

PENGARUH TEMPERATUR LINGKUNGAN TERHADAP EFISIENSI TURBIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS BUMI (PLTP)

NK.Caturwati, Imron Rosyadi, Febriana Irfani C.

Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl.Jenderal Sudirman km.3 Cilegon 42435

Telp. +62 254 395502, Fax. +62 254 395440

e-mail : n4wati@yahoo.co.id

ABSTRAK

Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Indonesia diperkirakan memiliki potensi energi panas bumi sebesar 27.000 MW yang tersebar di 256 lokasi [Suyanto]. Jumlah ini menyatakan Indonesia merupakan daerah yang memiliki cadangan energi panas bumi 40% dari total cadangan panas bumi dunia. Paper ini menyajikan hasil penelitian mengenai pengaruh temperatur lingkungan terhadap unjuk kerja turbin pembangkit listrik tenaga panas bumi. Penelitian dilakukan di Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) PT. Pertamina Geothermal Energy (PT. PGE) Area Kamojang, pada 2 Maret 2010 hingga 2 Mei 2010. Pengambilan data dilakukan secara berulang sepanjang hari dari jam 5.00 hingga jam 01.00 keesokan harinya dengan jeda waktu pengamatan 2 – 3 jam, yaitu meliputi data temperatur lingkungan, debit uap air masuk turbin serta temperatur dan tekanan uap air masuk dan keluar turbin uap. Disamping itu dilakukan pengamatan terhadap daya listrik yang dihasilkan. Berdasarkan data pengukuran tersebut dilakukan pengolahan data untuk mengetahui hubungan antara kinerja turbin uap terhadap temperatur lingkungan.

Hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan kinerja turbin uap jika temperatur lingkungan semakin rendah. Penurunan temperatur lingkungan hingga 4 °C (dari 15,5 hingga 11,5 °C) membuat efisiensi turbin rata-rata berkurang hingga 0,8 %.

Kata kunci: *Geothermal*, temperatur lingkungan, efisiensi turbin.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi dewasa ini terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk serta kemajuan teknologi yang dipergunakan manusia. Pemenuhan kebutuhan energi selama ini terpusat pada penggunaan energi fosil, seperti minyak bumi, batubara dan gas yang saat ini berada pada kondisi kritis dengan jumlah cadangan terbatas. Oleh karena itu perlu adanya usaha penggunaan energi alternatif yang dapat mengalihkan konsumsi energi dari energi fosil.

Energi panas bumi merupakan salah satu energi terbarukan yang paling potensial dan dapat dikembangkan secara ekonomi, ramah lingkungan dengan emisi polusi yang sangat kecil. Berdasarkan data Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Indonesia memiliki potensi energi panas bumi sebesar 27.000 MW yang

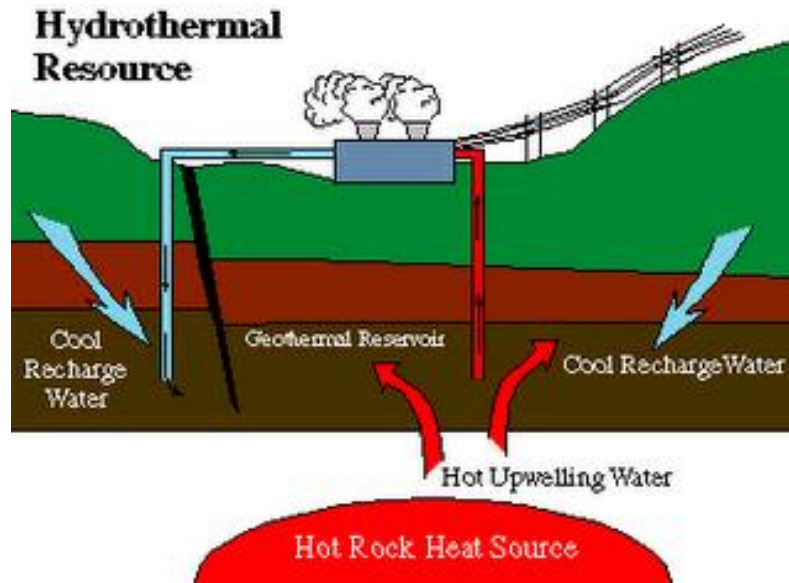
tersebar di 256 lokasi atau mencapai 40% dari cadangan panas bumi dunia. Dengan potensi energi sebesar itu, Indonesia merupakan negara dengan sumber energi panas bumi terbesar di dunia [Suyanto]. Namun, potensi energi panas bumi tersebut baru dimanfaatkan sekitar 4%, sehingga untuk mengatasi krisis energi nasional, pemerintah melalui Perusahaan Listrik Negara (PLN) akan melaksanakan program percepatan pembangunan pembangkit listrik nasional 10.000 MW tahap ke-II yang salah satu prioritas sumber energinya adalah panas bumi (*geothermal*).

Panas bumi merupakan sumber energi panas yang terbentuk secara alami di bagian bawah lapisan permukaan bumi. Sumber energi tersebut berasal dari pemanasan magma terhadap batuan dan air bersama unsur-unsur lain yang terkandung di dalam kerak bumi. Untuk pemanfaatannya perlu dilakukan penambangan berupa eksplorasi dan eksploitasi guna mentransfer energi panas tersebut ke permukaan dalam wujud uap panas, air panas atau campuran uap dan air, serta unsur-unsur lain yang terkandung. Fenomena keberadaan panas bumi umumnya terjadi di lokasi sekitar gunung berapi atau lokasi bekas letusan gunung berapi, seperti di Gunung Kamojang Kabupaten Garut, Gunung Salak Kabupaten Sukabumi, Gunung Wayang Windu di Pangalengan Kabupaten Bandung, serta gunung-gunung berapi di daerah lainnya.

Di Indonesia, secara bertahap energi panas bumi tersebut telah dimanfaatkan sebagai sumber energi pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP). Proses pemanfaatannya dimulai dengan kegiatan eksplorasi di lokasi yang diduga memiliki cadangan panas bumi. Di lokasi yang diyakini terdapat sumber energi panas bumi dalam jumlah besar, kemudian dibangun kilang pengeboran (eksploitasi). Panas bumi yang berwujud uap yang keluar dari sumur pengeboran, selanjutnya dialirkan ke mesin turbin uap untuk dikonversi menjadi energi listrik.

Panas dari inti bumi secara terus-menerus mengalir ke lapisan yang lebih luar sekitar batuan (*rock*), yang dinamakan *mantle*. Ketika temperatur dan tekanan menjadi cukup tinggi, beberapa batuan mencair dan menjadi magma (*mantle rock melts*). Karena mempunyai densiti yang lebih ringan dari batuan sekitar, magma bertambah dan mengalir secara perlahan ke atas menuju lapisan kerak bumi (*earth crust*) yang membawa panas dari bawah. Kadang-kadang magma panas ini menerobos ke permukaan dengan segala cara. Magma tersebut dikenal sebagai *lava*. Namun, yang lebih sering magma tersisa di bawah lapisan kerak bumi memanasi batuan di sekitarnya dan juga air (air hujan yang telah mengendap ke dalam tanah). Sebagian dari air panas bumi ini merambat dan mengalir melalui celah hingga mencapai permukaan tanah, tetapi kebanyakan darinya tetap mengendap di dalam tanah, terperangkap dalam retakan dan pori-pori batuan. Kumpulan alami dari air panas ini dinamakan sebagai reservoir panas bumi (*geothermal reservoir*). Gambar 1. Menampilkan sistem hidrotermal pemanfaatan panas bumi [Nandar].

Ciri-ciri daerah yang memiliki potensi sumber panas bumi diantaranya memiliki sumber air panas dan lubang yang mengeluarkan uap secara konstan. Daerah yang memiliki potensi panas bumi identik dengan daerah pertemuan tiga lempengan geologis, yaitu lempeng Pasifik, lempeng India-Australia dan lempeng Eurasia. Tumbukan yang terjadi antara ketiga lempeng tektonik tersebut telah memberikan peranan yang sangat penting bagi terbentuknya sumber energi panas bumi di Indonesia.



Sumber: Nandar [2].

Gambar 1. Sistem hidrothermal panas bumi.

2. METODE PENELITIAN

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan berbagai informasi yang berhubungan dengan kinerja turbin uap serta temperatur lingkungan yang ada disekitar PLTP. Pengumpulan data dilakukan dengan tiga cara, yaitu:

- Metode pengamatan;
- Metode dokumentasi;
- Metode wawancara.

Metode Pengamatan

Metode pengamatan dilakukan untuk mendapatkan data-data fisik yang berkaitan dengan sarana dan fasilitas pembangkit energi panas bumi di PT. Pertamina Geothermal Energi (PGE) Area Kamojang. Pengamatan dimulai dari *steam supply* (pasokan uap) hingga mesin turbin yang mengonversi energi panas bumi menjadi energi listrik dan *cooling water system* (sistem pendingin air).

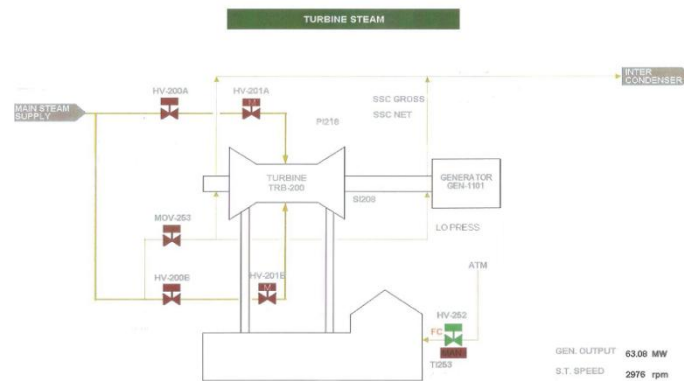
Metode Dokumentasi

Metode dokumentasi dilakukan untuk menghimpun semua data empirik yang diperlukan dalam penelitian, yaitu:

Survei lapangan untuk mendapatkan data tentang:

- Laju aliran uap;
- Tekanan masuk turbin;
- Temperatur masuk turbin;
- Tekanan keluar turbin;
- Temperatur keluar turbin;
- Energi listrik yang dihasilkan generator;
- Efisiensi generator;
- Temperatur lingkungan.

Skema komponen turbin tempat pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Data-data turbin uap

Metode Analisis Data

Metode analisis adalah mengolah data hasil penelitian sehingga mendapatkan nilai efisiensi mesin turbin meliputi:

- a) Menentukan daya turbin ideal. Dengan menggunakan data temperatur dan tekanan uap yang masuk dan keluar turbin dapat ditentukan nilai entalpi uap air masuk (h_1) dan uap air keluar turbin diperkirakan dengan asumsi sistem turbin ideal ($h_{2,s}$). Sehingga daya turbin ideal dinyatakan dalam persamaan (1).

$$W_{T,s} = m_{uap} \cdot (h_1 - h_{2,s}) \quad (1)$$

- b) Menentukan daya turbin sebenarnya. Penentuan daya turbin sebenarnya dilakukan berdasarkan besarnya daya listrik yang dihasilkan generator listrik dengan memberikan asumsi nilai efisiensi generator ($\eta_g = 90\%$). Sehingga daya turbin aktual dinyatakan seperti dalam persamaan (2).

$$\dot{W}_t = W_g / \eta_g \quad (2)$$

- c) Menghitung efisiensi turbin. Dari kedua analisis data diatas maka efisiensi turbin uap dinyatakan dalam persamaan (3).

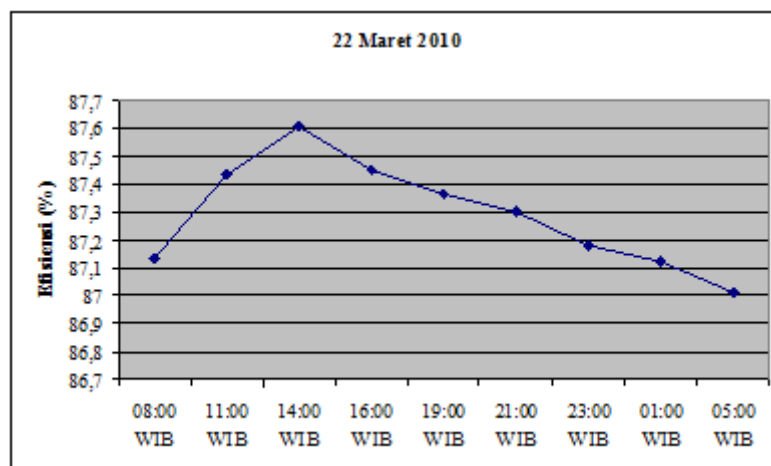
$$\varepsilon_T = \frac{W_T}{W_{T,s}} \quad (3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data lapangan yang disertai temperatur lingkungan serta perhitungan efisiensi turbin pada tanggal 22 Maret 2010 dari jam 08.00 – 05.00 keesokan harinya diperlihatkan pada Tabel 1 dan pada Gambar 3 ditampilkan perubahan nilai efisiensi turbin uap berdasarkan waktu pengambilan data.

Tabel 1. Perhitungan efisiensi turbin geothermal Tanggal: 22 Maret 2010

No.	Jam	h1	h2s	h1-h2	ηt	T.Lngkngn
1	08:00	2788,835175	2094,948403	604,6196291	87,13520032	18,3
2	11:00	2787,925935	2102,694904	599,1291354	87,43461812	21,4
3	14:00	2787,609822	2104,544558	598,4264012	87,60896400	21,6
4	16:00	2787,919958	2103,720687	598,3363616	87,45059907	25,4
5	19:00	2788,363254	2100,850015	600,6571025	87,36662350	24,8
6	21:00	2788,472498	2099,651841	601,3456129	87,30075198	19,5
7	23:00	2788,928106	2096,040187	604,0729587	87,18191523	18,6
8	01:00	2788,605445	2095,888840	603,5114663	87,12241937	17,4
9	05:00	2790,579311	2091,130885	608,6156205	87,01365219	16,8

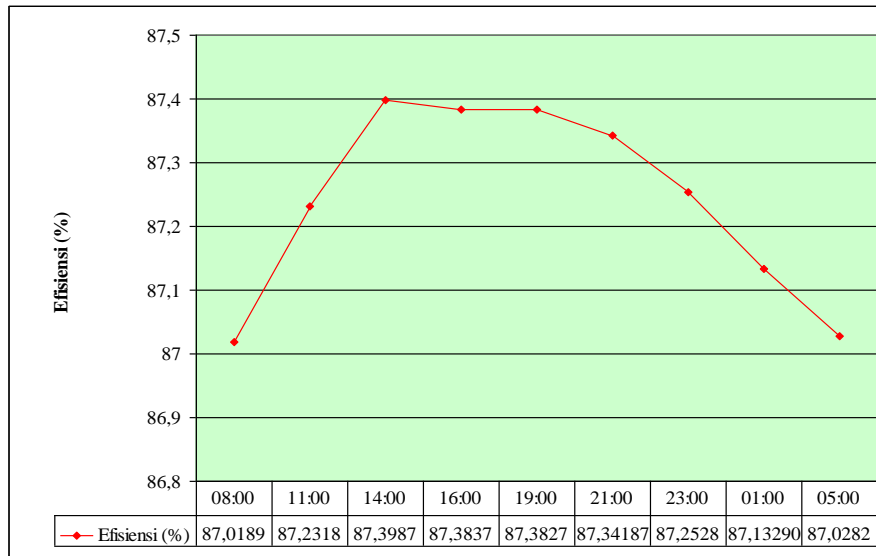


Gambar 3. Nilai efisiensi berdasarkan waktu pengukuran.

Tabel 2. Rata-rata efisiensi turbin berdasarkan perbedaan waktu

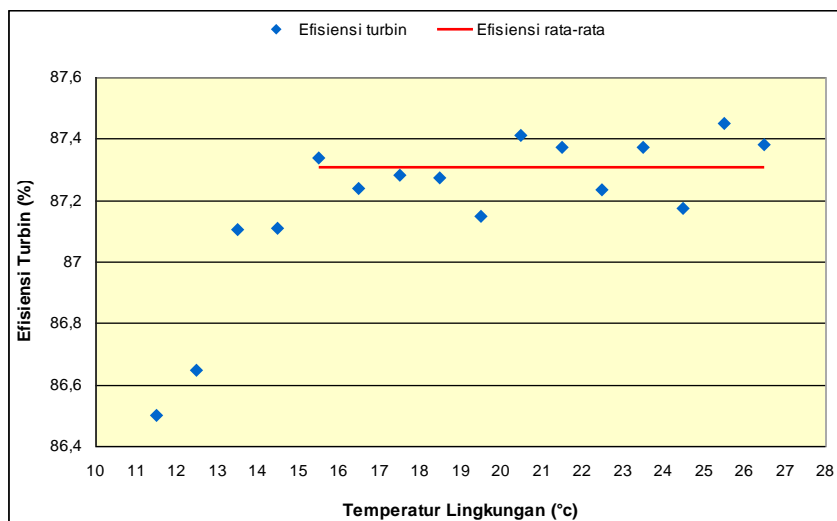
Jam	Rata-rata efisiensi turbin (%)	Jam	Rata-rata efisiensi turbin (%)
08:00	87,02	21:00	87,34
11:00	87,23	23:00	87,25
14:00	87,40	01:00	87,13
16:00	87,38	05:00	87,02
19:00	87,38	-	-

Pengambilan dan pengolahan data dilakukan berulang kali sehingga data rata-rata untuk efisiensi serta waktu pengukuran ditampilkan seperti pada Tabel 2 dan Gambar 4.



Gambar 4. Grafik rata-rata efisiensi turbin berdasarkan perbedaan waktu.

Dari kumpulan data lapangan serta perhitungan dapat digambarkan hubungan antara nilai efisiensi serta temperatur lingkungan seperti diperlihatkan pada Gambar 5 . Tampak bahwa efisiensi turbin mendekati stabil pada rentang temperatur lingkungan 16 – 27 °C. Temperatur lingkungan yang sangat rendah membuat efisiensi turbin menurun.



Gambar 5. Efisiensi turbin uap terhadap temperatur lingkungan pada PLTP.

4. KESIMPULAN

Efisiensi turbin konversi panas bumi menunjukkan perbedaan nilai sejalan dengan perputaran waktu pagi hari, siang, sore dan malam hari. Efisiensi paling kecil terjadi pada pagi hari pukul 08:00 yaitu rata-rata 87,02 persen, sedangkan efisiensi paling besar terjadi pada tengah hari pukul 14:00 yaitu rata-rata 87,40%.

Temperatur lingkungan mempengaruhi besarnya efisiensi turbin konversi panas bumi. Efisiensi turbin pada temperatur lingkungan di bawah 15,5°C lebih rendah dibanding efisiensi turbin di atas temperatur lingkungan 15,5°C yang menghasilkan nilai efisiensi turbin yang cenderung stabil pada nilai sekitar 87,3 persen. Penurunan

temperatur lingkungan hingga 4 °C (dari 15,5 hingga 11,5 °C) membuat efisiensi turbin rata-rata berkurang hingga 0,8 %.

5. DAFTAR PUSTAKA

Hutauruk Gilbert, 2008, *Pembangkit Listrik Panasbumi (1)*, <http://www.pertamina.com>.

M.J. Moran dan H.N. Shapiro, *Termodinamika Teknik Jilid 2*, Edisi 4, Terjemahan Y.S. Nugroho dan A. Surjosatyo, Erlangga, Jakarta, 2004.

Nandar Cuk Supriadi Ali, *Negeri Terkaya Energi Panas Bumi*, Pusat Teknologi Industri Manufaktur (PTIM), Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Jakarta, 2009.

Suyanto, 2009, *Cadangan Panas Bumi di Indonesia Dapat Menghasilkan 27.000 Megawatt*, <http://www.bppt.go.id>.