

# Studi Perencanaan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Sebesar 120 MW di Blok Sarulla

B.H.M. Goldy Ompusunggu, Mahesa Ryan Pamuji, Gede Wibawa dan Kuswandi  
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia  
*e-mail: gwibawa@chem-eng.its.ac.id*

**Abstrak**—Terus bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia serta semakin majunya industri di Indonesia menyebabkan kebutuhan listrik Indonesia juga terus meningkat. Untuk memenuhi kebutuhan listrik yang terus meningkat ini pemanfaatan sumber energi selain fosil perlu dilakukan. Energi *geothermal* adalah salah satu energi alternatif yang ada di Indonesia. Sumber daya energi *geothermal* di Indonesia memiliki potensi yang sangat besar. *Geothermal power plant* ini didirikan di daerah Blok Sarullam Sumatera Utara pada tahun 2020. Pabrik pembangkit listrik tenaga *geothermal* ini menggunakan proses *integrated combined cycle*, yang merupakan teknologi paling mutakhir dan baik diantara semua teknologi proses pembangkit listrik tenaga *geothermal*. Alasan pemilihan proses ini adalah kesesuaian dari karakteristik sumur *geothermal* dengan syarat dari pengaplikasian proses *integrated combined cycle*, yaitu memiliki entalpi yang tinggi. Proses ini menggabungkan teknologi proses *binary cycle* dan *combined cycle* sehingga transfer energinya maksimal dan memiliki efisiensi energi yang besar. Selain itu, pada proses *integrated combined cycle* 100% dari *steam* yang diambil dari sumur sumber panas bumi diinjeksikan kembali ke dalam sumber panas bumi sehingga umur sumur dan *reservoir* panas bumi dapat berproduksi lebih lama. Pada pabrik pembangkit listrik tenaga *geothermal* ini digunakan 2 jenis turbin, yaitu turbin uap untuk aliran fluida *geothermal* dan turbin gas untuk aliran *working fluid* iso-pentana. Proses *geothermal power plant* ini akan berlangsung secara kontinyu, yaitu 24 jam/hari dan 330 hari/tahun dengan perencanaan sebagai dengan kapasitas produksi 124 MW/tahun dengan bahan Baku *Feed* dan Iso-Pentana sebanyak 1544832 kg/jam dan 1634544 kg/jam. Berdasarkan analisis ekonomi dengan menggunakan metode pendekatan *discounted cash flow* yang terdiri dari perhitungan biaya produksi dan aliran kas/kinerja keuangan yang telah dilakukan, menghasilkan nilai *Internal Rate of Return (IRR)* 13,2 %, *Pay Back Period* dengan 6,9 tahun dan BEP sebesar 30,9 %.

**Kata Kunci**—Desain Pabrik, *Geothermal*, Sarulla.

## I. PENDAHULUAN

Bertumbuhkannya lempeng India-Asutralia dan lempeng Eurasia yang memanjang di sebelah barat Pulau Sumatera memungkinkan terbentuknya lokasi-lokasi sumber panas bumi yang berkaitan dengan gunung-gunung api muda. Hal ini berarti sistem panas bumi di Pulau Sumatera umumnya lebih dikontrol oleh sistem patahan regional regional yang terkait dengan sistem sesar Sumatera. Di Provinsi Sumatera Utara sendiri, sampai sekarang telah ditemukan 2 blok panas

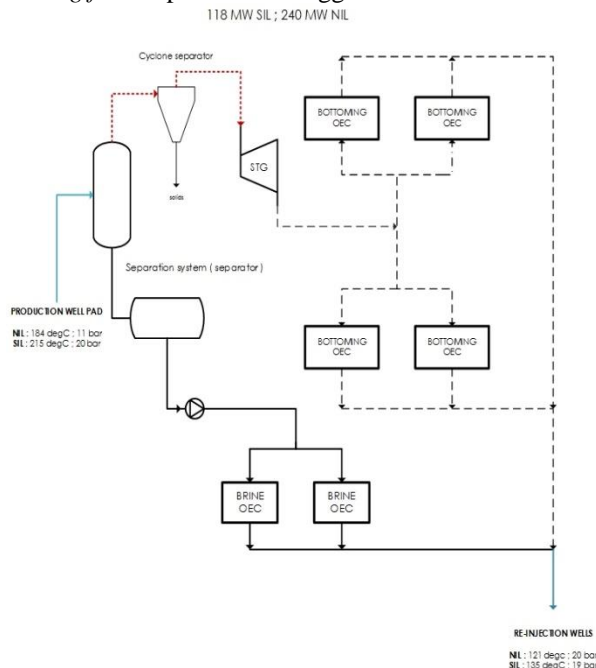
bumi yang terletak di Sarulla dan Sibayak. Pada tahun 1993-1998, Unocal, bekerjasama dengan PT. Pertamina, melakukan eksplorasi sumber panas bumi di Blok Sarulla. Eksplorasi dilakukan dengan cara membuat 13 sumur eksplorasi dan survey geologi, geokimia, serta geofisika pada sumur-sumur tersebut. Hasil dari eksplorasi ini adalah ditemukannya 3 sumber panas bumi baru di blok Sarulla, yaitu Sibualbuali, Silangkitang, dan Namora-I-Langit, dengan potensi energi sebesar 330 Mwe untuk 30 tahun.

Dengan potensi energi yang lebih besar serta karakteristik *reservoir* dan *impurities* yang lebih baik daripada Blok Sibayak, Blok Sarulla dipilih sebagai lokasi pembangunan pabrik pembangkit listrik tenaga panas bumi. Selain berdasar pada hasil perbandingan, faktor lain yang menjadi alasan pemilihan Blok Sarulla adalah 1. Ketersediaan Bahan Baku, dimana sumber panas bumi merupakan bahan baku dari pabrik pembangkit listrik tenaga *geothermal*. Blok Sarulla memiliki sumber panas bumi dengan rentang suhu 250-300 °C dan potensi energi sebesar 330 Mwe yang dapat digunakan selama 30 tahun, 2. Karakteristik *Geothermal Fluids*, dengan kondisi *geothermal fluids* di Sarulla tidak banyak mengandung H<sub>2</sub>S, hal ini menunjukkan bahwa resiko korosi pada fasilitas di pabrik pembangkit listrik tenaga panas bumi tidak besar dan juga *steam* yang digunakan aman untuk lingkungan, 3. Ketersediaan Lahan dengan luas wilayah kerja panas bumi di Blok Sarulla adalah 4,37458 km<sup>2</sup>, sedangkan luas dari Kabupaten Tapanuli Utara adalah 3.793,71 km<sup>2</sup>; dengan perbandingan 0,0012:1. Pemerintah sudah memberikan izin penggunaan lahan dengan SK Menteri Pertambangan dan Energi No.1521.K/034/M.PE/1990.

Kebutuhan listrik di Pulau Sumatera jauh lebih kecil dibanding dengan kebutuhan listrik di Jawa, dengan pangsa hanya sekitar 16% dari total kebutuhan listrik Indonesia pada tahun 2003 dan menjadi 18% pada tahun 2025. Mengingat Pulau Sumatera akan menjadi lumbung energi dan dapat dikatakan pemakaian listrik di pulau ini masih tergolong rendah menyebabkan peningkatan kebutuhan listrik di pulau ini diasumsikan lebih tinggi dibanding Jawa-Madura-Bali, yaitu sebesar 8.6% per tahun, dari 21.14 TWh pada tahun 2003 menjadi 128.91 TWh pada tahun 2025. Peningkatan pertumbuhan ebutuhan listrik 8.6% pada tahun tersebut juga dipacu oleh membaiknya perekonomian di Sumatera dan adanya program peningkatan rasio elektrifikasi di Sumatera.

## II. URAIAN PROSES

Proses pada *Integrated Geothermal Power Plant* terbagi menjadi dua bagian plant, yaitu *dry steam power plant* dan *binary cycle power plant*. *Binary cycle power plant* sendiri terbagi menjadi dua, yaitu proses dimana *working fluid* dipanaskan menggunakan kondensat dan *working fluid* dipanaskan menggunakan *brine water*.



**Gambar 1.** Skema Integrated Combine Cycle Geothermal (ICCG) Plant

Uraian proses dari ICCG plant adalah sebagai berikut

### A. Pemisahan Uap Jenuh dari Sumber Sumur Produksi

Campuran uap dan cairan dari sumur-sumur produksi dialirkan menggunakan sistem perpipaan menuju tangki pemisah yang berupa *separation tank*, dimana uap dan cairan akan dipisahkan. *Separation tank* dilengkapi dengan sistem pengaman berupa *pressure safety valve* dan *rupture disc* yang berfungsi sebagai pengaman apabila tekanan di dalam tangki melebihi batas resistensi tekanan tangki. Uap yang terpisah kemudian akan dialirkan menuju ke *cyclone separator* yang digunakan untuk memisahkan antara uap dengan padatan yang masih terbawa. Proses pemisahan uap dan padatan pada *cyclone separator* terjadi akibat adanya gaya sentrifugal, dimana fase solid yang memiliki densitas lebih tinggi akan menabrak dinding separator dan mengalir ke bawah. Sedangkan uap air akan mengalir keluar dari atas separator.

### B. Produksi Listrik Pada Direct Steam Power Plant

Uap keluaran dari *cyclone separator* akan digunakan untuk memutar turbin. Dimana turbin akan terhubung langsung dengan generator AC yang berfungsi untuk mengubah energi gerak menjadi energi listrik. Pada proses lain, uap panas keluaran dari *cyclone separator* akan didinginkan dengan menggunakan *cooler*, namun pada proses di pabrik ini uap panas tidak didinginkan karena langsung digunakan untuk menggerakkan turbin.

### C. Proses Pemompaan dan Pemanasan Pada Bottoming ORC

Pada *Bottoming ORC* digunakan *working fluids* yang memiliki titik didih lebih rendah sebagai penggerak

turbin kedua. Dimana *working fluids* yang digunakan pada sistem ini adalah *isopentane*. Uap panas yang berasal dari turbin *direct steam* dialirkan melalui *heat exchanger* untuk menguapkan *working fluids*. Sebelum dialirkan ke *heat exchanger*, *working fluids* dipompa untuk menaikkan tekanan agar memiliki tekanan yang cukup untuk memutar turbin kedua. Ketika *working fluids* dan uap panas bertemu di *heat exchanger* pertukaran panas terjadi dan mengubah fase *working fluids* dari cair menjadi *vapor*. *Working fluids* yang telah berfase *vapor* kemudian dialirkan menuju turbin kedua untuk membangkit tenaga listrik.

### D. Proses Produksi Listrik Pada Bottoming ORC

*Working fluids* dalam fase *vapor* digunakan untuk menggerakkan turbin kedua yang langsung berhubungan dengan generator listrik AC. Jumlah turbin pada sistem *Bottoming ORC* adalah dua. *Working fluids vapor* kemudian dialirkan menuju ke *air cooled condensor* untuk didinginkan sebelum dialirkan kembali ke pompa. Sistem *bottoming ORC* berupa *closed loop*, dimana *working fluids* tidak berkontak langsung dengan udara luar, proses *closed loop* berlangsung terus-menerus. Hal ini menyebabkan tidak dibutuhkannya penambahan *working fluids* terus-menerus, melainkan penambahan hanya dilakukan untuk *make up* dari proses.

### E. Proses Pemanasan dan Penguapan Working Fluids Pada Brine ORC

Fluida panas yang berasal dari *separation tank* disebut sebagai *brine*. *Brine* kemudian dialirkan ke dalam suatu sistem penukar panas berupa *vaporizer* dan *preheater*, rangkaian panas yang terdiri dari dua tahap. *Brine* yang baru keluar dari *separator* memiliki suhu yang tinggi kemudian dilewatkan ke *vaporizer*, yang merupakan tahap kedua dari pemanasan, untuk menguapkan *working fluids*. *Brine* yang keluar dari *vaporizer* memiliki suhu yang sudah lebih rendah, tetapi masih dapat digunakan untuk memanaskan *working fluid* pada tahap pertama pemanasan, yaitu pada *preheater*. *Working fluids* dilewatkan ke *preheater* terlebih dahulu, kemudian dilewatkan ke *vaporizer* untuk tahap kedua pemanasan. *Working fluids* yang keluar dari *vaporizer* sudah berubah fase menjadi *vapor*. *Working fluids* yang sudah berfase *vapor* kemudian dialirkan ke turbin.

### F. Proses Produksi Listrik Pada Brine ORC

*Working fluids* dalam fase *vapor* digunakan untuk menggerakkan turbin kedua yang langsung berhubungan dengan generator listrik AC. Jumlah turbin pada sistem *Bottoming ORC* adalah dua. *Working fluids* kemudian dialirkan menuju ke *recuperator*, kemudian dialirkan ke *air cooled condensor*. *Working fluids* yang sudah didinginkan kembali menggunakan *air cooled condensor* berubah fase menjadi cair kembali. Kemudian dipompa menuju ke *recuperator* untuk dipanaskan menggunakan *working fluids* panas yang berasal dari turbin. Pemompaan bertujuan untuk menaikkan tekanan agar *working fluids* dapat menggerakkan turbin kembali. *Working fluids* yang sudah dipanaskan di *recuperator* akan dialirkan kembali ke *preheater*. Sistem *Brine ORC* berupa *closed loop*, dimana *working fluids* tidak berkontak langsung dengan udara luar, proses *closed loop* berlangsung terus-menerus. Hal ini menyebabkan

tidak dibutuhkannya penambahan *working fluids* terus-menerus, melainkan penambahan hanya dilakukan untuk *make up* dari proses.

#### G. Proses Injeksi Ulang Fluida

Kondensat yang berasal dari *Bottoming ORC* dan *Brine ORC* akan dicampurkan dan kemudian diinjeksikan ulang ke *reservoir* dengan melalui *injection well*.

### III. HASIL ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi merupakan salah satu parameter apakah suatu pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Untuk menentukan kelayakan suatu pabrik secara ekonomi, diperlukan perhitungan bahan baku yang dibutuhkan dan produk yang dihasilkan.

Untuk melakukan evaluasi atau studi kelayakan dan penilaian investasi untuk pendirian suatu pembangkit listrik maka dilakukan peninjauan terhadap faktor-faktor Laju Pengembalian Modal (*Internal Rate of Return/IRR*), Waktu Pengembalian Modal Minimum (*Pay Out Time/POT*), Titik Impas (*Break Even Point/BEP*). Dimana menggunakan asumsi bahwa pembangkit listrik tenaga panas bumi ini akan didirikan dan siap beroperasi pada tahun 2020, dengan pembelian peralatan pada tahun 2017 dan masa konstruksi selama 2 tahun (2018-2020).

Berikut adalah uraian mengenai Analisa ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi, Blok Sarulla

No.	Variabel	Unit	Jumlah
1	Total Investment Cost ( CAPEX )	US\$	325,219,457.18
2	Loan VS Equity	%	80
3	Interest	%	11
4	Credit Investment	US\$	292,145,939.26
5	Equity	US\$	69,222,352.97
6	IDC	US\$	255,852,813.09
7	Working Capital	US\$	48,782,918.58
8	NPV @ 30 year @ I = 10 %	US\$	18,637,856.60
9	IRR	%	13.2
10	POT	year	6.9
11	Gross Revenue	US\$/yr	197,407,584.00
12	Cost for Make Up Working Fluid	US\$/yr	172,800.00
13	Operation and Maintenance	US\$/yr	3,675,665.27
14	EBITDA ( Earning Before Tax, Interest, Depreciation Amortization )	US\$/yr	129,441,841.96
15	Taxes ( 30% )	US\$/yr	38,832,552.59
16	EAIDT ( Earning After Interest, Depreciation, and Tax )	US\$/yr	62,748,066.20
17	EAT + D ( Earning After Tax and Depreciation )	US\$/yr	98,902,385.53
18	Project Life	years	30
19	Construction Period	months	24
20	Operation Days/Year	day/yr	330

### IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisa ekonomi pembangkit listrik tenaga geothermal didapatkan IRR 13.2 % yang mengindikasikan bahwa pabrik layak untuk didirikan dan waktu pengembalian modal (*pay out period*) selama 6.9 tahun. Perhitungan analisa ekonomi didasarkan pada *discounted cash flow*. Dengan modal untuk pendirian pabrik menggunakan rasio 80% modal sendiri dan 20% modal pinjaman. Sedangkan *Break Event Point* (BEP) yang diperoleh adalah sebesar 30.82%.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dipippo, R. 1995. "Geothermal Energy as Source of Electricity and Case Studies", Mc Graw-Hill Inc. New York
- [2] Kagel.2007. "A Guide to Geothermal Energy And The Environment ". Geothermal Energy Association, Pennsylvania
- [3] Amnon Gabby. 2015. "Sarulla 330 MW Geothermal Project Key Success Factors in Development ". Proceesing World Geothermal Congress 2015, Australia
- [4] Valdimarson. 2011. "Geothermal Power Plant Cycles and Main Components ". University of Iceland, Reykjavik