



## BOTTOMMING : STRATEGI MENINGKAT KAPASITAS PEMBANGKITAN LAPANGAN PANASBUMI SIBAYAK TANPA MENAMBAH INVESTASI SUMUR

Mawardi, Gatot Suhermanto

Area Panasbumi EP Sibayak  
Ph.: 0628-92263 Fax: 0628-92264

**KATA KUNCI :** Bottoming, Siklus Double Flash, Siklus Biner, Efisiensi Utilisasi, Dominasi air, flashing

### INTISARI

Tulisan ini bertujuan mengkaji teknologi yang dapat diterapkan pada lapangan Panasbumi Sibayak untuk meningkatkan kapasitasnya tanpa melakukan pemboran sumur baru, tetapi dengan menggunakan air panas hasil pemisahan separator.

Lapangan panasbumi Sibayak terletak di Sumatera Utara dan merupakan lapangan panasbumi yang dominan air. Sumur produksinya menghasilkan fluida campuran uap dan air dengan tingkat kekeringan (*dryness*) antara 14 – 35%. Uap yang dihasilkan dari enam sumur produksi mampu membangkitkan tenaga listrik sebesar 20 MW dengan menggunakan turbin *condensing konvensional*. Air panas dari separator diinjeksikan kembali ke sumur injeksi untuk menjaga keseimbangan reservoir dan mencegah pencemaran lingkungan. Air panas yang masih bersuhu antara 160 – 180°C tersebut secara teknis masih mengandung energi yang dapat diekstrak dengan menggunakan teknologi *bottoming* yaitu Siklus Double Flash dan Siklus Biner.

Teknologi Siklus Double Flash menggunakan uap tekanan rendah hasil *flashing* air panas tekanan tinggi untuk menggerakkan turbin, sementara Teknologi Siklus Biner menggunakan air panas untuk menguapkan fluida kerja yang bertitik didih rendah dan selanjutnya uap fluida kerja ini yang memutar turbin.

Perhitungan secara *thermodynamika* untuk Siklus Double Flash dan Siklus Biner menunjukkan bahwa masing-masing sistem dapat menghasilkan tenaga listrik sebesar 9.09 kW dan 9.36 kW untuk setiap ton/jam air panas pada suhu 174°C. Dengan kapasitas terpasang sebesar 20 MW maka tenaga listrik ekstra yang dihasilkan oleh Siklus Double Flash adalah 5521.9 kW dan Siklus Biner adalah 5684.4 kW atau memberikan nilai tambah masing-masing sebesar 26.8% dan 27.6%. Secara keseluruhan, penerapan teknologi Siklus Double Flash dan Siklus Biner akan meningkatkan efisiensi utilisasi Lapangan Panasbumi Sibayak dari 9.7% menjadi sebesar 12.2%.

### 1. PENDAHULUAN

Lapangan panasbumi Sibayak merupakan lapangan yang mempunyai reservoir dominan air yang berada didalam Kaldera Singkut pada lereng sebelah selatan Gunung Sibayak, Sumatera Utara.

Saat ini telah selesai dibor sebanyak 10 (sepuluh) sumur terbagi dalam 7 (tujuh) sumur produksi dan 3 (tiga) sumur injeksi. Dari tujuh sumur produksi yang telah selesai dilakukan uji produksi sebanyak 6 (enam) sumur dengan total produksi uap sebesar 165,9 ton/j dan produksi air sebesar 607,3 ton/j.

Fluida sumur yang mengalir ke permukaan terdiri dari campuran uap dan air, selanjutnya dipisahkan oleh separator. Uap yang dihasilkan digunakan untuk menggerakkan turbin sedangkan air panasnya diinjeksikan kedalam sumur injeksi. Proses sederhana tersebut dinamakan Siklus *Single Flash*, dimana diagram prosesnya dapat dilihat pada **Gambar-1**. Dengan produksi uap sebesar 165,9 ton/j akan menghasilkan energi listrik 20 MW.

Mengingat besarnya kapasitas produksi air panas yang bersuhu 160 – 180°C, maka penulis menyajikan suatu metode untuk memanfaatkan produksi air panas dalam rangka menambah kapasitas pembangkitan energi listrik tanpa menambah investasi sumur. Metode yang akan dibahas disini adalah metode Siklus *Double Flash* dan Siklus Biner. Kedua metode tersebut secara komersial belum dikembangkan di Indonesia.

### A. SIKLUS DOUBLE FLASH

Apabila menggunakan Siklus *Double Flash*, akan menghasilkan *output* dari turbin tekanan tinggi dan rendah. Turbin tekanan rendah diperoleh dari uap tekanan rendah, yang dihasilkan dari air panas tekanan tinggi yang dimasukkan ke separator pada tekanan rendah. Disini terjadi penurunan tekanan yang akan menghasilkan uap dan air pada tekanan rendah juga. Uap yang dihasilkan digunakan untuk menggerakkan turbin pada tekanan rendah sedangkan airnya diinjeksikan kedalam sumur injeksi. Tekanan inlet turbin sangat bervariasi tergantung dari disain pabriknya. Untuk turbin tekanan tinggi (*HP*) berkisar antara 3 sampai dengan 9 bara. Sedangkan untuk turbin tekanan rendah (*LP*) berkisar antara 0,43 sampai dengan 1,5 bara dengan tekanan kondensor berkisar antara 0,055 sampai dengan 0,14 bara.

Pemakaian *Double Flash* terkecil dipasang di Lapangan panasbumi Yang Ba Jing China, pada tekanan inlet turbin tinggi di 1,79 bara dan tekanan inlet turbin rendah di 0,51 bara. Dengan *output* yang dibangkitkan sebesar 3180kW.

Teknologi Siklus *Double Flash* sudah dikembangkan diluar negeri sejak akhir tahun 1970-an. Skema Proses *Double Flash* dapat dilihat pada **Gambar-2**.

### B. SIKLUS BINER

Sedangkan untuk Siklus Biner menggunakan fluida kerja bersuhu rendah yang diuapkan oleh air panas hasil pemisahan separator sebelum diinjeksikan ke sumur injeksi di *heat exchanger* dan *vaporizer*. Fluida kerja yang berupa uap tersebut kemudian digunakan untuk menggerakkan turbin. Selanjutnya

fluida kerja dikondensasikan kembali di kondenser dengan menggunakan pendingin air atau udara dan kemudian dipompa ke *preheater*. Di *preheater* fluida kerja yang sudah berupa uap dipanaskan lebih lanjut di *vaporizer* baru kemudian digunakan kembali untuk menggerakkan turbin, demikian proses tersebut terus menerus berlangsung.

Metode Siklus Biner mulai dikembangkan sejak pertengahan 1980-an yang secara umum digunakan untuk reservoir yang bersuhu rendah sampai dengan menengah. Di Indonesia belum digunakan secara komersial kecuali untuk proyek percontohan 2.5 MW di Lapangan Lahendong Sulawesi Utara. Skema Proses Siklus Biner dapat dilihat pada **Gambar-3**.

Dalam tulisan ini akan disampaikan beberapa hal yang menarik untuk pemilihan kedua metode tersebut, meliputi kajian secara teknis serta kendala yang akan ditimbulkannya.

## 2. TINJAUAN LAPANGAN

Untuk mendapatkan hasil secara optimal dalam pemilihan metode diatas, maka pertama sekali akan dikaji mengenai permasalahan yang akan dihadapi nantinya. Untuk itulah akan dilihat mengenai keuntungan dan kerugian yang ditimbulkan.

Keuntungan metode Siklus *Double Flash* adalah :

- *Output* yang dihasilkan besar, karena adanya penambahan *output* dari turbin tekanan rendah yang dihasilkan dari uap hasil pemisahan air panas pada tekanan rendah.
- Menurunkan kebasahan yang keluar turbin (*wetness*).

Kerugian yang ditimbulkan adalah sebagai berikut :

- Peningkatan jumlah skaling, dengan adanya pemisahan pada tekanan rendah maka kemungkinan terbentuknya skaling besar karena turunnya kelarutan silika dalam larutan.
- Operasinya sangat komplek

Keuntungan metode Siklus Biner adalah :

- *Output* yang dihasilkan besar, karena adanya penambahan *output* dari turbin yang dihasilkan dari fluida kerja hasil penguapan oleh air panas.

Kerugian yang ditimbulkan adalah sebagai berikut :

- Operasi sangat komplek, karena adanya pemakaian fluida kerja serta peralatan yang digunakan.
- Peningkatan jumlah skaling karena adanya penurunan suhu air panas yang akan diinjeksikan sumur injeksi.

## 3. TINJAUAN METODOLOGI

Pendekatan secara teori untuk pemilihan kedua metode tersebut dilakukan dengan cara menghitung efisiensi utilisasi yang dihasilkannya. Efisiensi utilisasi merupakan perbandingan total *output* yang dihasilkan dibagi dengan *exergy*. Persamaan yang digunakan untuk menghitung efisiensi utilisasi (*nu*) adalah sebagai berikut :

$$nu = \frac{W_{net}}{Exergy} = \frac{W_{net}}{e}$$

dimana :  $e = (h_1 - h_0) - T_0(s_1 - s_0)$ , 0 adalah kondisi pada tekanan dan suhu udara luar. Untuk harga  $h_0$ ,  $T_0$  dan  $s_0$  diambil pada suhu 20°C, sesuai dengan kondisi lingkungan di lapangan Sibayak.

Semakin tinggi efisiensi utilisasi yang didapatkan semakin besar tambahan *output* yang dihasilkan demikian sebaliknya.

Dalam perhitungan efisiensi utilisasi dari kedua metode, data dan asumsi yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Uap dan air panas diperoleh dari 6 sumur produksi
- Entalpi sumur rata-rata 1200 kJ/kg
- Tekanan turbin tinggi (*HP*) di 8kscg
- Tekanan turbin rendah (*LP*) di 0.3kscg
- Tekanan condenser di 0.1bara
- Efisiensi generator sebesar 95%
- Efisiensi turbin sebesar 70%
- Tidak ada penurunan tekanan dari separator ke turbin
- Fluida kerja yang digunakan *Iso-pentane*
- Untuk Biner menggunakan data dari *Tarawera air cooled binary power plant, New Zealand*.

Selain pendekatan secara teori, ditinjau juga dari masalah yang akan ditimbulkan dari metode diatas. Hal yang paling penting untuk ditangani secara serius adalah peningkatan jumlah skaling.

Factor utama penyebab skaling adalah kondisi dan komposisi kimia di fluidanya. Agar tidak terjadi skaling di permukaan ataupun di sumur injeksi, maka kondisi suhu fluida diatur dibawah daripada suhu silika saturasinya. Kimia fluida dari 6 (enam) sumur produksi, rata-rata mempunyai suhu reservoir 270°C dan kandungan silika 600ppm.

## 4. HASIL DAN DISKUSI

### 4.1. Hasil

Berdasarkan data dan asumsi diatas pertambahan *output* yang dihasilkan dari metode siklus *Double Flash* adalah sebesar 5521.9 kW yang memberikan nilai tambah sebesar 26.8%. Sedangkan untuk peningkatan efisiensi utilisasinya sebesar 12.26%.

Untuk metode siklus Biner pertambahan *output* yang dihasilkan sebesar 5684.4 kW yang memberikan nilai tambah sebesar 27.60%. Apabila dilihat dari peningkatan efisiensi utilisasi sebesar 12.34%

Disamping hasil diatas, masalah yang sangat penting adalah factor terjadinya skaling. Pada saat air panas di-*flashing*kan maka dengan terjadinya penurunan tekanan akan diikuti juga oleh penurunan suhu, hal ini berakibat terjadinya skaling. Dengan kandungan silika 600ppm, maka akan aman di-*flashing*kan pada tekanan 3 bara atau pada suhu 130°C.

### 4.2. Diskusi

Hasil diatas menunjukkan bahwa pertambahan *output* dari siklus Biner lebih besar dibandingkan dengan siklus *Double Flash*. Pertambahan *output* dari kedua metode berdampak pada pembentukan skaling karena adanya penurunan tekanan atau suhu air panas.

Karena tingginya tekanan *LP* Separator yang dibutuhkan agar tidak terjadi skaling, maka hal ini akan mengakibatkan kecilnya tambahan *output* yang akan dihasilkan.

**Gambar-4**, menunjukkan dimana semakin rendah tekanan *LP* Separator akan menghasilkan *output* yang besar tetapi akan mengakibatkan terjadi skaling. Demikian sebaliknya semakin tinggi *LP* Separator semakin rendah *output* yang dibangkitkan akan tetapi semakin tidak terjadi skaling baik di permukaan maupun di sumur injeksi.

Dengan demikian perlu adanya pemilihan yang tepat kondisi *LP* Separator yang aman tidak terjadi skaling tetapi juga menghasilkan *output* yang besar.

Sedangkan untuk metode siklus Biner, penambahan *output* sangat tergantung dengan suhu air panas yang keluar dari *heat exchanger* (*Tgo*)

Semakin tinggi suhu air panas yang keluar dari *HE* (*heat exchanger*) semakin kecil penambahan *output*-nya tetapi kemungkinan terjadinya skaling kecil. Sebaliknya semakin kecil suhu air panas yang keluar dari *HE* akan menghasilkan tambahan *output* yang besar tetapi kemungkinan terjadinya skaling lebih besar.

Untuk di lapangan Sibayak, terlihat bahwa dari kedua metode tersebut sangat riskan untuk dikembangkan seperti kondisi di lapangan *Tarawera New Zealand*. Hal ini diakibatkan karena adanya perbedaan kandungan silika serta parameter reservoir lainnya.

Sehingga untuk lapangan Sibayak sangat relevan bilamana untuk Siklus *Double Flash*, air panas dari *HP* separator di *flashingkan* pada tekanan 3 bara. Sedangkan untuk Siklus Biner agar pengoperasian suhu air panas yang keluar dari *HE*  $\pm 130^{\circ}\text{C}$ , hal ini untuk mencegah agar tidak terjadi skaling. Seperti pada **Gambar-6**, menunjukkan dimana pada point A menunjukkan kelarutan Quartz di Lapangan Sibayak. Pada saat di *flashingkan* kelarutan silika naik dari 600 ppm menjadi 700 ppm di point B. Pada kondisi ini kelarutan amorphous lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan  $\text{SiO}_2$  di dalam fluida, sehingga tidak terjadi skaling.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Dari uraian diatas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Penambahan efisien utilisasi tidak harus dengan menambah investasi sumur

Pemilihan metode *Double Flash* atau Biner tergantung dari karakteristik suatu lapangan.

Kenaikan efisiensi utilisasi dengan *Double Flash* sebesar 12.26% dengan tambahan *output* 5521.9kW sedangkan Biner sebesar 12.34% dan tambahan *output*-nya 5684.4kW.

Untuk di Sibayak, *Double Flash* akan efektif apabila *flasher* pada tekanan 3bara. Dan untuk Biner pada *Tgo*  $\pm 130^{\circ}\text{C}$ .

### 5.2. Saran

Dalam melakukan pemilihan suatu metode, selain dari kajian secara teknis maka sangat diperlukan juga kajian secara keekonomiannya, agar mendapatkan hasil yang tepat.

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Chief Produksi dan Utilisasi serta Manajemen Pertamina atas ijinnya untuk dapat menerbitkan tulisan ini.

## 7. REFERENSI

Bronicki, L. (1990), Innovative Geothermal Power Plants Fifteen Years of experience, *Geothermal Council Transactions Vol.14*.

D.L. Gallup, Combination Flash-Bottoming Cycle Geothermal Power Generation: *Scale Inhibition At Bulalo Field, Unocal Corporation*, Santa Rosa, California, USA

Forte, N. (1996), The 125 MW Upper Mahiao Geothermal Power Plant, *Geothermal Resource Council Bulletin, Vol.25*, No.8

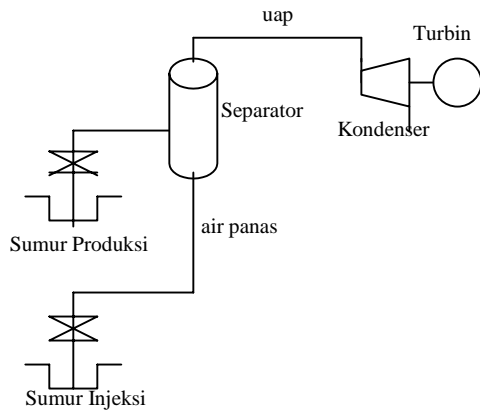
Fuji Electric (1996), Reference List and Geothermal Power Plant, Brochures

P Skoric (1997), Simulation of Single and Double Flash Cycle Power Plants, Proc. 19<sup>th</sup> NZ Geothermal Workshop, University of Auckland

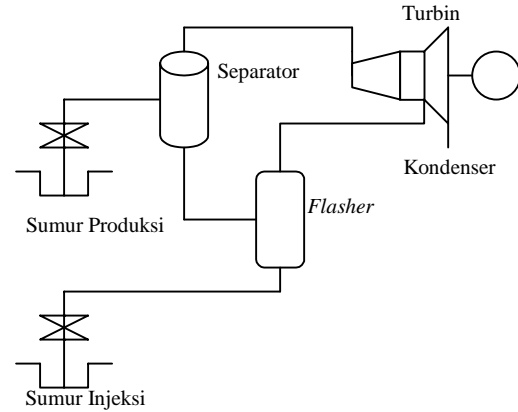
Shulman, G.(1990), Low Temperature Flashed Steam Power Generation, *Geothermal Resource Council Transactions, Vol.14*.

Tabel-1  
Data produksi Sumur<sup>2</sup> Sibayak

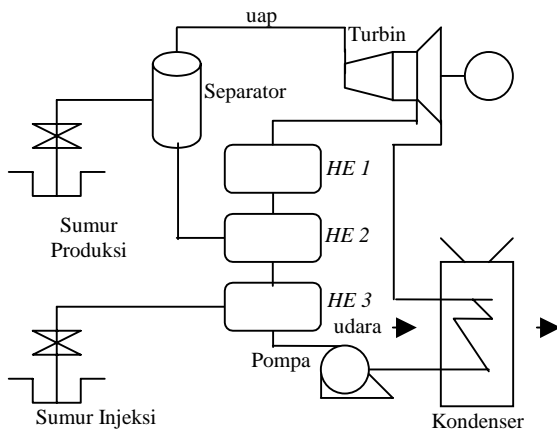
SUMUR	TKS (kscg)	H (kJ/kg)	PRODUKSI DI TKS	
			UAP (t/j)	AIR(t/j)
SBY-1	10.0	1275	11.4	34.2
SBY-3	10.0	1333	26.0	67.4
SBY-4	10.0	1049	19.0	120.0
SBY-5	11.2	1298	54.8	146.0
SBY-6	11.2	1117	31.6	160.0
SBY-8	10.0	1227	23.1	79.7
Total			165.9	607.3



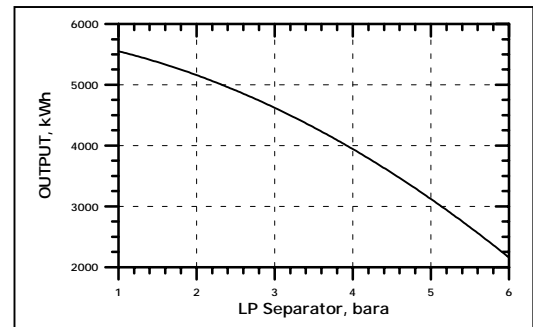
Gambar-1  
Skema Proses Siklus *Single Flash*



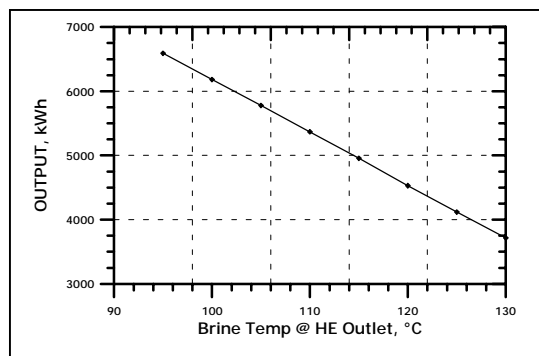
Gambar-2  
Skema Proses *Double Flash*



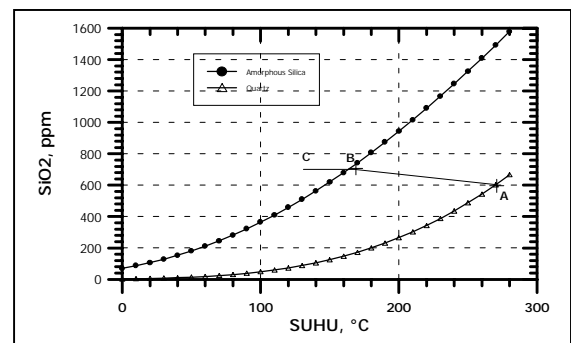
Gambar-3  
Skema Proses Siklus Biner



Gambar-4  
Grafik Penambahan *output* vs *LP Separator*



Gambar-5  
Grafik Penambahan *output* vs *Brine temp @ HE outlet (Tgo)*



Gambart-6  
Grafik Suhu versus SiO<sub>2</sub>