasan panas.
- kehilangan tekanan semakin kecil.

Menurut persamaan kehilangan Beggs-Brill, semakin besar diameter pipa, fluks massa akan kecil dan aliran memiliki kecepatan rendah sehingga bilangan Reynold juga rendah.

b. Diameter pipa tetap, tebal isolasi bertambah :

Kecenderungan perilaku aliran dinyatakan :

- kehilangan panas semakin kecil.
Semakin bertambah tebal isolasi harga h_o (koefisien perpindahan panas antara udara dengan isolasi) akan semakin kecil dan U_o (koefisien perpindahan panas menyeluruh berdasarkan diameter luar isolasi) juga semakin kecil dengan demikian panas yang dilepaskan semakin kecil.
- temperatur ujung pipa alir keluar semakin besar.
Berdasarkan fungsi panas yang dilepaskan, semakin tebal isolasi panas yang dilepaskan semakin kecil dan berdasarkan persamaan kesetimbangan energi temperatur diujung pipa keluar akan semakin membesar.

Terjadi hal yang berlawanan pada peningkatan diameter pipa dan peningkatan tebal isolasi, pada pertambahan diameter pipa terjadi peningkatan perpindahan massa dan peningkatan pelepasan panas. Pada pelepasan panas yang semakin besar akan menyebabkan kualitas uap cepat menurun, sehingga menambah terbentuknya kondensat, pada pipa alir fluida dua fasa tidak menjadi masalah karena tetap dibuang melalui separator sehingga jarak separator terhadap kepala sumur harus sedekat mungkin, namun pada pipa alir uap timbul kondensat akan menyebabkan penurunan entalpi dan dryness sehingga perlu dipasang alat pembuang kondensat. Dapat dinyatakan peningkatan diameter pipa baik pada pipa alir dua fasa maupun pipa alir satu fasa akan menurunkan entalpi.

Sedangkan peningkatan tebal isolasi pada perpindahan massa yang tetap, perpindahan panas keluar sistem dapat ditekan untuk menjadi lebih kecil, sehingga temperatur akan meningkat (pada titik yang tetap). Peningkatan tebal isolasi menambah kenaikan entalpi.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan dapat disimpulkan :

1. Optimasi pada sumur Sby-05 dinyatakan :
 - ukuran casing produksi 13-3/8 in.
 - diameter dalam (Di) pipa alir pipa dua fasa 0.5368 m , (Do = 0.5588 m).
 - tebal isolasi pipa dua fasa 2 cm.
 - diameter dalam (Di) pipa uap 0.2476 m (Do = 0.2731 m).
 - tebal isolasi pipa alir uap 7.5 cm.
2. Penambahan diameter pipa salur (pada tebal isolasi tetap), akan menurunkan kehilangan tekanan, menambah besar kehilangan panas dan menurunkan temperatur fluida.
3. Penambahan ketebalan isolasi (pada diameter yang tetap), akan memperkecil pelepasan panas dan menaikkan temperatur fluida.

Daftar Pustaka

- Brown E.K, *The Technology of Artificial Lift Methods*, Penn-Well Publishing, Volume 1, Oklahoma
- Freestone D.H, *Teaching The Teacher, Geothermal Technology*, Enggineering Edition, Vol 1, 2, 3, Institut Teknologi Bandung, 1986.
- Hawkins A.G, Max J, *Element of Heat Transfer and Insulation*, second edition, Jhon Wiley and Sons Inc, London, 1957.
- Laporan pemboran, Uji Produksi, Pengambilan conto dan Analisa kimia sumur SBY-5*, area panasbumi EP Sibayak, BB no : 482 / Dt.400/96-B1, 1977.
- Lee K.C, *Geothermal Production Technology*, Geothermal institute University of Auckland, 1994.
- Nicholson K, *Geothermal Fluids*, Springer Verlag Berlin Heidelberg, New York, 1993.
- Perry, *Chemical Engineers Handbook*, edisi ke 6, McGraw-Hill, 1978.
- Rogers G.F.C and Mayhaw, *Thermodynamic and Transport Properties of Fluid*, edisi ke 4, Cambridge, Blackwell Publisher, 1993.
- Saptadji N.M. Dr, *Rekayasa Perangkat Lunak Untuk Aplikasi Komputasi Dalam Produksi Panasbumi*, Laboratorium Geotermal, Jurusan Teknik Perminyakan, Institut Teknologi Bandung, 1997.
- Taufan M, *Aplikasi Metoda Iterasi Newton-Raphson Dalam Peramalan Aliran Fluida Dua Fasa Pada Sistem Uap Dan Air Dalam Pipa*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perminyakan, Institut Teknologi Bandung, 1998.
- Tortike S, Farouq A.S.M, *Saturated Steam Property Functional Correlations For Fully Implicit Thermal Reservoir Simulation*. SPE 17094, 1989.