

**PENERAPAN METODE *VOLUMETRIC-STORED HEAT* DENGAN SIMULASI
MONTE-CARLO DAN *BREAK EVEN ANALYSIS* BERBASIS *PYTHON* PADA EVALUASI
PROSPEK PANAS BUMI STUDI KASUS: LAPANGAN PANAS BUMI “MENENGAJ”**

Bayu Setiawan¹, Evi Komala Sari², William Jhanesta³

^{1,2,3}Universitas Indonesia

e-mail :¹bayu.setiawan71@ui.ac.id,²evi.komala@ui.ac.id, ³william.jhanesta@ui.ac.id

ABSTRACT

In the development of a geothermal field, resource estimation is needed. This process is crucial in determining the suitability of a certain geothermal field to be developed technically and economically. In this research, we develop an enerSYS application based on Python programming language to conduct resource estimation by volumetric- stored heat method using monte-carlo simulation followed by economic analysis using break-even analysis method. The result of calculation using volumetric-stored heat method in geothermal field “Menengai” shows P10=304.53 MWe, P50=210.55 MWe, P90=134.73 MWe. Based on the economic analysis, it can be predicted that this field will reach its break-even point in its 6th year. The amount of profit which can be obtained during 25 years of production of geothermal field “Menengai” is predicted to be 25905.52 MM USD.

Keywords : break-even analysis, monte-carlo, resource estimation, stored heat, volumetric

INTISARI

Dalam pengembangan suatu lapangan panas bumi, diperlukan adanya estimasi cadangan sumber daya. Hal ini penting dilakukan untuk menentukan apakah suatu lapangan panas bumi layak untuk dikembangkan baik secara teknis maupun ekonomis. Pada penelitian ini, penulis mengembangkan aplikasi *enerSYS* berbasis bahasa pemrograman *Python* guna mengestimasi cadangan sumber daya panas bumi dengan metode *volumetric-stored heat* menggunakan *monte-carlo simulation* yang kemudian dilanjutkan dengan analisis secara ekonomi menggunakan metode *Break-Even Analysis*. Hasil perhitungan *volumetric-stored heat* pada lapangan “Menengai” yaitu P10 = 304.53 MWe, P50 = 210.55 MWe, dan P90 = 134.73 MWe. Berdasarkan hasil analisis ekonomi, lapangan ini mencapai *break-even point* pada tahun ke-6. Keuntungan yang diperoleh selama 25 tahun produksi pada lapangan panas bumi “Menengai” ini diperkirakan mencapai 25905.52 MM USD.

Kata kunci : analisis break-even, monte-carlo, resource estimation, stored heat, volumetric

1. PENDAHULUAN

Pengembangan suatu lapangan panas bumi merupakan salah satu rangkaian yang cukup panjang, mulai dari tahap perizinan, eksplorasi, pengeboran, eksploitasi, hingga akhirnya bisa dimanfaatkan oleh masyarakat. Sebelum dikembangkan lebih lanjut, suatu lapangan panas bumi perlu dianalisis lebih lanjut agar nantinya dapat ditentukan, baik secara teknis maupun ekonomi, apakah lapangan tersebut dapat menjadi lapangan yang prospek jika

dikembangkan ke depannya. Salah satu aspek dalam penilaian tersebut adalah estimasi cadangan panas bumi. Estimasi cadangan panas bumi adalah perhitungan kandungan energi panas dari suatu sistem panas bumi yang dapat dikonversikan menjadi energi listrik dalam kurung waktu tertentu (Mwawasi, 2018).

Aspek penting lainnya yaitu estimasi *break-even point* (BEP), yang merupakan metode untuk mempelajari perubahan keluaran hasil produksi pada pengeluaran, pendapatan, dan keuntungan (Ndaliman & Suleiman, 2011). Titik ini merupakan tingkatan volume produksi yang merupakan hasil total pendapatan sama dengan total biaya (Nwachukwu, 2004). Penelitian ini akan membahas mengenai estimasi cadangan sumber daya panas bumi berdasarkan data geosains dan pemboran serta analisis ekonomi untuk menghitung waktu balik modal atau keuntungan pertama dari proses pengembangan lapangan “Menengai”.

Lapangan panas bumi “Menengai” terdapat di Nakuru, Kenya *Rift Valley* dan terdiri dari kaldera “Menengai”, area vulkanis Ol rongai, dan Solai graben. Area ini memiliki luasan kurang lebih 850 km². Geologi permukaan pada Kaldera “Menengai” ini didominasi oleh lava *trachyte* dalam berbagai tekstur, piroklastik, *ignimbrite*, dan basalt di mana erupsi paling muda berlokasi di tengah kaldera (Mibei *et al.*, 2016). Eksplorasi sumber daya panas bumi di lapangan “Menengai” dilaksanakan pada tahun 2004 dan dilanjutkan dengan *infill work* di 2010. Eksplorasi yang dilakukan berupa investigasi geosains yang terdiri dari geologi, geofisika, geokimia, dan pengukuran *heat loss* dalam upaya untuk menemukan keberadaan sumberdaya panas bumi pada area tersebut. Ditemukan bahwa area *upflow* berada tepat di bawah kaldera dan *outflow* berada pada arah utara.

Temperatur reservoir dari hasil gas geotermometer berkisar 280 °C (Suwai, 2011). Kemudian pada tahun 2011 dilakukan drilling sumur eksplorasi MW-1, MW-2, dan MW-3. Ketiga sumur ini di buat sebagai sumur produksi normal dengan tujuan agar sumur ini dapat berperan pula sebagai sumur eksplorasi, yang mana data dari sumur ini nantinya dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya. (Suwai, 2011).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan data sekunder oleh Mibei dan Lagat (2011), Kipyego, E.K. (2013), Mibei, Njue, dan Ndongoli (2016), dan Mwawasi (2018). Data tersebut kemudian diolah dengan *enerSYS* (*enerVOLTION* dan *enerECOTION*) yaitu sistem integrasi perhitungan cadangan energi panas bumi dengan metode *volumetric-stored heat* dan analisis *break-even point* yang dikembangkan oleh Departemen Geofisika, Universitas Indonesia.

2.1. Volumetric-Stored Heat

Metode ini merupakan salah satu teknik estimasi cadangan panas bumi yang secara konsep menghitung banyaknya energi yang disimpan oleh matriks batuan dan fluida yang terkandung di dalamnya. Metode volumetrik digunakan untuk mengestimasi potensi energi panas bumi pada kelas sumber daya hipotesis sampai dengan cadangan terbukti (Wulandari dan Rading, 2017). Metode ini menggunakan parameter baku dari SNI 13-6482-2000. Pada kelas sumber daya hipotesis sampai dengan cadangan terbukti digunakan metode volumetrik dengan rumus Persamaan (1).

$$He = Ah \left[\begin{array}{l} (1 - \phi)\rho_r C_r T + \\ \phi \left(\begin{array}{l} \rho_L U_L S_L + \\ \rho_V U_V S_V \end{array} \right) \end{array} \right] \quad (1)$$

Di mana:

- H_e : Kandungan energi panas (kJ)
 A : Luas area prospek panas bumi (m^2)
 h : Ketebalan reservoir (m)
 T : Temperatur Reservoir ($^{\circ}C$)
 C_r : Kapasitas panas batuan (kJ/kg $^{\circ}C$)
 ϕ : Porositas batuan (%)
 ρ_r : Densitas batuan (kg/m 3)
 ρ_L : Densitas fluida (kg/m 3)
 ρ_V : Densitas uap (kg/m 3)
 U_L : Energi dalam fluida (kJ/kg)
 U_V : Energi dalam uap (kJ/kg)
 S_V : Saturasi uap (%)
 S_L : Saturasi air (%)

Persamaan ini mengasumsikan sebuah model deterministik di mana reservoir panas bumi umumnya dikarakterisasi dengan ketidakpastian oleh parameter fisis tersebut. Dalam melakukan estimasi energi panas bumi dengan metode volumetrik, dapat dilakukan dengan beberapa proses sebagai berikut (BSN, 2000):

- Menghitung kandungan energi di dalam reservoir pada keadaan awal (T_i) dengan Persamaan (2).

$$H_{ei} = Ah \left[\begin{array}{l} (1 - \phi)\rho_r C_r T_i + \\ \phi \left(\frac{\rho_L U_L S_L +}{\rho_V U_V S_V} \right) \end{array} \right] \quad (2)$$

- Menghitung kandungan energi di dalam reservoir pada keadaan akhir (T_f) dengan Persamaan (3).

$$H_{ef} = Ah \left[\begin{array}{l} (1 - \phi)\rho_r C_r T_f + \\ \phi \left(\frac{\rho_L U_L S_L +}{\rho_V U_V S_V} \right) \end{array} \right] \quad (3)$$

- Menghitung energi maksimum yang dapat dimanfaatkan dengan Persamaan (4).

$$H_{th} = H_{ei} - H_{ef} \quad (4)$$

- Menghitung energi panas yang dapat diambil (cadangan energi panas bumi), jika cadangan dinyatakan dalam satuan kJ, maka besar cadangan ditentukan dengan menggunakan Persamaan (5)

$$H_{de} = R_f \times H_{th} \quad (5)$$

- Jika cadangan dinyatakan dalam satuan MWth, maka besar cadangan ditentukan dengan menggunakan Persamaan (6).

$$H_{re} = \frac{H_{de}}{t \times 365 \times 24 \times 3600 \times 1000} \quad (6)$$

- Menghitung potensi listrik panas bumi dalam artian besar energi listrik yang dapat dibangkitkan selama periode sekian tahun dalam satuan MWe ditentukan dengan Persamaan (7).

$$H_{el} = \frac{H_{de} \times \eta}{t \times 365 \times 24 \times 3600 \times 1000} \quad (7)$$

Di mana:

- H_{ei} : Kandungan energi dalam batuan dan fluida pada keadaan awal (kJ)
 H_{ef} : Kandungan energi dalam batuan dan fluida pada keadaan akhir (kJ)

- H_{th} : energi panas bumi maksimum yang dapat dimanfaatkan (kJ)
 H_{de} : energi panas bumi maksimum yang dapat diambil ke permukaan (cadangan panas bumi) (kJ)
 H_{re} : energi panas bumi maksimum yang dapat diambil ke permukaan selama periode tertentu (cadangan panas bumi) (MWth)
 H_{el} : potensi listrik panas bumi (MWe)
Rf : faktor perolehan (%)
t : lama waktu pembangkitan listrik (tahun)
 η : faktor konversi listrik (%)

2.2. Monte-Carlo

Metode simulasi *monte-carlo*, khususnya pada bidang panas bumi, merupakan metode pendekatan probabilistik yang digunakan untuk mengestimasi besar potensi cadangan panas bumi. Metode ini dilakukan berdasarkan distribusi kemungkinan setiap variabel yang dijadikan parameter perhitungan (Kalos & Withlock, 2008). Metode ini menggunakan teknik stokastik untuk mengevaluasi efek perubahan dan ketidakpastian pada parameter fisika (Shah *et al.*, 2018). Nilai ini akan digunakan untuk menghasilkan nilai acak. Keluaran dari proses ini adalah berupa hubungan probabilitas dengan harga yang dapat dinyatakan dengan persamaan matematis berupa kurva *probability density function* atau *probability distribution function* bersamaan dengan nilai *probability of success* P10, P50, dan P90 untuk analisis resiko.

Dalam industri panas bumi terdapat banyak ketidakpastian seperti contohnya dalam perkiraan volume cadangan reservoir yang mana nilainya bukan merupakan harga pasti namun berupa rentang harga, sehingga analisis resiko menjadi hal yang sangat krusial. Dalam penelitian ini, digunakan dua tipe distribusi, yaitu distribusi *constant* dan *triangular*. Distribusi *constant* merupakan distribusi di mana kemungkinan terjadinya suatu nilai x adalah sama. Distribusi ini juga disebut *rectangular distribution* karena bentuk *probability density function*nya (PDF) yang *rectangular*, dengan rumus seperti Persamaan (8) (Salling, 2007).

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & a < x < b, \\ 0 & x < a \text{ atau } x > b \end{cases} \quad (8)$$

Distribusi *triangular* Biasanya digunakan sebagai deskripsi subjektif dari populasi di mana hanya terdapat data dengan sample terbatas. Distribusi ini dibuat berdasarkan pengetahuan akan nilai minimum, maksimum, dan modus seperti pada Persamaan (9) (Salling, 2007).

$$f(x|a, b, c) = \begin{cases} \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)} & a \leq x \leq b \\ \frac{2(b-x)}{(b-a)(b-c)} & c < x \leq b \end{cases} \quad (9)$$

2.3. Break-Event Point Analysis

Break-even analysis merupakan suatu alat yang digunakan untuk mempelajari hubungan antara biaya tetap, biaya variabel keuntungan, dan volume penjualan (Riyanto, 2013). Analisis ini digunakan untuk menentukan tingkat penjualan dan bauran produk yang diperlukan agar semua biaya yang terjadi dalam periode tersebut dapat tertutupi yang disebut dengan *break-even point* (Matz, Usry, & Hammer, 1984). BEP merupakan suatu keadaan perusahaan yang mana dengan keadaan tersebut perusahaan tidak mengalami kerugian namun juga perusahaan

tidak mendapatkan laba sehingga terjadi keseimbangan atau impas. Dalam menentukan estimasi BEP pada proyek lapangan panas bumi dapat dilakukan dengan persamaan Herjanto (2007), yang telah dimodifikasi seperti Persamaan (10).

$$BEP = \frac{FC}{SP-VC} \quad (10)$$

Di mana

BEP : *Break-Event Point*, titik impas (year)

FC : *Fixed Cost*, biaya tetap atau tidak berubah meskipun volume produksi berubah (USD)

VC : *Variable Cost*, biaya berubah-ubah sesuai dengan perubahan volume produksi (USD/year)

SP : *Selling Price*, harga jual pertahun (USD/year)

Dengan SP didapatkan dengan menggunakan rumus Persamaan (11).

$$SP = TC \times P \quad (11)$$

TC : *Total capacity*, Kapasitas total atau daya yang dihasilkan pada lapangan panas bumi (kWh/year)

P : *Price*, Harga jual per kWh (USD)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. *Volumetric-Stored Heat*

Pada aplikasi ini, parameter input yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1. Pada studi kasus ini penulis melakukan estimasi *volumetric-stored heat* menggunakan parameter input seperti pada penelitian Mwawasi (2018). Tampilan *user interface* penginputan parameter dalam program *enerVOLTION* ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 1. Parameter input estimasi *volumetric-stored heat* menggunakan simulasi *monte-carlo*. Data merupakan hasil survei geosains dan pemboran (Mwawasi, 2018).

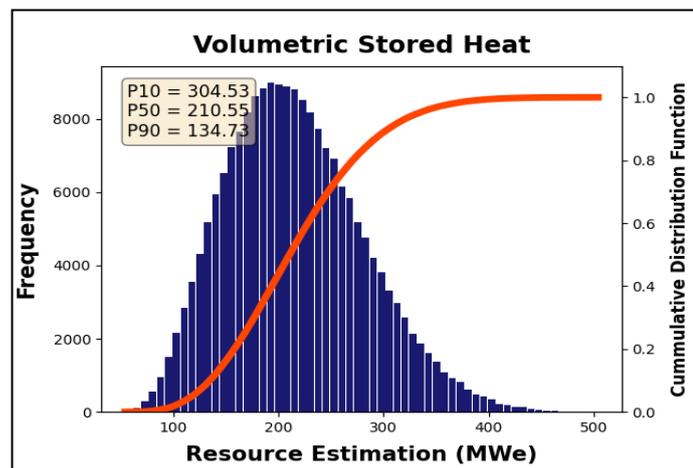
Parameter	Min.	Most Likely	Max	Distribution
				Type
Reservoir Area (km ²)	10	23.95	37.9	Triangular
Reservoir Thickness (m)	400	700	1000	Triangular
Rock Density (kg/m ³)	2550	2650	2600	Triangular
Porosity (-)	-	0.07	-	Lognormal
Recovery Factor (-)	-	0.175	-	Constant
Rock Specific Heat (kJ/kg°C)	-	1	-	Constant
Reservoir Average Temperature (°C)	290	310	330	Triangular
Reservoir Average Pressure (MPa)	4.9	6.37	7.85	Triangular
Heat-Electricity Conversion Efficiency (-)	-	0.154	-	Constant
Plant Life (year)	-	25	-	Constant
Load Factor (-)	0.9	0.92	0.95	Triangular
Abandonment Temperature (°C)	-	165	-	Constant

	Low	Most-Likely	High	Distribution Type	
Reservoir Area [km ²]	10	23.95	37.90	Triangular	Generate
Reservoir Thickness [m]	400	700	1000	Triangular	Generate
Rock Density [kg/m ³]	2550	2600	2650	Triangular	Generate
Porosity	0	0.07	0	Constant	Generate
Recovery Factor	0	0.175	0	Constant	Generate
Rock Specific Heat [kJ/kgC]	0	1	0	Constant	Generate
Reservoir Average Temperature [C]	290	310	330	Triangular	Generate
Heat-Electricity Conversion Efficiency [C]	0	0.154	0	Constant	Generate
Plant Life [Year]	0	25	0	Constant	Generate
Load Factor	0.90	0.92	0.95	Triangular	Generate
Abandonment Temperature [C]	0	165	0	Constant	Generate
Liquid Saturation Initial	0	0.9	0	Constant	Generate
Liquid Saturation Final	0	0.8	0	Constant	Generate

Calculate Volumetric

Gambar 1. Input parameter simulasi *monte-carlo* dengan *software enerVOLTION*

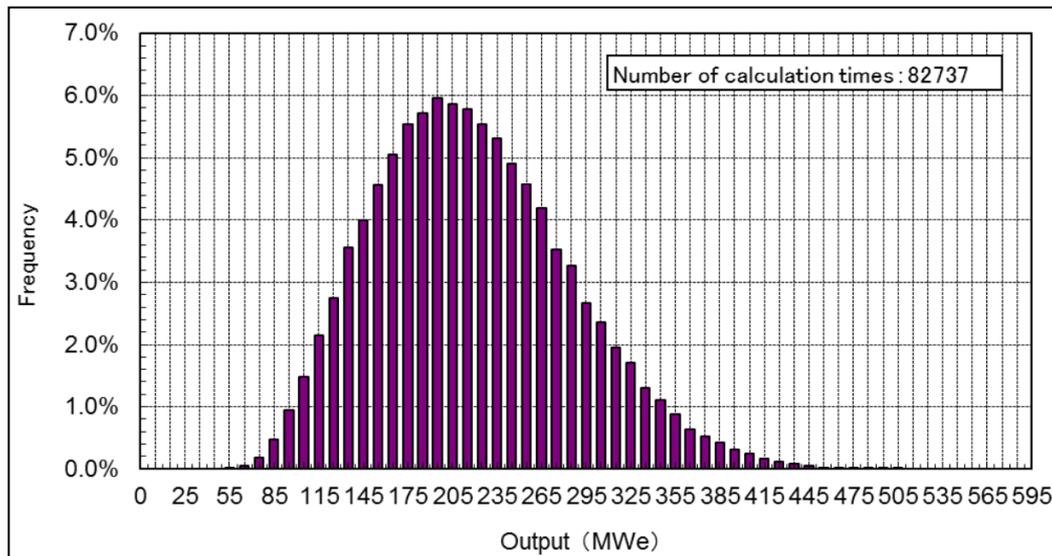
Pada parameter *porosity*, dikarenakan pada data penelitian sebelumnya tidak terdapat nilai minimum dan maksimum sehingga tidak dapat men-*generate* distribusi lognormal, maka pada perhitungan ini parameter tersebut menggunakan tipe distribusi konstan. Output estimasi *volumetric-stored heat* lapangan panas bumi “Menengai” menggunakan *enerVOLTION* terdapat pada Gambar 3 dengan jumlah iterasi sebanyak 200000.



Gambar 2. Hasil simulasi *monte-carlo* estimasi *volumetric-stored heat* lapangan “Menengai” dengan *software enerVOLTION*

Berdasarkan hasil perhitungan ini didapatkan bahwa daya yang dapat dihasilkan pada lapangan panas bumi ini yaitu P10 = 304.53 MWe, P50 = 210.55 MWe, dan P90 = 134.73 MWe. Output hasil perhitungan *volumetric-stored heat* lapangan panas bumi “Menengai” pada penelitian Mwawasi (2018) terdapat pada Gambar 4. Pada lapangan ini terdapat kemungkinan 50% daya yang dihasilkan lebih dari 190 MWe. Hasil perhitungan estimasi *volumetric-stored heat* pada P50, didapatkan bahwa pada program *enerVOLTION* yaitu 210.55 MWe dan pada estimasi Mwawasi (2018) sebesar 190 MWe. Berdasarkan hasil simulasi ini, didapatkan bahwa perbedaan estimasi tersebut memiliki *margin error* sebesar 10.52%. Nilai maksimum dan minimum hasil estimasi cadangan juga

memiliki kecocokan yang baik antara Mwawasi (2018) dan *enerVOLTION* yang mana nilai minimum pada kedua penelitian bernilai 55 MWe dan maksimum bernilai 445 MWe. Penulis menduga *margin error* ini disebabkan karena adanya perbedaan penggunaan tipe distribusi pada parameter *porosity* yang pada penelitian Mwawasi (2018) menggunakan tipe lognormal namun pada penelitian ini menggunakan tipe *constant*. Kemudian pada penelitian ini penulis mengasumsikan nilai *liquid saturation initial* dan *liquid saturation final*, yaitu sebesar 0.9 dan 0.8 (*liquid dominated system*) yang mana pada penelitian Mwawasi (2018) tidak disebutkan.

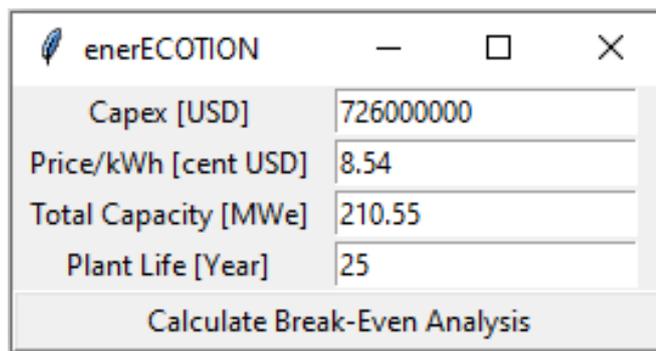


Gambar

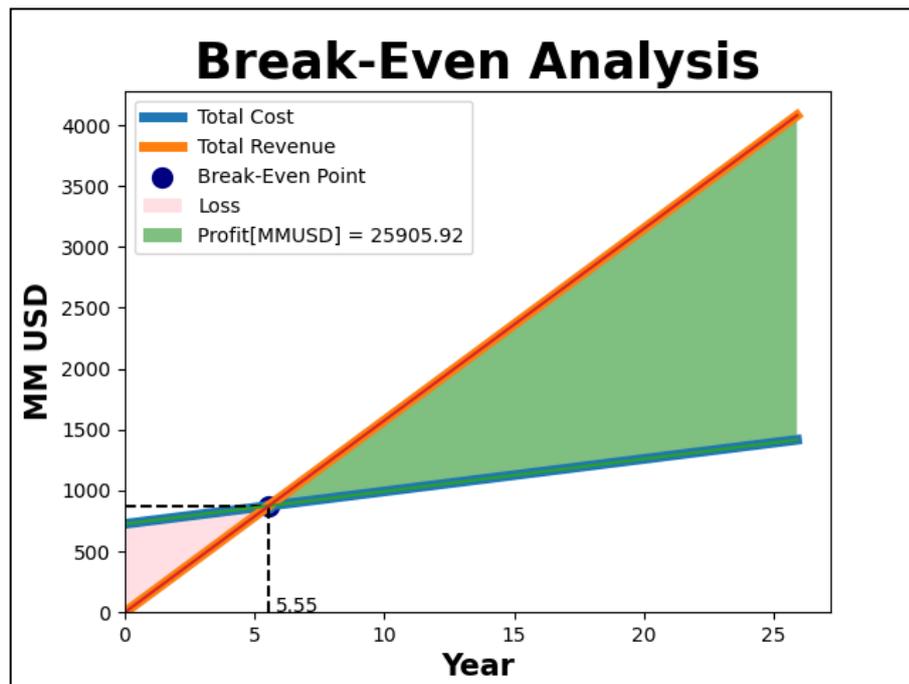
3. Hasil simulasi *monte-carlo* estimasi *volumetric-stored heat* lapangan “Menengai” (Mwawasi, 2018)

3.1. Break-Even Analysis

Pada aplikasi ini, parameter input yang dimasukkan kedalam analisis *break-even* yaitu *CAPEX*, *price/kwh*, *total capacity*, dan *plant life*. Tampilan *user interface* penginputan parameter dalam program *enerECOTION* terlihat pada Gambar 5. Nilai tarif listrik yang digunakan untuk area penelitian adalah 8.54 cent USD/kWh (Ngugi, 2013). Pendapatan pertahun untuk lapangan “Menengai” dengan kapasitas 210.55 MWe sebesar 157101840 USD. *Output break-even analysis* lapangan panas bumi “Menengai” menggunakan *enerECOTION* terdapat pada Gambar 6. Berdasarkan hasil perhitungan ini didispatkan bahwa proyek lapangan panas bumi “Menengai” akan mencapai *break-even point* pada tahun ke-6 dan mendapatkan total keuntungan sebesar 25905.52 MM USD.



Gambar 4. Parameter input untuk analisis BEP pada *software enerECOTION*



Gambar 5. Grafik BEP yang menunjukkan keuntungan pada proses pengembangan lapangan panas bumi “Menengai” diperoleh setelah pembangkit beroperasi selama 6 tahun.

Hasil estimasi *volumetric-stored heat* menggunakan simulasi *monte-carlo* pada aplikasi yang dikembangkan penulis memiliki luaran berupa $P_{10} = 304.53$ MWe, $P_{50} = 210.55$ MWe, dan $P_{90} = 134.73$ MWe. Nilai P_{50} hasil estimasi dari software yang dikembangkan penulis memiliki *margin error* sebesar 10.52% dengan P_{50} pada penelitian Mwawasi (2018) sebesar 190 MWe. Nilai *margin error* ini dinilai masih memiliki kecocokan yang baik. Nilai maksimum 445 MWe dan minimum 55 MWe hasil estimasi cadangan juga memiliki kecocokan yang baik antara Mwawasi (2018) dan *enerVOLTION*, dan juga berdasarkan hasil perhitungan BEP, dengan cadangan 210 MWe lapangan ini dapat menghasilkan keuntungan sebesar 157101840 USD/Tahun dan akan mencapai *break-even point* pada tahun ke-6 dengan total keuntungan sebesar 25905.92 USD pada tahun ke-25. Hal ini membuktikan bahwa aplikasi yang dikembangkan oleh penulis terbukti memiliki kecocokan yang baik dengan penelitian sebelumnya, sehingga aplikasi ini dapat digunakan dalam proyek eksplorasi panas bumi khususnya untuk mengestimasi seberapa besar daya yang dihasilkan pada wilayah kerja panas bumi dan seberapa besar keuntungan yang akan didapat. Aplikasi ini akan terus dikembangkan untuk bisa memperoleh *margin error* yang lebih kecil dari 10,52%, untuk mengurangi resiko dalam menganalisis cadangan sumber daya panas bumi dan dalam menghitung waktu balik modal atau keuntungan pertama dari proses pengembangan lapangan panas bumi.

4. KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa *software* yang dikembangkan oleh penulis cukup berhasil dalam mengestimasi cadangan sumber daya panas bumi serta berhasil menganalisis ekonomi untuk menghitung waktu keuntungan pertama dari lapangan panas bumi Menengai. *Software* ini akan terus dikembangkan untuk dapat memperoleh

margin error yang lebih kecil dari penelitian lapangan panas bumi Menengai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada UNU-GTP dan AILIMA yang telah menyediakan data dan enerGIS Indonesia yang memberikan dukungan dan tempat berdiskusi hingga terselesaikannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 1998. *Klasifikasi Potensi Panas bumi di Indonesia*. SNI, 13-5012-1998.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 1999. *Angka Parameter Dalam Estimasi Potensi Energi PanasBumi*. SNI, 13-6482-2000.
- Herjanto, E. 2007. *Manajemen Operasional (Edisi Ketiga)*. Yogyakarta: Grasindo.
- Kalos, M. H. & Whitlock, P. A. 2008. *Monte Carlo Methods, 2nd Edition*. John and Wiley. ISBN: 978-3-527-40760-6
- Kipyego E.K. 2013. *Assessment of “Menengai” geothermal system for future production: A preliminary numerical model*. University of Auckland, Master of Energy project report.
- Matz, A., Usry, M. F., & Hammer, L. H. 1984. *Cost Accounting : Planning and Control*. 8th Edition. Cincinnati: South-Western Publishing Co.
- Mibei, G., Njue, L., & Ndongoli, C. 2016. Geothermal exploration of the “Menengai” geothermal field. *Proceedings 6th African Rift, Geothermal Conference*. Ethiopia.
- Mibei, G. & Lagat, J. 2011. Structural controls in “Menengai” geothermal field. *Proceedings of the Kenya Geothermal Conference 2011*. pp 5.
- Mwawasi, H. 2018. *Geothermal Resource Assessment-Case Example, “Menengai” Phase I*. UNU-GTP.
- Ndaliman, M.B., & Suleiman, U.Y. An economic model for break-even analysis. *2nd International Conference on Mechanical and Manufacturing Engineering*. Malaysia.
- Ngugi, P.K. 2013. What does geothermal cost? – the Kenya experience. *Short Course VII on Exploration for Geothermal Resources*. UNU-GTP.
- Nwachukwu. 2004. *Management: Theory and Practice*. Africana First Publisher Limited, Nigeria. Pp 265-267.
- Riyanto, B. 2013. *Dasar-Dasar Pembelanjaan Perusahaan*. Edisi Keempat. Yogyakarta: BPFE-Yogyakarta.
- Salling, K.B. 2007. *Risk Analysis and Monte Carlo Simulasion within*. Centre for Traffic and Transport.
- Shah, M., Vaidya, D., & Sircar, A. 2018. Using monte carlo simulation to estimate geothermal resource in Dholera geothermal field, Gujarat, India. *Multisclae and Multidisciplinary Modeling, Experiments and Design*. Vol 1. pp 83-95. <https://doi.org/10.1007/s41939-018-0008-x>.
- Suwai, J. J. 2011. *Preliminary Reservoir Analysis of Menengai Geothermal Field Exploration Wells*. Geothermal Development Company Ltd. – GDC
- Wulandari, S., & Rading, A. 2017. Potensi Cadangan Panas Bumi dengan Metoda Volumetrik pada Sumur Saka-1 Lapangan Panas Bumi “X” Kabupaten Lembata Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Offshore*. Vol 1, No 1. pp 1-8.