



Peramalan Kinerja Reservoir Lapangan Panas Bumi Gunung Iyang-Argopuro, Jawa Timur, Indonesia Menggunakan Simulasi Numerik TOUGH2

Dewi Asmorowati^{1*}, Allen Haryanto Lukmana¹, Intan Paramita Haty², dan Intan Sulistiyani¹

¹Program Studi S1 Teknik Perminyakan, FTM, UPN "Veteran" Yogyakarta, Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur, Yogyakarta, Indonesia

²Program Studi S1 Teknik Geologi, FTM, UPN "Veteran" Yogyakarta, Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur, Yogyakarta, Indonesia

*E-mail : dewi.asmorowati@upnyk.ac.id

Abstract

The Mount Iyang-Argopuro geothermal field is a prospect field located in East Java, Indonesia. This field has a water-dominated reservoir and still in the exploration stage. Therefore, this study was conducted to find out how the production capacity of the Mount Iyang-Argopuro reservoir. The scenario of field development is done by simulating a reservoir model that has reached a natural state. The model was created and simulated with a TOUGH2 simulator, assuming the field will be produced for 30 years with a production capacity of Iyang-Argopuro geothermal field is 55 MW. Several production scenarios are tested on the model to obtain an appropriate production target. Based on the simulation results, a production capacity of 55 MW for 30 years was achieved with 9 production wells. Fluid from the wells flow to a 9 bar pressurized separator and an 8.5 bar turbine pressure. Despite the decline in production, the scenario is still able to maintain generating capacity above 55 MW.

Keywords: Mount Iyang-Argopuro, field development, reservoir simulation, TOUGH2

Pendahuluan

Wilayah Kerja Panas Bumi (WKP) Gunung Iyang-Argopuro adalah salah satu area prospek panas bumi yang terletak di Jawa Timur, Indonesia. Secara administratif, lapangan ini terletak di Kabupaten Bondowoso, Kabupaten Jember, Kabupaten Probolinggo, and Kabupaten Situbondo, Provinsi Jawa Timur.

Area Gunung Iyang-Argopuro ditetapkan sebagai WKP berdasarkan SK WKP No 2067 K/30/MEM/2012 sejak 2012 oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). WKP ini memiliki luas sebesar 106.500 ha dan memiliki reservoir *water-dominated* (KESDM, 2017).

Peramalan kinerja reservoir dibutuhkan sebagai dasar untuk pengembangan lapangan panas bumi. Model *natural state* reservoir Gunung Iyang Argopuro digunakan untuk peramalan kinerja reservoir di waktu yang akan datang. Beberapa asumsi untuk fasilitas permukaan dan skenario pengembangan diujicobakan untuk memperoleh skenario produksi yang efektif dalam pengembangan lapangan.

Model numerik *natural state* digunakan untuk peramalan produksi karena belum ada produksi lapangan, sehingga tahap *history matching* dianggap selesai. Model reservoir dibuat dan disimulasikan menggunakan simulator TOUGH2.

Data laju produksi, temperatur, tekanan, dan entalpi fluida digunakan untuk menghitung kemampuan produksi lapangan. Pada penelitian ini, Lapangan Gunung Iyang-Argopuro ditargetkan untuk berproduksi sebesar 55 Megawatt (MWe), berdasarkan rencana pengembangan oleh Kementerian ESDM.

Metode Penelitian

Model numerik 3D dibuat berdasarkan data geosains dan konseptual model sistem. Sistem grid-blok dibuat menggunakan Simulator TOUGH2. Data geosains (data geologi, geofisika, dan geokimia) dan model konseptual diolah untuk memperoleh data input simulator seperti (dimensi) luas dan ketebalan model, *initial condition*, dan *boundary condition* model (Pruess dkk., 2012). Setelah model dibuat dan data input dimasukkan ke dalam model. Model disimulasikan dalam waktu yang tak terhingga untuk memperoleh keadaan *natural state*. Keadaan *natural*



state adalah kondisi reservoir sebelum ada perubahan keadaan seperti produksi. Menurut (Vereina, 2005), model harus disimulasikan dalam waktu minimal 1 juta tahun untuk dapat dikatakan *natural state*.

Model divalidasi dengan menyelaraskan data tekanan dan temperatur model dengan keadaan aktual. Pada model Gunung Iyang-Argopuro, data tekanan dan temperatur model diselaraskan dengan data gradien tekanan hidrostatik normal dan data temperatur hasil analisa geotermometer karena belum ada sumur. Apabila belum tercapai keselarasan, maka dilakukan pengulangan simulasi dengan perbaikan nilai parameter reservoir hingga tercapai keselarasan.

Setelah model mencapai keadaan *natural state*. Maka model reservoir Gunung Iyang-Argopuro dapat digunakan untuk melakukan peramalan kinerja reservoir di waktu yang akan datang. Pada prosedur yang umum, setelah mencapai kondisi *natural state*, model harus melalui tahap *history matching* terlebih dahulu. *History matching* adalah penyelarasan data produksi model dengan produksi aktual. Akan tetapi, proses ini dapat dilewati karena reservoir Lapangan Gunung Iyang-Argopuro belum berproduksi.

Peramalan kinerja reservoir dilakukan dengan melakukan beberapa skenario produksi dan injeksi yang dapat menghasilkan produksi fluida sesuai target yang diharapkan. Pada penelitian ini, Lapangan Gunung Iyang-Argopuro diproduksikan sebesar 55 MW selama 30 tahun.

Data Geosains

Geologi Regional dan Struktur Geologi

Gunung Argopuro terletak di Pegunungan Iyang, yang sebenarnya merupakan bagian dari pegunungan yang lebih besar, yaitu Pegunungan Kendeng. Pegunungan Kendeng membentang dari Jawa Timur bagian barat hingga ke bagian timur (Purwanto dkk., 2017). Pegunungan ini bersinggungan dengan pegunungan lain yaitu Gunung Semeru, Gunung Lawu, Gunung Bromo, dan Gunung Raung.

Gunung Iyang-Argopuro terdiri dari batuan vulkanik hasil aktivitas Gunung Iyang-Argopuro Tua pada periode Kuartar. Evolusi aktivitas vulkanik dimulai dari Pegunungan Iyang-Argopuro Tua (Gunung Gilap, dan Gunung Jembangan) dan meluas ke arah barat menuju Pegunungan Iyang-Argopuro Muda (Gunung Argopuro, Gunung Semen, dan Gunung Pandu) (Kementerian ESDM, 2017).

Struktur geologi di Gunung Iyang-Argopuro terdiri dari sesar normal berarah Timur Laut – Tenggara dan Utara – Selatan. Sesar-sesar tersebut mengontrol kemunculan manifestasi permukaan di kawasan Iyang-Argopuro misalnya seperti solfatar di Cikasur, Cisentor, dan Rengganis serta mata air panas di Cisentor, Tiris, dan Rabunan (Kementerian ESDM, 2017).

Batuan vulkanik Argopuro terdiri dari batuan andesit-basaltik, batuan basalt porfiritik dan trazitik, breksi terubah serta mikro-mikrobal yang diduga merupakan hancuran batuan vulkanik dari produk vulkanisme Gunung Iyang-Argopuro dkk., 2011).

Data Geofisika

1. Gravity

Menurut Nainggolan dkk. (2015) anomali *gravity* yang ditunjukkan dengan warna merah mengindikasikan adanya leher vulkanik dari Gunung Iyang-Argopuro yang diperkirakan sebagai sumber panas dari sistem. Anomali rendah yang di temukan di puncak Gunung Iyang-Argopuro mengindikasikan kawah di puncak Gunung Iyang-Argopuro. Pernyataan ini di dukung dengan kemunculan manifestasi permukaan dan alterasi batuan di lokasi yang sama.

2. Magnetotelluric (MT)

Berdasarkan Sangarimbun dkk. (2017) sistem dan struktur dari prospek Gunung Iyang-Argopuro diidentifikasi oleh distribusi nilai *resistivity* yang berbeda. Alterasi mineral ditunjukkan dengan *resistivity* kurang dari 8 ohm-m pada kedalaman 2000 m. Perbedaan nilai *resistivity* secara lateral mengindikasikan adanya struktur patahan di dalam sistem. Distribusi *resistivity* dengan nilai lebih dari 8 ohm-m – 1024 ohm-m diidentifikasi sebagai batuan reservoir yang ditemukan pada kedalaman 2000 m – 5000 m. Semetara itu, distribusi *resistivity* dengan nilai lebih dari 1024 ohm-m diidentifikasi sebagai sumber panas sistem panas bumi Gunung Iyang-Argopuro. Sumber panas tersebut terletak di kedalaman 8000 m.

Data Geokimia

Manifestasi panas bumi di Gunung Iyang-Argopuro adalah mata air panas di Rabunan, alterasi hidrotermal, dan fumarol. Berdasarkan analisa geokimia oleh Indarto dkk. (2011), konsentrasi SiO₂ sebesar 106,50 – 108,17 mg/l, konsentrasi HCO₃ sebesar 464,80 – 484,05 mg/L, dan konsentrasi Cl sebesar 19,50- 24,94 mg/L. Berdasarkan

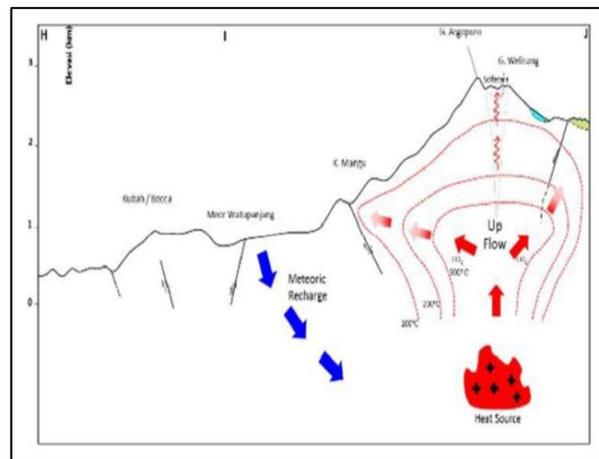
konsentrasi anion tersebut, mata air panas dapat diklasifikasikan sebagai air karbonat. Mata air di rabunan tersebut juga ditandai sebagai zona *outflow* dari sistem panas bumi Iyang-Argopuro.

Batuan vulkanik teralterasi ditemukan di sekitar mata air panas Rabunan. Batuan tersebut terdiri dari klorit, epidot, kalsit, yang berasal dari klorit dan *olivine*. Mineral lain yang ditemukan adalah serisit, albit, kuarsa, *montmorillonite*, dan *halite*. Alterasi mineral tersebut mengindikasikan jika pada daerah Rabunan terdapat perubahan temperatur (Indarto dkk., 2011)

Fumarol muncul di puncak Gunung Iyang-Argopuro. Kemunculan fumarol tersebut mengindikasikan jika puncak Gunung Iyang-Argopuro merupakan zona *outflow* dari sistem. Perbandingan komponen gas (H_2/Ar , H_2S/Ar , CO_2/H_2 , H_2S/H_2) digunakan untuk analisa geotermometer yang menunjukkan nilai temperatur reservoir sekitar 250-275 °C.

Model Konseptual

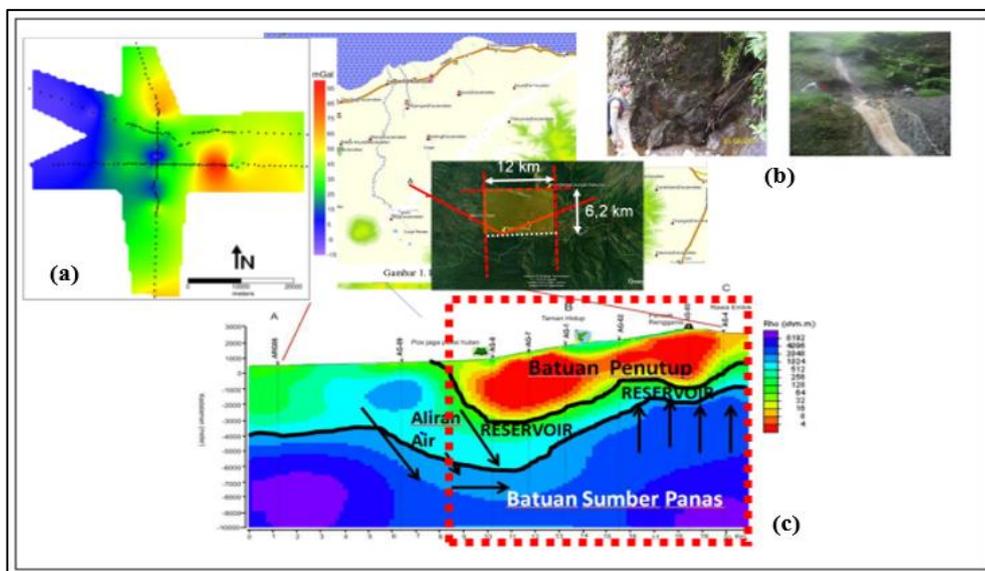
Model konseptual Gunung Iyang-Argopuro mengilustrasikan sistem panas bumi yang terdiri dari batuan penutup, reservoir, batuan dasar, dan sumber panas sistem dari data yang diperoleh. Zona *upflow* terletak di puncak Gunung-Iyang-Argopuro yang ditandai oleh munculnya fumarol dan alterasi batuan. Batuan sumber panas sistem diperkirakan berada di bawah Gunung Iyang-Argopuro. Sesar Sumbermalang di sebelah timur, dan Sesar Cemaralima di sebelah utara diperkirakan merupakan batas-batas sistem panas bumi Gunung Iyang-Argopuro.



Gambar 1. Model konseptual sistem panas bumi Gunung Iyang-Argopuro (MEMR, 2017)

Deskripsi Model Numerik

Boundary Reservoir



Gambar 2. Penentuan batas reservoir dan luas model berdasarkan data geosains (dimodifikasi dari Gaffar dkk., 2012; Indarto dkk., 2011; Nainggolan dkk., 2015)

Model dibuat menggunakan simulator TOUGH2 dengan luas sebesar 12 km x 6,2 km dengan tambahan sebesar 1 km untuk *boundary* di setiap sisi. Batas reservoir di sebelah timur dan barat ditentukan berdasarkan hasil survey MT, batas sebelah utara ditentukan berdasarkan lokasi manifestasi air panas.

Sementara itu, batas reservoir di sebelah selatan ditentukan berdasarkan data *gravity* yang menunjukkan anomali rendah. Penampang *gravity* ini dapat dilihat pada Gambar 2a.

Ketebalan Reservoir

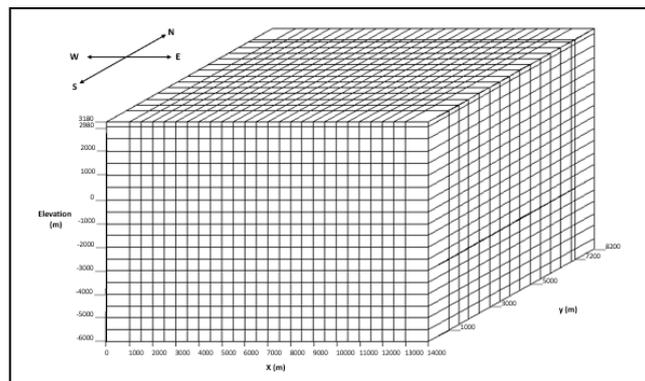
Ketebalan reservoir diperkirakan berdasarkan hasil survey MT yang menunjukkan tahanan batuan menengah, yaitu sebesar 30 Ω m – 1000 Ω m. Diperoleh ketebalan reservoir bervariasi dari 1000 m – 3000 m (Ghaffar dkk., 2012).

Gridding

Model numerik memiliki dimensi 14000 m ke arah x, 8200 m ke arah y, dan 9180 m ke arah z. Model terdiri dari 7410 blok berbentuk balok dengan ukuran blok antara 1000 m x 1000 m hingga 200 m x 500 m. Model memiliki 19 lapisan dengan ketebalan berbeda-beda tergantung letaknya di dalam sistem. Secara umum, ketebalan lapisan adalah sebesar 500 m, kecuali lapisan teratas (200 m) dan lapisan kedua (480 m).

Tabel 1. Ketebalan Model

| Lapisan | Ketebalan (m) |
|------------|---------------|
| ATM | 200 m |
| Layer 2 | 480 m |
| Layer 3-19 | 500 m |



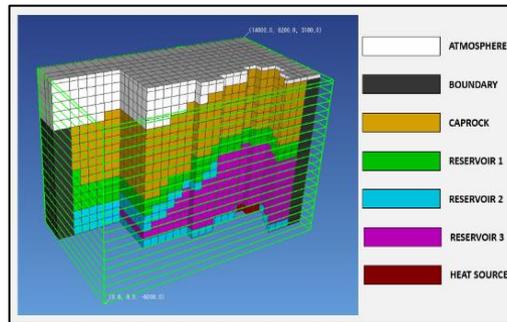
Gambar 3. Pembagian grid-blok pada model numerik Gunung Iyang-Argopuro

Input Sifat Fisik Batuan

Setelah model numerik selesai dibuat, selanjutnya sifat fisik batuan diinputkan ke dalam tiap blok. Sifat batuan meliputi densitas, porositas, permeabilitas (arah x,y,z), konduktivitas termal, dan panas spesifik. Parameter paling utama yaitu permeabilitas karena merupakan parameter yang mengontrol aliran panas dan fluida di dalam sistem.

Tabel 2. Material Properties

| Lapisan | Permeabilitas (m^2) | |
|---------|-------------------------|----------|
| | Horizontal | Vertikal |
| ATM | 1,0E-13 | 1,0E-13 |
| CAPR | 1,0E-18 | 1,0E-18 |
| RES 1 | 8,0E-15 | 4,0E-15 |
| RES 2 | 1,0E-14 | 5,0E-15 |
| ALTR | 1,0E-14 | 5,0E-15 |
| HS | 3,0E-15 | 1,0E-15 |
| BOND | 1,0E-18 | 1,0E-18 |



Gambar 4. Distribusi material dalam model

Material batuan disusun ke dalam model berdasarkan distribusi *properties* batuan dari data survei *magnetotelluric*.

Initial Condition

Untuk mempercepat proses pemodelan, *initial condition* ditetapkan untuk setiap *cell* dan blok di dalam model. Nilai tekanan dan temperatur model awal menggunakan persamaan linier dengan gradien temperatur sebesar $3^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ dan tekanan sebesar $0,0978\text{ bar/m}$.

Top Boundary

Top boundary model disesuaikan dengan kondisi atmosfer yang diinputkan ke dalam lapisan teratas. Lapisan tersebut memiliki temperatur sebesar 25°C dan tekanan sebesar 1 bar. Selain itu lapisan ini juga ditetapkan memiliki volum faktor yang besar untuk memastikan jika keadaan atmosfer tidak terpengaruh oleh keadaan reservoir (Firdaus dkk., 2016).

Side Boundary

Side boundary memiliki sifat impermeabel untuk memisahkan model dengan lingkungan di sekitar model dan tidak ada aliran panas dan massa dari luar.

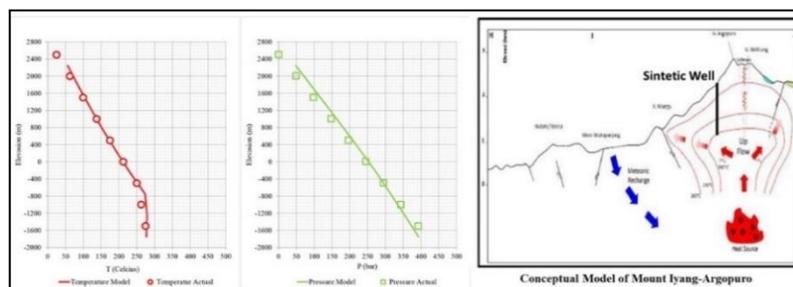
Bottom Boundary

Bottom boundary merupakan sumber panas sistem. Pada model ini, *bottom boundary* ditentukan memiliki temperatur sebesar 350°C , tekanan sebesar $7,2\text{E}07\text{ Pa}$, dan faktor volume sebesar $1,0\text{E}36$ untuk memastikan bahwa *heat source* memiliki pengaruh yang cukup ke dalam sistem

Natural State Model

Kondisi *Natural state* merupakan keadaan awal reservoir sebelum diproduksi. Validasi *natural state* dilakukan dengan menyelaraskan temperatur dan tekanan model dengan geotermometer serta gradien tekanan. Lapangan Gunung Iyang-Argopuro belum memiliki sumur. Maka sumur sintesis dibuat untuk mengetahui temperatur dan tekanan model.

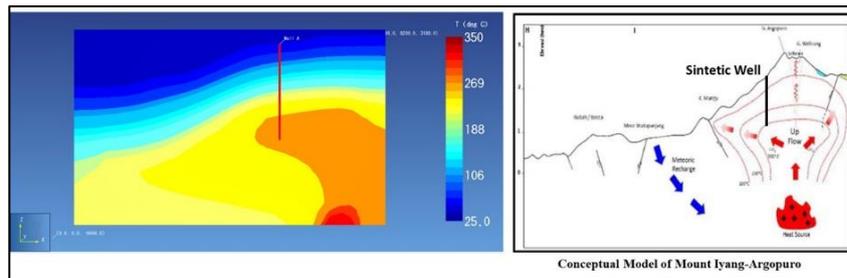
Model disimulasikan selama waktu tak terhingga, kemudian nilai tekanan dan temperatur yang terukur pada sumur digunakan untuk validasi. Model Gunung Iyang-Argopuro mencapai keadaan *natural state* setelah disimulasikan selama 22,3 juta tahun.



Gambar 5. Hasil validasi *natural state*

Berdasarkan gambar di atas, model terlihat telah selaras dengan keadaan aktualnya. Temperatur yang terukur memiliki rentang 260-270 °C yang selaras dengan hasil perhitungan geotermometer yaitu sebesar 250 °C – 270 °C. Perpindahan panas dari caprock dan top reservoir hingga ke permukaan diperkirakan merupakan aliran konduktif. Sementara itu aliran panas di reservoir bersifat konvektif yang ditunjukkan dengan gradien temperatur. Disamping menyelaraskan tekanan dan temperatur. Salah satu hal yang penting juga adalah mengidentifikasi aliran panas dan massa dari sumber panas ke seluruh sistem.

Berdasarkan hasil simulasi, aliran panas dan massa mengalir dari sumber panas ke atas (reservoir) kemudian mengarah ke sebelah kiri dari model sesuai dengan model konseptual yang telah dibuat. Oleh karena itu dari hasil penyelarasan temperatur dan tekanan, serta identifikasi aliran panas dan massa, model ini dapat dikatakan telah valid. Akan tetapi model numerik harus terus diperbarui dan dapat digunakan sebagai objek penelitian di waktu yang akan datang apabila terdapat data yang lebih lengkap.



Gambar 6. Aliran panas pada model numerik dan model konseptual

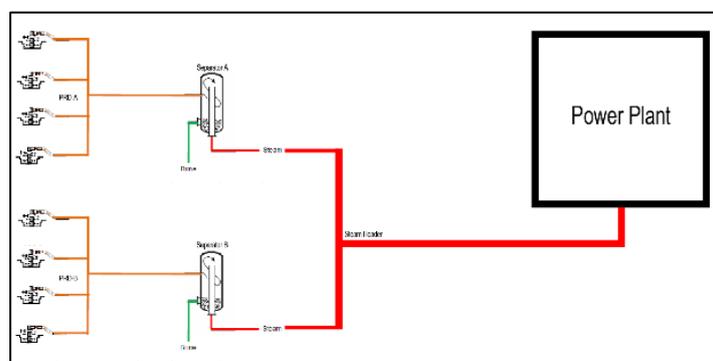
Peramalan Kinerja Reservoir

Pada penelitian ini, model *natural state* digunakan untuk memprediksi kinerja reservoir di masa yang akan datang karena belum ada sejarah produksi lapangan. Sehingga model dianggap telah melalui validasi *history matching*. Pada penelitian ini, model numerik Lapangan Gunung Iyang-Argopuro diproduksi sebesar 55 MW selama 30 tahun, sesuai dengan rencana pengembangan lapangan oleh Kementerian ESDM (2017).

Model Lapangan Gunung Iyang-Argopuro digunakan untuk memprediksi kinerja reservoir untuk menyuplai uap selama 30 tahun. Lapangan Gunung Iyang-Argopuro diasumsikan memiliki satu unit pembangkit dengan kapasitas 55 MW. *Power plant* menerima uap dari dua *cluster* sumur yang masing-masing memiliki satu separator. Uap dari kedua cluster kemudian dialirkan ke turbin yang terdapat di *power plant*.

Tabel 3. Parameter Peralatan Permukaan dan *Power Plant*

| Parameter | Nilai | Satuan |
|-----------------------------|-------|--------|
| Tekanan Kepala Sumur | 19-23 | bar |
| Tekanan Separator | 10 | Bar |
| Tekanan <i>Inlet</i> Turbin | 9 | Bar |
| | 0,1 | Bar |
| Efisiensi Turbin | 80 | % |



Gambar 7. Skema *gathering system*

Deskripsi Skenario

Model reservoir Gunung Iyang-Argopuro disimulasikan dalam beberapa skenario untuk mengetahui strategi pengembangan lapangan yang tepat. Skenario yang diujicobakan dapat dilihat pada Tabel 4.

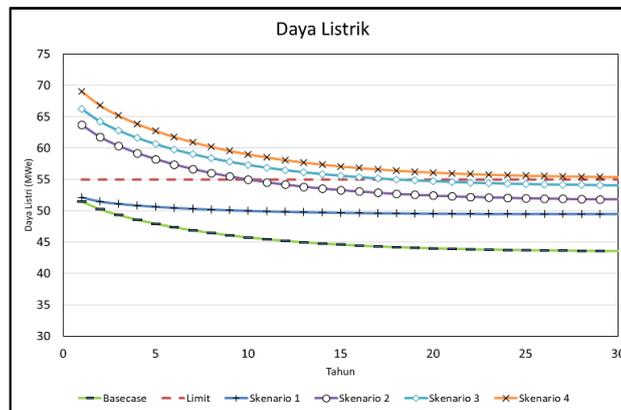
Tabel 4. Deskripsi Skenario

| Skenario | Nilai |
|----------|------------------------------|
| Basecase | 7 sumur produksi |
| 1 | 7 sumur produksi + 1 injeksi |
| 2 | 8 sumur produksi |
| 3 | 8 sumur produksi + 1 injeksi |
| 4 | 9 sumur produksi |

Hasil dan Pembahasan

Model disimulasikan sesuai dengan skenario yang telah dibuat. Hasil simulasi terdiri dari laju produksi, temperatur, entalpi, dan tekanan alir dasar sumur fluida. Parameter tersebut digunakan untuk menghitung daya listrik yang dibangkitkan oleh turbin selama 30 tahun.

Berdasarkan hasil simulasi dan hasil perhitungan, diperoleh grafik daya listrik versus waktu tiap skenario yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil peramalan kinerja model reservoir lapangan Gunung Iyang-Argopuro

Berdasarkan Gambar 8 di atas, diketahui apabila skenario *basecase* dan skenario 1 dengan 7 sumur produksi tidak mampu menghasilkan daya listrik sebesar 55 MW. Skenario 1 dengan sumur reinjeksi mengakibatkan daya listrik tidak turun drastis meskipun belum mampu mencapai target.

Skenario 2 dan 3 pada mulanya mampu menghasilkan daya sebesar 55 MW. Tetapi penurunan produksi membuat daya listrik yang dihasilkan menurun dan melewati batas 55 MW sebelum masa kontrak berakhir.

Skenario yang mampu mempertahankan produksi di atas 30 tahun adalah skenario 4 yang menggunakan 9 sumur produksi. Tetapi, skenario ini perlu mempertimbangkan adanya sumur make-up well pada tahun ke 20. Karena daya yang dihasilkan telah mendekati batas 55 MW.

Kesimpulan

1. Model numerik reservoir panas bumi Gunung Iyang-Argopuro dibuat berdasarkan data geosains.
2. Model numerik reservoir panas bumi Gunung Iyang-Argopuro mencapai keadaan *natural state* setelah disimulasikan selama 22,3 juta tahun dengan temperatur mencapai 270 °C.
3. Model numerik reservoir Gunung Iyang-Argopuro mampu menghasilkan daya listrik sebesar 55 MW selama 30 tahun dengan 9 sumur produksi.
4. Sumur reinjeksi berguna untuk mempertahankan produksi fluida sehingga daya yang dihasilkan tidak mengalami penurunan yang drastis.

Rekomendasi

Diharapkan penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan adanya sumur make-up dan sumur reinjeksi dalam skenario pengembangan lapangan serta model numerik harus diperbarui apabila terdapat data yang lebih akurat.



Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Dirjen EBTKE yang sudah memberikan ijin untuk memakai data survey yang telah dilakukan di Gunung Iyang-Argopuro dan semua pihak yang telah membantu penyelesaian penelitian ini.

Daftar Notasi

| | | |
|------|---|-------------------------|
| ATM | = | Kondisi Atmosfer |
| BOND | = | Kondisi Batas Reservoir |
| RES | = | Reservoir |
| ALTR | = | Batuan Alterasi |
| HS | = | Sumber Panas |
| CAPR | = | Batuan Penutup |

Daftar Pustaka

- Firdaus F, Sutopo dan Pratama HB. The natural state numerical model of patuha geothermal reservoir, Indonesia. Proceedings 4th Indonesia International Geothermal Convention & Exhibition. 2016; (4): 1–13.
- Gaffar EZ, Indarto S dan Sudrajat Y. Pencitraan struktur internal Gunung Iyang prospek panas bumi. Prosiding Pemaparan Hasil Penelitian Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI. 2012: 361–373.
- Indarto S, Fauzi A, Gaffar EZ, Abdullah AK dan Utara S. Manifestasi permukaan panas bumi daerah Rabunan, Gunung Argopuro, Jawa Timur berdasarkan mineralogi dan kimia unsur utama. Prosiding Pemaparan Hasil Penelitian Puslit Geoteknologi-LIPI. 2011: 53–61.
- Kementerian ESDM. Potensi Panas Bumi Indonesia Jilid 1. Direktorat Panas Bumi: Jakarta. 2017: 640-647.
- Nainggolan SS, Sastranegara RMT dan Raharjo IB. Volcanic neck of mount iyang argopuro revealed from gravity study. World Geothermal Congress. 2015: 1–4.
- Pruess K, Oldenburg C dan Moridis G. *TOUGH2 USER'S GUIDE, VERSION 2*. University of California, Berkeley. 2012.
- Purwanto MS, Bashri A, Harto M dan Syahwirawan Y. Citra satelit landsat 8 + tris sebagai tinjauan awal dari manifestasi panas bumi di wilayah gunung argopura. Jurnal Geosaintek. 2017; 3(1): 13-16.
- Singarimbun A, Gaffar EZ dan Tofani P. Modeling of reservoir structure by using magnetotelluric method in the area of Mt. Argopuro, East Java, Indonesia. Journal of Engineering and Technological Sciences. 2017; 49(6) : 833–847.
- Vereina OB. Numerical modelling of the natural state of the mutnovsky geothermal reservoir (Kamchatka, Russia). Proceedings World Geothermal Congress. 2005: 1–8.



Lembar Tanya Jawab

Moderator : Retno Ringgani (UPN "Veteran" Yogyakarta)

Notulen : Perwitasari (UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : Retno Ringgani (UPN "Veteran" Yogyakarta)
- Pertanyaan : a. Apakah yang menjadi parameter untuk menentukan bahwa ditempat tersebut terdapat potensi panas bumi?
b. Bagaimana sistem simulasi numerik TOUGH2 ini dijalankan?
c. Variabel apa saja yang diinput dalam simulasi program TOUGH2?
- Jawaban : a. Parameter yang digunakan untuk menentukan ada tidaknya sumber panas bumi disuatu tempat bisa dilihat dari data geoscience dan tidaknya sumber air panas.
b. Caranya dengan memasukkan data input kemudian menjalankan program (*running program*). Apabila data yang diinput sesuai, maka *running program* akan cepat. Sebaliknya jika data yang diinput belum sesuai maka *running program* akan berjalan lambat hingga didapatkan hasil model yang sesuai (*matching*).
c. Data yang diinput antara lain porositas, permeabilitas, kapasitas panas bahan, kapasitas panas jenis dan material dari lapisan tersebut. Data-data tersebut diinputkan dalam program untuk selanjutnya dilakukan *running program* hingga diperoleh model yang sesuai.