

APLIKASI TERMOELEKTRIK SEBAGAI SUMBER ENERGI UNTUK PENGISIAN BATERAI EKSITASI HYDRO GENERATOR

Herman HR^{1,*}, Sudirman²

^{1,2} *Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of adding a thermoelectric on the effectiveness of the air cooler generator on the hydro generator and the amount of electric power generated from the thermoelectric if it is applied as an energy source to charge the excitation battery on the hydro generator. So that electrical energy is generated which will be connected to a battery. A constant intake air temperature at 75°C will hit one side of the thermoelectric while the other will hit the cooling water. When the pump rotates at 1200 rpm, the flow rate will be measured through the flow sensor, and the incoming cooling water temperature will be maintained at 28°C. Data analysis was carried out to determine air velocity (m/s), water discharge (liters/minute), incoming hot air temperature (°C), outgoing cold air temperature (°C), and incoming cooling water temperature (°C). , the temperature of the cooling water that comes out through the generator air cooler (°C), the output voltage (V), and the output current (A) on the thermoelectric. After that, the effectiveness of the air cooler generator is calculated without and with the addition of a predetermined thermoelectric circuit. The research outputs are scientific articles that will be published. In the Proceedings of the 6th National Seminar on Research and Community Service (SNP2M 6) in 2022, and a testing tool for air more excellent generators as a learning medium for students in the Energy Generation Engineering Study Program, Mechanical Engineering Polytechnic The Land of Edge of View.

Keywords: *Thermoelectric, Energy Source, Battery, Excitation, Generator*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menentukan pengaruh penambahan termoelektrik terhadap efektivitas generator air cooler pada hydro generator, dan menentukan besar daya listrik yang dihasilkan dari termoelektrik jika diaplikasikan sebagai sumber energi untuk mengisi daya baterai eksitasi pada hydro generator. Pengujian dilakukan dengan penambahan termoelektrik sebelum udara panas menerpa generator air cooler sehingga dihasilkan energi listrik yang akan tersambung dengan sebuah baterai. Dengan temperatur udara masuk yang konstan di 75°C akan menerpa satu sisi pada termoelektrik sedangkan sisi lain akan menerpa air pendingin. Putaran pompa di 1200 rpm maka debit aliran air akan terukur melalui flow sensor serta temperatur air pendingin yang masuk akan dijaga pada suhu 28°C. Analisa data dilakukan untuk menentukan kecepatan udara (m/s), debit air (liter/menit), temperatur udara panas yang masuk (°C), temperatur udara dingin yang keluar (°C), temperatur air pendingin yang masuk (°C), temperatur air pendingin yang keluar melalui generator air cooler (°C), tegangan keluaran (V), dan arus keluaran (A) pada termoelektrik. Setelah itu dilakukan perhitungan efektivitas generator air cooler tanpa dan dengan penambahan rangkaian termoelektrik yang telah ditentukan. Luaran penelitian ialah artikel ilmiah yang akan dipublikasikan pada Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat ke-6 (SNP2M ke-6) tahun 2022, dan alat pengujian generator air cooler sebagai media pembelajaran mahasiswa di Program Studi Teknik Pembangkit Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Kata Kunci: *Termoelektrik, Sumber Energi, Baterai, Eksitasi, Generator*

1. LATAR BELAKANG

Semakin meningkatnya penggunaan energi listrik pada era industri 4.0 dan berkurangnya cadangan energi fosil memaksa pemerintah untuk mengembangkan energi terbarukan dalam pemenuhan kebutuhan energi listrik. Menilik posisi geografis Indonesia yang memiliki potensi energi air sekitar 75.000 MW sehingga PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) menjadi jalan keluar dari masalah tersebut. Namun dengan besarnya potensi tersebut, pemanfaatannya hanya sekitar 8% sehingga masih perlu digencarkan untuk mengurangi penggunaan pembangkit yang masih menggunakan energi fosil.

PLTA menggunakan energi hidrolis pada air yang dikonversi menjadi energi mekanik oleh turbin yang telah dikopel dengan generator sehingga dapat menghasilkan listrik. Adapun yang menjadi komponen utama dalam penghasil energi listrik yaitu generator. Generator pada sistem PLTA menggunakan *hydro generator* yang terpasang vertikal dan memiliki ukuran besar. Dalam menunjang kerja dari *hydro generator* diperlukan

* Korespondensi penulis: Herman HR, hermanhr@yahoo.co.id

sistem pendingin. Untuk sistem pendingin merupakan suatu rangkaian untuk mengatasi terjadinya *over-heating* (panas yang berlebihan) pada mesin agar mesin dapat bekerja secara stabil [1]. Pada generator akan timbul panas akibat fenomena konduksi listrik dan menghasilkan rugi-rugi kumparan pada rotor maupun stator. Panas ini akan diserap oleh udara dan udara tersebut akan didinginkan melalui *generator air cooler*. Suhu udara panas dalam generator dapat mencapai 75°C dan diturunkan menggunakan air yang disirkulasikan di dalam *generator air cooler* sehingga suhu air pun meningkat dari 28°C menjadi 32°C dan suhu udara menurun dari 75°C menjadi 34°C [2].

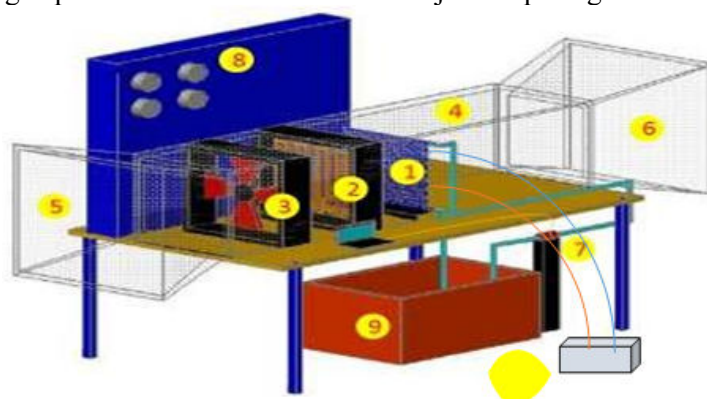
Udara panas dari dalam generator memiliki perbedaan suhu dengan air pendingin memicu peneliti untuk memanfaatkannya menggunakan termoelektrik. Selain itu pemasangan termoelektrik dapat dikombinasikan dengan alat penukar kalor (*heat exchanger*) sehingga panas yang diterima tidak langsung diturunkan melainkan dikonversi menjadi listrik. Semakin besar selisih temperatur pada kedua sisi termoelektrik maka semakin besar pula tegangan keluaran yang dihasilkan sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pengisi daya baterai eksitasi pada generator. Eksitasi ini diperlukan untuk penguat induksi pada generator saat pengoperasian unit sebelum generator menggunakan penguat sendiri. Untuk perbedaan 60°C yang terjadi pada termoelektrik akan menghasilkan 2,4 V 469 mA. Guna meningkatkan tegangan dan arus maka termoelektrik akan dipasang secara seri dan paralel sehingga dapat mengisi baterai [3].

Berdasarkan fenomena yang diuraikan sebelumnya, perlu dilakukan pengujian mendalam mengenai pemanfaatan termoelektrik sebagai sumber energi pengisi daya baterai eksitasi pada hydro generator. Hal ini penting karena berfungsi sebagai energi alternatif dalam pengisian baterai. Selain itu dapat menjadi rujukan dan referensi dalam pengembangan alat yang dapat memanfaatkan panas yang dihasilkan generator untuk diubah menjadi daya listrik.

2. METODE PENELITIAN

1) Desain Penelitian

Pelaksanaan penelitian diawali dengan proses perancangan alat uji *generator air cooler*, pengadaan alat dan bahan, pembuatan, pengujian, evaluasi, serta penyempurnaan alat uji yang selanjutnya akan dilakukan proses pengambilan data. Pengujian dilakukan dengan penambahan *termoelektrik* sebelum udara panas menerpa *generator air cooler* sehingga dihasilkan energi listrik yang akan tersambung dengan sebuah baterai. Dengan temperatur udara masuk yang konstan di 75°C akan menerpa satu sisi pada termoelektrik sedangkan sisi lain akan menerpa air pendingin. Putaran pompa di 1.200 rpm maka debit aliran air akan terukur melalui *flow sensor* serta temperatur air pendingin yang masuk akan dijaga pada suhu 28°C. Skema pengujian *generator air cooler* dengan penambahan termoelektrik ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Skema Pengujian Generator Air Cooler

Keterangan: 1. Compact heat exchanger dan termoelektrik, 2. Air heater pressure gauge, 3. Blower, 4&5. termometer, 6. Wind tunnel pressure gauge, 7. Pompa air, 8. panel kontrol, 9. Reservoir yang ditambahkan pengontrol suhuair pada temperatur 28°C, 10. Baterai.

2) Prosedur Pengujian

- a. Mengisi reservoir/tangki dengan air sebanyak 100 liter dengan konsentrasi air murni (tanpa campuran).
- b. Menyalakan alat pengatur suhu air pada reservoir.
- c. Menyalakan pompa dengan putaran 1200 rpm dengan membuka katup penuh untuk mengalirkan air

- dari reservoir ke dalam saluran yang ada di dalam generator cooler.
- Mengatur temperatur udara masuk konstan 75°C.
 - Mengukur temperatur air masuk dan keluar *generator air cooler* (°C).
 - Mengukur temperatur udara setelah melintasi *generator air cooler* (°C).
 - Mengukur laju aliran air pada saluran yang ada di dalam generator air cooler.
 - Ulangi prosedur (a) sampai (f) setiap dua jam sekali selama dua belas jam.
 - Ulangi langkah (a) sampai (k) dengan penambahan susunan termoelektrik pada *heatexchanger*.
 - Mengukur temperatur udara setelah menerpa susunan termoelektrik (°C).
 - Mengukur tegangan dan arus keluaran termoelektrik (V).
 - Matikan *heater* dan pompa setelah pengujian selesai.

3) Analisa Data

Analisa data dilakukan untuk menentukan kecepatan udara (m/s), debit air (liter/menit), temperatur udara panas yang masuk (°C), temperatur udara dingin yang keluar (°C), temperatur air pendingin yang masuk (°C), temperatur air pendingin yang keluar melalui *generator air cooler* (°C), tegangan keluaran (V), dan arus keluaran (A) pada termoelektrik. Setelah itu dilakukan perhitungan efektivitas *generator air cooler* tanpa dan dengan penambahan rangkaian termoelektrik yang telah ditentukan.

Analisis Termodinamika

Data hasil pengujian pada tabel 1 kemudian diolah per data untuk memperoleh parameter yang diinginkan yaitu sebagai berikut:

- Menentukan LMTD untuk mengetahui besarnya suhu yang ditransfer selama perpindahan panas.
- Menghitung q_{act} dan q_{max} .
- Menghitung efektivitas heat exchanger.
- Menghitung bilangan Reynold untuk menentukan tipe aliran fluida.

Menentukan LMTD

Menghitung $\Delta T_{lm,CF}$

$$\Delta T_{lm,CF} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} = \frac{(\Delta T_{h,in} - \Delta T_{c,out}) - (\Delta T_{h,out} - \Delta T_{c,in})}{\ln \frac{(\Delta T_{h,in} - \Delta T_{c,out})}{(\Delta T_{h,out} - \Delta T_{c,in})}}$$

Menentukan faktor koreksi F

$$R = \frac{\dot{m}_h \cdot C_{p,h}}{\dot{m}_c \cdot C_{p,c}}$$

Perhitungan laju aliran massa air

$$\dot{m}_c = \rho \times Q_{air}$$

Menghitung Temperatur rata-rata (\bar{T}_c)

$$(\bar{T}_c) = \frac{T_{ci} + T_{co}}{2}$$

Menghitung massa jenis air (ρ)

$$\dot{m}_c = \rho \times Q_{air}$$

Perhitungan $c_{p,c}$

Panas spesifik untuk fluida dingin (air) pada temperature rata-rata \bar{T}_c dapat ditentukan menggunakan *Tabel A-9 Properties of saturated water*.

Dengan metode interpolasi dapat dihitung $c_{p,c}$ pada temperature rata-rata \bar{T}_c yaitu:

$$\frac{c_{p,c}(27,15) - c_{p,bawah}}{c_{p,atas} - c_{p,bawah}} = \frac{\bar{T}_c - T_{bawah}}{T_{atas} - T_{bawah}}$$

Perhitungan laju massa aliran udara

$$\dot{m}_h = \rho \times A \times V$$

Dimana: A ialah luas penampang yang dilalui udara (*wind duct*):

$$\text{Lebar} \times \text{Tinggi} = 0,4 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} = 0,12 \text{ m}^2$$

V ialah kecepatan udara 1 m/s

Menghitung temperature rata-rata (\bar{T}_h)

$$(\bar{T}_h) = \frac{T_{hi} + T_{ho}}{2}$$

Menghitung massa jenis air (ρ)

Dari suhu rata-rata (\bar{T}_h) = 32,5°C di atas maka dapat dicari massa jenis air (ρ) pada *Tabel A-15 Properties of air at 1 atm pressure*:

Dengan metode interpolasi dapat dihitung $\rho_{(45,5)}$ yaitu:

$$\frac{\rho_{(32,5)} - \rho_{bawah}}{\rho_{atas} - \rho_{bawah}} = \frac{\bar{T}_h - T_{bawah}}{T_{atas} - T_{bawah}}$$

Perhitungan $c_{p,h}$

Panas spesifik untuk fluida panas (udara) pada temperature rata-rata dapat ditentukan menggunakan *Tabel A-15 Properties of air at 1 atm pressure*

Dengan metode interpolasi dapat dihitung $c_{p,c}$ pada temperature rata-rata

$$\frac{c_{p,h(32,5)} - c_{p,h bawah}}{c_{p,h atas} - c_{p,h bawah}} = \frac{\bar{T}_h - T_{bawah}}{T_{atas} - T_{bawah}}$$

Jadi parameter R dari faktor koreksi F ialah:

$$R = \frac{\dot{m}_h \cdot C_{p,h}}{\dot{m}_c \cdot C_{p,c}}$$

2. q_{act} dan q_{max}

Perpindahan Panas Aktual

Perpindahan panas actual dapat dihitung dengan menghitung energi yang hilang oleh fluida pemanas (udara) atau energi yang didapat oleh fluida yang dipanaskan (air)

$$q_{act} = \dot{m}_h \times c_{p,h}(T_{hi} - T_{ho}) = \dot{m}_c \times c_{p,c}(T_{co} - T_{ci})$$

Perpindahan Panas Maksimum

$$q_{max} = C_{min}(T_{hi} - T_{ci})$$

Dimana C_{min} merupakan kapasitas panas yang terkecil antara fluida air dan fluida udara. Kapasitas panas setiap fluida dapat dicari melalui persamaan berikut:

$$C_c = \dot{m}_c \times c_{p,c} \text{ dan } C_h = \dot{m}_h \times c_{p,h}$$

Dimana \dot{m}_c = laju aliran fluida air (kg/s)

\dot{m}_h = laju aliran fluida udara (kg/s)

$c_{p,c}$ = panas spesifik fluida air (kJ/kg °C)

$c_{p,h}$ = panas spesifik fluida udara (kJ/kg °C)

Perpindahan panas actual (q_{act}) dapat diperoleh:

$$q_{act} = \dot{m}_c \times c_{p,c}(T_{co} - T_{ci})$$

Perpindahan panas maksimum (q_{max}) dapat diperoleh:

$$q_{max} = C_{min}(T_{hi} - T_{ci})$$

Terlebih dahulu menentukan C_c dan C_h .

$$C_c = \dot{m}_c \times c_{p,c}$$

$$C_h = \dot{m}_h \times c_{p,h}$$

3. Menghitung efektivitas heat exchanger

Maka efektivitas heat exchanger dapat dihitung sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{q_{act}}{q_{max}} \times 100\%$$

4. Menghitung Bilangan Reynold

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D_h}{\mu}$$

a. Menghitung temperature rata-rata (\bar{T}_h)

$$(\bar{T}_h) = \frac{T_{hi} + T_{ho}}{2}$$

b. Menghitung massa jenis air (ρ) dan viskositas udara dinamis (μ)

Dari suhu rata-rata (\bar{T}_h) di atas maka dapat dicari massa jenis air (ρ) dan viskositas udara dinamis (μ) pada *Tabel A-15 Properties of air at 1 atm pressure*:

Dengan metode interpolasi dapat dihitung $\rho_{(32,5)}$ yaitu:

$$\frac{\rho_{(32,5)} - \rho_{bawah}}{\rho_{atas} - \rho_{bawah}} = \frac{\bar{T}_h - T_{bawah}}{T_{atas} - T_{bawah}}$$

Dengan metode interpolasi dapat dihitung $\mu_{(32,5)}$ yaitu:

$$\frac{\mu_{(32,5)} - \mu_{bawah}}{\mu_{atas} - \mu_{bawah}} = \frac{\bar{T}_h - T_{bawah}}{T_{atas} - T_{bawah}}$$

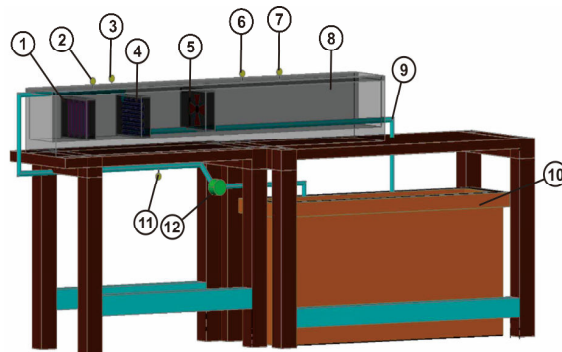
c. Menghitung diameter hidrolis saluran wind duct (D_H)

$$D_H = \frac{4 \times \text{tinggi} \times \text{lebar}}{2(\text{tinggi} + \text{lebar})}$$

Jadi, nilai bilangan Reynold adalah: $Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D_h}{\mu}$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian heat transfer pada generator air cooler dalam beberapa konsentrasi larutan di Laboratorium Sistem Pembangkit Energi II Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Skema alat pengujian heat transfer pada generator air cooler ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Skema Pengujian Efektifitas pendingin generator

Keterangan: 1 Blower, 2 pressure gauge, 3 termometer, 4 air heater, compact heat exchanger, 6 pressure gauge, 7 termometer, 8 windtunnel, 9 pipa sirkulasi air, 10 reservoir, 11 katup control, 12 pompa air.

1) Data Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan terhadap *compact heat exchanger* dengan memvariasikan laju aliran air (Q_{air}) dan mengkonstantakan parameter kecepatan udara dan suhu heater seperti dalam tabel 1.

Tabel 1. Data hasil pengamatan

V_{udara} (m/s)	T_{heater} (°C)	Q_{air} (ltr/mnt)	$T_{h in}$ (°C)	$T_{h out}$ (°C)	$T_{c in}$ (°C)	$T_{c out}$ (°C)
0,5	110	1,0A	33	32	27	27,3
			34,2	29,6	27,9	28,0
			31,6	28,8	27,6	27,6
			34,3	30,5	27,7	27,8
			34,4	30,1	28,0	28,2

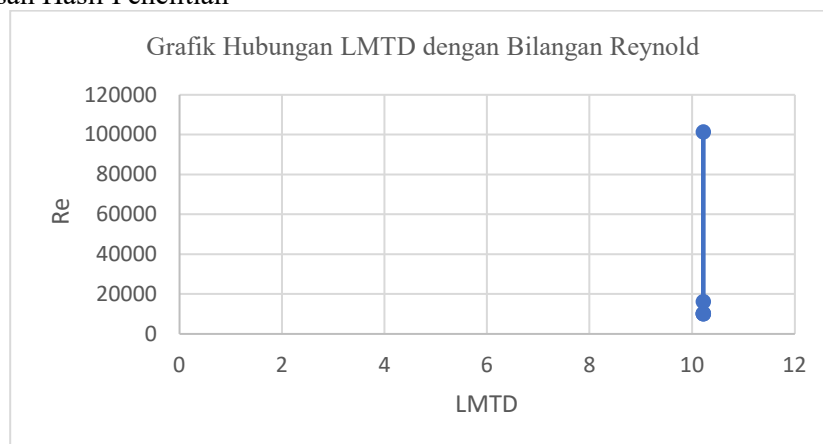
Hasil perhitungan parameter pengujian dimasukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Tabel hasil analisis data

No.	Hasil Perhitungan				Re
	LMTD (°C)	q_{max} (kW)	q_{act} (kW)	ϵ (%)	
1.	10,218	0,6602	0,3961	0,05	10093,21702
2.	10,218	0,8318	0,013203	0,015	101279,91040

3.	10,218	0,212349	0,52816	0,40	10232,87665
4.	10,218	0,5017	0,013204	0,02	16210,474222
5.	10,218	0,8447	0,02639	0,03	10107,693800

Grafik dan Pembahasan Hasil Penelitian



Gambar 3. Grafik hubungan LMTD terhadap bilangan Reynold (Re)

Pada grafik hubungan antara LMTD terhadap bilangan Reynold (Re), menunjukkan bahwa nilai Re semakin menurun dengan nilai LMTD yang sama yaitu 10,218°C. Data LMTD pada grafik diketahui bernilai sama dengan nilai Reynold (Re) yang tertinggi yaitu 16210,474222. Ini menunjukkan bahwa ketika melakukan praktikum terjadi kesalahan baik dari alat praktikum itu sendiri ataupun ketika melakukan pengambilan data.

4. KESIMPULAN

Dari hasil yang sudah dicapai, perakitan alat yang sudah dilakukan antara lain, Generator AC (Air Cooler) udara mendinginkan generator dengan menyerap kalor pada generator atau udara akan menjadi panas. Kemudian udara panas tersebut akan didinginkan oleh air yang dialirkan ke dalam generator air cooler. Hubungan antara LMTD terhadap bilangan Reynold (Re), menunjukkan nilai Re semakin menurun dengan nilai LMTD yang sama yaitu 10,218°C. Efektivitas berbanding lurus dengan perpindahan panas actual (q_{act}) yang artinya nilai efektivitas bertambah seiring bertambahnya nilai perpindahan panas actual (q_{act}).

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Politeknik Negeri Ujung Pandang dan semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan kegiatan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Handoyo, A. Ekadewi, and T. Rahardjo, "Pengaruh Temperatur Air Pendingin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Motor Diesel Stasioner di Sebuah Huller," Universitas Eka Petra, Surabaya, 1999.
- [2] F. Adzima, "Pemeliharaan Cooling Water System PLTA Poso 2 (3 X 65 MW)," Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar, 2015.
- [3] Cengel, *Heat Transfer: A Practical Approach*. 2016.